

Міністерство освіти і науки України
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра електроенергетики

Проект допущено до захисту
Зав. кафедрою електроенергетики
_____ І.Л. Лебединський
«__» _____ 20 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА БАКАЛАВРА

**тема «Електропостачання будівельного майданчика
дев'ятиповерхового будинку»**

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

Виконав
студент

_____ В.І. Міщенко

Керівник
к.ф.-м.н., доцент

_____ М.В. Петровський

Суми 2019

Сумський державний університет

Факультет електроніки та інформаційних технологій

Кафедра електроенергетики

Спеціальність 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедрою електроенергетики

І.Л. Лебединський

“ _____ ” _____ 2019 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра

Міщенко Владислава Івановича

1. Тема кваліфікаційної роботи «Електропостачання будівельного майданчика дев'ятиповерхового будинку»
затверджено наказом по університету № _____ від _____
2. Термін здачі студентом завершеної роботи 16.12.2019р.
3. Вихідні дані до роботи: Вихідними даними для проектування системи електропостачання є генеральний план майданчика з указанням місць розташування основних електроприймачів; перелік електроприймачів з указанням їхньої потужності та кількості.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно вирішити)
 - Вступ;
 - Характеристика технологічного процесу;
 - Розрахунок електричних навантажень, вибір силової, компенсуючої, комутаційної та захисної апаратури;
 - Розрахунок короткого замикання, засобів грозозахисту та заземлення;
 - Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях;
 - Висновки;
 - Список літератури.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним позначенням обов'язкових креслень)
 - План силової частини та освітлення;
 - План підстанції та її характерні розрізи;
 - Принципова однолінійна схема підстанції;
 - Однолінійна схема підстанції.

дата видачі завдання 09.09.2019

Керівник проекту М.В.Петровський _____
(підпис)

завдання прийняв до виконання В.І.Міщенко _____
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів роботи дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи
1.	Аналіз об'єкту проектування	10.09.2019
2.	Розрахункова частина	28.10.2019
2.1.	Розрахунок і вибір пристроїв компенсації реактивної потужності	04.11.2019
2.2.	Вибір типу живлячої підстанції. Розрахунок потужності і вибір кількості трансформаторів живлячої підстанції	11.11.2019
2.3.	Розрахунок номінальних струмів всіх споживачів і вибір живлячих	18.11.2019
2.4.	Розрахунок і вибір захисної та комутаційної апаратури	25.11.2019
2.5.	Розрахунок струмів короткого замикання в характерних точках схеми	02.12.2019
3.	Охорона праці на підприємстві	09.12.2019
4.	Оформлення пояснювальної записки	16.12.2019

Студент-дипломник _____ В.І. Міщенко
(підпис)

Керівник проекту _____ М.В. Петровський
(підпис)

Реферат

67 сторінок, 6 рисунків, 5 таблиць, 16 джерел.

Бібліографічний опис: Міщенко В.І. Електропостачання будівельного майданчика дев'ятиповерхового будинку [Текст]: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра; спец.: 141 – електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / В.І. Міщенко; наук. керівник М.В. Петровський. – Суми: СумДУ, 2019 – 54 с.

Ключові слова: трансформатор, кабельна лінія, автоматичний вимикач, коротке замикання, компенсуючий пристрій.

Трансформатор, кабельная линия, автоматический выключатель, короткое замыкание, компенсирующее устройство..

transformer, cable line, circuit breaker, short circuit, compensation device

Короткий огляд - У кваліфікаційній роботі бакалавра нами було розраховано навантаження споживачів з урахуванням режимів роботи та коефіцієнтом використання, враховано параметри електрообладнання, відповідно до їхніх технічних характеристик, присвоєна друга категорія надійності електропостачання. На основі цих розрахунків були обрані параметри трансформаторної підстанції.

Із аналізу режимів роботи споживачів для їхнього електропостачання було обрано трансформаторну підстанцію з двома трансформаторами типу ТМ-63/10-УЗ та обладнання електричної частини підстанції: силові шафи, комутаційні апарати. Також було обрано пристрої компенсації реактивної потужності, для збільшення $\cos \varphi$ до 0.93,

Розраховані: номінальні струми, пікові струми, згідно розрахунків - обрано комутаційні апарати, та захисні пристрої, кабельні лінії, силові та вимірювальні трансформатори.

Також було розраховано заземлення та бликавкозахист відповідно до ДСТУ.

Особливу увагу при дипломному проектуванні було приділено питанням охорони праці та техніки безпеки. До працівників пред'являються високі вимоги щодо дотримання правил техніки безпеки під час виконання будь-яких робіт з електроустановками на майданчику.

Перелік скорочень

ПУЕ – правила улаштування електроустановки;

ВН – висока напруга;

НН – низька напруга;

ЛЕП – лінія електропередачі;

РПНН – розподільчий пункт низької напруги;

АВР – автоматичний ввід резерву;

СП – силовий пункт;

КП – компенсуючий пристрій;

ТП – трансформаторна підстанція;

КЗ – коротке замикання;

ГПП – головна понижуюча підстанція;

ТС – трансформатор струму;

ТН – трансформатор напруги;

ЗП – заземлюючий пристрій;

ПВ – тривалість ввімкнення;

АД – асинхронний двигун.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						5
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ	7
1. Аналіз об'єкту проектування	8
1.1 Розрахунок електричних навантажень	9
2. Розрахункова частина	17
2.1 Розрахунок і вибір пристроїв компенсації реактивної потужності.....	17
2.2 Вибір типу живлячої підстанції. Розрахунок потужності і вибір кількості трансформаторів живлячої підстанції	18
2.3 Розрахунок номінальних струмів всіх споживачів і вибір живлячих кабелів.....	21
2.4 Розрахунок і вибір захисної та комутаційної апаратури	26
2.5 Розрахунок струмів короткого замикання в характерних точках схеми	35
2.6 Перевірка електрообладнання і струмопровідних частин на термічну і динамічну стійкість.....	41
2.7 Світлотехнічний розрахунок	45
2.8 Розрахунок заземлення та грозозахисту	46
3. Охорона праці та техніка безпеки	53
3.1 Інструкція з охорони праці для електротехнічного персоналу.....	53
3.2 Вимоги з охорони праці перед початком роботи.	57
3.3 Вимоги з охорони праці при виконанні роботи	59
3.4 Вимоги з охорони праці після закінчення роботи	62
3.5 Вимоги з охорони праці в аварійних ситуаціях	63
Висновки.....	65
Список літератури.....	66

					БР 3.6.141.513 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Мищенко В.І.			Літ.	Арк.	Акрцшів
Перевір.		Петровський М.В				6	67
Реценз.					СумДУ, гр. ЕТ-51-6		
Н. Контр.							
Затверд.		Лебединський І.Л					
					<i>Електропостачання будівельного майданчика дев'ятиповерхового будинку. Пояснювальна записка</i>		

Вступ

В останні роки електроенергетика перебуває у інтенсивному розвитку. Загальне виробництво електроенергії сягало 185,2 млрд.кВт/рік, вартість виробленої електроенергії та теплової енергії – 27 млрд.грн.

Найбільшим виробником електроенергії є атомні електростанції.а саме: (Запорізька, Південно-Українська, Рівненська і Хмельницька) виробили 88,8 млрд. кВт/рік електроенергії або 49,7% від загальної кількості енергії.

Трохи поступається атомній енергетиці тепла. Її частка складає 45,5%. Третім за важливістю джерелом електроенергії – є ГЕС, частка яких становила 6,7%. Існують також альтернативні джерела електроенергії, але їх частка у виробництві електроенергії в Україні дуже незначна.

На сьогоднішній день у світі найбільш розвинена атомна енергетика, тому що запаси палива, а саме нафти, газу, вугілля дуже швидко зникають, а запасів урану та цирконію ще багато. Саме завдяки вище зазначеним електростанціям живляться безліч виробничих і житлових споруд.

Однак і у атомних електростанцій є свої недоліки, а саме: необхідність захоронювати залишки паливних уранових стрижнів, а період напіврозпаду урану становить 280 років, у випадку надзвичайної ситуації на АЕС дуже важко припинити неконтрольовані реакції у реакторі, вплив таких аварій на навколишнє середовище дуже негативний, і усунути його майже неможливо. Крім всього сказаного вище АЕС необхідно будувати на певній відстані від населених пунктів для усунення шкідливих впливів на населення. Використання атомних станцій для опалення житлових будівель дуже складно, адже доводиться очищувати воду від залишків радіації.

У своєму дипломному проекті задля забезпечення економії електроенергії я буду використовувати стрічкові транспортери марки КЛ-Н300. Ці транспортери дуже вигідно використовувати, адже вони відносно дешеві, мають двигун з реверсом, що необхідно на будівельному майданчику, також достатньо потужні та прості у використанні.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						7
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

1. Аналіз об'єкту проектування

Будівельний майданчик призначений для забезпечення умов для зведення будівель і інших необхідних споруд. Використовується виключно електрична енергія. Живляться споживачі майданчика від РП міської мережі 10кВт кабельною лінією довжиною 300м. Потужність: КЗ на шинах 10кВ, РП – 75 МВА. Майданчик знаходиться у 2 кліматичній зоні, ґрунт – глина, $R_e=9$ Ом, струм замикання на землю $I_z=10$ А, потужність освітлення 3,331 кВт, площа майданчика – 5000 м². Кількість робочих змін – 1.

Споживачі цеху мають 2 і 3 категорії з надійності електропостачання.

Будівельний майданчик загалом, згідно ПУЕ, належить до 2 категорії: при раптовому відключенні електроенергії може статися аварія, адже для важких вантажів необхідна постійна робота крану, а без живлення трос може не витримати і вантаж зірветься.

Пожежна безпека. Категорія зони, в якій присутні печі, згідно з ПУЕ – П II а. Зона, в якій відсутні печі – П III.

Категорія по електробезпеці згідно ПУЕ – з підвищеною-небезпекою. На майданчику наявний струмопровідний пил, можливість одночасного дотикання людини до металевих корпусів електрообладнання і заземлених металевих конструкцій будівлі.

Згідно з вихідними даними:

- скласти схему електропостачання майданчика;
- обрати живильні кабелі, трансформатори, захисну та комутаційну апаратуру;
- розрахувати засоби грозозахисту та заземлення будівлі;
- розробити креслення проекту.

					БР 3.6.141.513 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Мищенко В.І.			<i>Електропостачання будівельного майданчика дев'ятиповерхового будинку. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Акрцшів</i>
<i>Перевір.</i>		Петровський М.В					8	67
<i>Реценз.</i>						СумДУ, гр. ЕТ-51-6		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Лебединський І.І.						

Таблиця 1.1 – Параметри електрообладнання

Назва	Кількість, шт	P_H , кВт	Коефіцієнт використання, Кв	$\cos\varphi$	Примітки
Баштовий кран	1	25	0,25	0,6	ПВ=40%
Стрічковий транспортёр	3	10	0,6	0,7	
Бетонозмішувач	3	10	0,45	0,65	
Компресор	2	10	0,5	0,7	
Водяний насос	3	2,8	0,58	0,75	
Піч опору	6	3,2	0,7	0,95	

Таблиця 1.2 – Вихідні дані для розрахунку грозозахисту, заземлення та КЗ трансформаторної підстанції

$S_{кз}$, МВА	ρ , Ом/м	A, м	B, м	h, м	$U_{ВН}$, кВ	$U_{НН}$, кВ	I_3 , А	Кліматична зона
75	100	12,6	5,8	5	10	0.4	10	2

1.1 Розрахунок електричних навантажень

Всі електроспоживачі розбиваємо на однорідні за режимом роботи групи з однаковим значенням коефіцієнта використання.

Група 1 – Баштовий кран

Встановлену потужність, P_y , кВт, розраховують за формулою [9]:

$$P_y = P_H * \sqrt{ПВ},$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						9
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

де P_H – номінальна потужність обладнання, кВт;

P_B – довгостроковість ввімкнення, яка відліковується в основних одиницях;

$$P_y = P_H * \sqrt{P_B} = 25 * 0,4 = 15,811 \text{ кВт.}$$

Визначаю за відомим значенням косинуса тангенс: $\text{tg} \varphi = 1,33$.

