

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт дистанционного образования и профессионального развития

Кафедра «Энергетика»

Демидов Михаил Викторович

Электроснабжение горнорудного предприятия, находящегося в отдаленности от
источника питания

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071800 – «Электроэнергетика»

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт дистанционного образования и профессионального развития

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой

PhD, ассоц профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«15» июня 2020 г.

Электроснабжение горнорудного предприятия, находящегося в отдаленности от
источника питания

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

Специальность 5В071800 – «Электроэнергетика»

Выполнил

Демидов М.

Научный руководитель

к.т.н., ассоц. профессор

 Е. Хидолда

« 10 » июня 2020 г.

Алматы 2020

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт дистанционного образования и профессионального развития

Кафедра «Энергетика»

Специальность 5В071800 – «Электроэнергетика»

УТВЕРЖАЮ

Заведующий кафедрой

PhD, ассоц профессор

 Е.А.Сарсенбаев

«27» октября 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Студенту Демидову Михаилу Викторовичу

Тема: Электроснабжение горнорудного предприятия, находящегося в отдаленности от источника питания

Утверждена приказом ректора университета № 345-П от 24.10.2019 г.

Срок сдачи законченной работы: 01.06.2020 г.

Исходные данные к выполнению дипломной работы: Горнорудное предприятие ТОО «Байкен-У» находится в Кызылординской области. Питание предприятия может быть осуществлено от ячеек ПС «Харасан», напряжение $U=110/10$ кВ. Электрические нагрузки расположились не равномерно по всему территорию извлечения урана.

Перечень вопросов, подлежащих в разработке дипломной работы:

а) Расчет электрической нагрузки участка добычи рудника «Харасан-2»;

б) Расчет токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): Графический материал представлен в виде презентации содержащая 8 слайдов.





Рекомендуемая основная литература: Список литературы состоит из 14

ГРАФИК
подготовки дипломной работы


Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
1 Сведения о предприятии и исходные данные к дипломной работе	01.04.2020 г.	нет
2 Расчет электрической нагрузки участка добычи рудника «Харасан-2»	01.05.2020 г.	нет
3 Расчет токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов	01.06.2020 г.	нет

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную дипломную работу с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименования разделов	Научный руководитель, консультанты	Дата подписания	Подпись
1 Сведения о предприятии и исходные данные к дипломной работе	Хидолда Е. канд.техн.наук, ассоц.профессор	10.06.20г.	
2 Расчет электрической нагрузки участка добычи рудника «Хорасан»	Хидолда Е. канд.техн.наук, ассоц.профессор	10.06.20г.	
3 Расчет токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов	Хидолда Е. канд.техн.наук, ассоц.профессор	10.06.20г.	
Нормоконтролер	Бердибеков А.О., сениор-лектор	10.06.20г.	

Научный руководитель  Е.Хидолда

Задание принял к исполнению обучающаяся  М.В.Демидов

Дата "10" марта 2020 г.

АНДАТПА

Дипломдық жұмыста «Харасан-2» кенішінің игеру учаскесін электрмен жабдықтауға есептеу жүргізілген. ЖШС «Байкен – У» кәсіпорынына қарасты ЦППР, аффинаж учаскелерінің және жұмысшылар поселкасының электрлік жүктемелері есептелді. Комплектілік трансформаторлық қосалқы станциялар, коммутациялық және қорғаныстық аппараттар, кабельдер мен әуе желілері, және де өлшеуіштік аспаптар таңдалды. Жүктеменің өзгеруіне байланысты электрмен жабдықтау схемасы әзірленді, электр қауіпсіздігі бөлімінде трансформаторлық қосалқы станцияның қорғаныстық жерге қосылуы және найзағайдан қорғалуы есептелді.

АННОТАЦИЯ

В дипломной работе выполнен расчет электроснабжения участка добычи рудника «Харасан-2». Был произведен расчёт электрических нагрузок рабочего поселка, участка ЦППР и ЦА, а также других участков ТОО «Байкен – У». Выбраны комплектные трансформаторные подстанции, коммутационные и защитные аппараты, кабели и воздушные провода, а также измерительные приборы. Разработана схема электроснабжения с учетом изменения нагрузки, в разделе электробезопасности рассчитаны защитное заземление ТП и защита от молнии.

ANNOTATION

In the thesis, the calculation of power supply for the Kharasan-2 mine production area was performed. The calculation of the electrical loads of the working village, production and refining section, as well as other sections of Baiken-U LLP was performed. Complete transformer substations, switching and protective devices, cables and overhead wires, as well as measuring instruments were selected. A power supply scheme has been developed taking into account the load changes; in the electrical safety section, the protective grounding of the transformer substation and the protection against lightning are calculated.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Сведения о предприятии и исходные данные к дипломной работе	8
1.1 Общие сведения о «Байкен-U»	8
1.2 Исходные данные к дипломной работе	9
2 Расчет электрической нагрузки участка добычи рудника «Харасан-2»	10
2.1 Определение мощности, количества и типа трансформаторов КТП	10
2.2 Выбор сечений проводов и жил кабелей	15
3 Расчет токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов	19
3.1 Расчет токов короткого замыкания для точки К	19
3.2 Расчет токов КЗ для точки К ₂	22
3.3 Выбор электрических аппаратов управления и защиты	24
3.4 Защита подстанций от атмосферных перенапряжений	27
3.5 Расчет защитного заземления	27
Заключение	30
Список используемой литературы	31
Приложение А	32
Приложение Б	33
Приложение В	34

ВВЕДЕНИЕ

Основными потребителями электрической энергии являются промышленность, транспорт, сельское хозяйство, коммунальное хозяйство городов и поселков. При этом на промышленные объекты приходится более двух трети потребления электроэнергии.

Для обеспечения подачи электроэнергии в необходимом количестве и соответствующего качества от энергосистем промышленным объектам, установкам, устройствам и механизмам служат системы электроснабжения промышленных предприятий, состоящие из сетей напряжением до 1000В и выше и трансформаторных, преобразовательных и распределительных подстанций.

Передача, распределение и потребление выработанной энергии на промышленных предприятиях должны производиться с высокой экономичностью и надежностью. Для обеспечения этого энергетиками создана надежная и экономичная система распределения электроэнергии на всех ступенях применяемого напряжения с максимальным приближением высокого напряжения к потребителям.

Потребители электрической энергии имеют свои специфические особенности, чем и обусловлены определенные требования электроснабжению - надежность питания, качество электроэнергии, резервирование и защита отдельных элементов. При проектировании сооружений и эксплуатации систем электроснабжения промышленных предприятий необходимо правильно в технико-экономическом аспекте осуществлять выбор напряжений, определять электрические нагрузки, выбирать типаж, число и мощность трансформаторных подстанций, виды их защит, системы компенсации реактивной мощности и способы регулирования напряжения.

Рассматриваемая дипломная работа посвящена электроснабжению участка добычи рудника «Харасан-2» предприятия ТОО «Байкен-У», находящиеся в Кызылординской области.

1 Сведения о предприятии и исходные данные к дипломной работе

1.1 Общие сведения о «Байкен-У»

В Казахстане сосредоточена примерно пятая часть мировых запасов урана (21 % и 2-е место в мире). Общие ресурсы урана порядка 1,5 млн тонн, из них около 1,1 млн тонн можно добывать методом подземного выщелачивания.

В 2009 году Казахстан вышел на первое место в мире по добыче урана. В СССР территория Казахстана рассматривалась как резерв развития добычи урана в будущем. Его месторождения были разведаны, их запасы оценены. Это и явилось базой бурного развития добычи урана в независимом Казахстане. На сегодня здесь разведано и изучено 129 месторождений и рудопроявлений. Его добыча ведётся на 20 рудниках, которые расположены на месторождениях песчаникового типа. Основной объём добычи урана приходится на национальную компанию «Казатомпром» (геологоразведка, добыча урана, его экспорт).

ТОО «Байкен-У» создано в марте 2006 года со 100 % долей участия АО «НАК «Казатомпром» и было нацелено на развитие торгово-экономического и научно-технического сотрудничества в области разведки, добычи, переработки и реализации уранового сырья в рамках отраслевой программы «1500 тонн к 2010 году».

Позднее ТОО «Байкен-У» было перерегистрировано в связи с изменением состава учредителей. Доли в предприятии имеют Казатомпром и консорциум японских энергетических компаний «EnergyAsiaLimited», 95 % участия принадлежат японскому консорциуму «EnergyAsiaLimited», 5 % остаются в собственности АО «НАК «Казатомпром».

ТОО «Байкен-У» осуществляет добычу природного урана на участке Харасан-2 месторождения Северный Харасан в Кызылординской области. Оно является самым глубоким месторождением по отработке урана методом подземного скваженного выщелачивания (ПСВ).

