

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное
учреждение высшего образования
«Южно-Уральский государственный университет
(национальный исследовательский университет)»
Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте

Факультет техники и технологии

Кафедра электрооборудования и автоматизации производственных процессов

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
доц., к.т.н.

_____ Ю.С. Сергеев
_____ 2017 г.

Модернизация электроприводов магистральных насосов ЛПДС
«Ленинск»

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ
ЮУрГУ– 13.03.02.2017.527.00.00 ПЗ ВКР

Консультанты

Безопасность жизнедеятельности
доц., к.т.н.

_____ С.Н. Трофимова
_____ 2017 г.

Руководитель работы
доц., к.т.н.

_____ В.М. Сандалов
_____ 2017 г.

Экономическая часть
доц., к.т.н.

_____ В.М. Сандалов
_____ 2017 г.

Автор работы
студент группы ФТТ-533

_____ Е.В. Мельчин
_____ 2017 г.

Нормоконтролер
ст. преподаватель

_____ О.В. Терентьев
_____ 2017 г.

Златоуст 2017

АННОТАЦИЯ

Мельчин Е.В. Модернизация электроприводов магистральных насосов ЛПДС «Ленинск» – г. Златоуст: филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоусте, кафедра ЭАПП; 2017 г., 52 с., 8 ил., библиогр. список – 15 наим., 1 прил., 8 листов чертежей ф. А1.

В работе рассмотрены вопросы по применению на магистральных насосных агрегатах ЛПДС «Ленинск» частотного преобразователя AV – ЕК6.

Выбранный частотный преобразователь обеспечивает плавный пуск и исключает гидравлический удар при пуске насосного агрегата.

Выполнен расчет инвестиционной привлекательности проекта, срок окупаемости составил 3,3 года.

В разделе безопасность жизнедеятельности рассмотрены вопросы охраны труда, производственной санитарии, эргономики и производственной эстетики, противопожарной и взрывобезопасной эстетики, экологическая безопасность, обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций.

Использование материалов работы планируется на ЛПДС «Ленинск».

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Мельчин Е.В.			Модернизация электроприводов магистральных насосов ЛПДС «Ленинск» Пояснительная записка	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Сандалов В.М.				Д	4	52
Т. Контр.		Вигриянов П.Г.				Филиал ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)» в г. Златоуст Кафедра ЭАПП		
Н. Контр.		Терентьев О.В.						
Утверд.		Сергеев Ю.С.						

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ.....	8
2 ВЫБОР СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИ- ГАТЕЛЯ.....	16
2.1 РЕГУЛИРОВАНИЕ ТОКА ВОЗБУЖДЕНИЯ СД.....	16
2.2 ПОКАЗАТЕЛИ РАБОТЫ СД.....	16
2.3 ВОЗМОЖНОСТЬ РАБОТЫ СТД – 8000 В СОСТАВЕ ЧАСТОТНО - РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА.....	18
3 АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРЕОБРАЗОВА- ТЕЛЯ ЧАСТОТЫ АУ-ЕК6 И ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ.....	22
4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛПДС.....	27
4.1 РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДА И НАСОСА, МОДЕЛИРОВАНИЕ В СРЕДЕ VISSIM.....	27
4.2 ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЬ ЧАСТОТЫ.....	29
4.3 МОДЕЛЬ СИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ СТД-8000.....	30
5 РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ.....	33
6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНО - РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ЛПДС "ЛЕНИНСК".....	37
7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	41
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	49
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	50

ВВЕДЕНИЕ

Линейная производственно - диспетчерская станция (ЛПДС) «Ленинск» входит в состав Челябинского районного нефтепроводного управления АО «Транснефть - Урал». Основная задача станции - перекачивание нефти с западно-сибирских месторождений в западном направлении по нефтепроводам: Нижневартовск - Курган - Куйбышев (НКК), Усть – Балык – Уфа - Альметьевск (УБ-КУА), Туймазы - Омск - Новосибирск 2-ой очереди (ТОН - 2).

На станции установлены 4 насосных агрегата СТД, мощностью 8 МВт каждый, напряжением 10 кВ.

Пропускная способность ЛПДС «Ленинск» - 250 млн. тонн в год, или 50% от всей добываемой в России нефти. Простои недопустимы, т.к. нефть является основоположником формирования бюджета России (в 2016 году примерно 54%)[14].

В результате аварийных перебоев в подаче электроэнергии на магистральном нефтепроводе, нарушающих работу перекачивающих насосов, возможен гидроудар, который приводит к разгерметизации нефтепровода.

При пуске насосного агрегата нефть, заполняет вакуум и соударяется в трубопроводе с закрытым обратным клапаном и столбом жидкости над ним, вызывая скачок давления и гидравлический удар. Такой гидравлический удар, протекающий с очень большой скоростью 800-1000 м/с, способен вызвать образование трещин в трубах, разрушить трубные соединения, и повредить насос и электродвигатель.

За 2016г в ПАО «Транснефть» произошло 57 инцидентов и аварий, связанных с выходом нефти из магистрального нефтепровода вследствие гидроудара[14]. В результате этих нештатных ситуаций, имело место простаивание магистральных нефтепроводов, что привело к недоотпуску нефти на сумму около 980 млн.руб.

Решение этих проблем может быть применение частотно-регулируемого электропривода. В то же время частотные преобразователи для синхронных высоковольтных двигателей имеют достаточно высокую цену, электродвигатели кроме выполнения основной работы обеспечивают режимы компенсации реактивной энергии.

Отсутствуют достоверно обоснованные методики расчета и настройки подобных систем.

Цель: исключение гидроудара на участках магистрального нефтепровода, относящихся к ЛПДС «Ленинск».

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

- сравнение отечественных и передовых зарубежных технологий и решений;
- выбор структуры управления синхронного электродвигателя;
- анализ электромагнитной совместимости преобразователя частоты АВ-ЕК6 питающей сети;
- моделирование работы ЛПДС «Ленинск»;

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		6

- результаты моделирования;
 - рассмотреть вопросы безопасности жизнедеятельности.
- Объект - ЛПДС «Ленинск»
Предмет - электропривод насосных агрегатов

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

1 СРАВНЕНИЕ ОТЕЧЕСТВЕННЫХ И ПЕРЕДОВЫХ ЗАРУБЕЖНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И РЕШЕНИЙ

Магистральные трубопроводы - это капитальные инженерные сооружения, рассчитанные на длительный срок эксплуатации и предназначенные для бесперебойной транспортировки на значительные расстояния нефтепродуктов от мест их добычи, забора (начальная точка трубопровода) к местам потребления (конечная точка). В состав магистральных трубопроводов входят:

- нефтеперекачивающие станции (НПС);
- емкости для хранения нефтепродуктов;
- линейная часть трубопровода с ответвлениями и лупингами,
- запорной арматурой, переходами через естественные и искусственные препятствия, узлами подключения НПС;
- линии электропередачи, установки электрохимической защиты (ЭХЗ);
- противопожарные средства, противоэрозионные и защитные сооружения трубопроводов;
- постоянные дороги и вертолетные площадки, расположенные вдоль трассы трубопровода, и подъезды к ним, опознавательные и сигнальные знаки.

НПС – это сложный комплекс инженерных сооружений, предназначенных для обеспечения перекачки заданного количества нефти или нефтепродуктов. НПС магистральных трубопроводов подразделяют на головные и промежуточные.

На рисунке 1.1 представлен профиль участка нефтепровода через хребет Златоуст, перепад высоты составляет 356,9 м (h) на протяженности 60 км (l). Режим работы магистральных насосов промежуточной нефтеперекачивающей станции Ленинск должен быть выбран так, чтобы создать достаточное давление для прохождения нефти по трубопроводу на данном сложном рельефном участке, т.к. имеющие станции до и после ЛПДС «Ленинск» не в состоянии создать нужного давления для прохождения данного участка.

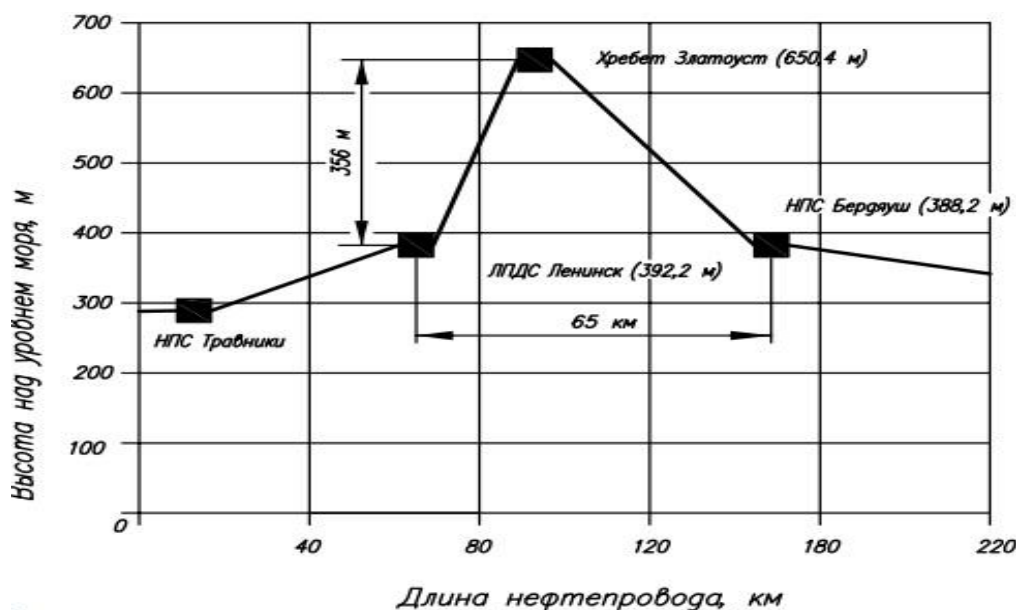


Рисунок 1.1 - Профиль участка нефтепровода Травники – Ленинск – Бердяуш

Перекачивающие станции (ПС) магистрального нефтепровода относятся к сложным и энергоемким объектам. Доля затрат энергии на перекачку составляет порядка 25 - 30% от годовых эксплуатационных расходов. При отсутствии перекачивающих агрегатов с регулируемой частотой вращения ротора насоса эксплуатация нефтепровода может происходить на различных режимах, смена которых происходит при изменении вариантов включения насосов и перекачивающих станций. Схема гидравлическая функциональная включает в себя: основная насосная станция (МНС), 4 насосных агрегата (Н1 ... Н4); помещение с регулирующими клапанами (УРД); устройство приема и пуска скребка (КПП СОД); площадка с фильтрами-грязеуловителями (ФГУ); обратные клапаны (КО1 ... КО4) (рисунок 1.2).

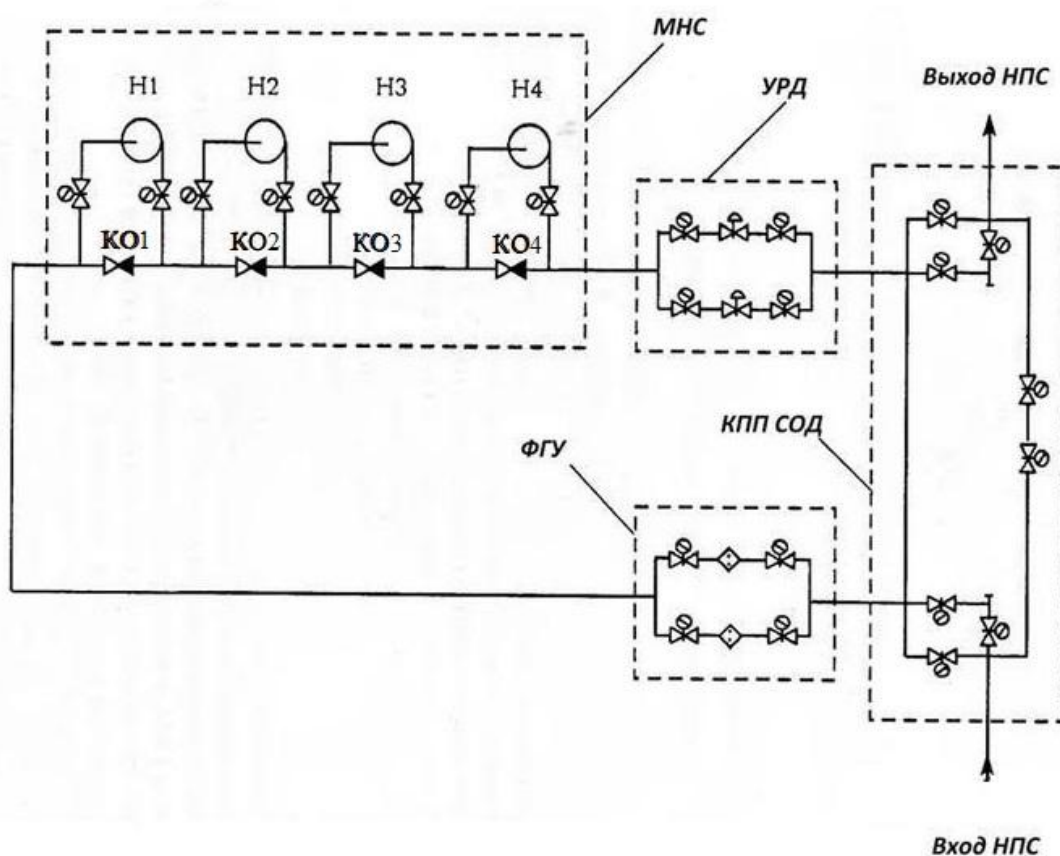


Рисунок 1.2 – Схема гидравлическая функциональная ЛПСД «Ленинск»

Технические данные нефтеперекачивающей станции «Ленинск» в таблице 1.1

Каждый магистральный насосный агрегат (МНА) содержит следующие объекты: насос (Н1), электродвигатель (М1), приемную (1) и выкидную (2) задвижки, обратный клапан (КО1) (рисунок 1.3).

Насос – это устройство для принудительного перемещения жидкости от сечения с меньшим значением напора (в линии всасывания насоса) к сечению с большим значением напора (в линии нагнетания).

Таблица 1.1 - Технические данные ЛПДС «Ленинск»

Электродвигатель СТД-8000, шт	Насос МН 10000- 210, шт	Задвижки, шт	Рабочее давление на входе ЛПДС, атм	Рабочее давление на выходе ЛПДС,атм	Количество перекачиваемой нефти, млн.т/год
4	4	10	29	42	250

Центробежные насосы – основной вид нагнетательного оборудования для перекачки нефти по МН. Они отвечают требованиям, предъявляемым к МНА для перекачки значительных объемов нефти на дальние расстояния.

