

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)

13.03.02 «Электроэнергетика и электротехника»
(код и наименование направления подготовки, специальности)
Электроснабжение
(направленность (профиль)/специализация)

**ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА
(БАКАЛАВРСКАЯ РАБОТА)**

на тему Электроснабжение буровой установки

Студент

Н.Ф. Гафиатулин

(И.О. Фамилия)

(личная подпись)

Руководитель

к.п.н., доцент, М.Н. Третьякова

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

Тольятти 2020 г.

АННОТАЦИЯ

Выпускная квалификационная работа (ВКР) посвящена разработке системы электроснабжения буровой установки БУ Уралмаш 3Д-86 Хандинского лицензионного участка. Буровая установка находится в собственности ООО «Газпром бурение» филиала «Краснодар бурение».

Разработка системы электроснабжения основана на анализе характеристик буровой установки. Для решения основных задач ВКР произведены расчеты электрических нагрузок, сделаны выбор и проверка электрооборудования буровой установки. В рамках ВКР рассмотрены вопросы и разработаны мероприятия по охране труда и технике безопасности при эксплуатации электрооборудования буровой установки.

Выпускная квалификационная работа состоит из пояснительной записки объемом 51 листов. Содержит 7 таблиц, 5 рисунков и 6 листов графического материала формата А1.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1 Анализ системы электроснабжения буровой установки.....	5
1.1 Краткая характеристика буровой установки.....	5
1.2 Ожидаемые электрические нагрузки буровой установки.....	7
2 Расчет электрических нагрузок, выбор и проверка электрооборудования буровой установки.....	11
2.1 Расчет нагрузок без учета освещения.....	11
2.2 Расчет осветительной нагрузки и выбор светильников.....	12
2.3 Расчет ожидаемых электрических нагрузок по буровой установке с учетом освещения.....	25
2.4 Выбор дизельных электростанций.....	25
2.5 Выбор и проверка электрооборудования внутреннего электроснабжения буровой установки.....	27
3 Разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности.....	36
3.1 Расчет контура заземления и молниезащиты БУ.....	43
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	53
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	54
ПРИЛОЖЕНИЯ.....	56

ВВЕДЕНИЕ

Газодобывающая промышленность является довольно энергоемкой отраслью промышленности. Буровые установки относятся к потребителям первой категории надежности. Не запланированный останов их работы приводит к огромным финансовым убыткам и серьёзным экологическим катастрофам. Безотказное функционирование буровой установки во многом связано с надежной работой системы электроснабжения.

Электрооборудование буровой установки находится в экстремальных условиях эксплуатации и подвергается повышенному износу. Поэтому отдельные элементы системы электроснабжения требуют периодической реконструкции. При замене электрооборудования буровой установки требуется принимать во внимание следующие факторы.

На любом предприятии, в том числе при разведке бурением и добыче углеводородного сырья, стремятся минимизировать расходы, так как это влияет на себестоимости производства продукции. Поэтому вопросы энергосбережения для буровой установки не менее актуальны, чем для любого другого предприятия.

При проведении реконструкции системы электроснабжения особо важным является выбор оборудования, обеспечивающего его надежную эксплуатацию. Так как аварии на предприятии, связанные с добычей углеводородов, чреваты серьезными экологическими последствиями, что недопустимо.

Указанные факторы определили цель данной бакалаврской работы.

Цель ВКР – повысить энергосбережение буровой установки БУ Уралмаш 3Д – 86 за счет разработки энергосберегающей и надёжной системы электроснабжения.

1 Анализ системы электроснабжения буровой установки

1.1 Краткая характеристика буровой установки

Буровая установка БУ «Уралмаш 3Д–86» с дизельным приводом основных механизмов изображена на рисунке 1. Она выполняется с допустимой нагрузкой на крюке 3200 кН и предназначена для бурения скважин на нефть и газ с условной глубиной бурения 5000 м в макроклиматических условиях с умеренным климатом по ГОСТ 15150-69 (-45С...+40С) на месторождениях с содержанием сероводорода менее 6%.

Всё электрооборудование буровой установки выполнено во взрывозащищённом исполнении с маркировкой 1Exd.



Рисунок 1 – Уралмаш 3Д–86

Буровая установка «Уралмаш 3Д–86» модульного типа, состоит из перечисленных ниже элементов:

- вышечный блок,
- роторная площадка,
- лебёдочный блок,

- приводной блок,
- силовой блок,
- блок очистки,
- ёмкостной блок,
- насосный блок,
- компрессорный модуль,
- дизельные электростанции,
- низковольтное комплектное устройство.

Важнейший элемент буровой – низковольтное комплектное устройство (НКУ). НКУ предназначено для распределения электроэнергии на напряжение 400В и управления механизмами с электрическими приводами циркуляционной системы и другими механизмами буровой установки «Уралмаш 3Д-86».

Для плавного пуска мощных двигателей от скачков напряжения на буровой установке применяется устройство плавного пуска (УПП). В данный момент в НКУ установлены два устройства плавного пуска швейцарско-шведской фирмы АВВ PST142-600-70, которые зарекомендовали себя с положительной стороны. Основными достоинствами УПП являются мягкий запуск механизмов, электронная система защиты от перегрузки и удобство управления и регулировки. Пусковой ток электродвигателя больше номинального в 5-7 раз, как известно, отрицательно влияет на качество электрической энергии и на электрических потребителей, получающих питание по одной электрической системе. Устройство плавного пуска запускает до четырёх электродвигателей по очереди, в зависимости от последовательности поступивших сигналов на запуск.

На роторной площадке буровой установки часто применяется электрическая лебёдка компании «Уралмаш Нефтегазовое Оборудование Холдинг», марки ЛВ-50 АТ. Лебёдка вспомогательная предназначена для подъёма и спуска инструмента и груза с приёмных мостков на роторную

площадку буровой, и перемещение различных грузов по буровой площадке. Управление двигателем вспомогательной лебёдки осуществляется по системе «частотный преобразователь с широтно-импульсной модуляцией – асинхронный двигатель».

1.2 Ожидаемые электрические нагрузки буровой установки

Электроснабжение буровой установки 3Д–86 осуществляется от двух дизельных электростанций мощностью 315 кВт, напряжением 400В. Система электроснабжения выполнена с глухо-заземлённой нейтралью. В составе электроснабжения буровой установки имеется также аварийная дизельная электростанция мощностью 400 кВт.

Напряжение 400/230В от дизельных электростанций (ДЭС) ДЭС1 и ДЭС2 мощностью 315 кВт через генераторные автоматические выключатели, установленные в контейнерах дизельных электростанций, и автоматические выключатели *QF1* и *QF2*, установленные в НКУ в шкафу ввода напряжения в контейнер, подаётся на общие шины 400/230 В.

Дизельные электростанции оборудуются блоками синхронизации для обеспечения при необходимости параллельной работы двух и более электростанций.

В НКУ на вводе 400В установлены приборы, показывающие действующее значение напряжения, частоту и токов во все фазах.

Напряжение 400/230В от общих шин через автоматические выключатели подаётся в шкафы распределения электрической энергии и в шкафы управления вспомогательными механизмами буровой установки:

- шкаф управления электроприводами механизмов циркуляционной системы шкафы ШЩС, с двумя устройствами плавного пуска для пуска двигателей мощностью от 30 до 75 кВт, с микропроцессорным контроллером, источником бесперебойного питания и другими электрическими аппаратами управление двигателями механизмов системы;

- шкафы управления приводом вспомогательной лебёдки с преобразователем частоты;
- шкаф питания собственных нужд контейнера НКУ;
- электрооборудование системы освещения буровой установки.

Состав потребителей, питание и управление которыми производится из НКУ, приведён в схеме принципиальной системы электроснабжения буровой установки чертежи 1-6 и в приложении А. На рисунке 2 представлена схема электрическая однолинейная силовых цепей.

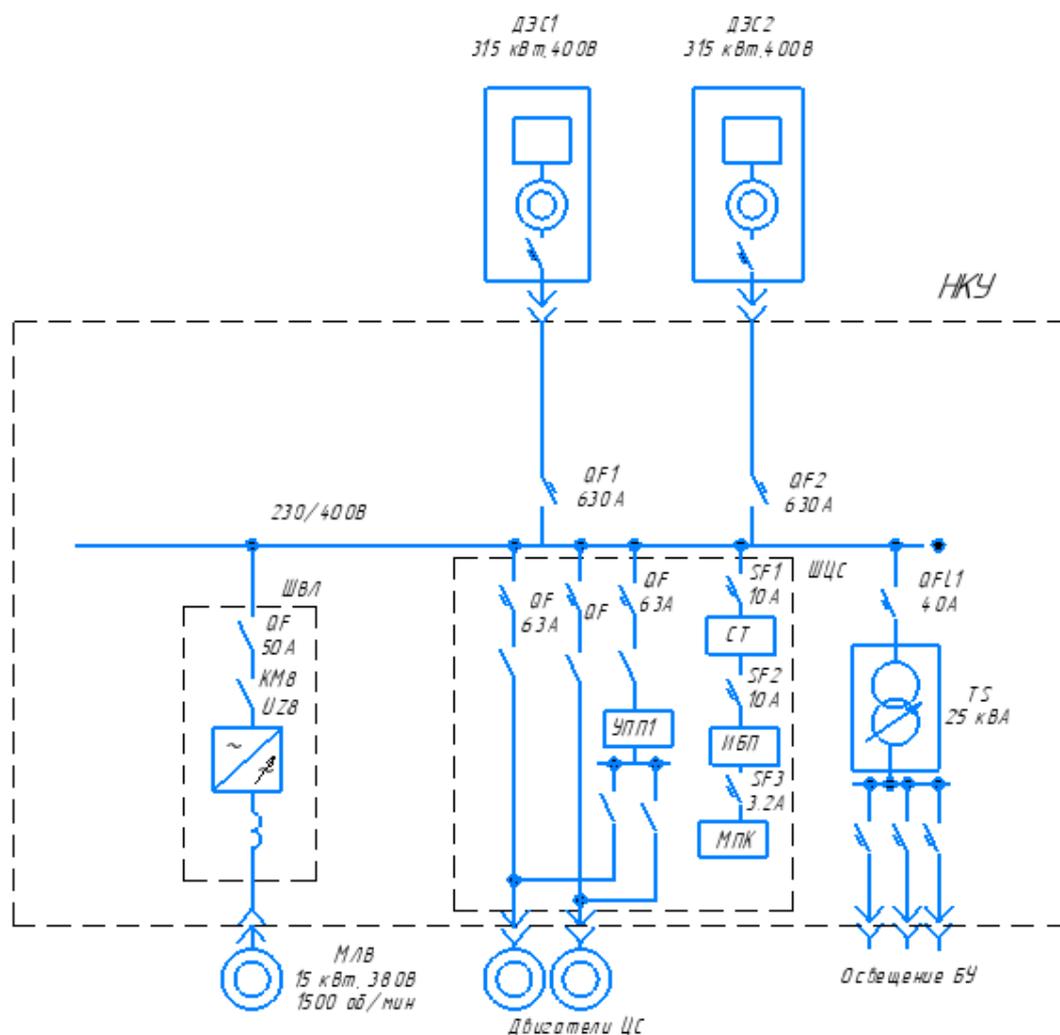


Рисунок 2 – Однолинейная схема электрической сети

Для аварийного отключения электропитания используются автоматические выключатели $QF1$ и $QF2$ с минимальными расцепителями. Схема изображена на рисунке 3.