Розраховую активне навантаження за найбільш завантажену зміну P_{cm} , кВт:

$$P_{cm} = K_{и} * P_y,$$

де P_{cm} – активне навантаження за найбільш завантажену зміну, кВт;

$K_{в}$ – коефіцієнт використання активної потужності;

$$P_{cm} = 0,25 * 15,811 = 3,953 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо середньозмінну реактивну потужність Q_{cm} , кВАр, за формулою:

$$Q_{cm} = P_{cm} * \text{tg} \varphi,$$

де P_{cm} - активне навантаження за найбільш завантажену зміну, кВт;

$$Q_{cm} = 3,953 * 1,33 = 5,257 \text{ кВАр.}$$

Група 2 – Стрічкові транспортери (3шт)

Встановлену потужність розраховую за формулою:

$$P_y = P_H = 30 \text{ кВт.}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						10
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Визначаю за відомим значенням косинуса тангенс:

$$\operatorname{tg} \varphi = 1,02.$$

Розраховую активне навантаження за формулою:

$$P_{\text{см}} = 0,6 * 30 = 18 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо середньозмінну реактивну потужність за формулою:

$$Q_{\text{см}} = 18 * 1,02 = 18,36 \text{ кВАр.}$$

Група 3 – Бетонозмішувачі (3шт)

Встановлену потужність розраховую за формулою:

$$P_{\text{у}} = P_{\text{н}} = 30 \text{ кВт.}$$

Визначаю за відомим значенням косинуса тангенс:

$$\operatorname{tg} \varphi = 1,9845.$$

Розраховую активне навантаження за формулою:

$$P_{\text{см}} = 0,45 * 30 = 13,5 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо середньозмінну реактивну потужність за формулою:

$$Q_{\text{см}} = 13,5 * 1,9845 = 26,79 \text{ кВАр.}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						11
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Група 4 – Компресори (2шт)

Встановлену потужність розраховую за формулою:

$$P_y = P_H = 20 \text{ кВт.}$$

Визначаю за відомим значенням косинуса тангенс:

$$tg \varphi = 1,7321.$$

Розраховую активне навантаження за формулою:

$$P_{см} = 0,5 * 20 = 10 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо середньозмінну реактивну потужність за формулою:

$$Q_{см} = 10 * 1,7321 = 17,321 \text{ кВАр.}$$

Група 5 – Водяні насоси (3шт)

Встановлену потужність розраховую за формулою:

$$P_y = P_H = 5,6 \text{ кВт.}$$

Визначаю за відомим значенням косинуса тангенс:

$$tg \varphi = 0,8819.$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						12
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Розраховую активне навантаження за формулою:

$$P_{см} = 0,58 * 5,6 = 3,248 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо середньозмінну реактивну потужність за формулою :

$$Q_{см} = 3,248 * 0,8819 = 2,86 \text{ кВАр.}$$

Група 6 –Печі опору (6шт)

Встановлену потужність розраховую за формулою :

$$P_y = P_H = 19,2 \text{ кВт.}$$

Визначаю за відомим значенням косинуса тангенс:

$$tg\varphi = 0,3287.$$

Розраховую активне навантаження за формулою :

$$P_{см} = 0,7 * 19,2 = 13,44 \text{ кВт.}$$

Розраховуємо середньозмінну реактивну потужність за формулою:

$$Q_{см} = 13,44 * 0,3287 = 4,42 \text{ кВАр.}$$

Так як Кв всіх приладів $K_v \geq 0,2$ далі розрахунок буду вести для всіх приладів разом.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						13
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Розраховуємо для вузла активні $P_{см\ вузл}$, кВт, і реактивні $Q_{см\ вузл}$, кВАР, складових потужностей за формулами:

$$P_{см\ вузл} = \sum P_{см}.$$

$$Q_{см\ вузл} = \sum Q_{см}.$$

$$P_{см\ вузл} = 3,953 + 18 + 13,5 + 10 + 3,248 + 13,44 = 62,141 \text{ кВт}.$$

$$Q_{см\ вузл} = 5,257 + 18,36 + 26,79 + 17,321 + 2,86 + 4,42 = 75,011 \text{ кВАР}.$$

Розраховуємо суми номінальних потужностей $\sum P_y$, кВт, всіх електроприймачів цеху.

$$\sum P_y = 15,811 + 10 * 3 + 10 * 3 + 10 * 2 + 2,8 * 3 + 3,2 * 6 = 120,611 \text{ кВт}.$$

Визначаємо вузловий коефіцієнт використання, K_v , вуз, за формулою:

$$K_v \text{ вуз} = P_{см\ вуз} / \sum P_y$$

$$K_v \text{ вуз} = 62,141 / 120,611 = 0,512$$

Знаходжу середньозважене значення $tg\varphi_{вуз}$, за формулою:

$$tg\varphi_{вуз} = Q_{см\ вуз} / P_{см\ вуз}$$

де $Q_{см\ вуз}$ – реактивна потужність для вузла приєднання, кВАР ;

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		14

Рсм вузл – активна потужність для вузла приєднання , кВт.

$$tg\varphi_{\text{вуз}} = 75,011/62,141 = 1,207,$$

Тоді $\cos\varphi_{\text{вуз}} = 0,638$

Розраховую ефективне число електроприймачів n_e :

Оскільки:

$$m = \frac{25}{2.8} = 8.929 > 3, \text{ то } n_e = 10.384 = 10,$$

Визначимо табличний коефіцієнт максимуму, K_m залежності від K_v та n_e :

Для обладнання:

$$K_v > 0,2, K_m = 1,34$$

Розраховую розрахункову максимальну активну потужність P_m , кВт, за формулою:

$$P_m = K_m * P_{\text{см вузл}}$$

Де K_m - коефіцієнт максимуму;

$P_{\text{см вузл}}$ - активна потужність для вузла приєднання, кВт

$$P_m = 1,34 * 62,141 = 83,267 \text{ кВт.}$$

Розраховую розрахункову реактивну потужність Q_m , кВАр, за формулою:

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						15
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$Q_M = K_M * Q_{CM} \text{ вузл.}$$

де K_M - коефіцієнт максимуму реактивної потужності;

Q_{CM} вузл. – реактивна потужність для вузла приєднання, кВАр

$$Q_M = 1,1 * 75,011 = 82,5121 \text{ кВАр}$$

Розрахував потужність освітлювального навантаження $P_{осв.}$, кВт, за формулою:

$$P_{осв.} = (P_M * 4\%) / 100\%.$$

$$P_{осв.} = (4\% * 83,267) / 100\% = 3,331 \text{ кВт.}$$

Розраховую повну потужність S_M , кВА:

$$S_M = \sqrt{((3,331 + 93,267)^2 + 82,51212)} = 119,614 \text{ кВА.}$$

Розрахунковий струм, споживаний станцією, I_M , А, визначаємо за формулою:

$$I_M = S_M / U_H,$$

де S_M – повна потужність, кВА;

U_H – напруга вищої сторони (10кВ).

$$I_M = 119,614 / ((\sqrt{3}) * 10) = 6,906 \text{ А}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						16
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

2. Розрахункова частина

2.1 Розрахунок і вибір пристроїв компенсації реактивної потужності

Для вирішення питання про доцільність або недоцільність застосування компенсуючого пристрою треба визначити середньозважений коефіцієнт потужності $\cos\varphi_{\text{ср.в}}$ за формулою:

$$\cos\varphi_{\text{ср.в}} = P_M/S_M$$

де P_M – розрахункова максимальна активна потужність, кВт;

S_M – розрахункова повна потужність, кВА.

$$\cos\varphi_{\text{ср.в}} = 83,267/119,614 = 0,696.$$

В нашому випадку $\cos\varphi_{\text{ср.в}}$ значно менше за 0,9, то потужність компенсуючого пристрою $Q_{\text{кп}}$, кВАр [2]:

$$Q_{\text{кп}} = P_{\text{ср}} * (tg\varphi_1 - tg\varphi_2),$$

де $P_{\text{ср}}$ – середньо змінна активна потужність

$tg\varphi_1$ - тангенс кута, що відповідає середньозваженому коефіцієнту потужності за розрахунковий період

$tg\varphi_2$ - тангенс, що відповідає бажаному значенню коефіцієнта потужності

$$\varphi = 45,893^\circ \quad tg\varphi_1 = 1.032 \quad tg\varphi_2 = 0.411.$$

$$Q_{\text{кп}} = 61,141 * (1,032 - 0,411) = 38 \text{ кВАр},$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						17
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Так як встановлено 2 трансформатори, я використовую дві конденсаторні батареї УКМ58-04-20-10УЗ. Для розрядки конденсаторів , при відключенні компенсую чого пристрою, паралельно до них підключають розрядні опори R_p , Ом. Величину їх розраховуємо за формулою:

$$R_p \leq (15 * U_{\phi}^2 * 10^6) / Q.$$

де U_{ϕ} - напруга на одній фазі батареї конденсаторів, кВ;

Q - реактивна потужність батареї конденсаторів, кВа;

$$R_p = \frac{15 \times 0,16 \times 10^6}{20} = 12 * 10^4 \text{ Ом.}$$

2.2 Вибір типу живлячої підстанції. Розрахунок потужності і вибір кількості трансформаторів живлячої підстанції

У трансформаторів напруга на вищій стороні дорівнює 10 кВ, тому я вибрав закриту підстанцію. Трансформаторну підстанцію розташовую за межами будівельного майданчика в окремому приміщенні. Використовую два (2) трансформатори, без РУВН, приєднання кабеля до трансформатора – глухе. Трансформатори з'єднуються з РУНН за допомогою кабельної вставки, адже її легше змонтувати. РУНН складається з п'яти (5) шаф : 2 лінійних , 1 секційний та 2 ввідних. Тип шаф – РУНН – ЩО-90, розмірами 800*600*2000 мм.

Оскільки трансформатор має потужність 63 кВА, то необхідність рити яму для зливу мастила відсутня. Підлогу в камері трансформатора висипаємо суммішню гальки з піском.

На будівельному майданчику присутні електроспоживачі другої категорії,

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						18
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Отже:

$$K_3 = 0,75.$$

Таким чином розрахункова потужність трансформаторів, встановлених на живлячій підстанції $S_{тр р}$, кВА може бути розрахована за формулою:

$$S_{тр р} = \frac{Sp_{\Sigma}}{K_3 * n}.$$

де Sp_{Σ} - сумарна повна потужність підстанції, кВА;

K_3 - коефіцієнт завантаження трансформаторів;

n - кількість трансформаторів на підстанції,

$$S_{тр р} = 96,47 / (0,75 * 2) = 64,313 \text{ кВА}.$$

Розраховую сумарну потужність підстанції Sp_{Σ} , кВА, за формулою:

$$Sp_{\Sigma} = \sqrt{P_M^2 + (Q_M - Q_{КУ})^2},$$

де $Q_{КУ}$ - реактивна потужність обраного компенсуючого пристрою, кВАр .

$$Sp_{\Sigma} = \sqrt{86,598 * 86,598 + (85,5121 - 40)^2} = 96,47 \text{ кВА}.$$

Обираю трансформатор потужністю 63 кВА

Визначаю номінальну фактичну потужність $S_{н. ф}$, кВА, за формулою:

$$S_{н. ф} = S_{н. кат.} \left(1 + \frac{35 - \theta}{100}\right),$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						19
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

де θ - фактична середньорічна температура охолоджуючого повітря, °C

$$S_{н.ф} = 63 * (1 + ((35 - 20)/100)) = 72,45 \text{ кВА.}$$

Перевіряю потужність обраних трансформаторів $S_{тр.}$, кВА, за формулою:

$$S_{тр.} \geq S_{ав} = \sqrt{(P_I + 0,5P_{II} + P_{осв})^2 + (Q_I + 0,5Q_{II})^2},$$

де $S_{тр.}$ - потужність одного трансформатора двох трансформаторної підстанції, кВА;

$S_{ав}$ - потужність споживачів, яку треба забезпечити в аварійному режимі (при виході з ладу одного трансформатора), кВА;

P_I і P_{II} - активна потужність споживачів першої і другої категорії, встановлених на об'єкті, що проектується, кВт;

$P_{осв}$ - потужність освітлювальних навантажень об'єкта, кВт;

Q_I і Q_{II} - реактивна потужність споживачів першої і другої категорії, встановлених на об'єкті, що проектується, кВАр.

$$P_{II} = 3,953 \text{ кВт} \quad Q_{II} = 5,257 \text{ кВАр.}$$

$$S_{ав} = \sqrt{((3,953 * 0,5 + 3,331)^2 + 5,257^2)} = 7,47 \text{ кВА.}$$

$$S_{тр.} = 63 \text{ кВА} \geq S_{ав} = 7,47 \text{ кВА.}$$

Остаточню обираю 2 трансформатори типу ТМ-63/10-УЗ що мають наступні паспортні дані:

$$S_{н} = 63 \text{ кВА, Схема з'єднань ВН: У, } U_{н} = 10 \text{ кВ, } U_{к} = 4.5 \%, I_{хх} = 2,4\%,$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						20
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$P_H = 1400 \text{ Вт}, P_{ХХ} = 230 \text{ Вт}, \text{ маса: } 500 \text{ кг.}$

Розміри: $L=1110; B = 490; H=1250.$

2.3 Розрахунок номінальних струмів всіх споживачів і вибір живлячих кабелів

Номінальні струми $I_H, \text{ А},$ розраховуємо за формулою:

$$I_H = P_H / (\sqrt{3} * U_H * \cos\varphi_H * \eta).$$

де P_H – номінальна активна потужність споживача, кВт;

η – коефіцієнт корисної дії електродвигуна;

$\cos\varphi_H$ – коефіцієнт потужності споживача в номінальному режимі;

U_H – номінальна лінійна напруга, кВ.

