

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Тольяттинский государственный университет»
Институт химии и энергетики

(наименование института полностью)

Кафедра «Электроснабжение и электротехника»
(наименование)

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника
(код и наименование направления подготовки)

Режимы работы электрических источников питания, подстанций, сетей и
СИСТЕМ
(направленность (профиль))

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА (МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ)

на тему Реконструкция системы электроснабжения насосной станции
доочистки ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ»

Студент

Д.С. Пантелеев

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Научный
руководитель

к.т.н., доцент, Ю.В. Черненко

(ученая степень, звание, И.О. Фамилия)

Тольятти 2020

Содержание

Введение.....	4
1 Анализ действующей схемы электроснабжения потребителей насосной станции доочистки очистных сооружений ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ».....	6
1.1 Роль очистных сооружений ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ»	6
1.2 Роль насосной станции доочистки	10
1.3 Система электроснабжения.....	11
1.4 Энергетическая устойчивость насосных станций	12
1.5 Потребители электрической энергии и объемы потребления электроэнергии на насосной станции	14
1.6 Свойства, характеризующие надежность электроснабжения	14
1.7 Схема электроснабжения насосной станции доочистки.....	19
1.8 Выводы по первому разделу	22
2 Разработка мероприятий по повышению надежности схемы электроснабжения насосной станции доочистки очистных сооружений	23
2.1 Выбор схемы электроснабжения	23
2.2 Расчет электрических нагрузок	26
2.3 Расчет освещения	27
2.4 Выбор и расчет питающих кабелей 0,4 кВ для внутрицеховых приемников электроэнергии	36
2.5 Выбор защитного оборудования	39
2.6 Выбор преобразователя частоты	41
2.7 Расчет токов короткого замыкания	44
2.8 Расчет защитного заземления	55
2.9 Выводы по второму разделу	58
3 Экономическая эффективность инвестиционного проекта.....	59
3.1 Определение и виды эффективности инвестиционного проекта.....	60

3.2 Основные принципы оценки эффективности	60
3.3 Показатели эффективности инвестиционного проекта	63
3.4 Расчет экономической эффективности установки преобразователей частоты	64
3.5 Выводы по третьему разделу	68
Заключение	69
Список используемых источников.....	71

Введение

Изменяющийся климат и растущее население создает неслабую нагрузку на энергосистему, как правило, это приводит к растущим проблемам для многих систем энергоснабжения. В ходе изучения данной проблемы было выявлено, что на сегодняшний день промышленность потребляет порядка $2/3$ всей вырабатываемой электрической энергии в России. Потребляемая мощность предприятий с каждым годом стремительно растет, и это приводит к тому, что усложняются задачи построения схем электроснабжения, повышаются требования к качеству электрической энергии, экономичности, надежности и безопасности эксплуатации электрооборудования.

В результате проведенных исследований было выявлено, что на многих промышленных предприятиях существующие системы электроснабжения имеют высокую степень износа систем, а также являются проектами как минимум двадцати-, тридцатилетней давности. В электроэнергетике отчетливо заметна четкая тенденция снижения показателя надежности электроснабжения и рост цен на электроэнергию. Это все связано со старением электрогенерирующих предприятий, электрических сетей и увеличением числа отключений на линиях вследствие аварий.

Предметом исследования была выбрана насосная станция доочистки очистных сооружений ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ».

Насосная станция сегодня – это очень сложная и крупная инженерная конструкция, которая обеспечивает транспортировку жидкости с одного места в другое.

Любая насосная станция по требованиям к надежности электроснабжения должна относиться к первой категории. При этом насосная станция должна получать питание от двух независимых друг от друга источников питания по двум линиям электропередач.

«Внезапный перерыв в электроснабжении насосной станции может привести к несчастным случаям, крупнейшим авариям, нанесению большого материального ущерба по причине выхода из строя целых комплексов оборудования, взаимосвязанных систем» [1].

Незапланированные перерывы систем электроснабжения считаются самыми тяжелыми и наиболее распространенными видами нарушений, от которых, как правило, очень сложно защитить электрооборудование, потому что невозможно сделать запас электроэнергии, необходимый для обеспечения бесперебойного питания.

«Все устройства электропитания насосных станций и других технологических устройств, подстанций и распределительных устройств должны быть устойчивы в эксплуатации и защищены от нарушения режима их нормальной работы, повреждений, частичных разрушений, коротких замыканий в электрической сети, способных вызвать тепловые и механические воздействия на электрические установки» [2].

Целью работы является снижение удельных затрат электроэнергии при работе насосных агрегатов, обеспечение безаварийной и экономичной эксплуатации оборудования.

Задачи для реализации поставленной цели:

1 Анализ действующей схемы электроснабжения потребителей насосной станции доочистки очистных сооружений ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ»;

2 Разработка мероприятий по повышению надежности схемы электроснабжения насосной станции доочистки очистных сооружений»;

3 Экономическая эффективность инвестиционного проекта насосной станции.

1 Анализ действующей схемы электроснабжения потребителей насосной станции доочистки очистных сооружений ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ»

1.1 Роль очистных сооружений ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ»

Очистные сооружения – это учреждения, где происходит процесс очистки загрязненной воды, удаления вредных примесей из жидких отходов с последующим возвращением очищенной воды в окружающую среду. Жидкие отходы попадают в сточные воды из жилых и коммерческих зданий, а также от промышленных предприятий. Данный вид сооружений представляет собой целый комплекс различных инженерных систем, которые зачастую занимают большую площадь. Их целью является очистка сточных вод, для того чтобы ее можно было использовать в дальнейшем.

Очистные сооружения канализации предприятия ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ» предназначены для приема и очистки сточных вод канализации Автозаводского района до норм ПДК, с дальнейшим сбросом в Саратовское водохранилище.

Очистные сооружения сточных вод ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ» территориально расположены в Самарской области, г. Тольятти в 2 км от с. Васильевка. Данная организация производит очистку сточных вод из ливневых канализаций, жилых и коммерческих зданий города Тольятти Автозаводского района, а также очисткой сточных вод, поступающих из ПАО «АВТОВАЗ».

Хоз. бытовые сточные воды от Автозаводского района г. Тольятти и от промышленного предприятия ПАО «АВТОВАЗ» поступают в приемные резервуары двух районных насосных станций (РНС-1, РНС-2). РНС-1, РНС-2 – предназначены для перекачки сточных вод на биологические очистные сооружения. Эти насосные станции расположены в 1,5 км на северо-восток

от площадки автозавода. В приемных резервуарах установлены механические решетки с прозором 16 мм для грубой очистки сточных вод. Также через районные насосные станции проходят загрязненные дождевые сточные воды Автозаводского района, поступающие из ливневой насосной станции (ЛНС). Затем стоки перекачиваются по трем напорным коллекторам в цех очистных сооружений канализации (ОСК) ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ».

Структурная схема очистки сточных вод цеха ОСК представлена на рисунке 1.1.



Рисунок 1.1 – Структурная схема очистки сточных вод цеха ОСК

Комплекс биологических очистных сооружений предназначен для очистки сточных вод от содержащихся в них загрязнений. Цех ОСК

расположен в 2 км на юго-восток от с. Васильевка Ставропольского района Самарской области.

Данный комплекс включает в себя следующие виды очистки:

- Механическая очистка;
- Биологическая очистка;
- Доочистка;
- Дезинфекционная очистка.

Бытовые стоки вод с РНС по трем напорным коллекторам попадают в приемную камеру здания решеток. Это первичный этап очистки, предназначенный для очистки сточных вод от крупных механических загрязнений, которые могут повредить насосное оборудование. Они подготавливают сточную воду к последующей очистке. Отбросы, не прошедшие через решетки, дробят и направляют для переработки с осадками очистных сооружений.

Вода, прошедшая первую стадию очистки, попадает в горизонтальные и аэрируемые песколовки, где происходит процесс выделения из сточных вод тяжелых минеральных примесей. Принцип действия песколовок основан на том, что под влиянием сил тяжести частицы, удельный вес которых больше, чем удельный вес воды, по мере движения их вместе с водой выпадают на дно. Осевшие частицы забираются со дна песколовок насосом и подаются в гидроциклон, где песок отделяется и направляется в бункеры песка, а вода, прошедшая еще один этап очистки, попадает в первичные отстойники.

Отстойники имеют круглую форму резервуаров, в которых сточная вода подается в центр отстойника и движется радиально от центра к периферии. Они предназначены для выделения из сточных вод грубодисперсных примесей, которые под действием гравитационной силы оседают на дно отстойника или всплывает на его поверхность. Выпавший осадок перемещается в иловый приямок скребками, расположенными на вращающейся ферме, и перекачивается насосной станцией №1 в иловые

карты. Отстоявшиеся стоки от первичных отстойников попадают в аэротенки.

Аэротенки – это резервуар прямоугольного сечения, предназначенные для очистки воды от загрязнения посредством «активного ила» (микроорганизмами). Для их комфортной жизнедеятельности необходимо большое количество кислорода. Воздух, вводимый с помощью трех насосов воздуходувной станции (ВДС), перемешивает воду с «активным илом» и насыщает ее кислородом, который так нужен для жизнедеятельности бактерий.

После вода перемещается на вторичные отстойники. Конструкция и принцип работы не отличаются от первичных отстойников. Выпавший осадок перемещается в иловый приямок скребками, расположенными на вращающейся ферме, и перекачивается насосной станцией №2 в иловые карты.

Отстоявшаяся вода от вторичных отстойников поступает в здание каркасно-засыпных фильтров (КЗФ). КЗФ представляют собой многослойные фильтры, в которых используется принцип фильтрации в направлении убывающей крупности зерен загрузки.

Очищенная вода после каркасно-засыпных фильтров попадает на насосную станцию доочистки (НСД), где перекачивается насосами на станцию ультрафиолетового обеззараживания воды.

Станция ультрафиолетового обеззараживания представляет собой производственное помещение, где расположены установки ультрафиолетового обеззараживания воды, которые посредством ультрафиолета убивают все живые организмы.

Уже очищенная вода попадает на центральную насосную станцию (ЦНС) с последующим сбросом по трем напорным коллекторам и двум рассеивающим выпускам в Саратовское водохранилище. Сброс очищенной

воды производится в районе с.п. Федоровка на п/о Копылова на несудоходном участке реки.

Очистные сооружения – это, в первую очередь, энергетическое производство, где недопустимы различные нарушения и искажения формы питающего напряжения. Такие объекты относятся к потребителям 1 категории надежности электроснабжения – это электроприемники, перерыв электроснабжения которых может повлечь за собой расстройство технологического процесса, опасность для жизни и здоровья технического персонала, привести к крупным авариям. Для потребителей 1 категории надежности электроснабжения осуществляется энергоснабжение по двум вводам от двух источников питания. При этом источники питания должны быть независимыми друг от друга.

Питание очистные сооружения ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ» получают от понизительной трансформаторной подстанции «ОСК» 110/6 кВ, которая расположена на территории самих очистных.

Трансформаторная подстанция «ОСК» 110/6 кВ, как и положено для потребителей 1 категории надежности электроснабжения, получает питание по двум питающим вводам по воздушным линиям 110 кВ от подстанции «Васильевская» (яч. №6) и ТЭЦ ВАЗа (яч. №25). Преобразуют напряжение из 110 кВ в 6 кВ 2 силовых масляных трехфазных двухобмоточных трансформатора с регулированием напряжением под нагрузкой, с системой охлаждения – принудительной циркуляцией воздуха и естественной циркуляцией масла мощностью 16000 кВ·А – ТДН–16000/110/6. Далее электроэнергия распределяется по трансформаторным подстанциям 6/0,4 с дальнейшим распределением электроэнергии по потребителям с номинальным напряжением 0,4 кВ.

1.2 Роль насосной станции доочистки

Насосная станция доочистки расположена на территории биологических очистных сооружений. Задача данной насосной станции заключается в перекачивании очищенных стоков, прошедшие через каркасно-засыпные фильтры, на заключающий этап очистки – станцию ультрафиолетового обеззараживания.

Насосная станция доочистки включает в себя следующие виды насосных агрегатов:

- Восемь основных насосных агрегатов мощностью 132 кВт, предназначенные для перекачки очищенных стоков на станцию ультрафиолетового обеззараживания с последующим сбросом в р. Волгу;

- Два резервных насосных агрегата мощностью 132 кВт, предназначенные для резервного использования при выходе из строя основного насоса;

- Два дренажных насосных агрегата мощностью 5,5 кВт, предназначенные для откачки сточных вод из приемка на начальный этап очистки;

- Два аварийных насосных агрегатов мощностью 37 кВт, предназначенные для перекачки сточных вод из приемка в случае, когда дренажные насосы не в силах справиться.

1.3 Система электроснабжения

Надежность системы электроснабжения, которая относится к потребителям первой категории, обеспечивается:

- Двумя независимыми источниками питания, которые способны принимать на себя нагрузку соседнего при выходе из строя одного из них;

- Источником питания, который обеспечивает бесперебойную работу электроприемников системы КИПиА, АСУ и т.д. в результате переходных

процессах в системе электроснабжения, который состоит из аккумуляторных батарей с необходимым для этого преобразователем;

– Электростанцией собственных нужд, которая способствует восстановлению напряжения на шинах длительностью до 5 минут с покрытием нагрузки объекта в течение долгого времени.