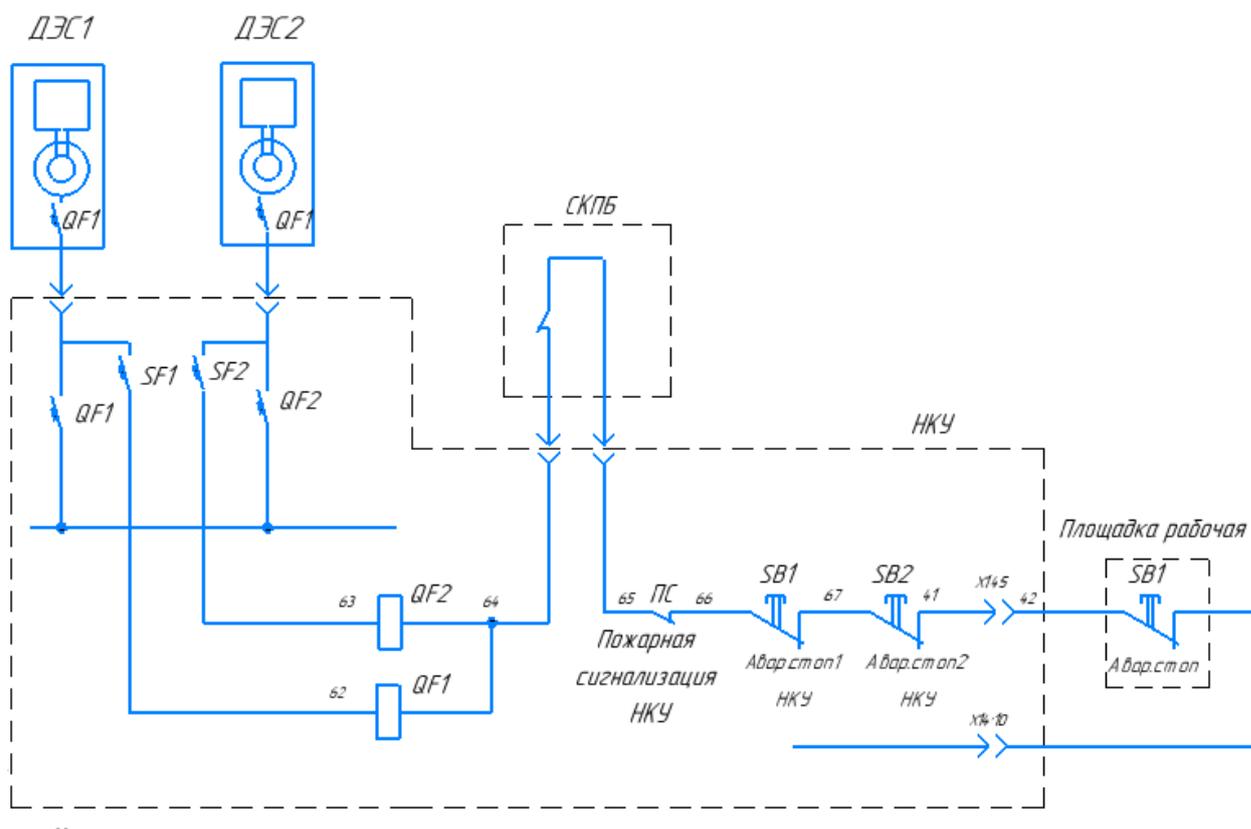


Рисунок 3 – Схема аварийного отключения питания

В цепь питания катушек минимальных расцепителей выключателей $QF1$ и $QF2$ последовательно включены:

- контакт датчика 50% НКПР загазованности (из системы СКПБ),
- контакты датчиков пожарной сигнализации,
- кнопки «Аварийный стоп» расположенные в НКУ (2 шт),
- кнопка «Аварийный стоп» на посту бурильщика.

Очевидно, что в данной работе, как минимум, нужно решить такие задачи, как расчёт электрических нагрузок, произвести выбор коммутационной аппаратуры и проводников. Подобрать светодиодные светильники взамен демонтируемых.

Выводы по разделу 1:

Анализ установленного электрооборудования показал, что питание буровой установки осуществляется от трех источников: двух основных дизельных электростанций и одной аварийной дизельной электростанции.

Распределение электроэнергии осуществляется посредством НКУ.

Перспективы по энергосбережению и повышению надежности системы электроснабжения буровой установки связаны с заменой коммутационных аппаратов и осветительных приборов.

При замене электроприборов необходимо учесть, что они должны быть взрывозащищенного исполнения.

Для реализации запланированной реконструкции в рамках ВКР необходимо будет решить следующие основные задачи:

- осуществить расчёт электрических нагрузок буровой установки;
- произвести выбор коммутационной аппаратуры и проводников;
- сделать выбор светодиодных светильников вместо установленных ранее энергозатратных ламп;
- разработать мероприятия по безопасной эксплуатации электрооборудования на буровой установке.

2 Расчет электрических нагрузок, выбор и проверка электрооборудования буровой установки

2.1 Расчет нагрузок без учета освещения

Приведем мощность электродвигателя перемешивателя к длительному режиму по формуле (1):

$$P_n = P_{насп} \cdot ПВ = 5,5 \cdot 0,8 = 4,4 \text{ кВт}, \quad (1)$$

где $P_{насп}$ – мощность электроприёмника по паспорту,

ПВ – продолжительность включения электроприёмника.

Рассчитаем нагрузку па примере консольно-поворотного крана.

Найдём суммарную мощность по формуле (2):

$$P_{н\Sigma} = P_n \cdot n = 2,25 \cdot 1 = 2,25 \text{ кВт}. \quad (2)$$

где P_n – номинальная мощность ЭП,

n – количество ЭП.

Определим активную среднесменную мощность по формуле (3):

$$P_{см} = P_{н\Sigma} \cdot K_{и} = 2,25 \cdot 0,2 = 0,45 \text{ кВт}. \quad (3)$$

где $K_{и}$ – коэффициент использования.

Нагрузки оставшихся электроприводов (ЭП) рассчитаем по такому же принципу. Полученные данные занесем в приложение Б.

Рассчитаем групповой коэффициент использования по формуле (4):

$$K_{игр} = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{н\Sigma}} = \frac{268,02}{1185,4} = 0,22\% \quad (4)$$

Определим полный расчетный ток по формуле (5):

$$I_p = \frac{\sum P_{CM}}{\sqrt{3} \cdot U_H} = \frac{268,02}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 407,2 \text{ А.} \quad (5)$$

Расчётный ток асинхронного двигателя определяется по формуле (6):

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} \cdot U_H \cdot \cos\varphi \cdot \eta} \quad (6)$$

Рассчитаем ток электродвигателя перемешивателя по (6):

$$I_H = \frac{5,5}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,8 \cdot 0,8} = 13 \text{ А,}$$

где $\cos\varphi$ – коэффициент мощности потребителя,

η – коэффициент полезного действия.

Ток оставшихся электроприёмников (ЭП) рассчитаем по такому же принципу. Расчётные данные занесем в приложение А.

2.2 Расчет осветительной нагрузки и выбор светильников

Система освещения на буровой установке предназначена для обеспечения освещённости рабочих помещений и окружающей территории уровнем, не ниже предусмотренного Правилами безопасности в нефтяной и газовой промышленности. Нормы минимальной освещённости приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Нормы освещённости

№ п\п	Помещение или зона буровой установки	Норма освещённости, Лк
1	Рабочая площадка	50
2	Стол ротора	100
3	Путь движения талевого блока	30

Продолжение таблицы 1

4	Буровая лебёдка	75
5	Насосный блок	75
6	Циркуляционная система	
6.1	Блок очистки, приготовления и первый этаж модуля обслуживания	75
6.2	Ёмкостные модули	75
6.3	Лестницы	10
6.4	Желобная система (растворопровод)	75
7	Приёмный мост, стеллажи	10
8	Превенторы	75
9	Лестничные марши, площадки, сходы с рабочей площадки	10

Для питания системы освещения в контейнере НКУ предусмотрена панель освещения, в состав которой входят:

- автоматические выключатели *QFL*,
- стабилизатор напряжения *TS1*, 25 кВт, 380В,
- источник бесперебойного питания *UPS1*,
- источник постоянного тока *PS1* напряжением 12...20В.

Трёхфазное напряжение 400В от общих шин НКУ через автоматический выключатель *QFL* 40А подаётся на вход стабилизатора напряжения *TS1*, на выход которого включены несколько автоматических выключателей. Один из них подаёт напряжение на щит освещения ЩО, установленный в приводном блоке. От щита освещения ЩО через автоматические выключатели напряжение непосредственно подаётся на светильники различных блоков буровой установки. Для аварийного и эвакуационного освещения служит источник бесперебойного питания *UPS1* и источник постоянного тока *PS1*. С выхода источника бесперебойного

питания *UPS1* питание напряжением 220В получают светильники аварийного и эвакуационного освещения приводного и насосного блоков и источник постоянного тока, от выходного напряжения которого 12...20В получают питание светильники взрывоопасной зоны буровой площадки и под роторного пространства.

На буровой установке «Уралмаш 3Д – 86» Хандинского лицензионного участка планируется замена осветительной арматуры на более экономичную и современную.

Выберем светодиодные светильники и прожекторы, относящиеся к взрывобезопасному исполнению. Освещение на базе светодиодов характеризуется следующими преимуществами:

- экономия электроэнергии,
- долговечность,
- сохранение светового потока при значительном понижении питающего напряжения.

Подбираем светодиодные светильники на штатные места в замен демонтируемых, не теряя количества и качества освещённости (Лк) по буровой установке. В ёмкостном блоке установлены взрывозащищённые светильники модели РСП38М-250 применяются в нефтяной и газовой промышленности и где не исключено появление взрывоопасной среды. Применяются в светильнике лампы типа ДРЛ, мощностью 250Вт, $\cos\phi$ 0.85, КПД 76% и световым потоком 13000 Лм. Светоизлучение светильника косинусное. В нашем случае искусственная освещённость идёт без учёта естественной освещённости, потому что в помещениях буровой установки работы ведутся круглосуточно, в тёмное время суток.

Как правило, типовая задача светотехнических расчётов, связана с определением мощности светильников, когда известна минимальная освещённость, количество светильников и их расположение в помещении. Исходными данными являются геометрические характеристики помещения и отражающая способность помещений по буровой установке. Базовые

расчёты производятся по формуле (7). При расчётах освещения будем пользоваться методом коэффициента использования светового потока. Единицей светового потока является люмен (Лм), который равен произведению освещённости на поверхности на площадь этой поверхности. Световой поток источника света распространяет свет во все стороны, та часть света, которая падает на нужную поверхность, является коэффициентом использования светового потока и обозначается буквой η . В данном методе произведём вычисление коэффициента η . Опираясь на него, проведём расчёт светового потока.

Подберём и рассчитаем светильники для освещения помещения ёмкостных модулей размером 10 м на 7,6 м.