Согласно соглашению, 70% урана, добытого на руднике «Харасан-2», получают японские инвесторы, а 30% – Республика Казахстан в лице НАК. Основные виды деятельности ТОО «Байкен-У» - добыча, переработка природного урана и проведение горно-подготовительных работ на месторождении «Харасан-2» («Северный Харасан») расположенного в селе Байкенже Жанакорганского района Кызылординской области, который является самым глубоким месторождением по отработке урана методом подземного скважинного выщелачивания (ПСВ).

Добыча природного урана осуществляется самым прогрессивным, экологически безопасным и экономически выгодным способом подземного скважинного выщелачивания, без поднятия руды на поверхность земли.

1.2 Исходные данные к дипломной работе

В дипломной работе предстоит рассчитать электроснабжение участка добычи рудника «Харасан-2» ТОО «Байкен-У». Электрические нагрузки участка добычи представлены в таблице 1. Питание участка может быть осуществлено от подстанции «Харасан», напряжением 110/10 кВ.

Таблица 1 - Сведения об электрических нагрузках участка добычи

Потребители	Установленная мощность, кВт
ЦППР	1200
Аффинаж (для ЗОУ)	75
ЗОУ Харасан-У	100
ТОО "Порус" бурение	42
ТОО "Порус" Вахтовый	85
Вахтовый поселок	25
Компрессорная	80
Быткомбинат (АХС)	120
Столовая (АХС)	7
Автогараж	6,5
ФХЛ	2
Котельная (УТС)	6
АБК (АХС)	8
Насосная (УВС)	7,2
Всего	1763,7

2 Расчет электрической нагрузки участка добычи рудника «Харасан-2»

При выборе системы электроснабжения должны учитываться:

- мощность, потребляемая электроприемниками рудника;
- размещение электроприемников на руднике;
- напряжение потребителей электроэнергии;
- надежность электроснабжения;
- гибкость в эксплуатации;
- возможность расширения рудника.

Питание потребителей рудника и промплощадки производится от главной понизительной подстанции Харасан напряжением 110/10 кВ. На каждой секции РУ ГПП предусматривается резервная ячейка (1 шт. на 10 рабочих), измерительная ячейка с трансформатором напряжения. Электрические распределительные сети добычного участка выполняются с изолированной нейтралью и предусматривается защитное отключение при одноразовом замыкании на землю. Для питания потребителей рудника принимаем продольную систему электроснабжения, характеризующуюся направлением линий электропередач параллельно уступам. Продольное расположение воздушных линий не создает помех при перемещении транспортных средств; упрощается подключение прочих электроприемников на рабочих площадках. Недостатком такой системы является необходимость частой передвижки и высокая повреждаемость при взрывных работах.

2.1 Определение мощности, количества и типа трансформаторов КТП

2.1.1 Расчет электрических нагрузок

Расчет мощности трансформаторных подстанций производится по методу коэффициента спроса.

Исходными данными для определения нагрузок отдельных элементов и всей системы электроснабжения являются сведения о количестве потребителей электроэнергии, их расположении и номинальных мощностях (Таблица 2).

Расчетная активная мощность

$$P_P = K_{cm} \cdot \Sigma P_{уст}, \text{ кВт} \quad (1)$$

где K_{cm} - коэффициент спроса;

Расчетная реактивная мощность

$$Q_{p.p} = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi_p, \text{ кВАр} \quad (2)$$

где $\operatorname{tg} \varphi_p$ - величина определяемая по расчетному.

По суммарным значениям P_p и $Q_{p.p}$ определяем $\operatorname{tg} \varphi_{p.o}$

$$\operatorname{tg} \varphi_{p.o} = \frac{Q_{p.p}}{P_p} \quad (3)$$

Расчетная мощность трансформатора

$$S_{p.T} = \frac{K_c \cdot P_p}{\eta_c \cdot \cos \varphi_{p.o}} \quad (4)$$

Таблица 2 – Расчет электрической нагрузки на 0,4 кВ

Наименование приемников электрической энергии	ΣP кВт	K_c	$\cos \varphi_p$	$\operatorname{tg} \varphi_p$	Расчетная мощность	
					$P_p = K_c \Sigma P_{yct}$ кВт	$Q_p = P_p \operatorname{tg} \varphi_p$ кВАр
ЦППР	1200	0,7	0,7	1,02	840,0	856,8
Аффинаж (для ЗОУ)	75	0,6	0,7	1,02	45,0	45,9
ЗОУ Харасан-U	100	0,7	0,7	1,02	70,0	71,4
ТОО "Порус" бурение	42	0,7	0,7	1,02	29,4	30,0
ТОО "Порус" Вахтовый	85	0,7	0,7	1,02	59,5	60,7
Вахтовый поселок	25	0,65	0,65	1,17	16,3	19,0
Компрессорная	80	0,6	0,7	1,02	48,0	49,0
Быткомбинат (АХС)	120	0,8	0,65	1,17	96,0	112,3
Столовая (АХС)	7	0,7	0,7	1,02	4,9	5,0
Автогараж	6,5	0,4	0,65	1,17	2,6	3,0
ФХЛ	2	0,6	0,7	1,02	1,2	1,2
Котельная (УТС)	6	0,75	0,75	0,88	4,5	4,0
АБК (АХС)	8	0,6	0,7	1,02	4,8	4,9
Насосная (УВС)	7,2	0,8	0,75	0,88	5,8	5,1
Итого	1763,7				1227,9	1268,3

Расчет нагрузок ЦППР, ЦА, ЗОУ «Харасан» и других объектов производится вышеприведенной методике и результаты заносятся в таблицу 2, 3.

Таблица 3 – Общий расход электрической энергии

Наименование приемников электрической энергии	Время работы в сутки, ч	Коэффициент использования активной мощности	Расход энергии	
			$W_p = P_p \cdot t \cdot K_B$ кВт*ч	$W_Q = Q \cdot t$, кВАр*ч
ЦППР	16	0,7	9408	13708,8
Аффинаж (для ЗОУ)	16	0,8	576	734,4
ЗОУ Харасан-У	16	0,8	896	1142,4
ТОО "Порус" бурение	16	0,8	376,3	479,8
ТОО "Порус" Вахтовый	24	0,8	1142,4	1456,5
Вахтовый поселок	24	0,8	312	456,3
Компрессорная	24	0,9	1036,8	1175,04
Быткомбинат (АХС)	16	0,6	921,6	1797,1
Столовая (АХС)	12	0,6	35,2	59,9
Автогараж	12	0,4	12,4	36,5
ФХЛ	16	0,7	13,4	19,5
Котельная (УТС)	24	0,8	86,4	95,04
АБК (АХС)	16	0,7	53,7	78,3
Насосная (УВС)	24	0,8	110,5	121,6
Итого			14981,07	21361,5

Расход электроэнергии рассчитываем с учетом время работы в сутки коэффициента использования активной мощности:

$$W_p = P_p \cdot t \cdot K_B \quad (5)$$

$$W_Q = Q \cdot t \quad (6)$$

2.1.2 Определение мощности трансформаторов КТП

Общая продолжительная активная мощность на шипах КТП по среднепотребляемой нагрузке

$$P_{cp(o)} = K_{cm} \Sigma P_p = 1128 * 0,9 = 1105,2, \text{ кВт} \quad (7)$$

где $K_{СП}$ - коэффициент совмещения максимума;
Общая максимальная мощность на шинах КТП

$$P_{max} = K_m \Sigma P_p = 1128 * 1,4 = 1580, \text{ кВт} \quad (8)$$

Общая расчетная мощность трансформаторов КТП

$$S_{max} = \sqrt{1128^2 + 1268^2} = 1765, \text{ кВА} \quad (9)$$

2.1.3 Выбор количества и типа трансформаторов КТП

Ввиду наличия в руднике электроприемников I и II категорий, для обеспечения бесперебойного снабжения электроэнергией всех потребителей на КТП должно быть установлено 2 трансформатора. Согласно ПТЭ при наличии двух трансформаторов должно соблюдаться следующее условие: в случае аварии с одним из них, оставшийся в работе трансформатор должен обеспечивать не менее 75% суммарной максимальной нагрузки потребителя.

Схема питания проектируемого участка добычи рудника выбрана с учетом расположения потребителей (Рисунок 1).