« При эксплуатации систем электроснабжения насосных станций в реальных условиях возможны следующие нарушения нормального режима электроснабжения:

– длительные или кратковременные отклонения напряжения (частоты) от номинального;

– перерывы электроснабжения по одному из независимых источников с предварительным предупреждением;

– аварийные отключения питающей линии электроснабжения или электростанции собственных нужд;

– глубокие посадки напряжения (частоты) или внезапные кратковременные (до нескольких секунд) перерывы электроснабжения, которые могут быть вызваны внезапными кратковременными отключениями электростанций собственных нужд или переходными процессами в энергетической системе электроснабжения» [1].

Как показывает опыт, кратковременные или длительные отклонения напряжения и частоты от номинальных показателей существенно не влияют на режим работы насосных станций.

1.4 Энергетическая устойчивость насосных станций

«Схемы электроснабжения насосных станций разрабатываются с учетом особенностей размещения объектов электропитания, условий их эксплуатации и особенностей конкретных электропотребителей. В качестве источников питания используются кабельные линии или линии

электропередачи от энергосистемы. Высокая степень готовности систем электроснабжения насосной станции представляет сложную техническую, организационную и экономическую задачу» [6].

Следует помнить, что абсолютно любое повреждение возникает случайно, и никто и ничто от этого не застрахован. Невозможно с точностью предусмотреть возникновение какой-либо неисправности в работе системы электроснабжения, но возможно выявить причины и места, где вероятнее всего может возникнуть авария, и подготовиться заранее к решению этой проблемы. Довольно частые нарушения в работе электрических установок могут привести к глобальным проблемам режима работы энергетического объекта.

Самые тяжелые и распространенные виды нарушений – это внезапные, от которых очень сложно защитить электрооборудование. Внезапное отсутствие электроснабжения энергетических объектов приводит к определенному ущербу, степень которого зависит от времени перерыва электроснабжения, технологического процесса, погодных условий и т.д. Такие внезапные отключения приводят к остановке энергетического процесса, которые влекут за собой определенные затраты на восстановление работоспособности и потерю прибыли энергетического производства.

Перерыв в электроснабжении – это аварийный процесс энергетической системы, который приводит к серьезным последствиям. По этой причине нужно обеспечивать электроустановки устройствами защиты, автоматическим контролем и сигнализацией.

«Если при выходе из строя одного или нескольких таких элементов, выполнение их функций переложить на резервные элементы, предусмотренные системой, то отказа в работе не произойдет. Если же при потере элемента его функции не выполняется резервом, то наблюдается изменение или ограничение основных параметров в работе системы, сбой в технологической цепочке, после которого фиксируется отказ системы. При

невозможности системы в случае отказа одного из ее элементов своевременно восстановить нормальное электроснабжение потребителя, она считается неустойчивой» [6].

«Живучесть системы – это способность противостоять каскадному (цепочному) развитию аварийного режима» [7].

Нормальная устойчивая работа обеспечивается за счет создания нормального температурного режима, обеспечением необходимой механической прочности конструктивных элементов. Достигается это из-за надежной работы систем теплоснабжения, кондиционирования и вентиляции, а также систем защиты РЗиА, КИП, оповещения и пожарной защиты...

1.5 Потребители электрической энергии и объемы потребления электроэнергии на насосной станции

С точки зрения структуры и функции, насосная станция является комплексной системой. Работу основного технического оборудования обеспечивают его привод, вентиляция, система охлаждения, контрольно-измерительные приборы и автоматика, а также система электроснабжения всей станции. Правильное взаимодействие этих подсистем определяет уровень надежности всей насосной станции.

Перерыв в электроснабжении, даже краткосрочный, насосной станции доочистки может привести к серьезным последствиям, к таким как затопление самой насосной станции и вплоть до остановки всего производства в целом. Такой вид аварии приведет к отключению линий подачи чистой воды к потребителям Автозаводского района и автозавода до полного устранения аварийной ситуации.

Следовательно, аварийная ситуация в системе электроснабжения соответствующего здания приведет не только к материальному ущербу, но и нанесет вред здоровью работников на территории завода и людям,

проживающим в Автозаводском районе. Поэтому, чтобы обеспечить надежность электроснабжения потребителей электроэнергией, объект должен быть классифицирован и отнесен к I категории надежности.

1.6 Свойства, характеризующие надежность электроснабжения

Надежность является сложным атрибутом. В зависимости от условий эксплуатации объекта и его назначения, он может содержать определенное количество атрибутов (комбинированных или отдельных); очень важны следующие характеристики: срок службы, надежность, ремонтпригодность, работоспособность, режимная управляемость, живучесть и безопасность.

Надежность и ремонтпригодность являются определяющими признаками надежности системы энергоснабжения насосной станции. Насосная станция как объект может гарантировать, что объект процесса работает в непрерывном цикле действия.

Надежность понимается как характеристика того, что объект постоянно поддерживает работоспособность в течение определенного времени работы.

Ремонтпригодность является атрибутом объекта, в том числе способностью предотвращать и быстро выявлять причины повреждений и неисправностей, а также устранять его последствия посредством ремонта и технического обслуживания.

Чтобы эффективно оценить уровень ремонтпригодности и надежности всей энергосистемы, необходимо четко классифицировать соответствующие условия.

Классификация состояния насосной станции как объекта энергосистемы представлена на рисунке 1.2.



Рисунок 1.2 – Классификация состояния насосной станции как объекта энергосистемы

Как видно из рисунка, способность объекта выполнять заданную функцию характеризуется двумя уровнями классификации состояния: «работоспособные и неработоспособные». Классификация «рабочие и нерабочие» характеризует способность объекта выполнять свою функцию.

Обратите внимание, что концепция работоспособности также применяется к неактивным объектам в определенное время.

Нарушение подачи электропитания к электрическому приемнику насосной станции в связи с аварийным состоянием системы электропитания может привести к принудительной или аварийной остановке как минимум одного насосного агрегата. Количество вышедших из строя насосов определяет глубину аварийного состояния источника питания объекта.

В связи с выводом о необходимости ремонта принудительная остановка одного или всех насосов может быть связана с переходом энергосистемы в нерабочий режим. Стоит отметить, что сбои в работе технического оборудования и механизмов связаны не только с существованием системы электроснабжения (или ее части) в период полного или частичного простоя. Переход в это состояние или в другое рабочее состояние также может привести к неисправности. Примером является переключение секции шин с одного источника питания на другой и запуск устройства релейной защиты для выключения из-за указанного процесса переключения.

События, которые заставляют установку или энергосистему переходить в нерабочее состояние, могут быть классифицированы и представлены в виде схемы на рисунке 1.3.

Переход объекта с одного уровня работоспособности на другой более низкий уровень считается отказом от работоспособности, в то время как переход объекта с относительного уровня функционирования на другой более низкий уровень считается отказом функционирования. Сбой в работе

насосной станции и сбой в работе установки и системы энергоснабжения могут быть частичными или полными.



Рисунок 1.3 – Классификация событий для характеристики надежности систем электроснабжения объектов

Полный сбой функционирования означает, что объект переходит из своего исходного состояния в нерабочее состояние. Точно так же полный отказ работоспособности означает, что объект преобразован в недопустимое состояние.

В системе электропитания отказ какого-нибудь элемента может быть внезапным или ожидаемым.

Внезапные сбои связаны с климатическими факторами или неожиданными последствиями третьих лиц.

Отказы будут постепенно происходить с течением времени, и, как правило, характеристики компонентов неизбежно изменяются со временем. Другими словами, они возникают из-за старения и истощения ресурсов компонентов электрооборудования.

Независимые неисправности не связаны друг с другом, а зависимые неисправности связаны друг с другом. Отказы могут иметь разные свойства. Обратите внимание, что сбой взаимозависимые – сбой одного элемента вызывает сбой другого элемента.

Наконец, сбой может быть, как продолжительным, так и неустойчивым. При анализе надежности системы электроснабжения электрических насосных станций необходимо учитывать стабильные и нестабильные сбои компонентов системы. При проектировании, монтаже и эксплуатации систем энергоснабжения принимаются соответствующие меры для ограничения нестабильности отказа. Отказ не должен оказывать серьезного влияния на работу насоса.

Краткий анализ причин чрезвычайной ситуации насосной станции показывает, что они имеют отношение к выходу из строя основного энергетического оборудования, отказ запорной арматуры, а также недостаточность контроля необходимых параметров системы релейной защиты. Кроме того, резервирование является одним из основных методов повышения надежности системы. Детальный анализ этих факторов является основным направлением изучения и повышения надежности системы электроснабжения насосной станции.

1.7 Схема электроснабжения насосной станции доочистки

Электроснабжение потребителей электрической энергии насосной станции доочистки осуществляется распределительным пунктом, находящимся внутри здания насосной станции доочистки.

Распределительный пункт по категории надежности электроснабжения относится к первой категории. Перечень оборудования, запитанного от РП–НСД, приведен в таблице 1.1. Однолинейная схема электроснабжения насосной станции доочистки представлена на рисунке 1.4.

Таблица 1.1 – Перечень оборудования, запитанного от РП–НСД

Наименование оборудования	U_H , кВ	P_H , кВт
АД №1	0,4	132
АД №2	0,4	132
АД №3	0,4	132
АД №4	0,4	132
АД №5	0,4	132
АД №6	0,4	132
АД №7	0,4	132
АД №8	0,4	132
АД №9	0,4	132
АД №10	0,4	132
Всасывающий затвор №1	0,4	1,5
Всасывающий затвор №2	0,4	1,5
Всасывающий затвор №3	0,4	1,5
Всасывающий затвор №4	0,4	1,5
Всасывающий затвор №5	0,4	1,5
Всасывающий затвор №6	0,4	1,5
Всасывающий затвор №7	0,4	1,5
Всасывающий затвор №8	0,4	1,5
Всасывающий затвор №9	0,4	1,5
Всасывающий затвор №10	0,4	1,5
Напорная задвижка №1	0,4	1,5
Напорная задвижка №2	0,4	1,5
Напорная задвижка №3	0,4	1,5
Напорная задвижка №4	0,4	1,5
Напорная задвижка №5	0,4	1,5
Напорная задвижка №6	0,4	1,5
Напорная задвижка №7	0,4	1,5
Напорная задвижка №8	0,4	1,5
Напорная задвижка №9	0,4	1,5
Напорная задвижка №10	0,4	1,5
Щит освещения	0,4	2,5
Аварийный щит освещения	0,4	1,0
Кран-балка	0,4	6,0
Дренажный насос №11	0,4	5,5
Дренажный насос №12	0,4	5,5
Аварийный насос №13	0,4	37
Аварийный насос №14	0,4	37
Вентилятор №1	0,4	2,2

Вентилятор №2	0,4	2,2
Вентилятор №3	0,4	2,2
Вентилятор №4	0,4	2,2
Вентилятор №5	0,4	2,2

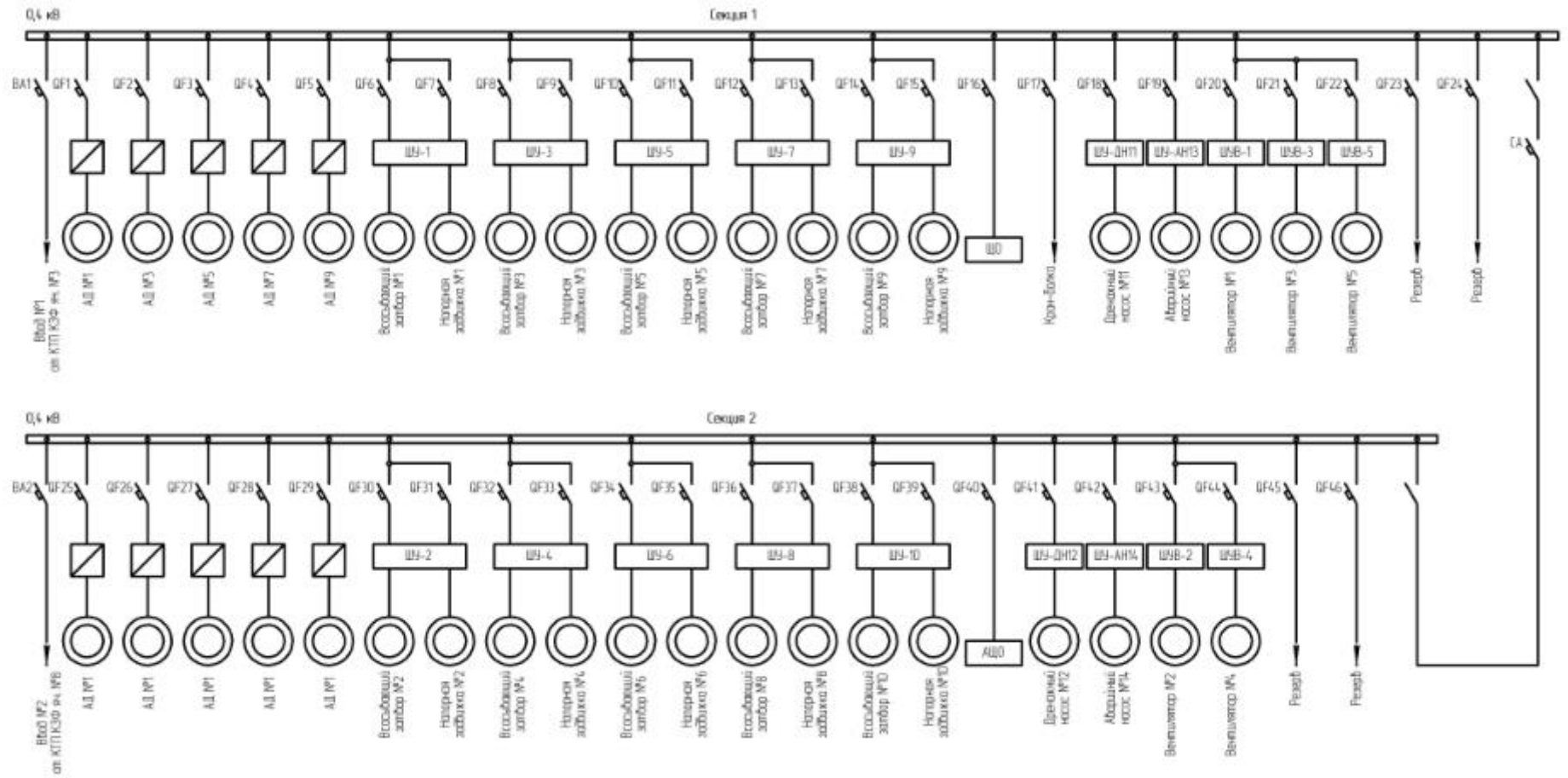


Рисунок 1.4 – Однолинейная схема электроснабжения насосной станции доочистки

На данный момент схема электроснабжения насосной станции доочистки не обеспечивает достаточную надежность и бесперебойное электроснабжение. Это связано с износом существующего оборудования, оно физически и морально устарело, а эксплуатация устаревшего оборудования приводит к росту аварийности, снижает надежность энергообъектов и живучесть энергетических систем, что в дальнейшем приведет к остановке производства.