Расчёт светового потока производится по формуле (7):

$$\Phi = \frac{E_{min} \cdot k \cdot S \cdot Z}{N \cdot n \cdot \eta}, \quad (7)$$

где E_{min} – минимально допустимая освещённость помещения,

k – коэффициент запаса,

S – площадь освещаемой поверхности,

Z – коэффициент неравномерности освещения,

N – количество светильников,

n – количество ламп в светильнике.

Коэффициент запаса зависит от типа используемого освещения. Для светодиода коэффициент запаса равен $k = 1,1$ %. В ёмкостном блоке светильники располагаются в два ряда. При этом создается неравномерное освещение. Площадь поверхности, на которой ведём расчёт, равна 76 кв. м.

Нужно рассчитать коэффициент неравномерности освещения по формуле (8):

$$Z = \frac{L}{h}, \quad (8)$$

где L – расстояние между светильниками,

h – высота расчётной плоскости.

Рассчитаем коэффициент неравномерности освещения по (8)

$$Z = \frac{3}{2} = 1,5 \text{ \%}.$$

Высота расчётной плоскости рассчитывается по формуле (9):

$$h = H - h_{\text{св}} - h_{\text{р}}, \quad (9)$$

где H – высота помещения,

$h_{\text{св}}$ – расстояние между потолком и низом светильника,

$h_{\text{р}}$ – расстояние от пола до освещённой поверхности.

Рассчитаем высоту расчётной плоскости по (9):

$$h = 5 - 2,5 - 0,5 = 2 \text{ м}.$$

Нужно произвести расчёт индекса помещения по формуле (10):

$$i = \frac{S}{h^2 (a+b)}, \quad (10)$$

где S – площадь помещения,

h – расчётная высота,

a, b – длина и ширина помещения.

Рассчитаем индекс помещения по (10):

$$i = \frac{76}{2,5 \cdot (10 + 7,6)} = 1,72.$$

Коэффициент отражения в помещениях буровой установки определяем по справочным материалам. В данном помещении он соответствует следующим значениям:

- потолок 50%,
- стены 50%,
- полы 10%.

Найдём по таблице 2 (это – справочный материал) коэффициент использования светового потока, основываясь на данных индекса помещения и коэффициента отражения.

Таблица 2 – Светильники светодиодные серии ДСП

i \ ρ	80	80	70	50	50	30	0
	80	50	50	50	30	30	0
	30	30	20	10	10	10	0
0,4	0,31	0,12	0,12	0,12	0,08	0,08	0,04
0,6	0,53	0,27	0,25	0,25	0,18	0,18	0,12
0,8	0,67	0,41	0,40	0,38	0,32	0,30	0,24
1	0,77	0,51	0,49	0,46	0,40	0,38	0,32
1,25	0,86	0,60	0,57	0,53	0,46	0,45	0,39
1,5	0,91	0,69	0,65	0,59	0,52	0,52	0,45
2	0,95	0,74	0,69	0,64	0,59	0,57	0,50
2,5	1,03	0,84	0,77	0,73	0,67	0,64	0,59
3	1,06	0,91	0,82	0,75	0,71	0,70	0,63
4	1,09	0,95	0,85	0,79	0,75	0,73	0,67
5	1,13	1,01	0,91	0,83	0,78	0,76	0,73

$$h = 0,59\%.$$

Рассчитаем световой поток по (7):

$$\Phi = \frac{75 \cdot 1,1 \cdot 76 \cdot 1,5}{8 \cdot 1 \cdot 0,59} = 1992 \text{ Лм.} \quad (7)$$

Подбираем по схожей конструкции и параметрам в ёмкостной блок светильник ДСП М30. Его световой поток равен 3600 Лм. Он нам подходит с запасом. Требуемая освещённость этими светильниками в производственном помещении достигнута.

Подберём и рассчитаем светильник для освещения пространства стола ротора размером 2 м на 2 м, и освещённостью 100 Лм. Поверхность стола ротора освещается одним светильником, поэтому берём минимальный коэффициент неравномерности освещения $Z = 1,1\%$.

Рассчитаем индекс помещения по (10):

$$i = \frac{4}{2,5 \cdot (2 + 2)} = 0,4.$$

Коэффициент отражения у ротора стола буровой установки вычислим по справочным материалам, он соответствует:

- потолок 70%,
- стены 50%,
- полы 20%.

По таблице 2, найдём коэффициент использования светового потока основываясь на данных индекса помещения и коэффициента отражения.

$$h = 0,12\%.$$

Рассчитываем световой поток по (7):

$$\Phi = \frac{100 \cdot 1,1 \cdot 4 \cdot 1,1}{1 \cdot 1 \cdot 0,12} = 4840 \text{ Лм.}$$

Подбираем по схожей конструкции и параметрам освещения стола ротора светильник СКУ 38-060. Его световой поток равен 7200 Лм. Он нам подходит с запасом. Требуемая освещённость этим светильником достигнута.

Подберём и рассчитаем светильники для освещения пространства рабочей площадки размером 11 м на 11 м с освещённостью 50 Лм. Поверхность рабочей площадки освещается восьмью светильниками на высоте 5 м и самое большое расстояние между светильниками 7 м. Расположены светильники по периметру площадки, поэтому они образуют не равномерное освещение.

Рассчитаем коэффициент неравномерности освещения по (8)

$$Z = \frac{7}{4,5} = 1,5 \%$$

Рассчитаем высоту расчётной плоскости по (9):

$$h = 10 - 5 - 0,5 = 4,5 \text{ м.}$$

Рассчитаем индекс помещения по (10):

$$i = \frac{121}{5 \cdot (11 + 11)} = 1,1.$$

Коэффициент отражения на рабочей площадке буровой установки вычислим по справочным материалам, он соответствует:

- потолок 70%,
- стены 50%,
- полы 20%.

По таблице 2, найдём коэффициент использования светового потока, основываясь на данных индекса помещения и коэффициента отражения.

$$h = 0,49\%.$$

Рассчитываем световой поток по (7):

$$\Phi = \frac{50 \cdot 1,1 \cdot 121 \cdot 1,1}{8 \cdot 1 \cdot 0,49} = 1867 \text{ Лм.}$$

Подбираем по схожей конструкции и параметрам светильник ДСП М30. Его световой поток равен 3600 Лм. Он нам подходит с запасом. Требуемая освещённость этими светильниками на рабочей площадке достигнута.

Подберём и рассчитаем светильники для освещения помещения приводного блока размером 11 м на 9 м с освещённостью 75 Лм. Поверхность приводного блока освещается тремя светильниками на высоте 3 м, расстояние между светильниками 3 м. Расположены светильники в ряд, посередине помещения, образуя неравномерное освещение.

Рассчитаем коэффициент неравномерности освещения по (8)

$$Z = \frac{3}{2,5} = 1,2 \text{ \%}.$$

Рассчитаем высоту расчётной плоскости по (9):

$$h = 6 - 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Рассчитаем индекс помещения по (10):

$$i = \frac{99}{3 \cdot (11 + 9)} = 1,65.$$

Коэффициент отражения в приводном блоке буровой установки вычислим по справочным материалам, он соответствует:

- потолок 50%,
- стены 50%,
- полы 10%.

По таблице 2, найдём коэффициент использования светового потока основываясь на данных индекса помещения и коэффициента отражения.

$$h = 0,59\%.$$

Рассчитываем световой поток по (7):

$$\Phi = \frac{75 \cdot 1,1 \cdot 99 \cdot 1,2}{3 \cdot 1 \cdot 0,59} = 5537 \text{ Лм.}$$

Подбираем по схожей конструкции и параметрам светильник СКУ 38-060. Его световой поток равен 7200 Лм. Он нам подходит с запасом. Требуемая освещённость этими светильниками в приводном блоке достигнута.

Подберём и рассчитаем светильники для освещения помещения насосного блока размером 12 м на 12 м, и освещённостью 75 Лм. Поверхность освещается шестью светильниками на высоте 3 м. Расстояние между светильниками 3,5 м. Расположены светильники в два ряда, образуя неравномерное освещение.

Рассчитаем коэффициент неравномерности освещения по (8)

$$Z = \frac{3,5}{2,7} = 1,29 \%$$

Рассчитаем высоту расчётной плоскости по (9):

$$h = 6 - 3 - 0,3 = 2,7 \text{ м.}$$

Рассчитаем индекс помещения по (10):

$$i = \frac{144}{3 \cdot (12 + 12)} = 2.$$

Коэффициент отражения в насосном блоке буровой установки вычислим по справочным материалам. Он соответствует:

- потолок 50%,
- стены 50%,
- полы 10%.

По таблице 2, найдём коэффициент использования светового потока, основываясь на данных индекса помещения и коэффициента отражения:

$$h = 0,64\%.$$

Рассчитываем световой поток по (7):

$$\Phi = \frac{75 \cdot 1,1 \cdot 144 \cdot 1,29}{6 \cdot 1 \cdot 0,64} = 3990 \text{ Лм.}$$

Подбираем по схожей конструкции и параметрам светильник СКУ 38-040. Его световой поток равен 4800 Лм. Он нам подходит с запасом. Требуемая освещённость этими светильниками в насосном блоке достигнута.

Подберём и рассчитаем светильники для освещения помещения модуля грубой очистки размером 11,3 м на 6,13 м, и с освещённостью 75 Лм. Поверхность рабочей площадки освещается тремя светильниками на высоте 3 м. Расстояние между светильниками 3 м. Расположены светильники по центру, в один ряд, образуя неравномерное освещение.

Рассчитаем коэффициент неравномерности освещения по (8)

$$Z = \frac{3}{2,5} = 1,2 \%$$

Рассчитаем высоту расчётной плоскости по (9):

$$h = 5 - 3 - 0,5 = 2,5 \text{ м.}$$

Рассчитаем индекс помещения по (10):

$$i = \frac{69,269}{3 \cdot (11,3 + 6,13)} = 1,3.$$

Коэффициент отражения в модуле грубой очистки буровой установки вычислим по справочным материалам, он соответствует:

- потолок 50%,
- стены 50%,
- полы 10%.

По таблице 2, найдём коэффициент использования светового потока основываясь на данных индекса помещения и коэффициента отражения:

$$h = 0,53\%.$$

Рассчитываем световой поток по (7):

$$\Phi = \frac{75 \cdot 1,1 \cdot 69,269 \cdot 1,2}{3 \cdot 1 \cdot 0,53} = 4312 \text{ Лм.}$$

Подбираем по схожей конструкции и параметрам светильник СКУ 38-040. Его световой поток равен 4800 Лм. Он нам подходит с запасом. Требуемая освещённость этими светильниками в модуле грубой очистке достигнута.

Расчет освещенности выбор светильников подробно описан для основных помещений. Для оставшихся дополнительных и вспомогательных помещений выполним аналогичный расчет, полученные данные занесем в таблицу 3.

Таблица 3 – Результаты расчета освещения

№	Наименование помещения	Активная мощность P , Вт
1	Рабочая площадка	240

Продолжение таблицы 3

2	Стол ротора	60
3	Приводной блок	180
4	Буровая лебёдка	120
5	Насосный блок	240
6	Модуль грубой очистки	120
7	Ёмкостные модули	240
8	Приёмный мост, стеллажи	400
9	Рама подкранблочная	240
10	Компрессорный модуль	80
11	Уличное освещение	1500
12	Высечный блок	180
13	Палата верхового помбура	60
14	Палата нижнего помбура	50
	итого	3710

Рассчитаем полный нагрузочный ток для освещения буровой установки по формуле (11):

$$I_p = \frac{\sum P_p}{U_n \cdot \cos\varphi} = \frac{3710}{220 \cdot 0,98} = 17,2 \text{ А.} \quad (11)$$

где $\sum P_p$ – суммарная мощность всех светильников.

