

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т. Басенова

Кафедра «Энергетика»

Жумалиев Е.Н.

Способы определения мест повреждения кабельных линий

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

специальность 5В071800 – Электроэнергетика

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т. Басенова

Кафедра «Энергетика»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ

И.о. заведующего кафедрой
доктор PhD, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев
" 15 " 05 2019 г.

ДИПЛОМНАЯ РАБОТА

На тему: «Способы определения мест повреждения кабельных линий »

по специальности 5В071800 – Электроэнергетика

Выполнил

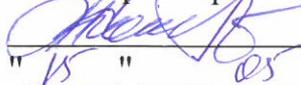


Жумалиев Е.Н.

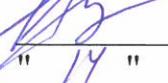
Рецензент

КазАТК, доцент кафедры

«Электроэнергетики», PhD

 Ж.Ж. Калиев
" 15 " 05 2019 г.

Научный руководитель
лектор

 Т.С. Малдыбаева
" 14 " 05 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

СӘТБАЕВ УНИВЕРСИТЕТІ

Институт архитектуры, строительства и энергетики им. Т. Басенова

Кафедра «Энергетика»

5B071800 – Электроэнергетика

УТВЕРЖДАЮ

И.о. заведующего кафедрой
доктор PhD, ассистент профессор

 Е.А. Сарсенбаев

" 28 " 01 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломной работы

Обучающемуся Жумалиеву Ерсултану Нурбулатовичу

Тема: *«Способы определения мест повреждения кабельных линий»*

Утверждена приказом проректора по академической работе № 1210-б .
от « 30 » октября 2018 г.

Срок сдачи законченного проекта: «6» мая 2019 г.

Исходные данные к дипломному проекту: «Электроцех с различными видами электроприёмников в АО «ЖайықТеплоЭнерго».

Перечень подлежащих разработке в дипломном проекте вопросов:

а) Расчёт электроснабжения электроцеха;

б) Выбор системы защиты и распределения электрической энергии;

в) Анализ методов нахождения повреждений кабельных линий;

г) Технико-экономический расчет;

д) Электробезопасность;

Перечень графического материала: Графический материал представить в виде презентации.

Рекомендуемая основная литература: 20 наименований.

ГРАФИК
подготовки дипломной работы

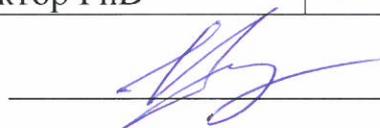
Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю и консультантам	Примечание
Расчёт электроснабжения электроцеха	11.03.2019	нет
Выбор системы защиты и распределения электрической энергии	18.03.2019	нет
Анализ методов нахождения повреждений кабельных линий	08.04.2019	нет
Технико-экономический расчет	15.04.2019	нет
Электробезопасность	22.04.2019	нет

Подписи

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

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. Степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Основная часть	Малдыбаева Т.С. Лектор	14.05.19	
Технико-экономический расчет	Малдыбаева Т.С. Лектор	14.05.19	
Электробезопасность	Малдыбаева Т.С. Лектор	14.05.19	
Нормоконтролер	Балгаев Н.Е. доктор PhD	14.05.19	

Научный руководитель



Малдыбаева Т.С.

Задание принял к исполнению обучающийся



Жумалиев Е.Н.

Дата

"15" мая 2019 г.

АННОТАЦИЯ

В данной дипломной работе был произведен обзор методов нахождения повреждений кабельных линий, проведен расчёт электроснабжения электрического цеха, выбрана система распределения электрической энергии, а также система защиты, способствующая обеспечить надёжности работы электрооборудования.

АҢДАТПА

Дипломдық жұмыста кабельдік желілердің зақымданғанын анықтау әдістеріне шолу жасалды, электр цехын электрмен жабдықтаудың есебі жүргізілді, электр энергиясын бөлу жүйесі таңдалды, сондай-ақ электрлік жабдықтардың сенімділігін қамтамасыз ету үшін қорғау жүйесі таңдалды.

ANNOTATION

In this thesis work, a review was made of methods for finding damage to cable lines, the calculation of the electrical supply of the electrical shop was made, the system of distribution of electrical energy was selected, as well as a protection system to help ensure the reliability of electrical equipment.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	7
1 Основная часть. Расчёт электроцеха	8
1.1 Расчет электрических нагрузок цеха	8
1.2 Выбор трансформатора	15
1.3 Компенсация реактивной мощности	15
1.4 Выбор защитной аппаратуры	16
1.5 Выбор распределительных шин и шкафов	20
1.6 Выбор сечения проводов и кабелей	21
1.7 Расчёт тока короткого замыкания	24
2 Специальная часть. Обзор методов повреждения кабельных линий	27
2.1 Виды и характеры повреждения кабельных линий	27
2.2 Инструкция для определения место повреждения кабельной линии	27
2.3 Импульсный метод	29
2.4 Петлевой метод	30
2.5 Емкостный метод	31
2.6 Индукционный метод	32
2.7 Акустический метод	33
3 Экономическая часть	35
4 Электробезопасность при работе с кабелем	39
Заключение	43
Список использованной литературы	44

ВВЕДЕНИЕ

В современном мире технологии охватывают каждую из существующих сфер деятельности человека, вне зависимости от предпочтений, пола, возраста или социального статуса субъектов. С каждым днем количество пользователей непрерывно растет, укрепляя дефицит различных рода приспособлений и гаджетов настолько, насколько дефицит электроэнергии, подпитывающей их. Ввиду чего, инфраструктуры многих государств по всему миру продолжают интенсивно разрастаться, с целью удовлетворить запросы потребителей. Но, как всем известно, ресурсы Земли, а в особенности полезные ископаемые, на которых зиждится большая часть нынешнего энергетического сектора, и пространство для размещения предприятий, ограничены. А поскольку, застройка оставшегося свободного пространства цехами и фабриками не представляется опцией, людям остается лишь сооружать более мощные, производительные и эффективные предприятия для поддержания баланса между производимым и потребляемым продуктом.

Однако данный выбор также сопровождается рядом неоднозначных проблем, препятствующих достижению желаемого результата. Одной, из которых, является обеспечение надежности технологического процесса после запуска объекта в дальнейшую эксплуатацию. Данный вопрос охватывает различные аспекты функционала любого предприятия, начиная с бесперебойного питания, и заканчивая защитным оборудованием. Если рассматривать конкретно надежность электроснабжения, то она включает в себя весь путь со станции, генерирующей электроэнергию, и до электроприёмников, установленных на территории предприятия. Согласно нормам и стандартам, прописанным в ГОСТ РК, расстояние между предприятиями, подстанцией и генерирующей станцией составляет десятки, а то и сотни километров. Связующим же элементом, по которому электроэнергия доходит до потребителей, являются воздушные линии, кабели и провода. А поскольку без них транспортировка электричества не представляется возможной, их можно считать одним из важнейших составляющих электроснабжения, как пользователей, так и предприятий. Ввиду этого, к данным элементам также предъявляются требования по надежности и безопасности.

Существуют различные критерии, по которым кабели и провода признаются надежными, а затем отпускаются в эксплуатацию и используются на протяжении многих лет. Но так как, все вещества на планете поддаются явлениям распада и старения, а также не застрахованы от форс-мажорных обстоятельств, по техническому регламенту строго рекомендуются постоянная диагностика и профилактика кабельных линий и проводов. Ввиду остроты и важности данного вопроса, текущая дипломная работа посвящена способам определения мест повреждения кабельных линий.

1 Основная часть

1.1 Расчет электрических нагрузок цеха

Под электрической нагрузкой понимают электрический ток и мощность электрического приемника, завода или предприятия в целом, города и т. д. Бывают следующие значения электрических нагрузок: среднее значение для наиболее сильно нагруженного слоя $P_{см}$; расчетная максимальная P_p ; короткой продолжительностью 1-2 секунды. - $P_{пик}$.

Электрические нагрузки используются для выбора и проверки действующих компонентов (шин, кабелей, проводов), силовых трансформаторов и преобразователей для пропускной способности (обогрева), а также для расчета колебаний, потерь и отклонений напряжения, для выбора устройств защиты и балансировки.

Расчет электрических нагрузок начинается с определения номинальной мощности $P_{ном}$ каждого электрического приемника независимо от его технологического процесса. Затем рассчитывают среднюю потребляемую мощность (во время наиболее интенсивно используемой смены) и максимальную расчетную мощность площадки, цеха или объекта в целом.

Данные об электроприемниках цеха приведены в таблице 1.1

Таблица 1.1 – Начальные данные ЭП

№ по плану	Наименование оборудования	Установленная мощность ЭП, P, кВт	$K_{н}$	$\cos\varphi$
11, 2, 3, 4	Пресс горячештамповочный	16	0,25	0,65
31, 32	Испытательные стенды	4	0,15	0,6
41, 42	Пресс холодного выдавливания	6	0,25	0,65
7, 8	Токарные автоматы	8	0,12	0,5
9, 15, 17, 29	Электроимпульсный станок	12	0,15	0,6
18, 23, 27, 36	Вентилятор	32	0,6	0,8
30, 35	Гильотинные ножницы	45	0,25	0,65
1, 45	Кран с ПВЭ-25%	52	0,1	0,5
10, 12, 13	Фрезерный станок	27	0,25	0,65
25, 37, 38	Сверлильный станок	33	0,25	0,65

Продолжение таблицы 1.1.

5, 6	Электропечь колпаковая	30	0,6	0,95
34, 39, 43, 44	Установка плазменного нагрева	18	0,35	0,5
33, 21	Пресс чеканочный	12	0,25	0,65
20, 22, 28	Шахтная электропечь	12	0,6	0,95
14, 24	Установка высокой частоты	28	0,35	0,5
16, 19, 26	Ковочная машина	14	0,15	0,6

1. Число m записываемое в графе 6 определяется по формуле:

$$m = \frac{P_{нmax}}{P_{нmin}}, \quad (1.1)$$

где $P_{нmax}$ и $P_{нmin}$ - номинальные активные мощности наибольшего и наименьшего ЭП. Необходимо и достаточно определить $m > 3$ или $m \leq 3$.

