

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

факультет машинобудування, екології та хімічних технологій

(повне найменування інституту, назва факультету)

кафедра електромеханіки та машинобудування

(повна назва кафедри)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

В.В. Калиниченко

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20__ р.

Випускна кваліфікаційна роботабакалавра

(освітній ступінь)

на тему: «Підвищення ефективності електропостачання поверхневих та підземних споживачів Відокремленого підрозділу «Шахта «Центральна» Державного підприємства «Мирноградвугілля»Виконав: студент 3 курсу, групи ЕЛКзп-18і

(шифр групи)

спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Волковський Е.М.

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник ст..викл. каф. ЕМ, к.п.н. Бабенко М.О.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

зав.каф. ЕЛІН, к.т.н., доц. Коларов О.Ю.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій дипломній роботі немає записок з праць інших авторів без відповідних посилань

Студент _____

(підпис)

Покровськ – 2021 р.

АНОТАЦІЯ

Волковський Е.М. Підвищення ефективності електропостачання поверхневих та підземних споживачів Відокремленого підрозділу «Шахта «Центральна» Державного підприємства «Мирноградвугілля» / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка – ФМЕХТ ДВНЗ «ДонНТУ», Покровськ, 2021.

В роботі зроблено вибір раціональної схеми електропостачання шахти та відповідного електрообладнання. Розглянуті наступні питання: розрахунок потужності електроспоживачів (поверхневих та підземних); вибір трансформаторів ГПП; вибір ствольних кабелів та високовольтних магістральних кабелів; визначення потужності к.з.; розрахунок напруги підземної мережі; вибір схеми електропостачання та електрообладнання видобувної ділянки; визначення втрат потужності та енергії.

ШАХТА, ВИДОБУВНА ДІЛЬНИЦЯ, ЕЛЕКТРОУСТАТКУВАННЯ,
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, КАБЕЛЬ, ТРАНСФОРМАТОР, НАПРУГА,
МЕРЕЖА, АППАРАТУРА

ЗМІСТ

стор.

ВСТУП	6
1 СТИСЛІ ВІДОМОСТІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ	7
2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ	9
2.1 Споживачі електроенергії добувної дільниці	9
2.2 Розрахунок потужності і вибір трансформаторних підстанцій	9
2.3 Розрахунок низьковольтної кабельної мережі	11
2.4 Комплектування низьковольтного розподільного пункту дільниці	27
2.5 Визначення струмів короткого замикання в низьковольтній мережі видобувної дільниці	27
2.6 Вибір низьковольтних апаратів і установок максимального захисту	38
2.7 Перевірка якості роботи захисту від витікання	53
3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ	56
3.1 Розрахунок навантаження та вибір потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції шахти	56
3.2 Вибір ствольових кабелів	61
3.3 Вибір реакторів для обмеження потужності короткого замкнення	64
3.4 Вибір високовольтних комплектних розподільних пристроїв та уставок спрацювання їх максимального захисту	65
3.5 Визначення витрати та вартості електроенергії	67
4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ	69
ВИСНОВОК	71
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ	72
ДОДАТКИ	73

ВСТУП

Гірниче підприємство (шахта) – складне і розвинене виробництво. Воно характеризується такими основними ознаками, як енергоємність, великий фронт очисних робіт, постійне переміщення робочого місця в просторі з плином часу, небезпечність, обумовлена складними гірничо-геологічними умовами та характеристикою вугільних шарів і вміщуючих порід.

Виходячи з цього, можна зробити висновок, що одним з найважливіших питань, яке повинні вирішувати інженери гірничої промисловості – це питання електропостачання на підприємстві.

Основними споживачами електричної енергії на підприємствах є електродвигуни механізмів, які задіяні на різноманітних дільницях технологічного процесу видобутку вугілля.

Електроприводи шахтних машин і механізмів характеризуються великою потужністю. Так, найпотужнішими споживачами електричної енергії є електродвигуни вентиляторних та водовідливних установок, підйому, прохідницьких та видобувних комбайнів, конвеєрів і т. п.

Правильний вибір потужності електроприймачів та розрахунок високовольтних і низьковольтних мереж є запорукою високопродуктивної та безперебійної роботи цілого підприємства взагалі і окремих дільниць зокрема.

Не останнім фактором в питанні енергозабезпечення підприємств є електробезпека ведення робіт, що забезпечується правильною експлуатацією електроустаткування і дотриманням «Правил безпеки на вугільних і сланцевих шахтах».

1 СТИСЛІ ВІДОМОСТІ СИСТЕМИ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

Шахта «Центральна» одержує електроенергію напругою 6,3кВ по двох незалежних уводах. Живлення здійснюється від районної підстанції. Підземні споживачі електроенергії живляться напругою 6 кВ від поверхневої підстанції по стволах із свіжою струменю повітря. ЦПП зводиться в приствольному дворі горизонту 622м. Безпосередньо високою напругою в шахті живляться електродвигуни головного водовідливу. Всі інші споживачі електроенергії – низьковольтні, 660В. Напруга 127В передбачена для живлення ручного електроінструмента, освітлення і сигналізації, напруга 220В – тільки для освітлення.

Котельні та калориферні установки. Калориферна установка ствола шахти складається з 16-ти повітронагрівачів типу КСк4-11 02АХЛЗ і при температурному графіку водяного теплоносія 95-70°C забезпечує підігрів 6153м³/хв атмосферного повітря з резервом по тепловій потужності 45%. Технологічна схема калориферної установки представлена на рисунку 1.1. Споживання теплової енергії абонентами в зимовий час мінливо. Воно міняється при зміні температури зовнішнього повітря. При зниженні температури зовнішнього повітря споживання енергії зростає, а при підвищенні – зменшується. Для умов роботи котельні прийняте якісне регулювання теплової енергії, що відпускається. В основу цього способу покладена зміна температури теплоносія при його постійній витраті в залежності від температури зовнішнього повітря. Тому що розрахункова подача мережного насоса істотно не відрізняється від необхідної витрати теплоносія, прийнято температурний графік 95/70⁰С.

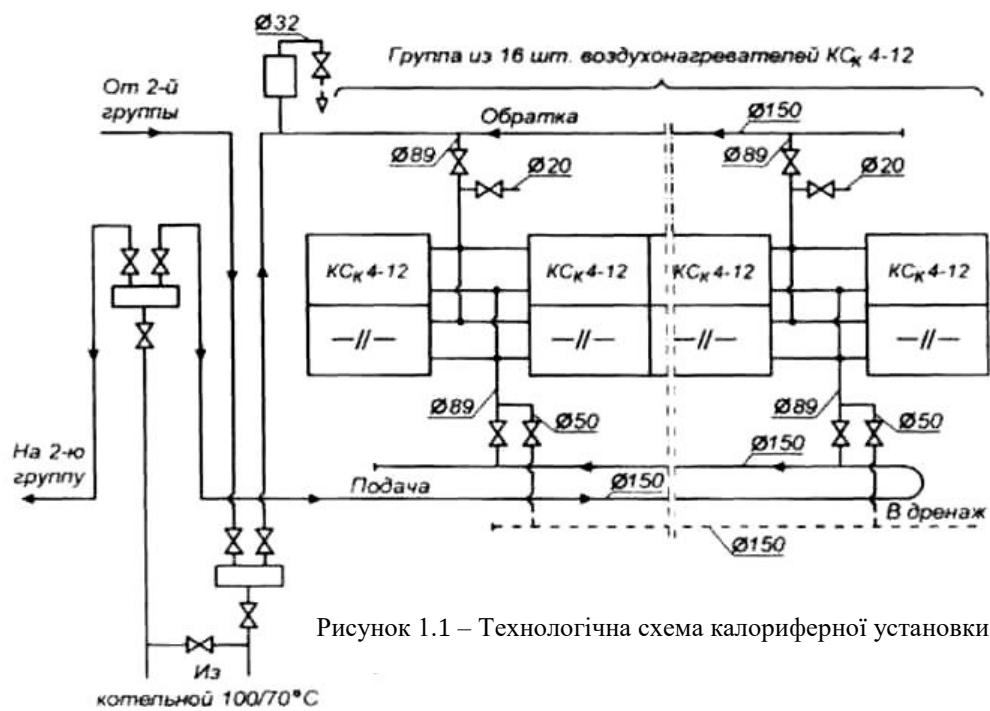


Рисунок 1.1 – Технологічна схема калориферної установки

2 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПІДЗЕМНИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ

2.1 Споживачі електроенергії добувної дільниці

Характеристики всіх електроприймачів видобувної дільниці, а також тип, потужність і кількість двигунів представлені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики електроприймачів видобувної дільниці

Назва електроприймача	Тип електро-двигуна	Кількість електродвигунів	Номінальна Потужність $P_{ном}, кВт$		Номінальний струм $I_{ном}, А$		Пусковий струм двигуна $I_n, А$	Коефіцієнт навантаження	
			Одно-го	Загальна	Одно-го	Загальна		Номінальний $\cos \varphi_{ном}$	Фактичний $\cos \varphi_{ном}$
1К101У	ЭДКО-2М	1	105	105	119	119	485	0,845	0,8
СП291	ЭДКОФ-43/4	2	55	110	62,5	125	400	0,86	0,83
СП202(ПТК)	ЭДКОФ-43/4	1	55	55	62,5	62,5	400	0,86	0,83
Перевантажувач	ВР160S6	1	11	11	13	13	80,6	0,83	0,78
СП202(просик)	ЭДКОФ-43/4	1	55	55	62,5	62,5	400	0,86	0,83
СП202(піч)	ЭДКОФ-43/4	1	55	55	62,5	62,5	400	0,86	0,83
СНТ-32№1	ВР225М4	1	55	55	62	62	378,2	0,85	0,75
	ВР112М4	1	5,5	5,5	6,8	6,8	46	0,83	0,75
СНТ-32№2	ВР225М4	1	55	55	62	62	378,2	0,85	0,75
	ВР112М4	1	5,5	5,5	6,8	6,8	46	0,83	0,75
ВМ-6	ВРМ160М2	1	24	24	26	26	195	0,87	0,84
ШН-250	ВР225М4	1	55	55	62	62	378,2	0,85	0,81
К-60	ВР160М6	1	15	15	17,5	17,5	105	0,86	0,83
К-60	ВР160М6	1	15	15	17,5	17,5	105	0,86	0,83
ЗЛП	ВР200М8	1	18,5	18,5	22,5	22,5	126	0,81	0,75
ЗЛП	ВР200М8	1	18,5	18,5	22,5	22,5	126	0,81	0,75
ЗОЛС	ВР180S4	1	22	22	25	25	142,5	0,88	0,84
Разом				680		712,5			

2.2 Розрахунок потужності і вибір трансформаторних підстанцій

Коефіцієнт попиту визначимо з формули [1, 2]:

$$K_{cn} = 0,4 + 0,6 \frac{P_{ном}}{\sum P_{ном}}, \quad (2.1)$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність найбільш потужного електродвигуна в групі електроприймачів ділянки, кВт $P_{ном}^{1K101V} = 105 \text{ кВт}$.

$\sum P_{ном}$ – сумарна номінальна потужність електродвигунів ділянки; кВт $\sum P_{ном} = 680 \text{ кВт}$.

$$K_{cn} = 0,4 + 0,6 \cdot \frac{105}{680} = 0,5$$

Розрахункова потужність діляничного трансформатора:

$$S_{p.m.p.} = K_{cn} \cdot \frac{\sum P_{ном}}{\cos \varphi_{cp}}; \quad (2.2)$$

де $\cos \varphi_{cp}$ – середній коефіцієнт потужності групи електродвигунів ділянки, $\cos \varphi_{cp} = 0,6$.

$$S_{p.m.p.} = 0,5 \cdot \frac{680}{0,6} = 5,66,67 \text{ кВт} \cdot \text{А}$$

Номінальну потужність трансформатора S_m беремо за розрахунковою потужністю $S_{p.m.p.}$ з стандартного ряду трансформаторів за умовою:

$$S_m \geq S_{p.m.p.}$$

$$630 \text{ кВт А} \succ 566,67 \text{ кВт А}$$

Приймаємо наступний тип трансформаторної підстанції ТСВП –630/6 з технічними характеристиками:

- номінальний струм з низького боку, А	527
- номінальний струм з високого боку, А	60,6
- втрати потужності при к.з. $P_{к.з.}$, Вт	4700
при холостому ході $P_{х.х.}$, Вт	2900
- струм холостого ходу $I_{х.х.}$, %	1,5
- напруга к.з. $U_{к.з.}$, %	3,5
- номінальна напруга з низького боку, кВ	0,69
- номінальна напруга з високого боку, кВ	$6 \pm 5\%$

2.3 Розрахунок низьковольтної кабельної мережі

Вибір перерізу кабелів за тривалим припустимим струмом нагріву.