Результаты расчётов по освещению внесём в приложение Б.

2.3 Расчёт ожидаемых электрических нагрузок по буровой установке с учетом освещения

Определим расчетную активную мощность по формуле (12):

$$P_{p\Sigma} = P_p + P_{осв} = 268,02 + 3,71 = 271,73 \text{ кВт.} \quad (12)$$

Определим расчетный ток (13):

$$I_{p\Sigma} = I_p + I_{осв} = 407,2 + 17,2 = 424,4 \text{ А.} \quad (13)$$

Расчётные данные занесем в приложение Б.

2.4 Выбор дизельных электростанций

На буровой установке «Уралмаш» 3Д – 86 применяется система трехфазного переменного напряжения, равного 380В. Это напряжение является приемлемым для все трёхфазных и однофазных электроприёмников, питающихся от дизельной электростанции (ДЭС).

Выбор ДЭС, питающих электрической энергией буровую установку, зависит от нагрузки всех электрических потребителей.

Питание буровой установки относится к первой категории надёжности. В нашем случае рассматриваются две ДЭС. У дизельных электростанций рабочий диапазон по нагрузке должен быть в пределах 85% от номинальной мощности электростанции. Выберем станции с мощностью 315 кВт. Расчётная нагрузка по буровой установке составляет 271,73 кВт, в процентном отношении 86%, что удовлетворяет нашим требованиям.

Электроснабжение буровой установки 3Д – 86 будет осуществляться от двух дизельных электростанций мощностью 315 кВт. Технические характеристики дизельной электростанции приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Характеристики дизельной электростанции

Наименование параметра	Значение параметра
1. Мощность на выходе генератора, кВт: – поминальная (длительная), – максимальная в течение часа, кВт.	315 350
2. Номинальное напряжение, В	400
3. Номинальная частота, Гц	50
4. Номинальный коэффициент мощности ($\cos \varphi$)	0.8
5. Режим нейтрали	Глухозаземлённая
6. Показатели качества электрической энергии	
6.1 Установившееся отклонение напряжения при неизменной симметричной нагрузке, %, не более	± 1
6.2 Переходное отклонение напряжения, % не более: – При сбросе 100% симметричной нагрузки, – При набросе 100% симметричной нагрузки.	± 20 -7
6.3 Время восстановления напряжения при сбросе 100% симметричной нагрузки, с	2
6.4 Переходное отклонение частоты, % не более: – При сбросе 100% симметричной нагрузки, – При набросе 100% симметричной нагрузки.	+10 -7
6.5 Время восстановления частоты при сбросе-набросе 100% Симметричной нагрузки, с	3
6.6 Установившееся отклонение частоты при неизменной симметричной нагрузке, % не более	0,5
6.7 Установившееся отклонение частоты при изменённой симметричной нагрузке, % не более	2

2.5 Выбор и проверка электрооборудования внутреннего электроснабжения буровой установки

Выбрать предстоит электрооборудование для схемы электроснабжения буровой установки БУ Уралмаш 3Д-86 по расчётному току, представленному в приложениях А и Б.

Существующая схема электроснабжения спроектирована так, что каждый электроприёмник (ЭП) напрямую запитан от низковольтного комплектного устройства (НКУ).

Питание НКУ происходит непосредственно от двух дизельных электростанций. Расстояние между ними равно 50 м. На таком расстоянии целесообразно провести воздушную линию. В целях экономии средств возьмём защищённый алюминиевый проводник на базе СИП – 2А. В этом проводе используется изоляция из сшитого полиэтилена. Она на порядок выше держит допустимую температуру по сравнению с изоляцией из термопластичного полиэтилена. СИП – 2А с изоляцией из сшитого полиэтилена в 1,3 раза имеет больше пропускную способность по сравнению с тем же проводом с изоляцией термопластичного полиэтилена. Выбор производим на основе сравнения технико-экономических показателей по таблицам 5 и 6. В таблице 6 в скобках приведён данные провода с изоляцией из сшитого полиэтилена.

Таблица 5 – Характеристики изолированных проводов

Режим эксплуатации	Допустимые температуры, °С, для проводов	
	СИП-1, СИП-1А, СИП-4 (термопластичный полиэтилен)	СИП-2, СИП-2А, СИП-3 ПЗВ (сшитый полиэтилен)
Нормальный режим	70	90
Режим перегрузки	80	130
Короткое замыкание Длительностью до 5 с	135	250

Таблица 6 – Параметры СИП – 2А

Количество жил и их сечение, мм ²	Омическое сопротивление фазной жилы, Ом/км	Омическое сопротивление несущей жилы, Ом/км	Допустимо длительный ток фазной жилы $I_{доп}$, А	Односекундный ток термической стойкости фазной жилы $I_{к1с}$, кА
3×50+1×70	0,64	0,49	140 (195)	3,2 (4,6)
3×70+1×70	0,44	0,49	180 (240)	4,5 (6,5)
3×95+1×70	0,32	0,49	220 (300)	5,2 (6,9)
3×95+1×95	0,32	0,36	220 (300)	5,2 (6,9)
3×120+1×95	0,25	0,36	250 (340)	5,9 (7,2)

По номинальному току, показанному в приложении А, нагреву и экономической плотности тока выберем сечение кабеля и коммутационные аппараты.

Ниже представлены результаты выбора электрооборудования буровой установки.

1) ДЭС: «Cummins» 315 кВт,

$$I_{п} = 424,4 \text{ А} \leq I_{н.р.} = 800 \text{ А},$$

Выбираем автоматический выключатель *ABB NS800 N*.

2) От ДЭС до НКУ:

$$I_{н} = 424,4 \text{ А} \leq I_{н.р.} = 630 \text{ А},$$

Выбираем автоматический выключатель *ВА 51*.

Выбираем питающий провод СИП – 2А. $2 \times (3 \times 70 + 1 \times 70)$.

3) От НКУ до электродвигателя перемешивателя:

$$I_{н} = 13 \text{ А} \leq I_{н.р.} = 16 \text{ А},$$

Выбираем автоматический выключатель *ВА 47*.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 2,5 + 1 \times 1,5$.

4) От НКУ до электродвигателя вентилятора крышного:

$$I_{н} = 1 \text{ А} \leq I_{н.р.} = 2 \text{ А},$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КВВБГ $4 \times 1,5$.

5) От НКУ до электродвигателя шламового насоса:

$$I_n = 115,7 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 160 \text{ A.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 35 + 1 \times 35$.

6) От НКУ до электродвигателя вспомогательной лебёдки:

$$I_n = 31 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 40 \text{ A.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 6 + 1 \times 4$.

7) От НКУ до электродвигателя насоса воронки:

$$I_n = 157,9 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 200 \text{ A.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 50 + 1 \times 16$.

8) От НКУ до электродвигателя вибросита Derrick *FLC* 503:

$$I_n = 9 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 16 \text{ A.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 2,5 + 1 \times 1,5$.

9) От НКУ до электродвигателя дегазатора *ACD-1500*:

$$I_n = 52,6 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 60 \text{ A.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 10 + 1 \times 6$.

10) От НКУ до электродвигателя насоса винтового:

$$I_n = 17 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 25 \text{ A.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 2,5 + 1 \times 1,5$.

11) От НКУ до электродвигателя тали электрической:

$$I_n = 7,5 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 16 \text{ A.}$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 2,5 + 1 \times 1,5$.

- 12) От НКУ до электродвигателя центрифуги:

$$I_n = 77,8 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 100 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 25 + 1 \times 10$.

- 13) От НКУ до электродвигателя агрегата воздушно - отопительного:

$$I_n = 0,6 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 2 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 1,5 + 1 \times 1,5$.

- 14) От НКУ до электродвигателя компрессора низкого давления:

$$I_n = 115,7 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 160 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 50 + 1 \times 16$.

- 15) От НКУ до электродвигателя маслосмазки ротора:

$$I_n = 5,2 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 10 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 1,5 + 1 \times 1,5$.

- 16) От НКУ до электродвигателя крана консольно - поворотного:

$$I_n = 5,3 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 10 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 1,5 + 1 \times 1,5$.

- 17) От НКУ до электродвигателя компрессора высокого давления:

$$I_n = 17 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 25 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 2,5 + 1 \times 1,5$.

- 18) От НКУ до электродвигателя водяного насоса:

$$I_n = 31,5 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 40 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 47.

Выбираем питающий кабель КГ – ХЛ $3 \times 6 + 1 \times 4$.

- 19) От НКУ до электродвигателя фрезерно – струйной мельницы:

$$I_n = 63,1 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 80 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель ВРБГ $3 \times 16 + 1 \times 10$.

20) От НКУ до электродвигателя глиномешалки:

$$I_n = 37,8 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 50 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель ВРБГ $3 \times 6 + 1 \times 4$.

21) От НКУ до щита освещения (ЩО):

$$I_n = 17,2 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 25 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель КГ - ХЛ $4 \times 2,5$.

22) От НКУ до РЩ жилого городка:

$$I_n = 100 \text{ A} \leq I_{н.р.} = 160 \text{ A}.$$

Выбираем автоматический выключатель ВА 57.

Выбираем питающий кабель КГ - ХЛ 4×25 .

За электрическими двигателями большой мощности нужен более качественный контроль со стороны защиты и обслуживающего персонала. Это электрооборудование на порядок дороже обходиться в обслуживании при поломках.

Для двигателей мощностью свыше 30 кВт выберем многофункциональную защиту, которая должна следить за параметрами электродвигателя во время пуска и в ходе его работы. Устройство защиты должно обладать:

- Надёжным, понятным и доступным в настройке,
- Иметь требуемый диапазон в настройках,
- Количество настроек, которые нас удовлетворяют,
- Стойким к резкому снижению или подъёму напряжения.

Рассмотрим устройство (реле) защиты двигателя УБЗ-302, основные характеристики приведены в таблице 7. Универсальный блок защиты предназначен для постоянного контролирования параметров электрических

двигателей по напряжению, действующим значениям линейных и фазных токов и проверке сопротивления изоляции.