За умовами прокладання обираю кабель з алюмінієвими жилами АВВГ.

За знайденими номінальним струмом приймачів обираю перерізд кабелю і його тип з таблиці в методичці.

Баштовий кран :

$$I_H = 25 / (\sqrt{3}) * 0,38 * 0,6 * 0,83) = 76,3 \text{ А.}$$

АВВГ 3 x 25 $I_{доп} = 88 \text{ А.}$

Стрічкові транспортери (3 шт):

$$I_H = 10 / (\sqrt{3}) * 0,38 * 0,7) = 21,7 \text{ А.}$$

АВВГ 3 x 4 $I_{доп} = 29 \text{ А}$

Бетонозмішувачі (3 шт):

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						21
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$I_H = 10 / (\sqrt{3} * 0,38 * 0,65) = 23,4 \text{ A.}$$

АВВГ 3 х 4 $I_{доп} = 29 \text{ A}$

Компресори (2 шт):

$$I_H = 10 / (\sqrt{3} * 0,38 * 0,7) = 21,7 \text{ A.}$$

АВВГ 3 х 4 $I_{доп} = 29 \text{ A}$

Водяні насоси (3 шт):

$$I_H = 2,8 / (\sqrt{3} * 0,38 * 0,75) = 5,7 \text{ A.}$$

АВВГ 3 х 2,5 $I_{доп} = 21 \text{ A}$

Печі опору (6 шт):

$$I_H = 3,2 / (\sqrt{3} * 0,38 * 0,95) = 5,6 \text{ A.}$$

АВВГ 3 х 2,5 $I_{доп} = 21 \text{ A.}$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						22
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Дані обраних кабелів

Споживач	Номінальний струм I_n , А	Марка кабелю	Допустимий струм $I_{доп}$, А
Баштовий кран	76,3	АВВГ 3 х 25	88
Стрічкові транспортери	21,7	АВВГ 3 х 4	29
Бетонозмішувачі	23,4	АВВГ 3 х 4	29
Компресори	21,7	АВВГ 3 х 4	29
Водяні насоси	5,7	АВВГ 3 х 2,5	21
Печі опору	5,4	АВВГ 3 х 2,5	21
Освітлення	5.06	АВВГ 4 х 2,5	19

Струм освітлення I_n . осв, А, розраховують за формулою:

$$I_n \text{ осв} = P_n / (\sqrt{3} * U_n).$$

де P_n – потужність освітлення, кВт;

U_n – лінійна напруга, к В.

$$I_n \text{ осв} = 3,331 / (\sqrt{3} * 0,38) = 5,06 \text{ А.}$$

АВВГ 4 х 2,5 $I_{доп} = 19 \text{ А}$

Прораховую струм аварійного освітлення I_n . ав. осв, А:

$$I_n \text{ ав. осв} = 5,06 * 0,1 = 0,51 \text{ А.}$$

АВВГ 4 х 2,5 $I_{доп} = 19 \text{ А}$

Обчислюю струм трансформаторів на нижчій стороні:

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						23
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$I_H = 63 * 2 / (\sqrt{3} * 0,38) = 95,7 \text{ A.}$$

АВВН 4 x 35 $I_{\text{доп}} = 101 \text{ A}$

Обчислюю струм трансформаторів на вищій стороні:

$$I_p = (63 * 2) / (\sqrt{3} * 10) = 21,8 \text{ A.}$$

ААШв 3x35 $I_{\text{доп}} = 118 \text{ A}$

Розраховую струм СП та вибираю кабелі для них:

До СП1 входять: стрічковий транспортер, печі опору (2 шт), бетонозмішувач, компресор:

$$I_{\text{СП1}} = 21,7 + 5,6 * 2 + 23,4 + 21,7 = 78 \text{ A.}$$

Обираю кабель типу АВВГ 3x25 + 1x16 $I_{\text{доп}} = 88 \text{ A.}$

До СП2 входять: стрічковий транспортер, печі опору (3шт), бетонозмішувач, водяні насоси (2шт):

$$I_{\text{СП2}} = 21,7 + 5,6 * 3 + 23,4 + 5,7 * 2 = 73 \text{ A.}$$

Обираю кабель типу АВВГ 3x25 + 1x16 $I_{\text{доп}} = 88 \text{ A.}$

До СП3 входять: стрічковий транспортер, піч опору, бетонозмішувач, водяний насос, компресор:

$$I_{\text{СП3}} = 21,7 + 5,6 + 23,4 + 5,7 + 21,7 = 72,4 \text{ A.}$$

Обираю кабель типу АВВГ 3x25 + 1x16 $I_{\text{доп}} = 88 \text{ A.}$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						24
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

До СП4 входить: баштовий кран: $I_{СП4} = 76,3$ А.

Обираю кабель типу АВВГ 3х25 + 1х16 $I_{доп} = 88$ А.

Таблиця 2.2 – Дані обраних кабелів СП

Споживач	Розрахунковий струм I_p , А	Марка кабелю	Допустимий струм $I_{доп}$, А
РУНН-СП1	78	АВВГ 3х25 + 1х16	88
РУНН-СП2	73	АВВГ 3х25 + 1х16	88
РУНН-СП3	72,4	АВВГ 3х25 + 1х16	88
РУНН-СП4	76,3	АВВГ 3х25 + 1х16	88

Перевіряю кабелі вищої сторони трансформатора та на освітлення по допустимій втраті напруги ΔU , % за формулою:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} * 100}{U_n} * I_p * l * (r_0 * \cos \varphi + x_0 * \sin \varphi).$$

де U_n - номінальна лінійна напруга, В;

I_p - розрахунковий струм, А;

l - довжина лінії, км;

r_0 - питомий активний опір дроту , або кабелю, Ом/км;

x_0 - питомий реактивний опір дроту або кабелю, Ом/км;

φ - кут зсуву між напругою і струмом, °.

$$\Delta U_{ВН} = \left(\frac{\sqrt{3} * 100}{10000} \right) * 21,8 * 300 * 103 * (7,81 * 0,9 + 0,107 * 0,44) =$$

0,802 % < $\Delta U_{доп} = 10$ % .

Висновок: втрати допустимі.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		25

$$\Delta U_{\text{осв}} = ((\sqrt{3}) * 100) / 380 * 8,77 * 0,1 * 7,81 = 3,12\% < \Delta U_{\text{доп}} = 7,5\%$$

Висновок: втрати допустимі.

Перевіримо кабель на вищій стороні з економічної густини струму. Згідно з вимогами ПУЕ інші кабелі інші кабелі з економічної густини струму не перевіряються.

Перетин Сек, мм², знаходять за формулою:

$$Сек = I_p / J_{ек},$$

де I_p – розрахунковий струм

$J_{ек}$ – економічна густина струму, А/мм².

Для трансформатора на ВН:

$$Сек = 21,8 / 1,4 = 15,57 \text{ мм}^2.$$

Оскільки перетин проводу з економічної щільності струму менший розрахункового то залишаю раніше розрахований провід.

2.4 Розрахунок і вибір захисної та комутаційної апаратури

Для захисту від КЗ для всіх споживачів обираємо автоматичні вимикачі. При цьому мають дотримуватися наступні умови:

$$U_{на} \geq U_{н \text{ ем.}}$$

$$I_{на} \geq I_{н.}$$

де $U_{на}$ – номінальна напруга апарата, В, або кВ ;

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						26
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$U_{ном}$ -номінальна напруга електромережі, де встановлюється апарат, В або кВ;

$I_{на}$ - номінальний струм апарата, А;

$I_{н}$ - розрахунковий довгочасний струм в колі з апаратом, А.

Також розрахував піковий струм $I_{пк}$, А, за формулою:

$$I_{пк} = K_{кр} * I_{ном}.$$

де $K_{кр}$ – коефіцієнт кратності струму;

$I_{ном}$ – номінальний струм, А.

Баштовий кран

$$I_{пк1} = 7 * 76,3 = 534,1 \text{ А.}$$

Стрічковий транспортер

$$I_{пк2} = 7 * 21,7 = 151,9 \text{ А.}$$

Бетонозмішувач

$$I_{пк3} = 7 * 23,4 = 163,8 \text{ А.}$$

Компресор

$$I_{пк4} = 7 * 21,7 = 151,9 \text{ А.}$$

Водяний насос

$$I_{пк5} = 4,5 * 5,7 = 25,65 \text{ А.}$$

Піч опору

$$I_{пк6} = 1,1 * 5,6 = 6,16 \text{ А.}$$

Струм вставки електромагнітних розчеплювачів розраховую за формулою:

$$I_{уст. е. м.} \geq K_з I_{пк},$$

де $I_{уст. е. м.}$ - уставка електромагнітного розчеплювача автоматичного вимикача.

А;

$K_з$ - коефіцієнт запасу, цифрове значення якого залежить від величини

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						27
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

статистичного розкиду характеристик електромагнітних розчеплювачів, який гарантує завод-виготовлювач (береться з довідників на захисну апаратуру). При відсутності конкретних даних можна прийняти $Kз = 1.25$;

Іпік. - розрахунковий піковий струм споживача, А.

Баштовий кран:

$$I_{уст\ 1} = 1,25 * 534,1 = 667,625\ А.$$

Обираю автоматичний вимикач типу УкрЕМ ВА-2000 на номінальну напругу $U_n = 380В \geq U_{н.ем} = 380В$, номінальний струм

$$I_{на} = 80А \geq I_n = 76,3\ А.$$

та струм уставки електромагнітного розчеплювача

$$I_{уст.ем} = 10 * I_{на} = 800А \geq I_{уст_1} = 667,625А.$$

Стрічковий транспортер:

$$I_{уст_2} = 1,25 * 151,9 = 189,875\ А.$$

Обираю автоматичний вимикач типу УкрЕМ ВА-2000 на номінальну напругу $U_n = 380В \geq U_{н.ем} = 380В$, $I_{на} = 25 \geq I_n = 21,7А$ номінальний струм та струм уставки електромагнітного розчеплювача

$$I_{уст.ем} = 10 * I_{на} = 250 \geq I_{уст_2} = 189,875\ А.$$

Бетонозмішувач:

$$I_{уст_3} = 1,25 * 163,8 = 204,75\ А.$$

Обираю автоматичний вимикач типу УкрЕМ ВА-2000 на номінальну напругу $U_n = 380В \geq U_{н.ем.} = 380В$, номінальний струм

$$I_{на} = 25А \geq I_n = 23,4А.$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						28
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

та струм уставки електромагнітного розчеплювача

$$I_{уст.ем} = 10 * I_{на} = 250 \text{ A} \geq I_{уст_3} = 204,75 \text{ A.}$$

Компресор:

$$I_{уст_4} = 1,25 * 151,9 = 189,875 \text{ A.}$$

Обираю автоматичний вимикач типу УкрЕМ ВА-2000 на номінальну напругу $U_{н} = 380\text{В} \geq U_{н ем.} = 380\text{В}$, номінальний струм

$$I_{на} = 25\text{А} \geq I_{н} = 21,7\text{А}$$

та струм уставки електромагнітного розчеплювача

$$I_{уст.ем} = 10 * I_{н} = 250\text{А} \geq I_{уст_4} = 189,875\text{А.}$$

Водяний насос:

$$I_{уст_5} = 1,25 * 25,65 = 32,1 \text{ A.}$$

Обираю автоматичний вимикач типу УкрЕМ ВА-2000 на номінальну напругу $U_{н} = 380\text{В} \geq U_{н ем.} = 380\text{В}$, номінальний струм

$$I_{на} = 6 \text{ A} \geq I_{н} = 5,7 \text{ A,}$$

та струм уставки електромагнітного розчеплювача

$$I_{уст.ем} = 10 * I_{на} = 60 \text{ A} \geq I_{уст_5} = 32,1 \text{ A.}$$

Піч опору:

$$I_{уст_6} = 1,1 * 5,6 = 6,16 \text{ A.}$$

Обираю автоматичний вимикач типу УкрЕМ ВА-2000 на номінальну

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						29
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

напругу $U_n = 380\text{В} \geq U_{н.ем.} = 380\text{В}$, номінальний струм

$$I_{на} = 6\text{ А} \geq I_n = 5,6\text{ А},$$

та струм уставки електромагнітного розчеплювача

$$I_{уст.ем} = 3 * I_n = 18\text{ А} \geq I_{уст_6} = 6,16\text{ А}.$$

Таблиця 2.3 – Дані обраних автоматичних вимикачів

Споживач	Марка автоматичного вимикача	U_n , В	$I_{на}$, А	$I_{уст.ем}$, А
Баштовий кран	УкрЕМ ВА-2000	380	80	800
Стрічковий транспортер	УкрЕМ ВА-2000	380	25	250
Бетонозмішувач	УкрЕМ ВА-2000	380	25	250
Компресор	УкрЕМ ВА-2000	380	25	250
Водяний насос	УкрЕМ ВА-2000	380	6	60
Піч опору	УкрЕМ ВА-2000	380	6	18
Освітлення	ВА-77	380	6	18

Розрахувавши номінальні струми, обираємо за ними магнітні пускачі теплових реле для захисту від перевантаження. Має виконуватись умова:

$$I_{т.р.} \geq K_z * K_{пер.} * I_n,$$

де $I_{т.р.}$ - струм уставки теплового розщеплювача, А;

K_z - коефіцієнт запасу, який залежить від статистичного розкиду характеристик теплових розчеплювачів, що гарантується заводом-виготовлювачем;

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						30
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Кпер. - коефіцієнт перевантаження, обумовлений перевантаженням технологічного обладнання, що допускається. Практично Кпер. $\approx (1,05 - 1,15)$;

I_n - номінальний струм електродвигуна ,А.