Расчетная мощность каждой трансформаторной подстанции равна 1765 кВА. На каждой трансформаторной подстанции к установке принимаем два трансформатора типа ТДТН - 16000/110 в нормальной работе. В случае поломки одного трансформатора, оставшийся в работе способен выдержать перегрузку в 1,4 раза больше номинальной. В случае выхода из строя одной трансформаторной подстанции, оставшийся в работе обеспечивает 75% всей максимальной нагрузки рудника. Для общего принят трансформатор типа ТМ-25-10/0,4 (из расчета один трансформатор на 2 осветительные установки). Для освещения автомобильных дорог используется трансформатор типа ТМ-25-6/0,4, который установлен на КТП №1.

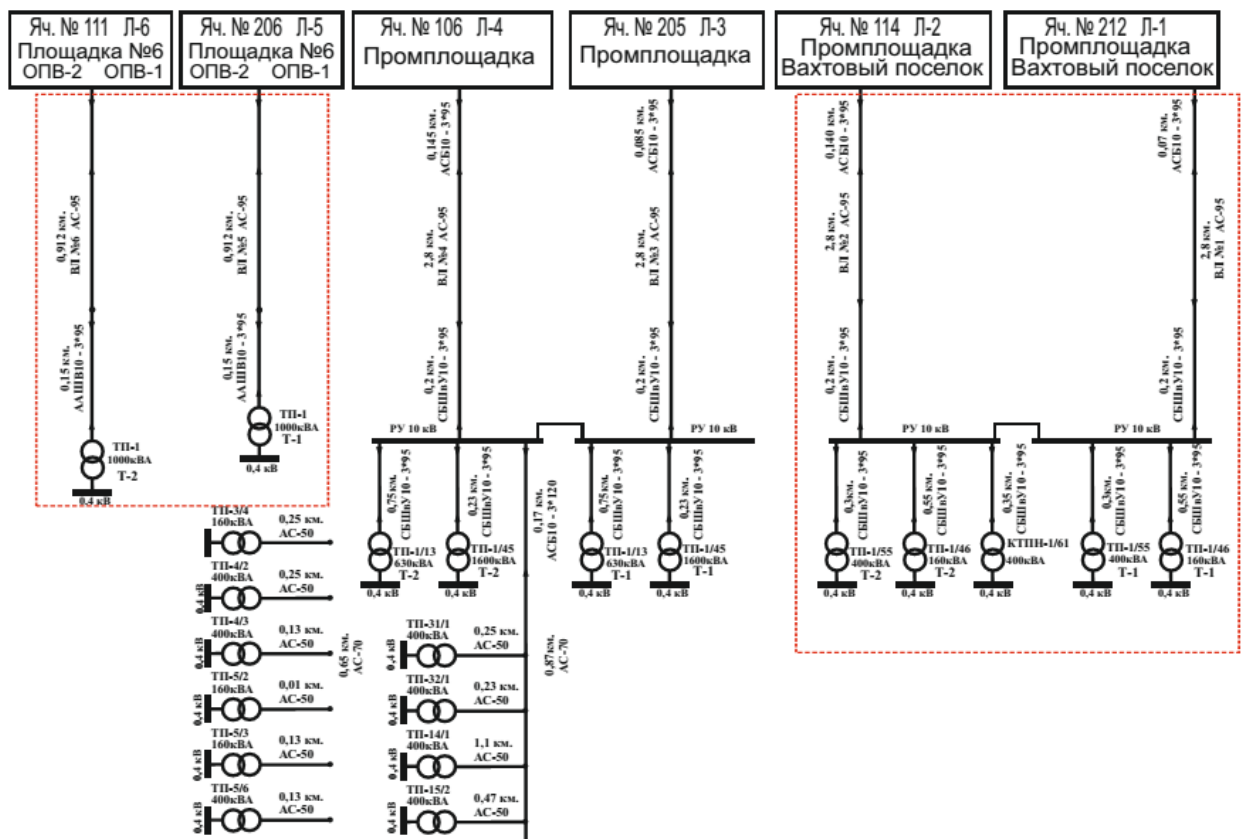


Рисунок 1 – Однолинейная схема электроснабжения рудника «Харасан-2»

2.2 Выбор сечений проводов и жил кабелей

2.2.1 Расчет гибкого кабеля для ЦППР

Расчетная мощность трансформатора для питания потребителей ЦППР

$$S_p = \frac{K_3 \cdot P_{уст}}{\cos \varphi_{p.o}} = \frac{0,6 \cdot 840}{0,7} = 720 \text{кВ} \cdot \text{А} \quad (9)$$

где K_3 - коэффициент загрузки;

$P_{уст}$ - установленная мощность эл. оборудования участка ЦППР, кВт;

Для питания участка ЦППР принимаем КТП-10/0,4 с трансформатором типа ТМ-1000/10.

Расчет сечения кабеля по нагреву токами нагрузки.

Расчетный ток нагрузки

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{720 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380} = 1095A \quad (10)$$

где U_n - номинальное напряжения сети, В;

Для питания потребителей принимаем четыре кабеля типа ГРШЭ-3х120+1х70. По таблице [4] для кабеля ГРШЭ-3х120+1х50 длительно допустимый ток нагрузки равен 385А. Условие $I_g > I_p$ ($1540 > 1095$) выполняется, значит выбранный кабель удовлетворяет ПТЭ.

Выбранное сечение проверяем по условию потери напряжения. Потери напряжения в гибком кабеле и трансформаторе не должны превышать 10% от номинального

$$\Delta u_{\Sigma} = \Delta u_T + \Delta u_{T.K} = 5,5 + 0,1 = 5,6 < 10\% \quad (11)$$

Условие выполняется, где

$$\Delta u_T = \beta(u_a \cos \varphi + u_p \sin \varphi) = 0,71(0,5 \cdot 7 + 5,98 \cdot 0,71) = 5,5\% \quad (12)$$

β - коэффициент загрузки трансформатора;

u_a - относительная величина активной составляющей КЗ трансформатора;

u_p - относительная величина реактивной составляющей КЗ трансформатора;

$\cos \varphi$ - коэффициент мощности;

$$\Delta u_{T.K} = \sqrt{3}I < (r_0 \cos \varphi + x_0 \sin \varphi) / u_n = \sqrt{3} \cdot 435 \cdot 0,25 \cdot (0,081 \cdot 0,7 + 0,396 \cdot 0,71) / 400 = 0,16\% \quad (13)$$

где L - длина кабеля, км

r_0 - удельное активное сопротивление проводников;

x_0 - удельное индуктивное сопротивление проводников;

2.2.2 Расчет гибкого кабеля для потребителей вахтового поселка

Расчетная мощность трансформатора

$$S_p = \frac{K_3 \cdot P_{уст}}{\cos \varphi_{p.o}} = \frac{0,6 \cdot 243}{0,7} = 208кВ \cdot А$$

$P_{уст}$ - установленная мощность электрооборудования потребителей вахтового поселка, кВт;

Для питания потребителей вахтового поселка принимаем КТП-10/0,4 с трансформатором типа ТМ-400/10.

Расчет сечения кабеля по нагреву токами нагрузки.

Расчетный ток нагрузки

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_H} = \frac{208 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380} = 315 \text{ А}$$

Для питания потребителей принимаем два кабеля типа ГРШЭ-3х35+1х10. По таблице [4] для кабеля ГРШЭ-3х35+1х10 длительно допустимый ток нагрузки равен 170А. Условие $I_g > I_p$ ($340 > 315$) выполняется, значит выбранный кабель удовлетворяет ПТЭ.

Проверка на потерю напряжения в гибком кабеле

$$\Delta u_{Т.К} = \frac{\sqrt{3} I_p \ell_{Т.К} \cdot \cos \varphi_p}{54,3 \cdot S_{Т.Кин}} \cdot 100\% = 0,32\% \text{ или } 19,2 \text{ В}$$

где $54,3 = j$ - удельная проводимость проводника,

$\ell_{Т.К}$ - длина гибкого кабеля, м.

2.2.3 Расчет кабеля для питания аффинажа и других потребителей

Расчеты проведены по выше приведенной методике, были выбраны для питания ЦА, ЗОУ «Харасан-2» и бурения ТОО «Парус» два трансформатора мощностью по 160 кВА и один трансформатор на 400 кВА.

Для питания потребителей принимаем три кабеля типа ГРШЭ-3х35+1х10, выбранные кабели были проверены по потерю напряжения.

2.2.4 Расчет воздушных сетей

Для электроснабжения общего освещения автомобильных дорог и уличного освещения принимаем провод АС-50. Для прожекторного освещения мест работы буровых станков провод АС-16.

Расчет проводов ЛЭП-10кВ от ГПП до КТП-10/6 (ЦППР).

Выбор сечения провода по нагреву токами нагрузки

$$I_p = \frac{K_3 \cdot \Sigma P_{\text{учт}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \varphi_p \cdot \eta_c} = \frac{0,9 \cdot 840 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 10000 \cdot 0,99 \cdot 0,95} = 46,4 \text{ A} \quad (14)$$

где $\Sigma P_{\text{учт}}$ - мощность приемников, питающихся от подстанции, кВт;

K_3 - коэффициент загрузки.