Значення перерізу магістрального кабелю по тривало припустимому струму буде дорівнювати [1]:

$$K_{\text{бо}} \cdot I_m \geq I_{\phi} \quad (2.3)$$

де $K_{\text{бо}}$ – поправочний коефіцієнт в залежності від навколишнього середовища. $K_{\text{бо}}=0,9$ при $t=35^{\circ} \text{ C}$.

I_m – тривало припустимий струм кабелю для відповідного перерізу, А

I_{ϕ} – фактичний струм двигуна, А

Приймаємо, що споживачі (1 – а група), які знаходяться безпосередньо в лаві або біля неї (1К101У, СП291, СП202(ПТК), перевантажувач, СП202 (просік), СП202 (піч), СНТ – 32 № 1, СНТ – 32 № 2, ВМ – 6, ЗЛП та ЗОЛС - $\sum I_{ном1} = 593A$) живляться від окремого магістрального кабелю, а споживачі (2 – а група), що розташовані на конвеєрному штреку (ШН – 250, два насоса К – 60 та ЗЛП – $\sum I_{ном2} = 119,5A$) живіться від іншого магістрального кабелю, але від одної трансформаторної підстанції ТСВП – 630/6.

Фактичний струм на магістральному кабелю:

$$I_{\phi} = K_c \cdot \sum I_{ном} \quad (2.4)$$

$$I_{\phi1} = 0,5 \cdot 593 = 296,5A$$

$$I_{\phi2} = 0,5 \cdot 119,5 = 59,75A$$

Виберемо магістральний силовий кабель для 1 – ої групи споживачів:

$$0,9 \cdot 330 \succ 296,5A$$

$$297A \succ 296,5A$$

Приймаємо один магістральний силовий кабель марки ГРШЕ $3 \times 95 + 1 \times 10 + 3 \times 4$.

Виберемо магістральний кабель для 2 – ої групи споживачів:

$$0,9 \cdot 182 \succ 59,75A$$

$$163,8A \succ 59,75A$$

Приймаємо один магістральний кабель марки ГРШЕ $3 \times 35 + 1 \times 10 + 3 \times 4$

Переріз кабелю для електроспоживачів визначаємо за формулою:

$$K_{\bar{b}o} \cdot I_m \geq I_{ном} \quad (2.5)$$

$$1K101Y: 0,9 \cdot 182 = 163,8A > 119A; S = 35mm^2$$

$$СП291: 0,9 \cdot 182A = 163,8 > 125A; S = 35mm^2$$

$$СП202(ПТК): 0,9 \cdot 182A = 163,8A > 62,5A; S = 35mm^2$$

$$\text{Перевантажувач: } 0,9 \cdot 114A = 102,6A > 13A; S = 16mm^2$$

$$СП202(\text{піч}): 0,9 \cdot 182A = 163,8A > 62,5A; S = 35mm^2$$

$$СП202(\text{просік}): 0,9 \cdot 182A = 163,8A > 62,5A; S = 35mm^2$$

$$СНТ - 32: 0,9 \cdot 182A = 163,8A > 68,8A; S = 35mm^2$$

$$ВМ - 6: 0,9 \cdot 114A = 102,6A > 26A; S = 16mm^2$$

$$К - 60: 0,9 \cdot 88A = 79,2A > 17,5A; S = 10mm^2$$

$$\text{ІНН} - 250: 0,9 \cdot 182A = 163,8A > 62A; S = 35mm^2$$

$$\text{ЗЛП: } 0,9 \cdot 114A = 102,6A > 22,5A; S = 16mm^2$$

$$\text{ЗОЛС: } 0,9 \cdot 182A = 163,8A > 25A; S = 35mm^2$$

Вибір перерізу кабелів по механічній міцності.

Мінімальний переріз кабелів за мінімальною міцністю приймають:

- для електроапаратури, змонтованих на спеціальних візках загального енергопотягу, рівній $10mm^2$;

- для окремо встановленого, що періодично переміщується, $16mm^2$;

Вибір перерізу кабелів за втратою напруги.

Припустиму втрату напруги визначаємо за формулою [1, 2]:

$$\begin{aligned} \Delta U_{\partial on} &= 0,1U_{x.x.} \\ \Delta U_{\partial on} &= 0,1 \cdot 690 = 69B \end{aligned} \quad (2.6)$$

Визначимо втрати напруги в трансформаторі:

$$\Delta U_{mp.} = \sqrt{3} \cdot I (R_{mp} \cdot \cos \varphi_{mp} + X_{mp} \cdot \sin \varphi_{mp}) \quad (2.7)$$

де I – струм навантаження трансформатора в півгодинному максимумі,
А.

$$I = I_{\phi 1} + I_{\phi 2} = 296,5 + 59,75 = 356,25 \text{ А}$$

X_{mp}, R_{mp} – індуктивний та активний опір трансформатора, Ом.

$$R_{mp} = \frac{P_{к.з.} \cdot U_o^2 \cdot 10^{-3}}{S_{ном}^2}, \quad (2.8)$$

де $P_{к.з.}$ – втрата потужності короткого замикання трансформатора, кВт, $P_{к.з.} = 4,7 \text{ кВт}$.

U_o – напруга холостого ходу вторинної обмотки трансформатора, В,
 $U_o = 690 \text{ В}$.

$S_{ном}$ – номінальна потужність трансформатора, кВА, $S_{ном} = 630 \text{ кВ.А}$.

$$R_{mp} = \frac{4,7 \cdot 690^2 \cdot 10^{-3}}{630^2} = 0,00564 \text{ Ом.}$$

$$X_{mp} = \sqrt{Z_{mp}^2 - R_{nh}^2} \quad (2.9)$$

$$Z_{nh} = \frac{U_{к.з.} \cdot U_o^2 \cdot 10^{-5}}{S_{ном}} \quad (2.10)$$

де $U_{к.з.}$ – напруга к.з. трансформатора, %. $U_{к.з.} = 3,5\%$.

$$Z_{mp} = \frac{3,5 \cdot 690^2 \cdot 10^{-5}}{630} = 0,02645 \text{ Ом}$$

$$X_{mp} = \sqrt{0,02645^2 - 0,00564^2} = 0,0258 \text{ Ом}$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - \cos^2 \varphi}$$

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,6^2} = 0,8$$

$$\Delta U_{mp} = \sqrt{3} \cdot 356,25(0,00564 \cdot 0,6 + 0,0258 \cdot 0,8) = 14,8 \text{ В}$$

Визначимо втрату напруги у гнучкому силовому кабелю, прокладеному від магнітного пускача, встановленого на РПП, до електродвигуна комбайна:

$$\Delta U_k = \sqrt{3} \cdot I_k \cdot L_k (R_k \cdot \cos \varphi_k + X_k \cdot \sin \varphi_r), \quad (2.11)$$

де I_k – струм електродвигуна комбайна, А. $I_k = 119 \text{ А}$

L_k – довжина комбайнового кабелю, км. $L_k = 0,35 \text{ км}$.

R_k, X_k – активний і реактивний опір при робочій температурі жил гнучкового кабелю, Ом/км. $R_k = 0,55 \text{ Ом/км}$; $X_k = 0,084 \text{ Ом/км}$.

$\cos \varphi_k$ – коефіцієнт потужності електродвигуна комбайна, $\cos \varphi_k = 0,845$

$$\sin \varphi_k = \sqrt{1 - 0,845^2} = 0,535$$

$$\Delta U_k = \sqrt{3} \cdot 119 \cdot 0,35(0,55 \cdot 0,845 + 0,084 \cdot 0,535) = 36,7 \text{ В}$$

Припустимо втрата напруги в магістральному кабелю, прокладеного від трансформаторної підстанції до РПП:

$$\Delta U_m = \sqrt{3} \cdot I_m \cdot L_m (R_m \cdot \cos \varphi_m + X_m \cdot \sin \varphi_m), \quad (2.12)$$

де I_m – тривало допустиме навантаження на магістральному кабелю,
 А. $I_{m1}=330\text{А}$; $I_{m2}=1820\text{А}$.

L_m – довжина магістрального кабелю від трансформаторної підстанції до РПП, км. $L_{m1}=0,15\text{км}$; $L_{m2}=0,01\text{км}$.

X_m, R_m – індуктивний та активний опір магістрального кабелю, Ом/км.

$R_{m1}=0,203\text{Ом/км}$; $X_{m1}=0,078\text{Ом/км}$, $R_{m2}=0,55\text{Ом/км}$, $X_{m2}=0,084\text{Ом/км}$.

$$\Delta U_{m1} = \sqrt{3} \cdot 330 \cdot 0,15 \cdot (0,203 \cdot 0,6 + 0,078 \cdot 0,8) = 15,77\text{В}$$

$$\Delta U_{m2} = \sqrt{3} \cdot 182 \cdot 0,01 \cdot (0,55 \cdot 0,6 + 0,084 \cdot 0,8) = 1,25\text{В}$$

Вимогу по припустимій втрати напруги перевіряємо для найпотужнішого двигуна на ділянці – двигуна комбайна в лаві:

$$\Delta U_{\text{дон}} \geq \Delta U_{\text{тр}} + \Delta U_{m1} + \Delta U_{m2} + \Delta U_{\text{комб.}} \quad (2.13)$$

$$69 > 14,8 + 36,7 + 15,77 + 1,25$$

$$69\text{В} > 68,52\text{В}$$

Втрати напруги в кабелю інших споживачів визначмо за формулою [1]:

$$\Delta U = \sqrt{3} \cdot I \cdot L \cdot (R_{\text{ко}} \cdot \cos \varphi + X_{\text{ко}} \cdot \sin \varphi), \quad (2.14)$$

де I – розрахунковий струм півгодинного максимуму в кабелю, А;

L – довжина кабелю, км;

$R_{\text{ко}}, X_{\text{ко}}$ – активний та індуктивний питомий опір гнучкого кабелю при робочій температурі жил, Ом/км;

$\cos \varphi$ – номінальний коефіцієнт навантаження двигуна.

Втрати напруги у гучному силовому кабелю, прокладеному від пускового апарата, встановленого на РПП:

- до електродвигуна конвеєра СП291 (нижньої головки):

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0.86^2} = 0.51$$

$$\Delta U_{cn291}^{низ} = \sqrt{3} \cdot 62.5 \cdot 0.12 \cdot (0.55 \cdot 0.86 + 0.084 \cdot 0.51) = 6.7B ;$$

- до електродвигуна конвеєра СП202 (ПТК):

$$\Delta U_{СП202}^{ПТК} = \sqrt{3} \cdot 62.5 \cdot 0.06 \cdot (0.55 \cdot 0.86 + 0.084 \cdot 0.51) = 3.3B ;$$

- до електродвигуна перевантажувача:

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0.83^2} = 0.558$$

$$\Delta U_{перев.} = \sqrt{3} \cdot 13 \cdot 0.04 \cdot (1.21 \cdot 0.83 + 0.09 \cdot 0.558) = 0.9B ;$$

- до електродвигуна конвеєра СП202 (просік):

$$\Delta U_{СП202}^{просік} = \sqrt{3} \cdot 62.5 \cdot 0.07 \cdot (0.55 \cdot 0.86 + 0.084 \cdot 0.51) = 3.9B ;$$

- до електродвигуна конвеєра СП202 (піч):

$$\Delta U_{СП202}^{піч} = \sqrt{3} \cdot 62.5 \cdot 0.06 \cdot (0.55 \cdot 0.86 + 0.084 \cdot 0.51) = 3.3B ;$$

- до електродвигуна масло станції СНТ – 32 № 1:

-

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0.85^2} = 0.527,$$

$$\Delta U_{CHT-32}^{№1} = \sqrt{3} \cdot 62 \cdot 0,035 \cdot (0,55 \cdot 0,85 + 0,084 \cdot 0,527) = 1,9B;$$

- до електродвигуна підживлення маслостанції СНТ – 32 № 1:

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,83^2} = 0,558,$$

$$\Delta U_{под.}^{№1} = \sqrt{3} \cdot 6,8 \cdot 0,035 \cdot (0,55 \cdot 0,83 + 0,084 \cdot 0,558) = 0,2B;$$