Баштовий кран:

$$I_{т.р.1} = 1,25 * 1,05 * 76,3 = 100 \text{ A} \leq I_{тр} = 95.$$

Обираю контактор типу КМР-115 на номінальну напругу $U_{на} = 1000 \text{ В} \geq U_n = 380 \text{ В}$ і номінальний струм:

$$I_{на} = 200 \text{ A} \geq I_n = 76,3 \text{ A}.$$

Стрічковий транспортер:

$$I_{т.р.2} = 1,05 * 1,25 * 21,7 = 28,5 \text{ A}.$$

Обираю магнітні пускачі типу ПМР 2-3201 на номінальну напругу 380 В і номінальний струм $I_n = 32 \text{ A}$ з тепловим реле типу РТ-2353 на номінальний струм теплового елемента $I_{т.р.} = 32 \text{ A}$.

Бетонозмішувач:

$$I_{т.р.3} = 1,05 * 1,25 * 23,4 = 30,7 \text{ A}.$$

Обираю магнітні пускачі типу ПМР 2-3201 на номінальну напругу 380 В і номінальний струм $I_n = 32 \text{ A}$ з тепловим реле типу РТ-2353 на номінальний струм теплового елемента $I_{т.р.} = 32 \text{ A}$.

Компресор:

$$I_{т.р.4} = 1,05 * 1,25 * 21,7 = 28,5 \text{ A}.$$

Обираю магнітні пускачі типу ПМР 2-3201 на номінальну напругу 380 В і

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						31
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

номінальний струм $I_n = 32 \text{ A}$ з тепловим реле типу РТ-2353 на номінальний струм теплового елементу $I_{т.р.} = 32 \text{ A}$.

Водяний насос:

$$I_{т.р.5} = 1,05 * 1,25 * 5,7 = 7,5 \text{ A.}$$

Обираю магнітні пускачі типу ПМР 1-0901 на номінальну напругу 380 В і номінальний струм $I_n = 9 \text{ A}$ з тепловим реле типу РТ-2353 на номінальний струм теплового елементу $I_{т.р.} = 8 \text{ A}$.

Піч опору:

$$I_{т.р.6} = 1,05 * 1,25 * 5,6 = 7,35 \text{ A}$$

Обираю магнітні пускачі типу ПМР 1-0901 на номінальну напругу 380 В і номінальний струм $I_n = 9 \text{ A}$ з тепловим реле типу РТ-2353 на номінальний струм теплового елементу $I_{т.р.} = 8 \text{ A}$.

Сумарний тривалий струм I_Σ , А розраховується за формулою:

$$I_\Sigma = K_{но} \sum_1^n I_n,$$

де $K_{но}$ – коефіцієнт неодночасності включення(обрав 0,9)

I_n – номінальний струм тих приймачів, які живляться від щита, збірки,А.

$$\begin{aligned} I_{\Sigma \text{сп}1} &= 78 \text{ A} & I_{\Sigma \text{сп}2} &= 73 \text{ A.} \\ I_{\Sigma \text{сп}3} &= 72,4 \text{ A} & I_{\Sigma \text{сп}4} &= 76,3 \text{ A.} \end{aligned}$$

Уставку електромагнітного розчеплювача $I_{уст.ем}$, А для захисту силових збірок знаходимо за формулою :

$$I_{уст.ем} \geq I_{пуск.} + K_c \sum_1^{n-1} I_n.$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						32
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

де $I_{\text{пуск}}$ - пусковий струм електродвигуна, у якого він найбільший, А;
 K_c - коефіцієнт попиту для навантаження всієї збірки (можна прийняти за 1)
 $\sum_1^{n-1} I_n$ - сума струмів номінальних струмів всіх споживачів що живляться від збірки, без номінального струму споживача з найбільшим пусковим струмом

СП1:

$$I_{\text{уст. ем}} = I_{\text{ном}} * 3 = 480 \text{ А} \geq I_{\text{пуск}} + K_c \sum_1^{n-1} I_n = 208,2 \text{ А.}$$

Обираю ВА08-0405 на номінальний струм $I_n = 160\text{А}$ та уставкою напівпровідникового розчеплювача по струму КЗ $I_{\text{уст. ем.}} = 3 I_n = 480 \text{ А} \geq 208,2 \text{ А.}$

СП2:

$$I_{\text{уст. ем}} = I_{\text{ном}} * 3 = 480 \text{ А} \geq I_{\text{пуск}} + K_c \sum_1^{n-1} I_n = 151,9 + 51,6 = 203,5 \text{ А.}$$

Обираю ВА08-0405 на номінальний струм $I_{\text{ном}} = 160 \text{ А}$ та уставкою напівпровідникового розчеплювача по струму КЗ I

$$I_{\text{уст. ем.}} = 3 I_{\text{ном}} = 480 \text{ А} \geq 203,5 \text{ А.}$$

СП3:

$$I_{\text{уст. ел}} = I_{\text{ном}} * 3 = 480 \text{ А} \geq I_{\text{пуск}} + K_c \sum_1^{n-1} I_n = 151,9 + 56,4 = 208,3 \text{ А.}$$

Обираю ВА08-0405 на номінальний струм $I_{\text{ном}} = 160 \text{ А}$ та уставкою напівпровідникового розчеплювача по струму КЗ

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						33
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$I_{\text{уст. ем.}} = 3 * I_{\text{ном}} = 480 \text{ A} \geq 208,3 \text{ A.}$$

СП4:

$$I_{\text{уст. ел}} = I_{\text{ном}} * 4 = 640 \text{ A} \geq I_{\text{пуск.}} = 534,1 \text{ A.}$$

Обираю ВА08-0405 на номінальний струм $I_{\text{ном}} = 160\text{A}$ та уставкою напівпровідникового розчеплювача по струму КЗ

$$I_{\text{уст. ем.}} = 4 * I_{\text{н}} = 640 \text{ A} \geq 534,1 \text{ A.}$$

Для захисту РУНН обираю автоматичний вимикач ВА08-0405 з номінальним струмом

$$I_{\text{ном}} = 400\text{A} \geq I_{\Sigma} = 299,7 \text{ A.}$$

$$I_{\text{уст ем}} = I_{\text{ном}} * 2 = 800\text{A} \geq I_{\text{пуск}} + I_{\text{пуск.}} + K_c \sum_1^{n-1} I_{\text{н}} = 534,1 + 223,4 = 757,5\text{A.}$$

Для захисту щита освітлення обираємо автоматичний ВА77 з номінальним струмом :

$$I_{\text{ном}} = 6\text{A} > I_{\text{ро}} = 5,06 \text{ A.}$$

$$I_{\text{уст ем}} = 3 * I_{\text{ном}} = 18 \text{ A.}$$

На стороні ВН обираємо вимикач навантаження ВНВ10/630УЗ з $U_{\text{н}} = 10 \text{ кВ.}$
 $I_{\text{н}} = 630\text{A.}$ в блоці із запобіжником ПК-10/30 зі струмом плавкої вставки

$$I_{\text{пв}} = 30\text{A} \geq I_{\text{вн}} = 21,8 \text{ A.}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						34
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

2.5 Розрахунок струмів короткого замикання в характерних точках схеми

Розрахунок проводимо для найпотужнішого і найбільш віддаленого споживача. Складаємо розрахункову схему для розрахунку струмів КЗ.

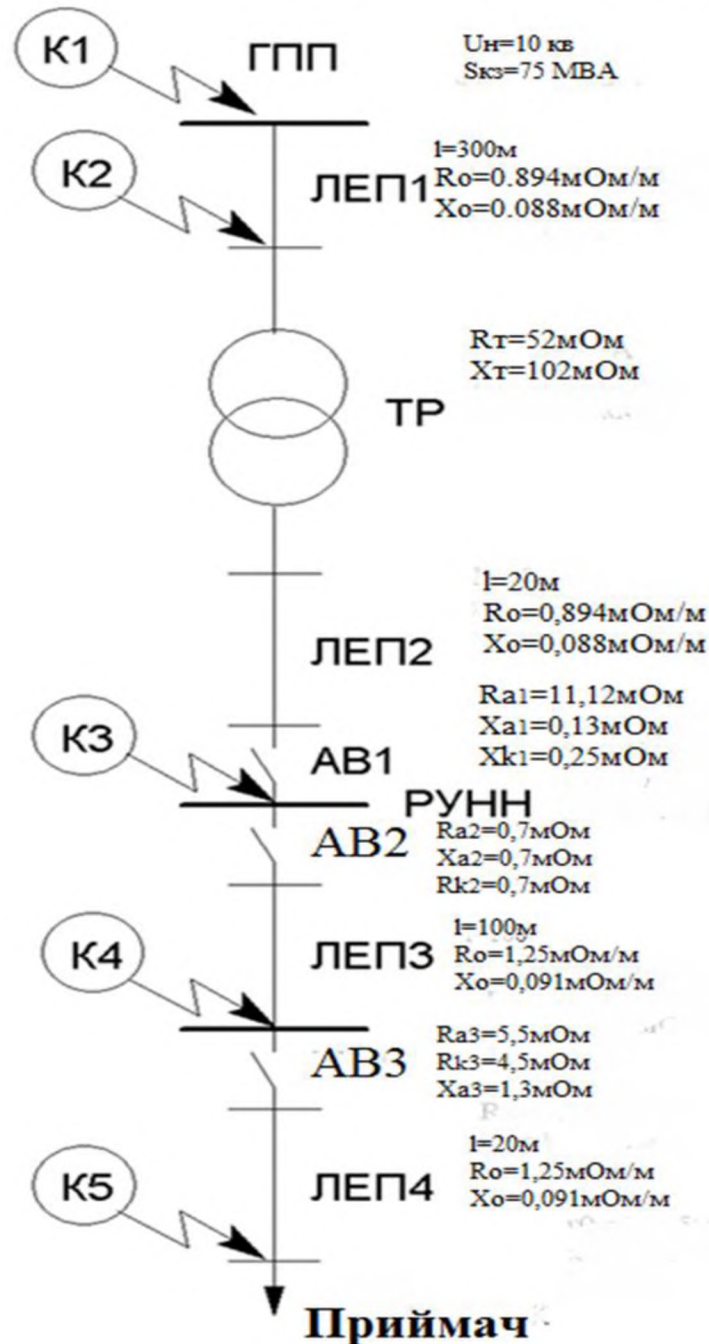


Рисунок 1 – Схема для розрахунку струмів КЗ у характерних точках

Згідно цієї схеми будуємо схему заміщення для розрахунку струмів КЗ (рисунок 2).