Проверка сечение провода по экономической плотности тока

$$S_э = \frac{I_p}{i} = \frac{46,4}{1,0} = 46,4 \text{ мм}^2 \quad (15)$$

где i - экономическая плотность тока, $\text{A}/\text{мм}^2$.

Выбираем провод АС-50, длительно допустимый ток нагрузки

$I_g = 210 \text{ A}$. Условие $I_g > I_p$ ($210 > 46$) выполняется.

Проверка по потере напряжения в проводе

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} I_p \cdot L}{u} (r_0 \cos \varphi_p + x_0 \sin \varphi_p) = \frac{1,73 \cdot 46 \cdot 4}{10000} \cdot (0,154 \cdot 0,99 + 0,4 \cdot 0,16) = 1,17\%$$

Рассчитываем суммарное падение напряжения по ГПП до наиболее удаленного электроприемника

$$\Delta u = \Delta u_{Т.К} + \Delta u_{\text{лэп10}} + \Delta u_{\text{лэп110}} = 1,17 + 1,72 + 0,32 = 3,21\%$$

3,21% < 5% (условие выполняется)

Расчет проводов ЛЭП-10кВ от ГПП до КТП-10/6 (Вахтовый поселок).

Выбор сечения провода по нагреву токами нагрузки

$$I_p = \frac{K_3 \cdot \Sigma P_{\text{учт}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \varphi_p \cdot \eta_c} = \frac{0,9 \cdot 243 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 10000 \cdot 0,99 \cdot 0,95} = 13,4 \text{ A}$$

Проверка сечение провода по экономической плотности тока

$$S_э = \frac{I_p}{i} = \frac{13,4}{1,0} = 13,4 \text{ мм}^2$$

Выбираем провод АС-35, длительно допустимый ток нагрузки $I_g = 175 \text{ A}$

. Условие $I_g > I_p$ ($175 > 13,4$) выполняется.

Проверка по потере напряжения в проводе

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} I_p \cdot L}{u} (r_0 \cos \varphi_p + x_0 \sin \varphi_p) = \frac{1,73 \cdot 13,4 \cdot 2,5}{10000} \cdot (0,154 \cdot 0,99 + 0,4 \cdot 0,16) = 0,7\%$$

Рассчитываем суммарное падение напряжения по ГПП до наиболее удаленного электроприемника

$$\Delta u = \Delta u_{Т.К} + \Delta u_{лэн10} + \Delta u_{лэн110} = 0,7 + 1,72 + 0,32 = 2,7\%$$

$$2,7\% < 5\% \text{ (условие выполняется)}$$

Расчет проводов ЛЭП-10кВ от ГПП до КТП-10/6 (Аффинаж и другие потребители).

Выбор сечения провода по нагреву токами нагрузки

$$I_p = \frac{K_3 \cdot \Sigma P_{уст} \cdot 10^3}{\sqrt{3} U_n \cdot \cos \varphi_p \cdot \eta_c} = \frac{0,9 \cdot 144 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 10000 \cdot 0,99 \cdot 0,95} = 8,9 A$$

Проверка сечение провода по экономической плотности тока

$$S_s = \frac{I_p}{i} = \frac{8,9}{1,0} = 8,9 \text{ мм}^2$$

Выбираем провод АС-20, длительно допустимый ток нагрузки $I_g = 175 A$.
Условие $I_g > I_p$ ($175 > 8,9$) выполняется.

Проверка по потере напряжения в проводе

$$\Delta u = \frac{\sqrt{3} I_p \cdot L}{u} (\text{r} \\ \cos \varphi_p + x_0 \sin \varphi_p) = \frac{1,73 \cdot 18,9 \cdot 2,5}{10000} 3,2 \cdot (0,154 \cdot 0,99 + 0,4 \cdot 0,16) = 1,1\%$$

Рассчитываем суммарное падение напряжения по ГПП до наиболее удаленного электроприемника

$$\Delta u = \Delta u_{Т.К} + \Delta u_{лэн10} + \Delta u_{лэн110} = 1,1 + 1,72 + 0,32 = 3,1\%$$

$$3,1\% < 5\% \text{ (условие выполняется)}$$

3 Расчет токов короткого замыкания и выбор электрических аппаратов

Расчет производим в относительных единицах. В качестве базисной мощности принимаем $S_B = 100 \text{ МВ} \cdot A$. Мощность короткого замыкания на шинах 110 кВ ГПП - $S'' = 500 \text{ МВ} \cdot A$.

2. Схема для расчета токов короткого замыкания представлена на рисунке

Базисные напряжения: $u_{\sigma 1} = 115 \text{ кВ}, u_{\sigma 2} = 10 \text{ кВ}$

Базисные токи:

$$I_{\sigma 1} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3}U_{\sigma 1}} = \frac{100}{1,73 \cdot 115} = 0,5 \text{ кА} \quad (16)$$

$$I_{\sigma 2} = \frac{S_{\sigma}}{\sqrt{3}u_{\sigma 2}} = \frac{100}{1,73 \cdot 10,5} = 9,2 \text{ кА}$$

3.1 Расчет токов короткого замыкания для точки К

Сопротивление питающей системы

$$X_{*c} = \frac{S_{\sigma}}{S''} = \frac{100}{500} = 0,2 \quad (17)$$

Индуктивное сопротивление линии 110кВ

$$X_{*11} = X_0 \cdot \ell \frac{S_{\sigma}}{u_{\sigma 1}^2} = 0,4 \cdot 400 \frac{100}{115^2} = 1,21 \quad (18)$$

где X_0 - удельное индуктивное сопротивление линии, Ом/км;

ℓ - длина линии, км;

Активное сопротивление линии 110 кВ

$$r_{*11} = r_0 \cdot \ell \frac{S_{\sigma}}{u_{\sigma 1}^2} = 0,108 \cdot 400 \frac{100}{115^2} = 0,326 \quad (19)$$

где r_0 - удельное активное сопротивление линии, Ом/км;

Индуктивное сопротивление трансформатора ГПП

$$X_{*TP1} = \frac{ик\% \cdot S_{\sigma}}{100 \cdot S_{T.H}} = \frac{17 \cdot 100}{100 \cdot 16} = 1,06 \quad (20)$$

где $S_{T.H}$ - номинальная мощность трансформатора, МВ · А

ик% - напряжение К.З трансформатора.

Индуктивное сопротивление линии 10кВ

$$X_{*13} = X_0 \cdot \ell \frac{S_{\delta}}{u_{\delta 3}^2} = 0,4 \cdot 1,25 \frac{100}{6,3^2} = 1,259 \quad (21)$$

Индуктивное сопротивление кабеля КШВГ

$$X_{*к} = X_0 \cdot \ell \frac{S_{\delta}}{u_{\delta 3}^2} = 0,08 \cdot 0,25 \frac{100}{6,3^2} = 0,05 \quad (22)$$

где ℓ - длина линии, км;

X_0 - удельное индуктивное сопротивление гибкого кобеля, Ом/км;

Активное сопротивление кабеля КШВГ - $3 \times 16 + 1 \times 10$

$$r_{*к} = \rho \frac{\ell}{S} \cdot \frac{S_{\delta}}{u_{\delta 3}^2} = 0,0175 \cdot \frac{0,25}{16} \cdot \frac{100}{6,3^2} = 0,73 \quad (23)$$

Сопротивление синхронного двигателя

$$X_{*cg} = X'' d \frac{S_{\delta}}{S_{c.g}} = 0,2 \cdot \frac{100}{0,52} = 38,4$$