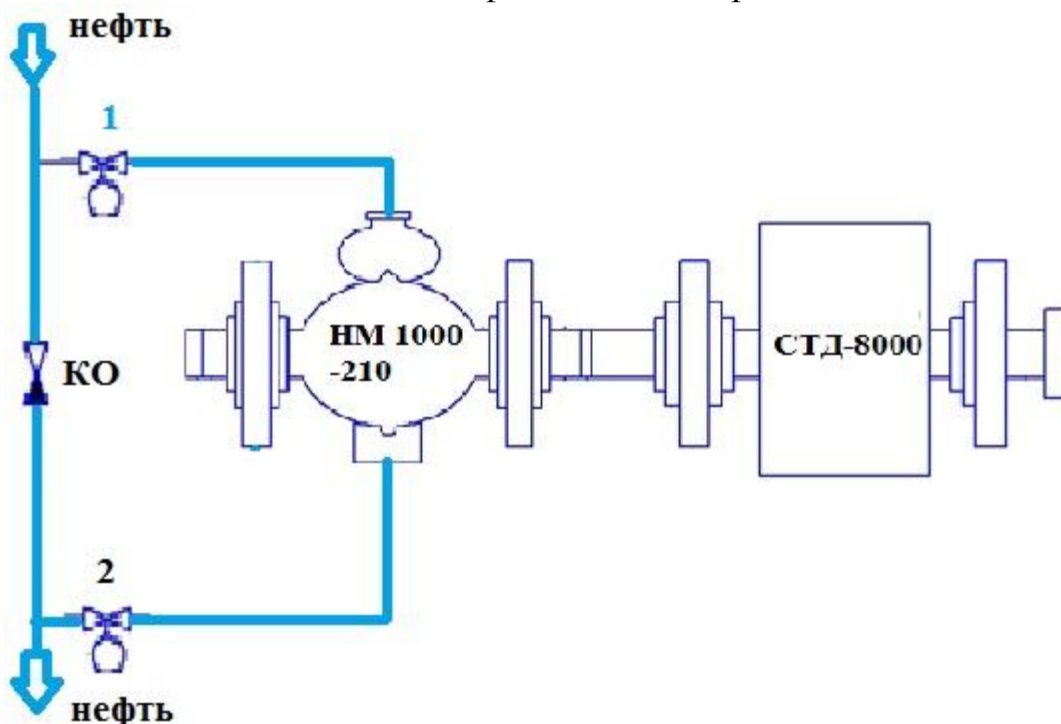


Рисунок 1.3 – Схема гидравлическая функциональная МНА

Насосные агрегаты (НА) связываются трубопроводами - отводами изогнутой формы, которые соединяют их всасывающие и нагнетательные патрубки через общий коллектор наружной установки. В общем укрытии прокладывают трубопроводные коммуникации вспомогательных систем.

Обратный клапан, разделяющий линию всасывания и нагнетания каждого насоса, пропускает жидкость только в одном направлении. При работающем насосе давление, действующее на заслонку клапана справа (давление нагнетания), больше, чем давление, действующее на эту заслонку слева (давление всасывания), вследствие чего заслонка закрыта, и нефть идет через насос. При неработающем насосе давление слева от заслонки клапана больше, чем давление справа от нее, вследствие чего заслонка открыта, и нефть поступает через обратный клапан к следующему насосу, минуя неработающий.

В состав оборудования МНА входит насос марки НМ 10000-210 и электродвигатель типа СТД-8000.

Основные технические данные характеристик насосов типа НМ 10000-210, представлены в таблице 1.2.

Таблица 1.2 – Основные технические данные и характеристики НМ 10000-210

Наименование параметра	Обозначение	Значение	Размерность
Перекачиваемая жидкость	-	Нефть	-
Температура перекачиваемой жидкости	t°	От – 5 до + 80	$^{\circ}\text{C}$
Кинематическая вязкость, не более м ² /с	-	3×10^{-4}	-
Объемный вес	-	900-830	кг/см ³
Упругость паров	-	1,0 – 6,0	М
Подача	-	10000	м ³ /ч
Напор	-	210	М
Допустимый кавитационный запас	-	65	М
КПД насоса/агрегата	Н	89	%
Внешние утечки через уплотнения вала	-	300 (0,3)	более см ³ /ч (л/ч)
Частота вращения вала	-	3000	об/мин
Мощность насоса	-	5550	кВт
Тип присоединения к трубопроводу	-	Вварной	
Диаметр рабочего колеса	-	485	мм
Масса насоса	М	9791	кг
Габаритные размеры насоса	-	2505x2600x2125	км

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

Основные данные электродвигателя, используемого для работы насосного агрегата, представлены в таблице 1.3

Таблица 1.3 - Основные данные двигателя СТД – 8000

Технические данные	Обозначение	Значение	Размерность
Номинальная полная мощность	$S_{\text{НОМ}}$	9130	кВА
Номинальная мощность	$P_{\text{НОМ}}$	8000	кВт
Номинальное напряжение	$U_{\text{IНОМ}}$	10000	В
Номинальный ток статора	$I_{\text{IНОМ}}$	527	А
Номинальный коэффициент мощности	$\cos\varphi_{\text{НОМ}}$	0,9	о.е
Сопротивление обмотки статора при 15 $^{\circ}\text{C}$	R_1	0,0476	Ом
Номинальный КПД	$\eta_{\text{НОМ}}$	97,7	%
Пусковой ток	$I_{\text{п}}$	6,93	о.е

Магистральным насосам (МН) необходимо иметь избыточное давление на входе. Это давление должно предотвратить опасное явление – кавитацию, которая может возникать внутри насоса в результате уменьшения давления в быстро движущейся жидкости.

1.2 Анализ режимов работы магистрального насосного агрегата.

Под регулированием режимов понимается целенаправленное воздействие на систему с целью изменения расхода и потребляемого напора в ней.

Режимы работы нефтепровода определяются подачей и напором насосов НПС в рассматриваемый момент времени, которые характеризуются условиями материального и энергетического баланса перекачивающих станций и трубопровода. Любое нарушение баланса приводит к изменению режима работы и обуславливает необходимость регулирования.

1.2.1 Регулирование режимов работы нефтепровода изменением числа работающих насосов.

С увеличением на участке числа работающих насосов расход и напор в трубопроводе возрастают. Однако рост этот происходит на станции, где включаются агрегаты, очень быстро. Время разгона агрегата до номинальных параметров составляет секунды. При таком процессе на этой станции возникает ударная волна, которая вследствие упругости жидкости и стенок трубопровода распространяется вдоль него в обе стороны со скоростью 800–1000 м/с. Эта волна давления вызывает нарушение нормальной работы нефтепровода.

Изменение количества работающих насосов. Этот метод применяется при необходимости изменения расхода в нефтепроводе. Однако результат зависит не только от схемы соединения насосов, но и вида характеристики трубопровода (рисунок 1.4).

В качестве примера рассматривается параллельное и последовательное соединение двух одинаковых центробежных насосов при работе их на трубопровод с различным гидравлическим сопротивлением.

Как видно из графических построений (рисунок 1.4), последовательное соединение насосов целесообразно при работе на трубопровод с крутой характеристикой. При этом насосы работают с большей, чем при параллельном соединении, подачей ($Q_B > Q_C$), а также с более высоким суммарным напором и коэффициентом полезного действия. Параллельное соединение насосов более предпочтительно при работе на трубопровод с пологой характеристикой ($Q_F > Q_E$, $H_F > H_E$, $\eta_F > \eta_E$).

Данный метод не может быть применен на ЛПДС «Ленинск», так как все насосные агрегаты работают только в параллельной схеме соединения.

1.2.2 Регулирование режимов работы нефтепровода изменением числа работающих станций.

Этот метод часто применяют в процессе вывода нефтепровода на проектную пропускную способность. Когда промыслы ещё не нарастили добычу до

										Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата						12

максимального уровня, а магистральный нефтепровод построен, экономично вводить

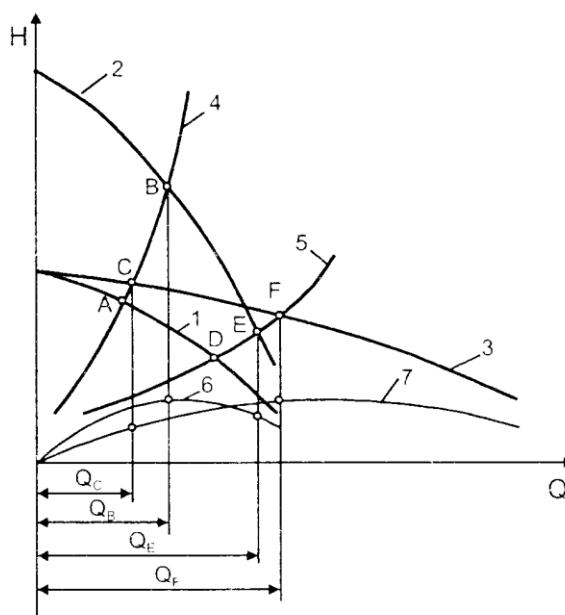


Рисунок 1.4 – Совмещенная характеристика трубопровода и НПС при регулировании изменением числа и схемы включения насосов.

1 - характеристика насоса; 2 - напорная характеристика ПС при последовательном соединении насосов; 3 - напорная характеристика ПС при параллельном соединении насосов; 4, 5 - характеристика трубопровода; 6 - η -Q характеристика насоса при последовательном соединении; 7 - η -Q характеристика насоса при параллельном соединении.

насосные станции очередями.

Данный метод не может быть реализован, так как рельеф участка Травники - Ленинск - Бердяуш имеет большой перепад высоты (около 356 метров) и мощностей НПС «Травники», НПС «Бердяуш» без участия ЛПДС «Ленинск» не хватит для преодоления данного участка.

1.2.3 Дросселирование потока

Метод дросселирования на практике применяется сравнительно часто, хотя и не является экономичным. Он основан на частичном перекрытии потока нефти, на выходе из насосной станции, то есть на введении дополнительного гидравлического сопротивления. При этом рабочая точка и A1, смещается в сторону уменьшения расхода в точку A2 (рисунок 1.5), а насос переходит в т.А3.

Целесообразность применения метода можно характеризовать величиной к.п.д. дросселирования $\eta_{др.}$:

$$\eta_{др1} = \frac{H_1}{H_0} \quad (1)$$

$$\eta_{др2} = \frac{H_2}{H_0}$$

С увеличением значения дросселируемого напора $h_{др}$, значение $\eta_{др}$ уменьшается.

Метод дросселирования уместно применять для насосов, имеющих положительную напорную характеристику.

1.2.4 Изменение частоты вращения вала насоса

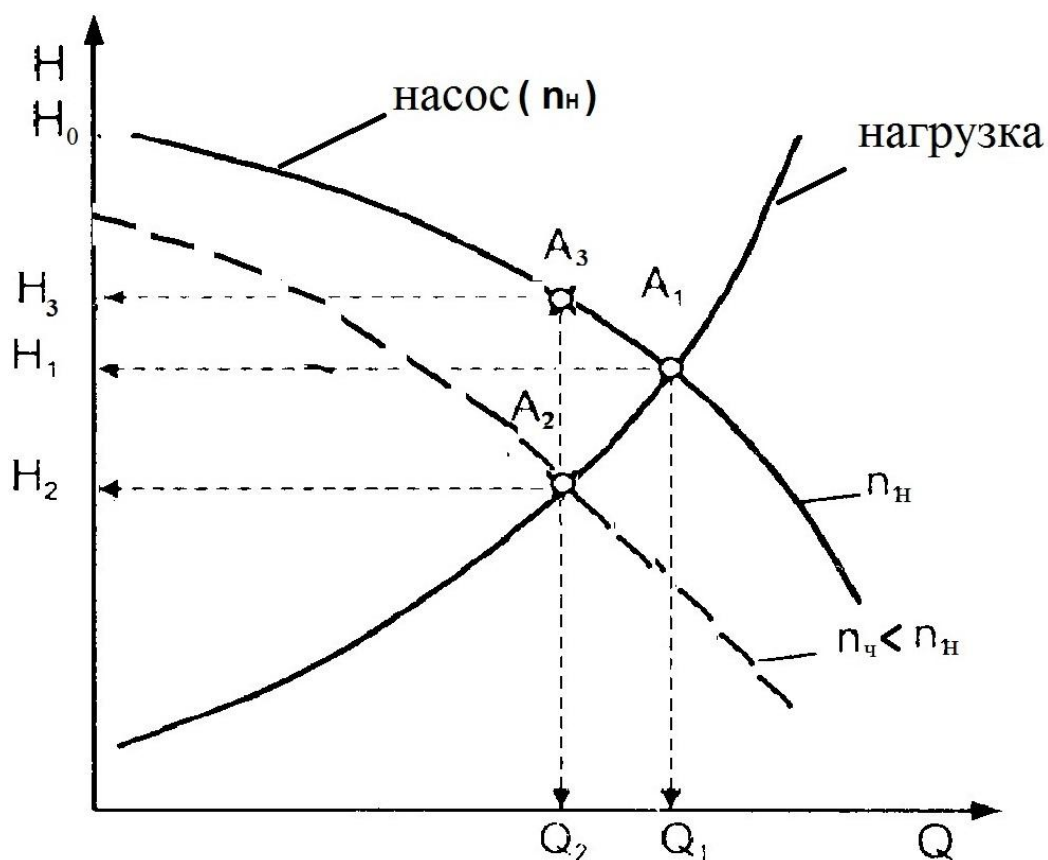


Рисунок 1.5 – Совмещенная характеристика нефтепровода и насоса при изменении частоты вращения вала

При изменении частоты вращения насоса подача его меняется пропорционально первой степени частоты вращения, напор - пропорционально квадрату, мощность - пропорционально кубу. Экономичным при этом является регулирование частоты вращения в небольшой зоне, так как в этом случае режимы работы на трубопровод будут оставаться в зоне высоких КПД ($\pm 30\%$ от номинальной скорости вращения), рисунок 1.5.

Кпд насоса при частотном регулировании:

$$\eta_{ч1} = \frac{H_1}{H_0}$$

$$\eta_{ч1} = \frac{H_2}{H_0}$$

Оптимизация работы насосного оборудования и магистральных нефтепроводов с помощью регулируемого электропривода обеспечивает:

- автоматическую синхронизацию и оптимизацию режимов последовательно работающих ЛПДС на магистральном нефтепроводе;
- увеличение за счёт этого пропускной способности магистральных нефтепроводов;
- исключение условий возникновения гидравлических ударов и предотвращение за счет этого аварийных разрывов магистральных трубопроводов;
- «щадящие» режимы и увеличение ресурса работы насосного оборудования;
- экономию до 30–40% электроэнергии, потребляемой насосными агрегатами.

1.2.5 Регулирование с помощью преобразователя частоты - работу группы насосов

Регулирование с помощью частотного преобразователя - работу группы насосов. Такое управление называется каскадным. Обычная схема каскадного управления строится следующим образом - один преобразователь частоты контролирует один насос и наблюдает за изменением давления всей системы. В случае если производительности этого насоса не хватает, последовательно автоматически включаются остальные. Пуск каждого следующего насоса будет контролироваться преобразователем частоты, что помогает избежать гидроудар в системе. Этот принцип управления получил название - мягкие пускатели. Кроме того, энергосберегающий эффект от установки мягких пускателей, которые не имеют возможности регулировать производительность насосов, может составить до 10 % от потребляемой электроэнергии, за счет небольшого снижения напряжения.

Выводы по разделу один

1 В связи с большим перепадом профиля участка невозможно применить переключение с последовательной на параллельную работу насосов.

2 Применение частотного регулирования позволяет избежать гидроударов при переключении насосов, стабилизации давления и повысить КПД за счёт отказа от дроссельного регулирования.

3 Целесообразно провести анализ каскадной схемы включения.