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						35
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Знаходимо опір $X_{лп}$, $R_{лп}$, Ом ліній електропередач по формулі:

$$R_{лп} = R_0 * l,$$

$$X_{лп} = X_0 * l,$$

де R_0 – питомий активний опір провідника, Ом/м;

X_0 – питомий реактивний опір провідника, Ом/м;

l – довжина лінії, км.

$$R_{лп1} = 0,894 * 0,3 = 0,2682 \text{ Ом.}$$

$$X_{лп1} = 0,088 * 0,3 = 0,0264 \text{ Ом.}$$

Реактивний опір системи X_c , Ом знаходимо за формулою:

$$X_c = \frac{U_{ср}^2}{S_k},$$

де $U_{ср}$ - номінальна середня напруга, кВ;

S_k – потужність КЗ, МВА.

$$X_c = 102/75 = 1,33 \text{ Ом}$$

По табличним даним знаходимо опір трансформатора:

$$R_T = 52 \text{ мОм} \quad X_T = 102 \text{ мОм.}$$

$$R_{лп2} = 0,894 * 20 = 17,88 \text{ мОм.}$$

$$X_{лп2} = 0,088 * 20 = 1,76 \text{ мОм.}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						36
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

По табличним даним знаходимо опори автоматичних вимикачів

$$R_{к1} = 0,25 \text{ мОм}; \quad R_{к2} = 0,7 \text{ мОм}; \quad R_{к3} = 4,5 \text{ мОм}.$$

$$R_{a1} = 11,12 \text{ мОм}; \quad R_{a2} = 0,7 \text{ мОм}; \quad R_{a3} = 5,5 \text{ мОм}.$$

$$X_{a1} = 0,13 \text{ мОм}; \quad X_{a2} = 0,7 \text{ мОм}; \quad X_{a3} = 1,3 \text{ мОм}.$$

$$R_{лeп3} = 1,25 * 100 = 125 \text{ мОм}.$$

$$X_{лeп3} = 0,091 * 100 = 9,1 \text{ мОм}.$$

$$R_{лeп4} = 1,25 * 20 = 25 \text{ мОм}.$$

$$X_{лeп4} = 0,091 * 20 = 1,82 \text{ мОм}.$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						37
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

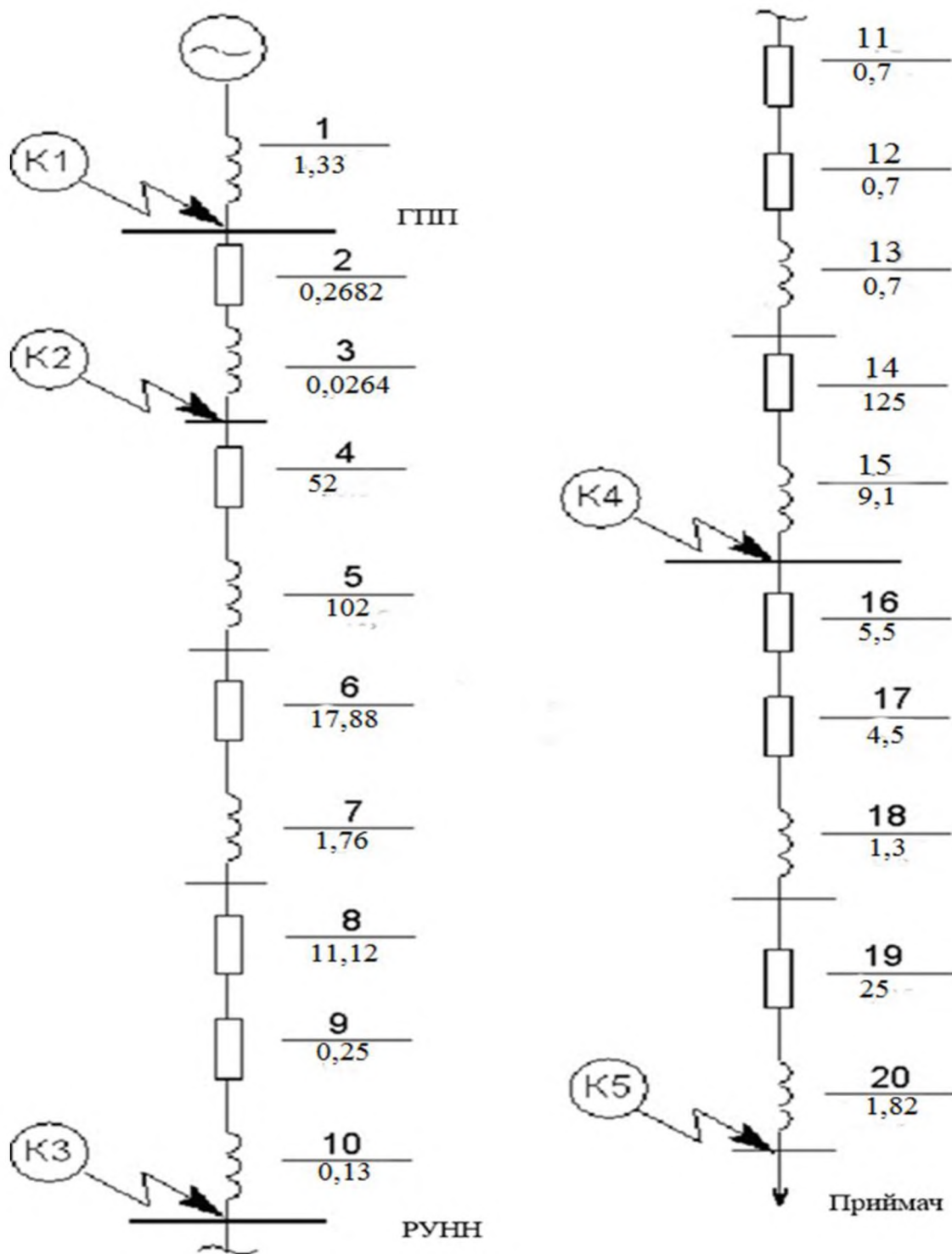


Рисунок 2 – Схема заміщення для розрахунку струмів КЗ

Знаходимо струм I_{K1} , А, для першої точки за формулою:

$$I_{K1} = \frac{Sk}{\sqrt{3}U_{cp}}$$

Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата

де $U_{ср}$ - напруга на шинах, кВ;

S_k - потужність короткого замикання, МВА

$$I_{k1} = 75/(\sqrt{3} * 10) = 4,33 \text{ кА.}$$

Ударний струм $i_{уд}$, кА, знаходимо за формулою :

$$i_{уд} = K_u \sqrt{2} I_k.$$

$$i_{уд1} = 2 * \sqrt{2} * 4,33 = 12,247 \text{ кА.}$$

Знаходимо струм I_k , кА для точок К2-К5 за формулою :

$$I_{k2} = \frac{U_{ср}}{\sqrt{3} \sqrt{r^2_{рез} + x^2_{рез}}}.$$

Потужність КЗ , S_k , МВА знаходимо за формулою:

$$S_k = \sqrt{3} \times U_{ср} \times I_k,$$

де $r^2_{рез}$ активний опір від шин системи до точки кз, Ом;

$x^2_{рез}$ індуктивний опір опір від шин системи до точки К.З., Ом;

$U_{ср}$ – напруга на шинах, В.

$$I_{k2} = \frac{10}{\sqrt{3} \sqrt{0,2682^2 + (1,33 + 0,0264)^2}} = 4,176 \text{ кА.}$$

$$i_{уд2} = 2 * \sqrt{2} * 4,176 = 11,812 \text{ кА.}$$

$$S_{k2} = \sqrt{3} * 10 * 4,176 = 72,33 \text{ МВА.}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						39
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Для К3:

$$K = 10/0,4 = 25.$$

$$R_{рез} = \frac{0,2682}{625} \times 1000 + 52 + 17,88 + 0,25 + 11,12 = 81,679 \text{ Ом.}$$

$$X_{рез} = \frac{1,3564}{625} \times 1000 + 102 + 1,76 + 0,13 = 106,06 \text{ Ом.}$$

$$I_{K3} = 380 / (\sqrt{3} * \sqrt{11248,7236 + 6671,459}) = 1,64 \text{ кА.}$$

$$i_{уд3} = \sqrt{2} * 1,1 * 1,64 = 2,55 \text{ кА.}$$

$$S_{K3} = \sqrt{3} * 0,38 * 1,64 = 1,08 \text{ МВА.}$$

Для К4:

$$R_{рез} = \frac{0,2682}{625} \times 1000 + 52 + 17,88 + 0,25 + 11,12 + 0,7 + 0,7 + 125 = \\ = 207,78 \text{ Ом.}$$

$$X_{рез} = \frac{1,3564}{625} \times 1000 + 102 + 1,76 + 0,13 + 0,7 + 9,1 = 115,56 \text{ Ом.}$$

$$I_{K4} = \frac{380}{\sqrt{3} * \sqrt{13354,1136 + 43172,5284}} = 0,923 \text{ кА.}$$

$$i_{уд4} = \sqrt{2} * 1,05 * 0,923 = 1,371 \text{ кА.}$$

$$S_{K4} = \sqrt{3} * 0,38 * 0,923 = 0,61 \text{ МВА.}$$

Для К5:

$$R_{рез} = \frac{0,2682}{625} \times 1000 + 52 + 17,88 + 0,25 + 11,12 + 0,7 + 0,7 + 125 + 4,5 + 5,5 \\ + 25 = 242,78 \text{ Ом.}$$

$$X_{рез} = \frac{1,3564}{625} \times 1000 + 102 + 1,76 + 0,13 + 0,7 + 9,1 + 1,3 + 1,82 = 118,68 \text{ Ом.}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						40
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$I_{K5} = \frac{380}{\sqrt{3} * \sqrt{58942,1284 + 14084,9424}} = 0,812 \text{ кА.}$$

$$i_{уд5} = \sqrt{2} * 1,025 * 0,812 = 1,177 \text{ кА.}$$

$$S_{K5} = \sqrt{3} * 0,38 * 0,812 = 0,775 \text{ МВА.}$$

2.6. Перевірка електрообладнання і струмопровідних частин на термічну і динамічну стійкість

Перевіряємо на здатність відключення запобіжник:

$I_{по} = 16 \text{ кА} \geq I_{к} = 4,33 \text{ кА}$ – умова виконується.

Перевіряємо на термічну стійкість вимикач навантаження на стороні ВН за формулою:

$$It \geq I_{\infty} \sqrt{\frac{t_{пр}}{t}}$$

де It - найбільша величина струму КЗ, яку витримує вимикач протягом t секунд до його відключення, кА, береться з паспортних даних на вимикач;

I_{∞} - розрахунковий післяперехідний струм КЗ, кА;

$t_{пр}$ - приведений час дії струму КЗ, сек.

$$t_{пр} = t_{пр.п} + t_{пр.а}$$

Так як у нас вимикач навантаження то $It = 16 \text{ кА}$, $t = 5 \text{ с}$.

Знаходимо періодичну складову приведенного часу $t_{пр.п}$ за кривими з

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						41
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

методички та аперіодичну складову приведенного часу $t_{\text{пр.а}}$:

$$t_{\text{пр.п}} = 0,1\text{с} \quad t_{\text{пр.а}} = 0,05\text{с}.$$

Так як потужність приєднання в порівнянні з потужністю системи невелика, то струм приєднання та періодична складова струму короткого замикання не змінюється.

$$t_{\text{пр}} = 0,1 + 0,05 = 0,15\text{с}.$$

$$It = I_{\text{но}} = 16 \text{ кА} > 2,89 * \sqrt{\frac{0,15}{5}} = 5,3 \text{ кА}.$$

Перевіряємо вимикач навантаження на динамічну стійкість за рівнянням:

$$i_{\text{укат}} \geq i_{\text{урозр}},$$

де $i_{\text{укат}}$ – ударний струм, який дозволяється для вимикача згідно паспортних даних, кА;

$i_{\text{урозр}}$ – розрахункове значення ударного струму, кА;

$$i_{\text{укат}} = 16 \text{ кА} \geq i_{\text{урозр}} = 12,247 \text{ кА}.$$

Силові трансформатори повинні задовольняти умові:

$$t \leq 900 / K^2.$$

де – t - тривалість протікання струму КЗ по обмотках трансформатора, сек;

K – кратність струму КЗ

$$K = 1640 / 95,7 = 17,14$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						42
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

$$t = 0,1c \leq 900/17,14^2 - \text{умова виконується.}$$

Автоматичні вимикачі нижче 1000 в перевіряємо тільки за найбільшим розривним струмом, тобто за формулою:

$$I_{п.о.} \geq I'' \geq I_k.$$

де $I_{п.о.}$ – найбільший паспортний струм, який може вимикати вимикач, кА.
 I_k – найбільший розрахунковий струм короткого замикання, кА.

$$AB1: BA08-0405 - I_{по} = 20\text{кА} \geq I_k = 1,64 \text{ кА.}$$

$$AB2: BA08-0405 - I_{по} = 20\text{кА} \geq I_k = 0,923 \text{ кА.}$$

$$AB3: \text{УкрЕМВА-2000} - I_{по} = 6 \text{ кА} \geq I_k = 0,812 \text{ кА.}$$

Перевіряємо кабельні лінії на термічну стійкість.

КЛ1 : ААШв 3 x 35– допустима температура в нормальному режимі

$$Q_n = 60^\circ.$$

По кривим $Q=f(A)$ у методиці знаходимо початкове значення тепловиділення:

$$A_n = 1,2 * 10^4 \text{ А}^2\text{сек/мм}^4.$$

Кінцеве значення питомого тепловиділення A_k , $\text{А}^2\text{сек/мм}^4$, розраховуємо за формулою:

$$A_k = A_n + (I_{\infty}/S)^2 * t_{пр}.$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						43
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

де A_n – початкове значення тепловиділення, $A^2\text{сек}/\text{мм}^4$;

I_∞ - значення післяперехідного струму КЗ, А;

S – переріз струмопровідної частини, мм;

$t_{\text{пр}}$ – приведений час дії струму КЗ, сек. .

$$A_k = 1,2 * 10^4 + \left(\frac{4176}{35}\right)^2 * 0,15 = 1,414 * 10^4 \frac{A^2\text{сек}}{\text{мм}^4}.$$

З тих же кривих $Q = f(A)$ знайшов допустиму температуру при КЗ $Q_k = 76^\circ$

$Q_k = 76^\circ \leq Q_{\text{кдоп}} = 200^\circ$ - кабель підходить.