1.8 Вывод по первому разделу

1 Проанализирована схема питания насосной станции доочистки предприятия ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ», результаты которого показывают, что текущее электроснабжение недостаточно надежно из-за износа основного оборудования.

2 Было установлено, что из-за отсутствия систем автоматического мониторинга и дистанционного управления в диспетчерской, насосом можно управлять только по месту.

3 Анализ показывает, что система управления насосными агрегатами морально и физически устарела и должна быть полностью перестроена с использованием современных технологий, которые могут автоматически контролировать работу промышленного оборудования.

2 Разработка мероприятий по повышению надежности схемы электроснабжения насосной станции доочистки очистных сооружений

2.1 Выбор схемы электроснабжения

Одной из наиболее важных проблем, которые необходимо решить при разработке проекта перестройки системы электроснабжения, является выбор разумной схемы электроснабжения.

Разработка схемы электропитания установки разрабатывается так, чтобы высоковольтная система распределения была как можно было ближе к потребителям электроэнергии, чтобы снизить потери. Простота использования, ремонтпригодность, возможность использования комплектного электрооборудования – это современное решение проблем по электроснабжению. План реконструкции также должен учитывать возможные изменения в развитии предприятия на ближайшие 10 лет.

Схема электропитания должна обеспечивать необходимую надежность электропитания.

Схемы распределения электрической энергии делятся на три основных вида:

- Радиальные;
- Магистральные;
- Смешанные.

Выбор схемы распределения электрической энергии зависит от:

- Номера категории надежности электроснабжения производства;
- Характерного режима работы электрооборудования, определяющего график загрузки предприятия.

При расположении нагрузок в одном направлении от пункта питания применяются магистральные схемы электропередачи. Электроэнергия к потребителю поступает по ответвлениям от магистрали, которая может быть

выполнена воздушной или кабельной линией, поочередно заходящим в индивидуальные шкафы питания потребителей. Число электроприемников, запитываемых от одной магистрали, зависит от их мощности и требуемой категории надежности. Выполнение магистральных схем электроснабжения может выполняться не только с одной, но и с несколькими магистралями [12].

В данном случае надежность двойной схемы электроснабжения заключается в том, что каждая магистраль рассчитана на основную нагрузку всего электрооборудования, и в нормальных условиях потребители этой нагрузки питаются от разных магистралей. Шинная часть распределительного устройства работает независимо друг от друга в нормальных условиях. В случае выхода из строя одной магистрали ее потребители электроэнергии переводятся на соседнюю, которая осталась в работе, магистраль.

Основываясь на сравнении с радиальной схемой, одиночная магистральная является более рентабельной для передачи и распределения электроэнергии из-за сокращения коммутационных аппаратов и длины линии электропередач. Но магистральная схема имеет достаточно серьезный недостаток в сравнении с радиальной схемой такой, что повреждение магистрали приведет к отключению всех электроприемников, питающихся от этой магистрали, что приводит к снижению уровня показателя надежности.

При питании мощных электродвигателей и прочих не маломощных нагрузок использование радиальных схем будет наиболее разумным решением. Автоматизация радиальной схемы гораздо легче в исполнении и более надежна по сравнению с магистральной.

Классические примеры радиальной схемы электроснабжения запитки электрооборудования, относящегося к первой, второй, третьей категориям надежности, представлены ниже на рисунках.

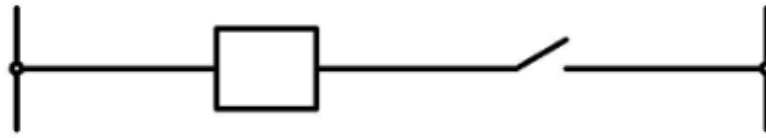


Рисунок 2.1 – Классический пример радиальной схемы, относящийся к третьей категории надежности

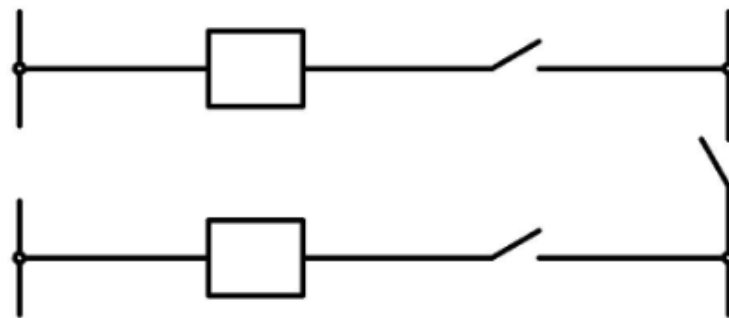


Рисунок 2.2 – Классический пример радиальной схемы, относящийся ко второй категории надежности

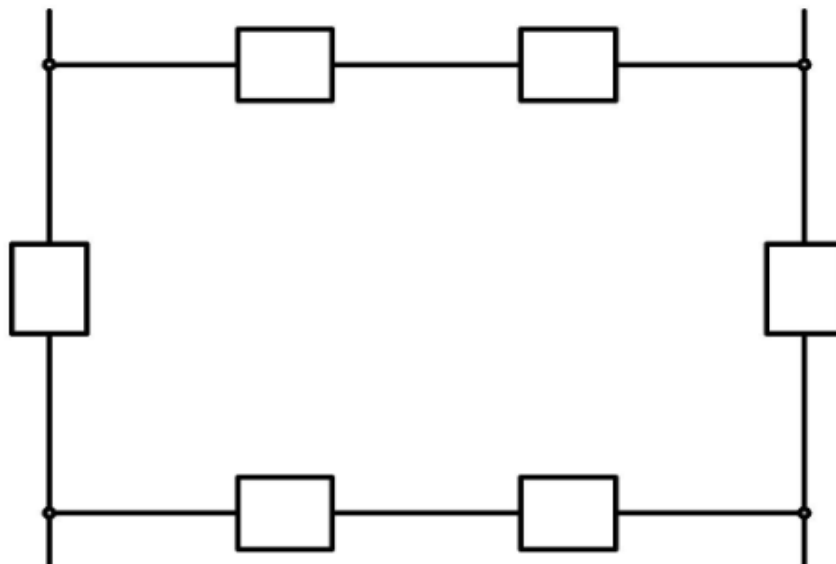


Рисунок 2.3 – Классический пример радиальной схемы, относящийся к первой категории надежности

Для насосной станции доочистки, которая относится к первой категории надежности, применяем радиальную схему электроснабжения. Использование данной схемы повышает надежность бесперебойной работы, поскольку при возникновении какой-либо непредвиденной ситуации была возможность отключить отдельные потребители электрической энергии и запустить резервные.

2.2 Расчет электрических нагрузок

Чтобы определить расчетную нагрузку насосной станции доочистки, требуется рассчитать номинальную нагрузку и среднюю нагрузку для каждой группы электропотребителей, а затем получить общее значение.

Рекомендуется определять расчетную нагрузку каждой ступени системы электроснабжения промышленных предприятий по методике, описанной в РТМ 36.18.32.4-92 – «Указания по расчету электрических нагрузок».

На всех этапах распределительных и питающих сетей расчетная активная нагрузка группы оборудования трехфазного электропитания рассчитывается по следующей формуле:

$$P_P = K_P \cdot K_{II} \cdot P_H, \quad (2.1)$$

где K_P – значение расчетного коэффициента мощности активной нагрузки; K_{II} – значение группового коэффициента использования; P_H – значение номинальной активной мощности заданной группы.

Значение расчетной реактивной мощности группы электропотребителей рассчитывается:

– при $n_{\text{Э}} \leq 10$

$$Q_P = 1,1 \cdot P_H \cdot K_{II} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.2)$$

– при $n_{\text{Э}} > 10$

$$Q_P = P_H \cdot K_{II} \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (2.3)$$

где $\operatorname{tg} \varphi$ – значение коэффициента реактивной нагрузки.

Значение полной расчетной мощности группы трехфазного электрооборудования рассчитывается по следующей формуле:

$$S_P = \sqrt{P_P^2 + Q_P^2}. \quad (2.4)$$

Всю необходимую информацию, содержащую в себе данные о коэффициентах использования K_{II} и коэффициентах мощности $\cos \varphi$, как для конкретных электропотребителей, так и для характерных цехов по отраслям промышленности, можно найти в справочниках.

Для определения значения расчетного коэффициента мощности $K_P = f(n_{\text{Э}}, K_{II})$ необходимы расчетные кривые и таблицы. Все эти данные можно найти в РТМ 36.18.32.4-92 и во второй редакции пособия «Указания по расчету электрических нагрузок».

Расчет электрических нагрузок будет сведен в таблицу 2.2, после расчета освещения.

2.3 Расчет освещения

Светодиодное освещение является фаворитом среди всех доступных вариантов и имеет ряд достоинств по сравнению с традиционным

освещением. Одним из важных преимуществ – это экономичность электроэнергии. Установка светодиодных светильников значительно снизит затраты на электроэнергию. Энергосбережение и соответственно финансов обусловлено большой светоотдачей светодиода. Благодаря этой характеристике достигается снижение энергопотребления. Хотя и стоимость светильников из светодиодов не самая, она в короткие сроки окупится. Промышленные светодиодные светильники предназначены для освещения объектов промышленного назначения, складов, производственных цехов и т.д. Они устанавливаются там, где требуется высокая освещенность, но при этом, чтобы оно оставалось еще и экономичным. Расчетный срок службы данных светильников, состоящих из набора светодиодов, нельзя сравнить со сроком службы традиционного светильника и достигает порядка 100 000 часов, а также нередки случаи, когда количество часов переваливало за это установленное время. Кроме того, они абсолютно безопасны с точки зрения пожароопасности, поскольку обладают наилучшими характеристиками по рассеиванию тепла, фактически не нагреваются и не боятся влаги, что делает их незаменимыми в помещениях с повышенной влажностью. Кроме того, благодаря длительному сроку службы этих светильников, затраты на обслуживание промышленного светодиодного освещения во много раз дешевле, чем любого другого продукта.

На данный момент освещение насосной станции доочистки осуществляется осветительным оборудованием, которое состоит из люминесцентных ламп или ламп накаливания. Общая мощность осветительного оборудования на сегодняшний день составляет порядка 5,5-6 кВт.

Предлагается заменить существующее заземление на светодиодное. Выбор пал на светодиодный светильник LED АСТРО ДПП 5000К. Внешний вид и кривая интенсивности света данного светильника показаны на рисунке

2.4. Также приведены технические данные этого светильника, которые представлены в таблице 2.1.