- до електродвигуна масло станції СНТ – 32 № 2:

$$\Delta U_{CHT-32.}^{№2} = \sqrt{3} \cdot 62 \cdot 0,025 \cdot (0,55 \cdot 0,85 + 0,084 \cdot 0,527) = 0,14B;$$

- до електродвигуна підпітки масло станції СНТ – 32 № 2:

$$\Delta U_{под.}^{№2} = \sqrt{3} \cdot 6,8 \cdot 0,025 \cdot (0,55 \cdot 0,83 + 0,084 \cdot 0,558) = 0,1B;$$

- до електродвигуна вентилятора місцевого провітрювання ВМ – 6:

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0,87^2} = 0,493,$$

$$\Delta U_{BM-6} = \sqrt{3} \cdot 28 \cdot 0,04 \cdot (1,21 \cdot 0,87 + 0,09 \cdot 0,493) = 2B;$$

- до електродвигуна насоса ШН – 250:

$$\Delta U_{ШН-250} = \sqrt{3} \cdot 62 \cdot 0,025 \cdot (0,55 \cdot 0,85 + 0,084 \cdot 0,527) = 1,4B;$$

- до електродвигуна насоса К – 60:

$$\Delta U_{K-60} = \sqrt{3} \cdot 17,5 \cdot 0,03 \cdot (1,91 \cdot 0,86 + 0,092 \cdot 0,51) = 1,5B;$$

- до електродвигуна лебідки ЗОЛС:

$$\sin \varphi = \sqrt{1 - 0.88^2} = 0.475,$$

$$\Delta U_{\text{ЗОЛС}} = \sqrt{3} \cdot 25 \cdot 0,05 \cdot (0,55 \cdot 0,88 + 0,084 \cdot 0,475) = 1,1 \text{ В.}$$

Значення розрахунку втрат напруги в низьковольтній кабельній мережі зведемо у таблицю 2.2.

Напруга на затискачах двигуна у пусковому режиму на перекидання визначаємо для найбільш потужного та віддаленого електродвигуна, є двигун комбайна 1K101У ($P_{\text{ном}} = 105 \text{ кВт}$), в умовах нормальної роботи інших електроприймачів в умовах пуску:

$$U_{\text{пуск}} = \frac{U_{\text{х.х.}} - \Delta U_p}{1 + \sqrt{3} \cdot \frac{I_{\text{пуск}}}{U_n} (\Sigma R \cdot \cos \varphi_{\text{пуск}} + \Sigma X \cdot \sin \varphi_{\text{пуск}})} \quad (2.15)$$

де ΔU_p – втрата напруги від решти працюючих двигунів з нормальною напругою в тих елементах мережі, через які одержує живлення пускає мий двигун, В.

$$\begin{aligned} \Delta U_p = & \Delta U_{\text{СП 202}}^1 + \Delta U_{\text{СП 291}}^2 + \Delta U_{\text{СП 202}}^{\text{ПТК}} + \Delta U_{\text{перев.}} + \Delta U_{\text{СП 202}}^{\text{просік}} + \Delta U_{\text{СП 202}}^{\text{ніч}} + \\ & + \Delta U_{\text{СНТ-32 №1}} + \Delta U_{\text{нод.}}^1 + \Delta U_{\text{СНТ-32 №2}} + \Delta U_{\text{нод.}}^2 + \Delta U_{\text{ВМ-6}} + \Delta U_{\text{3/III}}^2 + \Delta U_{\text{ЗОЛС}} \end{aligned} \quad (2.16)$$

$$\Delta U_p = 6,7 + 19,5 + 3,3 + 0,9 + 3,9 + 3,3 + 1,9 + 0,2 + 1,4 + 0,1 + 2 + 2 + 1,1 = 46,3 \text{ В.}$$

$\cos \varphi_{\text{пуск}}$ – коефіцієнт потужності двигуна в умовах пуску, $\cos \varphi_{\text{пуск}} = 0,49$.

$$\sin \varphi_{\text{пуск}} = \sqrt{1 - 0.49^2} = 0.872$$

$I_{пуск}$ – пусковий струм двигуна, А. $I_{пуск}=485\text{А}$.

$\Sigma R, \Sigma X$ – відповідно сумарні активні і індуктивні опори трансформаторної підстанції, магістрального та гучного кабелів, Ом.

$$\Sigma R = R_{mp} + R_m \cdot L_m + R_k \cdot L_k \quad (2.17)$$

$$\Sigma R = 0.00564 + 0.203 \cdot 0.15 + 0.55 \cdot 0.35 = 0.22859 \text{ Ом}$$

$$\Sigma X = X_m + X \cdot L_m + X_k \cdot L_k \quad (2.18)$$

$$\Sigma X = 0,0258 + 0,078 \cdot 0,15 + 0,084 \cdot 0,35 = 0,0669 \text{ Ом}$$

$$U_{пуск} = \frac{690 - 46,3}{1 + \sqrt{3} \cdot \frac{485}{660} \cdot (0,22859 \cdot 0,49 + 0,0669 \cdot 0,872)} = 529,11 \text{ В}$$

Напруга на затискачах на початку пуску повинна бути не менш 80 % номінальної, тобто:

$$U_{пуск} \geq 0.8 \cdot U_{ном}$$

$$529,11 > 0.8 \cdot 660$$

$$529.11 \text{ В} > 528 \text{ В.}$$

Вибір перерізу кабелів за термічною стійкістю.

На термічну стійкість кабелі перевіряємо з метою забезпечення пожежобезпеки при дугових трифазних коротких замиканнях (к.з.):

$$I_{зр.} > I_{к.з. \max}^{(3)}, \quad (2.19)$$

де $I_{зр.}$ – граничний струм, А;

$I_{к.з. \max}^{(3)}$ – струм трифазного к.з. в кабелі, А.

$$I_{ep.} = \frac{K_{\partial\partial} \cdot C \cdot S}{\sqrt{t_{\partial}}}, \quad (2.20)$$

де $K_{\partial\partial}$ - поправочний коефіцієнт гранично – припустимого струму к.з.

C – коефіцієнт, який враховує кінцеву температуру нагріву жил в режимі к.з., А/град. Для кабелів з резиновою ізоляцією $C=101$ А/град.

S – обраний переріз жил кабелю, мм².

t_{∂} – граничний час відключення, с. Для автоматичних вимикачем АВ–315Р та АВ–200ДО; пересувних підстанцій з їх вимикачами приймаємо $t_{\partial}=0,05$ с.

Поправочний коефіцієнт гранично – припустимого струму к.з. визначимо в залежності від коефіцієнта завантаження кабелю β_{κ} :

$$\beta_{\kappa} = \frac{I_{\partial\partial}}{K_t \cdot I_{sh}}, \quad (2.21)$$

де $I_{\partial\partial}$ – номінальний струм двигуна, А;

I_{sh} – тривало припустиме навантаження кабелю, А.

Визначимо граничний струм:

- для магістрального кабелю, що живить 1-у групу електроприймачів:

$$\beta_{\kappa} = \frac{296,5}{0,9 \cdot 330} = 0,998 ;$$

$$K_{\partial\partial} = 1,04 - \frac{1,04 - 1}{1 - 0,9} \cdot (0,998 - 0,9) = 1,0008 ;$$

$$I_{ep} = \frac{1,0008 \cdot 101 \cdot 95}{\sqrt{0,05}} = 43253,44 \text{ А.}$$

- для магістрального кабелю, що живить 2-у групу електроприймачів:

$$\beta_{\kappa} = \frac{59,75}{0,9 \cdot 182} = 0,4;$$

$$K_{\varepsilon\partial} = 1,18;$$

$$I_{\varepsilon p} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 35}{\sqrt{0,05}} = 18654,63 A.$$

- для комбайнового двигуна:

$$\beta_{\kappa} = \frac{119}{0,9 \cdot 182} = 0,726;$$

$$K_{\varepsilon\partial} = 1,11 - \frac{1,11 - 1,07}{0,8 - 0,7} \cdot (0,726 - 0,7) = 1,0996;$$

$$I_{\varepsilon p} = \frac{1,0996 \cdot 101 \cdot 35}{\sqrt{0,05}} = 17383,58 A.$$

- для конвеєрного двигуна (СП 291) – для одного двигуна:

$$\beta_{\kappa} = \frac{62,5}{0,9 \cdot 182} = 0,4;$$

$$K_{\varepsilon\partial} = 1,18;$$

$$I_{\varepsilon p} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 35}{\sqrt{0,05}} = 18654,63 A.$$

- для електродвигунів конвеєрів СП 202:

$$\beta_{\kappa} = \frac{62,5}{0,9 \cdot 182} = 0,4;$$

$$K_{\varepsilon\partial} = 1,18;$$

$$I_{\text{зр}} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 35}{\sqrt{0,05}} = 18654,63 \text{ A.}$$

- для електродвигуна перевантажувача:

$$\beta_{\kappa} = \frac{13}{0,9 \cdot 114} = 0,127. \text{ Приймаємо } \beta_{\kappa} = 0,4;$$

$$K_{\text{зр}} = 1,18;$$

$$I_{\text{зр}} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 16}{\sqrt{0,05}} = 8527,83 \text{ A.}$$

- для електродвигуна масло станції СНТ – 32 (враховуючи двигун подпітки):

$$\beta_{\kappa} = \frac{68,8}{0,9 \cdot 182} = 0,42;$$

$$K_{\text{зр}} = 1,18 - \frac{1,18 - 1,16}{0,5 - 0,4} \cdot (0,42 - 0,4) = 1,176;$$

$$I_{\text{зр}} = \frac{1,176 \cdot 101 \cdot 35}{\sqrt{0,05}} = 18591,39 \text{ A.}$$

- для електродвигуна вентилятора ВМ – 6:

$$\beta_{\kappa} = \frac{26}{0,9 \cdot 114} = 0,253. \text{ Приймаємо } \beta_{\kappa} = 0,4;$$

$$K_{\text{зр}} = 1,18;$$

$$I_{\text{зр}} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 16}{\sqrt{0,05}} = 8527,83 \text{ A.}$$

- для електродвигуна насоса ШН – 250:

$$\beta_{\kappa} = \frac{62}{0,9 \cdot 182} = 0,4;$$

$$K_{\varepsilon\partial} = 1,18;$$

$$I_{\varepsilon p} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 35}{\sqrt{0,05}} = 18654,63 A.$$

- для электродвигуна насоса К – 60:

$$\beta_{\kappa} = \frac{17,5}{0,9 \cdot 88} = 0,22. \text{ Приймаємо } \beta_{\kappa} = 0,4;$$

$$K_{\varepsilon\partial} = 1,18;$$

$$I_{\varepsilon p} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 10}{\sqrt{0,05}} = 5329,89 A.$$

- для электродвигуна лебідки ЗЛП:

$$\beta_{\kappa} = \frac{22,5}{0,9 \cdot 114} = 0,219. \text{ Приймаємо } \beta_{\kappa} = 0,4;$$

$$K_{\varepsilon\partial} = 1,18;$$

$$I_{\varepsilon p} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 16}{\sqrt{0,05}} = 8527,83 A.$$

- для электродвигуна лебідки ЗОВС:

$$\beta_{\kappa} = \frac{25}{0,9 \cdot 182} = 0,153. \text{ Приймаємо } \beta_{\kappa} = 0,4;$$

$$K_{\varepsilon\partial} = 1,18;$$

$$I_{cp} = \frac{1,18 \cdot 101 \cdot 35}{\sqrt{0,05}} = 18654,63 A.$$

Значення розрахунку струмів $I_{к.з.мах}^{(3)}$ приведені у таблиці 2.3. Зробимо перевірку на термічну стійкість:

- магістральний кабель:

для 1-ої групи приймачів: 43253,44 > 5180,63

для 2-ої групи приймачів: 18654,63 > 8185,3

- 1К101У: 17383,58 > 1418,9

- СП202 (ПТК): 18654,63 > 3576,17

- перевантажувач: 8527,83 > 3109,28

- СП202 (просік): 18654,63 > 3385,53

- СП202 (піч): 18654,63 > 3576,17

- СНТ – 32 № 1 18591,39 > 4117,11

- СНТ – 32 № 2 18591,39 > 4352,23

- ВМ – 6: 8527,83 > 3109,28

- ШН – 250: 18654,63 > 6292,84

- К – 60: 5329,89 > 3679,77

- ЗЛП: 8527,83 > 4303,08

- ЗЛП: 8527,83 > 2831,98

- ЗОЛС: 18654,63 > 2831,98

Таблиця 2.2 – Відомість кабелів видобувної ділянки

Назва споживача	Довжина кабелю, км.	Струм Навантаження, А	Пусковий струм, А	Необхідний переріз кабелю, мм ²				Марка кабелю	Електричні параметри кабелів		
				За нагрівом, струмом навантаження	За механічною міцністю	За втратою напруги при номінальному навантаженні	За термічною стійкістю		Активний опір, Ом/км	Індуктивний опір, Ом/км.	Ємність мкФ/км
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1К101У	0,35	119	485	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
СП291	0,35	62,5	400	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
	0,12	62,5	400	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
СП202(ПТК)	0,06	62,5	400	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
Переванжувач	0,04	13	80,6	16	16	16	16	ГРШЕ 3×16+1×10+3×4	1,21	0,09	0,365
СП202(про-сік)	0,07	62,5	400	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
СП202(піч)	0,06	62,5	400	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
СНТ-32№1	0,035	68,8	424,2	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
СНТ-32№2	0,025	68,8	424,2	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
ВМ -6	0,04	26	195	16	10	16	16	ГРШЕ 3×16+1×10+3×4	1,21	0,09	0,365
ШН-250	0,025	62	378,2	35	10	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
К - 60	0,03	17,5	105	10	10	10	10	ГРШЕ3×310+1×6+3×2,5	1,91	0,092	0,345
К - 60	0,03	17,5	105	10	10	10	10	ГРШЕ3×310+1×6+3×2,5	1,91	0,092	0,345
ЗЛП	0,035	22,5	126	16	16	16	16	ГРШЕ 3×16+1×10+3×4	1,21	0,09	0,365
ЗЛП	0,05	22,5	126	16	16	16	16	ГРШЕ 3×16+1×10+3×4	1,21	0,09	0,365
ЗОЛ	0,05	25	142,5	35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466
Магістральний кабель	0,15	330		95	16	95	95	ГРШЕ 3×95+1×10+3×4	0,203	0,078	0,635
	0,01	182		35	16	35	35	ГРШЕ 3×35+1×10+3×4	0,55	0,084	0,466

2.4 Комплектування низьковольтного розподільного пункту дільниці

Передача електроенергії від підземних дільничних трансформаторних підстанцій до окремих електроприймачів видобувних і підготовчих робіт, а також до стаціонарних машин та механізмів здійснюються від підземних розподільних пунктів напругою 660В. Розподільні пункти комплектуються з окремих пускачів або станцій управління, пускових агрегатів. РП монтуються на платформах, щоб вони були пересувні, або розміщенні в штреку платформах, щоб вони були пересувні, або розміщенні в штреку так, щоб вони не заважали проходженню людей та транспортуванню вантажу, були доступні для огляду та обслуговування. Магнітні станції і пускачі розміщують у порядку зменшення струмкового навантаження. При нестачі контакторів в магнітній станції для живлення електроприймачів на дільниці поруч зі станцією управління встановлюють магнітні пускачі, які приєднують до магнітної станції через транзитний діод. При комплектації автоматичних вимикачів та магнітних пускачів в РП слід перевірити припустиме навантаження на увідній шини апаратів.

2.5 Визначення струмів короткого замикання в низьковольтній мережі видобувної дільниці

Визначимо потужність к.з. зовнішньої мережі від центральної підземної підстанції (ЦПП) до видобувної дільниці:

$$S_c = \frac{S_{к.з.}}{1 + L_{в.к.} \cdot Z_{в.к.} \cdot \frac{S_{к.з.}}{U_в^2}}, \quad (2.22)$$

де $S_{к.з.}$ – потужність к.з. на шинах ЦПП, $S_{к.з.}=100\text{МВА}$.

$L_{в.к.}$ – довжина високовольтного кабелю, км. Від ЦПП до РПП-6:

$L_{в.к.1}=1,97\text{км}$; від РПП-6 до трансформаторної підстанції: $L_{в.к.2}=1,3\text{км}$.

$Z_{в.к.}$ – повний опір високовольтного кабелю, Ом/км.

$$Z_{в.к.} = \sqrt{R_{в.к.}^2 + X_{в.к.}^2}$$

де $R_{в.к.}$, $X_{в.к.}$ – відповідно активний і індуктивний опори високовольтного кабелю, Ом/км.

$U_{в.}$ – напруга на високій стороні, $U_{в.}=6000\text{В}$.

Приймаємо, що РПП-6 живиться від ЦПП за допомогою магістрального кабелю СБн–6 3×120 , а ТСВП – 630/6, що знаходиться на видобувній ділянці, живиться від РПП–6 за допомогою магістрального кабелю СБн–6 3×35 .

Для кабелю СБн–6 3×120 : $R_{в.к.1}=0,153\text{Ом/км}$; $X_{в.к.1}=0,076\text{Ом/км}$.

Для кабелю СБн–6 3×35 : $R_{в.к.2}=0,524\text{Ом/км}$; $X_{в.к.2}=0,087\text{Ом/км}$.

$$Z_{в.к.1} = \sqrt{0,153^2 + 0,076^2} = 0,171\text{Ом / км.}$$

$$Z_{в.к.2} = \sqrt{0,524^2 + 0,087^2} = 0,531\text{Ом / км.}$$

$$S_c = \frac{100 \cdot 10^6}{1 + (1,97 \cdot 0,171 + 1,3 \cdot 0,531) \cdot \frac{100 \cdot 10^6}{6000^2}} = 25,95\text{МВ} \cdot \text{А}.$$

Визначимо параметричний коефіцієнт ланцюга:

$$P = \frac{100 \cdot S_{нт}}{S_c}, \quad (2.23)$$

де $S_{нт}$ – номінальна потужність трансформаторної підстанції,
 $S_{нт}=630$ кВА.

$$P = \frac{100 \cdot 630 \cdot 10^3}{25,95 \cdot 10^6} = 2,43.$$

Струм трифазного к.з. на виході трансформаторної підстанції визначимо за формулою:

$$I_{к.з.маз(1)}^{(3)} = \frac{100 \cdot S_{нт}}{\sqrt{3} \cdot U_0 (U_{к.з.} \% + P)}, \quad (2.24)$$

де U_0 – номінальна потужність низького ступеню, $U_0=660$ В;

$U_{к.з.} \%$ – напруга к.з. у відсотках від номінальної, $U_{к.з.} \%=3,5$.

$$I_{к.з.маз(1)}^{(3)} = \frac{100 \cdot 630 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot (3,5 + 2,43)} = 9304,56 \text{ А}.$$

Струм к.з. на розподільному пункті визначимо за формулою:

$$I_{к.з.маз(2)}^{(3)} = \frac{I_{к.з.маз(1)}^{(3)}}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot Z_{м.к.} \cdot I_{к.з.маз(1)}}{U_n}}, \quad (2.25)$$

де $Z_{м.к.}$ – повний опір магістрального кабелю, Ом.

$$Z_{м.к.} = \sqrt{R_{м.к.}^2 + X_{м.к.}^2} \cdot L_{м.к.}, \quad (2.26)$$

$$Z_{м.к.1} = \sqrt{0,203^2 + 0,078^2} \cdot 0,15 = 0,0326 \text{ Ом};$$

$$Z_{м.к.2} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,01 = 0,0056 \text{ Ом};$$

$$I_{к.з.маз(2)1}^{(3)} = \frac{9304,56}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,0326 \cdot 9304,56}{660}} = 5180,63 \text{ А}$$

$$Z_{к.} = \sqrt{R_{к.}^2 + X_{к.}^2} \cdot L_{к.}.$$

Струм трифазного к.з. на будь-якому електроспоживачі, який живиться по кабелю від РП:

$$I_{к.з.маз(i)}^{(3)} = \frac{I_{к.з.маз(2)}^{(3)}}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot Z_{к.(i)} \cdot I_{к.з.маз(2)}^{(3)}}{U_H}},$$

де $Z_{к(i)}$ – повний опір кабелю, прокладеного від РП до електроспоживача, Ом.

$$Z_{к.} = \sqrt{R_{к.}^2 + X_{к.}^2} \cdot L_{к.}.$$

Струм трифазного к.з.:

- на комбайні 1К101У:

$$Z_{к.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,35 = 0,195 \text{ Ом}.$$

$$I_{к.з.маз(3)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,195 \cdot 5180,63}{660}} = 1418,9 \text{ А}.$$

- на конвєсрі СП291 (верхня головка):

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,35 = 0,195 \text{ Ом.}$$

$$I_{\kappa.3.маз(4)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,195 \cdot 5180,63}{660}} = 1418,9 \text{ А.}$$

- на конвєєрі СП291 (нижня головка):

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,12 = 0,067 \text{ Ом.}$$

$$I_{\kappa.3.маз(5)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,067 \cdot 5180,63}{660}} = 2691,63 \text{ А.}$$

- на конвєєрі СП202 (ПТК):

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,06 = 0,033 \text{ Ом.}$$

$$I_{\kappa.3.маз(6)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,033 \cdot 5180,63}{660}} = 3576,17 \text{ А.}$$

- на перевантажувачі:

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{1,21^2 + 0,09^2} \cdot 0,04 = 0,049 \text{ Ом.}$$

$$I_{\kappa.3.маз(7)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,049 \cdot 5180,63}{660}} = 3109,28 \text{ А.}$$

- на конвєєрі СП202 (просік):

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,07 = 0,039 \text{ Ом.}$$

$$I_{\kappa.з.маз(8)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,039 \cdot 5180,63}{660}} = 3385,53 A.$$

- на конвеєрі СП202 (піч):

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,06 = 0,033 Ом.$$

$$I_{\kappa.з.маз(9)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,033 \cdot 5180,63}{660}} = 3576,17 A.$$

- на маслостанції СНТ–32 №1:

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,035 = 0,019 Ом.$$

$$I_{\kappa.з.маз(10)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,019 \cdot 5180,63}{660}} = 4117,11 A.$$

- на маслостанції СНТ–32 №2:

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,025 = 0,014 Ом.$$

$$I_{\kappa.з.маз(11)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,014 \cdot 5180,63}{660}} = 4352,23 A.$$

- на вентиляторі ВМ–6:

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{1,21^2 + 0,09^2} \cdot 0,04 = 0,049 Ом.$$

$$I_{\kappa.з.маз(12)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,049 \cdot 5180,63}{660}} = 3109,28 A.$$

- на насосі ШН-250:

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,025 = 0,014 Ом.$$

$$I_{\kappa.з.маз(13)}^{(3)} = \frac{8185,3}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,014 \cdot 8185,3}{660}} = 6292,84 A.$$

- на насосі К-60:

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{1,91^2 + 0,092^2} \cdot 0,03 = 0,057 Ом.$$

$$I_{\kappa.з.маз(14)}^{(3)} = \frac{8185,3}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,057 \cdot 8185,3}{660}} = 3679,77 A.$$

- на лебідці ЗЛП, що розташована на конвеєрному штреку:

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{1,21^2 + 0,09^2} \cdot 0,035 = 0,042 Ом.$$

$$I_{\kappa.з.маз(15)}^{(3)} = \frac{8185,3}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,042 \cdot 8185,3}{660}} = 4303,08 A.$$

- на лебідці ЗЛП, що знаходиться біля лави:

$$Z_{\kappa.} = \sqrt{1,21^2 + 0,09^2} \cdot 0,05 = 0,061 Ом.$$

$$I_{к.з.маз(16)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,061 \cdot 5180,63}{660}} = 2831,98 A.$$

- на лебідці ЗОЛС:

$$Z_{к.} = \sqrt{0,55^2 + 0,084^2} \cdot 0,05 = 0,061 \Omega.$$

$$I_{к.з.маз(17)}^{(3)} = \frac{5180,63}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,061 \cdot 5180,63}{660}} = 2831,98 A.$$

Струми к.з. на всіх електроприймачах, приєднаних кабелями до низьковольтних апаратів розподільного пункту зведемо у таблицю 2.3.