Общее сопротивление от системы до точки К

$$Z'_{*pez} = X_{*c} = 0,2$$

Суммарное индуктивное сопротивление со стороны синхронного двигателя

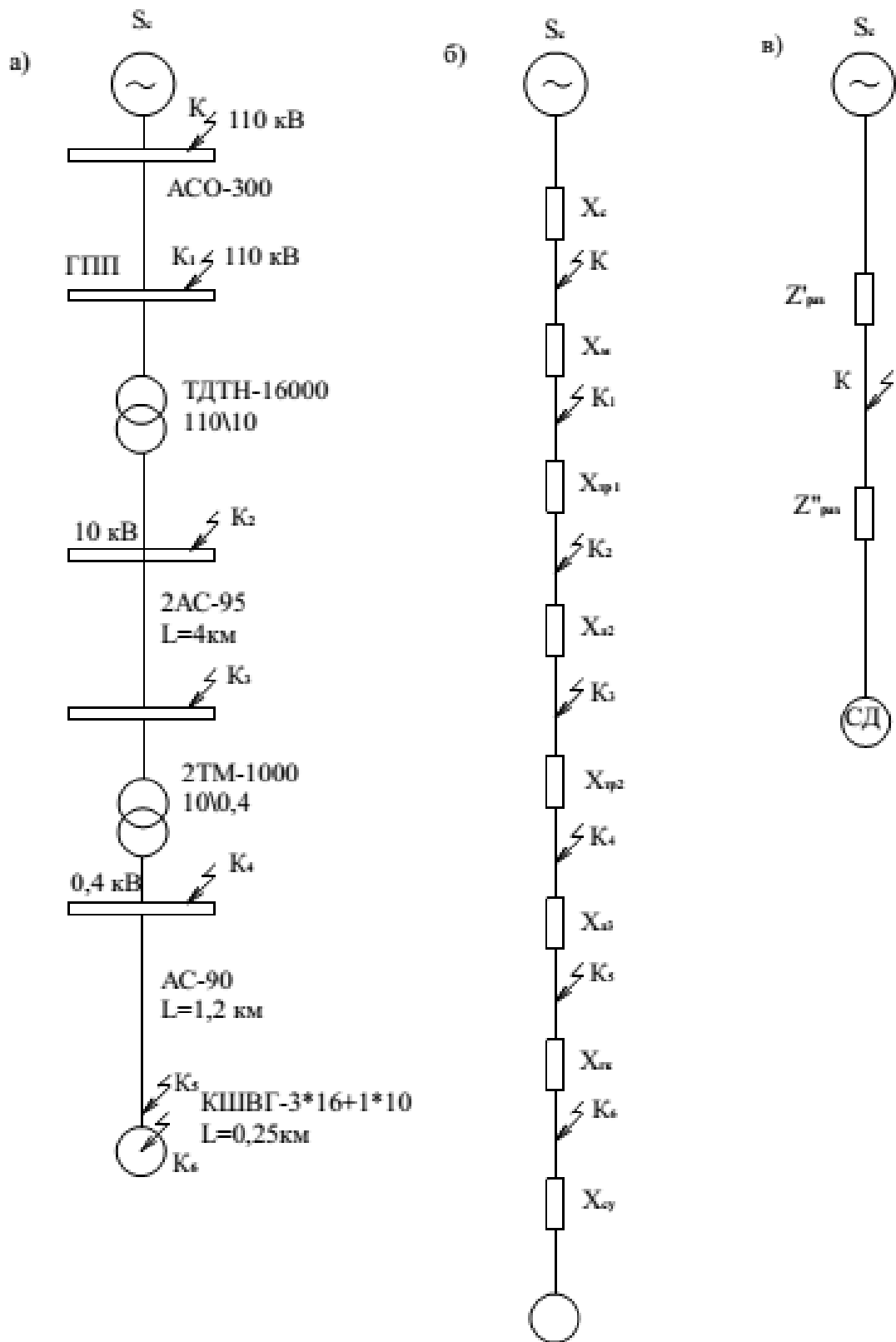
$$\begin{aligned} X_{*1} &= X_{*\wedge 1} + X_{*mp1} + X_{*\wedge 2} + X_{*mp2} + X_{*\wedge 3} + X_{*к} + X_{*cg} = \\ &= 1,21 + 1,06 + 0,117 + 1,5 + 1,259 + 0,05 + 38,4 = 43,596 \end{aligned} \quad (24)$$

Суммарное активное сопротивление со стороны синхронного двигателя

$$r_{*1} = r_{*\wedge 1} + r_{*\wedge 2} + r_{*\wedge 3} + r_{*к} = 0,326 + 0,00005 + 0,62 + 0,73 = 1,676 \quad (25)$$

Так как $\frac{r_{*1}}{X_{*1}} = \frac{1,676}{43,596} = 0,038 < 0,3$; то активным сопротивлением линии

можно пренебречь. Общее сопротивление линии от синхронного двигателя до точки К: $Z''_{xp} = X_{*1} = 43,596$



а – расчетная схема; б – схема замещения; в – упрощенная схема

Рисунок 2 – Расчет токов короткого замыкания

Определяем возможность объединения источников питания системы и синхронного двигателя

$$\frac{S_{*1} \cdot Z'_{*p}}{S_{*2} \cdot Z''_{*p}} = \frac{100 \cdot 0,2}{0,52 \cdot 43,596} = 0,88 \quad (26)$$

Так как выполняется условие объединения ($0,4 \div 2,5$), объединяем источники питания. Выясняем, можно ли пренебречь источником питания меньшей мощности:

$$\frac{Z''_{*p}}{Z'_{*p}} = \frac{43,596}{0,2} > 20 \text{ и } \frac{S_{c.g}}{S_{\sigma}} = \frac{0,52}{100} < 0,05$$

Выполняются обе части условия, поэтому источником меньшей мощности пренебрегаем. Поскольку, мощность системы неизвестна, периодическую составляющую тока короткого замыкания принимаем незатухающей и равной:

$$I_{n.o} = I_{o.2} = I_{\infty} = \frac{I_{\sigma 1}}{Z'_{*p}} = \frac{0,5}{0,2} = 2,5 \text{ kA} \quad (27)$$

$$\text{Следовательно } S_0 = S_{02} = S_{\infty} = \frac{S_{\sigma}}{Z'_{*p}} = \frac{100}{0,2} = 500 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

По рисунку определяем ударный коэффициент $K_y = 1,95$, тогда ударный ток:

$$i_y = k_y \sqrt{2} \cdot I_{n.o} = 1,95 \cdot 1,41 \cdot 2,5 = 6,86 \text{ kA} \quad (28)$$

$$I_y = I_{n.o} \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} = 2,5 \sqrt{1 + 2(1,95 - 1)^2} = 4,48 \text{ kA} \quad (29)$$

Расчет токов К.3. для точки K_1 аналогичен расчету для точки К. Результаты этого расчета сведены в таблицу 4.

3.2 Расчет токов К3 для точки К2

Суммарное индуктивное сопротивление от системы до точки K_2

$$X_{*4} = X_{*c} + X_{*11} + X_{*ТП1} = 0,2 + 1,21 + 1,06 = 2,47$$

Так как отношение $\frac{r_{*4}}{X_{*4}} = \frac{0,326}{2,47} < 0,3$, то активным сопротивлением можно пренебречь

$$Z'_{*рез} = X_{*4} = 2,47$$

Суммарное индуктивное сопротивление от синхронного двигателя до точки K_2

$$X_{*5} = X_{*\wedge 2} + X_{*mp2} + X_{*\wedge 3} + X_{*к} + X_{*сг} = 0,117 + 1,5 + 1,259 + 0,05 + 38,4 = 41,326$$

Суммарное активное сопротивление от синхронного двигателя до точки K_2

$$r_{*5} = r_{*\wedge 2} + r_{*\wedge 3} + r_{*к} = 0,00005 + 0,62 + 0,73 = 1,35$$

Отношение $\frac{r_{*5}}{X_{*5}} = \frac{1,35}{41,326} < 0,3$, следовательно активным сопротивлением можно пренебречь.

Общее сопротивление от синхронного двигателя до точки K_2

$$Z''_{*p} = X_{*5} = 41,326$$

$$\frac{S_{*1} \cdot Z'_{*p}}{S_{*2} \cdot Z''_{*p}} = \frac{100 \cdot 2,47}{0,52 \cdot 41,326} = 11,5 > 2,5,$$

поэтому объединять источники нельзя.

Выясним можно ли пренебречь источником меньшей мощности $\frac{Z''_{*p}}{Z'_{*p}} = \frac{41,326}{2,47} = 16,7 < 20$, значит, пренебречь влиянием синхронного двигателя

на ток короткого замыкания в точке K_2 нельзя. Ток КЗ в точке K_2 будет равен сумме токов, посылаемых системы и синхронного двигателя. Поскольку мощность системы неизвестна периодическую составляющую принимаем незатухающей и равной

$$I_{n.0} = I_{o.2} = I_{\infty} = \frac{I_{\delta.2}}{Z'_{*p}} = \frac{1,6}{2,47} = 0,65 \text{ кА}$$

Следовательно

$$S''_2 = S_{02} = S_{\infty} = \frac{S_{\delta}}{Z'_{*p}} = \frac{100}{2,47} = 40,7 \text{ МВ} \cdot \text{А}$$

Расчетное сопротивление цепи синхронного двигателя, пересчитанную на номинальную мощность

$$X_{*cg} = Z''_{*p} \frac{S_{н.с.г}}{S_{б}} + 0,07 = 41,326 \frac{0,52}{100} + 0,07 = 0,285$$

Кратность токов короткого замыкания для цепи синхронного двигателя:
 $I_{*0} = 4,8$ $I_{*02} = 4$ $I_{*\infty} = 3,3$.