Рисунок 2.4 – Светильник из светодиодов LED Астро ДПП 5000К

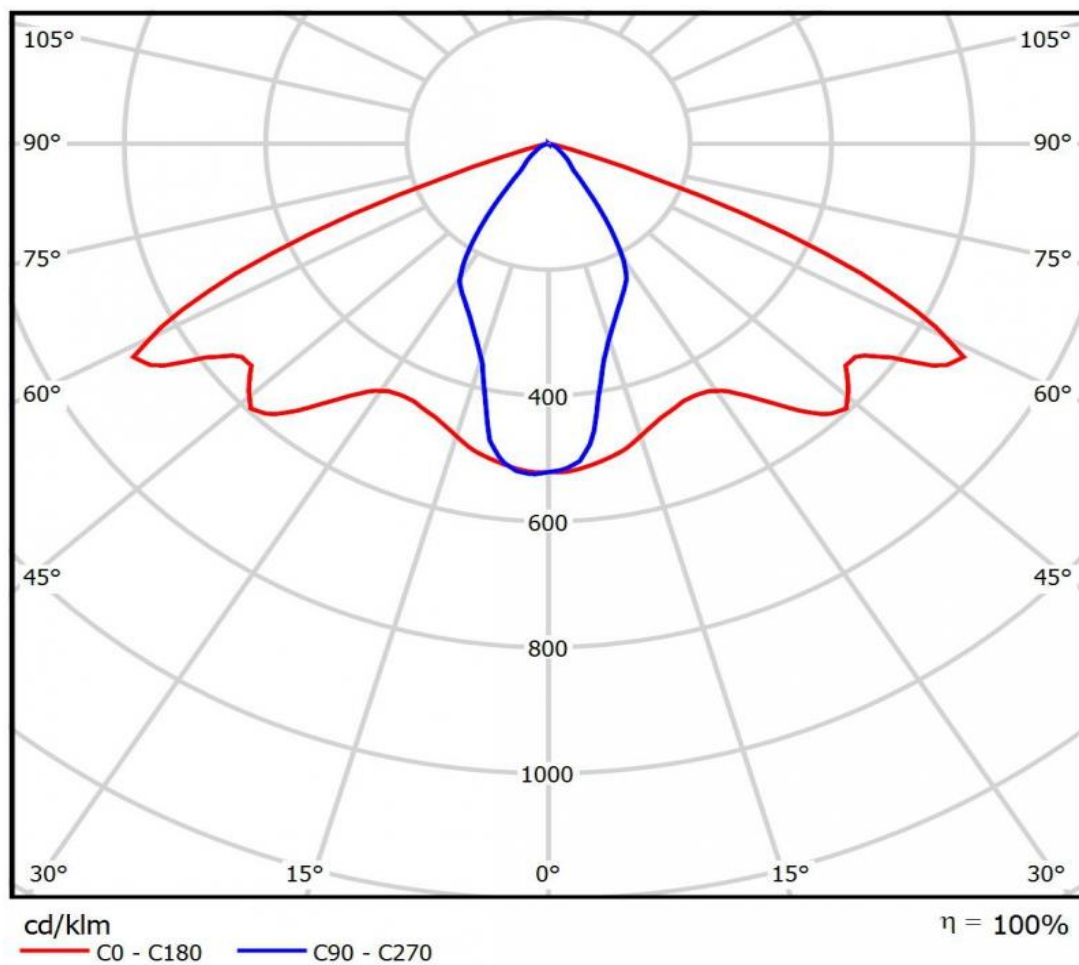


Рисунок 2.5 – Кривая силы света светильника из светодиодов LED Астро
ДПП 5000К

Таблица 2.1 – Характеристики светильника из светодиодов LED Астро ДПП
5000К

Параметры LED-светильника	Характеристики LED-светильника
Тип светильника	LED
Источник света	Светоизлучающие диоды
Мощность	30 Вт
Размеры (ДхШхВ)	1275х165х110 (мм)
Цветовая температура	5000 К
Климатическое исполнение	УХЛ2
Световой поток	2840 лм
$\cos\phi$	0,99

Здание насосной станции доочистки включает в себя следующие помещения с соответствующими размерами (ДхШхВ):

- Машинный зал (100х30х8);
- РП-НСД (6х30х3,6);
- Комната дежурного машиниста (4х20х3,6);
- Инструментальная (2х4х3,6);
- С/у (2х4х3,6);
- Коридор (2х10х3,6) + (2х2х3,6).

В машинном зале насосной станции доочистки крепление светильников предлагается осуществлять к металлическому лееру, который закреплен к противоположным стенам, на высоте 5 метров. В помещениях высотой 3,6 метра крепление светильников предлагается выполнять к потолку.

Расчет освещения проводится отдельно в соответствии с методом использования светового потока каждого помещения на проектируемом объекте.

Расчет освещения производился в программном обеспечении DIALux 4.12. В таблице 2.2 приведены результаты, полученные в DIALux 4.12 для каждого помещения в отдельности.

Таблица 2.2 – Осветительная нагрузка по помещениям насосной станции доочистки

Помещение	P_H , Вт
Машинный зал	1200
РП-НСД	300
Комната дежурного машиниста	180
Инструментальная	30
С/у	30
Коридор	90
Σ	1830

Производим расчет суммарного тока:

$$I_{\Sigma} = \frac{P_{H\Sigma}}{\sqrt{3} \cdot U_H}, \quad (2.5)$$

$$I_{\Sigma} = \frac{1830}{\sqrt{3} \cdot 380} = 2,78 \text{ A.}$$

В таблице 2.3 приведены электропотребители и их технические характеристики, а также расчеты, а точнее их результаты, выполненные по формулам, приведенных выше.

Таблица 2.3 – Результаты расчетных нагрузок насосной станции доочистки ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ»

Исходные величины							Расчетные величины								
Наименование ЭП	Кол- во ЭП	Номинальная мощность		Коэф. ис- поль- зова- ния	Коэф. мощ- ности	Коэф. реак- тивно й мощн- ости	$K_{II} \cdot P_{H\Sigma}$	$K_{II} \cdot P_{H\Sigma} \cdot tg\varphi$	$n \cdot P_H^2$	Эффе- ктивн- ое число ЭП	Коэф. расчетно й нагрузки	Акти- вная мощн- ость	Реакт- ивная мощн- ость	Полн- ая мощн- ость	Ток
		n , шт.	P_H , кВт												
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Секция шин – 1 0,4 кВ															
АД №1	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
АД №3	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
АД №5	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
АД №7	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
АД №9	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
ЩО			1,2		0,99	0,14									
Кран-балка	1	6	6	0,14	0,7	1,02	0,84	0,86	36						
Напорная задвижка №1	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №3	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №5	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №7	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №9	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Всасывающий затвор №1	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Всасывающий затвор №3	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Всасывающий затвор №5	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Всасывающий затвор №7	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Всасывающий затвор №9	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Дренажный насос №11	1	5,5	5,5	0,95	0,9	0,48	5,22	2,53	30,25						
Аварийный насос №13	1	37	37	0,95	0,9	0,48	35,15	17,02	1369						
Вентилятор №1	1	2,2	2,2	0,95	0,85	0,62	2,09	1,3	4,84						
Вентилятор №3	1	2,2	2,2	0,95	0,85	0,62	2,09	1,3	4,84						
Вентилятор №5	1	2,2	2,2	0,95	0,85	0,62	2,09	1,3	4,84						
ИТОГО по СШ-1	21		731,3	0,92	0,83	0,68	676,4	462,8	88592	8,36	1,1	744	509,1	901,5	1370
Секция шин – 2 0,4 кВ															
АД №2	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
АД №4	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
АД №6	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
АД №8	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						
АД №10	1	132	132	0,95	0,82	0,7	125,4	87,53	17424						

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
АЦО			0,6		0,99	0,14									
Всасывающий затвор №2	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Всасывающий затвор №4	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Всасывающий затвор №6	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Всасывающий затвор №8	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Всасывающий затвор №10	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №2	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №4	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №6	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №8	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Напорная задвижка №10	1	1,5	1,5	0,14	0,92	0,43	0,21	0,09	2,25						
Дренажный насос №12	1	5,5	5,5	0,95	0,9	0,48	5,22	2,53	30,25						
Аварийный насос №14	1	37	37	0,95	0,9	0,48	35,15	17,02	1369						
Вентилятор №2	1	2,2	2,2	0,95	0,85	0,62	2,09	1,3	4,84						

Продолжение таблицы 2.3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Вентилятор №4	1	2,2	2,2	0,95	0,85	0,62	2,09	1,3	4,84						
ИТОГО по СШ-2	19		722,5	0,93	0,83	0,68	673,7	460,7	88551	8,25	1,12	754,5	516	914	1389
ИТОГО по РП-НСД	40											1499	1025	1816	2758

2.4 Выбор и расчет питающих кабелей 0,4 кВ для внутрицеховых приемников электроэнергии

В настоящее время для распределительных сетей применяют кабели с изоляцией из поливинилхлорида (ПВХ). Связано это с тем, что с каждым годом возрастают требования у организаций, использующих какое-либо электрооборудование, к техническим параметрам кабелей. Основные преимущества данного вида изоляции представлены ниже:

- Маленькая масса самого кабеля;
- Маленький радиус изгиба;
- Низкий показатель повреждаемости и старения;
- Маленькая масса самого кабеля;
- Маленький радиус изгиба;
- Низкий показатель повреждаемости и старения;
- Не требует специального оборудования при монтажных работах.

Применение кабельных линий с изоляцией из поливинилхлорида решает множество проблем по надежности электроснабжения, а также, возможно, может способствовать оптимизации схемы электрических сетей.

По причине надежности электроснабжения выбор КЛ пал на кабель марки ВВГнг. Внешний вид, строение и расшифровка его аббревиатуры представлены ниже на рисунке:



Рисунок 2.6 – Внешний вид, строение и расшифровка аббревиатуры кабеля марки ВВГнг

Выбор кабелей производится по расчетному току отдельной группы электроприемников и рассчитывается по формуле, приведенной ниже:

$$I_P = \frac{S_P}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (2.6)$$

Питание электрооборудования насосной станции доочистки будет осуществляться четырехжильным медным кабелем марки ВВГнг.

Исходя из таблицы 2.3, производится расчет номинального рабочего тока для каждого электропотребителя по формуле, приведенной ниже:

$$I_P = \frac{\sqrt{P_H^2 + (P_H \cdot \operatorname{tg} \varphi)^2}}{\sqrt{3} \cdot U_H}. \quad (2.7)$$

Для выбора сечения кабеля должны выполняться следующие условия:

$$I_P \leq I_{\text{дон}}, \quad (2.8)$$

где I_P – расчетное значение тока линии, А, $I_{\text{дон}}$ – допустимое значение длительного тока, А;

$$I_P \leq I_{\text{дон}} \cdot 0,92, \quad (2.9)$$

где 0,92 – значение коэффициента для кабеля, состоящего из четырех жил.

Все результаты расчетов по выбору кабелей для каждого электроприемника в отдельности приведены в таблице 2.4.

Таблица 2.4 – Выбор кабеля для каждого электроприемника насосной станции доочистки

Наименование оборудования	I_p , А	$I_{дон}$, А	$I_{дон} \cdot 0,92$, А	Кабель
АД №1	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №2	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №3	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №4	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №5	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №6	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №7	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №8	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №9	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
АД №10	244,6	295	271,4	ВВГнг-LS 4x120
Дренажный насос №11	9,3	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
Дренажный насос №12	9,3	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
Аварийный насос №13	62,5	90	82,8	ВВГнг-LS 4x25
Аварийный насос №14	62,5	90	82,8	ВВГнг-LS 4x25
Напорная задвижка №1	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №2	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №3	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №4	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №5	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №6	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №7	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №8	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №9	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Напорная задвижка №10	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №1	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №2	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №3	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №4	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №5	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №6	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №7	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №8	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №9	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Всасывающий затвор №10	2,5	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Вентилятор №1	3,9	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Вентилятор №2	3,9	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Вентилятор №3	3,9	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Вентилятор №4	3,9	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Вентилятор №5	3,9	19	17,5	ВВГнг-LS 4x1,5
Кран-балка	13,0	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
ЩО	1,8	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5
АЩО	0,9	25	23	ВВГнг-LS 4x2,5

2.5 Выбор защитного оборудования

Защитное оборудование может включать в себя предохранители и автоматические выключатели.

Предохранители предназначены для однократного размыкания цепи в случаях короткого замыкания и перегрузки.

Автоматический выключатель, или более простыми словами – автомат, предназначен для многократного размыкания цепи в случаях короткого замыкания, перегрузки, падения напряжения или вовсе его исчезновения и также при нечастых переключениях токов нагрузки. В случае короткого замыкания и перегрузки автоматический выключатель отключается через расцепитель, встроенный в сам автоматический выключатель. Автоматический выключатель может иметь одновременно тепловой и электромагнитный расцепители или только электромагнитный, который тем самым и производит отключение тока короткого замыкания.

Автоматический выключатель выбирается в соответствии с условием работы, номинальным током и напряжением. Выбор автоматического выключателя для подключения известной нагрузки осуществляется путем расчета тока нагрузки. Во время короткого замыкания автоматический выключатель должен отработать и отключить, подающее через него, напряжение. В этом и заключается сущность автоматических выключателей.

В соответствии стандартам защитное оборудование имеет три характеристики отключения:

- Характеристика отключения В. Такие автоматические выключатели рекомендуется применять для защиты электрооборудования, кабелей, а также цепей в основном в жилых зданиях.

- Характеристика отключения С. Такие автоматические выключатели рекомендуется применять для защиты электрооборудования, кабелей, а также

цепей в основном в жилых зданиях, а еще и для защиты электрооборудования с высоким пусковым и импульсным токами.

– Характеристика отключения D. Такие автоматические выключатели рекомендуется применять для защиты электрооборудования, кабелей, а также цепей со сверхвысоким пусковым и импульсным токами.

Выбор автоматических выключателей для оборудования насосной станции доочистки сведен в таблицу 2.5.