Номінальний струм двофазного к.з. на вводі апаратів може бути підрахований, виходячи із значення максимального струму трифазного к.з., визначеного для тієї ж точки, з урахуванням температурного коефіцієнта вторинної обмотки трансформатора за формулою:

$$I_{к.з.мин(i)}^{(2)} = 0,86 \cdot I_{к.з.маз(i)}^{(3)} \quad (2.27)$$

Отже, для характерних місць маємо:

- на виході з трансформаторної підстанції:

$$I_{к.з.мин(1)}^{(2)} = 0,86 \cdot 9304,56 = 8001,92 A;$$

- на розподільному пункті:

$$I_{к.з.мин(2)1}^{(2)} = 0,86 \cdot 5180,63 = 4455,34 A;$$

$$I_{к.з.мин(2)2}^{(2)} = 0,86 \cdot 8185,3 = 7039,36 A;$$

- на комбайні 1К101У:

$$I_{к.з.min(3)}^{(2)} = 0,86 \cdot 1418,9 = 1220,25 A;$$

- на конвеєрі СП291 (верхня головка):

$$I_{к.з.min(4)}^{(2)} = 0,86 \cdot 1418,9 = 1220,25 A;$$

- на конвеєрі СП291 (нижня головка):

$$I_{к.з.min(5)}^{(2)} = 0,86 \cdot 2691,93 = 2315,06 A;$$

- на конвеєрі СП202 (ПТК):

$$I_{к.з.min(6)}^{(2)} = 0,86 \cdot 3576,17 = 3075,51 A;$$

- на перевантажувачі:

$$I_{к.з.min(7)}^{(2)} = 0,86 \cdot 3109,28 = 2673,98 A;$$

- на конвеєрі СП202 (просік):

$$I_{к.з.min(8)}^{(2)} = 0,86 \cdot 3385,53 = 2911,56 A;$$

- на конвеєрі СП202 (піч):

$$I_{к.з.min(9)}^{(2)} = 0,86 \cdot 3576,17 = 3075,51 A;$$

- на маслостанції СНТ-№1:

$$I_{\kappa.з.min(10)}^{(2)} = 0,86 \cdot 4117,11 = 3540,71 A;$$

- на маслостанції СНТ-32 №2:

$$I_{\kappa.з.min(11)}^{(2)} = 0,86 \cdot 4352,23 = 3742,92 A;$$

- на вентиляторі ВМ-6:

$$I_{\kappa.з.min(12)}^{(2)} = 0,86 \cdot 3109,28 = 2673,98 A;$$

- на насосі ШН-250:

$$I_{\kappa.з.min(13)}^{(2)} = 0,86 \cdot 6292,84 = 5411,84 A;$$

- на насосі К-60:

$$I_{\kappa.з.min(14)}^{(2)} = 0,86 \cdot 3679,77 = 3164,6 A;$$

- на лебідки ЗЛП:

$$I_{\kappa.з.min(15)}^{(2)} = 0,86 \cdot 4303,08 = 3700,65 A;$$

- на лебідках ЗЛП та ЗОЛС:

$$I_{\kappa.з.min(16)}^{(2)} = I_{\kappa.з.min(17)}^{(2)} = 0,86 \cdot 2831,98 = 2435,5 A.$$

Струми двофазного к.з. електроприймачів видобувної ділянки зводимо у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Розрахунок втрат напруги і струмів короткого замикання на електроприймачах.

Назва споживача	Довжина кабелю, км	Струм навантаження, А	Пусковий струм, А	Втрата напруги в кабелі при номінальному навантаженні, В	Струм трифазного короткого замикання, А	Струм двофазного короткого замикання, А
1К101У	0,35	119	485	36,7	1418,9	1220,25
СП291	0,35	62,5	400	19,5	1418,9	1220,25
	0,12	62,5	400	6,7	2691,93	2315,06
СП202 (ПТК)	0,06	62,5	400	3,3	3576,17	3075,51
Перевантажувач	0,04	13	80,6	0,9	3109,28	2673,98
СП202 (просік)	0,07	62,5	400	39	3385,53	2911,56
СП202 (піч)	0,06	62,5	400	3,3	3576,17	3075,51
СНТ – 32 №1	0,035	68,8	424,2	2,1	4117,11	3540,71
СНТ – 32 № 2	0,025	68,8	424,2	1,5	4352,23	3742,92
ВМ - 6	0,04	26	195	2	3109,28	2673,98
ІШН - 250	0,025	62	378,2	1,4	6292,84	5411,84
К - 60	0,03	17,5	105	1,5	3679,77	3164,6
К - 60	0,03	17,5	105	1,5	3679,77	3164,6
ЗЛП	0,035	22,5	126	1,4	4303,08	3700,65
ЗЛП	0,05	22,5	126	2	2831,98	2435,5
ЗОЛС	0,05	25	142,5	1,1	2831,98	2435,5
Магістральний кабель	0,150	330		15,77	5180,63	4455,34
	0,01	182		1,25	8185,3	7039,36

2.6 Вибір низьковольтних апаратів і установок максимального захисту

Автоматичні вимикачі вибираємо за номінальним струмом I_n , номінальній напрузі U_n , та перевіряємо за граничним струмом включення:

$$I_{ном} > I_c; U_{р.ном} = U_c; I_{від} \geq 1,2 \cdot I_{к.з.мах}^{(3)},$$

де $I_{к.з.мах}^{(3)}$ – трифазний струм к.з. в місці установки вимикача, А;

$I_{від}$ – граничний струм вимикання автомата, А.

I_c – струм захищаємо мережі, що дорівнює струму в фідерному кабелі,
А

$I_{ном}$ – номінальний струм вимикача, А.

$U_{р.ном.}$ – номінальна напруга котушки незалежного розчеплювача, В.

Для споживачів 1-ої групи:

$$315 \text{ А} > 296,5 \text{ А};$$

оберемо автоматичний вимикач АВ–315Р.

Перевіряємо вибраний автомат:

- на номінальну напругу:

$$660\text{В} \leq 660\text{В},$$

- по комутаційній здібності (для АВ – 315Р $I_{від} = 20000 \text{ А}$):

$$20000\text{А} > 1,2 \cdot 5,180,63\text{А}; \quad 20000\text{А} > 6216,76\text{А}.$$

Усі умови виконуються, тобто автоматичний вимикач вибрано вірно.

Для споживачів 2-ої групи:

$$200\text{А} > 59,75\text{А}.$$

Обираємо автоматичний вимикач АВ–200ДО ($I_{від} = 17000\text{А}$)

Перевіряємо вибраний автомат:

- на номінальну напругу:

$$660\text{В} \leq 660\text{В};$$

- по комутаційній здібності:

$$17000\text{ А} > 1,2 \cdot 8185,3\text{ А}, \quad 17000\text{ А} > 9822,36\text{ А}.$$

Усі умови виконуються, тобто автоматичний вимикач вибрав вірно.

Установки струму спрацювання максимальних розчеплювачів автоматичних вимикачів при номінальних пускових струмах найбільш потужного двигуна, що захищається:

$$I_y \geq I_{n.\text{пуск}} + \Sigma I_{p.\text{ном}}, \quad (2.28)$$

де $I_{n.\text{пуск}}$ – номінальний пусковий струм найбільш потужного електродвигуна, А. (для 1-ої групи $I_{n.\text{пуск}}^{1K101Y} = 485\text{ А}$; для 2-ої групи $I_{n.\text{пуск}}^{III-250} = 378,2\text{ А}$).

$\Sigma I_{p.\text{ном}}$ – сума номінальних струмів решти струмоприймачів, А.

Визначимо уставку струму вимикача АВ–315Р для 1-ої групи:

$$I_y \geq 485 + 125 + 62,5 + 13 + 62,5 + 62,5 + 68,8 + 26 + 22,6 + 25 = 1021,6\text{ А}$$

Приймаємо $I_y = 1200\text{ А}$.

Визначимо уставку струму вимикача АВ–200ДО для 2-ої групи:

$$I_y \geq 378,2 + 125 + 17,5 + 17,5 + 22,5 = 435,7\text{ А}$$

Приймаємо $I_y = 500\text{ А}$.

Вибрані уставки струму спрацювання реле перевіряємо за струмом двофазного к.з. Повинна виконуватись умова за коефіцієнтом чутливості захисту:

$$\frac{I_{к.з. min}^{(2)}}{I_y} \geq K_n \quad (2.29)$$

де K_n – коефіцієнт чутливості захисту, $K_n = 1,5$.

Для вимикача АВ-315Р:

$$\frac{4455,34}{1200} = 3,7 > 1,5$$

Для вимикача АВ-200ДО:

$$\frac{7039}{500} = 14 > 1,5.$$

Магнітні станції та магнітні пускачі вибираємо за призначенням, номінальною напругою ланцюга та номінальним струмом навантаження, а також за номінальною потужністю електродвигуна, що вимикається пускачем або магнітною станцією, що залежить від режиму його роботи та перевіряємо за здібністю пускача (магнітної станції) вимикати максимально можливий струм трифазного к.з. . При цьому необхідно, щоб виконувались умови: $U_{ном.п.} = U_{ном}; I_{ном} \geq I; P_{max j} \geq P_{ном.}$

де $U_{ном}, I_{ном.п.}$ – номінальна напруга (В) та номінальний струм (А), на які розраховані пускач.

$I_{ном}$ – номінальний струм навантаження, А.

$P_{\max j}$ – максимальна потужність електродвигуна, що керується пускачем в залежності від j-ої категорії основного використання контактора, кВт.

Для керування та захисту електродвигунів машин та механізмів комплексу в мережі 660В приймаємо станцію керування КУУВ–350, що складається з п'яти полукомплектів: 1К101У, СП202 (ПТК), перевантажувач, лебідка ЗЛП.

Для комбайнового двигуна в якості визначаючого приймаємо фактичний струм роботи двигуна, який розраховується за формулою:

$$I_{\phi} = \frac{P_{\phi}}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_{\phi}}, \quad (2.30)$$

де P_{ϕ} – фактична потужність комбайнового двигуна, кВт.

$$P_{\phi} = 110 \text{ кВт.}$$

$\cos \varphi_{\phi}$ – коефіцієнт потужності фактичний, $\cos \varphi_{\phi} = 0,8$.

$$I_{\phi} = \frac{110 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 660 \cdot 0,8} = 120,3 \text{ А}$$

Для комбайнового двигуна обираємо реверсивний контактор КТУ – 4А. На $I_{ном} = 250 \text{ А}$, припустима потужність двигунів складе $P_{\max} = 160 \text{ кВт}$ з граничною струмковою уставкою захисту 1500 А та граничним струмом, що відмикається, $I_{від} = 4000 \text{ А}$.

$$660 \text{ В} = 660 \text{ В}; 250 \text{ А} > 120,3 \text{ А}; 160 \text{ Вт} > 105 \text{ Вт.}$$

Виберемо струм установки:

$$I_y \geq K_z \cdot I_{пуск}, \quad (2.31)$$

де K_z – коефіцієнт запасу, $K_z=1,25$.

$$I_y \geq 1,25 \cdot 485 = 606,25 A.$$

Приймаємо $I_y = 700 A$.

Перевіряємо чуттєвість струмкової установки на спрацювання:

$$\frac{I_{к.з. min}^{(2)}}{I_y} \geq 1,5;$$

$$\frac{1220,25}{700} = 1,74 \geq 1,5.$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{гр.від.} \geq 1,2 \cdot I_{к.з.}^{(3)}$$

$$I_{гр.від.} \geq 1,2 \cdot 1418,9 = 1702,68 A$$

$$4000 A > 1702,68 A$$

Для електродвигунів конвеєра СП291 приймаємо контактор неперевсивний КТУ–4А.

$$660V=660V; 250A>125A; 160кВт>110кВт.$$

Для двигунів конвеєра струм установки розраховуємо з урахування того, що два двигуна вмикаються одночасно, за формулою:

$$I_y \geq \Sigma I_{пуск}$$

$$I_y \geq 400 + 400 = 800 A.$$

Приймаємо $I_y = 900 \text{ A}$.

Перевіряємо чуттєвість струмкової установки на спрацювання:

- для верхньої головки:

$$\frac{1220,25}{900} = 1,36 < 1,5$$

Але у даному випадку, за погодженням з головним енергетиком гірничого підприємства, для магістралей і відгалужень, виконаних екранованими кабелями припускається зниження коефіцієнтам чутливості до 1,25, тобто: $1,36 > 1,25$.