2 ВЫБОР СТРУКТУРЫ УПРАВЛЕНИЯ СИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Важнейшая задача современного электропривода – экономичное и плавное регулирование скорости вращения в требуемых пределах, с высокой надежностью.

Частотное регулирование скорости вращения синхронных двигателей (СД) характеризуется в основном такими же показателями, что и частотное регулирование асинхронных двигателей с короткозамкнутым ротором. Регулирование скорости вращения СД должно проводиться с высокими энергетическими показателями: по гармоническому составу, коэффициенту мощности и т.д. Также должны быть высокими плавность и стабильность регулирования, при этом не нужно забывать, что регулирование должно проводиться при постоянном моменте, для этого при законе регулирования соответствующего $U_{ном}/f_{ном} = const$ необходимо регулировать ток возбуждения при изменении момента на валу двигателя по закону:

$$I_{в} = \frac{M}{M_{ном}} I_{ном} \quad (3)$$

2.1 Регулирование тока возбуждения СД

2.1.1 Показатели работы СД.

Проведена значительная работа по созданию, исследованию и внедрению различных систем возбуждения и регулирования СД. Однако в течении длительного времени имелись совершенно различные точки зрения в выборе законов автоматического регулирования и типов систем возбуждения.

В последние годы в связи с развитием полупроводниковой техники и созданием специальных роторных кремниевых диодов и тиристоров началось интенсивное внедрение в промышленность синхронных электродвигателей с новыми системами возбуждения.

СД обладают рядом преимуществ, к ним относятся:

- способность СД отдавать в сеть реактивную мощность, что является наиболее простым и эффективным способом повышения коэффициента мощности. В этих условиях электрические сети разгружаются от реактивных токов, потребляемых асинхронными электродвигателями, трансформаторами и другими устройствами, в результате чего уменьшаются потери в сетях;

- статическая перегрузочная способность синхронных электродвигателей без учета явнополюсности, зависит от сетевого напряжения линейно, а не квадратично, как у АД.;

- форсировка возбуждения при снижениях напряжения ниже 0,8 номинального. Следовательно, при больших снижениях напряжения сети, работа нагруженного синхронного электродвигателя устойчивее, чем асинхронного;

- возможность применения систем возбуждения с АРВ, обеспечивающими

постоянство статической и динамической перегружаемой при изменяющихся режимах работы.

СД находят широкое применение для электропривода всевозможных механизмов. При этих условиях является особенно важным рациональное использование важнейшей особенности синхронного электродвигателя возможность изменения величины и напряжения реактивной мощности и тем самым осуществления регулирования напряжения в узлах нагрузки. Форсирования возбуждения при снижениях напряжения до определенной величины, значительно повышает устойчивость работы синхронных электродвигателей.

В связи с тем, что применение новых типов систем возбуждения и АРВ позволяет существенно повысить статическую и динамическую устойчивость работы машин» проектирование синхронных электродвигателей следует производить с пониженными воздушными зазорами и уменьшенными запасами статической перегруженности. Такое комплексное проектирование синхронного электродвигателя вместе с системой возбуждения и автоматическим регулированием возбуждения дает возможность уменьшить вес, габариты и стоимость электродвигателя.

2.2.2 Тиристорный возбудитель серии ВТЕ-315-11.

К системам возбуждения предъявляются следующие основные требования: 1) высокая надежность в работе и 2) возможно большая простота и малая стоимость. Кроме того, необходимость регулирования напряжения и обеспечения устойчивой работы синхронных машин налагает на системы возбуждения ряд дополнительных требований.

Возбудитель предназначен для питания обмотки возбуждения, управления и регулирования тока возбуждения при прямом и реакторном пуске, синхронной работе и аварийных режимах синхронных двигателей типа СТД мощностью до 12500 кВт с токами возбуждения до 320 А и напряжением возбуждения до 230 В.

Тиристорное возбуждение и управление осуществляет следующие функции:

- возбуждение электродвигателя во всех нормальных режимах работы с ручным и автоматическим регулированием тока возбуждения. Устройство обеспечивает переход с автоматического регулирования на ручное в пределах 0,3-1,41;

- автоматический пуск СД с подачей возбуждения в функции ЭДС (напряжения) в обмотке возбуждения;

- ограничение угла зажигания силовых тиристоров по минимуму и по максимуму, ограничение тока возбуждения до номинального с выдержкой времени, а также ограничение тока форсировки до $1,4 T_n$ без выдержки времени;

- автоматический регулятор возбуждения обеспечивает регулирование тока возбуждения при поддержании напряжения сети со статизмом $\pm 10\%$ или углом φ ;

Также в возбудителе ВТЕ-315 - 11 предусмотрено:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					17

- автоматическое переключение с выдержкой времени на аварийный режим при потере возбуждения;
- автоматическое резервирование оперативного напряжения;
- сигнализация замыкания на "землю" роторной цепи возбуждителя;
- сигнализация включения схемы автоматического переключения на аварийный режим при потере возбуждения.

В возбуждители установлены также приборы для измерения параметров системы управления.

Применение управляемых вентилях - тиристоров позволяет выполнять быстродействующие и надежные системы с высокими технико-экономическими показателями. Регулирование мощности в десятки и сотни киловатт может быть осуществлено управляющей мощностью в ватты и доли ватта, что делает возможным снизить вес и габариты устройства управления тиристорного возбуждителя устройства (ТВУ) синхронного двигателя СД, содержащая элементы питания, управления, регулирования и их функциональные связи.

На современных нефтеперекачивающих насосных станциях для управления основными («магистральными») насосными агрегатами предусмотрены: пуск и остановка в автоматическом режиме по заданной программе при закрытой напорной задвижке, при получении команды с местного диспетчерского пункта МДП (операторной) или районного диспетчерского пункта (РДП); дистанционное управление отдельными элементами агрегата с МДП; местное управление отдельными элементами агрегата вручную непосредственно на месте их установки.

2.3 Возможность работы СТД – 8000 в составе частотно - регулируемого электропривода

В АО «Транснефть - Урал» был сделан запрос о возможности работы синхронных электродвигателей типов СТД - 8000 в составе частотно-регулируемого электропривода. Получен следующий ответ:

- рабочий диапазон регулирования частоты вращения синхронных турбодвигателей с вентиляторной нагрузкой (квадратичной зависимостью момента сопротивления приводимого механизма от частоты вращения) при совместной работе с преобразователем частоты в большинстве случаев составляет 50(60) - 100% номинальной частоты вращения;

- на рисунке 2 приведены результаты расчётной оценки допустимой мощности на валу электродвигателя типа СТД - 8000 в указанном рабочем диапазоне частот вращения при совместной работе с преобразователем частоты. Оценка проводилась по условию допустимого нагрева обмоток статора и ротора электродвигателя с учётом ухудшения условий охлаждения электродвигателя при снижении частоты вращения, а также дополнительных потерь в электродвигателе от высших гармоник несинусоидального тока на выходе преобразователя частоты. Учёт влияния дополнительных потерь, обусловленных совместной работой с преобразователем частоты, очевиден для номинальной частоты вращения электродвигателя, для которой допустимая длительная мощность на валу

электродвигателя составляет порядка 70-80 % номинальной мощности. Такие же ограничения по мощности будут иметь место и для электродвигателя типа СТД - 8000;

- критическая частота вращения электродвигателя СТД-8000 составляет 1500 об/мин. Длительная работа электродвигателей вблизи указанной частоты вращения недопустима;

- управление установкой тока возбуждения электродвигателей в режимах частотного пуска и регулирования частоты вращения должен осуществлять преобразователь частоты, для чего требуется доработка существующих базовых статических тиристорных возбудителей типа ВТЕ - 315(ВТЕ - 320) в части корректировки их АРВ.

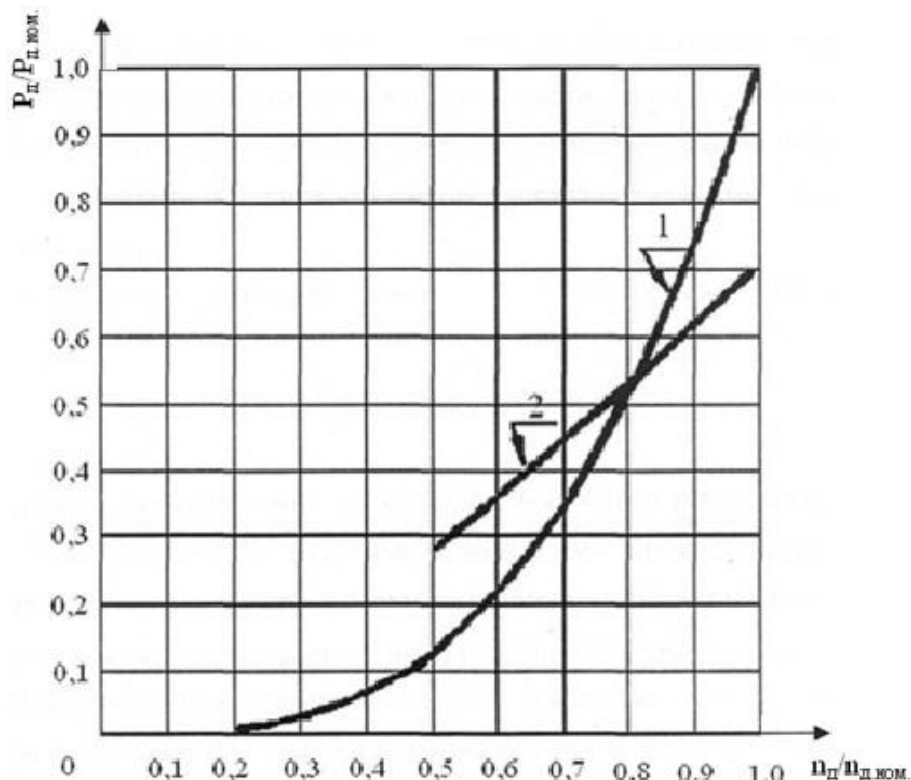


Рисунок 2 - Зависимость мощности на валу серийного электродвигателя СТД 8000 от частоты вращения.

1- кривая ограничения мощности на валу электродвигателя при вентиляторной нагрузке (при квадратичной зависимости момента сопротивления приводимого механизма от частоты вращения);

2- кривая ограничения мощности на валу электродвигателя при совместной работе с преобразователем частоты по условию допустимого нагрева обмоток статора и ротора электродвигателя в диапазоне частот вращения (0,5 - 1,0) $n_{д.ном}$.

На рисунке 2, приведена зависимость мощности на валу электродвигателя СТД-8000 от частоты вращения.

С учётом того, что электродвигатель типа СТД - 8000 загружен не полностью, а именно на 75% при максимальной производительности насоса, можно сделать вывод о возможности работы его в составе частотно-регулируемого электропривода.

Для лучшего использования электродвигателя и получения высоких энергетических показателей его работы – коэффициентов мощности, полезного действия, перегрузочной способности – одновременно с частотой необходимо изменять и подводимое к двигателю напряжение.

В выпускной квалификационной работе в качестве возможного варианта регулирования частоты СД магистрального насоса рассматривается:

- преобразователь частоты фирмы ЗАО «Энергокомплект» типа ЕК-АV6, реализованный на силовых IGBT-транзисторах с многоуровневой ШИМ;
- высоковольтный тиристорный преобразователь частоты ПЧСВ.

Преобразователи частоты на тиристорах в настоящее время занимают доминирующее положение в высоковольтном приводе в диапазоне мощностей от сотен киловатт и до десятков мегаватт с выходным напряжением 3 - 10 кВ и выше.

В связи с вышесказанным предпочтение отдается преобразователю частоты типа ЕК-АV6, который обеспечит:

- плавное регулирование скорости в широком диапазоне;
- плавный пуск и плавный останов двигателя;
- высокую точность поддержания технологического параметра;
- легкость перенастройки параметров под конкретные условия эксплуатации;
- значительное снижение шума и вибрации двигателя;
- возможность работы под управлением АСУТП верхнего уровня при использовании протоколов ModBus RTU, Profibus DP.

При использовании преобразователя частоты ЕК-АV6:

- отсутствуют значительные гармонические помехи в питающей сети;
- не нужны силовые фильтры в цепи ПЧ
- длина кабелей от ПЧ к двигателю может достигать 2 км;
- коэффициент полезного действия составляет не менее 0,97 при частоте вращения близкой к номинальной;
- возможно динамическое торможение двигателя (подача постоянного тока в статор) и выбегом;
- не требуется подбор специальных двигателей с повышенным классом изоляции, нагрев двигателя не выходит за рамки обычного;
- возможно восстановление работоспособности ПЧ в короткий срок без использования специального инструмента (замена ячейки возможна менее чем за 30 минут).

Для улучшения качества выходного напряжения ПЧ ЕК-АV6 содержит ряд широтно-импульсных преобразователей (ячеек) малой мощности. Каждая силовая ячейка имеет собственный трехфазный выпрямитель, присоединенный к вторичной обмотке входного трансформатора с напряжением 690 В. В 10 кВ ПЧ ис-

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					20

пользуется 15 ячеек по 690 В, соединенных по пять в фазе последовательно, фазы соединяются в звезду. Каждая ячейка рассчитана на полный выходной ток, но работает только на 1/5 выходного напряжения. Преобразователи частоты на 3 и 10 кВ содержат соответственно три и пять ячеек в фазе (рисунок 2.1). Силовые модули имеют повышенную надежность, так как в цепи постоянного тока используются полипропиленовые конденсаторы, которые имеют 100000 часов наработку на отказ (10-12 лет, при этом электролитические конденсаторы рассчитаны на 5-7 лет работы).

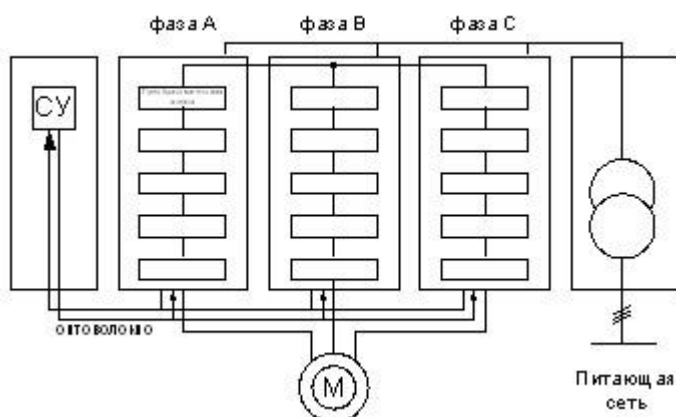


Рисунок 2.1 - Структурная схема преобразователя частоты серии EK-AV6

Каждая силовая ячейка имеет три датчика температуры, которые выводят информацию о температуре всех модулей в реальном масштабе времени и отключают любой из них при превышении рабочей температуры выше установленной, а также оптимизируют работу системы охлаждения, тем самым, продлевая ресурс вентиляторов.

Информация о токах, напряжениях, формируемой мощности ячейки и данные о температуре передаются контроллером управления модуля по оптоволоконному кабелю в шкаф управления. В каждом силовом модуле имеется все необходимые защиты, функционирующие независимо от основной системы управления ЧРЭП, даже при обрыве оптоволоконной связи.