Таблица 2.5 – Выбор автоматических выключателей для оборудования насосной станции доочистки

Наименование линии	I_P , А	I_{HA} , А	Тип автоматического выключателя
Ввод №1	2758,5	3200	ВА732-3P-3200A-D-L
Ввод №2	2758,5	3200	ВА732-3P-3200A-D-L
Секционирование	1388,8	1600	ВА731-3P-1600A-D-L
АД №1	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №2	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №3	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №4	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №5	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №6	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №7	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №8	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №9	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
АД №10	244,6	320	ВА51-35M3-340010-320A
Дренажный насос №11	9,3	16	ВА47-29M-3P-16A
Дренажный насос №12	9,3	16	ВА47-29M-3P-16A
Аварийный насос №13	62,5	100	ВА-99M-100A-3P
Аварийный насос №14	62,5	100	ВА-99M-100A-3P
Напорная задвижка №1	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №2	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №3	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №4	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №5	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №6	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №7	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №8	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №9	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Напорная задвижка №10	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №1	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №2	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №3	2,5	5	ВА47-29M-3P-5A

Продолжение таблицы 2.5

Всасывающий затвор №4	2,5	5	BA47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №5	2,5	5	BA47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №6	2,5	5	BA47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №7	2,5	5	BA47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №8	2,5	5	BA47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №9	2,5	5	BA47-29M-3P-5A
Всасывающий затвор №10	2,5	5	BA47-29M-3P-5A
Вентилятор №1	3,9	10	BA47-29M-3P-10A
Вентилятор №2	3,9	10	BA47-29M-3P-10A
Вентилятор №3	3,9	10	BA47-29M-3P-10A
Вентилятор №4	3,9	10	BA47-29M-3P-10A
Вентилятор №5	3,9	10	BA47-29M-3P-10A
Кран-балка	13,0	16	BA47-29M-3P-16A
ЩО	1,8	10	BA47-29M-3P-10A
АЩО	0,9	10	BA47-29M-3P-10A

2.6 Выбор преобразователя частоты

На сегодняшний день асинхронный двигатель является наиболее распространенным типом двигателя. Связано это с простотой изготовления, достаточно невысокой стоимостью и высоким показателем надежности.

С каждым годом все больше предприятий используют асинхронные двигатели с преобразователем частоты, поскольку разработка полупроводниковой электронной технологии позволяет использовать недорогие микропроцессорные преобразователи частоты для полного контроля скорости асинхронных двигателей. Теперь скорость вращения асинхронного двигателя уже не зависит от частоты сети электропитания. Частоту вращения электродвигателя можно изменять в любую сторону, которая отличается от номинальной характеристики скорости самого двигателя.

У нас в стране существует достаточно неплохой опыт внедрения и эксплуатации систем с частотным регулированием. Были разработаны и испытаны различные методы по определению экономического эффекта после внедрения преобразователя частоты по расчету требуемой мощности. Кроме

того, на российском рынке было представлено огромное количество преобразователей частоты в самом широком диапазоне мощностей, организовано их обслуживание и техническое обучение. По итогам статистики, с каждым годом количество внедряемых систем растет и не только в центральных городах России.

Поскольку для каждой задачи предъявляется большое количество различных требований, преобразователи PowerFlex предлагают широкий спектр вариантов управления двигателем. От регулирования частоты вращения без обратной связи до точного управления скоростью и крутящим моментом – среди преобразователей семейства PowerFlex есть решения как для простейших, так и для самых сложных вариантов применения, кроме того, это семейство предлагает широкий выбор дополнительного оборудования, программного обеспечения, систем безопасности и вариантов компоновки.

Для насосной станции доочистки предлагается установка преобразователя частоты для управления АД №1 – №8 PowerFlex 400.

Преобразователь PowerFlex 400 обладает встроенным набором функций, облегчающих управление насосами. Реализована возможность обработки сигнала от системы пожарной безопасности, после получения которого частотный преобразователь разгоняет вентилятор до заданной скорости, при этом другие управляющие сигналы игнорируются. В случае, если в технической документации вентиляторов имеются предупреждения о недопустимых подаваемых частотах, возможна настройка привода на пропуск таких резонансных частот.

Преобразователь PowerFlex 400 может управлять связанными с регулируемым вентилятором шиберами и заслонками, блокируя запуск двигателя вентилятора до момента их полного открытия. Данная способность частотного привода позволяет отказаться от дополнительной внешней управляющей аппаратуры.

Для модели преобразователя PowerFlex 400 есть возможность использовать большие длины кабелей между приводом и двигателем до 400 метров. Это достигается благодаря наличию дросселей и блоку подавления отраженных волн. Последний рекомендуется применять в случае, если регулирование осуществляется на старом электродвигателе, при этом достигается защита от перегрева мотора, пробоя изоляции, виткового замыкания.

Частотный преобразователь PowerFlex 400 позволяет реализовать групповое управление пятью электродвигателями. В случае, если производительность регулируемого двигателя не будет достаточной, автоматически задействуется дополнительный двигатель. С целью обеспечения равнозначного износа моторов можно чередовать их подключение. Есть возможность задания автоматического отключения двигателя, что часто применяется, когда потребности оборудования в мощности ниже установленного уровня. Также реализована функция автоподхвата, которая обеспечивает включение на вращающийся ротор. Основные характеристики преобразователя PowerFlex 400 приведены в таблице 2.6.

Таблица 2.6 – Основные характеристики PowerFlex 400

Тип преобразователя	PowerFlex 400
Управление двигателем	Вольт-частотное регулирование
Варианты применения	Регулирование частоты вращения без обратной связи
Номинальные данные при U=380–480 В: – Мощность двигателя, кВт; – Мощность двигателя, л.с.; – Линейный ток, А.	2,2–250 кВт; 3,0–350 л.с.; 6,0–460 А.
Перегрузочная способность	110% в течение 60 секунд
Диапазон выходной частоты, Гц	0–320 Гц

По рекомендациям производителя преобразователя PowerFlex 400 для стабилизации электромагнитной обстановки требуется устанавливать

дроссели при длине неэкранированного кабеля 150 метров и более. Длины неэкранированных питающих кабелей приведены в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Длины неэкранированных питающих кабелей

Наименование электропотребителя	Длина кабеля, м
АД №1	16
АД №2	24
АД №3	32
АД №4	40
АД №5	48
АД №6	56
АД №7	64
АД №8	72

Поскольку наиболее дальним электропотребителем является АД №8 с длиной кабеля 72 метра, а это меньше рекомендуемого расстояния для установки дросселя в 150 метров, из этого следует, что применение дросселя не требуется.

2.7 Расчет токов короткого замыкания

Расчет токов короткого замыкания в энергосистемах с напряжением до 1000 В необходимо проводить для проверки работы электрооборудования и проводников в режиме перегрузки по току и также в случае проверки автоматического выключателя энергосети до 1000 В с глухозаземленной нейтралью при появлении короткого замыкания на корпус.

Приведенные расчеты выполнены по методическим указаниям, рекомендованных ГОСТ 28249-93.

Приведены расчеты токов короткого замыкания в трех точках:

– К1 – на контактах распределительного устройства питающей трансформаторной подстанции;

– К2 – на контактах распределительного пункта насосной станции доочистки;

– К3 – для наиболее близкого и мощного электропотребителя к распределительному пункту насосной станции доочистки.

– Трансформатор Т1:

Таблица 2.8 – Каталожные данные трансформатора Т1

Тип	S_H , кВ·А	$U_{HВH}$, кВ	$U_{HНН}$, кВ	u_k , %	ΔP_k , кВт	ΔP_x , кВт	I_x , %
ТС(3)-2500/6	2500	6	0,4	1	20	4	0,7

Таблица 2.9 – Расчетные данные трансформатора Т1

Вид сопротивления	Расчет
Активное сопротивление	$R_T = \frac{P_k \cdot U_{HНН}^2}{S_H^2} = \frac{20 \cdot 10^3 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{2500^2 \cdot 10^6} = 0,51 \text{ мОм}$
Полное сопротивление	$Z_T = \frac{u_k \cdot U_{HНН}^2}{S_H} = \frac{1 \cdot 0,4^2 \cdot 10^6}{2500 \cdot 10^3} = 64 \text{ мОм}$
Индуктивное сопротивление	$X_T = \sqrt{Z_T^2 - R_T^2} = \sqrt{64^2 - 0,51^2} \cdot 10^{-3} = 64 \text{ мОм}$

– Шинопровод от трансформатора Т1 до автоматического выключателя АВ1:

Таблица 2.10 – Каталожные данные шинопровода от трансформатора Т1 до автоматического выключателя АВ1

Тип	$R_{y\partial}$, мОм/м	$X_{y\partial}$, мОм/м
ШП-120x10	0,02	0,09

Таблица 2.11 – Расчетные данные шинопровода от трансформатора Т1 до автоматического выключателя АВ1, длина которого составляет 5 метров

Вид сопротивления	Расчет
Активное сопротивление	$R_{ш} = l \cdot R_{y\partial} = 5 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3} = 0,1 \text{ мОм}$

Индуктивное сопротивление	$X_{ш} = l \cdot X_{y\delta} = 5 \cdot 0,09 \cdot 10^{-3} = 0,45 \text{ мОм}$
---------------------------	---

– Трансформатор тока ТТ:

Таблица 2.12 – Каталожные данные трансформатора тока ТТ

Тип	$R_{ТТ}$, мОм	$X_{ТТ}$, мОм
ТНШЛ-0,66 5000/5	0,001	0,001

– Автоматический выключатель АВ1:

Таблица 2.13 – Каталожные данные автоматического выключателя АВ1

Тип	$R_{АВ1}$, мОм	$X_{АВ1}$, мОм
ВА-733-3Р-5000	0,15	0,08

– Шинопровод от автоматического выключателя АВ1 до распределительного устройства питающей трансформаторной подстанции:

Таблица 2.14 – Каталожные данные шинопровода от трансформатора Т1 до автоматического выключателя АВ1

Тип шинопровода	$R_{y\delta}$, мОм/м	$X_{y\delta}$, мОм/м
ШР-120x10	0,02	0,09

Таблица 2.15 – Расчетные данные шинопровода от трансформатора Т1 до автоматического выключателя АВ1, длина которого составляет 1 метр

Вид сопротивления	Расчет
Активное сопротивление	$R_{PY-ТП} = l \cdot R_{y\delta} = 1 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3} = 0,02 \text{ мОм}$
Индуктивное сопротивление	$X_{PY-ТП} = l \cdot X_{y\delta} = 1 \cdot 0,09 \cdot 10^{-3} = 0,09 \text{ мОм}$

– Автоматический выключатель АВ2:

Таблица 2.16 – Каталожные данные автоматического выключателя АВ2

Тип	R_{AB2} , МОм	X_{AB2} , МОм
ВА-732-3Р-3200	0,21	0,1

– Кабельная линия КЛ1:

Таблица 2.17 – Каталожные данные кабельной линии от автоматического выключателя АВ2 до автоматического выключателя АВ3

Тип кабеля	$R_{y\partial}$, МОм/м	$X_{y\partial}$, МОм/м
АВБШВ 4х185	0,17	0,06

Таблица 2.18 – Расчетные данные кабельной линии от автоматического выключателя АВ2 до автоматического выключателя АВ3, длина которого составляет 50 метров

Вид сопротивления	Расчет
Активное сопротивление	$R_{KL1} = l \cdot R_{y\partial} = 50 \cdot 0,17 \cdot 10^{-3} = 8,5 \text{ мОм}$
Индуктивное сопротивление	$X_{KL1} = l \cdot X_{y\partial} = 50 \cdot 0,06 \cdot 10^{-3} = 3 \text{ мОм}$

– Автоматический выключатель АВ3:

Таблица 2.19 – Каталожные данные автоматического выключателя АВ3

Тип	R_{AB3} , МОм	X_{AB3} , МОм
ВА-732-3Р-3200	0,21	0,1

– Шинопровод распределительного пункта насосной станции доочистки:

Таблица 2.20 – Каталожные данные шинопровода распределительного пункта насосной станции доочистки

Тип шинпровода	$R_{y\partial}$, мОм/м	$X_{y\partial}$, мОм/м
ШП-120x10	0,02	0,09

Таблица 2.21 – Расчетные данные шинпровода распределительного пункта насосной станции доочистки, длина которого составляет 3 метра

Вид сопротивления	Расчет
Активное сопротивление	$R_{PP-НСД} = l \cdot R_{y\partial} = 3 \cdot 0,02 \cdot 10^{-3} = 0,06 \text{ мОм}$
Индуктивное сопротивление	$X_{PP-НСД} = l \cdot X_{y\partial} = 3 \cdot 0,09 \cdot 10^{-3} = 0,27 \text{ мОм}$

– Автоматический выключатель АВ4:

Таблица 2.22 – Каталожные данные автоматического выключателя АВ4

Тип	R_{AB4} , мОм	X_{AB4} , мОм
ВА51-35М3-340010-320А	0,22	0,13

– Преобразователь частоты ПЧ:

Таблица 2.23 – Каталожные данные преобразователя частоты ПЧ

Тип	$R_{ПЧ}$, мОм	$X_{ПЧ}$, мОм
PowerFlex 400	0,15	0,11

– Кабельная линия КЛ2:

Таблица 2.24 – Каталожные данные кабельной линии от преобразователя частоты ПЧ до ближайшего мощного электроприемника

Тип кабеля	$R_{y\partial}$, мОм/м	$X_{y\partial}$, мОм/м
ВВГнг-LS 4x120	0,15	0,06

Таблица 2.25 – Расчетные данные кабельной линии от кабельной линии от преобразователя частоты ПЧ до ближайшего мощного электроприемника, длина которого составляет 16 метров

Вид сопротивления	Расчет
Активное сопротивление	$R_{KL2} = l \cdot R_{y\partial} = 16 \cdot 0,15 \cdot 10^{-3} = 2,4 \text{ мОм}$
Индуктивное сопротивление	$X_{KL2} = l \cdot X_{y\partial} = 16 \cdot 0,06 \cdot 10^{-3} = 0,96 \text{ мОм}$

Все параметры, указанные в таблицах выше, необходимы для расчетов токов короткого замыкания в точках К1, К2, К3.