2. В графе 9 подсчитывается средняя активная нагрузка за наиболее загруженную смену для каждой характерной подгруппы ЭП по формуле:

$$P_{см} = K_u \cdot P_n. \quad (1.2)$$

3. То же самое в графе 10, но для реактивной нагрузки:

$$Q_{см} = P_{см} \cdot tg\varphi. \quad (1.3)$$

4. Для определения итоговой нагрузки узла для ЭП группы «А»:

$$K_u = \frac{\sum P_{см}}{\sum P_{ном}}. \quad (1.4)$$

5. Подсчитываем $n_{эф}$ - эффективное число ЭП:

а) при $m \leq 3$: $n_{эф}$ принимается равным $n_{эф} = n$;

б) при $m > 3$ и групповом коэффициенте $K_u > 0,2$ определяется по формуле:

$$n_{эф} = \frac{2 \sum_i^n P_n}{P_{n \max}} ; \quad (1.5)$$

в) при $K_u < 0,2$, эффективное число ЭП определяется по справочникам.

6. Графа 12 - определяется по таблицам, в зависимости от $n_{эф}$ находится коэффициент максимума K_m .

7. Графа 13 - максимальная получасовая нагрузка от силовых от ЭП узла:

$$P_M = K_M \cdot P_{см} . \quad (1.6)$$

8. Графа 14, то же что и в графе 18, но для реактивной мощности:

$$\text{а) при } n_{эф} \leq 10; \quad Q_M = 1.1 \cdot Q_M , \quad (1.7)$$

$$\text{б) при } n_{эф} > 10; \quad Q_M = Q_M . \quad (1.8)$$

9. Графа 15 - максимальная полная нагрузка расчетного узла питания определяется по формуле:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} . \quad (1.9)$$

10. Графа 16 расчетный максимальный ток:

$$I_M = \frac{S_M}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} . \quad (1.10)$$

Произведём расчёт для одного из ЭП.

ШРА-3 гильотинные ножницы – электроприёмник №30:

$$P_{уст} = 45 \text{ кВт},$$

$$K_{И} = 0,25,$$

$$\cos\varphi = 0,65.$$

Средняя нагрузка за максимально загруженную смену:

$$P_{см} = K_{И} \times P_{н}, \quad (1.11)$$

$$P_{см} = 45 \times 0,25 = 11,25 \text{ кВт}.$$

$$Q_{\text{см}} = P_{\text{см}} \times \text{tg}\varphi, \quad (1.12)$$

$$Q_{\text{см}} = 11,25 \times 1,17 = 13,16 \text{ кВт.}$$

Где $K_{\text{и}}$ – коэффициент использования;
 $\cos\varphi$ и $K_{\text{и}}$ – выбираем из таблицы.

$$\text{tg}\varphi = \text{tg}(\arccos(\cos\varphi)), \quad (1.13)$$

$$\text{tg}\varphi = \text{tg}(\arccos(0,65)) = 1,17.$$

$K_{\text{м}}$ – коэффициент максимума находим из графика (таблицы),
 зависимость $K_{\text{и}} = f(n_{\text{э}})$.

Подсчитываем $n_{\text{эф}}$ – эффективное число ЭП:

а) при $m \leq 3$: $n_{\text{эф}}$ принимается равным $n_{\text{эф}} = n$;

б) при $m > 3$ и групповом коэффициенте $K_{\text{г}} > 0,2$ определяется по формуле:

$$n_{\text{эф}} = \frac{2 \sum_i^n P_{\text{и}}}{P_{\text{и max}}} ; \quad (1.14)$$

в) при $K_{\text{г}} < 0,2$ то эффективное число ЭП определяется по справочникам.

$n_{\text{э}}$ – эффективное число ЭП, зависит от:

$$m = P_{\text{макс}} / P_{\text{мин}}, \quad (1.15)$$

$$m = 45 / 4 = 11,25.$$

Следовательно, выполняется условие, где $m > 3$, тогда:

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \times \sum P_{\text{и}}}{P_{\text{макс}}}, \quad (1.16)$$

$$n_{\text{э}} = \frac{2 \times 237}{45} = 9.$$

Рассчитываем $P_{\text{м}}$ – максимальная активная мощность:

$$P_{\text{м}} = K_{\text{м}} \times P_{\text{см}}, \quad (1.17)$$

$$P_{\text{м}} = 84,53 \times 0,36 = 124,26 \text{ кВт.}$$

Рассчитываем Q_M – максимальная реактивная мощность при условии:

а) при $n_3 \leq 10$,

$$Q_M = 1,1 \times Q_{CM}; \quad (1.18)$$

б) при $n_3 > 10$,

$$Q_M = Q_{CM}; \quad (1.19)$$

$$Q_M = 1,1 * 92,33 = 101,56 \text{ квар.}$$

S_M – полная мощность:

$$S_M = \sqrt{P_M^2 + Q_M^2} \quad (1.20)$$

$$S_M = \sqrt{124,26^2 + 101,56^2} = 160,48 \text{ кВА.}$$

Расчетный ток по формуле:

$$I_{P.M} = \frac{S_M}{\sqrt{3} \times U_H}, \quad (1.21)$$

$$I_P = \frac{160,48}{\sqrt{3} \times 380} = 246,97 \text{ А.}$$

Номинальное напряжение принимаем равным 380 В:

$$U_H = 380 \text{ В.}$$

Произведены расчеты электрических нагрузок для одного ЭП, а остальные рассчитаны аналогично, и расчеты сведены в таблицу 1.2. Расположение всех электроприёмников внесены в план электроцеха (рис. 1.1).

Таблица 1.2 – Расчёт электрических нагрузок цеха

№ по плану	Наименование узлов питания и групп ЭП	n	Установленная мощность, кВт		m	Кп	cosφ→tgφ	Средние мощности		nэ	Км	Максимальная расчётная нагрузка			Iр, А
			Одного ЭП	Суммарная				Рем, кВт	Qем, квар			Рм, кВт	Qм, квар	Sm, кВА	
ШРА-1															
3, 4, 11	Пресс горячештамповочный	3	16	48		0.25	0.65-1.17	12	14.04						
15, 17, 9	Электроимпульсный станок	3	12	36		0.15	0.6-1.33	5.4	7.18						
5	Электропечь колпаковая	1	30	30		0.6	0.95-0.33	18	5.94						
7	Токарные автоматы	1	8	8		0.12	0.5-1.73	0.96	1.66						
13	Фрезерный станок	1	27	27		0.25	0.65-1.17	6.75	7.89						
22	Шахтная электропечь	1	45	45		0.6	0.95-0.33	27	8.91						
21	Пресс чеканочный	1	12	12		0.25	0.65-1.17	3	3.51						
1	Кран с ПВЭ-25%	1	52	52		0.1	0.5-1.73	5.2	8.99						
	Итого по ШРА-1	12	8+52	258	>3	0.30	0.80-0.74	78.31	58.12	10	1.60	125.29	63.93	140.66	216.47
ШРА-2															
16, 19	Ковочная машина	2	14	28		0.15	0.6-1.33	4.2	5.59						
20	Шахтная электропечь	1	45	45		0.6	0.95-0.33	27	8.91						
18	Вентилятор	1	32	32		0.6	0.8-0.75	19.2	14.4						
12, 10	Фрезерный станок	2	27	54		0.25	0.65-1.17	13.5	15.79						
14	Установка высокой частоты	1	28	28		0.35	0.5-1.73	9.8	16.95						
8	Токарные автоматы	1	8	8		0.12	0.5-1.73	0.96	1.66						
6	Электропечь колпаковая	1	30	30		0.6	0.95-0.33	18	5.94						
2	Пресс горячештамповочный	1	16	16		0.25	0.65-1.17	4	4.68						
44	Установка плазменного нагрева	1	18	18		0.35	0.5-1.73	6.3	10.89						
45	Кран с ПВЭ-25%	1	52	52		0.1	0.5-1.73	5.2	8.99						
	Итого по ШРА-2	12	8+52	311	>3	0.35	0.75-0.87	108.16	93.8	12	1.36	147.09	103.18	179.67	276.50
ШРА-3															
24	Установка высокой частоты	1	28	28		0.35	0.5-1.73	9.8	16.95						
23, 27	Вентилятор	2	32	64		0.6	0.8-0.75	38.4	28.8						
25, 37	Сверильный станок	2	33	66		0.25	0.65-1.17	16.5	19.31						
29	Электроимпульсный станок	1	12	12		0.15	0.6-1.33	1.8	2.39						
30	Гильотинные ножницы	1	45	45		0.25	0.65-1.17	11.25	13.16						
34	Установка плазменного нагрева	1	18	18		0.35	0.5-1.73	6.3	10.89						
32	Испытательные стенды	1	4	4		0.12	0.5-1.73	0.48	0.83						
	Итого по ШРА-3	9	4+45	237	>3	0.36	0.67-1.09	84.53	92.33	9	1.47	124.26	101.56	160.48	246.97
ШР-1															
39, 43	Установка плазменного нагрева	2	18	36		0.35	0.5-1.73	12.6	21.79						
41, 42	Пресс холодного выдавливания	2	6	12		0.25	0.65-1.17	3	3.51						
38	Сверильный станок	1	33	33		0.25	0.65-1.17	8.25	9.65						
40	Пресс чеканочный	1	12	12		0.25	0.65-1.17	3	3.51						
	Итого по ШР-1	6	6+33	93	>3	0.29	0.57-1.43	26.85	38.46	6	1.88	50.48	42.31	65.87	101.37
ШР-2															
33	Пресс чеканочный	1	12	12		0.25	0.65-1.17	3	3.51						
35	Гильотинные ножницы	1	45	45		0.25	0.65-1.17	11.25	13.16						
36	Вентилятор	1	32	32		0.6	0.8-0.75	19.2	14.4						
31	Испытательные стенды	1	4	4		0.12	0.5-1.73	0.48	0.83						
28	Шахтная электропечь	1	45	45		0.6	0.95-0.33	27	8.91						
26	Ковочная машина	1	14	14		0.15	0.6-1.33	2.1	2.79						
	Итого по ШР-2	6	4+45	152	>3	0.41	0.82-0.69	63.03	43.6	6	1.66	104.63	47.96	115.09	177.12
	Итого Цэх	45	4+52	1051		0.34	0.74-0.90	360.88	326.31	45	1.19	429.45	358.94	559.70	861.34

1.2 Выбор трансформатора

Надлежащий, технически и экономически правильный выбор количества и мощности трансформаторов для наиболее важных подстанций и цехов промышленной компании необходим для оптимизации их планов энергоснабжения. Надежность источника питания, потребление цветных металлов и требования к мощности трансформатора также очень важны и могут быть важными показателями при выборе количества и производительности трансформатора.