Вывод по главе два:

Применение микропроцессорной системы управления с сенсорной панелью и оптоволоконной связью, а так же применение силовых модулей низкого напряжения позволяет изготовить ЧРП соответствующее высокому техническому уровню, обеспечить повышенную надежность и удобное обслуживание.

3 АНАЛИЗ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ СОВМЕСТИМОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ЧАСТОТЫ АУ-ЕК6 И ПИТАЮЩЕЙ СЕТИ

Современный регулируемый электропривод как постоянного, так и переменного тока содержит силовые преобразователи электрической энергии, выполненные на силовых полупроводниковых ключах и являющиеся дискретными устройствами.

Рост установленной мощности преобразовательных агрегатов и связанное с принципом их работы ухудшение электромагнитной обстановки обострили проблему обеспечения нормального функционирования других потребителей, подключенных к общей с преобразователями сети, т.е. электромагнитную совместимость.

В выпускной квалификационной работе рассматривается ЧРЭП, необходимо произвести расчет электромагнитной совместимости преобразователя частоты с питающей сетью.

Индуктивное сопротивление трансформатора ТСГЛ-8000/10-УЗ, мОм:

$$x_{\text{тр}} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{кз}}}{100}\right)^2 - \left(\frac{P_{\text{кз}}}{S_{\text{н}}}\right)^2} \cdot \left(\frac{U_{\text{б}}}{S_{\text{н}}}\right)^2, \quad (4)$$

где $U_{\text{кз}}$ – напряжение короткого замыкания, %,

$P_{\text{кз}}$ – мощность короткого замыкания, кВт,

$S_{\text{ном}}$ – полная мощность трансформатора, кВА,

$U_{\text{б}}$ – базовое напряжение, В.

$$x_{\text{тр}} = \sqrt{\left(\frac{6}{100}\right)^2 - \left(\frac{16,4}{8000}\right)^2} \cdot \left(\frac{380}{8000}\right)^2 = 3,257 \text{ мОм}$$

Индуктивное сопротивление:

□

$$x_{\text{к}} = x_0 \cdot L, \quad (5)$$

где x_0 – индуктивное сопротивление единицы длины кабельной линии, Ом/км;

L – длина кабельной линии, км.

$$X_{\text{к1}} = 0,073 \times 0,2 = 14,6 \text{ мОм},$$

$$X_{\text{к2}} = 0,122 \times 0,03 = 3,66 \text{ мОм}.$$

					Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	22

Индуктивное сопротивление сети определяется двумя составляющими: индуктивным сопротивлением трансформатора и индуктивным сопротивлением кабельной линии.

$$X_c = 3,257 + 14,6 = 17,857 \text{ мОм.} \quad (6)$$

Полная мощность КЗ на шинах подключения преобразователя:

$$P_{\text{кз}} = \frac{3E_{\phi}}{X_c},$$

где E_{ϕ} – действующее значение фазного напряжения.

$$P_{\text{кз}} = \frac{3 \times 220^2}{17,857 \times 10^{-3}} = 8131 \times 10^3 \text{ Вт}$$

Номинальную мощность на выходе звена постоянного тока можно определить исходя из условия, что КПД современных автономных инверторов напряжения приблизительно равен 0,87:

$$P_{\text{дн}} = \frac{P_{\text{пч}}}{0,87} = \frac{8000}{0,87} = 9195,4 \text{ Вт} \quad (8)$$

где $P_{\text{пч}}$ – номинальная мощность преобразователя, Вт.

Номинальное напряжение на выходе трехфазного двухполупериодного мостового выпрямителя:

$$E_{\text{d0}} = \frac{2 \cdot m}{\pi} \sqrt{2} \cdot U_m \cdot \sin \frac{\pi}{n}, \quad (9)$$

где m - число фаз;

n – число полупериодов.

$$E_{\text{d0}} = \frac{2 \cdot 3}{3,14} \cdot 1,41 \cdot 380 \cdot \sin \frac{180}{2} = 900 \text{ В.т.}$$

Исходя из соотношения $P_{\text{дн}} = E_{\text{d0}} \cdot I_{\text{дн}}$:

$$I_{\text{d0}} = \frac{9195,4}{595} = 15,45 \text{ А}$$

Приведенное значение ЭДС КЗ преобразователя частоты:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					23

$$U_{\text{кп}} = \frac{2 I_{\text{дн}} \times X_{\text{п}}}{3 E_{\phi}},$$

$$U_{\text{кп}} = \frac{2 \cdot 15,45 \times 3,66 \times 10^{-3}}{3 \cdot 220} = 85,6 \times 10^{-6} \text{ В.}$$

Относительное значение ЭДС КЗ, куда входит вся цепь коммутации вентилей выпрямителя преобразователя частоты:

$$U_{\text{к}} = U_{\text{кп}} + U_{\text{кс}} = U_{\text{кп}} \cdot \left(1 + \frac{X_{\text{п}}}{E_{\phi}} \right),$$

$$U_{\text{к}} = 33,42 \cdot 10^{-6} \left(1 + \frac{2,85 \cdot 10^{-3}}{380} \right) = 33,42 \cdot 10^{-6} \text{ В,}$$

где $U_{\text{кс}}$ – приведенное к мощности преобразователя относительное значение ЭДС короткого замыкания сети.

Относительное значение коммутационного провала определяется параметрами делителя напряжения:

$$a_x = \frac{X_c}{X_c + X_{\text{п}}} = \frac{\pi}{3U_{\text{к}}} \frac{P_{\text{дн}}}{P_{\text{кз}}} = \frac{18,14}{18,14 + 2,852} = 0,864. \quad (12)$$

Угол коммутации:

$$1 - \cos \gamma = U_{\text{к}} \frac{I_{\text{д}}}{I_{\text{дн}}}, \quad (13)$$

где $I_{\text{д}}$ – текущее значение тока на выходе выпрямителя.

$$\gamma = \arccos(1 - 33,42 \cdot 10^{-6}) = 0,468^{\circ}. \quad (14)$$

Площадь коммутационного провала в точке подключения преобразователя к сети:

$$\bar{S} = \frac{\pi}{2 \cdot \sqrt{3}} \cdot \frac{P_{dn}}{P_{кз}}, \quad (15)$$

$$S = \sqrt{\frac{3}{2}} \cdot 0,864 \cdot 220 \cdot 33,42 \cdot 10^{-6} = 0,00778.$$

Относительное действующее значение импульсов коммутационных провалов:

$$\bar{e}_{Ud} = \sqrt{\frac{1}{\pi} \int_0^{\pi} e_{имп}^2 d\omega t} = \frac{a}{2} \sqrt{\frac{3}{\pi} (\gamma - \sin \gamma \cos \gamma)}, \quad (16)$$

$$\bar{e}_{ud} = \frac{0,864}{2} \sqrt{\frac{3}{3,14} \cdot \left(\frac{0,468 \cdot 3,14}{180} - 0,00735 \cdot 0,99998 \right)} = 0,01.$$

Относительная амплитуда синусной и косинусной составляющей первой гармоники коммутационных провалов:

$$\bar{b}_{\gamma} = \frac{4a}{2\pi} \chi \int_0^{\pi} e_{имп}^{-} \sin(\omega t) d(\omega t) = \frac{3a}{2\pi} \chi (\gamma - \sin \gamma \cos \gamma),$$

$$\bar{a}_{\gamma} = \frac{4a}{2\pi} \chi \int_0^{\pi} e_{имп}^{-} \cos(\omega t) d(\omega t) = \frac{3a}{2\pi} \chi \sin^2 \gamma,$$

$$\bar{b}_{\gamma} = \frac{3 \cdot 0,864}{2 \cdot 3,14} \cdot \left(\frac{0,468 \cdot 3,14}{180} - 0,007349 \right) = 0,000336,$$

$$\bar{a}_{\gamma} = \frac{3 \cdot 0,864}{2 \cdot 3,14} \cdot 0,007349^2 = 0,000022.$$

После определения синусной и косинусной составляющей первой гармоники коммутационных провалов по формуле:

$$\bar{A}_{lg} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{\bar{a}_{\gamma}^2 + \bar{b}_{\gamma}^2} = \frac{3a}{2\sqrt{2}\pi} \chi \sqrt{\sin^4 \gamma + (\gamma - \sin \gamma \cos \gamma)^2}. \quad (19)$$

Относительное действующее значение первой гармоники коммутационных провалов:

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					25

$$\bar{A}_{\gamma g} = \frac{1}{1,41} \cdot \sqrt{0,000022^2 + 0,000336^2} = 0,000238.$$

Относительное действующее значение высших гармоник импульсов коммутационных искажений:

$$\bar{\Delta e} = \sqrt{\bar{e}_{Ud}^2 - \bar{A}_{lg}^2} = \frac{3a}{2\sqrt{2}\pi} \sqrt{\frac{\pi}{3}(\gamma - \sin\gamma \cos\gamma) - \frac{1}{2}(\gamma^2 - \gamma \sin 2\gamma + \sin^2 \gamma)}, \quad (20)$$

$$\bar{\Delta e} = \sqrt{0,01^2 + 0,000238^2} = 0,01$$

Коэффициент несинусоидальности:

$$K_{НС} = \bar{\Delta e} \sqrt{2}, \quad (21)$$

$$K_{НС} = 0,01 \cdot \sqrt{2} = 0,0141.$$

Площадь коммутационных провалов:

$$\bar{S} = 5196 \frac{P_{dn}}{P_{k3}}, \quad (22)$$

$$\bar{S} = 5196 \cdot \frac{1882,3}{3190000} = 3\% * \text{эл.градус}$$

Выводы по разделу три

Выполнение норм на качество электрической энергии по коэффициенту несинусоидальности обеспечивается коэффициентом искажения несинусоидальности напряжения не должен превышать 0,08. Площадь коммутационных провалов не выходит за пределы допустимых норм, которая для сети низкого напряжения составляет 420% электрических градусов.

						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

4 МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛПДС

Термин "модель" широко используется в различных сферах человеческой деятельности и имеет множество смысловых значений. Рассмотрим только такие "модели", которые являются инструментами получения знаний.

Модель - это такой материальный или мысленно представляемый объект, который в процессе исследования замещает объект - оригинал так, что его непосредственное изучение дает новые знания об объекте-оригинале. Под моделированием понимается процесс построения, изучения и применения моделей. Оно тесно связано с такими категориями, как абстракция, аналогия, гипотеза и др. Процесс моделирования обязательно включает и построение абстракций, и умозаключения по аналогии, и конструирование научных гипотез.

Необходимость использования метода моделирования определяется тем, что многие объекты (или проблемы, относящиеся к этим объектам) непосредственно исследовать или вовсе невозможно, или же это исследование требует много времени и средств.

Процесс моделирования включает три элемента:

- 1) субъект (исследователь);
- 2) объект исследования;
- 3) модель, опосредствующую отношения познающего субъекта и познаваемого объекта.

4.1 Расчет характеристик электропривода и насоса, моделирование в среде VisSim

VisSim - это визуальный язык программирования, предназначенный для моделирования динамических систем, процессов во времени, правил развития, взаимосвязи промежуточных величин, а также проектирования, базирующегося на моделях, для встроенных микропроцессоров. VisSim сочетает в себе характерный для Windows интуитивный интерфейс для создания блочных диаграмм и мощное моделирующее ядро. Начальные условия задаются перед началом симуляции в удобной и наглядной форме - в виде структурной схемы. Работа VisSim основана на численном пошаговом решении системы уравнений с наперед заданной точностью, в общем случае описывающих моделируемые процессы. Для визуализации полученных результатов в VisSim-е имеется возможность отражения полученных результатов в виде графиков.

Исходными данными для моделирования являются паспортные данные высоковольтного двигателя, насоса МН 10000-210, представленные в таблице 1.2.

Модель системы водоснабжения, изображенная на рисунок 3, включает в себя следующие блоки:

- блок «двигатель»;
- блок «клапан»;
- блок «сеть»;
- блок «преобразователь частоты».

В базовом варианте блок «преобразователь частоты» отсутствует.

В качестве промежуточных переменных используются: W – частота вращения двигателя насоса; H – давление после насоса; H_k – давление после регулирующего клапана; Q – расход воды; $R_{пот.н}$ – гидравлическая мощность насоса.

Связь расхода Q с давлением насоса H учитывает потери в насосной станции (Насос), давления H_k и расхода в сети Q – полезную работу (Сеть), а связь гидравлической мощности $R_{пот.н}$ с частотой вращения W – механическую характеристику и инерционности двигателя. Блок sqrt – вычисление квадратного корня, * – операция умножения. Преобразователь частоты реализует закон регулирования системы, например, по расходу воды, который формируется блоком расход воды.

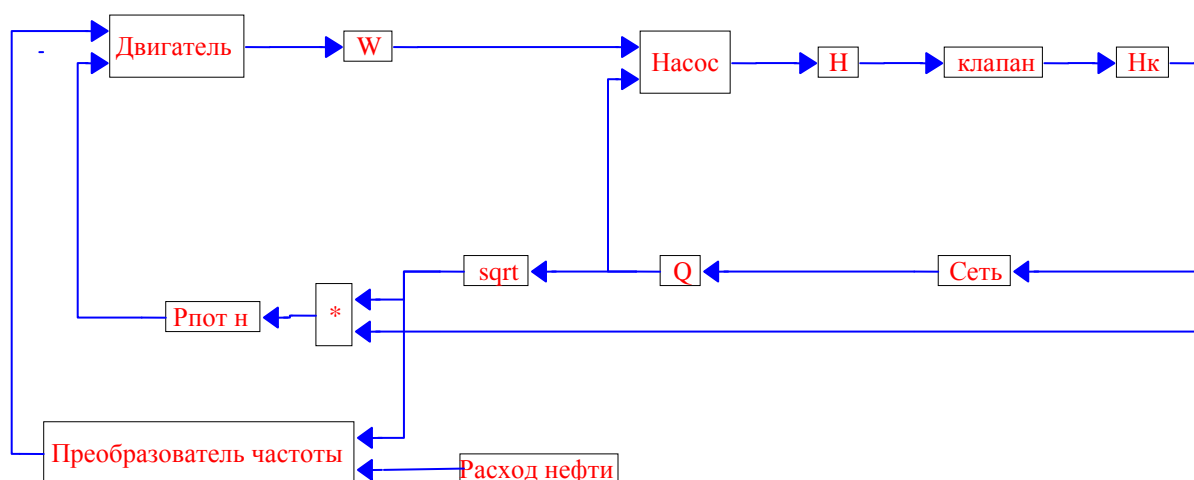


Рисунок 4.1 – Реализация модели системы перекачивания нефти в программе VisSim

Для двигателя приведенный статический момент $M_{ст}$, Н·м:

$$M_{ст} = \frac{M_{пр} \cdot \eta}{i}, \quad (23)$$

где $M_{пр}$ – момент электропривода, Н·м;

η – КПД привода;

i – передаточное отношение.

Блок «двигатель» учитывает механическую инерционность привода, потери в приводе и нагрузку двигателя, определяемую гидравлической мощностью нагрузки $R_{пот.н}$ (рисунок 4.2), расчет параметров для данного блока приведен ниже.