Электрическая схема для расчетов токов короткого замыкания и схема замещения все для тех же расчетов представлены на рисунках ниже.

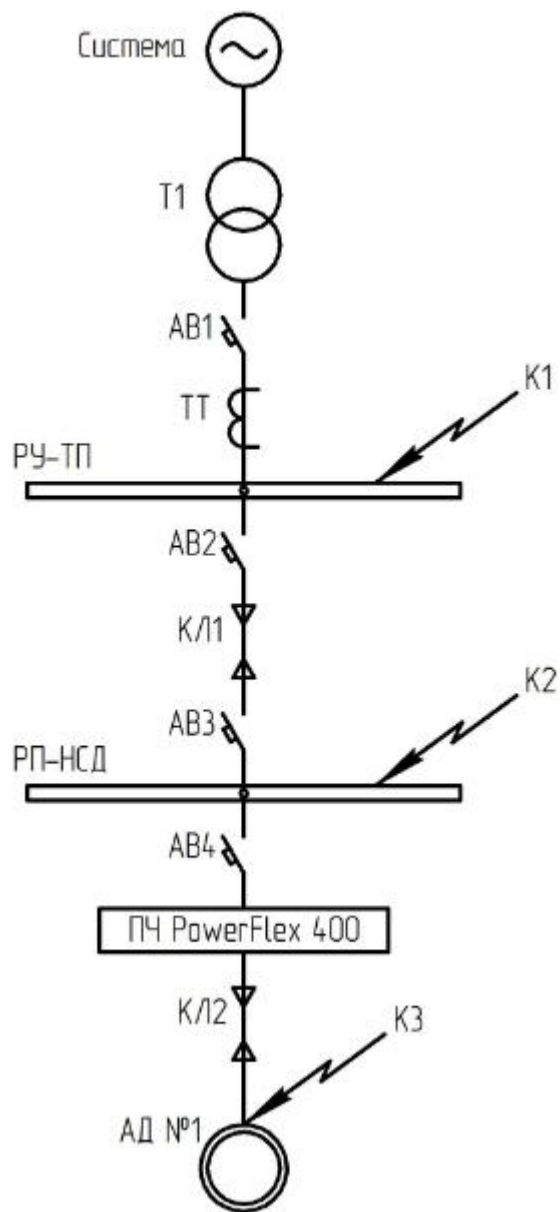


Рисунок 2.7 –Электрическая схема для расчетов токов короткого замыкания

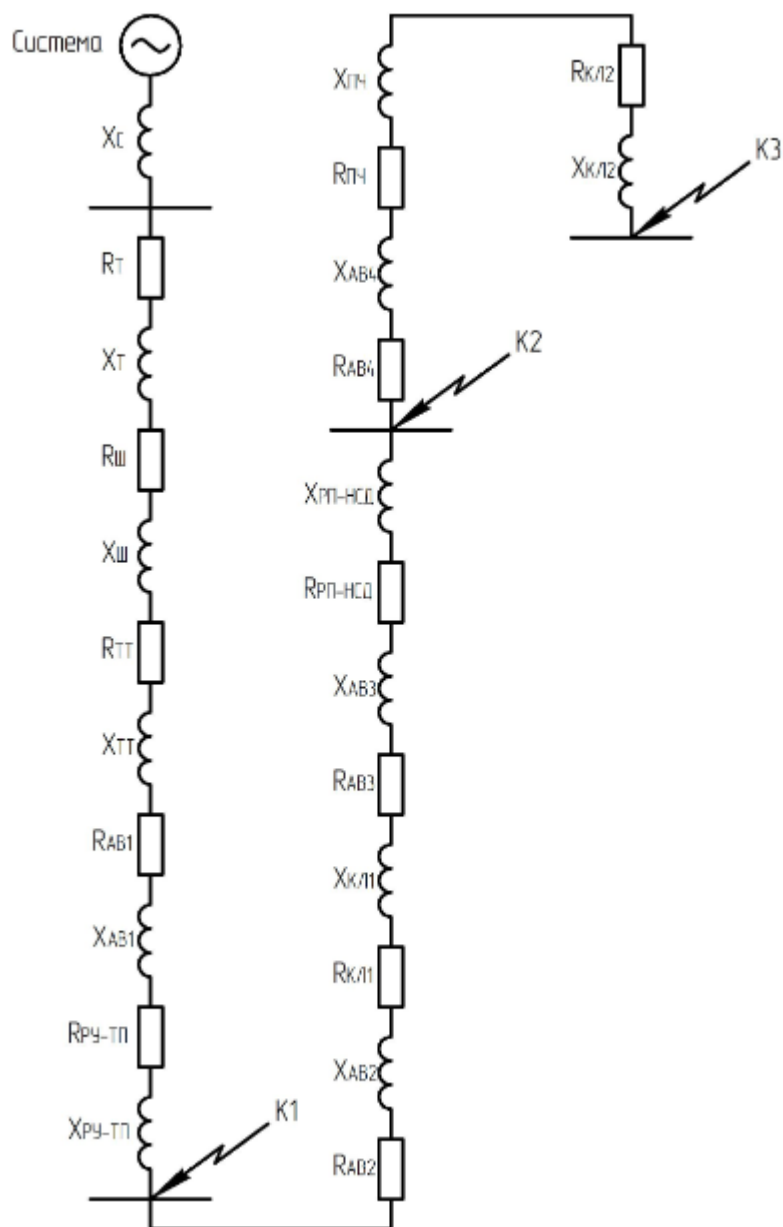


Рисунок 2.8 – Схема замещения для расчетов токов короткого замыкания

Ниже производится расчет токов короткого замыкания в точках K1, K2, K3.

Значение индуктивного сопротивления системы находится по следующей формуле:

$$X_C = \frac{U_{HH}^2}{S_K}, \quad (2.10)$$

где $S_K = 200 \text{ МВ} \cdot \text{А}$ – значение условной мощности короткого замыкания у выводов обмотки высшего напряжения питающего трансформатора.

$$X_C = \frac{0,4^2 \cdot 10^6}{200 \cdot 10^6} = 0,8 \text{ мОм.}$$

– Расчет тока короткого замыкания в точке К1:

Произведем расчет значений суммарного активного и индуктивного сопротивлений.

$$R_{1\Sigma} = R_T + R_{III} + R_{TT} + R_{AB1} + R_{PY-III} \quad (2.11)$$

$$R_{1\Sigma} = (0,51 + 0,1 + 0,001 + 0,15 + 0,02) \cdot 10^{-3} = 0,78 \text{ мОм}$$

$$X_{1\Sigma} = X_C + X_T + X_{III} + X_{TT} + X_{AB1} + X_{PY-III} \quad (2.12)$$

$$X_{1\Sigma} = (0,8 + 64 + 0,45 + 0,001 + 0,08 + 0,09) \cdot 10^{-3} = 65,42 \text{ мОм}$$

Произведем расчет значения тока трехфазного короткого замыкания.

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{U_{HHH}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{1\Sigma}^2 + X_{1\Sigma}^2}} \quad (2.13)$$

$$I_{K1}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{0,78^2 + 65,42^2 \cdot 10^{-3}}} = 3,6 \text{ кА}$$

Произведем расчет значения ударного тока короткого замыкания.

$$i_{VK1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_V \cdot I_{K1}^{(3)}, \quad (2.14)$$

где K_Y – значение ударного коэффициента, которое определяется по кривой представленной на рисунке 2.9.

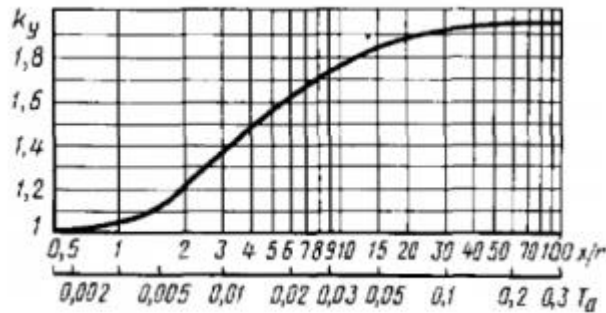


Рисунок 2.9 – Кривая для определения значения ударного коэффициента

$$\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{64,82}{0,78} = 83,1.$$

Значению 83,1 ударный коэффициент $K_Y = 1,95$.

$$i_{YK1}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,95 \cdot 3,6 \cdot 10^3 = 9,9 \text{ кА}.$$

– Расчет тока короткого замыкания в точке К2:

Произведем расчет значений суммарного активного и индуктивного сопротивлений.

$$R_{2\Sigma} = R_T + R_{Ш} + R_{ТТ} + R_{AB1} + R_{PV-III} + R_{AB2} + R_{КЛ1} + R_{AB3} + R_{РП-НСД} \quad (2.15)$$

$$R_{2\Sigma} = (0,51 + 0,1 + 0,001 + 0,15 + 0,02 + 0,21 + 8,5 + 0,21 + 0,06) \cdot 10^{-3} = 9,76 \text{ мОм}$$

$$X_{2\Sigma} = X_C + X_T + X_{Ш} + X_{ТТ} + X_{AB1} + X_{PV-III} + X_{AB2} + X_{КЛ1} + X_{AB3} + X_{РП-НСД} \quad (2.16)$$

$$X_{2\Sigma} = (0,8 + 64 + 0,45 + 0,001 + 0,08 + 0,09 + 0,1 + 0,06 + 0,1 + 0,27) \cdot 10^{-3} = 68,89 \text{ мОм}$$

Произведем расчет значения тока трехфазного короткого замыкания.

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{U_{HHH}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{2\Sigma}^2 + X_{2\Sigma}^2}} \quad (2.17)$$

$$I_{K2}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{9,76^2 + 68,89^2 \cdot 10^{-3}}} = 3,47 \text{ кА}$$

Произведем расчет значения ударного тока короткого замыкания.

$$i_{yK2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_y \cdot I_{K2}^{(3)} \quad (2.18)$$

$$\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{68,89}{9,76} = 6,76.$$

Значению 6,76 ударный коэффициент $K_y = 1,65$.

$$i_{yK2}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,65 \cdot 3,47 \cdot 10^3 = 8,07 \text{ кА.}$$

– Расчет тока короткого замыкания в точке КЗ:

Произведем расчет значений суммарного активного и индуктивного сопротивлений.

$$R_{3\Sigma} = R_T + R_{Ш} + R_{ТТ} + R_{AB1} + R_{PV-П} + R_{AB2} + R_{КЛ1} + R_{AB3} + R_{ПП-НСД} + R_{AB4} + R_{ПЧ} + R_{КЛ2} \quad (2.19)$$

$$R_{3\Sigma} = (0,51 + 0,1 + 0,001 + 0,15 + 0,02 + 0,21 + 8,5 + 0,21 + 0,06 + 0,22 + 0,15 + 2,4) \cdot 10^{-3} = 12,53 \text{ МОм}$$

$$X_{3\Sigma} = X_C + X_T + X_{III} + X_{TT} + X_{AB1} + X_{PY-III} + X_{AB2} + X_{KЛ1} + X_{AB3} + X_{ПП-НСД} + \\ + X_{AB4} + X_{ПЧ} + X_{KЛ2} \quad (2.20)$$

$$X_{3\Sigma} = (0,8 + 64 + 0,45 + 0,001 + 0,08 + 0,09 + 0,1 + 0,06 + 0,1 + 0,27 + 0,13 + 0,11 + \\ + 0,96) \cdot 10^{-3} = 70,09 \text{ мОм}$$

Произведем расчет значения тока трехфазного короткого замыкания.

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{U_{HHH}}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{R_{3\Sigma}^2 + X_{3\Sigma}^2}} \quad (2.21)$$

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{12,53^2 + 70,09^2 \cdot 10^{-3}}} = 3,39 \text{ кА}$$

Произведем расчет значения ударного тока короткого замыкания.

$$i_{VK3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot K_V \cdot I_{K3}^{(3)} \quad (2.22)$$

$$\frac{X_{\Sigma}}{R_{\Sigma}} = \frac{70,09}{12,53} = 5,6.$$

Значению 6,76 ударный коэффициент $K_V = 1,55$.

$$i_{VK3}^{(3)} = \sqrt{2} \cdot 1,55 \cdot 3,39 \cdot 10^3 = 6,93 \text{ кА}$$

На основании данных расчетов проверяется пригодность всех автоматических выключателей. Значение ударного тока, который может выдержать автоматический выключатель и преобразователь частоты, выражается его техническими характеристиками, и он больше, чем значение

в приведенном выше расчете, поэтому выбор защитной аппаратуры был сделан правильно.

2.8 Расчет защитного заземления

Само защитное заземление представляет собой преднамеренное электрическое соединение с землей или ее эквивалентом металлических нетоковедущих частей, которые по каким-либо причинам, например, короткое замыкание на корпус, молния и прочие причины, могут оказаться под напряжением.

Основная функция защитного заземления заключается в обеспечении электрического соединения между заземляемым электрооборудованием и землей с небольшим и, в то же время, нормированным сопротивлением. Это обеспечивает безопасность прикосновения во время короткого замыкания электроаппаратуры на корпус.