При выборе мощности сетевого трансформатора (кроме вспомогательного напряжения) используйте две или три стандартных мощности или меньше. Это облегчает замену поврежденных трансформаторов и уменьшает их хранение. Желательно установить трансформатор с такой же мощностью. Однако это решение не всегда выполнимо. В зависимости от значения максимальной полной нагрузки, S_M , согласно таблице 1.2 выбирается трансформатор по принципу ближайшего высшего на ступень значения номинальной мощности.

В данной работе $S_M = 559,7$ кВА, отсюда делаем вывод, что тип трансформатора является ТСЗ-630-6/0,4.

Данные по трансформатору сведены в таблицу 1.3

Таблица 1.3 - Выбор трансформатора

Тип трансформатора	S _{ном} , кВА	Напряжение		Потери, кВт		U _к , %	I _х , %	R _{тр} , мОМ	X _{тр} , мОМ	z(l) _{тр} , мОМ(Y-Y-)	z(l) _{тр} , мОМ(Δ-Y-)
		U _{вн}	U _{нн}	ΔP _{хх}	ΔP _{кз}						
ТСЗ	630	6/10	0,4/0,23	2	7,3	5,5	1,5	3,4	13,5	128	42

1.3 Компенсация реактивной мощности

Необходимо выяснить целесообразность установки батареи конденсаторов (БК).

Рассчитаем коэффициент загрузки выбранного трансформатора:

$$K_3 = \frac{S_{расч}}{S_{н.тр}}, \quad (1.22)$$

$$K_3 = \frac{559,7}{630} = 0,88.$$

Определяем реактивную мощность трансформатора:

$$Q_T = \sqrt{(N_{тр} * S_{н.тр} * K_3)^2 - P_{расч.М}^2}, \quad (1.23)$$

$$Q_T = \sqrt{(1 \cdot 630 \cdot 0,88)^2 - 1051^2} = \sqrt{-797241,64} \approx 0.$$

Условие, при котором требуется установить батареи конденсаторов:

$$Q_{\text{НБК}} > 0. \quad (1.24)$$

Расчет реактивной нагрузки $Q_{\text{НБК}}$ выполняем:

$$Q_{\text{НБК}} = Q_{\text{Р.М}} - Q_T. \quad (1.25)$$

Условие " $Q_{\text{НБК}} > 0$ " не выполняется, $Q_{\text{НБК}} = 0$. Установка батареи конденсаторов не требуется.

1.4 Выбор защитной аппаратуры

Согласно ПУЭ, все электрические сети электроприборов делятся на две группы.

- Защищать только от токов короткого замыкания.
- Защищено только от токов короткого замыкания и перегрузок.

Сетка должна быть защищена от токов короткого замыкания для обеспечения минимального времени простоя и требований селективности.

Защита от перегрузки зависит от сети.

- Внутренняя проводка, горючая внешность или изоляция.
- Жилые, общественные и коммерческие здания, офисное освещение, включая бытовую технику и портативные приемные сети, а также пожароопасные зоны.

• Распределительные сети в промышленных, жилых, общественных и коммерческих зданиях, где в условиях процесса может возникнуть постоянная перегрузка линий и кабелей.

- Опасные открытые площадки вне зависимости от условий процесса.

Все остальные сети не требуют защиты от перегрузки и предотвращают только токи короткого замыкания. Произведем расчёт и выбор защитной аппаратуры для ШРА-1.

ЭП №13 - Фрезерный станок:

$$\begin{array}{ll} I_{\text{ном.авт}} \geq I_{\text{дл}}; & 160 \text{ A} \geq 41,55 \text{ A}; \\ I_{\text{ном.расц}} \geq I_{\text{дл}}; & 160 \text{ A} \geq 41,55 \text{ A}; \\ I_{\text{сраб.расц}} \geq I_{\text{пуск}} * 1,25; & 160 \text{ A} \geq 155,82 \text{ A}. \end{array}$$

Выбираем автомат типа: А3710.

ЭП №14 - Пресс чеканочный:

$$\begin{array}{ll} I_{\text{ном.корп.пред}} \geq I_{\text{дл}}; & 63 \text{ A} \geq 63,03 \text{ A}; \\ I_{\text{ном.пл.вст}} \geq I_{\text{пл.вст.расч.}}; & 40 \text{ A} \geq 36,93 \text{ A}; \\ I_{\text{ном.пред}} \geq I_{\text{ном.пл.вст}}; & 63 \text{ A} \geq 40 \text{ A}. \end{array}$$

Выбираем предохранитель типа: НПН-2.

Аналогично выбираем всю оставшуюся защитную аппаратуру. Расчёты сведены в таблицу 1.4.

Таблица 1.4 – Выбор защитной аппаратуры

№	Наименование	Руст, кВт	cosφ	Ив, А	Кпуск	Режим пуска	а	Ипуск, А	Ипуск/а	1.25*Ипуск, А	Ивст н, А	Защитный аппарат
ШРА-1												
3,4,11	Пресс горячештамповочный	16	0,65	24,62	4	Средний	2	98,49	49,25	123,11	63/63	НПН2
15,17,9	Электроимпульсный станок	12	0,6	18,47	4	Средний	2	73,87	36,93	92,34	63/40	НПН2
5	Электропечь колпаковая	30	0,95	46,17	1	-	-	46,17	-	57,71	63/63	АЕ2040
7	Токарные автоматы	8	0,5	12,31	5	Легкий	2,5	61,56	24,62	76,95	63/25	НПН2
13	Фрезерный станок	27	0,65	41,55	3	Тяжелый	1,6	124,65	77,91	155,82	160/160	А3710
22	Шахтная электропечь	45	0,95	69,25	1	-	-	69,25	-	86,57	100/100	АЕ2050
21	Пресс чеканочный	12	0,65	18,47	4	Средний	2	63,03	31,52	78,79	63/40	НПН2
1	Кран с ПВЭ-25%	52	0,5	80,02	3	Тяжелый	1,6	240,07	150,04	300,09	400/320	ВА51-37
	Итого по ШРА-1	258	0,80	397,05	3	Тяжелый	1,6	1191,14	744,46	1488,92	1500/1200	АВМ15
ШРА-2												
16,19	Ковочная машина	14	0,6	21,55	4	Средний	2	86,18	43,09	107,73	63/63	НПН2
20	Шахтная электропечь	45	0,95	69,25	3	Тяжелый	1,6	207,76	129,85	259,70	400/320	ВА51-37
18	Вентилятор	32	0,8	49,25	3	Тяжелый	1,6	147,74	92,34	184,67	250/200	ВА51-35
12,10	Фрезерный станок	27	0,65	41,55	3	Тяжелый	1,6	124,65	77,91	155,82	160/160	А3710
14	Установка высокой частоты	28	0,5	43,09	3	Тяжелый	1,6	129,27	80,79	161,59	250/200	ВА51-35
8	Токарные автоматы	8	0,5	12,31	5	Легкий	2,5	61,56	24,62	76,95	63/25	НПН2
6	Электропечь колпаковая	30	0,95	46,17	1	-	-	46,17	-	57,71	63/63	АЕ2040
2	Пресс горячештамповочный	16	0,65	24,62	4	Средний	2	98,49	49,25	123,11	63/63	НПН2
44	Установка плазменного нагрева	18	0,5	27,70	4	Средний	2	110,80	55,40	138,50	160/160	А3710
45	Кран с ПВЭ-25%	52	0,5	80,02	3	Тяжелый	1,6	240,07	150,05	300,09	400/320	ВА51-37
	Итого по ШРА-2	311	0,75	478,61	3	Тяжелый	1,6	1435,83	897,39	1794,78	1500/1500	АВМ15
ШРА-3												
24	Установка высокой частоты	28	0,5	43,09	3	Тяжелый	1,6	129,27	80,79	161,59	250/200	ВА51-35
23,27	Вентилятор	32	0,8	49,25	3	Тяжелый	1,6	147,74	92,34	184,67	250/200	ВА51-35
25,37	Сверлильный станок	33	0,65	50,78	3	Тяжелый	1,6	152,35	95,22	190,44	250/200	ВА51-35
29	Электроимпульсный станок	12	0,65	18,47	4	Средний	2	73,87	36,93	92,34	63/40	НПН2
30	Гильотинные ножницы	45	0,5	69,25	3	Тяжелый	1,6	207,76	129,85	259,70	400/320	ВА51-37
34	Установка плазменного нагрева	18	0,5	27,70	4	Средний	2	110,80	55,40	138,50	160/160	А3710
32	Испытательные стенды	4	0,67	6,16	5	Легкий	2,5	30,78	12,31	38,47	63/16	НПН2
	Итого по ШРА-3	237	0,67	364,73	3	Тяжелый	1,6	1094,18	683,86	1367,73	1600/1600	ВА55-41

Продолжение таблицы 1.4

ШР-1												
39,43	Установка плазменного нагрева	18	0,5	27,70	4	Средний	2	110,80	55,40	138,50	160/160	A3710
41,42	Пресс холодного выдавливания	6	0,65	9,23	5	Легкий	2,5	46,17	18,47	57,71	63/20	НПН2
38	Сверлильный станок	33	0,65	50,78	3	Тяжелый	1,6	152,35	95,22	190,44	250/200	BA51-35
40	Пресс чеканочный	12	0,57	18,47	4	Средний	2	73,87	36,93	92,34	63/40	НПН2
	Итого по ШР-1	93	0,57	143,12	3	Тяжелый	1,6	429,36	268,35	536,70	630/500	BA51-39
ШР-2												
33	Пресс чеканочный	12	0,65	18,47	4	Средний	2	73,87	36,93	92,34	63/40	НПН2
35	Гильотинные ножницы	45	0,65	69,25	3	Тяжелый	1,6	207,76	129,85	259,70	400/320	BA51-37
36	Вентилятор	32	0,8	49,25	3	Тяжелый	1,6	147,74	92,34	184,67	250/200	BA51-35
31	Испытательные стенды	4	0,5	6,16	5	Легкий	2,5	30,78	12,31	38,47	63/16	НПН2
28	Шахтная электропечь	45	0,95	69,25	1	-	-	69,25	-	86,57	100/100	AE2050
26	Ковочная машина	14	0,6	21,55	4	Средний	2	86,18	43,09	107,73	63/63	НПН2
	Итого по ШР-2	152	0,82	233,92	3	Тяжелый	1,6	701,75	438,59	877,19	1000/1000	ABM10
	Итого ЦЕХ	1051	0,74	1617,42	3	Тяжелый	1,6	4852,26	3032,66	6065,33	6300/6300	Э40

1.5 Выбор распределительных шин и шкафов

Расчёт и выбор распределительного шкафа.
ШРА-1 (ШРА-73-ВУЗ):

- 1) $I_{р.ШРА} = 196,22 \text{ А}$;
 $P_{НОМ 12} = 45 \text{ кВт}$;
 $I_{н.ШРА} = 250 \text{ А}$;
 $I_{НОМ 12} = 69,25 \text{ А}$; [$250 \text{ А} > 216,47 \text{ А}$]
 $I_{ПУСК 12} = 69,25 \text{ А}$.

$$I_{кр.ШРА} = I_{ПУСК.МАКС} + \sum_{i=1}^{n} I_{НОМ}, \quad (1.26)$$

$$I_{кр.ШРА} = 69,25 + (216,47 - 69,25) = 216,47 \text{ А}.$$

- 2) $I_{НОВ.АВТ} \geq I_{ДЛ}$; $1500 \text{ А} > 216,47 \text{ А}$;
 $I_{НОМ.РАСЦ} \geq I_{ДЛ}$; $1500 \text{ А} > 216,47 \text{ А}$;
 $I_{СРАБ.РАСЦ} \geq I_{ПУСК} * 1,25$; $1500 \text{ А} > 1488,92 \text{ А}$;

Выбираем автомат типа: АВМ-15.