Отсюда находим

$$I_{н.о} = I_{*0} \cdot I_{cg35} = 4,8 \cdot 0,0081 = 0,039 \text{кА} \quad (30)$$

$$I_{0,2} = I_{*02} \cdot I_{cg35} = 4 \cdot 0,0081 = 0,0324 \text{кА} \quad (31)$$

$$I_{\infty} = I_{*\infty} \cdot I_{cg35} = 3,3 \cdot 0,0081 = 0,0267 \text{кА} \quad (32)$$

Следовательно

$$\begin{aligned} S_0 &= I_{*0} \cdot S_{cg} = 4,8 \cdot 0,52 = 2,5 \text{МВ} \cdot \text{А} \\ S_{02} &= I_{*02} \cdot S_{cg} = 4 \cdot 0,52 = 2,08 \text{МВ} \cdot \text{А} \\ S_{\infty} &= I_{*\infty} \cdot S_{cg} = 3,3 \cdot 0,52 = 1,72 \text{МВ} \cdot \text{А} \end{aligned} \quad (33)$$

Ударный коэффициент при $r_{*рас} = 0$, $K_y = 1,95$.

Для системы

$$\begin{aligned} i_y &= 1,95 \sqrt{2} I_{н.о} = 1,95 \cdot 1,41 \cdot 0,65 = 1,79 \text{кА} \\ I_y &= I_{н.о} \sqrt{1 + 2(K_y - 1)^2} = 0,039 \sqrt{1 + 2(1,95 - 1)^2} = 0,065 \text{кА} \end{aligned} \quad (34)$$

Расчет токов короткого замыкания для всех остальных точек аналогичен данному. Результаты расчетов сведены в приложении (таблица А1).

3.3 Выбор электрических аппаратов управления и защиты

3.3.1 Выбор изоляторов

Изоляторы выбираем по напряжению, роду установки и допустимой механической прочности. При выборе по напряжению достаточно выполнение условия $u_{из.н} \geq u_{уст.н}$. При выборе по механической прочности должно выполняться условие $F_{рас} \leq 0,6 F_{раз}$.

$$F_{рас} = 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{\ell}{S} (i_p)^2 = 1,76 \cdot 10^{-2} \frac{150}{40} \cdot 5,7^2 = 2,14 \text{ КГ} \quad (35)$$

Выбираем опорный изолятор ЛВС-10-500, для которого $F_{рас} = 5 \text{ КГ}$.
 $2,14 < 0,6 \cdot 5$ (условие выполняется).

По механической прочности, выбранный изолятор, удовлетворяет условию.

Допустимое значения тока КЗ для данной серии изоляторов

$$i_{p,доп} = 113 \frac{\sqrt{\ell}}{S} = 113 \frac{\sqrt{150}}{40} = 34,6 \text{ кА} \quad (36)$$

$$i_p < i_{p,доп} (5,7 < 34,6), \text{ условие выполняется.}$$

Остальные изоляторы рассчитываются и выбираются аналогично. Результаты выбора представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Выбор изоляторов

Место установки	ГПП		КТП		Пром. площадка		Освещение
	110кВ	10кВ	10 кВ	10 кВ	10 кВ	0,4кВ	
Напряжения	110кВ	10кВ	10 кВ	10 кВ	10 кВ	0,4кВ	0,4кВ
Опорные изоляторы	ОНС	ОНС	ОНС	ОФ	ОФ	ОФ	ОФ
	110/20000	105/500	10500	10/375	10/37	1/375	1/375
Проходные изоляторы	5МЛ-90	ПН-10	П-10	П-10			
	110/500	1600/750	630/735	100/750			

3.3.2 Выбор высоковольтных выключателей

Выбор производим по следующим параметрам:

- по номинальному напряжению $u_{н.выкл} \geq u_{н.уст}$;
- по номинальному току $I_{н.откл} > I_{откл}$;
- по току или мощности отключения $I_{н.выкл} \geq u_{р.мах}$ или $S_{н.откл} > u_{откл} \cdot$

В расчетах принимаем, что при $\tau_{откл} \geq 0,1с$ $I_{откл} = I''_{к.з}$;

при $\tau_{откл} < 0,1с$ $I_{откл} = 1,1I''_{к.з}$;

Проверяем выключатели на действие токов КЗ:

- $i_{\max} \geq i_y^{(3)}$ - на электродинамическую устойчивость

- $I^2 t \geq I_{\infty}^2 \tau$ - на термическую устойчивость

где $t = 1,5c$ - время К.З

Выключатели нагрузки и разъединители выбираем по тем же параметрам, что и высоковольтные выключатели. Результаты выбора занесены в таблицу 5.

3.3.3 Выбор предохранителей

Плавкие предохранители выбираются по следующим параметрам:

- по номинальному напряжению $u_{н.пр} \geq u_{н.уст}$

- по номинальному отключаемому току $I_{пр.от} \geq I''_{к.з}$;

- по номинальному току плавкой вставки $I_{\phi} \geq I_z$ и $I_{\phi} \geq \frac{I_{\max}}{\alpha}$

где I_p - минимальный ток рабочей цепи;

$\alpha = 1,6 \div 2,5$ коэффициент, зависящий от типа электроприемника и пускового режима.

Данные расчетов сведены в таблицу 5.

3.3.4 Выбор трансформаторов тока

Выбор проводим по следующим условиям:

а) $u_{Н.Т} \geq u_{Н.УСТ}$ $I_{Н.Т} \geq I_{P.\max}$,

где $u_{Н.Т}$ - номинальное напряжение трансформатора тока, В;

$I_{Н.Т}$ - номинальный ток первичной обмотки трансформатора тока, А.

б) Выбираем по классу точности

в) Проверку на динамическую устойчивость производим по выражению

$$K_{gш} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{Н.Т} \geq I_y^{(3)}$$

г) Проверку на термическую устойчивость проводим по выражению

$$I_{Н.Т} \cdot K \cdot \kappa \geq I_{\infty} \sqrt{\tau_{ср}},$$

где $\kappa \tau = 1c$ - кратность односекундной термической устойчивости.

3.3.5 Выбор трансформаторов напряжения

Трансформаторы напряжения выбираем по номинальному первичному напряжению, роду установки, конструкции, классу точности вторичной нагрузке. Выбор производим аналогично выбору трансформаторов тока. Данные выбора сведены в приложении (таблица Б1).

По расчетным данным построены схемы электроснабжения участка ЦППР, вахтового поселка и аффинажа (Приложение В, рисунок В1-В2).

3.4 Защита подстанций от атмосферных перенапряжений

Для защиты ГПП от прямых ударов молний предусматривается молниеотвод.

Определяем зону защиты молниеотвода состоящего из двух стержней

$$r_x = ha - \frac{0,8}{1 + \frac{hx}{h}} = 15 - \frac{0,8}{1 + \frac{25}{12}} = 12,7M \quad (37)$$

где h_x - высота защищаемого объекта, м.

h - высота молниеотвода, м.

ha - активная высота молниеотвода, м.

Высота троса, расположенного по центру стоек молниеотвода

$$h_{тр} = h - \frac{a}{4} = 40 - \frac{40}{4} = 30M \quad (38)$$

где a - расстояние между тросовыми молниеотводами, м.

Для защиты КТП-10 предусматривается стержневой молниеотвод.

Зона защиты стержневого молниеотвода

$$r_x = ha - \frac{1,6}{1 + \frac{hx}{h}} = 5 - \frac{1,6}{1 + \frac{10}{15}} = 4,8M \quad (39)$$

где h_x - высота защищаемого объекта, м;

h - высота молниеотвода, м;

ha - активная высота молниеотвода, м.

3.5 Расчет защитного заземления

Согласно ПТЭ и ПБ предусматривается заземление корпусов всех электроустановок рудника. Для обеспечения надежного заземления сооружается заземляющее устройство, состоящего из центрального заземления на ГПП и местных заземлений на подстанциях и распределительных пунктах. Общее сопротивление заземляющего устройства не должно превышать 4 Ом. Длина заземляющих проводников передвижных электроустановок не должна превышать 2 км до ближайшего местного заземлителя.

Суммарная длина воздушных ЛЭП-10кВ - 7,5км. Суммарная длина кабельных сетей - 4,25 км.

Ток однофазного замыкания на землю

$$I_3 = \frac{u(35\ell_{\kappa} + \ell_{\sigma})}{350} = \frac{10(35 \cdot 4,25 + 7,5)}{350} = 2,68A \quad (40)$$

где u - напряжение сети, кВ.