Таблица 7 – Характеристики УБЗ-302

Наименование параметра	значение
Номинальное напряжение питания: трехфазное	380 В, 50 Гц
Частота сети, Гц	48-62
Диапазон номинальных токов (при работе от встроенных трансформаторов тока), А	5-63
Гистерезис по напряжению (фазное/линейное), В	10/17
Гистерезис по теплу, % от накопленного при отключении	33
Точность определения порога срабатывания по току, в процентах от номинального, не более	2
Точность определения порогов по напряжению, В, не хуже	3
Точность определения перекаса фаз по напряжению, В, не хуже	3
Напряжение, при котором сохраняется работоспособность: - фазное, при питании от одной фазы и подключенном нулевом проводе не менее, В -линейное, при питании от трех фаз не более, В	180 450
Основные выходы - реле нагрузки - две группы перекидных контактов для управления пускателем электро-двигателя – 8 А, 250 В при $\cos \varphi=1$; - функциональное реле - одна группа перекидных контактов - 16 А, 250 В при $\cos \varphi=1$ (назначение реле задается пользователем)	
Аналоговые входы - два аналоговых входа для подключения датчиков температуры (типы Pt100, Ni100, Ni120) - аналоговый вход для подключения датчика с выходом 0-10 В - аналоговый вход для подключения датчика с выходом 4 мА(0 мА) – 20 мА - три аналоговых входа для стандартных ТТ с выходом 5 А (тип Т-0.66 или аналогичный) -вход для подключения дифференциального токового трансформатора (трансформатора нулевой последовательности)	

Продолжение таблицы 7

Разрешение по температуре температурных датчиков, °С	1
Максимальный диаметр провода при использовании внутренних ТТ, мм	12
Потребляемая мощность (под нагрузкой), ВА, не более	5,0
Масса, кг, не более	0,5

В устройство входит регулировка параметров по:

- току от 0 до 630 А,
- максимальному и минимальному линейному напряжению,
- максимальной и минимальной токовых в фазах,
- замыканию на землю,
- току нулевой и обратной последовательности,
- тепловой перегрузке,
- перегреву обмоток,
- затянутому пуску,
- блокировке ротора,
- перекосу линейных напряжений,
- нарушение порядка чередования фаз,
- контроль исправности внешнего магнитного пускателя.

Устройство УБЗ-302 легко установить, схема подключения изображена на рисунке 4.

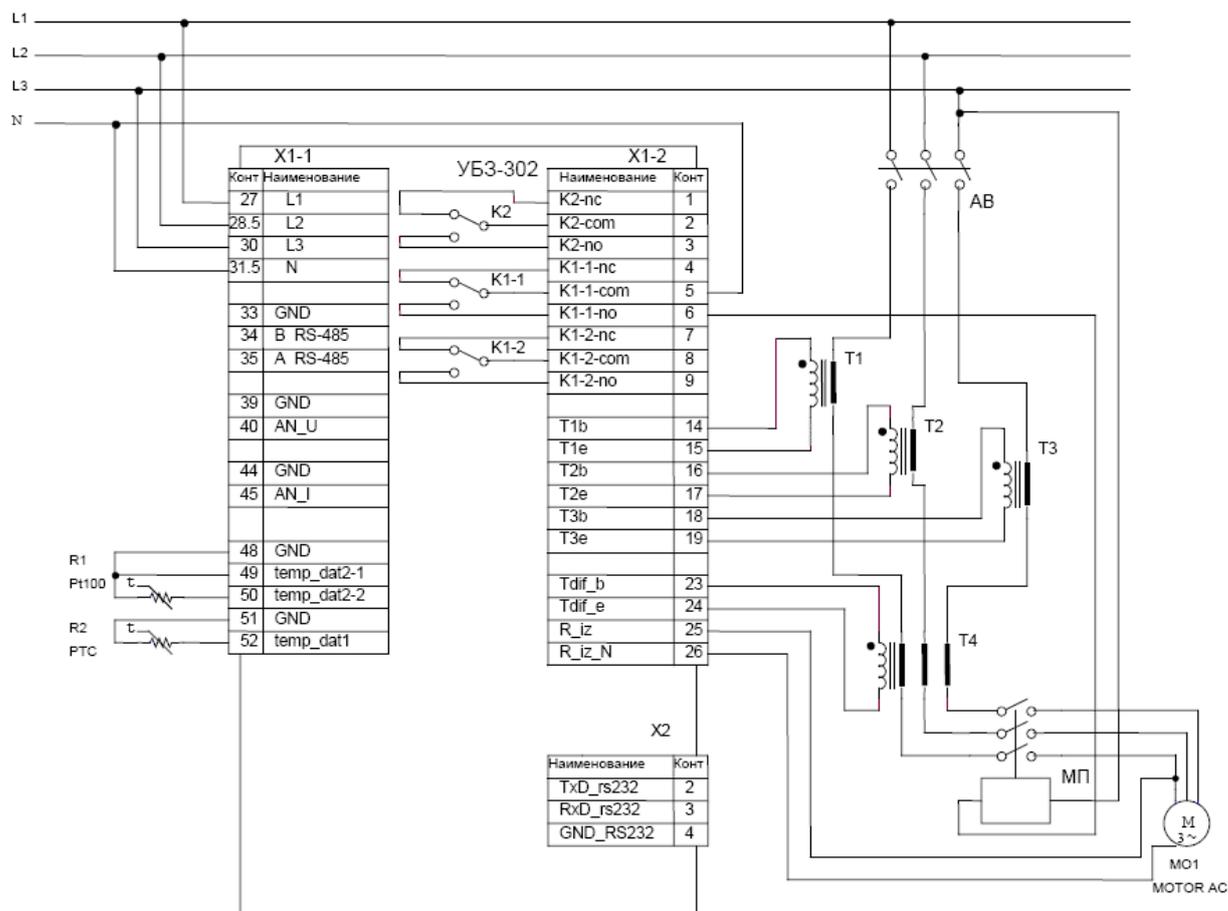


Рисунок 4 – Схема подключения УБЗ

По параметрам настроек мы видим, что устройство может защитить самый чувствительный в тонких настройках электродвигатель. Параметры электрических двигателей 30-75 кВт буровой установки, входят в диапазон настроек устройства.

Выводы по разделу 2:

Обоснованный выбор электрооборудования буровой установки зависит от точности расчётов электрических нагрузок.

Проведённые расчеты показали, что без учета освещения мощность, потребляемая электроприёмниками буровой установки, составляет $P_p = 268,02$ кВт.

С учётом сведений о мощности электропотребителей произведён выбор коммутационных аппаратов и рассчитаны сечения кабелей. Предложено использовать кабель марки КГ-ХЛ и автоматические выключатели марки *ABB* и *ВА* серии – 47, 51, 57. Это электрооборудование является актуальным, характеризуется надёжностью и долговечностью.

На основе расчета освещения принято решение использовать светильники марки ДСП М30 и СКУ 38-060, которые обладают более стабильным освещением по сравнению с лампами ДРЛ.

Выбранные светильники также дают возможность снизить затраты на энергопотребление буровой установки.

В рамках данного раздела определена общая нагрузка буровой установки, которая составляет $P_p = 271,73$ кВт. С учётом этой мощности в качестве источника электроэнергии приняты к установке дизельные электростанции (ДЭС) модели «Cummins», рассчитанные на мощность 315кВт. Дизельные электростанции этого модельного ряда обладают хорошими эксплуатационными характеристиками. Считаются надёжными и экономичными установками.

3 Разработка мероприятий по охране труда и технике безопасности

Мероприятия по охране труда, технике безопасности и противопожарной безопасности – это обязательная часть в организации работы любого предприятия. Они призваны создать безопасный труд каждому работнику (статья 209 ТК РФ).

Контроль за выполнение всех вышеперечисленных мероприятий становятся с каждым годом всё строже на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. Работы на буровых установках считаются опасными и требующими дополнительного обучения помимо основной профессии на предмет газонефтеводопроявлений (ГНВП). Наличие этого удостоверения обязательно для всех, находящихся на буровой установке.

К работе в качестве электромонтера по обслуживанию буровых установок допускаются лица, не моложе 18 лет, прошедшие медицинское освидетельствование и не имеющие противопоказаний по здоровью, прошедшие обучение в области промышленной безопасности в специализированных учебных центрах, комбинатах и других учебных учреждениях, имеющих разрешение (лицензии) органов Госнаadzора России, прошедшие стажировку на рабочем месте, прошедшие производственный инструктаж и при наличии удостоверения, дающего право допуска к соответствующим работам.

На должность электромонтера по обслуживанию буровых установок назначается лицо, имеющее среднее профессиональное образование соответствующего профиля, не имеющее противопоказаний по состоянию здоровья, имеющее допуск к самостоятельной работе и при наличии удостоверения, дающего право на производство работ по профессии и дополнительное обучение по курсу:

- электромонтер по обслуживанию буровой установки 5 разряда,

- контроль скважины. Управление скважиной при ГНВП (допуск А),
- стропальщик,
- вышкомонтажник,
- пожарно-технический минимум,
- оказание первой помощи,
- охрана труда при работе на высоте (1 группа),
- электробезопасность (3 группа до 1000В).

Электромонтёр по обслуживанию буровой установки 5 разряда должен пройти:

- вводный инструктаж,
- первичный инструктаж на рабочем месте,
- инструктаж по охране труда,
- обучение безопасным методам и приёмам выполнения работ,
- проверку знаний требований ОТ,
- обучение по оказанию первой медицинской помощи,
- обучение по пожарному минимуму,

Электромонтёр по обслуживанию буровой установки пятого разряда должен уметь:

- применять приёмы освобождения человека, находящегося под напряжением,
- оказывать первую до врачебной помощи пострадавшим от действия электрического тока и при других несчастных случаях,
- применять первичные средства пожаротушения,

В обязанности электромонтёра по обслуживанию буровой установки пятого разряда входит:

- иметь при себе удостоверение установленной формы на занимаемую должность,
- знать настоящую рабочую инструкцию,
- выполнять требования охраны труда,
- выполнять работы, предусмотренные рабочей инструкцией,
- соблюдать правила внутреннего трудового распорядка,
- применять средства индивидуальной защиты,
- сообщать не медленному непосредственному руководителю о ситуациях угрожающие жизни и здоровью людей.

Через каждые три месяца работы необходимо проходить повторный инструктаж по безопасному ведению работ, не реже одного раза в год проверку знаний.

Электромонтер по обслуживанию буровой установки пятого разряда должен иметь третью группу по электробезопасности в электроустановках до 1000 В.

Электромонтер по обслуживанию буровой установки пятого разряда обязан соблюдать трудовую и производственную дисциплину, не допускать самовольного выхода за территорию объекта, при обнаружении самовольного покидания объекта, территории кустовой площадки другими работниками информировать об этом непосредственного руководителя.

Электромонтер по обслуживанию буровой установки пятого разряда обязан проходить обязательное обучение для соответствия занимаемой профессии и выполнения своих должностных обязанностей.

Требования по охране труда и техники безопасности перед началом работы. При приеме вахты электромонтер по обслуживанию буровой установки пятого разряда обязан:

- ознакомиться с записями в оперативном журнале о работе и состоянии электрооборудования, проверить наличие индивидуальных

защитных средств, их соответствие правилам и наличие данных о сроках испытания,

- пользоваться неисправными, неиспытанными и с просроченными сроками испытания защитными средствами запрещается,
- проверить состояния электрооборудования, исправность приборов, приспособлений и инструмента,
- соблюдать требования распоряжений по организации «Об утверждении и введении по порядку приема и сдачи вахт персоналом».

Требования по охране труда и техники безопасности во время работы. Электромонтёр по обслуживанию буровой установки пятого разряда обязан руководствоваться перечнем работ, выполняемых в порядке текущей эксплуатации по распоряжению или нарядам, а также инструкциями по видам работ. Электромонтер по обслуживанию буровой установки 5 разряда обязан не менее одного раза в смену проводить обход обслуживаемого им электрохозяйства и внимательно осматривать электрооборудование с записью в оперативном журнале всех выполняемых им работ и результатов осмотров. Обо всех дефектах, нарушениях нормального режима работы, электромонтер обязан сообщить руководству ОГЭ с записью в журнал дефектов, а также сообщить буровому мастеру.