1. Выбираем кабель марки: МКП-240.

$$I_{ДЛ.ДОП} \geq I_{НОМ.РАСЦ}; \quad (1.27)$$

$$1213 \geq 1200.$$

Данные сведены в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Выбор ШРА и ШР

Наименование	Sном, кВт	cosφ	Iн пуск, А	Обозначение силового распределительного шкафа и шиннопровода	I, кА	Гуд, Ом/км	Худ, Ом/км	Zп.ф.о, Ом/км
ШРА-1	140,66	0,8	216,47	ШРА73ВУЗ	15	0,21	0,21	0,9
ШРА-2	179,67	0,75	276,5	ШРА73ВУЗ	25	0,15	0,17	0,65
ШРА-3	160,48	0,67	246,97	ШРА73ВУЗ	15	0,21	0,21	0,9
ШР-1	65,87	0,57	101,37	ШР-11-73-701	25	-	-	-
ШР-2	115,09	0,82	117,12	ШР-11-73-701	25	-	-	-

1.6 Выбор сечения проводов и кабелей

Расчёт сечения кабелей.

ЭП №30 – Гильотинные ножницы:

$$I_{\text{дл.доп.каб.}} \geq I_{\text{ном.расц.}}; \quad (1.28)$$

$$335A \geq 320A.$$

Марка кабеля: АКЗ-150, $I_{\text{доп.}}=335A$.

Таким же способом определяем для остальных электроприёмников. Данные остальных электроприёмников сведены в таблицу 1.6. Выбрав всё необходимое оборудование, составляется однолинейная схема электроснабжения электроцеха (рис. 1.2).

Таблица 1.6 – Выбор провода и кабелей

№	Наименование	$P_{\text{уст}}$, кВт	cosφ	I_n , А	$I_{\text{пуск}}$, А	$I_{\text{пуск}}/\alpha$	I^*I_n расц, А	$0,33*I_n$ пл вст, А	Провод, мм ²	$I_{\text{доп пров}}$, А
ШРА-1										
3, 4, 11	Пресс горячештамповочный	16	0,65	24,62	98,49	49,25		20,79	АПВ-4,0	32
15, 17, 9	Электроимпульсный станок	12	0,6	18,47	73,87	36,93		13,2	АПВ-2,5	24
5	Электропечь колпаковая	30	0,95	46,17	46,17	-	63		АПВ-25	105
7	Токарные автоматы	8	0,5	12,31	61,56	24,62		8,25	АПВ-2,5	24
13	Фрезерный станок	27	0,65	41,55	124,65	77,91	160		АПВ-70	210
22	Шахтная электропечь	45	0,95	69,25	69,25	-	100		АПВ-50	165
21	Пресс чеканочный	12	0,65	18,47	63,03	31,52		13,2	АПВ-2,5	24
1	Кран с ПВЭ-25%	52	0,5	80,02	240,07	150,04	320		АКЗ-150	335
	Итого по ШРА-1	258	0,80	397,05	1191,14	744,46	1200		МКП-240	1213
ШРА-2										
16, 19	Ковочная машина	14	0,6	21,55	86,18	43,09		20,79	АПВ-4,0	32
20	Шахтная электропечь	45	0,95	69,25	207,76	129,85	320		АКЗ-150	335
18	Вентилятор	32	0,8	49,25	147,74	92,34	200		АПВ-95	255
12, 10	Фрезерный станок	27	0,65	41,55	124,65	77,91	160		АПВ-70	210
14	Установка высокой частоты	28	0,5	43,09	129,27	80,79	200		АПВ-95	255
8	Токарные автоматы	8	0,5	12,31	61,56	24,62		8,25	АПВ-2,5	24
6	Электропечь колпаковая	30	0,95	46,17	46,17	-	63		АПВ-25	105
2	Пресс горячештамповочный	16	0,65	24,62	98,49	49,25		20,79	АПВ-4,0	32
44	становка плазменного нагре	18	0,5	27,70	110,80	55,40	160		АПВ-70	210
45	Кран с ПВЭ-25%	52	0,5	80,02	240,07	150,05	320		АКЗ-150	335
	Итого по ШРА-2	311	0,75	478,61	1435,83	897,39	1500		МКП-800	1500
ШРА-3										
24	Установка высокой частоты	28	0,5	43,09	129,27	80,79	200		АПВ-95	255
23, 27	Вентилятор	32	0,8	49,25	147,74	92,34	200		АПВ-95	255
25, 37	Сверлильный станок	33	0,65	50,78	152,35	95,22	200		АПВ-95	255
29	Электроимпульсный станок	12	0,65	18,47	73,87	36,93		13,2	АПВ-2,5	24
30	Гильотинные ножницы	45	0,5	69,25	207,76	129,85	320		АКЗ-150	335
34	становка плазменного нагре	18	0,5	27,70	110,80	55,40	160		АПВ-70	210
32	Испытательные стенды	4	0,67	6,16	30,78	12,31		5,28	АПВ-2,5	24
	Итого по ШРА-3	237	0,67	364,73	1094,18	683,86	1200		МКП-240	1213

Продолжение таблицы 1.6

ШР-1										
39, 43	становка плазменного нагрева	18	0,5	27,7	110,8	55,4	160		АПВ-70	210
41, 42	пресс холодного выдавливания	6	0,65	9,23	46,17	18,47		6,6	АПВ-2,5	24
38	Сверлильный станок	33	0,65	50,78	152,35	95,22	200		АПВ-95	255
40	Пресс чеканочный	12	0,57	18,47	73,87	36,93		13,2	АПВ-2,5	24
	Итого по ШР-1	93	0,57	143,12	429,36	268,35	500		АКП-185	518
ШР-2										
33	Пресс чеканочный	12	0,65	18,47	73,87	36,93		13,2	АПВ-2,5	24
35	Гильотинные ножницы	45	0,65	69,25	207,76	129,85	320		АКЗ-150	335
36	Вентилятор	32	0,8	49,25	147,74	92,34	200		АПВ-95	255
31	Испытательные стенды	4	0,5	6,16	30,78	12,31		5,28	АПВ-2,5	24
28	Шахтная электропечь	45	0,95	69,25	69,25	-	100		АПВ-50	165
26	Ковочная машина	14	0,6	21,55	86,18	43,09		20,79	АПВ-4,0	32
	Итого по ШР-2	152	0,82	233,92	701,75	438,59	1000		МКП-800	1213