КЛ2: АВВГ 4 х 35 $Q_n = 65^\circ$

$$A_k = 1,39 * 10^4 + \left(\frac{1640}{35}\right)^2 * 0,15 = 1,423 * 10^4 \frac{A^2\text{сек}}{\text{мм}^4}.$$

$Q_k = 80^\circ \leq Q_{\text{кдоп}} = 150^\circ$ - кабель підходить

КЛ3. АВВГ 3 х 25+1 х 16 $Q_n = 65^\circ$

$$A_k = 1,39 * 10^4 + \left(\frac{923}{25}\right)^2 * 0,15 = 1,41 * 10^4 \frac{A^2\text{сек}}{\text{мм}^4}.$$

$Q_k = 76^\circ \leq Q_{\text{кдоп}} = 150^\circ$ - кабель підходить.

КЛ4. АВВГ 3 х 25 $Q_n = 65^\circ$

$$A_k = 1,39 * 10^4 + \left(\frac{812}{25}\right)^2 * 0,15 = 1,406 * 10^4 \frac{A^2\text{сек}}{\text{мм}^4}.$$

$Q_k = 76^\circ \leq Q_{\text{кдоп}} = 150^\circ$ - кабель підходить.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						44
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

2.7 Світлотехнічний розрахунок

Так як у моєму проекті будівельний майданчик відкритий, то я застосовую для його освітлення прожектори, типу ПСМ-50-1, лампами ДРЛ-400. Номінальна робоча напруга $U_n = 220$ В, сила світла $I = 195000$ Кд.

Мінімальну допустиму висоту установки прожектора, H_{min} , м, розраховуємо за формулою:

$$H_{min} = \sqrt{(I_{max}/300)},$$

де I_{max} – максимальна сила світла, Кд

$$H_{min} = \sqrt{(195000/300)} = 8 \text{ м.}$$

Проведемо перевірку на норму освітленості:

$$I_{max}/U^2 = 195000/64 = 300 > 100.$$

Отже норми освітленості лишаються незмінними.

Розраховуємо освітленість при освітленні від всіх прожекторів, E_p , Лк:

$$E_p = (K_z * E_n)/n,$$

де K_z – коефіцієнт запасу;

E_n – нормальна освітленість освітлювальної території. Лк;

n – кількість прожекторів.

$$E_p = (1,3 * 10)/6 = 2,17 \text{ Лк.}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						45
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Кут нахилу осі прожектора від горизонталі, θ , знаходимо за табличними даними. $\theta=12^\circ$.

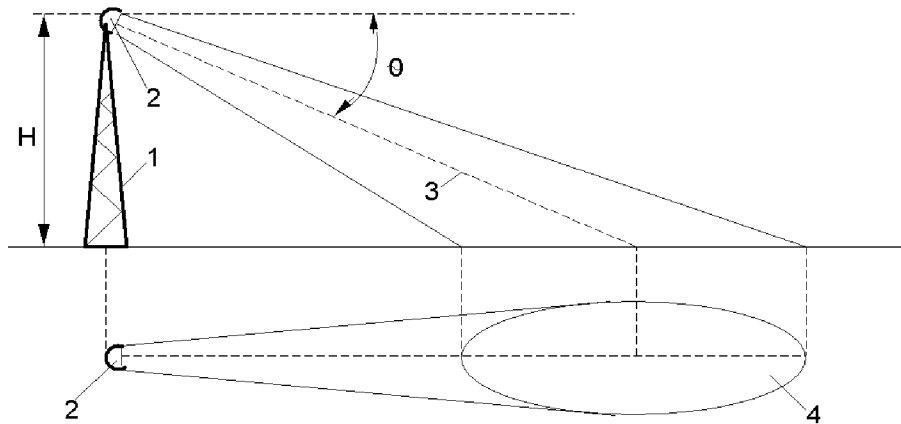


Рисунок 3 – Прожекторне освітлення

2.8 Розрахунок заземлення та грозозахисту

Зона захисту подвійного стрижневого блискавковідводу складається з зовнішніх областей зони захисту (напівконусів з габаритами h_0 , r_0 , висотою і радіусом на рівні землі відповідно), що виконуються за формулами для одиничних стрижневих блискавковідводів.

Розміри внутрішніх областей визначаються параметрами h_0 і h_c , перший з яких задає максимальну висоту зони безпосередньо біля блискавковідводів, а другий – мінімальну висоту зони посередині між блискавковідводами. Далі наведений розрахунок зони захисту пари стрижневих блискавковідводів висотою $h = 15$ м при надійності захисту з $P = 0.999$.

Висота зони захисту одиничного блискавковідводу h_{0n} , м розраховується за формулою:

$$h_{0n} = 0.7 * h_n = 0.7 * 15 = 10,5 \text{ м.}$$

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						46
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

де h_n – висота одиничного блискавковідводу, м.

Радіус конуса захисту на рівні землі r_{0n} , м розраховуємо за формулою:

$$r_{0n} = 0.6 * h_n = 0.6 * 15 = 9 \text{ м.}$$

Зона захисту одиничного блискавковідводу r_{xn} , м на заданій висоті розраховується за формулою:

$$r_{xn} = r_{0n} * (h_{0n} - h_x) / h_{0n} = 9 * (10,5 - 6) / 10,5 = 3.857 \text{ м.}$$

де h_x – задана висота, на рівні якої повинен бути забезпечений надійний блискавкозахист, м.

Оскільки для захисту від ураження будівлі блискавкою у проекті використана пара блискавковідводів однакої висоти, то параметри захисти одиничного блискавковідводу для них однакові.

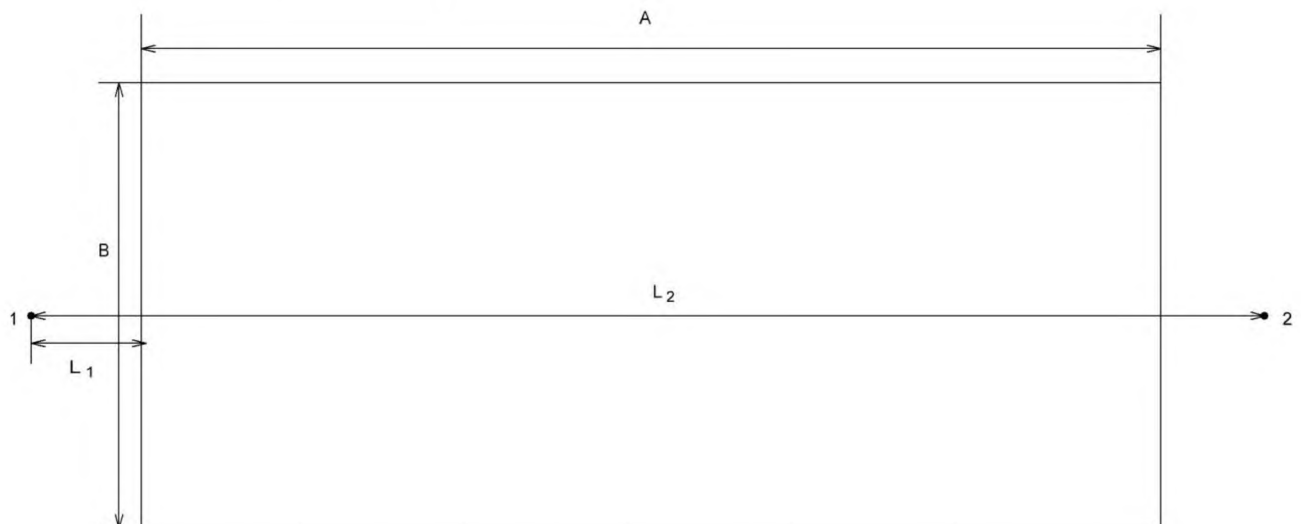


Рисунок 4 – Схема розміщення блискавковідводів

Відстань між блискавковідводами L_2 , м розраховуємо за формулою:

$$L_2 = A + L_1 * 2 = 12.6 + 3 * 2 = 18.6 \text{ м.}$$

де L_1 – відстань від блискавковідвода до будівлі по перпендикуляру, ($L_1 = 3$) м;
 A – довжина будівлі, м.

Граничну відстань між двома блискавковідводами L_{max} , м розраховуємо за формулою:

$$L_{max} = 4.25 * h_n = 4.25 * 15 = 63.75 \text{ м.}$$

Середню відстань між двома блискавковідводами L_c , м розраховуємо за формулою:

$$L_c = 2.25 * h_n = 2.25 * 15 = 33.8 \text{ м.}$$

Мінімальну висоту зони блискавкозахисту між двома стрижневими блискавковідводами h_c , м розраховуємо за формулою:

$$h_c = h_{on} = 10.5 \text{ м.}$$

Ширину горизонтального перерізу зони захисту між двома блискавковідводами r_{cx} , м розраховуємо за формулою:

$$r_{cx} = \frac{r_{on} * (h_c - h_x)}{h_c} = \frac{9 * (10.5 - 6)}{10.5} = 3.857 \text{ м.}$$

оскільки $L_2 < L_c$.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						48
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

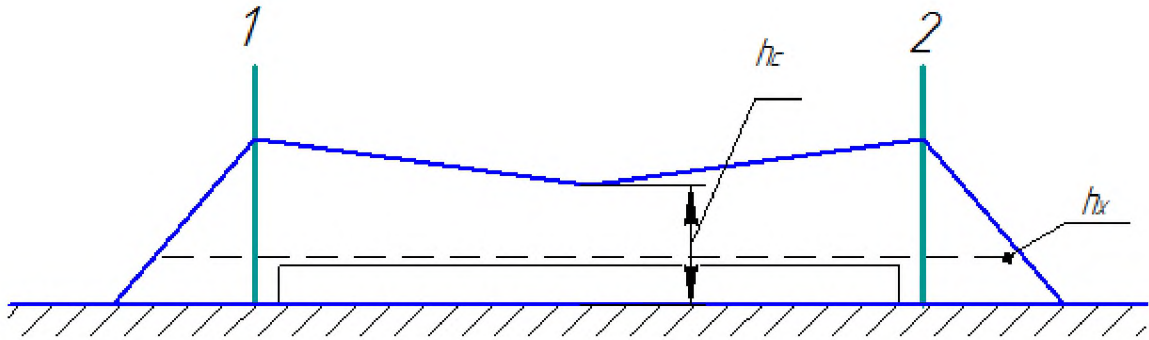


Рисунок 5 – Горизонтальний переріз зони захисту блискавковідводів

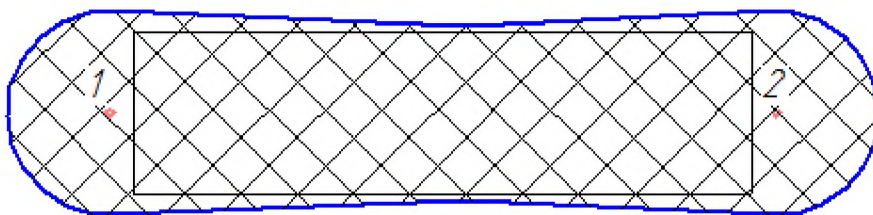


Рисунок 6 – Зона захисту блискавковідводів

Допустимий опір заземлювача $R_{з. доп}$, Ом знаходимо за формулою:

$$R_{з. доп} = \frac{125}{I_{з}}$$

де $I_{з}$ – струм замикання на землю в електромережі нижче 1000В, А.

$$R_{з. доп} = \frac{125}{10} = 12,5 \text{ Ом} \geq 4 \text{ Ом} .$$

Так як $R_{з. доп}$ вийшов 12,5 Ом, то згідно ПУЕ приймаємо $R_{з. доп} = 4 \text{ Ом}$

Визначив перехідний опір заземлення одного вертикального заземлювача $R_{ов}$, Ом за формулою:

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		49

$$R_{\text{ов}} = \frac{0,366}{l} \times p \times K_{\text{мв}} \times \left(\lg \frac{2l}{d} + 0,5 \lg \frac{4t+l}{4t-l} \right),$$

де l – довжина вертикального заземлювача, м;

p - питомий опір ґрунту, Ом х м;

$K_{\text{мв}}$ – коефіцієнт сезонності для вертикального заземлювача;

d – діаметр вертикального заземлювача, м;

t - глибина закладання заземлювача, м.

$$R_{\text{ов}} = \frac{0,366}{5} \times 100 \times 1,7 \times \left(\lg \frac{10}{0,05} + 0,5 * \lg \frac{4 \times 0,5 + 5}{4 \times 0,5 - 5} \right) = 31,023 \text{ Ом.}$$

$$R_e = 9 \text{ Ом} \geq R_{\text{з. доп}} = 4 \text{ Ом.}$$

З урахуванням наявності величини природного заземлення R_e знаходимо верхню межу штучного опору заземлення, $R_{\text{з. доп. и}}$, Ом:

$$R_{\text{з. доп. и}} \leq \frac{R_{\text{з. доп}} \times R_e}{R_e - R_{\text{з. доп}}}$$

$$R_{\text{з. доп. и}} \leq \frac{4 \times 9}{9 - 4} = 7,2 \text{ Ом.}$$

Знаходимо орієнтовну кількість вертикальних заземлювачів пв, шт., з формули:

$$n_{\text{в}} = \frac{R_{\text{ов}}}{R_{\text{з. доп. и}}}$$

$$n_{\text{в}} = \frac{31,023}{4} = 7,76.$$

Прийmemo кількість вертикальних заземлювачів $n_{\text{в}} = 8$.