Согласно требованиям ПУЭ с глухозаземленной или изолированной нейтралью сети заземляющее оборудование, работающее под напряжением до 1000 В, в соответствии с его требованиями к сопротивлению с учетом сопротивления искусственных и естественных заземлителей не зависимо от времени года должно иметь сопротивление не более 4 Ом.

Произведем расчет защитного заземления для насосной станции доочистки.

Для насосной станции доочистки принимаем:

- Значение длины стержня: $l = 6$ м;
- Значение диаметра стержня: $d = 0,012$ м;
- Значение сопротивления заземления: $R_3 = 4$ Ом;
- Значение глубины заложения полосы: $t = 0,7$ м;
- Значение удельного сопротивление грунта: $\rho = 100$ Ом.

Произведем расчет значения расчетного сопротивления грунта.

$$\rho_{расч} = \rho \cdot K_C, \quad (2.23)$$

где $K_C = 1,25$ – значение коэффициента сезонности.

$$\rho_{расч} = 100 \cdot 1,25 = 125 \text{ Ом.}$$

Произведем расчет значения сопротивления вертикального стержня.

$$R_C = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч}}{l} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot l}{d}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot (t_0 + 0,5 \cdot l) + l}{4 \cdot (t_0 + 0,5 \cdot l) - l}\right) \right), \quad (2.24)$$

где $t_0 = 0,7$ м – значение глубины заложения вершины вертикального заземлителя.

$$R_C = \frac{0,366 \cdot 125}{6} \cdot \left(\lg\left(\frac{2 \cdot 6}{0,012}\right) + \frac{1}{2} \cdot \lg\left(\frac{4 \cdot (0,7 + 0,5 \cdot 6) + 6}{4 \cdot (0,7 + 0,5 \cdot 6) - 6}\right) \right) = 24,32 \text{ Ом}$$

Произведем расчет значения количества вертикальных стержней необходимых для заземления насосной станции доочистки.

$$N_C = \frac{R_C}{R_3 \cdot n_C}, \quad (2.25)$$

где $n_C = 0,78$ – значение коэффициента использования вертикальных заземлителей, которые распределены по контуру.

$$N_C = \frac{24,32}{4 \cdot 0,78} = 8 \text{ шт.}$$

Произведем расчет значения сопротивления заземляющей полосы.

$$R_{II} = \frac{0,366 \cdot \rho_{расч}}{(A+B) \cdot 2} \cdot \lg \left(\frac{((A+B) \cdot 2)^2}{0,04 \cdot t} \right), \quad (2.26)$$

где $A = 6$ м, $B = 30$ м – значение длины и ширины соответственно электропомещения.

$$R_{II} = \frac{0,366 \cdot 125}{(6+30) \cdot 2} \cdot \lg \left(\frac{((6+30) \cdot 2)^2}{0,04 \cdot 0,7} \right) = 3,12 \text{ Ом.}$$

Произведем расчет значения сопротивления заземляющей полосы в контуре.

$$R_{ПК} = \frac{R_{II}}{n_{II}}, \quad (2.27)$$

где $n_{II} = 0,26$ – значение коэффициента использования горизонтального полосового заземлителя.

$$R_{ПК} = \frac{3,12}{0,26} = 12,01 \text{ Ом.}$$

Произведем расчет значения сопротивления вертикальных заземлений.

$$R = \frac{R_{ПК} \cdot R_3}{R_{ПК} + R_3}, \quad (2.28)$$

$$R = \frac{12,01 \cdot 4}{12,01 + 4} = 3 \text{ Ом.}$$

Произведем расчет количества стержней необходимых для электропомещения.

$$N'_C = \frac{R_C}{R \cdot n_C}, \quad (2.29)$$

$$N'_C = \frac{24,32}{3 \cdot 0,78} = 11 \text{шт.}$$

2.9 Выводы по второму разделу

1 Для каждого помещения в отдельности здания насосной станции доочистки, а именно – машинный зал, РП–НСД, комната дежурного машиниста, инструментальная, с/у, коридор, производился выбор и расчет освещения с использованием LED-светильников типа Астро ДПП 5000К. В конечном итоге установленная мощность системы освещения здания была снижена почти в два раза и достигла мощности до 1,8 кВт.

2 Для каждого потребителя электроэнергии производился также расчет и выбор кабелей. Принято решение, кабели с алюминиевыми жилами заменить на кабели с медными жилами с изоляцией из поливинилхлорида, марки ВВГнг. Сегодня кабели, выполненные из ПВХ изоляции, имеют достаточно неплохой показатель эксплуатационных характеристик. Далее был произведен расчет и выбор защитной аппаратуры на более современное с высокими показателями надежности.

3 Рекомендуется установить преобразователь частоты марки PowerFlex 400 на насосы АД №1 – АД №8, чтобы решить проблемы плавного запуска электродвигателей, автоматического регулирования и управления на дистанции. Это приведет к снижению энергопотребления насоса, находящегося в работе, приблизительно на 20-25% и, в то же время, сможет обеспечить плавную работу электродвигателей, что приведет к большему сроку службы данных насосов.

3 Экономическая эффективность инвестиционного проекта

3.1 Определение и виды эффективности инвестиционного проекта

При глубоком изучении вопросов, о том перспективно ли инвестирование в какое-либо начинание, одним из главных критериев является экономическая эффективность инвестиционного проектирования. Существующие показатели эффективности инвестиционных проектов характеризуют инициативу с различных сторон, что в последующем может помочь инвестору принять правильное взвешенное решение.

Каждый из проектов, по сути своей, состоит из описательной и расчетной частей. В описательную часть входит суть идей и перспективы ее реализации. Расчетная часть включает в себя финансовые и технические выкладки, а также произведение расчетов показателей экономической эффективности инвестиционного проектирования. Экономическая эффективность является, вроде, неким итогом, получаемым после проведения сравнения доходов производства к использованным ресурсам и расходам.

«Экономическая эффективность инвестиционного проекта оценивается по следующим критериям:

- Эффективность проектирования в целом;
- Эффективность участия в проектировании.

Эффективность проектирования в целом оценивается с той целью, чтобы возможно было определить потенциальную привлекательность проектирования для его соучастников и для поиска источников финансирования и включает в себя:

- Общественную или социально-экономическую эффективность проектирования;
- Коммерческую эффективность проектирования.

Показатели общественной эффективности учитывают социально-экономические изменения после реализации ИП для общества в целом, в том числе как непосредственные результаты и затраты проекта.

Показатели коммерческой эффективности ИП учитывают финансовые изменения его выполнения для участника, реализующего ИП, в предположении, что он производит все необходимые для реализации проекта затраты и пользуется всеми его результатами» [1].

Показатели эффективности инвестиционного проектирования оцениваются с экономической точки зрения как технические, так и организационные проектные решения.

3.2 Основные принципы оценки эффективности

«Грамотным оцениванием эффективности ИП, кроме технологических, технических, отраслевых и прочих особенностей, являются следующие критерии:

- Моделирование всех действий для воплощения в реальность инвестиционного проекта в течение его всего жизненного цикла (расчетного периода) – от прединвестиционного анализа до полного завершения проекта;
- Расчет денежного потока, который представляет собой не только расходы в течение расчетного периода, но и денежные доходы, которые могут быть получены на этапе проектирования;
- Рассмотрение разных изменений в проекте и выбор проекта для реализации;
- Принцип положительности и максимума эффекта. С точки зрения инвестора, если эффект от реализации проекта будет не только положительным, но и по сравнению с другими вариантами он будет считаться наиболее важным, он и будет считаться эффективным;

– Рассмотрение факторов времени и инфляции. При оценивании эффективности инвестиционного проекта следует учитывать разные аспекты факторов времени, например, будущие изменения стоимости необходимых материалов или видов услуг;

– Сравнение вариаций «обстановка без проектов» и «обстановка с проектами». Вариант «до проекта» и «после проекта» отличаются от варианта «без проекта» и «с проектом». Эффективность инвестиционных проектов следует оценивать, сравнивая ситуацию со вторым вариантом;

– Рассмотрение всех самых важных последствий проектирования. При определении эффективности инвестиционного проекта необходимо учитывать все последствия его реализации - экономические и неэкономические (социальные-общественные);

– Учет различий интересов между участниками проекта и наличия индивидуальных оценок стоимости капитала, выраженных в виде различных значений ставки дисконтирования;

– Многоступенчатая оценка. На каждом этапе разработки и реализации проекта (рациональность инвестиций, технико-экономические характеристики, план финансирования и т.д.) его эффективность переопределяется с индивидуальной глубиной исследования;

– Принятие во внимание возможность неопределенности и рисков, которые могут повлиять на реализацию проекта, но расчет не может быть выполнен на этапе проектирования» [2].

На этапе формулирования инвестиционных предложений во многих случаях люди могут ограничиваться оценкой эффективности всего инвестиционного проекта. А сам план финансирования может быть определен в общих чертах, включая аналогию, основанную на экспертной оценке.

Производится оценка эффективности проекта в течение заданного периода, включая период времени от начала до завершения проекта.

Рекомендуется определить начало заданного периода в задаче расчета эффективности инвестиционных проектов, например, дату начала инвестиций в проектно-изыскательские работы.

Период расчета делится на несколько этапов. В течение этих периодов времени выполняется промежуточная обработка данных и промежуточные (не окончательные) значения показателей экономической эффективности. Продолжительность шага определяется конкретным проектом и обычно измеряется в годах.

Более того, некоторые характеристики экономической рыночной системы не должны быть забыты. Стоимость товаров и услуг в будущем может сильно отличаться от текущей стоимости. Кроме того, валюта может обесцениться. Ввиду этого необходимо дисконтировать денежные потоки, то есть приводить их в свои значения в разное время (связанное с разными этапами расчета) в конкретные моменты времени. Это и есть момент приведения. Момент приведения может не соответствовать базовому моменту. Дисконтирование также может применяться к финансовым потокам, выраженным в текущих или дефляционных ценах и единой валюте.

Концепция оценки эффективности инвестиционных проектов показана на рисунке 3.1.

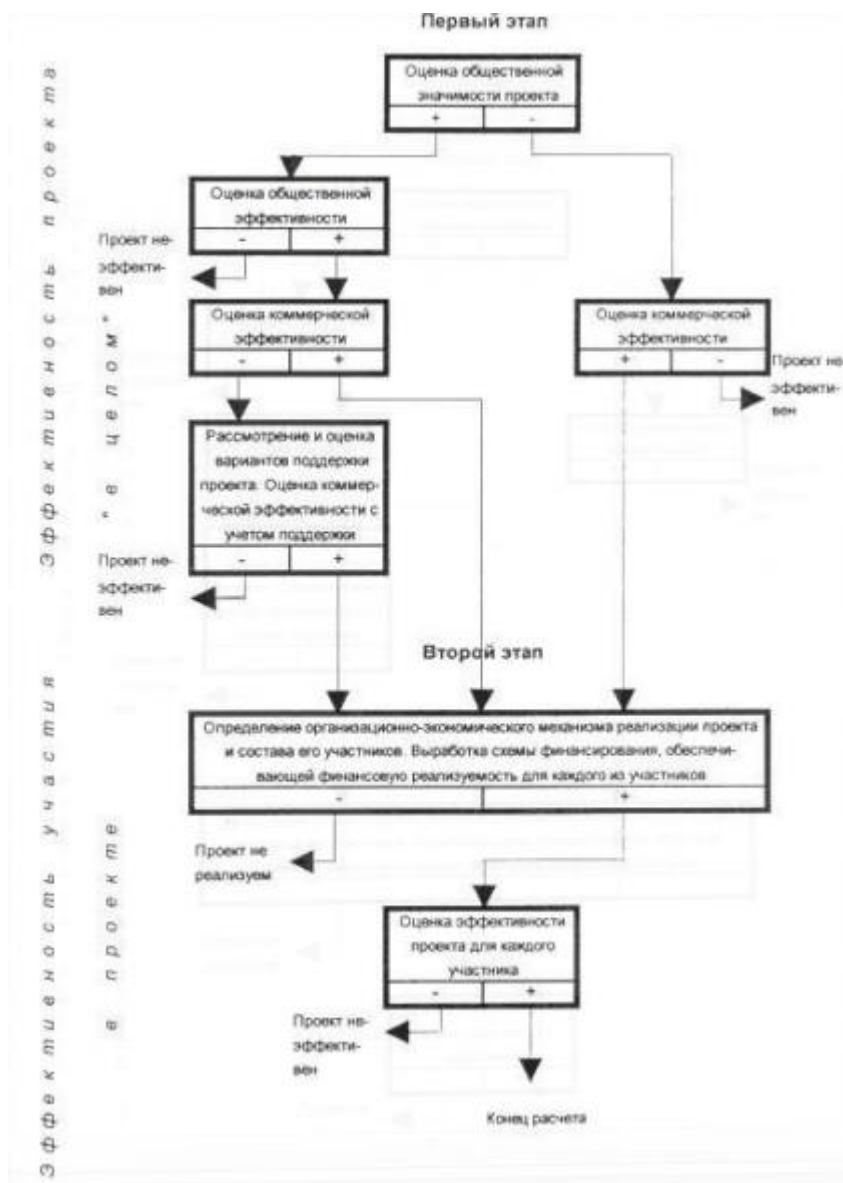


Рисунок 3.1 – Концепция оценки эффективности инвестиционных проектов

3.3 Показатели эффективности инвестиционного проекта

«Можно рассматривать в качестве основных показателей, которые используются для расчетов инвестиционных проектов:

- Чистый доход;
- Чистый дисконтированный доход;
- Срок окупаемости.