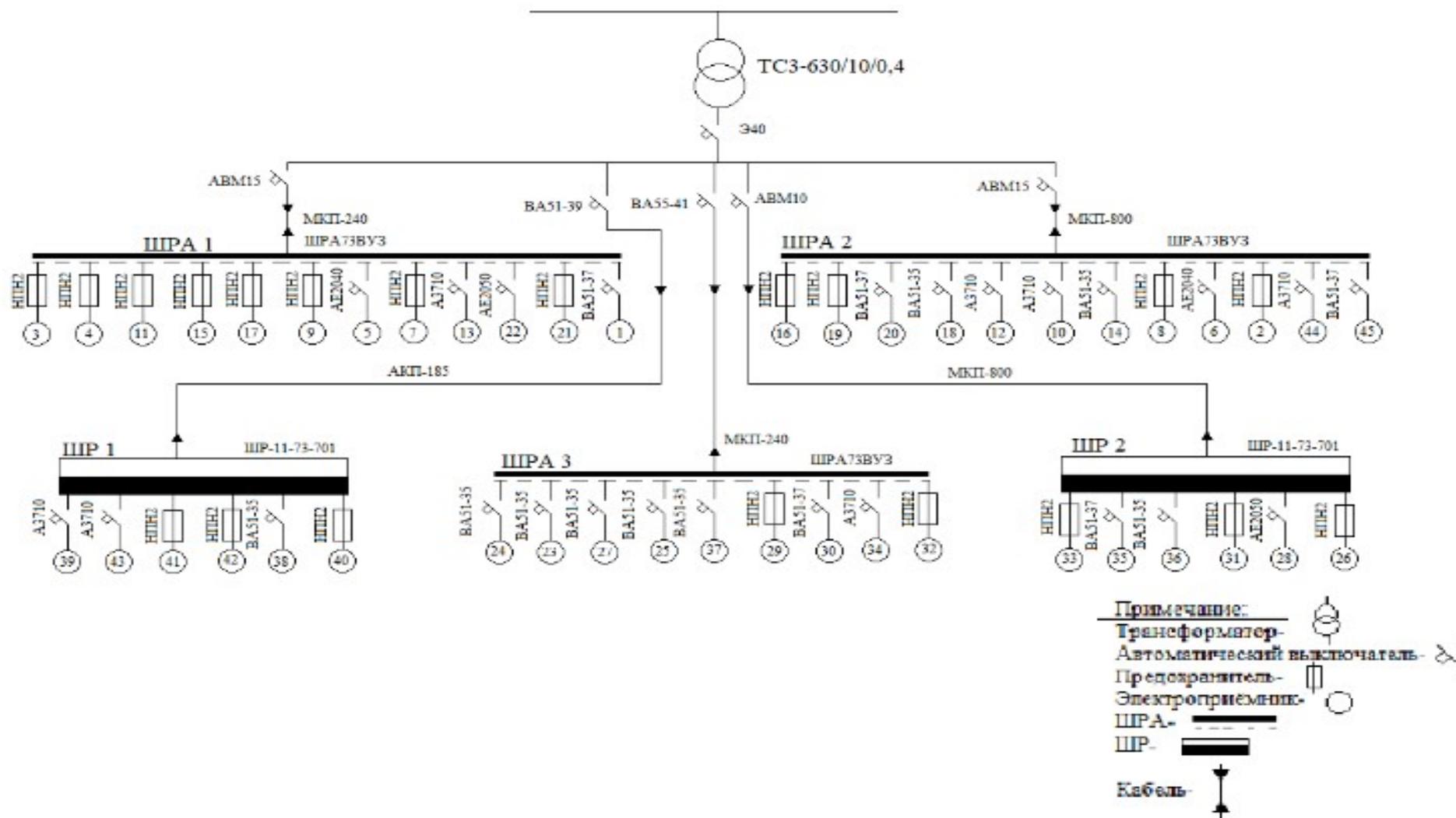


Рисунок 1.2 – Однолинейная схема электроснабжения электроцеха

1.7 Расчет тока короткого замыкания

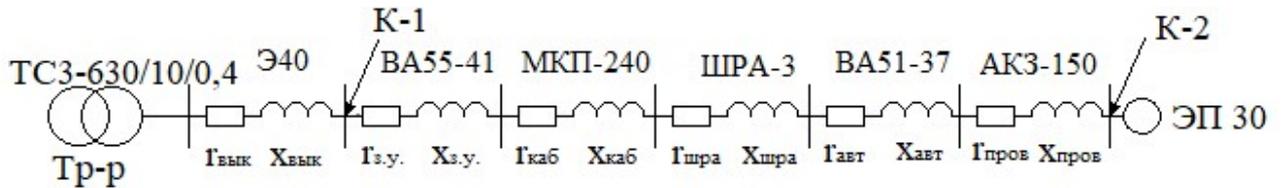


Рисунок 1.3 – Схема замещения

Расчет тока КЗ в точке К-1:

$$\begin{aligned} X_T &= 13,5 \text{ мОм}, & r_T &= 3,4 \text{ мОм}, \\ r_{\text{Выкл}} &= 0,08 \text{ мОм}, & X_{\text{Выкл}} &= 0,14 \text{ мОм}, \\ r_{\text{Перех}} &= 0,15 \text{ мОм}. \end{aligned}$$

Суммарные индуктивное и активное сопротивления цепи до точки К-1:

$$\sum X_1 = X_T + X_{\text{Выкл}}; \quad (1.29)$$

$$\sum X_1 = 13,5 + 0,08 = 13,58 \text{ мОм}.$$

$$\sum r_1 = r_T + r_{\text{Выкл}}; \quad (1.30)$$

$$\sum r_1 = 3,4 + 0,14 = 3,54 \text{ мОм}.$$

$$\sum r_2 = r_T + r_{\text{Выкл}} + r_{\text{Перех}}; \quad (1.31)$$

$$\sum r_2 = 3,4 + 0,14 + 0,15 = 3,69 \text{ мОм}.$$

Полное суммарное сопротивление:

$$\sum Z_1 = \sqrt{\sum X^2 + \sum r_1^2}; \quad (1.32)$$

$$\sum Z_1 = \sqrt{13,58^2 + 3,54^2} = 14,03 \text{ мОм}.$$

$$\sum Z_2 = \sqrt{\sum X^2 + \sum r_2^2}; \quad (1.33)$$

$$\sum Z_2 = \sqrt{13,58^2 + 3,69^2} = 14,07 \text{ МОм.}$$

$$I_{K3-1}^{(3)} = \frac{U_{б.ст} * 10^3}{\sqrt{3} * Z}; \quad (1.34)$$

$$I_{K3-1}^{(3)} = \frac{0,4 * 10^3}{1,71 * 14,07 * 10^{-3}} = 16,6 \text{ кА.}$$

$$i_{уд} = k_{уд} * \sqrt{2} * I_{K3}^{(3)}, \quad (1.35)$$

где $k_{уд} = 1,3$;
 $i_{уд} = 1,3 * 1,4 * 16,6 = 30,2 \text{ кА.}$

Расчет тока КЗ в точке К-2:

$$X_{авт} = 0,7 \text{ МОм, } r_{авт} = 1,3 \text{ МОм,}$$

$$X_o = 0,058, \quad r_o = 0,7, \quad l = 25 \text{ м,}$$

$$X_{каб} = 0,058 * 25 = 1,45, \quad r_{каб} = 0,7 * 25 = 17,5,$$

$$X_{ШРА} = 0,21, \quad r_{ШРА} = 0,21,$$

$$X_{авт2} = 0,14, \quad r_{авт2} = 0,08,$$

$$X_{пров} = 0,059, \quad r_{пров} = 0,2.$$

$$\sum X = \sum X_1 + X_{авт} + X_{каб} + X_{ШРА} + X_{авт2} + X_{пров}; \quad (1.36)$$

$$\sum X = 13,58 + 0,7 + 1,45 + 0,21 + 0,14 + 0,059 = 16,14 \text{ МОм.}$$

$$\sum r = \sum r_2 + r_{авт} + r_{каб} + r_{ШРА} + r_{авт2} + r_{пров}; \quad (1.37)$$

$$\sum r = 3,69 + 1,3 + 17,5 + 0,21 + 0,08 + 0,2 = 22,98 \text{ МОм.}$$

$$\sum Z_1 = \sqrt{\sum X^2 + \sum r^2}; \quad (1.38)$$

$$\sum Z_1 = \sqrt{16,14^2 + 22,98^2} = 28,08 \text{ МОм.}$$

$$I_{K3-2}^{(3)} = \frac{U_{б.ст} * 10^3}{\sqrt{3} * Z}; \quad (1.39)$$

$$I_{K3-2}^{(3)} = \frac{0,4 \cdot 10^3}{1,71 \cdot 28,08 \cdot 10^{-3}} = 8,32 \text{ кА.}$$

$$i_{уд} = K_{уд} \cdot \sqrt{2} \cdot I_{K3-2}^{(3)}, \quad (1.40)$$

где $K_{уд} = 1,3$;

$$i_{уд} = 1,3 \cdot 1,4 \cdot 8,32 = 15,14 \text{ кА.}$$

2 Специальная часть. Обзор методов повреждения кабельных линий

2.1 Виды и характеры повреждения кабельных линий

Изоляция силовых кабелей для промышленных или коммунальных установок должна соответствовать требованиям законодательства (ГОСТ, ПУЭ и т. д.). Кабели, которые не соответствуют этим критериям, считаются «поврежденными». Эта линия должна быть отключена от сети - «Не включать — работают люди». Используют один из методов измерения, чтобы определить поврежденную часть жилы кабеля. Если отремонтированный кабель соответствует требованиям ПТЭ, он включается в работу.

Виды повреждения:

1. Перфорация и вмятины при раскопках кабелей;
2. Невыполнение монтажа муфты.
3. Производственные дефекты (повреждение кабеля и его оболочки, выравнивание ленты изоляции жилы кабеля, перекручивание, поперечные трещины на ленте, неровности проводника и т. Д.)
3. Коррозия оболочки кабеля из-за влияния блуждающего тока или из-за воздействия различных химических веществ в почве.
5. Разрывы кабельных линий по причине смещения грунта или при сильных осадках.
6. Электрическое старение или перегрев изолятора.
7. Ошибка установки (сильно согнутые провода, скручены, треснуты, повреждены и т. д.).

Характер повреждения:

1. Замыкание одной жилы на землю из-за поврежденной изоляции.
2. Замыкание двух или трёх жил на землю из-за поврежденной изоляции.
3. Замыкание двух или трёх жил между собой из-за поврежденной изоляции.
4. Обрыв одной или нескольких жил с заземлением или без, как оборванных, так и не оборванных.
5. Повреждение изоляции: пробой одной жилы на землю или пробой всех жил между с собой.

2.2 Инструкция для определения место повреждения кабельной линии

Перед тем, как определить место повреждения, для начала определяют его характер. Наиболее важным и наиболее часто используемым устройством для определения характера повреждения является мегомметр.

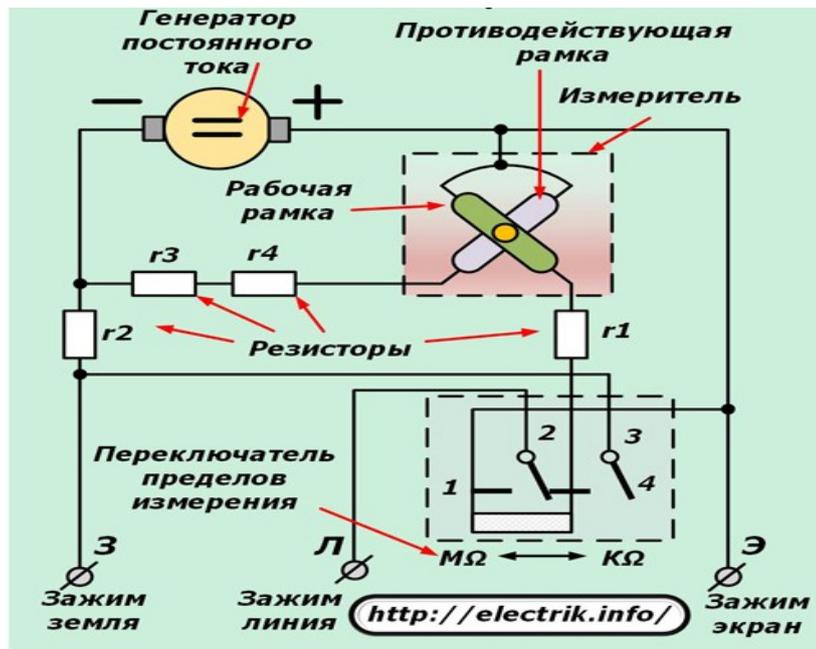


Рисунок 2.1 – Устройство мегаомметра

Мегомметр - это электрическое измерительное устройство для измерения высоких значений сопротивления (рис. 2.1). Устройство работает в соответствии с известным законом Ома о цепях:

$$I=U/R. \quad (2.1)$$

Сначала отсоединяются концы кабеля от электрооборудования. Впоследствии сопротивление изоляции между каждой фазой и заземленной металлической оболочкой и друг с другом измеряется при помощи мегомметра. Это измерение происходит на одном конце кабеля. В то же время фазные жилы на другом конце кабеля замкнуты и заземлены (для определения обрывов) или разомкнуты (для определения замыканий).