Момент электропривода, $M_{пр}$, Н·м:

$$M_{пр} = J \cdot \omega, \quad (24)$$

где J – суммарный момент инерции электропривода, кг/м².

$$M_{пр} = 84 \cdot 155,95 = 13099,8 \text{ кг/м}^2$$

$$M_{ст} = \frac{13099,8 \cdot 0,954}{1} = 12497,2 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

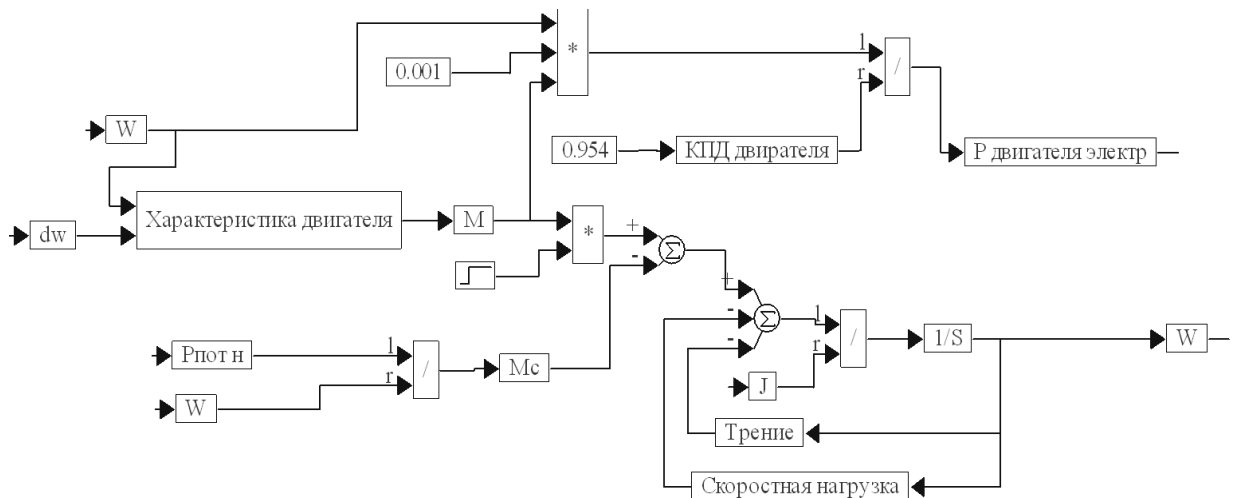


Рисунок 4.2 – Реализация блока «двигатель» в программе VisSim

4.2 Преобразователь частоты

Система преобразователь частоты – синхронный двигатель (ПЧ-СД) находит всё большее применение благодаря высоким технико - экономическим показателям. При этом для различных механизмов возникает необходимость регулирования частоты и напряжения по определенному закону, соответствующем виду механической характеристики и технологическим требованиям исполнительного механизма. Всё это вызывает потребность в создании математической модели названной системы электропривода, в которой амплитуда и частота напряжения ПЧ являются независимыми координатами, позволяющими производить над ними различные преобразования.

На рисунке 4.3 представлена модель преобразователя частоты.

В модель преобразователя частоты входят:

- неуправляемый выпрямитель – блок Rectifier;
- низкочастотный фильтр – LC фильтр;
- IGBT инвертер с ШИМ – блок PWM IGBT Inverter;
- генератор ШИМ-сигнала – блок Discrete PWM Generator.

Преобразователь частоты выполняется в виде модели выходного напряжения.

Выходными переменными модели являются переменные системы трехфазного напряжения (U_{c_A} , U_{c_B} , U_{c_C}), содержащие высшие гармоники.

При использовании частотно-регулируемого электропривода может быть достигнута значительная экономия электроэнергии. При этом энергосберегающий эффект будет тем выше, чем больше неравномерность графика потребления нефти и нефтепродуктов. Помимо энергосбережения применение частотно-регулируемого электропривода обеспечивает ресурсосберегающий эффект за

счет уменьшения утечек перекачиваемого вещества через уплотнения, увеличения

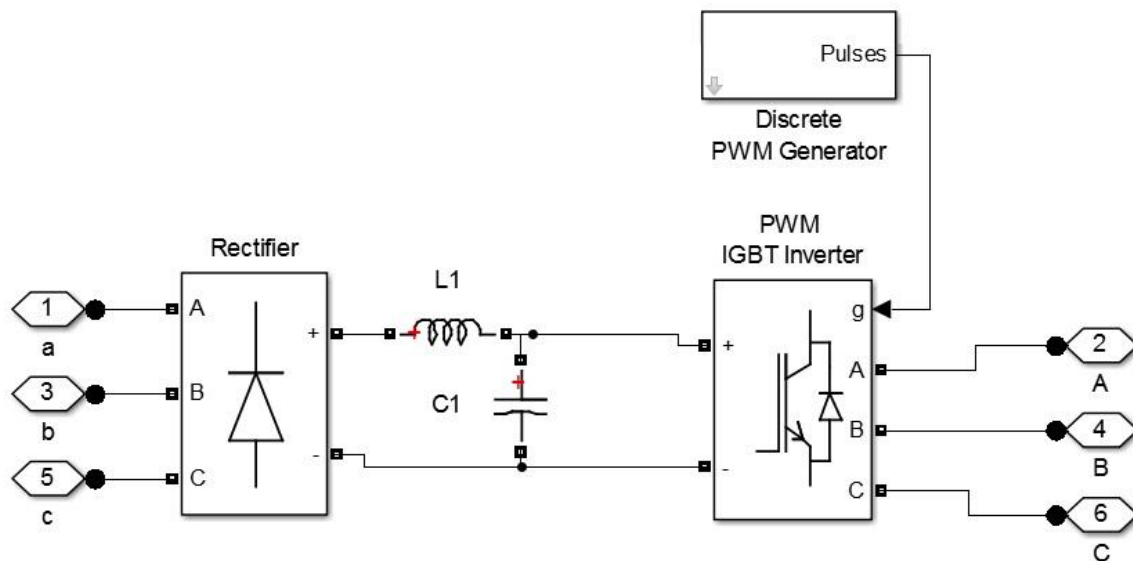


Рисунок 4.3 – Модель преобразователя частоты

Модель формирует как основную, так и высшие гармоники:

$$U_{\omega t} = \sum_{v=1}^{\infty} A_v \sin(v\omega t + \varphi_v)$$

- где A_v – амплитуда;
- v -й гармоники;
- v – номер гармоники;
- ω – угловая частота;
- t – время;
- φ_v – начальная фаза v -й гармоники.

межремонтных периодов перекачивающих агрегатов и запорной арматуры, функционирующих в щадящих режимах, а также значительно более точное соблюдение технологического режима.

Появление полностью управляемых силовых полупроводниковых приборов (IGBT, GTO, IGCT) с высокими значениями параметров привело к радикальным изменениям в схемотехнике устройств силовой электроники, что позволил создавать частотно-регулируемые электроприводы большой мощности. Появились объективные возможности создания малогабаритных, простых и надёжных в эксплуатации преобразователей с высокими энергетическими показателями

4.3 Модель синхронного двигателя СТД-8000

Крупные синхронные двигатели (СД) находят в настоящее время широкое применение в системах электропривода насосных, компрессорных и вентиляторных установок. Такие двигатели обладают существенными преимуществами: более высоким КПД по сравнению с асинхронными машинами такой же мощно-

сти, меньшей зависимостью вращающего момента от подводимого напряжения, независимостью частоты вращения от нагрузки на валу электродвигателя, возможностью использования двигателя для компенсации реактивной мощности. Вместе с тем, эксплуатация синхронных двигателей сопровождается определенными особенностями, связанными с возможностью перехода машины в генераторный или асинхронный (относительно питающего напряжения) режимы работы вследствие кратковременного снижения или отсутствия напряжения либо потери возбуждения. В то же время, как правило, крупные синхронные машины являются потребителями первой категории, незапланированное отключение которых может привести к существенным материальным потерям, риску для здоровья и жизни людей.

Моделирование электромеханических процессов в синхронном двигателе производится на основе системы дифференциальных уравнений обобщенной двухфазной машины переменного тока с демпферной обмоткой. На рисунке 4.5 изображена модель двигателя СТД-8000.

Схема замещения синхронной машины в системе координат, связанной с ротором, использованная при создании модели представлена на рисунке 4.4.

Все параметры ротора и его переменные приведены к статору. Индексы переменных и параметров обозначают следующее:

- d, q – проекции переменных на оси d и q;
- R, s – параметры ротора и статора;
- l, m – индуктивности рассеяния и цепи намагничивания;
- f, k – переменные цепи возбуждения и демпферной обмотки.

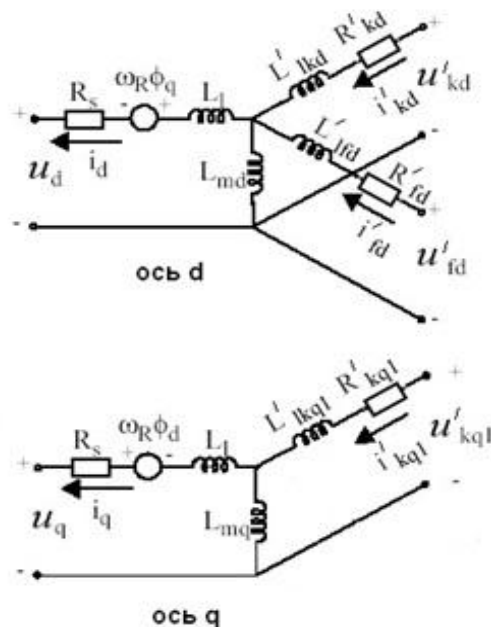


Рисунок 4.4 - Схема замещения синхронной машины в системе координат, связанной с ротором

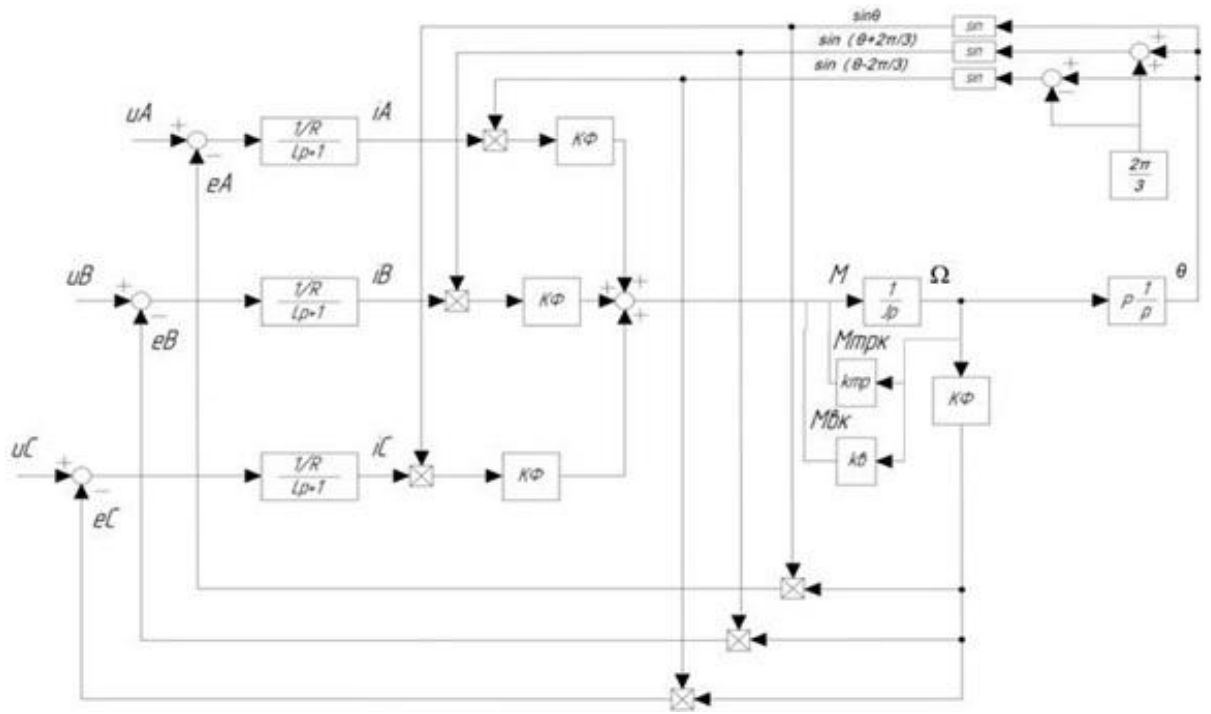


Рисунок 4.5 – Модель синхронной машины

Приведенная на рисунке 4.4 схема замещения описывается системой дифференциальных уравнений 5го порядка:

$$\begin{cases} u_d = R_s i_d + \frac{d}{dt} \Phi_d - \omega_R \Phi_q, \\ u_q = R_s i_q + \frac{d}{dt} \Phi_q + \omega_R \Phi_d, \\ u'_{fd} = R'_{fd} i'_{fd} + \frac{d}{dt} \Phi'_{fd}, \\ u'_{kd} = R'_{kd} i'_{kd} + \frac{d}{dt} \Phi'_{kd}, \\ u'_{kq1} = R'_{kq1} i'_{kq1} + \frac{d}{dt} \Phi'_{kq1}, \end{cases}$$

где $\Phi_d = L_d i_d + L_{md}(i'_{fd} + i'_{kd})$, $\Phi_q = L_q i_q + L_{mq} i'_{kq}$, $\Phi'_{fd} = L'_{fd} i'_{fd} + L_{md}(i_d + i'_{kd})$, $\Phi'_{kd} = L'_{kd} i'_{kd} + L_{md}(i_d + i'_{fd})$, $\Phi'_{kq1} = L'_{kq1} i'_{kq1} + L_{mq} i_q$.

Уравнения необходимо дополнить уравнением угла рассогласования (угла нагрузки СД):

$$\theta = \int_0^t \omega_0 - p_n \omega dt. \quad (36)$$

где ω_0 – угловая скорость вращения вращающегося магнитного поля.

Выводы по разделу четыре

В результате расчетов была получена модель ПЧ-СД, характеристики получены на основе приведенной выше модели. На основании данных характеристик можно сделать вывод: модель составлена верно, и готова к экспериментальным исследованиям.

5 РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

При расчетах использовалась структурная схема модели насосного агрегата, рисунок 5.1.

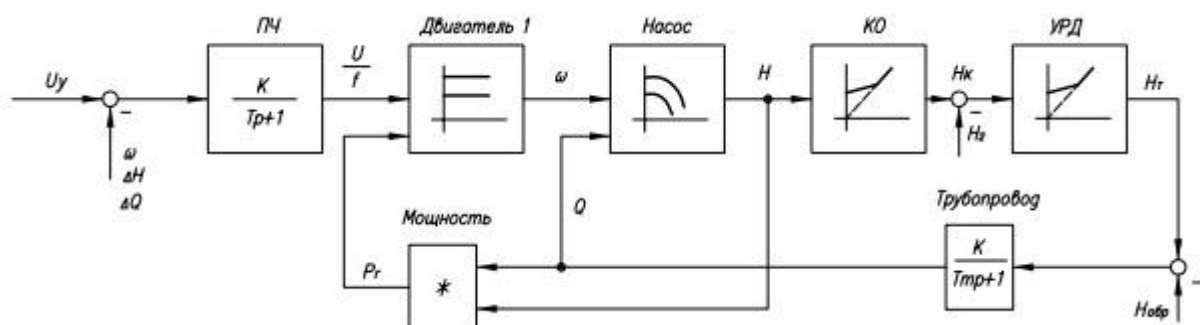


Рисунок 5.1 – Структурная схема модели насосного агрегата

В моделировании были использованы элементы:

- блок «преобразователь частоты»;
- блок «двигатель»;
- блок «насос»;
- блок «КО»;
- блок «УРД»;
- блок «Трубопровод».