Сопротивление заземляющего провода на ЛЭП-10кВ до трансформатора 6/0,4 кВ (индуктивным сопротивлением пренебрегаем).

$$K_{np1} = 0,8 r_0 = 0,8 \cdot 2,75 = 2,2\text{Ом}$$

где r_0 - сопротивление заземляющей шины, Ом.

Сопротивление заземляющей жилы кабеля

$$R_{np2} = \frac{\ell_{\kappa}}{j \cdot g_{\kappa}} = \frac{250}{54,3 \cdot 25} = 0,18\text{Ом}$$

где j - удельная проводимость материала заземляющей жилы кабеля, $1/\text{мкОм} \cdot \text{м}$;

g_{κ} - сечение заземляющей жилы кабеля, мм^2

Сопротивление заземлителя

$$R_3' = R_3 - \sum R_{np} = 4 - (2,2 + 0,18) = 1,62\text{Ом}$$

Центральный заземляющий контур выполнен из стальных труб диаметром $d_{TP} = 5,8\text{см}$ длиной $\ell_{TP} = 300\text{см}$, соединенных между собой стальным прутом диаметром $d_{TP} = 1\text{см}$, расстояние между трубами $\ell_{TP} = 600\text{см}$. Трубы и соединительный прут заглублены на $h = 50\text{см}$ от поверхности земли. Грунт имеет удельное сопротивление $\rho = 0,4 \cdot 10^4 \text{Ом} \cdot \text{см}$. Повышающий коэффициент $K_{\max} = 1,5$.

Сопротивление одного элемента

$$K_{\text{эл}} = 0,366 \frac{K_{\text{max}} \cdot \rho}{\ell_{\text{ТР}}} \left(\ell_g \frac{2\ell_{\text{ТР}}}{d_{\text{ТР}}} + \frac{1}{2} \ell_g \frac{4h' + \ell_{\text{ТР}}}{4h' - \ell_{\text{ТР}}} \right) = 0,366 \cdot \frac{1,5 \cdot 0,4 \cdot 10^4}{300} \left(\ell_g \frac{2 \cdot 300}{5,8} + \frac{1}{2} \ell_g \frac{4 \cdot 200 + 300}{4 \cdot 200 - 300} \right) = 13,4 \text{ Ом}$$

где $h' = \frac{\ell_{\text{ТР}}}{2} + 50 = \frac{300}{2} + 50 = 200 \text{ см}$ - расстояние от поверхности до центра заземлителя.

Ориентированное число труб

$$m_{\text{эл}} \cdot \eta_{\text{эк}} = \frac{K_{\text{эл}}}{K_3'} = \frac{13,4}{1,62} = 9 \text{ труб}$$

По таблице [4] для $\frac{L_{\text{ТР}}}{\ell_{\text{ТР}}} = \frac{600}{300} = 2$ и расположение их по контурам

$$\eta_{\text{ЭК}} = 0,68.$$

Количество труб с учетом коэффициента экранирования

$$m_{\text{эл}} = \frac{9}{\eta_{\text{ЭК}}} = \frac{9}{0,68} = 14 \text{ труб}$$

Длина соединительного прута

$$\ell_{\text{ПР}} = 1,05 \cdot m_{\text{эл}} \cdot L_{\text{ТР}} = 1,05 \cdot 14 \cdot 6 = 88 \text{ м}$$

Сопротивление растеканию соединительного прута

$$K_{\text{пр}} = 0,366 \cdot \frac{K_{\text{max}} \cdot \rho}{\ell_{\text{пр}}} \cdot \ell_g \cdot \frac{2\ell_{\text{пр}}^2}{d_{\text{пр}} \cdot h} = 0,366 \cdot \frac{1,5 \cdot 0,4 \cdot 10^4}{8800} \cdot \ell_g \cdot \frac{2 \cdot 8800^2}{1 \cdot 50} = 1,619 \text{ Ом}$$

где ρ - удельное сопротивление грунта, $\text{Ом} \cdot \text{см}$;

K_{max} - повышающий коэффициент;

h - заглубка заземляющего контура, см

Сопротивление заземлителя с учетом коэффициента экранирования

$$K_3'' = \frac{1}{\frac{\eta_{\text{ЭКП-пр}}}{K_{\text{пр}}} + \frac{m_{\text{эл}} \cdot \eta_{\text{ЭК}}}{K_{\text{эл}}}} = \frac{1}{\frac{0,34}{1,619} + \frac{14 \cdot 0,65}{13,4}} = 1,12 \text{ Ом}$$

где $\eta_{\text{ЭК}} = 0,65$ принято из таблицы [4] для 14 труб.

Сопротивление защитного заземления наиболее удаленного приемника 0,4 кВ

$$R_{3(0,4)} = R_3'' + \sum R_{\text{пр}} = 1,12 + 2,2 + 0,18 = 3,5 \text{ Ом} < 4 \text{ Ом}$$

Сопротивление заземляющей жилы кабеля

$$R_k = \frac{l_k}{j \cdot g_k} = \frac{250}{54,3 \cdot 10} = 0,46 \text{ Ом}$$

где j - удельная проводимость материала заземляющей жилы кабеля
 g_k - сечение заземляющей жилы кабеля, мм^2 .

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Дипломная работа посвящена реконструкцию систем электроснабжения рудника «Харасан-2» ТОО «Байкен-У». Компания осуществляет добычу природного урана на участке Харасан-2 месторождения Северный Хорасан в Кызылординской области. В работе были получены следующие основные результаты.

В работе решались вопросы электроснабжения нескольких участков добычи, вахтового поселка и ЦА. При этом учитывались схемы питания других потребителей, таким образом методом коэффициента спроса вычислена электрическая нагрузка, которая составила на напряжение 0,4 кВ: $P_{p0,4}=1227$ кВт, $Q_{p0,4}=1268$ кВАр и $S_{p0,4}=1740$ кВА.

Для этих потребителей выбраны силовые трансформаторы (1000 кВА, 400 кВА и 160 кВА) в количестве 5 штук, питающие кабели, которые проверены по потере напряжения. Выбраны и проверены воздушные провода, составлена расчетная схема по токам короткого замыкания, выбраны высоковольтные коммутационные аппараты: вводные выключатели; секционный выключатель; выключатели нагрузки; выключатели отходящих линий, выбраны измерительные приборы, трансформаторы тока и напряжения. В разделе электробезопасности рассчитаны молнизащита подстанции и защитное заземление.

СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий; учебник для студентов высших учебных заведений/ Б.И. Кудрин. -М.: Интернет Инжиниринг, 2007. -672 с.
- 2 Алиев И.И. Справочник по электротехнике и электрооборудованию. Ростов на/Д.: Феникс, 2004.
- 3 Электротехнический справочник: В 4 т./Под общ. ред. Герасимова и др. -М.: Издательство МИЭ, 2004.
- 4 Федоров А. А. Основы электроснабжения промышленных предприятий: Учебник для вузов / А. А. Федоров, В. В. Каменева. – 4-е изд., перераб. и доп. –М.: Энергоатомиздат, 1984. – 472 с.
- 5 Правила технической эксплуатации и правила техники безопасности (ПТЭ и ПТБ)/ под ред. Парамонова А. И. - г. Алматы: Издательство Капитал, 2016. - 103 с.
- 6 Справочник по проектированию электроснабжения/под. ред. Ю.Г.Барыбина. - М.: Энергоатомиздат, 1990.- с.123-129.
- 7 Справочник по электроснабжению и электрооборудованию.Т.1, Т.2. Электроснабжение/ под.ред. А.А.Федорова.- М.,1986.- с.162-187.
- 8 Справочник по проектированию электрических сетей и электрооборудования/под.ред. Ю.Г. Барыбина,-М.: Энергоатомиздат,1990., с 238-245.
- 9 Надежность электроснабжения промышленных предприятий/ Е.А.Конюхова, Э.А. Киреева - М.: ТНФ «Энергопрогресс», «Энергетик»,2001., стр 42.
- 10 Электробезопасность. Теория и практика: учебное пособие для вузов/ П.А.Долин, В.Т.Медведева.-2-е изд., перераб. и доп.-М.: Издательский дом МИЭ, 2008.-272с.
- 11 Казаков В.А. Электрические аппараты. Учеб. пособие для студентов высш. учеб. заведений.- М.: ИП РадиоСофт, 2010.-372 с.:
- 12 Расчет коротких замыканий и выбор электрооборудования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений/ И.П. Крючков, Б.Н.Неклепаев, В.А.Старшинов и др.; под ред. И.П.Крючкова и В.А. Старшинова.-2-е изд., стер.-М.: Издательский центр «Академия», 2006.-416с.
- 13 <http://www.baiken-u.kazatomprom.kz/ru;>
- 14 [http://www.uranenergo.kazatomprom.kz/ru/subcontent/istoriya-kompanii-1-7.](http://www.uranenergo.kazatomprom.kz/ru/subcontent/istoriya-kompanii-1-7)