В большинстве случаев результаты измерений не определяют характер повреждения, так как переходное сопротивление при повреждении может быть очень высоким. Считается, что это происходит из-за пробоя изоляции пропитанной маслом бумаги. Дабы решить эту проблему используют метод прожигания, чтобы уменьшить переходное сопротивление изоляции кабеля.

Данный процесс включает в себя подачу напряжения, достаточного для разрушения изоляции в точке повреждения. После некоторого повтора уменьшается переходное сопротивление, понижается разрядное напряжение и увеличивается ток разряда. В результате ток прожигает изоляцию, в результате чего переходное сопротивление уменьшается.

После выполнения этой процедуры выбирается метод и устройство для определения место поврежденного кабеля. Рассматриваются два типа методов. Первый тип метода неточен и определяет только зону повреждения – *относительный метод*. Этот тип включает в себя такие методы, как

импульсный, петлевой и ёмкостной. Второй тип является более точным и позволяет определить точное место повреждения - *абсолютный метод*. К ним относятся такие методы, как *индукционный* и *акустический*.

На практике для выявления места повреждений кабеля используется комбинация относительных и абсолютных методов. Для начала при помощи относительного метода находим область повреждения. Затем используется один из абсолютных методов, чтобы определить точное место повреждения.

2.3 Импульсный метод

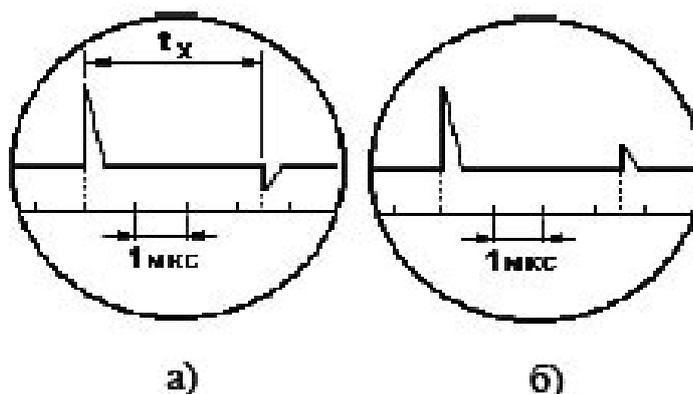
Импульсный метод определяет область однофазного или многофазного замыкания, а также область обрыва любого количества фазных жил.

Принцип измерения импульсов, который определяет местоположение поврежденной цепи, использует явление отражения электромагнитной энергии от неравномерной среды распространения, то есть в узле, где входное сопротивление отличается от волны.

Электрический импульс посылается на поврежденную линию. Временной интервал t_x между временем импульса и временем прихода импульса, отраженного точкой повреждения, измеряется на экране прибора, измеряющим в мкс.

Скорость распространения электромагнитных волн в силовых кабелях составляет 160 ± 3 м / мкс, что практически не зависит от сечения проводника и материала. Вычисляется расстояние до места повреждения как

$$l_x = 80 t_x, \text{ м.} \quad (2.2)$$



а – при замыкании; б – при обрыве

Рисунок 2.2 - Экран прибора при определении зоны повреждения кабеля импульсным методом

Знак отраженного импульса говорит о характере повреждения.

Если передаваемые и отраженные импульсы различаются между собой - замыкание (рис. 2.2, а), если знаки одинаковые – обрыв (рис. 2.2, б).

Измерения проводятся с использованием прибора ИКЛ (ИКЛ-4, ИКЛ-5, Р5-5, Р5-1А) (рис. 2.3). На экране прибора имеются импульсные линии и их масштабные отметки. Форма отраженного импульса говорит о характере повреждения. Отрицательное значение отраженного импульса закорочено, а положительные значения имеет при обрыве жил.



Рисунок 2.3 – Прибор типа ИКЛ

Принцип работы устройства ИКЛ для определения расстояния до места повреждения линии импульсным методом заключается в измерении временного интервала между временем, когда предоставляется альтернативный тестовый импульс, и временем, в которое отраженный импульс принимается из местоположения ошибки.

На экране электронно-лучевой трубки устройства ИКЛ кабель имеет импульсную линию и серию временных шкал длительностью 2 мксек.

2.4 Петлевой метод

Этот метод используется для нахождения области однофазных и двухфазных замыканий на землю. Петлевой метод основан на измерении сопротивления жилы кабеля до места повреждения. На одном конце кабеля обычно повреждается и замыкается нормальная жила (образуя петлю). Измерения проводятся с другого конца кабеля. Например, для измерения сопротивления R_2 и R_4 , можно использовать мост постоянного тока (рис. 2.4).

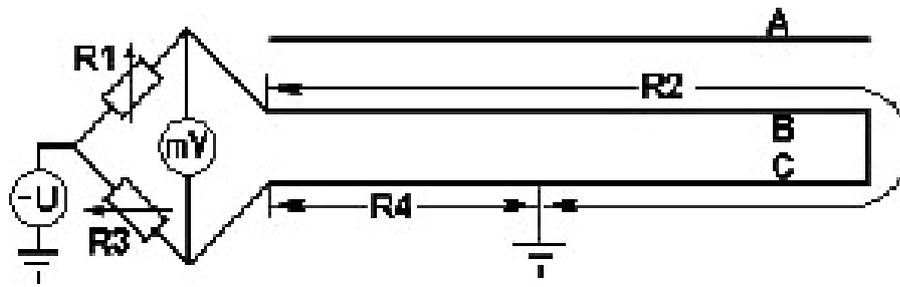


Рисунок 2.4 – Схема определения зоны повреждения петлевым методом

Источник постоянного тока U содержится в одной диагонали моста, а измерительные приборы содержатся на другой диагонали моста, например, милливольтметр mV . При нулевом показании милливольтметра регулируемые резисторы R_1 и R_3 доходят до равновесия моста. Известно, что равновесие моста выполняется лишь в случае:

$$R_1 / R_3 = R_2 / R_4, \quad (2.3)$$

где R_2 – сопротивление нормальной жилы и участка поврежденной жилы от конца кабеля до места повреждения;

R_4 – сопротивление участка поврежденной жилы от начала кабеля до места повреждения.

После достижения равновесия моста зона повреждения определяется несложными вычислениями, из-за того, что сопротивление жилы кабеля пропорциональна его длине:

$$l_x = 2 \cdot l \cdot R_3 / (R_1 + R_2), \quad (2.4)$$

где l – длина кабеля.

2.5. Емкостный метод

Емкостный метод даёт возможность определить область обрыва фазных жил кабеля. Этот метод основан на измерении емкости между заземленной металлической оболочкой и между каждой жилой.

Для определения расстояния до места обрыва используется:

$$l_x = l \frac{C_x}{C}, \quad (2.5)$$

где C_x - измеренная емкость оборванной жилы;

C - измеренная емкость целой жилы.

Емкость кабеля в случае при обрыве трёхфазных жил рассчитывается:

$$C = \frac{b_0 l}{314} , \quad (2.6)$$

где $b_0 l$ - удельная емкостная проводимость кабеля, определяемая по справочным данным.

2. 6 Метод индукции

Индукционный метод позволяет определить место многофазного короткого замыкания в момент повреждения изоляции после успешного горения кабеля. Этот метод основан на обнаружении магнитного поля, генерируемого током, протекающим по проводу вокруг кабеля. Приобретение магнитного поля осуществляется с помощью специальной поисковой катушки с магнитопроводом для концентрации магнитного поля.

Высокочастотный ток (800...1000 Гц) передается от звукового генератора G по двум поврежденным жилым кабелям. Вокруг кабеля формируется высокочастотное магнитное поле. Когда поисковая катушка подключена к усилителю и наушникам в этой области, есть возможность услышать звуковой сигнал. Обслуживающий персонал, двигаясь по дороге КЛ, улавливает этот звук.

Вдоль кабельной линии сигнал изменяется периодически от максимума до минимума (рис. 2.5). Превосходство магнитного поля одной жилы на поверхности земли периодически изменяется на превосходство противоположного магнитного поля другой жилы.

В это время, когда ток короткого замыкания от генератора G меняет свое направление, интенсивность магнитного поля и тем самым увеличивает громкость сигнала в этом месте. За поврежденным участком не будет звукового сигнала. Использование токов высокой частоты необходимо, когда звуковой сигнал координирует фон промышленной частоты между соседними кабелями от 50 Гц.

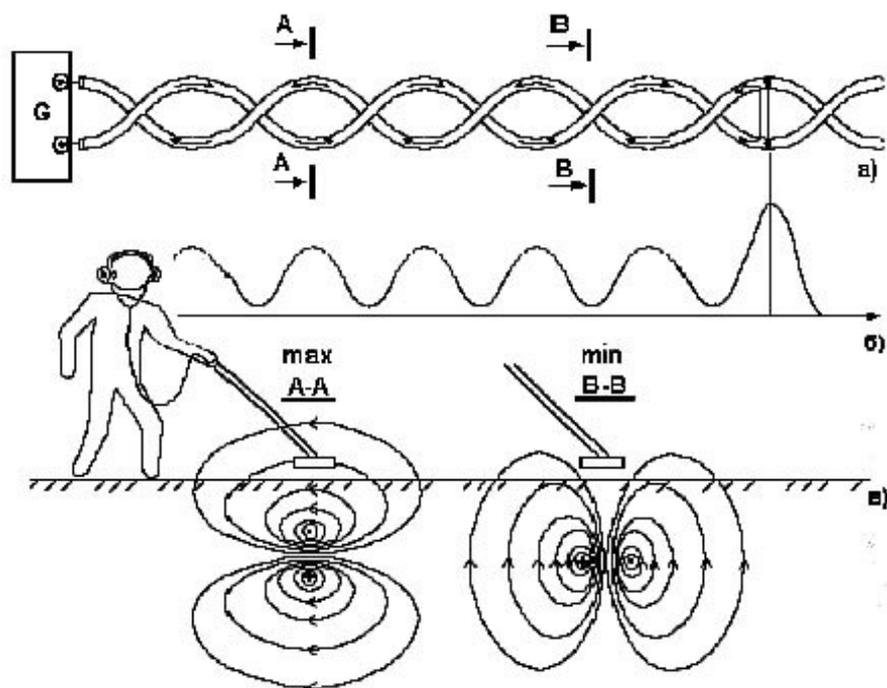


Рисунок 2.5 - Иллюстрация индукционного метода отыскания повреждения

2.7 Акустический метод

Акустический метод позволяет определить расположение однофазных и многофазных коротких замыканий в кабеле при заплывающем пробое.