Параметры для моделирования:

- открытие обратного клапана при дросселировании $H_{урд}^{раз}$;
- открытие обратного клапана при частотном регулировании $H_{урд}^{зам}$;
- расход нефти при дросселировании $Q_M^{раз}$;
- расход нефти при частотном регулировании $Q_M^{зам}$;
- давление переключающего клапана насоса при дросселировании $H_M^{раз}$;
- давление переключающего клапана при частотном регулировании $H_M^{зам}$;
- количество амплитудных колебаний при дросселировании $n_{урд}^{раз}$;
- количество амплитудных колебаний при частотном регулировании $n_{урд}^{раз}$.

В процессе моделирования были получены результаты:

- процессе открывания обратного клапана при дросселировании (рис. 5.2);
- процесс открывания обратного клапана при применении частотного регулируемого электропривода (рис. 5.3);
- процесс открывания обратного клапана при дросселировании и при применении частотного регулируемого электропривода (рис. 5.4).

При дросселировании открытие обратного клапана $H_{урд}^{раз}$ происходит с большими амплитудными колебаниями, сопровождающимися гидроударами на нефтепровод и насосный агрегат. При применении частотно – регулируемого электропривода, время открытия $t_{перекл}^{раз}$ обратного клапана увеличилось, но в тоже время амплитудные колебания практически отсутствуют.

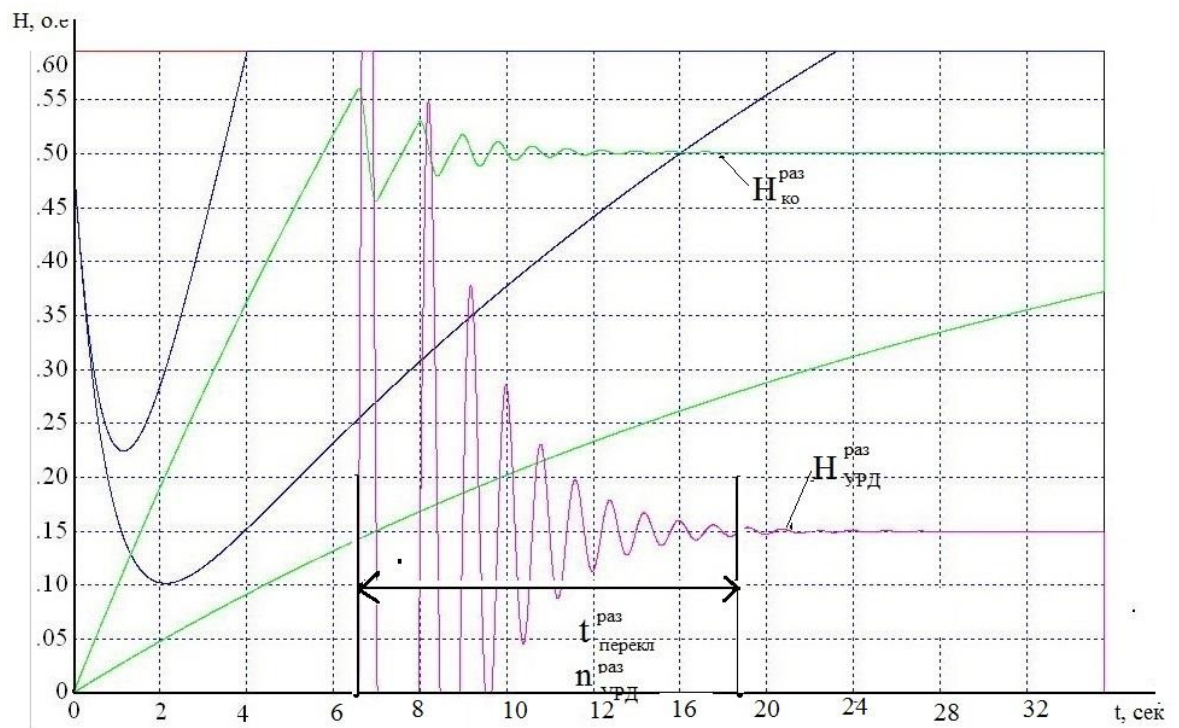


Рисунок 5.2 – Процесс открывания обратного клапана при дросселировании

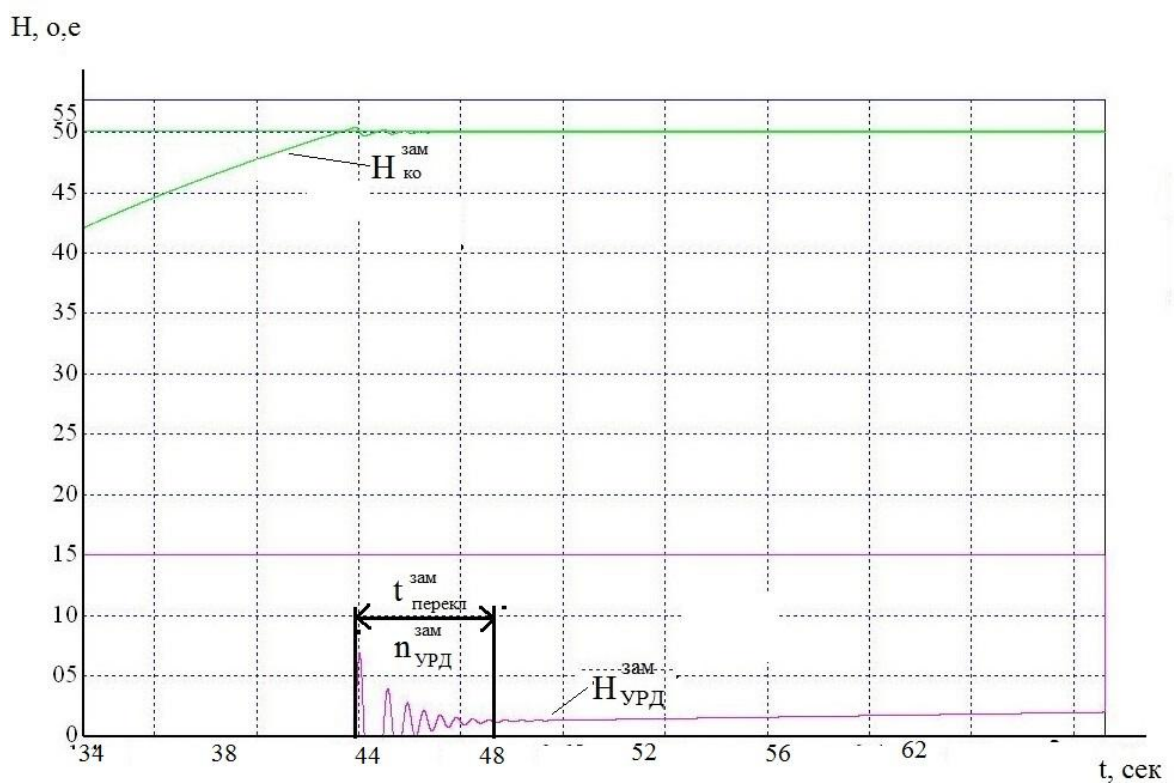


Рисунок 5.3 – Процесс открывания обратного клапана при применении частотного электропривода

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

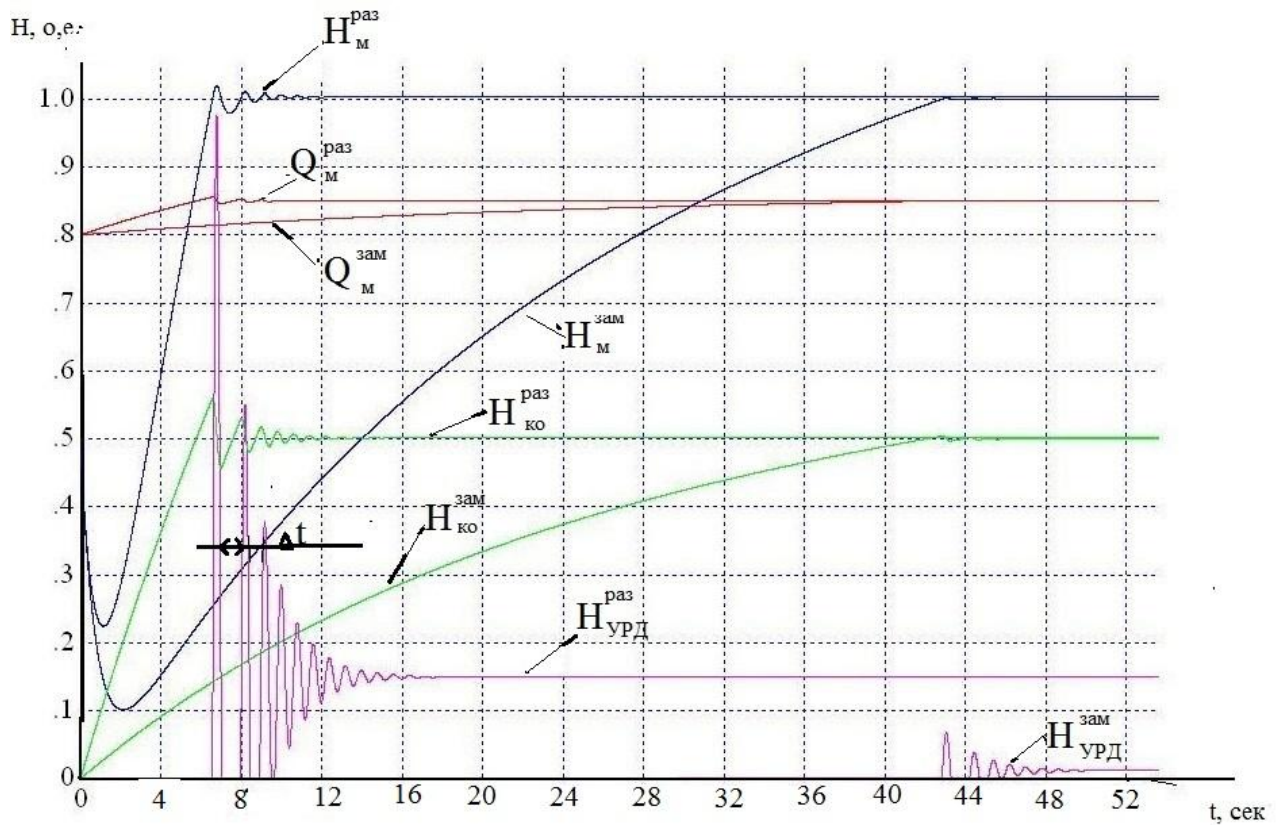


Рисунок 5.4 - Процесс открывания обратного клапана при дросселировании и при применении частотного регулируемого электропривода

Выводы по разделу пять:

Увеличение времени выхода на режим до 44 секунд, приводит к уменьшению давления гидроудара в 14 раз и сокращению времени переключения обратного клапана в 2 раза.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

6 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТ ВНЕДРЕНИЯ ЧАСТОТНО - РЕГУЛИРУЕМОГО ЭЛЕКТРОПРИВОДА НА ЛПДС «ЛЕНИНСК»

6.1 Оценка экономической эффективности от внедрения преобразователей частоты

Цель расчета – определить экономический эффект от внедрения преобразователя частоты для регулирования скорости вращения синхронного привода насоса НПС и обеспечения устойчивой работы силового двигателя насосного агрегата в условиях пуска под нагрузкой.

6.2 Методика расчета экономической эффективности.

Инвестиции – средства (денежные средства, ценные бумаги, иное имущество, в том числе имущественные права, имеющие денежную оценку), вкладываемые в объекты предпринимательской и (или) иной деятельности с целью получения прибыли и (или) достижения иного полезного эффекта.

Под экономическим эффектом в общем случае понимается величина экономии затрат в рублях в результате осуществления какого – либо мероприятия или их совокупности. В традиционных технико – экономических расчетах чаще всего используется величина годового экономического эффекта, то есть экономии средств за год. Под экономической эффективностью понимается относительная величина, получаемая в результате сопоставления экономического эффекта с затратами, вызвавшими этот эффект. Приток денежных средств равен величине денежных поступлений (результатов в стоимостном выражении) на соответствующем шаге. Отток равен платежам (затратам) на этом шаге.

Срок жизни выпускной квалификационной работы (расчетный период) должен охватывать весь жизненный цикл разработки и реализации проекта вплоть до его прекращения. Срок жизни проекта включают в себя следующие основные стадии (этапы):

- инвестиционную;
- эксплуатационную;
- ликвидационную.

Для оценки экономической эффективности инвестиционных проектов могут использоваться следующие критерии:

- чистый дисконтированный доход (ЧДД);
- индекс доходности (ИД);
- внутренняя норма доходности (ВНД);
- срок окупаемости с учетом фактора времени (дисконтирования).

6.3 Расчет экономической эффективности проекта.

Расчет экономической эффективности проводится по методике, изложенной в [15], (приложение А).

Расчетный период T складывается из времени внедрения объекта в производство, который принимается равным одному году и времени эксплуатации объекта, которое составляет десять лет. Расчет состоит из следующих этапов:

- определение выгод проекта;
- определение капитальных вложений;

7 БЕЗОПАСНОСТЬ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ

7.1 Краткое описание рассматриваемого объекта, производственного участка.

Линейная производственно - диспетчерская станция (ЛПДС) «Ленинск» входит в состав Челябинского районного нефтепроводного управления АО «Транснефть-Урал». Основная задача станции, перекачивание нефти западносибирских месторождений в западном направлении по нефтепроводам: Нижневартовск-Курган-Куйбышев (НКК), Усть-Балык-Уфа-Альметьевск (УБКУА), Туймазы-Омск-Новосибирск 2-ой очереди (ТОН-2).

7.2 Анализ вредных и опасных производственных факторов

Объекты НПС как носители опасных и вредных факторов относятся к объектам повышенной опасности. При монтаже, эксплуатации и ремонте преобразователя частоты на ЛППС «Ленинск» может возникнуть целый ряд опасных факторов (поражение электрическим током, взрывы, пожары, загрязнение окружающей среды).

С целью обеспечения безопасных условий труда, при эксплуатации электропривода, приводится описание вредных веществ имеющих место на ЛПД «Ленинск» согласно ГОСТ 12.1.007-99 ССБТ «Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности».

Рассматриваемое помещение электростанции ЛПДС «Ленинск» нефтепровода «НКК» отделяется от насосного зала негорючей перегородкой (брандмауэр), схема помещения приведена на рисунке 7.1.