Обираємо відстань між вертикальними заземлювачами $a = 5$ м.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						50
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Визначившись, що вертикальні заземлювачі будемо забивати рядним способом, визначаємо коефіцієнти використання вертикальних та горизонтальних заземлювачів $\eta_B = 0,61$ $\eta_\Gamma = 0,665$.

$$l_\Gamma = a(n_B - 1).$$
$$l_\Gamma = 5(8 - 1) = 35 \text{ м.}$$

Визначаємо опір всіх вертикальних заземлювачів $R_{B\Sigma}$, Ом, з урахуванням коефіцієнту використання:

$$R_{B\Sigma} = \frac{R_{0B}}{\eta_B \times n_B},$$
$$R_{B\Sigma} = \frac{31,023}{0,61 \times 8} = 6,36 \text{ Ом.}$$

Визначаємо опір горизонтального заземлювача R_Γ , Ом, для якого обираємо сталю штабу шириною 0,05м:

$$R_\Gamma = \frac{0,366}{\eta_\Gamma \times l_\Gamma} \rho \times K_{m\Gamma} \times l_\Gamma \frac{2 \times l_\Gamma}{b \times t}.$$

де $K_{m\Gamma}$ – коефіцієнт сезонності для горизонтальних заземлювачів, що береться з таблиці 3.15 [9];

b – ширина сталюї штаби, м;

t – глибина залягання сталюї штаби від поверхні землі, м.

$$R_\Gamma = \frac{0,366}{0,665 \times 35} \times 100 \times 4 \times l_\Gamma \frac{2 \times 35}{0,05 \times 0,5} = 22,013 \text{ Ом.}$$

Визначаємо розрахункове значення штучного заземлюючого пристрою

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						51
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Ри. розр, Ом з формули:

$$R_{и. розр} = \frac{R_{в\Sigma} \times R_{г}}{R_{в\Sigma} + R_{г}}$$

$$R_{и. розр} = \frac{6,36 * 22,013}{6,36 + 22,013} = 4,93 \text{ Ом.}$$

$$R_{и. розр} = 4,93 \text{ Ом} \leq R_{з. доп. и} = 7,2 \text{ Ом.}$$

Як бачимо рівняння задовольняється, тобто заземлюючий пристрій обрано вірно.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						52
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

3. Охорона праці та техніка безпеки

3.1 Інструкція з охорони праці для електротехнічного персоналу.

1. До виконання самостійних верхолазних робіт допускаються особи, вік яких відповідає чинному законодавству, які пройшли медичний огляд в установленому порядку і не мають протипоказань до виконання даного виду робіт, які пройшли навчання за відповідною програмою, перевірку теоретичних знань і практичних навичок безпечних способів роботи, які отримали посвідчення з охорони праці та допущені до самостійної роботи в установленому порядку.

Працівники, які вперше допускаються до виконання верхолазних робіт, протягом одного року повинні працювати під безпосереднім наглядом досвідчених працівників, призначених наказом по підприємству.

2. Працівники, допущені до виконання робіт безпосередньо з будівельних конструкцій або на залізобетонних опорах ПЛ на висоті понад 5 м від поверхні землі, перекриття або робочого настилу з застосуванням в якості єдиного засобу захисту від падіння з висоти запобіжного пояса (далі - «верхолазних робіт»), повинні виконуватися вимоги безпеки, викладені в цій інструкції, а також вимоги інструкцій заводів-виготовлювачів з експлуатації застосовуваних засобів захисту, інструменту та оснастки.

3. Верхолазні роботи проводяться за нарядом-допуском, в якому повинні передбачатися організаційні і технічні заходи з підготовки до безпечного виконання цих робіт.

4. Забороняється застосування праці жінок на верхолазних роботах і роботах на висоті, пов'язаних з монтажем, ремонтом і обслуговуванням контактних мереж, повітряних ліній електропередачі.,

					БР 3.6.141.513 ПЗ			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Разроб.</i>		Міщенко В.І.			<i>Електропостачання будівельного майданчика дев'ятиповерхового будинку. Пояснювальна записка</i>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Петровський М.В.					53	67
<i>Реценз.</i>						СумДУ, гр. ЕТ-51-6		
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Лебединський І.Л.						

5. Періодичний медичний огляд працівник повинен проходити в порядку, встановленому Міністерством охорони здоров'я України.

6. Періодичну перевірку знань з питань охорони праці працівник повинен проходити не рідше одного разу на 12 місяців.

Позачергову перевірку знань з питань охорони праці проходить в наступних випадках:

при перерві в роботі за спеціальністю більше одного року;

при переході з однієї організації в іншу;

на вимогу вищестоящої організації, відповідальних осіб організації;

при введенні в дію нових або перероблених нормативних правових актів (документів) з охорони праці;

при грубому порушенні вимог і норм охорони праці.

7. Працівник повинен пройти інструктажі з охорони праці:

при прийомі на роботу - вступний і первинний на робочому місці;

в процесі роботи не рідше одного разу в 6 місяців - повторний;

при введенні в дію нових або перероблених нормативних актів (документів) з охорони праці, або внесення змін до них; зміні технологічного процесу, заміні або модернізації устаткування, інструменту, матеріалів та інших факторів, що впливають на охорону праці; порушення нормативних, правових актів (документів) з охорони праці, які могли привести або привели до травмування, аварії або отруєння; на вимогу вищого органу, відповідальних осіб організації; при перервах в роботі, більш ніж 6 місяців, при надходженні інформаційних матеріалів про аварії та нещасні випадки, що трапилися на аналогічних виробництвах - позаплановий.

8. Працівник повинен мати чітке уявлення про небезпечні та шкідливі виробничі фактори, пов'язаних з виконанням робіт і знати основні способи захисту від їх впливу:

- Основним небезпечним виробничим фактором при роботі на висоті є розташування робочого місця вище поверхні землі (підлоги, настилу) або над простором, розташованим нижче поверхні землі, і пов'язані з цим можливості

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						54
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

падіння працівника або падіння предметів на працівника;

- Рухомі машини і механізми;
- Підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- Підвищена вологість повітря робочої зони;
- Підвищена рухливість повітря;
- Недостатня освітленість робочої зони;
- Гострі кромки, задирки і шереховатість на поверхні інвентарю,

інструменту, виробів;

- фізичні навантаження;
- Хімічно небезпечні і шкідливі виробничі фактори;
- Можливість пожежі при роботі з легкозаймистими і горючими рідинами;
- Підвищений рівень шуму на робочому місці;
- Підвищений рівень вібрації на робочому місці;
- Підвищене значення напруги в електричному ланцюзі;

Ступінь небезпечного і шкідливого впливу на людину електричного струму залежить від роду (постійний і змінний), величини напруги і сили струму; тривалості впливу електричного струму на організм людини; умов зовнішнього середовища.

Зовнішніми проявами електротравми можуть бути опіки, електричні знаки на кожному покриві, металізація поверхні шкіри тіла людини.

9. Працівник повинен:

знати вимоги, викладені в інструкціях (паспортах) заводів-виготовлювачів обладнання та інструкції з охорони праці;

знати вимоги електро- і пожежобезпеки при виконанні робіт і вміти користуватися засобами пожежогасіння;

користуватися при виконанні робіт засобами індивідуального захисту, що видаються відповідно до Галузевими типовими нормами видачі засобів індивідуального захисту робітникам і службовцям організацій.

вміти надавати долікарську допомогу потерпілому;

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		55

виконувати правила внутрішнього трудового розпорядку;
знати санітарно-гігієнічні умови праці і дотримуватися вимог виробничої санітарії.

10. Працівник не повинен наражатися на небезпеку і перебувати в місцях виконання робіт, які не належать до безпосередньо виконують.

11. Працівник зобов'язаний знати порядок повідомлення адміністрації про випадки травмування, появи небезпеки, що загрожує аварією або пожежею.

При нещасному випадку на виробництві свідок, потерпілий (по можливості) повинні вжити заходів для надання долікарської медичної допомоги та запобігання травмування інших осіб, повідомити про подію безпосередньому керівнику потерпілого або іншу посадову особу.

Безпосередній керівник або інша посадова особа:

забезпечує негайне надання потерпілому долікарської допомоги, виклик медичних працівників на місце події, доставку його в лікувально-профілактичний заклад;

вживає заходів щодо запобігання впливу травмуючих чинників на інших осіб, розвитку аварійної ситуації;

зберігає до початку розслідування обстановку на місці нещасного випадку, якщо це не загрожує життю і здоров'ю працівників та інших осіб, не призведе до аварії;

повідомляє про те, що сталося керівнику підрозділу (наймачеві).

12. Про всі помічені несправності обладнання, приладів і пристосувань працівник повинен повідомити безпосереднього керівника робіт і до їх усунення до роботи не приступати.

13. Працівник несе відповідальність за:

виконання вимог інструкцій (паспортів) заводів-виготовлювачів обладнання та інструкції з охорони праці, правил електро- і пожежобезпеки;

дотримання встановленого порядку виконання робіт;

дотримуватися вимог цієї інструкції, проектів виконання робіт і

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						56
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

технологічних карт;

дотримання правил внутрішнього трудового розпорядку;

збереження закріпленого за ним устаткування та конструкцій;

аварії, нещасні випадки та інші порушення, причиною яких стали дії працівника, що порушує вимоги інструкцій (паспортів) заводів-виготовлювачів обладнання та інструкції з охорони праці.

14. Робочий зобов'язаний виконувати роботу, обумовлену трудовим договором, повинен сприяти і співпрацювати з наймачем у справі забезпечення здорових і безпечних умов праці, негайно сповіщати свого безпосереднього керівника або іншу посадову особу наймача про несправності устаткування, інструменту, пристосувань, транспортних засобів, засобів захисту, про погіршення свого здоров'я.

15. Працівник, що з'явився на роботі в нетверезому стані, в стані наркотичного або токсичного сп'яніння, не допускається до роботи в цей день (зміну).

3.2 Вимоги з охорони праці перед початком роботи.

16. Організація робочого місця працівника повинна забезпечувати безпечне виконання робіт.

17. Перед початком виконання роботи робочі зобов'язані:

перевірити наявність і справність засобів індивідуального захисту, одягти спеціальний одяг, спецвзуття та інші засоби індивідуального захисту з урахуванням характеру виконуваних робіт;

отримати завдання від керівника робіт, ознайомитися з умовами, характером та обсягом робіт на місці їх виконання;

прибрати всі сторонні, що заважають роботі предмети;

отримати наряд-допуск на проведення робіт, що вимагають здійснення організаційних і технічних заходів, а також постійного контролю їх виробництва,

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		57

пройти цільовий інструктаж з охорони праці;

перевірити справність і комплектність інструменту і пристосувань, необхідних для виконання робіт.

переконатися в наявності засобів пожежогасіння. Пожежний інвентар повинен бути розміщений в спеціально відведених для нього місцях. До засобів пожежогасіння повинен бути забезпечений вільний доступ.

18. При виявленні порушень вимог охорони праці працівники не повинні приступати до роботи. Про виявлені порушення необхідно довести до відома керівника робіт для вжиття заходів щодо їх усунення.

19. Роботи виконуються тільки з повним зняттям напруги.

20. Працівники не повинні приступати до виконання верхолазних робіт при наступних порушеннях вимог безпеки:

- Несвоєчасному проведенні чергових випробувань запобіжного пояса або страхувального пристрою, лазів при підйомі на ж / б опори, при наявності інших порушень вимог безпеки, при яких забороняється їх експлуатація;

- Присутність тріщин, вибоїн і інших аналогічних дефектів сходів, трапів або містків, які можуть привести до їх поломки під час переходу по ним або при виконанні робіт, стоячи на них;

- Недостатньої видимості в межах робочих місць і підходів до них;

- Пошкодження цілісності або втрати стійкості будівельних конструкцій на ділянці роботи;

- Знаходження робочого місця або підходів до нього в межах небезпечної зони від переміщуваного краном вантажу або вищерозташованих робочих місць інших працівників;

- Знаходження людей в місцях, над якими будуть проводитися роботи.

21. Виявлені порушення вимог безпеки повинні бути усунені власними силами, а при неможливості зробити це, працівники зобов'язані повідомити про них керівнику робіт.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						58
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

3.3 Вимоги з охорони праці при виконанні роботи

22. Для проходу на робочі місця, а також переходу в процесі роботи з одного робочого місця на інше працівники повинні використовувати обладнані системи доступу (сходи, трапи, містки). Перехід по будівельним конструкціям або знаходяться на них сходах, трапах, містках, а також перебування на них працівників допускається за умови закріплення конструкції за проектом виробництва робіт. Знаходження працівників на елементах будівельних конструкцій, утримуваних краном, не допускається.