Импульсы постоянного напряжения периодически поступают в поврежденные жилы. На месте повреждения создаются разряды, которые вызывают акустический шум. Этот уровень шума прослушивается с поверхности земли, например, с помощью стетоскопа или устройства, оснащенного механическим датчиком, преобразующие механические колебания в электрические.

В местах повреждения КЛ, используется комбинация относительного и абсолютного методов. Относительный метод используется для определения области повреждения, а затем абсолютным методом ведём поиски точного места в данной области.

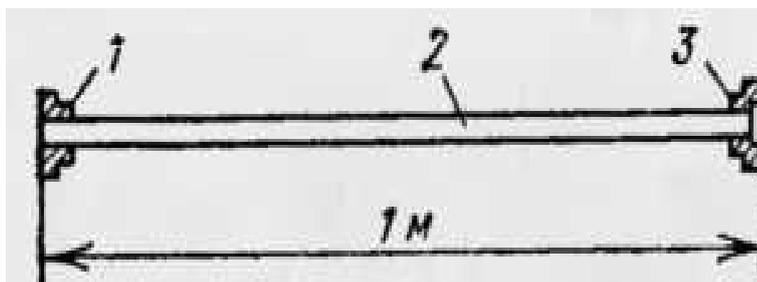
Энергия разряда пропорциональна квадрату напряжения и емкости кабеля. В месте повреждения кабеля и в разряднике она выделяется в том случае, если проигнорировать потерю конденсатора и кабеля. Желательно, чтобы накопленная энергия в разряднике терялась в меньшей доле.

Следует отметить, что причиной нестабильности зарядного напряжения является увеличивающееся напряжение пробоя разрядника. Из-за емкостной связи в момент пробоя при высоком напряжении заряда, происходит перенапряжение в цепях низкого напряжения. Они особенно опасны для трансформаторной станции при большем значении сопротивления контура заземления и большой

длине заземляющего проводника, соединяющего контур заземления прожигательной установки.

Второе заземление является способом для уменьшения перенапряжения, подключив выходной конденсатор к цепи трансформаторной станции и обойдя контур заземления прожигательной установки.

Сильный удар происходит в момент разряда, так как расходуется за короткое время (десятки микросекунд). Звук этого воздействия, как показывает опыт, можно услышать на поверхности земли или мостового покрова, стетоскопом (рис. 2.6) и т.п. Несколько причин влияют на слышимость акустического разряда на поверхности земли. Чем больше энергия разряда в поврежденной области, тем больше слышимость разряда.



1 - контактный диск;
2 — лакированная дубовая трость; 3 — слуховая раковина

Рисунок 2.6 - Деревянный стетоскоп

Хорошую проводимость звука создают монолитные грунты - глина, бетон, мороженная земля, а плохую проводимость создают рыхлые грунты - песок, торфянистая земля, рыхлый снег. Акустический метод выдает лучшие результаты, только когда переходное сопротивление в месте повреждения. Также улучшает слышимость акустического разряда выход звуковой волны через отверстие в оболочке в месте повреждения кабеля.

Прибор АИП-3 (акустический и индукционный) состоит из трехлампового усилителя с батарейным питанием, головного телефона, выносной индукционной рамки и пьез акустического датчика (рис. 2.7). Прибором АИП-3 можно определять место повреждения непосредственно на трассе КЛ при акустическом и индукционном методах.



Рисунок 2.7 - АИП-3

3 Экономическая часть

В данном разделе рассчитываются технико-экономические затраты на выбранные оборудования, необходимые для электроснабжения цеха.

Таблица 3.1 - Цена и количества трансформаторов

Тип	Количество	Цена, тг
ТСЗ	1	3907062

Таблица 3.2 - Цена и количества алюминиевого распределительного шинпровода и распределительного шкафа

Тип ШРА\ШР	Количество	Цена, тг
ШРА73ВУЗ	3	5880
ШР-11-73-701	2	80000

Затраты на ШРА:

$$\sum K_{\text{ШРА73ВУЗ}} = N * K_{\text{ШРА73ВУЗ}}, \quad (3.1)$$

где N- количество распределительного шинпровода и распределительного шкафа,

$K_{\text{з.у.}}$ – цена за штуку.

$$\sum K_{\text{ШРА73ВУЗ}} = 3 * 5880 = 17640 \text{ тенге.}$$

Затраты на ШР:

$$\sum K_{\text{ШР}} = N * K_{\text{ШР}}, \quad (3.2)$$

где N- количество защитной аппаратуры,

$K_{\text{з.у.}}$ – цена за штуку.

$$\sum K_{\text{ШР-11-73-701}} = 2 * 80000 = 160000 \text{ тенге.}$$

Общие затраты на ШРА и ШР:

$$\sum K_{\text{ШРА, ШР}} = \sum K_{\text{ШРА73ВУЗ}} + \sum K_{\text{ШР-11-73-701}}; \quad (3.3)$$

$$\sum K_{\text{общ.ШРА, ШР}} = 17640 + 160000 = 177640 \text{ тенге.}$$

Таблица 3.3 – Цена и количество защитной аппаратуры

Тип защитной аппаратуры	Количество	Цена за штуку
НПН2	14	559
BA51-35	7	10731
BA51-37	5	36650
BA51-39	1	77016
BA55-41	1	319880
AE2040	2	3510
AE2050	2	4204
A3710	5	21668
ABM15	2	146882
ABM10	1	129256
Э40	1	1684913

Затраты на каждую защитную аппаратуру:

$$\sum K_{3,y,l} = N * K_{3,y}, \quad (3.4)$$

где N- количество защитной аппаратуры,
 $K_{3,y}$ – цена за штуку.

$$\begin{aligned} \sum K_{\text{НПН2}} &= 14 * 559 = 7826 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{BA51-35}} &= 7 * 10731 = 75117 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{BA51-37}} &= 5 * 36650 = 183250 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{BA51-39}} &= 1 * 77016 = 77016 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{BA55-41}} &= 1 * 319880 = 319880 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{AE2040}} &= 2 * 3510 = 7020 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{AE2050}} &= 2 * 4204 = 8408 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{A3710}} &= 5 * 21668 = 108340 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{ABM15}} &= 2 * 146882 = 293764 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{ABM10}} &= 1 * 129256 = 129256 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{Э40}} &= 1 * 1684913 = 1684913 \text{ тенге.} \end{aligned}$$

Общие затраты на защитную аппаратуру:

$$\begin{aligned} \sum K_{\text{общ.з.у.}} &= \sum K_{\text{НПН2}} + \sum K_{\text{BA51-35}} + \sum K_{\text{BA51-37}} + \sum K_{\text{BA51-39}} + \sum K_{\text{BA55-41}} + \sum K_{\text{AE2040}} + \\ &+ \sum K_{\text{AE2050}} + \sum K_{\text{A3710}} + \sum K_{\text{ABM15}} + \sum K_{\text{ABM10}} + \sum K_{\text{Э40}}; \end{aligned} \quad (3.5)$$

$$\sum K_{\text{общ.з.у.}} = 7826 + 75117 + 183250 + 77016 + 319880 + 7020 + 8408 + 108340 + 293764 + 129256 + 1684913 = 2894790 \text{ тенге.}$$

Таблица 3.4 – Цена и длины проводов

Тип провода	Длина в метрах	Цена за метр, тг
АПВ-2,5	20	16
АПВ-4,0	8	24
АПВ-25	4	146
АПВ-50	4	243
АПВ-70	10	361
АПВ-95	14	457
АКЗ-150	10	325
АКП-185	2	388
МКП-240	4	450
МКП-800	4	620

Затраты на каждый тип провода:

$$\sum K_{\text{пр.1}} = L * K_{\text{пр.з}} \quad (3.6)$$

где L – длина провода,
K_{з.у.} – цена за метр.

$$\begin{aligned} \sum K_{\text{АПВ-2,5}} &= 20 * 16 = 320 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{АПВ-4,0}} &= 8 * 24 = 192 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{АПВ-25}} &= 4 * 146 = 584 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{АПВ-50}} &= 4 * 243 = 972 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{АПВ-70}} &= 10 * 361 = 3610 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{АПВ-95}} &= 14 * 457 = 6398 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{АКЗ-150}} &= 10 * 325 = 3250 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{АКП-185}} &= 2 * 388 = 776 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{МКП-240}} &= 4 * 450 = 1800 \text{ тенге,} \\ \sum K_{\text{МКП-800}} &= 4 * 620 = 2480 \text{ тенге.} \end{aligned}$$

Общие затраты на провода:

$$\begin{aligned} \sum K_{\text{общ.пр.}} &= \sum K_{\text{АПВ-2,5}} + \sum K_{\text{АПВ-4,0}} + \sum K_{\text{АПВ-25}} + \sum K_{\text{АПВ-50}} + \sum K_{\text{АПВ-70}} + \sum K_{\text{АПВ-95}} + \\ &+ \sum K_{\text{АКЗ-150}} + \sum K_{\text{АКП-185}} + \sum K_{\text{МКП-240}} + \sum K_{\text{МКП-800}}; \quad (3.7) \end{aligned}$$

$$\sum K_{\text{общ.пр.}} = 320 + 192 + 584 + 972 + 3610 + 6398 + 3250 + 776 + 1800 + 2480 = 20382 \text{ тг.}$$

Суммарные затраты:

$$\sum K_{\text{сум.зат.}} = \sum K_{\text{ТСЗ}} + \sum K_{\text{общ.ШРА, ШР}} + \sum K_{\text{общ.з.у.}} + \sum K_{\text{общ.пр.}}; \quad (3.8)$$

$$\sum K_{\text{сум.зат.}} = 3907062 + 177640 + 2894790 + 20382 = 6999874 \text{ тенге.}$$

$$\sum K_{\text{обор.}} = \sum K_{\text{сум.зат.}} - \sum K_{\text{общ.пр.}}; \quad (3.9)$$

$$\sum K_{\text{обор.}} = 6999874 - 20382 = 6979492 \text{ тенге.}$$

Амортизационные отчисления:

Данное вычисление включает в себя средства, необходимые для ремонта или строительства, а также изготовления новых основных средств.

$$НА = (1 / n) * 100 \%, \quad (3.10)$$

где НА - норма амортизации (НА),

n – число месяцев, то есть срок полезного использования объекта. В данном случае n = 9 лет = 108 месяцев.

$$НА = (1/108) * 100\% = 0,92\%.$$

$$А = \text{ПС объекта основных средств} * НА, \quad (3.11)$$

где ПС - первоначальная стоимость,

НА - норма амортизации,

$$A_{\text{обор.}} = 0,92 * 6979492 = 64211 \text{ тенге.}$$

Таблица 3.5 – Суммарные затраты

Название	Суммарные затраты
Трансформатор	3907062
ШРА и ШР	177640
Защитные аппаратуры	289479
Провода	20382
Всего	6999874
Амортизационные отчисления	64211

4 Электробезопасность

1. Проверяется целостность и соответствие обозначений фаз подключенных жил кабелей.