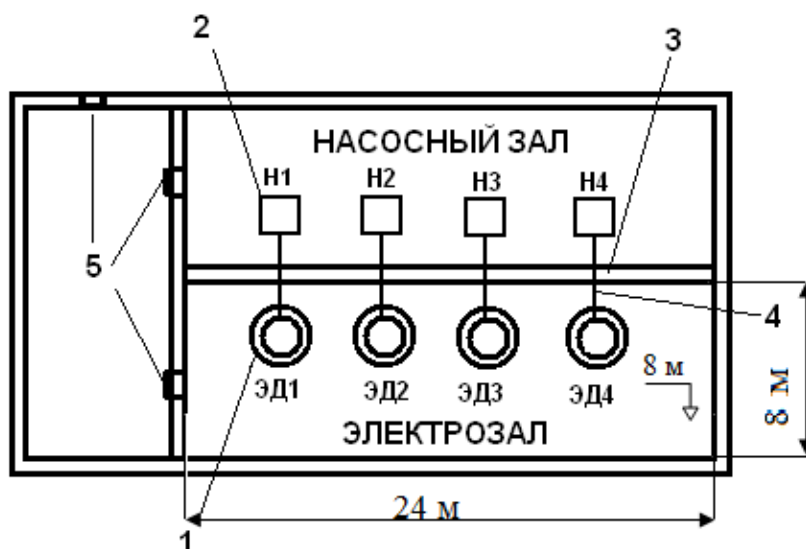


Рисунок 7.1 – Схема типичного расположения ЭД в электростанции НПС
1 – первый электродвигатель; 2 – первый насос; 3 – брандмауэр; 4 – вал, соединяющий электродвигатель с насосом; 5 – двери

В разделительной стене в месте соединения электродвигателей и насосов устанавливаются специальные устройства, обеспечивающие герметичность разделительной стенки (диафрагмы с камерами беспромвальных соединений).

Насосная служит для перекачки нефтепродуктов, поэтому возникает опасность, связанная с воздействием на человека паров нефтепродуктов, наличие паров нефтепродуктов в воздухе может привести к отравлению.

Опасности, а также вредные факторы, которые оказывают неблагоприятное влияние на здоровье людей, которые могут появиться при монтаже, обслуживании и ремонте электродвигателей и другого электрооборудования установленных в отдельном помещении – электрозале. Воздействие этих факторов может привести к травмам, понижению работоспособности и профзаболеваниям.

Возможные опасные и вредные факторы:

- воздействие электрического тока при попадании под напряжение свыше 1000 В, возможно при обслуживании основных электродвигателей и других электроустановок, в следствии нарушения изоляции высоковольтных кабелей, также в случае ошибочной подачи напряжения, при проведении ремонтных работ на электродвигателе, в случае пробоя изоляции кабеля;

- воздействие электрического тока при попадании под напряжение до 1000 В, при обслуживании электрооборудования напряжением до 1000 В (например тиристорного возбуждательного устройства), без снятия напряжения, из-за случайного прикосновения к токоведущим частям, а также в случае нарушения изоляции кабелей, проводов;

- пожароопасность системы смазки подшипников скольжения СД;

- опасность получения механических травм электротехнического персонала, например, вследствие прикосновения к вращающимся частям двигателей;

- опасность пожара из-за короткого замыкания в электродвигателях и другом электрооборудовании;

- физическими усилиями и нервными напряжениями при ликвидации аварийных ситуаций, перемещении тяжестей в электрозале;

- воздействие шума и вибрации от работы основных электродвигателей, шум воздействует на центральную нервную систему и утомляет, притупляя органы слуха, длительное воздействие вибраций на организм человека может вызвать вибрационную болезнь с потерей трудоспособности;

- недостаточная освещенность электротала (СНИП 23-05-95) при работе в темное время суток, вызывающая повышенную утомляемость, замедляющая реакцию, что может явиться причиной травм. Неправильная эксплуатация осветительных установок, может привести к пожару, несчастным случаям.

- метеоусловия на рабочем месте на ЛПДС определяются температурой воздуха, относительной влажностью, скоростью движения воздуха, барометрическим давлением и интенсивностью теплового излучения от нагретых поверхностей. Все эти параметры и каждый из них в отдельности оказывает влияние на функциональную деятельность персонала, его самочувствия и здоровье.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					39

Из выше сказанного вытекает необходимость принятия ряда мер по обеспечению безопасных и безвредных условий труда.

Кроме того, персонал, обслуживающий электроустановки сталкивается с трудностями и опасностями, а также вредными факторами, которые оказывают неблагоприятное влияние на здоровье людей, что приводит к понижению работоспособности и профзаболеваниям:

- наличие масляных насосов и маслобаков в электростанции, что может привести к возникновению пожара;
- по степени опасности поражения людей электрическим током, согласно ГОСТ 12.1.019-96, зал электродвигателей относится к помещениям с повышенной опасностью.

7.3 Выбор нормативных значений факторов рабочей среды и трудового процесса

- в электростанции обеспечивается избыточное давление воздуха 0,4 - 0,67 кПа
- допустимые уровни шума на рабочих местах нормируются документами СН 2.2.4/2.1.8.562-96 «Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки» и СНиП 23-03-2003 «Защита от шума» и не должны превышать 80дБ.;
- освещенность местного и основного освещения в насосном цехе согласно СНиП-23-05-95* должна $E = 75$ лк.;
- освещенность рабочих поверхностей мест производства работ, расположенных в операторной $E = 200$ лк.;
- вентиляция в насосном зале установлена приточно-вытяжная кратностью воздухообмена 4:1 для удаления взрывоопасной смеси воздуха с парами нефти.

7.4 Охрана труда

Со всеми поступающими на работу, независимо от их образования и квалификации по данной профессии или должности, проводится вводный инструктаж и инструктаж на рабочем месте. По окончании инструктажа направляемые на работу сдают экзамен по технике безопасности в соответствии с ПУЭ, ПБ 08-62403, ПТЭЭП, МПОТ РМ-016-2001, ТИ РО-053-2002 «Типовая инструкция по охране труда электромонтера по обслуживанию электроустановок», и получают удостоверение с присвоенной квалификационной группы, дающее им право работать по обслуживанию действующих электроустановок.

Для обеспечения безопасности работ в электростанции ЛПДС при монтаже, обслуживании и ремонте электродвигателей проводят следующие мероприятия:

- работы должны выполняться по наряду-допуску, оформленному на специальном бланке установленной формы и определяющему содержание, место работы, время начала и окончания, условия безопасного проведения, состав бригады и работников, ответственных за безопасное выполнение работы, в соответствии с требованиями ;
- перед началом работ персоналу организации, проводящей работы по техническому обслуживанию или наладке электрооборудования, проводится целе-

вой инструктаж, инструктаж должен включать указания по безопасному выполнению работ на энергоустановке;

- на период проведения работ специализированной организацией по обслуживанию электрооборудования ЛПДС МН приказом по ЛПДС назначается лицо из числа административно-технического персонала, ответственного за организацию работ на объекте;

- при технических работах, связанных с прикосновениями к токоведущим или вращающимся частям электродвигателя и приводимого им в движение механизма, необходимо остановить электродвигатель и на его пусковом устройстве или ключе управления повесить плакат «Не включать. Работают люди»;

- при диагностировании технического состояния трансформаторов тока или их вторичных цепей необходимо соблюдать следующие меры безопасности:

а) шины первичных цепей не использовать в качестве вспомогательных токопроводов;

б) цепи измерений и защиты присоединять к зажимам указанных трансформаторов тока после полной сборки схем;

в) при проверке полярности, приборы, которыми она производится, должны быть надежно присоединены к зажимам вторичной обмотки до подачи импульса тока в первичную обмотку;

- перед допуском к работе на коммутационных аппаратах (выключателях, выключателях нагрузки, отделителях, короткозамыкателях, разъединителях) с дистанционным управлением во избежание включения должны быть:

а) отключены силовые цепи привода, цепи оперативного тока и цепи подогрева;

б) исключена возможность подачи воздуха в бак выключателей или на пневматические приводы, и выпущен в атмосферу имеющийся в них воздух, при этом спускные пробки (клапаны) оставляют открытым положением;

в) приведены в нерабочее положение включающий груз или включающие пружины;

г) вывешены плакаты «Не включать. Работают люди» - на ключах дистанционного управления;

- электротехнический персонал должен быть обеспечен электрозащитными средствами, типовой набор электрозащитных средств для электротехнического персонала НПС при работе с напряжением выше и ниже 1000В приведен в таблице 7.1.

Таблица 7.1 - Типовой набор электрозащитных средств при работе с напряжением выше 1000 В и до 1000 В

Основные электрозащитные средства для ЭУ выше 1000 В	Основные электрозащитные средства для ЭУ до 1000 В
1	2
- изолирующие штанги всех видов	- изолирующие штанги всех видов
- изолирующие клещи	- изолирующие клещи
- указатели напряжения	- указатели напряжения

Окончание таблицы 5.1

1	2
- устройства и приспособления для обеспечения безопасности работ при измерениях и испытаниях в электроустановках (указатели напряжения для проверки совпадения фаз, клещи электроизмерительные, устройства для прокола кабеля и т.п.);	- электроизмерительные клещи
- специальные средства защиты, устройства и приспособления изолирующие для работ под напряжением в электроустановках напряжением 110 кВ и выше (кроме штанг для переноса и выравнивания потенциала).	- диэлектрические перчатки - ручной изолирующий инструмент

7.5 Производственная санитария

Для предупреждения от загрязнения кожи персонал, обслуживающий электродвигатели должен быть обеспечен соответствующей спецодеждой (ГОСТ 12.4.011-2008).

На каждом рабочем месте находятся в необходимом количестве дежурные противогазы, диэлектрические перчатки, резиновые коврики и медицинская аптечка. Требования к организации и оборудованию рабочего места нормируются следующими стандартами:

- ГОСТ 12.1.005-99 ССБТ. «Воздух рабочей зоны. Общие санитарно - гигиенические требования»;
- ГОСТ 12.1.003-91 ССБТ. «Шум. Общие требования безопасности»;
- ГОСТ 12.1.012-96 ССБТ. «Вибрация. Общие требования безопасности»;

Для ограничения воздействия шума и вибрации от основных электродвигателей на персонал при монтаже, эксплуатации, ремонте электрооборудования применяются дополнительные средства по звукоизоляции аппаратов и оборудования электрозала. Также для ограничения воздействия шума на обслуживающий персонал предусмотрено применение звукоизолирующих наушников.

Предусмотрено рабочее и аварийное освещение в соответствии со СНиП 23-05-95. Естественное освещение предусмотрено через оконные панели. Для повышения освещенности оборудование и стены окрашены в светлые тона.

Крупные электродвигатели нагреваются и становятся источником тепла. С целью создания нормальных условий для работников установлены нормы производственного микроклимата (СанПиН 2.2.4.548-96). Эти нормы устанавливают оптимальные и допустимые значения температуры, относительной влажности электрозала, где находятся электротехнический персонал.

Под действием избыточного давления поток воздуха из электродвигателя направлен в машинный зал через технологические отверстия соединяющего устройства электродвигателя с насосом.

Поскольку обслуживающему персоналу приходится проводить работы по техническому обслуживанию или наладке электрооборудования, необходимо оценить освещенность на рабочем месте.

Основным методом расчёта общего равномерного освещения в электродвигателе при горизонтальной рабочей поверхности является метод коэффициента использования светового потока.

Сущность метода заключается в следующем: определяется световой поток одной лампы, исходя из условия создания нормируемой освещённости. Затем по подсчитанному световому потоку определяется стандартная мощность ламп с помощью приведённых в справочниках ламп.

Расчёт светового потока производится по следующей формуле:

$$\Phi = (E_H \cdot S \cdot k \cdot Z) / (n \cdot \eta)$$

где Φ – световой поток, лм;

E_H – значение нормируемой освещённости, лк;

S – площадь помещения, м²;

k – коэффициент запаса;

Z – коэффициент минимальной освещённости;

n – количество ламп;

η – коэффициент использования светового потока.

По рассчитанному световому потоку Φ выбирается ближайшая стандартная лампа. При невозможности выбора стандартных ламп по световому потоку, корректируется количество ламп.

Расчёт освещения производится для зала электродвигателей, имеющего следующие размеры : длина $A = 24$ м; ширина $B = 8$ м; высота $H = 8$ м;

$E_H = 400$ лк; $k = 1,3$; $Z = 1,15$; $\eta = 0,52$.

Площадь помещения:

$$S = A \cdot B = 24 \cdot 8 = 192 \text{ м}^2.$$

Расчётная высота подвеса над уровнем рабочей поверхности h :

$$h = H - h_c - h_p = 8 - 0,8 - 0,8 = 6,4 \text{ м},$$

где h_p – высота рабочей поверхности;

h_c – высота свеса светильника.

Индекс помещения определяется:

$$I = S / ((B + A) \cdot h) = 192 / ((24 + 8) \cdot 6,4) = 0,93$$

Световой поток:

$$\Phi = (400 \cdot 192 \cdot 1,3 \cdot 1,15) / 0,52 = 220800 \text{ лм.}$$

Выбираются светильники типа ЛХБ 65-4 со световым потоком $\Phi_{\text{св}} = 3760$ лм.

Количество светильников:

$$n = \Phi / \Phi_{\text{св}} = 220800 / 3760 = 58 \text{ шт.}$$

Таким образом, для обеспечения нормальной работы рекомендуется искусственное освещение лампами накаливания мощностью 65 Вт в количестве 58 штук. Желательно так же наличие естественного освещения из-за лучшего восприятия и влияния на самочувствие

7.6 Эргономика и производственная эстетика

Основной целью производственной эстетики является достижение эстетического совершенства трудовой обстановки, способствующей безопасности, более высокой производительности труда и хорошему настроению работающих. Эстетика призвана внести художественное начало в трудовые процессы, что способствует одухотворению труда, воспитанию человека. Производственная эстетика эмоционально, эстетически воздействует на человека в производственной среде. Основным направлением производственной эстетики является использование цвета как фактора, формирующего эстетическое отношение к труду. Это достигается рациональной окраской оборудования.

Наружная поверхность машин должна иметь сплошной плавный контур, не иметь острых углов, впадин, выступов и т. п. В корпусе станка должны быть скрыты все движущиеся части, что делает его очертания более спокойными и приятными для глаза. На гладких, обтекаемых поверхностях не должно быть скопления пыли и грязи. Машинные окрашивают в светлые и спокойные тона. Необдуманная окраска оборудования и заводских помещений наносит ущерб здоровью рабочих, снижает действенность мероприятий по технике безопасности.

7.7 Противопожарная и взрывобезопасная эстетика

Наличие избыточного давления в электростанции исключает проникновение газов из насосного зала, поэтому в зале электродвигателей устанавливаются электродвигатели в нормальном исполнении

В таблице 7.2 приведена характеристика помещений ЛПДС «Ленинск» по их взрывопожароопасности.