Застосування при роботі на висоті випадкових підставок (ящиків, бочок і тому подібного) не допускається.

23. У випадках, коли працівнику не надається можливим закріпити фал запобіжного пояса за конструкцію, опору тощо, слід користуватися страхувальним канатом, верхолазним запобіжним пристроєм.

При роботі на конструкціях, під якими розташовані знаходяться під напругою струмоведучі частини, ремонтні пристосування і інструмент для запобігання їх падінню необхідно прив'язати.

24. При виконанні робіт, які потребують частого переходу з одного місця на інше, запобіжний пояс слід закріплювати до елементів будівельних конструкцій одним із способів:

стропом в обхват конструкції з закріпленням карабіна за строп;

стропом в обхват конструкції з закріпленням карабіна за бічне кільце на запобіжному поясі;

карабіном за монтажну петлю або страхувальний канат.

У всіх випадках кріплення запобіжного пояса слід здійснювати таким чином, щоб висота можливого падіння працівника була мінімальною.

25. До початку роботи необхідно переконатися у відсутності людей внизу, в зоні можливого падіння предметів. Не допускається суміщення робіт по вертикалі при відсутності обладнання нижчих місць захисними настилами, сітками,

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		59

козирками.

26. У процесі роботи слід піднімати елементи конструкцій або матеріали наверх спеціальними пристосуваннями або за допомогою вантажопідйомних машин і механізмів. Працівники, які перебувають внизу, при підйомі деталей наверх зобов'язані запобігати їх розгойдування і зачеплення за зустрічаються на шляху перешкоди за допомогою відтяжок.

Не допускається виконання верхолазних робіт в зонах, де здійснюється переміщення вантажу вантажопідйомним краном під час його переміщення.

27. Виконання робіт або перехід з одного місця на інше по незакріплених або свіжопофарбованих конструкцій, складування матеріалів і виробів на будівельні конструкції в кількостях, що перевищують допустимі навантаження, не допускається.

28. Приставні драбини без робочих майданчиків допускається застосовувати тільки при переході між окремими ярусами будівлі, що будується, споруди або при виконанні робіт, які потребують упору. Маса інструменту або матеріалів, що застосовуються при виконанні робіт в положенні стоячи на сходах, не повинна перевищувати 5 кг.

Не допускається виконувати роботи з драбин, встановлених поблизу незахищених від випадкового дотику струмоведучих частин, що знаходяться під електричною напругою, а також перебувати під сходами, з якої виконуються роботи.

29. Подавати деталі для установки на конструкції чи устаткування слід за допомогою нескінченного каната, вірьовки або шнура. Який стоїть внизу, повинен утримувати канат для запобігання його розгойдування і наближення до струмоведучих частин.

30. Працівники, які виконують роботи на порталах, конструкціях, опорах і таке інше, повинні бути в спецодязі, що не заважає рухам. Інструмент, за допомогою якого працівник при виконанні робіт в цих випадках, слід зберігати в сумці.

31. Не допускається при роботах на кутових опорах, пов'язаних з заміною

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						60
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

ізоляторів, проводів або ремонтом арматури, встановлювати телескопічну вишку (гідропідйомник) всередині кута, утвореного проводами.

32. Не допускається торкатися до корпусу вантажопідйомного або транспортного засобу та проводити будь-які переміщення їхніх робочих органів, вантажозахватних пристроїв і опорних деталей до встановлення заземлення.

33. Роботи по демонтажу опор і проводів ПЛЛ, а також по заміні елементів опор повинні проводитися за технологічною картою або проектом виробництва робіт в присутності керівника робіт.

34. Підніматися на опору і працювати на ній дозволяється тільки в тих випадках, коли є впевненість в достатній стійкості і міцності опори.

35. Необхідність і способи укріплення опори, міцність якої викликає сумнів (недостатнє заглиблення, спучення ґрунту, загнивання деревини, тріщини в бетоні і т.п.), визначаються на місці виробником або керівником робіт.

36. Роботи з посилення опори за допомогою розтяжок слід виконувати без підйому на опору, тобто з телескопічної вишки або іншого механізму для підйому людей, з встановленої поряд опори або застосовувати для цього спеціальні розкріплювати пристрої, для навішування яких не потрібно підніматися на опору. Підніматися на опору дозволяється тільки після її зміцнення.

37. Опори, не розраховані на однобічне тяжіння проводів і тросів і тимчасово піддаються такому тяжінню, повинні бути попередньо укріплені для запобігання їх падінню.

38. Не допускається порушувати цілісність проводів і знімати в'язки на проміжних опорах без попереднього укріплення опор.

39. Підніматися на опору дозволяється працівникам:

з групою з електробезпеки 3 - при всіх видах робіт до верху опори;

з групою з електробезпеки 2 - під час виконання робіт з відключенням ПЛЛ, до верху опори, при роботах на нетоковедущих частинах невідключеному ВЛ - не вище рівня, при якому від голови працюючого до рівня нижніх проводів цієї ПЛЛ залишається відстань не менше 2 м;

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						61
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

з групою електробезпеки 1 - при всіх видах робіт не вище 3 м від землі (до ніг працівника).

40. Окремі види робіт на висоті повинні виконуватися працівниками, які мають групи з електробезпеки не нижче встановлених Правилами техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів.

41. При підйомі на опорі строп запобіжного пояса слід заводити за стійку або закріплювати до лазу на залізобетонній опорі.

42. Не допускається на кутових опорах зі штирові ізоляторами підніматися і працювати з боку внутрішнього кута.

43. При роботі на опорі слід користуватися запобіжним поясом і спиратися на обидва кігтя (лазу) в разі їх застосування.

44. При роботі на стійці опори розташовуватися слід таким чином, щоб не випускати з поля зору найближчі проводи, що перебувають під напругою.

45. При заміні деталей опори повинна бути виключена можливість її зміщення або падіння.

3.4 Вимоги з охорони праці після закінчення роботи

46. Після закінчення робіт працівник повинен:

відключити електрообладнання, електроінструмент від електричної мережі; привести в порядок робоче місце (зібрати ручний інструмент і пристосування, переносні драбини, і прибрати їх у відведене для зберігання місце);

повідомити безпосереднього керівника робіт про недоліки, виявлені під час роботи і про завершення робіт;

зняти засоби індивідуального захисту і прибрати їх у спеціально відведені місця.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		62

3.5 Вимоги з охорони праці в аварійних ситуаціях

47. При зміні погодних умов (снігопад, туман, або дощ), що погіршують видимість в межах фронту робіт, а також при посиленні вітру до швидкості 15 м / с і більше, працівники зобов'язані припинити роботи верхолазів та пройти в безпечне місце. При виникненні несправностей сходів, площадок, містків, електроінструменту, а також пошкодженні цілісності або втрати стійкості конструкцій, працівники зобов'язані призупинити роботу і повідомити про це керівника робіт.

48. Роботи на фермах, балках, і інших подібних конструкціях необхідно виконувати із застосуванням страхувальних пристроїв, що обмежують висоту падіння працюючих, і в присутності інших працівників, які можуть надати їм допомогу при спуску на землю.

49. При виникненні аварійної (екстремальної) ситуації необхідно припинити проведення робіт, вжити заходів до евакуації людей з небезпечної зони, викликом аварійних спеціальних служб, усунення по можливості причин аварійної ситуації, повідомити про неї керівника робіт.

50. При виникненні пожежі поблизу місця проведення робіт працівник повинен:

- припинити виконання робіт;
- відключити електрообладнання від електричної мережі;
- вжити заходів до ліквідації пожежі наявними засобами пожежогасіння;
- повідомити про те, що трапилося безпосередньому керівнику робіт;
- при неможливості ліквідувати пожежу власними силами, викликати пожежну службу.

51. Гасіння загорянь електричних проводів або обладнання, що знаходиться під напругою (у разі неможливості знеструмлення мережі), слід проводити порошковими або вуглекислотними вогнегасниками.

52. Забороняється:

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		63

застосовувати воду та пінні вогнегасники у випадку загоряння електричних проводів і обладнання, що знаходиться під напругою.

53. У разі нещасного випадку (травмування, ураження електричним струмом, отруєння, опік, раптове захворювання) працівник зобов'язаний швидко вжити заходів щодо запобігання впливу травмуючих чинників на потерпілого (дії електроструму, здавлюють важких предметів та інших) надати долікарську допомогу потерпілому, викликати на місце події медичних працівників або доставці потерпілого в організацію охорони здоров'я;повідомити про подію керівнику робіт або іншій посадовій особі наймача;забезпечити до початку розслідування збереження обстановки, якщо це не становить небезпеки для життя і здоров'я людей.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						64
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		

Висновки

У кваліфікаційній роботі бакалавра розглянуті питання по забезпеченню електропостачання будівельного майданчика. На основі переліку електрообладнання та їхніх технічних характеристик, вимог до технологічного процесу та категорії з електропостачання майданчика були проведені наступні розрахунки. Перш за все, було розраховано навантаження споживачів з урахуванням режимів роботи та коефіцієнтом використання. На основі цих розрахунків ми рівномірно розділили навантаження для їх приєднання до 4-ох силових пунктів. Використовуючи дані попередніх розрахунків, було обрано КП для збільшення коефіцієнта потужності до бажаного значення в 0.93.

Із аналізу режимів роботи споживачів, для їхнього електропостачання було обрано два силових трансформатори та обладнання електричної частини підстанції: силові шафи, комутуючі апарати. Також трансформатори було перевірено на термічну дію струмів КЗ та роботу в після аварійному режимі.

З метою вибору живлячих кабелів та захисної апаратури споживачів і СП розраховані: номінальні струми, пікові струми, що виникають під час вмикання електроустановок, довготривалі струми СП з урахуванням коефіцієнтів використання споживачів, мінімально необхідні струми уставок теплового і електромагнітного розчіплювачів автоматичних вимикачів. План розміщення силових кабелів і електрообладнання наведений на відповідному кресленні.

Використовуючи дані обраних кабельних ліній, комутуючої та захисної апаратури, а також дані про потужність короткого замикання системи, ми провели розрахунок режиму короткого замикання та перевірили на здатність захисної апаратури та струмопровідних ліній витримати електродинамічну та термічну дію струмів КЗ.

Засоби блискавкозахисту та заземлення були розраховані згідно з вимогами ПУЕ та габаритними розмірами будівлі, що захищається.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		65

Список літератури

1. Правила улаштування електроустановок. – 5-те вид., перероблене і доповнене (станом на 21.07.2017). – Міненерговугілля України, 2017.
2. П.О. Василега Електропостачання: Навчальний посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2019. – 521 с.
3. А.В. Кабышев. «Молниезащита электроустановок систем электроснабжения» Учебное пособие – Издательство ТПУ, Томск. 2006 – 124 с.
4. В.И. Идельчик «Электрические системы и сети: Учебник для вузов.» – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с.
5. Кацман М.М.. Электрические машины.- М.: Высшая школа, 1983.
6. Б. Н. Неклепаев, И. П. Крючков. «Электрическая часть станций и подстанций» Справочные материалы для курсового и дипломного проектирования. Учебное пособие для вузов. – 4-е издание, переработанное и дополненное – М.: Энергоатомиздат, 1989 – 608 с.
7. Таев И.С. Электрические аппараты управления. -М.: Высшая школа, 1984. -247 с.
8. «Тольяттинский трансформатор. Номенклатурный каталог» - Тольятти, 2016.
9. В.Е. Гапон «Методичний посібник з виконання курсових проектів студентам всіх форм навчання за спеціальністю 5.05070104 «Монтаж і експлуатація електроустаткування підприємств і цивільних споруд», Шостка, 2011. – 91 с.
10. ДСТУ Б В.2.5-38:2008 Улаштування блискавкозахисту будівель і споруд (IE C 62305:2006, NEQ). – Київ : Мінрегіонбуд України , 2008.
11. <https://k-ps.ru/spravochnik/kabeli-silovyye> - Кабельная поисковая система, кабели силовые.
12. <http://khomovelectro.ru/catalog> - Хомов Элетро компесация реактивной мощности, каталог продукции.
13. <https://slavenergo.ru> – СлавЭнерго, каталог продукции.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		66

14. <http://iek.ua/products/catalog/> - ІЕК, каталог продукції.

15. <http://atrans.in.ua/vyiklyuchatel-nagruzki-vn-vnr-vna-10630-101000/c34> - АЕС, вимикачі навантаження силові.

16. <http://www.cztt.ru/products.html> – Свердловський завод трансформатор тока, каталог продукції.

					БР 3.6.141.513 ПЗ	Арк
						67
Зм.	Арк	№ Документу	Підпис	Дата		