2. Измерение сопротивления изоляции. Произведено мегомметром для напряжения 2,5 кВ. Для силовых кабелей до 1 кВ сопротивление изоляции должно быть не менее 0,5 МОм. Для силовых кабелей свыше 1 кВ сопротивление изоляции не нормируется. Измерения следует проводить до и после испытания кабеля с повышенным напряжением.

3. Проверка выпрямленного тока путем повышения напряжения.

Испытание одножильного кабеля с пластмассовой изоляцией без экрана при помощи повышенного напряжения не выполняются.

Продолжительность кабелей напряжением до 35 кВ с бумажной и пластиковой изоляцией составляет 10 минут. Для кабелей с резиновой изоляцией на напряжение 3-10 кВ продолжительность испытательного напряжения составляет 5 минут. Кабели с резиновой изоляцией на напряжение до 1 кВ не подвергаются высоковольтным испытаниям.

Для кабелей с напряжением 110-500 кВ время испытания составляет 15 минут. Допустимая утечка как функция испытательного напряжения и допустимые значения для коэффициента асимметрии для измерения этого тока утечки показаны в таблице 4.2. Кабельные провода с достаточной изоляцией должны иметь стабильные токи утечки. Во время теста ток утечки должен уменьшиться. Если текущее значение утечки не уменьшается или если текущее значение или нестабильность не уменьшаются, выполняется тест до обнаружения неисправности, но не более 15 минут.

Испытательное напряжение принимается в соответствии с таблицей 4.1.

Таблица 4.1 – Испытательное напряжение выпрямленного тока для силовых кабелей

Кабели с бумажной изоляцией на напряжение, кВ										
2	3	6	10	20	35	110	150	220	330	500
12	18	36	60	100	175	285	347	510	670	865
Кабели с пластмассовой изоляцией на напряжение, кВ					Кабели с резиновой изоляцией на напряжение, кВ					
1*	3	6	10	110		3		6		10
5,0	15	36	60	285		6		12		20

Таблица 4.2 – Токи утечки и коэффициенты асимметрии для силовых кабелей

Кабели напряжением, кВ	Испытательное напряжение, кВ	Допустимые значения токов утечки, мА	Допустимые значения коэффициента асимметрии (I_{max}/I_{min})
6	36	0,2	8
10	60	0,5	8
20	100	1,5	10
35	175	2,5	10
110	285	Не нормируется	Не нормируется
150	347	То же	То же
220	610	«	»
330	670	«	»
500	865	«	»

Для смешанного типа в качестве испытательного напряжения для всей длины кабеля должно быть взято минимальное испытательное напряжение, указанное в таблице 4.1.

4. Проверьте частоту переменного напряжения 50 Гц.

Такое испытание допускается для проводов кабеля с напряжением от 110 до 500 кВ вместо выпрямленного напряжения.

Испытание проводится при напряжении $(1,00-1,73) U_{ном}$. Тестирование допускается при подключении кабельной линии к номинальному напряжению $U_{ном}$. Продолжительность теста - по заявлению производителя.

5. Определение активного сопротивления проводника. Производится для линий от 20 кВ. Сопротивление проводов кабельной линии постоянному току, уменьшенное до мм², длины 1 м и температуры + 20 С, следует использовать для медного проводника не более 0,01779 Ом, а алюминий - максимум 0,0294 Ом. Измеренное сопротивление (уменьшенное до определенного значения) не должно отклоняться более чем на 5% от указанных значений.

6. Определение емкости жил. Производится для линий от 20 кВ. Измеренная емкость не должна отклоняться более чем на 5% от результатов заводских испытаний.

7. Защита от протекающих токов. Эффект установленной катодной защиты проверен.

8. Проверьте наличие нерастворенного воздуха (тест на пропитку).

Производится для маслonaполненных кабельных линий 110-500 кВ. Содержание нерастворимого воздуха в масле не должно превышать 0,1%.

9. Испытание силовых частей и автоматический нагрев соединений.

Производится для маслonaполненных кабельных линий 110-500 кВ.

10. Проверьте антикоррозийную защиту.

При снятии кабелей для эксплуатации и во время работы, функция защиты от коррозии проверяется на:

- кабель с металлическим колпачком, который проложен в почвах со средней и низкой коррозионной активностью (удельное сопротивление грунта больше 20 Ом / м), со среднесуточной плотностью тока утечки на дне более 0,15 мА / дм²;
- кабель с металлическим кожухом, который в почвах с высокой коррозионной активностью (удельное сопротивление грунта менее 20 Ом / м) прокладывается при средней суточной плотности мощности на землю;

- кабель с незащищенной оболочкой и разрушенной броней и защитной оболочкой;
- стальные трубы кабелей высокого давления, независимо от агрессивности земли и характера изоляционных покрытий.

В ходе испытаний потенциалы и токи в кабельных оболочках и параметры электрической защиты (ток и напряжение катодной станции, ток стока) были испытаны в соответствии с руководящими принципами электрохимической защиты подземных турбин от коррозии.

Оценка коррозионной активности почвы и природных вод должна соответствовать требованиям ГОСТ 9.602-89.

11. Определение свойств масла и изоляционной жидкости. Предусматриваются ассигнования для всех частей маслonaполненных кабельных линий на напряжение 110-500 кВ и для оконечных устройств (входов в трансформаторы и ГИС) кабелей с пластмассовой изоляцией на напряжение 110 кВ.

Образцы масел С-220, МН-3 и МН-4 и изолирующих жидкостей ПМС должны соответствовать требованиям таблиц 4.3 и 4.4.

Таблица 4.3 – Нормы на показатели качества масел марок С-220, МН-3 и МН-4 и изоляционной жидкости марки ПМС

Показатель качества масла	Для вновь вводимой линии		
	С-220, СПА	МН-3, МН-4	ПМС
Пробивное напряжение в стандартном сосуде, кВ, не менее	45	45	35
Степень дегазации (растворенный газ), не более	0,5	0,1	-

Испытания масел, не указанных в таблице 4.1, производить в соответствии с требованием изготовителя.

Таблица 4.4 – Тангенс угла диэлектрических потер масла и изоляционной жидкости (при 100, %, не более, для кабелей на напряжение, кВ)

U, кВ	110	150-220	330-500
tgφ	0.5/0.8*	0.5/0.8*	0.5

В числителе указано значение для масел марок С-220, в знаменателе — для МН-3, МН-4 и ПМС.

Если значения электрической прочности и степени дегазации масла МН-4 соответствуют нормам, а значения $\tan \delta$, измеренные по методике ГОСТ 6581-75, превышают значения, приведенные в таблице 4.4, образец масла выдерживают при температуре 100 С. Когда значение загара снижается, образец масла выдерживают при температуре 100 С до тех пор, пока не будет получено стабильное значение, которое используется в качестве контрольного значения.

12. Измерение сопротивления заземления.

Он изготавливается на линиях всех напряжений для нагрузок и на линиях от 110 до 500 кВ в дополнение к металлическим конструкциям кабельных валов и точек завершения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной дипломной работе за основу был взят расчет электроснабжения электрического цеха, и его структура выбора и расположения кабельных линий и проводов. Учитывая количество, габариты, мощность и уровень напряжения установленных электроприемников, общая длина проводов на предприятии составила 80 метров.

Отталкиваясь от приведенных данных, было рассмотрено и изучено пять методов по определению мест повреждений кабельных линий и проводов. Также, стало известно, что в зависимости от характера и вида повреждения возможно применения одного метода из пяти или же их сопряжение. Такой подход позволяет в определенных случаях повысить эффективность проводимых работ по определению повреждений, сужая область поиска и предоставляя точечные результаты.

Наряду с вышеперечисленным, в дипломной работе был проведен технико-экономический расчет, демонстрирующий стоимость установленных в цеху электроприемников и кабелей. Основываясь на нем, стал возможен анализ гипотетических потерь, при возникновении чрезвычайных происшествий ввиду пренебрежения предлагаемой методикой профилактики. Это же подтверждает прилагаемый в дипломной работе раздел по электробезопасности электрического цеха.

Просуммировав все вышеуказанное, можно сделать вывод, что методика определения мест повреждений кабельных линий и проводов является рекомендуемой процедурой для повышения уровней безопасности, надежности и эффективности работы предприятия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дементьев В. С. Как определить место повреждения в силовом кабеле. М.:1 Госэнергоиздат, 1966.
3. Шалыт Г. М. Прожигание изоляции силовых кабельных ли-передачи импульсными методами. М.: Энергия, 1968.
3. Шалыт Г. М. Прожигание изоляции силовых кабельных линий для определения места повреждения. М.: Энергия, 1970.
4. Спиридонов В. К. Электронный микросекундомер ЭМКС для определения расстояния до места повреждения в силовом кабеле. Труды ВНИИЭ, вып. VIII, Госэнергоиздат, 1959.
5. Дементьев В. С., Схема прожигания высоковольтного кабеля для определения места повреждения индукционным методом измерения. — Энергетик, 1970, № 4, с. 31.
6. Половников В. А., Бунин В. А., Кофман Б. Л. Малогабаритный испытатель кабелей и линий Р5-5. — Энергетик. 1968, № 11, с. 13—15.
7. Кузнецов В. Н. Универсальная передвижная высоковольтная лаборатория. — Энергетик, 1975, № 3, с. 34—36.