- для нижньої головки:

$$\frac{2315,06}{900} = 2,57 < 1,5.$$

Перевіримо контактор на здібність вимикання:

- для верхньої головки:

$$I_{\text{сп.від.}} \geq 1,2 \cdot 1418,9 = 1702,68 \text{ A};$$

$$4000 \text{ A} > 1702,68 \text{ A}.$$

- для нижньої головки:

$$I_{\text{сп.від.}} \geq 1,2 \cdot 2691,93 = 3230,32 \text{ A};$$

$$4000 \text{ A} > 3230,32 \text{ A}.$$

Для керування електродвигуном конвеєра СП202 (ПТК) приймаємо нереверсивний контактор КТУ–2А на $I_{ном}=63\text{А}$, припустима потужність двигунів $P_{max} = 55\text{ кВт}$ з граничною струмовою уставкою захисту 750А та гранично струмом вимикання $I_{від}=1500\text{А}$.

$$660\text{В}=660\text{В}; 63\text{А}>62,5\text{А}; 55\text{кВт}=55\text{кВт}.$$

Виберемо струм уставки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 400 = 500\text{А}.$$

Приймаємо $I_y = 500\text{А}$.

Перевіряємо чуттєвість струмової уставки на спрацювання:

$$\frac{3075,51}{500} = 6,15 \geq 1,5..$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{сп.від.} \geq 1,2 \cdot 3576,17 = 4291,4\text{А};$$

$$1500\text{А}>4291,4\text{А}.$$

Умова не виконується, причому комутаційна здібність контактора значно відрізняється від струму к.з. $I_{к.з.}^{(3)}$ на його зажимах. У даному випадку перевіряємо умову:

$$I_{сп.від.} \leq 1,2 \cdot I_{к.з.}^{(2)}.$$

$$I_{сп.від.} < 1,2 \cdot 3075,51 = 3690,612\text{А}.$$

Захист від струмів к.з. на всій лінії забезпечується автоматичним вимикачем, встановленим в станцію керування.

Для керування та захисту електродвигуна перевантажувача приймаємо нереверсивний контактор КТУ–2А.

$$660\text{В}=660\text{В}; 63\text{А}>13\text{А}; 55\text{кВт}>11\text{кВт}$$

Виберемо струм уставки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 80,6 = 100,75\text{А}.$$

Приймаємо : $I_y = 250\text{А}$.

Перевіряємо чуттєвість струмової уставки на спрацювання:

$$\frac{2673,98}{250} = 10,7 > 1,5$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{\text{сп.від.}} \geq 1,2 \cdot 3109,28 = 3731,136\text{А};$$

$$1500\text{ А} < 3731,136\text{ А};$$

$$I_{\text{сп.від.}} < 1,2 \cdot I_{\text{к.з.}}^{(2)};$$

$$I_{\text{сп.від.}} < 1,2 \cdot 2673,98 = 3208,776\text{А}.$$

Захист від струмів к.з. на всій лінії забезпечуються автоматичним вимикачем, встановленим в станцію керування.

Для керування та захисту електродвигуна лебідки ЗЛП приймаємо нереверсивний контактор КТУ–2А.

$$660\text{В}=660\text{В}; 63\text{А}>22,5\text{А}; 55\text{кВт}>18,5\text{кВт}.$$

Виберемо струм уставки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 126 = 157,5 A.$$

Приймаємо $I_y = 250 A$.

Перевіряємо чуттєвість струмової уставки на спрацювання:

$$\frac{2435,5}{250} = 9,74 > 1,5 .$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{сп.від.} \geq 1,2 \cdot 2831,98 = 3398,38 A;$$

$$1500 A < 3398,38 A;$$

$$I_{сп.від.} < 1,2 \cdot I_{к.з.}^{(2)} ;$$

$$I_{сп.від.} < 1,2 \cdot 2435,5 = 2922,6 A .$$

Захист від струмів к.з. на всій лінії також забезпечується автоматичним вимикачем, встановленим в станцію керування.

Виберемо автоматичний вимикач, що встановлюється в СУВ–350. По сумарному номінальному струму 342А обираємо автоматичний вимикач А3732УУ5 на струм 400А, межа струмової уставки 2500А та граничний розривний струм 42000А.

Для керування та захисту електродвигунів конвеєра СП 202 (просік), конвеєра СП 202 (піч), лебідки ЗОЛС, та маслостанції СНТ–32 в мережі 660В також приймаємо станцію керування КУУВ-350.

Для керування та захисту електродвигуна конвеєра СП 202: приймаємо нереверсивний контактор КТУ–2А.

$$660В \leq 660В; 63А > 62,5А; 55кВт=55кВт.$$

Виберемо струм уставки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 400 = 500 A.$$

Приймаємо $I_y = 500 A$.

Перевіряємо чуттєвість струмової уставки на спрацювання:

- для конвеєра СП 202, встановленого на просіку:

$$\frac{2911,56}{500} = 5,82 > 1.5;$$

- для конвеєра СП 202, встановленого на печі:

$$\frac{3075,51}{500} = 6,15 > 1.5.$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

- для конвеєра СП 202, встановленого на просіку:

$$I_{гр.від.} \geq 1,2 \cdot 3109,28 = 3731,14 A;$$

$$1500 A < 3731,14 A;$$

$$I_{гр.від.} < 1,2 \cdot I_{к.з.}^{(2)};$$

$$1,2 \cdot 2911,56 = 3493,87 A > I_{гр.від.}.$$

Захист від струмів к.з. забезпечується автоматичним вимикачем, що встановлений в станцію керування.

- для конвеєра СП 202, встановленого на печі:

$$I_{гр.від.} \geq 1,2 \cdot 3576,17 = 4291,4 A;$$

$$1500 A < 4291,4 A;$$

$$I_{\text{зр.від.}} < 1,2 \cdot I_{\text{к.з.}}^{(2)} ;$$

$$1,2 \cdot 3075,51 = 3690,6 \text{ A} > I_{\text{зр.від.}} .$$

Захист від струмів к.з. забезпечується автоматичним вимикачем, що встановлено в станцію керування.

Для керування та захисту електродвигуна лебідки ЗОЛС приймаємо нереверсивний контактор КТУ–2А.

$$660\text{В}=660\text{В}; 63\text{А}>25\text{А}; 55\text{кВт}>22\text{кВт}.$$

Виберемо струм уставки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 142,5 = 178,1 \text{ A}.$$

Приймаємо $I_y = 250 \text{ A}$.

Перевіряємо чуттєвість струмової установки на спрацювання:

$$\frac{2435,5}{250} = 9,74 > 1,5 .$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{\text{зр.від.}} \geq 1,2 \cdot 2831,98 = 3398,38 \text{ A} ;$$

$$1500 \text{ A} < 3398,38 \text{ A};$$

$$1,2 \cdot 2435,5 = 2922,6 \text{ A} > 1500 \text{ A} .$$

Захист від струмів к.з. забезпечується автоматичним вимикачем, що встановлений в станцію керування.

Для керування та захисту електродвигунів маслостанції СНТ–32 приймаємо нереверсивний контактор КТУ–32А.

$$660\text{В}=660\text{В}; 63\text{А}>62,5\text{А}; 55\text{кВт}=55\text{кВт}.$$

Визначимо струм уставки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 378,2 = 472,75 A.$$

Приймаємо $I_y = 500 A$.

Перевіряємо чуттєвість струмової уставки на спрацювання:

- для маслостанції СНТ – 32№1:

$$\frac{3540,71}{500} = 7,08 > 1.5;$$

- для маслостанції СНТ – 32№2:

$$\frac{3742,92}{500} = 7,49 > 1.5.$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

- для маслостанції СНТ – 32№1:

$$I_{\text{сп.від.}} \geq 1,2 \cdot 4117,11 = 4940,53 A;$$

$$1500 A < 4940,53 A;$$

$$1,2 \cdot 3540,71 = 4248,85 A > I_{\text{сп.від.}} = 1500 A.$$

Захист від струмів к.з. забезпечується автоматичним вимикачем, що встановлено в станцію керування.

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

- для маслостанції СНТ – 32№2:

$$I_{\text{сп.від.}} \geq 1,2 \cdot 4352,23 = 5222,68 A;$$

$$1500\text{A} < 5222,68\text{A};$$

$$1,2 \cdot 3742,92 = 4491,5\text{A} > I_{\text{пр.від}} = 1500\text{A}.$$

Захист від струмів к.з. також забезпечується автоматичним вимикачем, що встановлено в станцію керування.

Виберемо автоматичний вимикач, що встановлюється в КУУВ–350 за сумарним номінальним струмом 274А. Обираємо автоматичний вимикач А3732УУ5 на струм 400А, межа струмкової установки 2500А та гранично розривний струм 42000А.

Для керування та захисту електродвигуна вентилятора ВМ–6 приймаємо магнітний пускач ПВИ–63Б на $I_{\text{ном}} = 63\text{A}$, припустима потужність двигунів $P_{\text{мах}} = 32\text{кВт}$ з граничною струмковою уставкою захисту 350А та граничним струмом вимикання $I_{\text{від}} = 1500\text{A}$.

$$660\text{В} = 660\text{В}; 63\text{A} > 26\text{A}; 32\text{кВт} > 24\text{кВт}.$$

Визначимо струм установки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 195 = 243,75\text{A}.$$

Приймаємо $I_y = 250\text{A}$.

Перевіряємо чуттєвість струмової установки на спрацювання:

$$\frac{2673,98}{250} = 10,7 > 1,5.$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{\text{пр.від}} \geq 1,2 \cdot 3109,28 = 3731,14\text{A};$$

$$1500\text{A} < 3731,14\text{A};$$

$$1,2 \cdot 2673,98 = 3208,78 A > I_{гр.від} = 1500 A.$$

Захист від струмів к.з. забезпечується автоматичним вимикачем АВ-315Р, що встановлено на підземному розподільному пункті РПП-0,69.

Для керування та захисту електродвигуна насоса ШН-250 приймаємо магнітний пускач ПВИ-250А на $I_{ном} = 250 A$, припустима потужність $P_{max} = 125 кВт$ з граничною струмковою уставкою захисту 1500А та граничним струмом вимикання $I_{від} = 4000 A$.

$$660В = 660В; 250A > 62A; 125кВт > 55кВт.$$

Визначимо струм установки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 378,2 = 472,75 A.$$

Приймаємо $I_y = 500 A$.

Перевіряємо чуттєвість струмової установки на спрацювання:

$$\frac{5411,84}{500} = 10,8 > 1,5.$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{гр.від} \geq 1,2 \cdot 6292,84 = 7551,41 A;$$

$$4000 A < 7551,41 A;$$

$$1,2 \cdot 5411,84 = 6494,21 A > I_{гр.від} = 4000 A.$$

Захист від струмів к.з. забезпечується автоматичним вимикачем АВ-200ДО, що встановлений на РПП-0,69.

Для керування та захисту електродвигуна насоса К-60 приймаємо магнітний пускач ПВИ–63Б на $I_{ном}=63A$, припустиму потужність двигунів $P_{max}=32кВт$ з граничною струмковою уставкою захисту $375A$ та граничним струмом вимикання $I_{від}=1500A$.

$660В=660В$; $63A>17,5A$; $32кВт>15кВт$.

Визначимо струм установки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 105 = 131,25 A.$$

Приймаємо $I_y = 150 A$.

Перевіряємо чуттєвість струмової установки на спрацювання:

$$\frac{3164,6}{150} = 21,1 > 1.5$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{сп.від.} \geq 1,2 \cdot 3679,77 = 4415,72 A;$$

$$1500 A < 4415,72 A;$$

$$1,2 \cdot 3164,6 = 3797,52 A > I_{сп.від} = 1500 A.$$

Захист від струмів к.з. забезпечується автоматичним вимикачем АВ–200ДО, що встановлений на РПП-0,69.

Для керування та захисту електродвигуна лебідки ЗЛП, що встановлена на конвеєрному штреку, приймаємо магнітний пускач ПВИ–63Б.

$660В=660В$; $63A>22,5A$; $32кВт>18,5кВт$.

Визначимо струм установки:

$$I_y \geq 1,25 \cdot 126 = 157,5 A.$$

Приймаємо $I_y = 175 A$.

Перевіряємо чуттєвість струмової установки на спрацювання:

$$\frac{3700,65}{175} = 21,15 > 1,5.$$

Перевіряємо контактор на здібність вимикання:

$$I_{\text{сп.від.}} \geq 1,2 \cdot 4303,08 = 5163,7 A;$$

$$1500 A < 5163,7 A;$$

$$1,2 \cdot 3700,65 = 4440,78 A > I_{\text{сп.від.}} = 1500 A.$$

Захист від струмів к.з. забезпечується автоматичним вимикачем АВ–200ДО, що встановлений на РПП-0,69.