При работе в низковольтном комплектном устройстве электромонтеру по обслуживанию буровой установки пятого разряда:

- разрешается при единоличном осмотре открывать дверцы шкафов НКУ, не касаясь токоведущих частей открытой аппаратуры,
- токоведущие части электрооборудования, на котором будет производиться работа, а также и те, к которым при выполнении работ не исключена возможность прикосновения, должны быть предварительно отключены. Если доступные прикосновению токоведущие части ограждены изолирующими накладками, то их можно не отключать,
- запрещается выполнение каких-либо работ на токоведущих частях под напряжением.

Электромонтер по обслуживанию буровой установки пятого разряда при работе с электродвигателями должен:

- во время работы двигателя производить какие-либо работы по ремонту и устранению неполадок вращающихся частей и узлов не разрешается,

- при производстве каких-либо ремонтных работ без разборки деталей механической части электродвигателя или механизма, проводимого в движение электродвигателем, последний должен быть остановлен, а на ключе управления или приводе выключателя вывешен плакат «Не включать - работают люди!»),

- при отсоединении питающего кабеля от электродвигателя концы кабеля должны быть замкнуты накоротко и заземлены,

- неисправность заземляющего проводника необходимо устранять только при отключенном электрооборудовании, которое он заземляет,

- перед пуском агрегата необходимо осмотреть его электрическую часть, убедиться в готовности к включению, проверить наличие ограждений и предупредить обслуживающий персонал о предстоящем включении,

- при проведении работ на электродвигателях вспомогательной лебедки и в щите управления необходимо принять меры, исключающие возможности вращения двигателя со стороны лебедки, вследствие случайного включения коммутационных аппаратов.

Электромонтер по обслуживанию буровой установки пятого разряда при работе с воздушными линиями электропередач 0,4 кВ должен:

- в условиях неблагоприятной погоды осмотр воздушных линий электропередач должны выполнять два лица с группой по электробезопасности не ниже 2. В остальных случаях осмотр может делать одно лицо с группой не ниже 2. Обход и осмотр воздушных линий электропередач может производиться единолично без наряда по устному, телефонному распоряжению. Осмотр должен производиться с земли, без

подъема на опоры. При обходах следует всегда считать, что линия находится под напряжением. При обходах в ночное время следует идти всегда по краю трассы. В случае обнаружения оборванного провода лицо, производящее обход, должно принять меры для предупреждения возможного приближения к проводу людей,

- запрещается прикасаться к оборванному проводу линии электропередач, допускается только для оказания помощи пострадавшим.

При этом необходимо пользоваться защитными средствами,

- подниматься на опору и работать на ней разрешается только в тех случаях, когда имеется полная уверенность в достаточной прочности опоры.

Электромонтер по обслуживанию буровой установки пятого разряда при работе с силовыми и контрольными кабелями:

- осмотр кабельных трасс разрешается производить единолично лицам, имеющим группу по электробезопасности не ниже 2, без наряда по устному или телефонному распоряжению,

- осмотр кабелей, проложенных в кабельных каналах, и осмотр концевых муфт разрешается производить двум работникам, один из которых должен иметь группу по электробезопасности не ниже 4, а второй - не ниже 3, с оформлением наряда-допуска,

- перекладывать кабели и переносить муфты можно только после отключения кабеля,

- перед разрезанием кабеля или вскрытием соединительной муфты необходимо проверить отсутствие напряжения.

Требования по охране труда и технике безопасности в аварийной ситуации электромонтеру по обслуживанию буровой установки пятого разряда необходимо немедленно отключать электрооборудование от сети в следующих случаях:

- при появлении дыма или огня из электродвигателя или пусковой аппаратуры.

- при несчастном случае, требующем немедленной остановки электродвигателя.

- при вибрации, угрожающей целостности электродвигателя.

- в случае резкого снижения числа оборотов.

- при ненормальной работе технологического оборудования.

- при пожаре необходимо немедленно отключить электрооборудование и только после этого приступить к тушению пожара углекислотными огнетушителями или песком.

- применение пенных огнетушителей и воды не допускаются.

- запрещается сдача-приемка смены во время аварии и выполнения переключений.

- электромонтер, обслуживающий электроустановки на буровой установке, должен не реже 1 раза в год проходить инструктаж по способам оказания первой медицинской помощи, а также практическое обучение приемам освобождения от действий электрического тока, выполнения искусственного дыхания и наружного массажа сердца.

Требования по охране труда и техники безопасности для электромонтёра по окончании работ. Сдача смены при загрязненном оборудовании, неубранном рабочем месте и обслуживаемом участке, запрещается. После полного окончания работы рабочее место приводится в порядок. Необходимо убедиться, что на рабочем месте не оставлены какие-либо предметы или инструменты, после чего электрооборудование может быть включено в установленном порядке.

При эксплуатации НКУ электромонтер по обслуживанию буровой установки пятого разряда должен соблюдать требования ПУЭ, ПТЭЭП, и ПОТЭУ, а также требования стандартов системы безопасности труда.

Корпус НКУ снаружи должен иметь две точки заземления по диагонали. Около места заземления должен быть знак заземления.

В контейнере предусмотреть систему рабочего, аварийного и эвакуационного освещения на основе светодиодных светильников. Освещённость на панелях шкафов должна быть не ниже 150 люкс. Аварийное и эвакуационное освещение выполнить светильниками с аккумуляторными батареями.

Пожарную безопасность в НКУ обеспечить:

- наличием датчиков температуры и датчиков задымлённости, действующие на отключение электропитания контейнера и на включение световой и звуковой сигнализации НКУ,

- средствами пожаротушения, предназначенными для применения в электроустановках (не менее двух огнетушителей массой не менее 5 кг огнетушащего средства).

Сопротивление изоляции электрических цепей шкафов НКУ относительно корпуса и цепей, электрически не связанных между собой должно быть не менее 0,5 Мом.

3.1 Расчет контура заземления и молниезащиты БУ

На территории установки БУ, которая запитана от ДЭС, предусмотрено защитное заземление, которое обеспечит защиту персонала от опасного напряжения шага и напряжения прикосновений к металлическим частям оборудования, которые могут быть под напряжением вследствие повреждения изоляции.

В расчёте заземления не учитывают естественные заземлители. Следовательно, расчёт выполняется только для заземлений, выполняемых искусственно.

Искусственное ЗУ (заземляющее устройство) производится из полосовой стали в виде сетки горизонтальной, которая выполняется из проводников диаметром 2см, которые проложены на глубине 0,5 - 0,7м, к котором нужно присоединять заземляемое оборудование. Расстояние между

полосами сетки равны 5м. Граница ЗУ находится на расстоянии не меньше 3 м от ограждения БУ и ДЭС. К сетке также добавляются вертикальные электроды длиной 5м, которые расположены по периметру и приваренные в узлах к стальной сетке. Расстояние между электродами, как правило, принимают не меньше их длины.

Расчёт ЗУ территории БУ выполняется согласно с условиями, что в любую пору года его сопротивление R_3 не может превышать допустимого значения.

Площадь, которая используется под заземлитель БУ, $S = 2220 \text{ м}^2$.

$$\sqrt{S} = \sqrt{2220} = 47,12 \text{ м.}$$

Находится максимально разрешенное напряжение прикосновения по формуле (14):

$$U_{\text{пр}} \leq I_{\text{ч}} \cdot R_{\text{ч}} + 1,5 \cdot I_{\text{ч}} \cdot \rho_{\text{вс}}. \quad (14)$$

где $I_{\text{ч}}$ находится длительностью воздействия $\tau_{\text{в}} = 0,2 \text{ с}$;

$$I_{\text{ч}} = 250 \text{ мА};$$

$$\rho_1 = \rho_{\text{вс}} = 200 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

$$\rho_2 = 100 \text{ Ом}\cdot\text{м};$$

$$h_1 = 0,8 \text{ м};$$

$$R_{\text{ч}} = 1000 \text{ Ом.}$$

$$U_{\text{пр}} \leq 0,25 \cdot 1000 + 1,5 \cdot 0,25 \cdot 200 = 325 \text{ В.}$$

Принимается допустимое напряжение прикосновения равным 325 В.

Зная максимально разрешенное напряжение прикосновения, находится напряжение на заземлителе по формуле (15):

$$U_3 = \frac{U_{\text{пр.дон}}}{K_{\text{п}}}. \quad (15)$$

где $K_{\text{п}}$ – коэффициент прикосновения, для сложных заземлителей он определяется по формуле (16):

$$K_{\text{п}} = \frac{M \cdot \beta}{(I_{\text{в}} \cdot L_{\text{Г}} / (a \cdot \sqrt{S}))^{0,45}}. \quad (16)$$

где $L_r = 9 \cdot 37 + 7 \cdot 60 = 753$ м – длина для горизонтальных заземлителей ЗУ,

$a = 5$ м – длина между заземлителями,

$S = 60 \cdot 37 = 2220$ м² – площадь модели для расчета,

β – коэффициент, определяемый по сопротивлению тела человека R_q и сопротивлению растекания тока от ступней R_{bc} ,

$M = 0,75$ при $\rho_1/\rho_2 = 2$.

Найдём коэффициент по формуле (17):

$$\beta = \frac{R_q}{R_q + R_{bc}} = \frac{1000}{1000 + 1,5 \cdot 200} = 0,77. \quad (17)$$

$$K_{II} = \frac{0,75 \cdot 0,77}{\left(5 \cdot 753 / (5 \cdot \sqrt{2220})\right)^{0,45}} = 0,166. \quad (16)$$

Напряжение на заземлителе по (15):

$$U_3 = \frac{325}{0,166} = 1957,8 \text{ В}. \quad (15)$$

Для нахождения сопротивления ЗУ нужно знать ток I_3 , который стекает в землю через заземлители, значение его составляет некоторую долю от тока однофазного тока к. з. Для БУ, на которых применяется заземленные нейтралы генераторов (двигателей) $I_3 \leq (0,4 - 0,6) I^{(1)}_{n.o.}$.

Для расчёта применяется ток однофазного короткого замыкания (КЗ), равным 1/2 трехфазного тока КЗ, по выражению (18):

$$I^{(1)}_{n.o.} = 0,5 \cdot \dot{I}_k = 0,5 \cdot 5260 = 2630 \text{ А}. \quad (18)$$

Величина I_3 принимается равной 1/2 $I^{(1)}_{n.o.}$ по выражению (19):

$$I_3 = 0,5 \cdot I^{(1)}_{n.o.} = 0,5 \cdot 2630 = 1315 \text{ А}. \quad (19)$$

Так как $U_3 = I_3 \cdot R_3$, то сопротивление ЗУ должно быть равным по формуле (20):

$$R_3 = \frac{U_3}{I_3} = \frac{1957,8}{1315} = 1,49 \text{ Ом}. \quad (20)$$

Действительный план ЗУ преобразовывается в расчетную квадратную модель со стороной по формуле (21):

$$\sqrt{S} = \sqrt{37 \times 60} = 47,12 \text{ м.} \quad (21)$$

Количество ячеек по стороне квадрата по формуле (22):

$$m = \frac{L_T}{2 \cdot \sqrt{S}} - 1 = \frac{753}{2 \cdot \sqrt{2220}} - 1 = 7,24. \quad (22)$$

Принимается $m=8$.