Условия финансовой осуществимости и показатели эффективности рассчитываются на основе потока денежных средств, а конкретный состав потока денежных средств зависит от типа оцениваемой эффективности.

На разных этапах расчетов финансовые показатели и условия финансовой осуществимости инвестиционного проекта будут оцениваться по текущим или прогнозным ценам. Остальные показатели определяются по текущим или сниженным ценам.

Чистая прибыль – это совокупный эффект расчетного периода (баланс денежных потоков).

Наиболее важным показателем эффективности проекта является влияние дисконтированной чистой приведенной стоимости в течение расчетного периода. Чистая приведенная стоимость и чистый доход являются характеристиками того, что общий денежный доход по проекту превышает общие расходы за рассматриваемый период времени. Время, когда общий денежный доход превышает общую стоимость, является периодом «возврата инвестиций» [1].

В данной работе расчет экономической эффективности основан на предлагаемом методе оценки эффективности инвестиционных проектов (утверждено Минэкономки Российской Федерации, Минфином Российской Федерации и Госстроем Российской Федерации от 21.06.99г. № ВК 477).

3.4 Расчет экономической эффективности установки преобразователей частоты

В распределительном пункте насосной станции доочистки запланировано установить на насосные агрегаты АД №1 – АД №8 восемь преобразователей частоты типа PowerFlex 400. Стоимость установки этих восьми преобразователей частоты составит 1690000 рублей.

С учетом налога на прибыль, который составляет 24%, объем инвестиций будет равен:

$$1690000 + 24\% = 2095600 \text{ рублей.}$$

Произведем расчет значения количества потребляемой электроэнергии за год восьми насосных агрегатов мощностью 132 кВт каждого.

$$W_{год} = N \cdot P \cdot K_{II} \cdot 8760, \quad (3.1)$$

где $N = 8$ шт. – значение количества насосных агрегатов; $P = 132$ кВт – значение мощности каждого электродвигателя в отдельности; $K_{II} = 0,95$ – значение коэффициента использования каждого насосного агрегата; 8760 – значение количества часов в году.

$$W_{год} = 8 \cdot 132 \cdot 10^3 \cdot 0,95 \cdot 8760 = 8788032 \text{ кВт} \cdot \text{ч.}$$

Значение среднего тарифа для потребителей электроэнергии составляет 2,92 руб. за 1 кВт·ч.

По теоретическим данным преобразователь частоты может уменьшить энергопотребление каждого насосного агрегата приблизительно на 20-25%. Пусть значение экономии потребляемой мощности будет равна 20%. Далее произведем расчеты потребляемой мощности насосных агрегатов, как с преобразователем частоты, так и без него. В таблице 3.1 приведены результаты данных расчетов.

Таблица 3.1 – Результаты расчетов расхода электроэнергии за первые два года по триместрам

Период	Расход эл. энергии за период, кВт·ч.		Оплата за израсходованную эл. энергию, руб.	
	без ПЧ	с ПЧ	без ПЧ	с ПЧ
1-ый триместр	2197008	1757606,4	6415263	5132211
2-ой триместр	4394016	3515212,8	12830527	10264421
3-ий триместр	6591024	5272819,2	19245790	15396632
4-ый триместр	8788032	7030425,6	25661053	20528843
5-ый триместр	10985040	8788032,0	32076317	25661053
6-ой триместр	13182048	10545638,4	38491580	30793264
7-ой триместр	15379056	12303244,8	44906844	35925475
8-ой триместр	17576064	14060851,2	51322107	41057686

В таблице 3.2 представлены результаты расчетов экономических показателей для реализации проекта.

Таблица 3.2 – Результаты расчетов экономических показателей для реализации проекта

Показатель	Периоды в триместрах							
	1-ый	2-ой	3-ий	4-ый	5-ый	6-ой	7-ой	8-ой
Экономия эл. энергии, кВт·ч	439402	439402	439402	439402	439402	439402	439402	439402
Выручка без НДС, руб.	1283053	1283053	1283053	1283053	1283053	1283053	1283053	1283053
Производственные затраты без НДС, руб.	75500	75500	75500	75500	75500	75500	75500	75500
Валовая прибыль, руб.	1207553	1207553	1207553	1207553	1207553	1207553	1207553	1207553
Налог на прибыль 24%, руб.	289813	289813	289813	289813	289813	289813	289813	289813
Чистая прибыль, руб.	917740	917740	917740	917740	917740	917740	917740	917740
Инвестиция, руб.	1690000	0	0	0	0	0	0	0
Сальдо суммарного потока, руб.	-772260	917740	917740	917740	917740	917740	917740	917740
Сальдо накопленного потока, руб.	-772260	145480	1063220	1980960	2898700	3816440	4734180	5651920
Чистый доход, руб.	5651920							

3.5 Выводы по третьему разделу

По результатам расчетов, приведенных в таблице 3.2 срок окупаемости, потраченных средств на установку восьми преобразователей частоты PowerFlex 400, составит порядка шести месяцев при экономии электроэнергии в 20%, а по истечению двух лет после вложений в проект и установки данных преобразователей частоты экономия на расходуемую электроэнергию составит 5651920 рублей. Из этого следует, что средства, вложенные в предложенные методы, являются экономически выгодными.

Заключение

Проанализированная схема питания насосной станции доочистки предприятия ООО «АВТОГРАД ВОДОКАНАЛ» показала, что текущее электроснабжение недостаточно надежно из-за износа основного оборудования. Было установлено, что из-за отсутствия систем автоматического мониторинга и дистанционного управления в диспетчерской, насосом можно управлять только по месту. Система управления насосными агрегатами также морально и физически устарела и нуждается в полном перестроении с использованием современных технологий, которые могут автоматически контролировать работу промышленного оборудования.

Для каждого помещения в отдельности здания насосной станции доочистки, а именно – машинный зал, РП–НСД, комната дежурного машиниста, инструментальная, с/у, коридор, производился выбор и расчет освещения с использованием LED-светильников типа Астро ДПП 5000К. В конечном итоге установленная мощность системы освещения здания была снижена почти в два раза и достигла мощности до 1,8 кВт.

Для каждого потребителя электроэнергии производился также расчет и выбор кабелей. Принято решение, кабели с алюминиевыми жилами заменить на кабели, с медными жилами с изоляцией из сшитого поливинилхлорида, марки ВВГнг.

Сегодня кабели, выполненные из ПВХ изоляции, имеют достаточно неплохой показатель эксплуатационных характеристик. Далее был произведен расчет и выбор защитной аппаратуры на более современное с высокими показателями надежности.

Рекомендуется установить преобразователь частоты марки PowerFlex 400 на насосы АД №1 – АД №8, чтобы решить проблемы плавного запуска электродвигателей, автоматического регулирования и управления на

дистанции. Это приведет к снижению энергопотребления насоса, находящегося в работе, приблизительно на 20-25% и, в то же время, сможет обеспечить плавную работу электродвигателей, что приведет к большему сроку службы данных насосов.

По результатам расчетов, которые приведены в третьей главе, срок окупаемости, потраченных средств на установку восьми преобразователей частоты PowerFlex 400 при экономии электроэнергии в 20%, составит порядка шести месяцев, а по истечению двух лет после вложений в проект и установки данных преобразователей частоты экономия на расходуемую электроэнергию составит 5651920 рублей. Из этого следует, что средства, вложенные в предложенные методы, являются экономически выгодными.

Список используемых источников

1. Правила устройства электроустановок. – 7-е изд. – М.: Изд-во НПЭНАС, 2011. 552 с.
2. Dempsey F., Goldblum S., Bernghart K., Winston W. Control of autoresonance in mechanical and physical models // Modern Power Systems and Clean Energy. 2017. PP. 25-27.
3. Ajour N. Investigating The Effect of Switching and tripping on Flashover and Breakdown in Circuit Breaker // Journal of Energy Technologies and Policy. 2017. Volume 7. № 4. PP. 50-57.
4. Зимин Е.Н. Защита асинхронных двигателей. М.: Изд-во Энергия, 1967. 603 с.
5. Алиев И.И. Асинхронные двигатели в трехфазном и однофазном режимах. М.: Изд-во РадиоСофт, 2004. 128 с.
6. Ус А.Г. Электроснабжение промышленных предприятий. М.: Изд-во ПИОН, 2015. 457 с.
7. ГОСТ 21027-75. Системы энергетические. Термины и определения.
8. ГОСТ 28249-93. Короткие замыкания в электроустановках. Методы расчета в электроустановках переменного тока напряжением до 1 кВ.
9. Методические рекомендации по оценке эффективности инвестиционных проектов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://online.lexpro.ru/document/105614>, свободный. – (дата обращения: 20.02.2020).
10. Мамзина Т.Ю. Анализ и выбор наиболее привлекательного инвестиционно-строительного проекта с помощью расчета показателей экономической эффективности // Сборник научных трудов Sworld. 2014. Т. 23. № 2. С. 10-14.
11. Пантелеев Д.С., Пульцин Е.Е., Неборак А.В., Мокеев П.Н., Самолина О.В.. Анализ протоколов управления освещением // V

Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов. Тольятти. 2019. С.114-118.

12.Пантелеев Д.С., Лебедев Е.В., Пульцин Е.Е. Частотное регулирование электроприводов // V Всероссийская научно-техническая конференция студентов, магистрантов, аспирантов. Тольятти. 2019. С.215-218.

13.Пантелеев Д.С. Повышение эффективности мониторинга асинхронных двигателей с преобразователем частоты // Форум молодых ученых. 2020. №5(45). URL: <https://www.forum-nauka.ru/teknomer> (дата обращения: 20.05.2020).

14.Пантелеев Д.С. Асинхронный двигатель с частотным регулированием // Форум молодых ученых. 2020. №5(45). URL: <https://www.forum-nauka.ru/teknomer> (дата обращения: 20.05.2020).

15.Пантелеев Д.С. Эксплуатация асинхронных двигателей с частотным регулированием // Форум молодых ученых. 2020. №4(44). URL: <https://www.forum-nauka.ru/kopiya-tekushij-nomer-1> (дата обращения: 20.05.2020).

16.Пантелеев Д.С., Лебедев Е.В. Особенности организации систем технического учета электроэнергии // Форум молодых ученых. 2020. №1(29). URL: <https://www.forum-nauka.ru/teknomer> (дата обращения: 20.02.2019).

17.Проектирование осветительных установок [Электронный ресурс]: электрон. учеб. пособие / В. В. Вахнина [и др.] ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти : ТГУ, 2015. - 107 с.: ил. - Библиогр.: с. 78-79. - Прил.: с. 80-107. - ISBN 978-5-8259-0906-6.

18.Полуянович Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий [Электронный ресурс] : учеб. пособие / Н. К. Полуянович. - Изд. 3-е, стер. - Санкт-Петербург: Лань,

2017. - 396 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1201-3.

19.Коробов Г. В. Электроснабжение [Электронный ресурс] : Курсовое проектирование : учеб. пособие / Г. В. Коробов, В. В. Картавец, Н. А. Черемисинова ; под общ. ред. Г. В. Коробова. - Изд. 3-е, испр. и доп. - Санкт-Петербург: Лань, 2014. - 192 с. : ил. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - ISBN 978-5-8114-1164-1.

20.Вахнина В. В. Проектирование систем электроснабжения [Электронный ресурс] : электрон. учеб.-метод. пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко ; ТГУ ; Ин-т энергетики и электротехники ; каф. "Электроснабжение и электротехника". - ТГУ. - Тольятти: ТГУ, 2016. - 78 с. : ил. - Библиогр.: с. 76-78. - ISBN 978-5-8259-0929-5.

21.Ali Özçelik M. The Design and Comparison of Central and Distributed Light Sensored Smart LED Lighting Systems // 2018. PP. 1-14.

22.Ding W., Xiaoming Y. Interaction analysis between induction motor loads and STATCOM in weak grid using induction machine model// State Grid electric power research institute. 2018. PP. 158-167.

23.Rock M., Martin N., Morissey H. The functionality of modern microprocessor relay protection units// International Journal of Electrical and Electronics Engineering. 2018. PP. 120-125.

24.Yuqing H., Yuehui C., Zhiqiang Y., Hongbin H., Li L. A review on the influence of intelligent power consumption technologies on the utilization rate of distribution network equipment// Protection and Control of Modern Power Systems. 2018. 11 p.

25.Qunzhan L. Industrial frequency single-phase AC traction power supply system for urban rail transit and its key technologies// School of Electrical Engineering. 2016. PP. 103-113.

26.Sathsara A., Jianzhong W. Topological properties of medium voltage electricity distribution networks// Applied Energy. 2018. PP. 1101-1112.

27.Voulis N., Warnier M. Understanding spatio-temporal electricity demand at different urban scales: A data-driven approach// Applied Energy. 2018. PP. 1157-1171.

28.Булгаков А.А. Частотное управление асинхронными электродвигателями. М.: Изд-во Наука, 1966. 297 с.

29.Булгаков А.А. Асинхронный двигатель при переменной частоте. М.: Изд-во Госэнергоиздат, 1941. С. 30-38.

30.Попов А.П. Частотное регулирование оборотов асинхронного двигателя. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2009. 25 с.

31.Сыроматников И.А. Режимы работы синхронных и асинхронных двигателей. М.: Изд-во Энергоатомиздат, 1984. 240 с.