Всі отримані значення по розрахункам струмів уставки та коефіцієнтів чутливості заносимо до таблиці 2.4.

2.7 Перевірка якості роботи захисту від витікання

Так як у нас в підземних мережах застосовується система з ізольованою нейтраллю трансформатора, то необхідна перевірка на стійкість роботи захисту від витікання струму на землю:

$$(1,02 \div 1,05) \sum_{j=1}^n K_{nj} \cdot C_j \cdot L_j \leq C_{\text{дон}} \quad (2.32)$$

де C_j – ємність основної жили j -го кабелю (однієї фази) відносно землі (екрану) при температурі $20\text{ }^{\circ}\text{C}$, мФ/км;

L_j – довжина j -го відрізка кабелю, км;

n – кількість кабелів в мережі, приєднаних до однієї підстанції, $n=2$;

K_{nj} – поправочний коефіцієнт на ємність для кабелів з j -м типом ізоляції в залежності від температури нагріву жил;

C_{don} – гранично припустима ємність мережі, що дорівнює 1 мФ/фазу.

$$1,05 \cdot \left(\begin{aligned} &1,21932 \cdot 0,635 \cdot 0,150 + 1,069 \cdot 0,466 \cdot 0,01 + \\ &+ 1,13502 \cdot 0,466 \cdot 0,35 + 1,069 \cdot 0,466 \cdot 0,12 + \\ &+ 1,069 \cdot 0,466 \cdot 0,35 + 1,069 \cdot 0,466 \cdot 0,06 + \\ &+ 0,4 \cdot 0,365 \cdot 0,04 + 1,069 \cdot 0,466 \cdot 0,07 + \\ &+ 1,069 \cdot 0,466 \cdot 0,06 + 1,0722 \cdot 0,466 \cdot 0,035 + \\ &+ 1,0722 \cdot 0,466 \cdot 0,025 + 1,069 \cdot 0,365 \cdot 0,04 + \\ &+ 1,069 \cdot 0,466 \cdot 0,025 + 2 \cdot 1,069 \cdot 0,345 \cdot 0,03 + \\ &+ 1,069 \cdot 0,365 \cdot 0,035 + 1,069 \cdot 0,365 \cdot 0,05 + \\ &+ 1,069 \cdot 0,466 \cdot 0,05 \end{aligned} \right) = 0,81806 \text{ мФ / фазу} < 1 \text{ мФ / фазу}$$

Таблиця 2.4 – Відомості низьковольтних апаратів видобувної ділянки

Найменування споживача	Фактичний струм, А	Фактична потужність, кВт	Дані вибраного апарата					Коефіцієнт чутливості захисту
			Тип	Номинальний струм, А	Граничний відмикаючий струм, А	Межі уставок, А	Струм уставки, А	
1К101У	120,3	110	КТУ – 4А	250	4000	500 ÷ 1500	700	1,74
СП291	67	65	КТУ – 4А	250	4000	500 ÷ 1500	900	1,36
	67	65						2,57
СП202 (ПТК)	67	65	КТУ – 2А	125	1500	250 ÷ 750	500	6,15
Перевантажувач	14	12	КТУ – 2А	125	1500	250 ÷ 750	250	10,7
СП202 (просік)	67	65	КТУ – 2А	125	1500	250 ÷ 750	500	5,82
СП202 (піч)	66	65	КТУ – 2А	125	1500	250 ÷ 750	500	6,15
СНТ – 32 № 1	69	62	КТУ – 2А	125	1500	250 ÷ 750	500	7,08
СНТ – 32 № 2	69	62	КТУ – 2А	125	1500	250 ÷ 750	500	7,49
ВМ – 6	28,5	27	ПВИ – 63Б	63	1500	125 ÷ 375	250	10,7
ІНН - 250	67	65	ПВИ-250Б	250	4000	500 ÷ 1500	500	10,8
К – 60	18,5	16	ПВИ – 63Б	63	1500	125 ÷ 375	150	21,1
К – 60	18,5	16	ПВИ – 63Б	63	1500	125 ÷ 375	150	21,1
ЗЛП	23,2	19	ПВИ – 63Б	63	1500	125 ÷ 375	175	21,15
ЗЛП	23,2	19	КТУ – 2А	125	1500	250 ÷ 750	250	9,74
ЗОЛС	26,1	23	КТУ – 2А	125	1500	250 ÷ 750	250	9,42
Автоматичний вимикач	296,5		АВ – 315Р	315	20000	800 ÷ 2400	1200	3,7
	59,75		АВ-200ДО	200	17000	400 ÷ 1200	500	14

3 ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ПОВЕРХНЕВИХ ЕЛЕКТРОПРИЙМАЧІВ

3.1 Розрахунок навантаження та вибір потужності трансформаторів головної понижувальної підстанції шахти

Навантаження видобувних, підготовчих, допоміжних ділень, рудникового двору та інших споживачів визначаємо за сумою приєднаних номінальних потужностей електродвигунів та коефіцієнта попиту для даних умов, що розраховуються за формулою:

$$P_j = K_{cj} \cdot \sum_{j=1}^n P_{ном} . \quad (3.1)$$

Реактивна потужність:

$$Q_i = P_i \cdot tg \varphi_i \quad (3.2)$$

де K_{ci} – коефіцієнт попиту.

$P_{нам}$ – номінальна потужність електродвигуна, кВт.

$tg \varphi_\phi$ – коефіцієнт потужності фактичний.

$$tg \varphi_\phi = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \varphi}}{\cos^2 \varphi} . \quad (3.3)$$

Значення розрахунку навантаження та потужності приведені у таблиці

3.1. Визначимо витрати енергії активної та реактивної потужності:

- витрати активної енергії:

$$W_{ai} = P_i \cdot t_i \quad (3.4)$$

де P_i – активна потужність i -ої групи електроприймачів, кВт;

t_i - час i -ої групи двигунів, година.

- витрати реактивної енергії:

$$W_{pi} = Q_i \cdot t_i, \quad (3.5)$$

де Q_i – реактивна потужність i -ої групи електроприймачів, кВАр.

Значення розрахунку приведені у таблиці 3.1.

Підсумовані активні та реактивні потужності по шахті:

$$P_p = \sum_{i=1}^n P_i$$

$$Q_p = \sum_{i=0}^n Q_i$$

$$P_p = \sum_{i=1}^n P_i = \sum_{i=1}^n P_{nos} + \sum_{i=1}^n P_{ni\partial} \quad (3.6)$$

$$P_p = \sum_{i=1}^n P_i = 12254,5 + 11810 = 24064,5 \text{ кВт.}$$

$$Q_p = \sum_{i=1}^n Q = \sum_{i=1}^n Q_{nos} + \sum_{i=1}^n Q_{ni\partial}, \quad (3.7)$$

$$Q_p = \sum_{i=1}^n Q = 11931,6 + 10213,65 = 22145,25 \text{ кВАр.}$$

Визначимо коефіцієнт потужності шахти за умови:

$$\operatorname{tg} \varphi_u = \frac{Q_p}{P_p} \Rightarrow \cos \varphi ,$$

$$\operatorname{tg} \varphi_u = \frac{22145,25}{24064,5} = 0,92 ;$$

$$\cos \varphi_u = \sqrt{\frac{1}{\operatorname{tg}^2 \varphi + 1}} ,$$

$$\cos \varphi_u = \sqrt{\frac{1}{0,92^2 + 1}} = 0,736 .$$

Визначимо розрахункову повну потужність шахти S_p :

$$S_p = \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} , \quad (3.8)$$

$$S_p = \sqrt{24064,5^2 + 22145,25^2} = 32703 \text{кВ} \cdot \text{А} .$$

Визначимо номінальну потужність трансформатора поверхневої підстанції:

$$S_{\text{ном.т.}} = \frac{S_p}{2\beta_{\text{т.дон}}} , \quad (3.9)$$

де $\beta_{\text{т.дон}}$ – коефіцієнт припустимого завантаження, $\beta_{\text{т.дон}}=0,7$.

$$S_{\text{номт.}} = \frac{32703}{2 \cdot 0,7} = 23359,285 \text{кВ} \cdot \text{А} .$$

Таблиця 3.1 – Розрахункові навантаження підземних та поверхневих споживачів

Найменування групи споживачів	Потужність P_n , кВт	Коефіцієнт попиту K_c	Коефіцієнт потужності		Час дії t , год/доб	Розрахункове навантаження		Витрата енергії	
			$\cos \varphi_\phi$	$\tan \varphi_\phi$		P , кВт	Q , кВт·А	W_a , кВт·год	W_p , кВт·А·год
<u>Підземні споживачі</u>									
Очисні дільниці	3100	0,5	0,6	1,33	18	1550	2061,5	27900	37107
Підготовчі дільниці	2100	0,35	0,6	1,33	12	735	977,55	8820	11730,6
Конвесрний транспорт	3400	0,65	0,7	1	18	2210	2210	39780	39780
Підземні машини з канатною відкаткою	1800	0,7	0,7	1	15	1260	1260	18900	18900
Акумуляторні електровози	250	0,8	0,9	0,48	20	200	96	4000	1920
Головний водовідлив	5400	0,8	0,9	0,48	20	4320	2073,6	86400	41472
Приствільний двір	1500	0,65	0,7	1	18	975	975	17550	17550
Інши механізми	800	0,7	0,7	1	12	560	560	6720	6720
Разом:						11810	10213,65	210070	175179,6
<u>Поверхневі споживачі</u>									
Скіповий підйом	6800	0,75	0,7	1	18	5100	5100	91800	91800
Клітьовий підйом	2000	0,75	0,7	1	18	1500	1500	27000	27000
Вентиляторні установки	4000	0,7	0,7	1	24	2800	2800	67200	67200
Компресори	2000	0,8	0,75	0,88	18	1600	1408	28800	25344
Котельня	250	0,75	0,75	0,88	10	187,5	165	1875	1650
Механічні майстерні	100	0,7	0,75	0,88	12	70	61,6	840	739,2
Калорифери	300	0,65	0,7	1	24	195	195	4680	4680
АБК	70	0,6	0,7	1	10	42	42	420	420
Освітлення	100	1	1	0	12	100		1200	
Технологічний комплекс	1100	0,6	0,7	1	24	660	660	15840	15840
Разом:						12254,5	11931,6	239655	234673,2

Обираємо два двохобмоточних силових трансформатора ТРДН-25000/110-79У1 (обидва знаходяться в робочому стані, але з коефіцієнтом завантаження не більше 0,7) з технічними характеристиками:

- номінальна потужність $S_{ном} = 25000 \text{кВА}$;

- номінальна напруга обмоток:

з високого боку $U_{вн} = 110 \text{кВ}$;

з низького боку $U_{нн} = 6,6 \text{кВ}$;

- втрати:

при холостому ході $P_{хх} = 28 \text{кВт}$;

при короткому замиканні $P_{к.з.} = 140 \text{кВт}$;

- напруга к.з. $U_{к.з.} = 17\%$;

- струм х.х. $I_{ном} = 3,5\%$.

Підземне та поверхнєве навантаження у даному випадку не рівні за величиною, тобто поверхнєве навантаження більше підземного ($P_{нов.} > P_{гсл}$). Для зрівняння навантаження на розчепленні обмотки трансформатора частину поверхнєвого навантаження, що живиться кабелями, приєднуємо на обмотку трансформатора для підземного навантаження та його величину визначаємо за формулою:

$$P_{гп} = 0,5 \left(P_{нов.} - \frac{\cos \varphi_{нов.}}{\cos \varphi_{нід.}} \cdot P_{нід} \right), \quad (3.10)$$

де $P_{нов.}, P_{нід}$ – відповідно навантаження поверхнєвої та підземної мережі, кВт. $P_{нов.} = 12254,5 \text{кВт}$; $P_{нід} = 11810 \text{кВт}$.

$\cos \varphi_{нов.}, \cos \varphi_{нід.}$ – відповідно коефіцієнти потужності поверхнєвої і підземної мережі.