Длина полос в расчетной модели, равна по формуле (23):

$$L_T = 2 \cdot \sqrt{S} \cdot (m + 1) = 2 \cdot 47,12 \cdot (8 + 1) = 848,16 \text{ м.} \quad (23)$$

Длина сторон ячейки, равна по формуле (24):

$$b = \frac{\sqrt{S}}{m} = \frac{47,12}{8} = 5,89 \text{ м.} \quad (24)$$

Количество вертикальных заземлителей по периметру контура: при $a/l_B=1$, равно по формуле (25):

$$n_B = \frac{\sqrt{S} \cdot 4}{1 \cdot l_B} = \frac{47,12 \cdot 4}{5} = 37,7. \quad (25)$$

Принимается число $n_B=38$ шт.

Общая длина вертикальных заземлителей, будет равна по формуле (26):

$$L_B = l_B \cdot n_B = 5 \cdot 38 = 190 \text{ м.} \quad (26)$$

Относительная глубина, равна по формуле (27):

$$A = 0,38 - 0,25 \cdot \frac{l_B + t}{\sqrt{S}} = 0,38 - 0,25 \cdot \frac{5 + 0,7}{47,12} = 0,339. \quad (27)$$

Для $\rho_1/\rho_2=2$ и $a/l_6=1$ определяем $\rho_3/\rho_2=1,05$, тогда $\rho_3=1,05 \cdot \rho_2=1,05 \cdot 100=105 \text{ Ом}\cdot\text{м}$.

Общее сопротивление сложного заземлителя, будет равно по формуле (28):

$$R_3 = A \cdot \frac{\rho_3}{\sqrt{S}} + \frac{\rho_3}{L_T + L_B} = 0,339 \cdot \frac{105}{47,12} + \frac{105}{848,16 + 190} = 1,17 \text{ Ом,} \quad (28)$$

что менее $R_{3 \text{ доп}} = 1,49 \text{ Ом}$.

Далее находится напряжение прикосновения по (14):

$$U_{\text{пр}} = K_{\text{п}} \cdot I_3 \cdot R_3 = 0,166 \cdot 1315 \cdot 1,17 = 255,4 \text{ В.} \quad (14)$$

что менее, ранее рассчитанного, допустимого значения 325В.

Наибольший допустимый ток однофазного короткого замыкания по формуле (29):

$$I_{з.мах} = U_{пр.доп} / (K_{п} \cdot R_{з}) = 325 / (0,166 \cdot 1,17) = 1673,4 \text{ А.} \quad (29)$$

Для защиты от прямых ударов молний служат стержневые молниеотводы. Они обычно применяются для защиты сосредоточенных объектов. Защитные свойства стержневого молниеотвода характеризуются зоной защиты, под которой понимают пространство вокруг молниеотвода, где поражение защищаемого объекта атмосферным разрядом маловероятно.

Перенапряжения, возникающие в элементах электроустановок в результате прямого удара молнии при на бегании волн перенапряжений не только приводят к повреждениям оборудования и перерывам в электроснабжении, но и представляют значительную опасность для людей.

Одним из основных условий бесперебойной работы БУ есть обеспечение надежной молниезащиты электрооборудования БУ, а также зданий и сооружений.

Согласно ПУЭ (4.2.135) открытая часть электрооборудования и металлоконструкций, на них должна быть выполнена защита от прямых ударов молнии. Защита БУ и зданий ДЭС, которые имеют металлические покрытие кровли, производится заземлением этих покрытий. Согласно ПУЭ от стоек конструкции БУ с молниеотводами выполняется растекание тока молнии по магистралям заземления в двух-трех направлениях. На длине 3м от молниеотвода установлены два вертикальных электрода заземления длиной равной 5м. Согласно ПУЭ, место присоединения конструкции со стержневым молниеотводом к контуру заземления БУ расположено на расстоянии больше 15м по магистралям заземления от места присоединения.

Защита БУ выполняется стержневыми молниеотводами. На высоте h_x защищаемого объекта (наиболее высокие элементы БУ) радиус действия молниеотвода находится по выражению (30):

$$r_x = h_a \cdot \frac{1,6}{1 + \frac{h_x}{h} \cdot p}, \quad (30)$$

где h – высота (длина) молниеотвода ($h = 27$ м);

h_a – активная длина молниеотвода по формуле (31)

$$h_a = h - h_x, \quad (31)$$

где p – коэффициент, который равный: $p = 1$ для молниеотводов при $h < 30$ м; $p = 5,5 / h$ для молниеотводов при $h > 30$ м.

Максимальная высота объекта, который защищается $h_x = 27,4$ м – это ось скважины. Для сооружения молниезащиты БУ предприятия принимаем высоту молниеотвода, равной $h = 49,1$ м, тогда:

Найдем длину диагонали по формуле (32):

$$D = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} = \sqrt{28^2 + 58,5^2} = 64,86 \text{ м.} \quad (32)$$

где a_1 – ширина ячейки, $a_1 = 28$ м;

a_2 – расстояние между молниеотводами по длине ячейки, $a_2 = 58,5$ м.

Внутренняя часть зоны на высоте h_x системы из четырех молниеотводов будет защищена в том случае если, определим по формуле (33):

$$D \leq 8 \cdot h_a \cdot p = 8(h - h_x)p, \quad (33)$$

где h – высота молниеотвода, м,

h_x – высота защищаемого объекта, м,

$h_a = h - h_x$ – активная высота молниеотводов, м,

p – коэффициент, зависящий от высоты молниеотвода, если $h < 30$ м, $p = 1$.

Таким образом, по (33):

$$D \leq 8 \cdot h_a \cdot p = 8(49,1 - 27,4)1 = 173,6 \text{ м.} \quad (33)$$

Зона защиты одиночного стержневого молниеотвода представляет собой пространство вблизи молниеотвода, ограниченное поверхностью вращения, радиус которой на любой высоте рассчитывается по (30):

$$r_x = \frac{1,6 \cdot h_a \cdot p}{1 + h_x/h} = \frac{1,6 \cdot 25,1 \cdot 0,785}{1 + 27,4/49,1} = 21,18 \text{ м.} \quad (30)$$

Фактический радиус $r_\phi = 20$ м, $r_x \geq r_\phi$, $21,18 \geq 20$.

Следовательно, всё оборудование БУ и ее территории защищено от ударов молнии.

Категории молниезащиты позволяют применять все виды молниеотводов: стержневые, тросовые, сетчатые, металлическую кровлю. В нашем случае у помещения ДЭС двухскатная железная крыша. На ней можно достаточно просто и надежно установить стержневой молниеотвод.

При выбранных значениях l , h , L зона защиты будет достаточной, если будут соблюдены условия:

$$h_c \geq h_x; r_{cx} \geq S/2; r_{x2} \geq R,$$

где h_c – высота конуса защиты посередине между молниеотводами;

r_{cx} – размер нижней части этого конуса защиты посередине между молниеотводами (с вершиной в точке h_c) на высоте h_{x2} (нижняя кромка крыши);

$S/2$ – половина ширины объекта,

l – расстояние от торцов крыши до крайних молниеотводов,

r_{x2} – радиус зоны защиты от крайнего молниеотвода на высоте h_{x2} (нижняя кромка крыши),

R – расстояние от крайнего молниеотвода до угла нижней кромки крыши (в плане).

Примем следующие параметры: высота молниеотводов от уровня земли $h = 13,0$ м (от верхней кромки крыши, т. е. от конька длина стержневого молниеприемника будет 5,0 м). Это – наиболее устойчивая и разумная величина. Расстояние между молниеотводами (шаг установки) примем $L = 23,0$ м. Рассчитаем зону защиты при указанных параметрах.

Высота конуса защиты по формуле (34):

$$h_o = 0,92 \cdot h, \quad (34)$$

$$h_o = 0,92 \cdot 13 = 11,96 \text{ м.}$$

Радиус защиты на уровне земли по формуле (35):

$$r_o = 1,5 \cdot h, \quad (35)$$

$$r_o = 1,5 \cdot 13 = 19,5 \text{ м.}$$

Определим другие параметры зоны защиты по формуле (36):

$$h_c = h_o - 0,14(L-h), \quad (36)$$

$$h_c = 11,96 - 0,14(23-13) = 10,5 \text{ м.}$$

Найдём размер нижней части этого конуса защиты посередине по формуле (37):

$$r_{cx} = \frac{r_o(h_c - h_x)}{h_c} = \frac{19,5 \cdot (10,5 - 5)}{10,5} = 14,58 \text{ м.} \quad (37)$$

У нас получилось:

$$h_c = 10,5 \text{ м} > h_{x1} = 8,0 \text{ м},$$

$$r_{cx} = 10,2 \text{ м} > S/2 = 8,15 \text{ м.}$$

Проверим, впишутся ли в зону защиты нижние углы крыши при $l = 4,0 \text{ м}$. Для этого определим r_{x2} на высоте $h_{x2} = 4,0 \text{ м}$ по формуле (38):

$$r_{x2} = 1,5 \cdot \left(h - \frac{h_{x2}}{0,92} \right), \quad (38)$$

$$r_{x2} = 1,5 \cdot \left(13 - \frac{4}{0,92} \right) = 12,97 \text{ м.}$$

Найдём радиус по формуле (39):

$$R = \sqrt{l^2 + \left(\frac{S}{2} \right)^2} = \sqrt{4^2 + 8,15^2} = 9,48 \text{ м.} \quad (39)$$

Защита обеспечена, т. к.:

$$r_{x2} = 12,97 \text{ м} > R = 9,48 \text{ м}.$$

Итак, окончательно принимаем $h = 13,0 \text{ м}$; $L = 23,0 \text{ м}$; $l = 4,0 \text{ м}$.

Таким образом, здание БУ от прямых ударов молнии останется защищенным 2 стержневыми молниеотводами, все помещение размером $30,5 \times 17,2 \text{ м}$ войдет в радиус защиты, изображено на рисунке 5.