Вероятность проникновения в электростанцию в случае аварии газообразных продуктов нефти, которые действуют отравляюще на организм (характеристика продуктов и нефти приведена в таблице 7.3)

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					44

Таблица 7.2 – Классификация помещений по взрывопожароопасности

Наименование производственных сооружений	Категория производства (НПБ 105-03)	Класс взрывопожароопасности (ПУЭ)
Насосные для перекачки нефти	А	В-1а
Зал электродвигателей	Д	-

Таблица 7.3 - Характеристики взрывоопасных смесей

Характеристика	Наименование веществ		
	Метан CH ₄	Сырая нефть	Мин. масло
ПДК в рабочей зоне, мг/м ³	(ОБУВ) 30,0	50	(ОБУВ) 0,05
Действие на организм	В больших количествах обладает наркотическим действием	Обладает наркотическим действием	В больших количествах обладает наркотическим действием
Температура вспышки, °С	-	35-45	200
Температура самовоспламенения, °С	537	270-320	380

Предусмотрены следующие основные противопожарные мероприятия: здания и сооружения размещены с учетом противопожарных разрывов; зал электродвигателей отделен от насосного зала газонепроницаемой (брандмауэрной) стеной; к зданию насосной по всей длине обеспечен подъезд пожарных автомобилей; количество эвакуационных выходов из здания - не менее двух; для наружного пожаротушения предусмотрен кольцевой водовод с установкой пожарных гидрантов через 150 м, для внутреннего пожаротушения предусмотрены пожарные краны, на главном щите и у каждого пожарного крана имеются кнопки включения и выключения пожарных насосов; аварийная вентиляция включается автоматически от газоанализаторов.

Для защиты от атмосферного электричества применяют молниеотводы выполненные согласно СО 153-34.21.122-2003. «Инструкция по устройству молниеотводов зданий, сооружений и промышленных коммуникаций».

Зал электродвигателей оборудован системой автоматического пожаротушения и пожарной сигнализации. При возникновении пожара в отсеках двигателя сигнал от пожарных датчиков, приводит в действие систему пожаротушения. Электрический импульс поступает к пиропатронам клапанов соответствующих распределительных устройств и одновременно к пиропатронам головок баллонов с огнегасящим веществом, открывая их. Углекислый газ из баллонов выходит в коллектор, далее по трубопроводу поступает в помещение и распределяется насадками, установленными над оборудованием.

Запрещается вводить в работу электроустановку с нарушенным заземлением, неисправной системой коммутации и защиты, применять режим работы не предусмотренный техническими данными оборудования.

Системой средств измерения и автоматики, производится постоянный контроль температуры электродвигателей, а также за системой смазки подшипников.

Зал электродвигателей обеспечены первичными средствами пожаротушения и пожарным инвентарём в соответствии с действующими нормами. В качестве средств пожаротушения предусмотрены огнетушители марок ОПУ-5, ОПУ-10, а также асбестовые полотна, грубошёрстные волокна (войлок, кошма), песок. Также имеется пожарный щит с комплектом пожарных инструментов и первичных средств пожаротушения. Огнетушители, ящики для песка, ведра, бочки, щиты, ручки для лопат и топоров, футляры для кошмы должны быть окрашены в соответствии с требованиями государственного стандарта.

7.8 Экологическая безопасность

Необходимо рассмотреть вредное воздействие оказываемое на экологию при обслуживании электрооборудования, установленного в зале электродвигателей рассматриваемой ЛПДС.

В электростанции установлены крупные двигатели, подшипники которых охлаждаются и смазываются маслом. Поэтому должны быть разработаны мероприятия по предотвращению аварийных выбросов его в окружающую среду. Масло подлежит периодической замене, следовательно, существует проблема утилизации масла, при этом складирование и захоронение его на территории предприятия не допускается. Необходимо масло отправлять в специализированные маслоприемочные пункты для дальнейшей утилизации.

Для очистки электрооборудования от смазки, пыли и грязи при текущем обслуживании используется ветошь. Чтобы не допустить загрязнения окружающей среды, необходимо устанавливать специальные контейнеры для сбора использованной ветоши, и далее отправлять ее в мусоросборник или на утилизацию в специализированные пункты.

При монтаже электрооборудования могут оставаться обрывки проводов, кабелей, их также необходимо собирать и отправлять в мусоросборник.

Для освещения помещения зала электродвигателей используют лампы накаливания и люминесцентные лампы. Практически каждая люминесцентная лампа содержит пары ртути. Ртуть - основа для люминофора, которым обработаны лампы дневного света. Избавляться от отработанных люминесцентных ламп нужно иным способом, нежели чем от других отходов, чтобы не нанести вред экологии. Необходимо утилизировать их в специализированных учреждениях.

В целом же, мероприятия по уменьшению вреда экологии от работы электростанции сводятся к правильной утилизации вышеперечисленных отходов.

7.9 Обеспечение безопасности при угрозе чрезвычайных ситуаций

Исходя из особенностей рельефа, климатических, гидрографических и при-

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					46

родных условий области на ЛПДС «Ленинск» возможно возникновение чрезвычайных ситуаций природного характера:

- лесные торфяные пожары;
- подтопление НПС в период весенних половодий и дождевых паводков;
- ураганные ветра;
- сильные снегопады, гололед, мороз, метель.

Персонал обучен:

- мероприятиям по ликвидации чрезвычайных ситуаций;
- приемам оказания доврачебной помощи пострадавшим в чрезвычайных ситуациях.

7.10 Выводы по разделу семь

Проведен анализ опасных производственных факторов: воздействие электрического тока при попадании под напряжение; опасность получения механических травм электротехнического персонала; воздействие шума и вибрации от работы основных электродвигателей;

Разработаны мероприятия по снижению уровня воздействия опасных производственных факторов на работников, при осмотре дежурным персоналом и плановом техническом обслуживании ремонтным персоналом.

									Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата					47

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной выпускной квалификационной работе рассматривается внедрение частного преобразователя для регулирования скорости вращения синхронных двигателей типа СТД – 8000, для предотвращения аварийных ситуаций связанных с гидроударом.

1 В связи с большим перепадом профиля участка невозможно применить переключение с последовательной на параллельную работу насосов.

2 Применение частотного регулирования позволяет избежать гидроударов при переключении насосов, стабилизации давления и повысить КПД за счёт отказа от дроссельного регулирования.

3 Целесообразно провести анализ каскадной схемы включения.

4 Применение микропроцессорной системы управления с сенсорной панелью и оптоволоконной связью, а так же применение силовых модулей низкого напряжения позволяет изготовить ЧРП соответствующее высокому техническому уровню, обеспечить повышенную надежность и удобное обслуживание.

5 Выполнение норм на качество электрической энергии по коэффициенту несинусоидальности обеспечивается, так как для сети 380В коэффициент искажения несинусоидальности напряжения не должен превышать 0,08. Площадь коммутационных провалов не выходит за пределы допустимых норм, которая для сети низкого напряжения составляет 420% электрических градусов.

6 В результате расчетов была получена модель ПЧ-СД, характеристики получены на основе приведенной выше модели. На основании данных характеристик можно сделать вывод: модель составлена верно, и готова к экспериментальным исследованиям.

7 Проведен анализ опасных производственных факторов: воздействие электрического тока при попадании под напряжение; опасность получения механических травм электротехнического персонала; воздействие шума и вибрации от работы основных электродвигателей;

Разработаны мероприятия по снижению уровня воздействия опасных производственных факторов на работников, при осмотре дежурным персоналом и плановом техническом обслуживании ремонтным персоналом.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 Трубопроводный транспорт нефти / Под редакцией С.М. Вайнштока: Учебник для вузов: В 2т. – М.: ООО «Недра-издесцентр», 2002. – Т.1. с. 142 – 159.
- 2 Нечваль, А.М. Основные задачи при проектировании и эксплуатации магистральных нефтепроводов: Учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2005. с. 6 – 42.
- 3 Бабакин, В.И., Солнцева Е.В., Курсовое проектирование по электрическому приводу ч.2: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2013. с. 108 – 144.
- 4 Бабакин, В.И., Силовая электроника: учеб. пособие. – Уфа: Изд-во УГНТУ, 2013. с. 64-78.
- 5 Тиристорные преобразователи частоты в электроприводе. / Под ред. Р.С.Сарбатова. – М.: Энергия, 1980.
- 6 Синхронный электродвигатель СТД-8000 [Электронный ресурс]. – <http://www.mirtoka.ru>
- 7 Насос НМ-10000-210 [Электронный ресурс]. – <http://nasos.info>
- 8 Преобразователь частоты ЕК-АУ6 для высоковольтных синхронных электродвигателей [Электронный ресурс]. – <http://www.energocomplekt.ru>
- 9 Каталог журналов // Научная электронная библиотека [Электронный ресурс]. – <http://www.elibrary.ru>
- 10 Трофимова, С.Н. Безопасность жизнедеятельности: Учебное пособие / С.Н. Трофимова, В.И. Чуманов, В.А. Шишимиров. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2003.
- 11 Осин И.Л., Шакарян Ю.Г. Электрические машины: Синхронные машины: Учебное пособие – М.: Высшая школа., 1990. – 304 с.
- 12 Вольдек, А.И. Электрические машины. Учебник для студентов высш. учеб. заведений. - 3-е изд., перераб. - Л.: Энергия, 1978. - 832 с., ил.
- 13 Усынин, Ю.С. Системы управления электроприводов: Учеб. пособие.- Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2001.-358 с.
- 14 Сайт ПАО «Транснефть» [Электронный ресурс]. - <https://www.transneft.ru/>
- 15 Буренина, И.В. Учебно-методическое пособие к составлению экономической части дипломного проектирования для студентов специальностей 21.02.00, 18.04.00 - Уфа: Изд-во УГНТУ, 2003.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 - Экономическая эффективность от внедрения частотно – регулируемого электропривода на ЛПДС «Ленинск»

Показатель	год										
	1	2									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1. Капитальные вложения	-	6720480	6720480	6720480	6720480	6720480	6720480	6720480	6720480	6720480	6720480
2. Выгоды	-	3698810	3698810	3698810	3698810	3698810	3698810	3698810	3698810	3698810	3698810
3. Эксплуатационные затраты	-	3528252	3528252	3528252	3528252	3528252	3528252	3528252	3528252	3528252	3528252
3.1. затраты на вспомогательные материалы	-	672048	672048	672048	672048	672048	672048	672048	672048	672048	672048
3.2 затраты на ремонт оборудования	-	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072
3.3 затраты на содержание и эксплуатацию оборудования	-	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072	1008072
3.4 амортизация	-	672048	672048	672048	672048	672048	672048	672048	672048	672048	672048
3.5 прочие затраты	-	168012	168012	168012	168012	168012	168012	168012	168012	168012	168012
6. Налог на имущество	-	127689,1	114248,2	100807,2	87366,24	73925,28	60484,32	47043,36	33602,4	20161,44	6720,48
7. Валовая прибыль	-	42868,5	3584562	3598003	3611443	3624884	3638325	3651766	3665207	3678648	3692089
8. Чистая прибыль	-	32580,1	2724267	2734482	2744697	2754912	2765127	2775342	2785558	2795773	2805988
9. Чистый доход	5535369	704628	2724267	2734482	2744697	2754912	2765127	2775342	2785558	2795773	2805988
10. Коэффициент дисконтирования	1	0,909091	0,826446	0,751315	0,683013	0,620921	0,564474	0,513158	0,466507	0,424098	0,385543
11. ЧДД	-5535369	640571	2251460	2054457	1874665	1710584	1560842	1424189	1299483	1185681	1081830

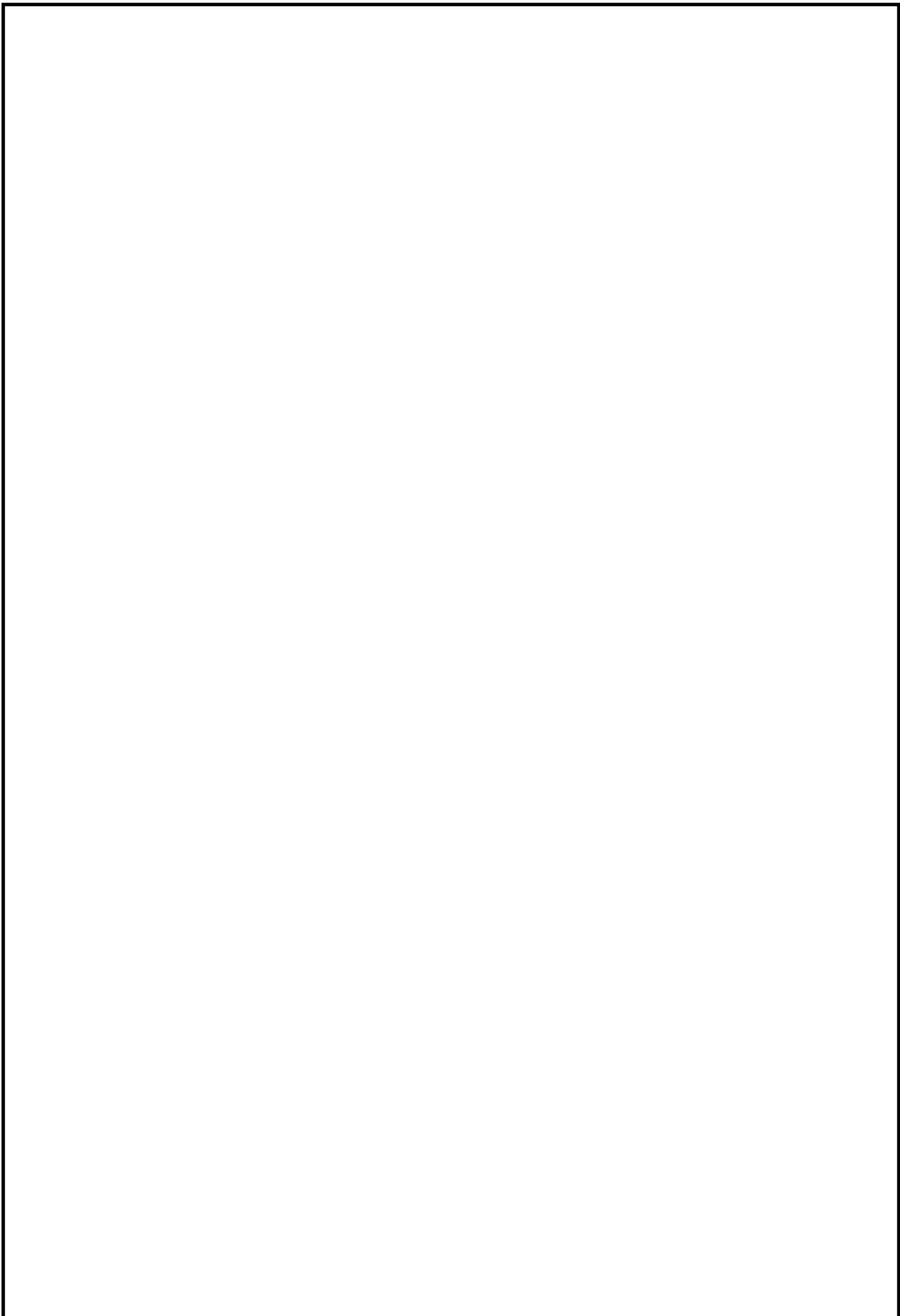
13.03.02.2017.00.00 ПЗ

Изм. Лист-
№ докум. №
Под-
Дата-

Продолжение таблицы А1

1	2										
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
12. Накопленный ЧДД	-5535369	-4894798	-2643338	-588881	1285784	2996368	4557210	5981399	7280883	8466563	9548393
13. ЧДД проекта	9548392,807										
14. Индекс доходности	2,420790302										
15. Срок окупаемости	3,3										
16. Внутренняя норма доходности	36										

13.03.02.2017.00.00 ПЗ



						Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		53