ПРИЛОЖЕНИЕ А

Таблица А1 – Сводная таблица расчетов токов короткого замыкания

	Питание точек КЗ	X_* или Z_*	S_0 МВА	S_{02} МВА	S_∞ МВА	I_0 кА	I_{02} кА	I_∞ кА	i_y кА	I_y кА
K	От системы	0,2	500	500	500	2,5	2,5	2,5	6,86	4,48
	От синхронного двигателя	43,6								
	Итого		500	500	500	2,5	2,5	2,5	6,86	4,48
K_1	От системы	0,76	131,6	131,6	131,6	0,66	0,66	0,66	1,83	1,11
	От синхронного двигателя	42,4								
	Итого		131,6	131,6	131,6	0,66	0,66	0,66	1,83	1,11
K_2	От системы	2,47	40,7	40,7	40,7	0,65	0,65	0,65	1,79	1,09
	От синхронного двигателя	41,3	2,5	2,06	1,72	0,039	0,032	0,0261	0,107	0,065
	Итого		43,2	42,76	42,42	0,689	0,682	0,687	1,896	1,155
K_3	От системы	2,58	38,8	38,8	38,8	0,62	0,62	0,62	1,7	1,035
	От синхронного двигателя	41,09	2,5	2,08	1,72	0,039	0,032	0,027	0,107	0,065
	Итого		41,3	40,86	40,52	0,659	0,652	0,647	1,807	1,1
K_4	От системы	4,48	22,3	22,3	22,3	2,05	2,05	2,05	5,7	3,43
	От синхронного двигателя	40,69	2,7	2,18	1,77	0,24	0,2	0,164	0,66	0,4
	Итого		25	24,48	24,07	2,29	2,25	2,214	6,36	3,83
K_5	От системы	6,72	14,9	14,9	14,9	1,37	1,37	1,37	3,76	2,29
	От синхронного двигателя	38,45	2,81	2,38	1,8	0,258	0,214	0,166	0,71	0,432
	Итого		17,71	17,24	16,7	1,628	1,584	1,536	4,47	2,722
K_6	От системы	6,77	14,75	14,75	14,75	1,356	1,352	1,356	3,7	2,26
	От синхронного двигателя	38,4	2,83	2,39	1,84	0,26	0,22	0,16	0,715	0,434
	Итого		17,58	17,14	15,59	1,616	1,576	1,516	4,415	2,694

ПРИЛОЖЕНИЕ Б

Таблица Б1 - Выбор высоковольтных электрических аппаратов

Типы электрических аппаратов	Паспортные данные						Расчетные данные						
	u_H кВ	I_H А	Предельные значения		Ударный ток		Ток терм. устой	u_H кВ	I_H А	Предельные значения		Ударный ток	
			$S_{к.з}$ мВА	$I_{к.з}$ кА	i_y кА	I_y кА				$S_{к.з}$ мВА	$I_{к.з}$ кА	i_y кА	I_y кА
РЛНД-110/600У1	110	600	-	-	50	29	10	110	61	-	-	6,8	4,48
МКП-110М-630-20У1	110	630	3500	18,	50	13	13	110	61	500	2,5	6	4,48
КЗ-110У-У1	110	3200	-	4	-	-	-	110	2500	-	-	6,8	-
ОД-110/1000У1	110	0	-	-	-	-	-	110	61	-	-	6	-
РВС-110М	110	1000	-	-	-	-	-	110	-	-	-	-	-
ТФНД-110МУ1	110	600	-	-	-	-	-	110	61	-	-	-	-
		800		-								-	-
РЛНДА-10/630У1	10	630	-	-	21	24	10	242	242	-24,48	-	6,3	3,83
ВМП-10-630-20У3	10	630	350	20	52	-	14	10	242	2,5	2,29	6	3,83
ВММ-10-400-10У2	10	400	350	20	52	-	14	10	155	25	2,2	6,3	3,83
РВ-10/400	10	400	120		50	20	10	10	63	17,7	2,2	6	3,83
ВН ₃ -16У3	10	400	120		30	17	10	10	57	-		6,3	2,72
ПК-10-50/50-12,5У3	10	50	-	-	-	-	-	10	45,1	-	-	6	-
ПК-10/10	10	300	-	-	-	-	-	10	242	-	-	6,3	-
АВ-45	10	400	-	-	-	-	-	0,4	346		-	6	-

ПРИЛОЖЕНИЕ В

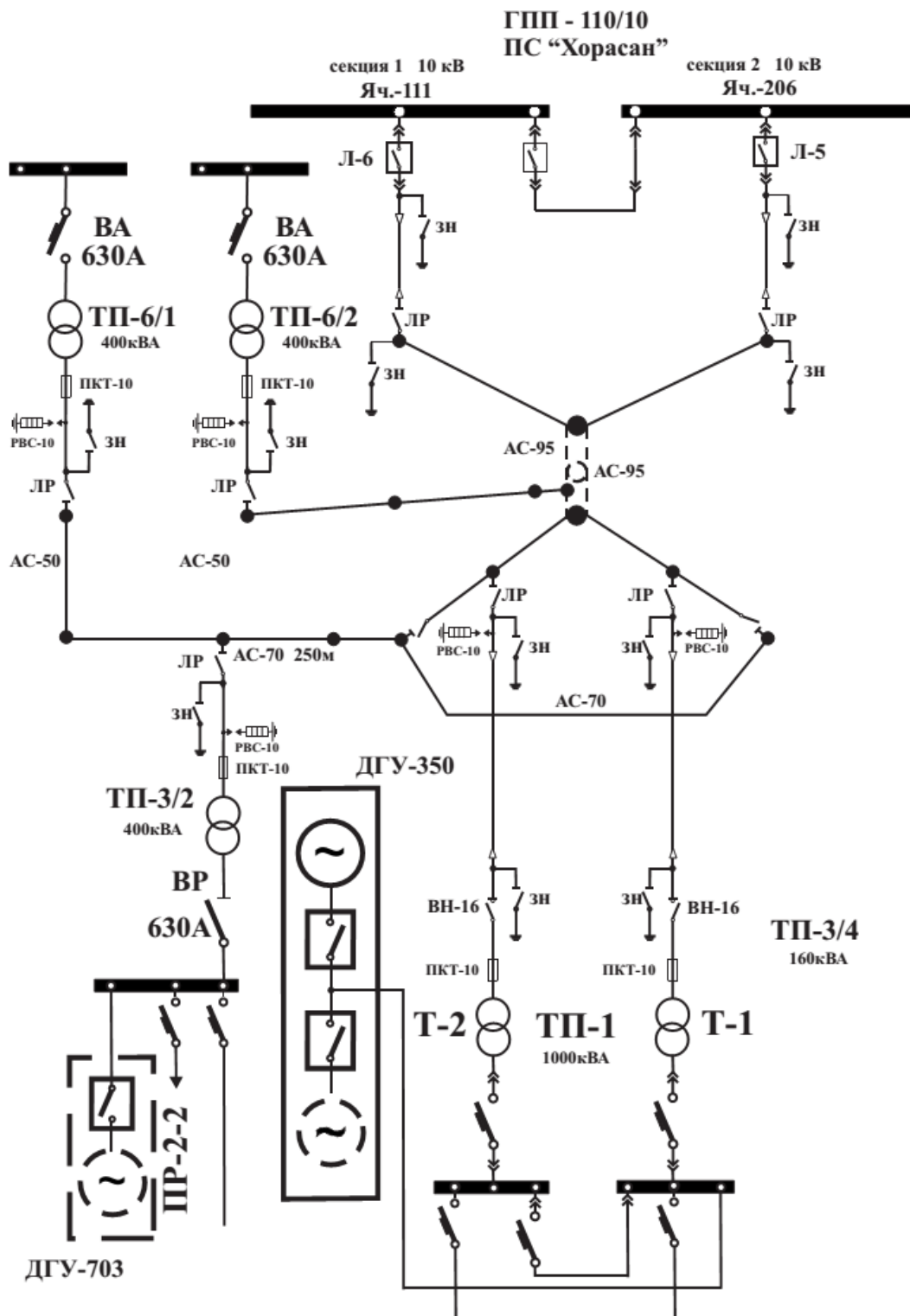


Рисунок В1 – Схема электроснабжения участка ЦППР

ПРИЛОЖЕНИЕ В

Рисунок В2 – Схема электроснабжения вахтового поселка и участка аффинажа