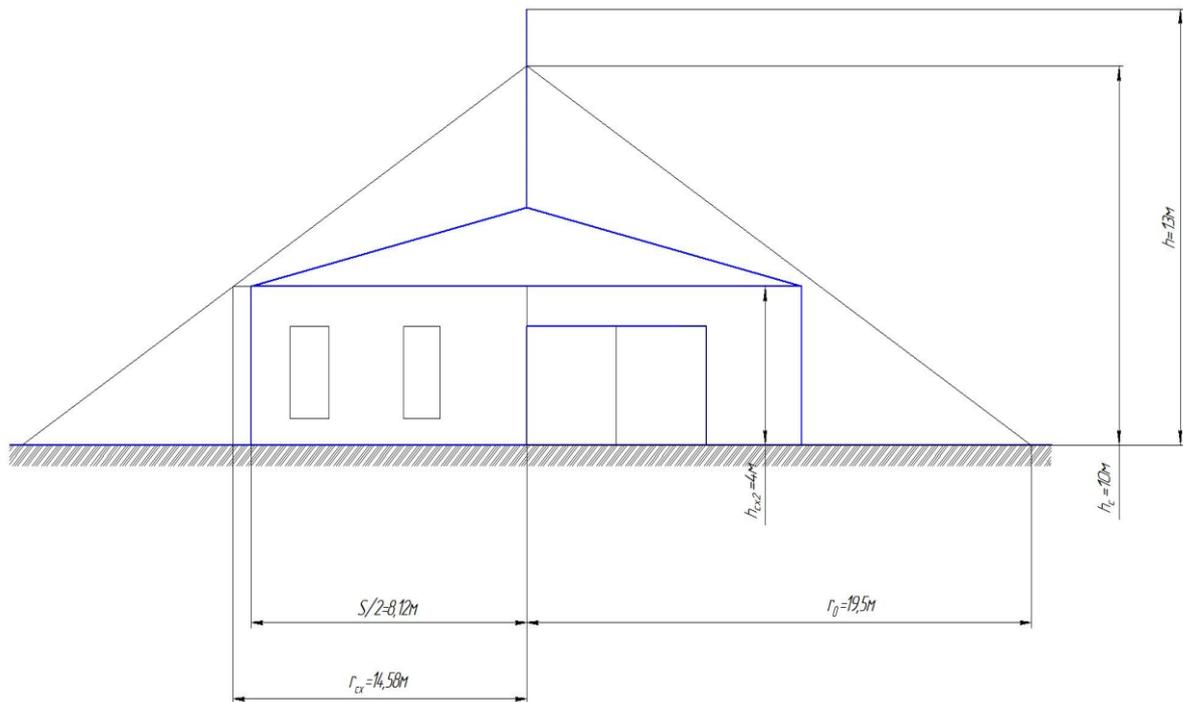


Рисунок 5 - Схема установки молниеприемника здания

Молниеотводы имеют металлическую связь электросваркой с контуром заземления.

Выводы по разделу 3:

В заключительном разделе выпускной квалификационной работы «Электроснабжение буровой установки» разработали мероприятия по охране труда и технике безопасности для электротехнического персонала по обслуживанию электрооборудования буровой установки ЗД-86.

На первом этапе при трудоустройстве происходит оценивание кандидата и его профессиональных качеств на пригодность в должность электромонтёра.

На втором этапе идёт ознакомление, подготовка и обучение к работе на буровой установке.

Третий этап включил в себя готовность работника самостоятельно обслуживать буровую установку.

Охрана труда в организации определяется не только в выполнении работниками определённых требований безопасности, но и в проведении требуемых мероприятий, направленных к уменьшению воздействия на человека вредных факторов производства.

По расчётам заземления получили по длине полосы 848,16 м, и длине вертикальных заземлителей 190 м сопротивление заземлителя равное 1,17 Ом. Это удовлетворяет требованиям техники безопасности. Расчёт молниезащиты определил высоту молниеотводов –13 м и количество – 2 шт. На основе этих вычислений получили оптимальную защиту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При выполнении выпускной квалификационной работы на первом этапе проанализировали электрооборудование буровой установки с определением ожидаемых нагрузок.

Во втором этапе были произведены расчёты нагрузки без учёта освещения на буровой установке. Выявлено, что мощность, потребляемая силовым оборудованием, равна $P_p = 268,02$ кВт.

В третий этап вошли расчёты освещения. Определено, что мощность, расходуемая на освещение, равна $P = 3,71$ кВт. С учетом этих данных для выбраны для замены светодиодные светильники, позволяющие решить проблему энергосбережения на буровой установке. При выборе светильников принято во внимание, что конструкция их должна иметь взрывобезопасное исполнение. С учетом мощности светильников определена общая нагрузка по буровой установке, которая составила $P_p = 271,73$ кВт.

Четвёртый этап работы завершился подбором дизельных электростанций по технико-экономическим показателям, выбором коммутационной аппаратуры и проводников на основе расчётной нагрузки буровой установки с освещением, которая составила $I_p = 424,4$ А.

Для большей надёжности произвели подбор защиты для мощных двигателей буровой установки. В частности предложено использовать современное защитное устройство типа УБЗ-302, актуальное на данный момент и с большим количеством настроек.

В ходе выполнения ВКР затронули важную тему каждого предприятия по охране труда и технике безопасности. Здесь учли все приёмы и методы для безопасного производства труда, а также рассчитали заземление и молниезащиту.

Таким образом, все задачи ВКР решены и цель по энергосбережению буровой установки достигнута.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Вахнина, В. В. Системы электроснабжения : учебно-методическое пособие / В. В. Вахнина, А. Н. Черненко. — Тольятти: ТГУ, 2015. — 46 с. — ISBN 978-5-8259-0915-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/140080>
2. Сопов, В.И. Электроснабжение нефтегазовых комплексов и производств: учебное пособие / В.И. Сопов, Н.И. Щуров. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2011. – 270 с. ISBN 978-5-7782-1844-4. – Текст: электронный.
3. Правила устройства электроустановок: Все действующие разделы ПУЭ-6 и ПУЭ-7. – Новосибирск: Норматика, 2016. – 464 с.
4. Полуянович Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. — 5-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 396 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).
5. Фролов Ю. М., Шелякин В. П. Регулируемый асинхронный электропривод: Учебное пособие. — 2-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2018. — 464 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-2177-0
6. Полуянович Н. К. Монтаж, наладка, эксплуатация и ремонт систем электроснабжения промышленных предприятий: Учебное пособие. — 5-е изд., стер. — СПб.: Издательство «Лань», 2019. — 396 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). ISBN 978-5-8114-1201-3
7. Смирнов, С. Г. Исследование характеристик искусственного освещения: учебное пособие / С. Г. Смирнов. — Москва: МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2016. — 13 с. — ISBN 978-5-7038-4385-7. — Текст: электронный // Лань: электронно – библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/103387>.

8. Хорольский В. Я., Таранов М. А., Ефанов А. В. Экономия электроэнергии в сельских электроустановках: Учебное пособие. — СПб.: Издательство «Лань», 2017. — 272 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература).

9. Угарова, Л. А. Охрана труда: учебно-методическое пособие / Л. А. Угарова, Л. Н. Горина. — Тольятти: ТГУ, 2017. — 241 с. — ISBN 978-5-8259-1129-8. — Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/139941>

10. В. В. Вахнина, О.В. Самолина, А. Н. Черненко. Электроэнергетика и электротехника. Выполнение бакалаврской работы: учебно-методическое пособие для студентов направления 13.03.02 / В. В. Вахнина, О.В. Самолина, А. Н. Черненко. – Тольятти: ТГУ, 2019. – 35 с.

11. Межотраслевые правила по охране труда (правила безопасности) при эксплуатации электроустановок. – М.: Издательство «Омега-Л», 2007.

12. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособие / О.М. Зиновьева и [др.]. – М.: Изд. Дом НИТУ «МИСиС», 2019. – 176 с. ISBN 978-5-906953-82-7

13. Менумеров Р. М. Электробезопасность: учебное пособие / Р. М. Менумеров. — 4-е изд., стер. — Санкт-Петербург: Лань, 2020. — 196 с.: ил. — (Учебники для вузов. Специальная литература). — Текст: непосредственный. ISBN 9785811453238

14. ГОСТ 12.1.038-82 Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Электробезопасность. Предельно допустимые значения напряжений прикосновения и токов (с Изменением N 1).

Приложение А

Перечень электрооборудования буровой установки

№	Наименование ЭО	Рн, кВт	Iн, А	n
1	Электродвигатель перемешивателя	5,5	13	7
2	Электродвигатель вентилятора крышного	0,37	1	4
3	Электродвигатель шламового насоса	55	115,7	2
4	Вспомогательная лебёдка (МЛВ)	15	31	1
5	Электродвигатель насоса воронки	75	157,9	1
6	Электрооборудование вибросита Derrick FLC 503	3,8	9	2
7	Электрооборудование дегазатор АСD - 1500	25	52,6	1
8	Электрооборудование насоса винтового	7,5	17	1
9	Электрооборудование ситогидроциклона Derrick FLC 503	3,8	9	1
10	Электрооборудование тали электрической	3,2	7,5	1
11	Электрооборудование центрифуги DE 1000 LP GBD	37	77,8	1
12	Электродвигатель агрегата воздушно-отопительного	0,25	0,6	8
13	Компрессор низкого давления	55	115,7	2
14	Электродвигатель маслосмазки ротора	2,2	5,2	1
15	Кран консольно-поворотный	2,25	5,3	1
16	Компрессор высокого давления	7,5	17	1
17	Электродвигатель водяного насоса	15	31,5	1
18	Электродвигатель фрезерно-струйной мельницы	30	63,1	1
19	Электродвигатель глиномешалки	18	37,8	1
20	Электродвигатель илоотделителя	55	115,7	1
21	Электродвигатель пескоотделителя	55	115,7	1

Приложение Б

Расчет нагрузок по буровой установке

№	Наименование ЭН	P_n , кВт	n	$P_{n\Sigma}$, кВт	K_n	$\cos \varphi$	P_{cm} , кВт	P_p , кВт	I_p , А
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Электродвигатель перемешивателя	5,5	7	38,5	0,8	0,81	30,8		
2	Электродвигатель вентилятора крышного	0,37	4	1,48	0,78	0,8	1,15		
3	Электродвигатель шламового насоса	55	2	110	0,7	0,81	77		
4	Вспомогательная лебёдка (МЛВ)	15	1	15	0,88	0,77	13,2		
5	Электродвигатель насоса воронки	75	1	75	0,5	0,81	37,5		
6	Электрооборудование вибросита Derrick FLC 503	3,8	2	7,6	0,8	0,81	6,08		
7	Электрооборудование дегазатор АСД - 1500	25	1	25	0,6	0,7	15		
8	Электрооборудование насоса винтового	7,5	1	7,5	0,7	0,85	4,5		
9	Электрооборудование ситогидроциклона Derrick FLC 503	3,8	1	3,8	0,5	0,81	1,9		
10	Электрооборудование тали электрической	3,2	1	3,2	0,2	0,87	0,64		
11	Электрооборудование центрифуги DE 1000 LP GBD	37	1	37	0,75	0,88	27,75		
12	Электродвигатель агрегата воздушно-отопительного	0,25	1	2	0,7	0,8	1,4		
13	Компрессор низкого давления	55	2	110	0,3	0,88	33		
14	Электродвигатель маслосмазки ротора	2,2	1	2,2	0,3	0,81	0,66		
15	Кран консольно-поворотный	2,25	1	2,25	0,2	0,5	0,45		

Продолжение Приложения Б

16	Компрессор высокого давления	7,5	1	7,5	0,7	0,85	5,25		
17	Электродвигатель водяного насоса	15	1	15	0,3	0,86	4,5		
18	Электродвигатель фрезерно-струйной мельницы	30	1	30	0,2	0,8	6		
19	Электродвигатель глиномешалки	18	1	18	0,3	0,81	5,4		
20	Электродвигатель илоотделителя	55	1	55	0,2	0,81	11		
21	Электродвигатель пескоотделителя	55	1	55	0,2	0,81	11		
22	Собственные нужды НКУ	3	1	3	0,5	0,83	1,5		
22	Жилой поселок и котельная	100	1	100	0,5	0,83	50		
	Итого без освещения	464,37	34	1185,4			268,02	268,02	407,2
	Освещение					0,98		3,71	17,2
	Итого по площади с освещением							271,73	424,4