Коефіцієнти потужності поверхнєвих споживачів визначаємо з умови:

$$\operatorname{tg} \varphi = \frac{Q_p}{P_p} \Rightarrow \cos \varphi ,$$

$$\operatorname{tg} \varphi_{нов} = \frac{11931,6}{12254,5} = 0,974 ;$$

$$\cos \varphi_{нов} = \sqrt{\frac{1}{0,974^2 + 1}} = 0,716 .$$

Коефіцієнт потужності підземних споживачів:

$$\operatorname{tg} \varphi_{нід} = \frac{10213,65}{11810} = 0,865 ;$$

$$\cos \varphi_{нід} = \sqrt{\frac{1}{0,865^2 + 1}} = 0,756 ;$$

$$P_{np} = 0,5 \cdot \left(12254,5 - \frac{0,716}{0,756} \cdot 11810 \right) = 534,68 \text{ кВт} .$$

3.2 Вибір ствольових кабелів

За правилами безпеки (ПБ) [5] забороняється для підземних умов застосування кільцевих схем електропостачання. Для зниження струмів к.з. в підземних мережах трансформатори ГПП приєднують розподілено до шин ЦПП, а це значить, що на ЦПП з поверхні два вводу.

Струм на один увід:

$$I_{yвїд} = \frac{P_{нід}}{2\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi_{нід}} , \quad (3.11)$$

$$I_{yvid} = \frac{11810 \cdot 10^3}{2\sqrt{3} \cdot 6000 \cdot 0,756} = 751,6 A.$$

Стволові кабелі вибирають за тривалим припустимим струмом нагріву:

$$K_{\delta o} \cdot I_{\delta n.} \geq I_{yvid} / n, \quad (3.12)$$

де $I_{\delta n}$ – тривалий струм навантаження кабелю, А.

$K_{\delta o}$ – температурний коефіцієнт, при $t = 20^\circ C$, $K_{\delta o} = 1,06$.

n – кількість кабелів.

$$1,06 \cdot 250 > 751,6 / 4;$$

$$265 A > 187,9 A.$$

Приймаємо 3 кабелі *СБн–6* – з перерізом жил $S=120\text{мм}^2$ на один увід.
Другий увід – $n=3$, тип кабелю *СБн–6* з перерізом жил $S=120\text{ мм}^2$.

Силові кабелі перевіряємо за припустимою втратою напруги на ділянці від ГПП до ЦПП, яка не повинна перевищувати 5% від напруги U_* – мережі в холостому режимі.

Втрата напруги на цій ділянці визначаємо за формулою:

$$\Delta U\% = \frac{50 \cdot P_{nid}}{n \cdot U^2} \cdot R_{cm} \cdot L_{cn} \cdot K \leq 5\% \quad (3.13)$$

де R_{cm} – питомий опір ствольового кабелю, $R_{cm}=0,153\text{Ом/км}$;

L_{cm} – довжина ствольового кабелю, $L_{cm}=1,340\text{км}$;

K – параметричний коефіцієнт мережі;

n – кількість кабелів, $n=4$.

$$K = 1 + tg\varphi \cdot tg\varphi_m, \quad (3.14)$$

де $tg\varphi$ – коефіцієнт реактивного навантаження:

$$tg\varphi = \frac{Q_{n\partial}}{P_{n\partial}};$$

$tg\varphi_m$ – коефіцієнт реактивної потужності ділянки ГПП-ЦПП:

$$tg\varphi_m = \frac{X_{cm} \cdot L_{cm} + X_{mp}}{R_{cm} \cdot L_{cm}}, \quad (3.15)$$

де X_{cm} – індуктивний опір стоволового кабелю, $X_{cm} = 0,076$ Ом/км;

X_{mp} – реактивний опір трансформатора з розчепленою обмоткою,
Ом:

$$X_{mp} = \frac{U_{к.з.} \% \cdot U^2}{100 \cdot S_{нт} \cdot 2}, \quad (3.16)$$

$$X_{mp} = \frac{17 \cdot (6,6 \cdot 10^3)^2}{100 \cdot 25 \cdot 10^6 \cdot 2} = 0,148 \text{ Ом}$$

$$tg\varphi_m = \frac{0,076 \cdot 1,34 + 0,148}{0,153 \cdot 1,34} = 1,219,$$

$$\Delta U \% = \frac{50 \cdot 11810 \cdot 10^3}{4 \cdot (6 \cdot 10^3)^2} \cdot 0,153 \cdot 1,34 \cdot (1 + 0,865 \cdot 1,219) = 0,89\%.$$

$$0,89\% < 5\%.$$

Тобто прийняті ствольні кабелі задовольняють вимогам.

3.3 Вибір реакторів для обмеження потужності короткого замкнення

Для підземних споживачів потужність короткого замикання не повинна перевищувати 100МВА [5]. Це обумовлено технічними характеристиками високовольтних комплектних розподільних пристроїв типу КРУВ, які застосовують на ЦПП.

Визначимо опір реактора:

$$X_p \geq \sqrt{\frac{U_o}{10^{16}} - \left(\frac{R_{cm}}{n} \cdot L_{cm}\right)^2} - X_{mp} - \frac{X_{cm}}{n} \cdot L_{cm}, \quad (3.17)$$

де X_{mp} – реактивний опір двохобмоточного трансформатора з розщепленою обмоткою, Ом.

$$X_p \geq \sqrt{\frac{6000^4}{10^{16}} - \left(\frac{0,153}{4} \cdot 1,34\right)^2} - 0,148 - \frac{0,076}{4} \cdot 1,34,$$

$$X_p \geq 0,189 \text{ Ом}.$$

Вибираємо реактор за номінальним струмом $I=751,6\text{А}$ та опором $X_p \geq 0,189 \text{ Ом}$. Приймаємо реактор РБГ10-1000-0,35 з технічними характеристиками:

- номінальний індуктивний опір $X_{ном}, \text{Ом}$ 0,35;
- номінальні витрати на фазу $\Delta P_{ном.ф.}, \text{кВт}$ 5,9;
- тривало припустимий струм при природному охолодженні $I_{ном}, \text{А}$ 1000;
- динамічна стійкість, кА 37.

3.4 Вибір високовольтних комплектних розподільних пристроїв та уставок спрацювання їх максимального захисту

Визначимо струм з високої сторони трансформатора:

$$I_{\epsilon} = \frac{I_{\phi.HH.}}{K_T}, \quad (3.18)$$

де $I_{\phi.HH.}$ – струм з низької сторони ТСВП – 630/6, тобто у магістральному кабелі, $I_{\phi.HH.}=712,5A$.

K_T – коефіцієнт трансформації.

$$K_T = \frac{U_{BH}}{U_{HH}} = \frac{6000}{660} = 9,09.$$

$$I_{\epsilon} = \frac{712,5}{9,09} = 78,4A.$$

Приймаємо високовольтний комплектний розподільний пристрій типу КРУВ-6/100 (шафа приєднань, що входить) на номінальний струм: $I_{H.KPY} = 100A$. Тобто фактичний струм не перевищує номінальний:

$$I_{\epsilon} = 78,4A < I_{H.KPY} = 100A.$$

Визначимо струм к.з. на ЦПП (гор.622м):

$$I_{\kappa.з.ЦПП}^{(3)} = \frac{U_0}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{R_{\kappa.o.}}{n} \cdot L_{cm.}\right)^2 + \left(X_{mp} + \frac{X_{\kappa.o.}}{n} \cdot L_{\kappa.o.} + X_{p.}\right)^2}} \quad (3.19)$$

$$I_{\kappa.з.ЦПП}^{(3)} = \frac{6,6 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot \sqrt{\left(\frac{0,153}{4} \cdot 1,34\right)^2 + \left(0,148 + \frac{0,076}{4} \cdot 1,34 + 0,35\right)^2}} = 7253 A.$$

Потужність к.з. складає:

$$S_{\kappa.з.ЦПП}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot U_0 \cdot I_{\kappa.з.ЦПП}^{(3)} = \sqrt{3} \cdot 6,6 \cdot 10^3 \cdot 7253 = 82,8 MB \cdot A.$$

Струм двофазного к.з.:

$$I_{\kappa.з.ЦПП}^{(2)} = 0,86 \cdot I_{\kappa.з.ЦПП}^{(3)} = 0,86 \cdot 7253 = 6237,58 A.$$

Визначимо струм к.з. на РПП-6, від якого живиться видобувна ділянка. Від ЦПП до РПП-6 прокладений кабель СБн-6 3×120 довжиною L=1970м з параметрами :

- активний опір кабелю $R_{\kappa.о.}=0,153 \text{ Ом/км};$
- реактивний опір кабелю $X_{\kappa.о.}=0,076 \text{ Ом/км};$
- повний опір кабелю $Z_{\kappa.о.}=0,17 \text{ Ом/км}.$

Струм к.з. на шинах РПП-6:

$$I_{\kappa.з.РПП}^{(3)} = \frac{I_{\kappa.з.ЦПП}^{(3)}}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot Z_{\kappa.о.} \cdot L \cdot I_{\kappa.з.ЦПП}^{(3)}}{U_H}}; \quad (3.20)$$

$$I_{\kappa.з.РПП}^{(3)} = \frac{7253}{1 + \frac{\sqrt{3} \cdot 0,17 \cdot 1,97 \cdot 7253}{6000}} = 4263,5 A.$$

Визначимо уставку КРУВ (шафа приєднань, що відходять), що встановлена на РПП-6, та від якого живиться наша ділянка.

Струм уставки КРУВ:

$$I_y = \frac{1,2-1,4}{K_m} \cdot (I_{\text{пуск}} + \sum I_n) \quad (3.21)$$

$$I_y = \frac{1,2-1,4}{9,09} \cdot (485 + 593,5) = (142,4 - 166,1)A.$$

Приймаємо струм уставки (для шафи приєднань, що відходять):
 $I_y = 200A$. Коефіцієнт чутливості захисту:

$$K_q = \frac{I_{\text{к.з.ЛМПП}}^{(2)}}{I_y \cdot K_T}$$

$$K_q = \frac{0,86 \cdot 9304,56}{200 \cdot 9,09} = 4,4 > 2$$

Для високовольтних комплектних розподільних пристроїв (КРУ), що встановлені на живлячих лініях РПП-6 (ЦПП) значення коефіцієнту захисту повинно бути не менш 2. В нашому випадку $4,4 > 2$, тобто умова виконується: КРУ вимкне лінію навіть при двофазному к.з.

3.5 Визначення витрати та вартості електроенергії

Визначимо витрати електроенергії за добу на шахті:

$$W_o = W_{a.no\alpha} + W_{a.ni\delta}, \quad (3.22)$$

де $W_{a.no\alpha}, W_{a.ni\delta}$ – відповідно витрати активної енергії поверхневих і підземних споживачів, $kB \cdot год$.

$$W_o = 239655 + 210070 = 449725 kB \cdot год.$$

Визначення витрати енергії за місяць:

$$W_m = T \cdot W_d, \quad (3.23)$$

де T – кількість робочих днів, $T=25$ днів.

$$W_m = 25 \cdot 449725 = 11243125 \text{ кВ} \cdot \text{місяць}$$

Визначимо вартість енергії:

$$C = b \cdot W_a, \quad (3.24)$$

де b – плата за 1кВт, $b=1,56$ грн/кВт·год,

W_a – активна енергія шахти, що споживається за розрахунковий період, кВт·год.

$$C = 1,56 \cdot 449725 = 701511 \text{ грн.}$$

4 ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

В усіх місцях технологічного ланцюга [5], де присутнє електрообладнання і є можливість травматизму людей необхідно обов'язково передбачити заходи забезпечення безпеки його експлуатації. Захист людей від ураження електричним струмом здійснюється застосуванням захисного заземлення, а в підземних електроустановках також і апаратами від витікання струму у вибухобезпечному виконанні, можливе також застосування захисту від однофазних замикань на землю.

Взагалі, безпечність використання електроенергії на вугільних шахтах (попередження вибухів, пожегів та враження людей струмом) досягається:

- застосуванням спеціально сконструйованого рудничного електрообладнання та спеціальних шахтних кабелів;
- дотриманням правил, виконання яких виключає можливість псування електрообладнання і кабелів під впливом зовнішніх факторів і їх роботу в режимі, на який вони не розраховані;
- захисним відключенням при втраті електрообладнанням та кабелями своїх безпечних ознак (витік струму на землю, К.З. і т.п.) або виникнення небезпек іншого виду (порушення провітрювання, поява небезпечної концентрації метану та інше);
- застосуванням комплексу заходів проти появи у місцях знаходження електрообладнання вибухонебезпечної атмосфери і паливних матеріалів, а також проти ураження людей електричним струмом.
- шахтні електроустановки на поверхні повинні відповідати вимогам «Правил влаштування електроустановок», «Правил експлуатації електроустановок споживачів» та «Правил технічної експлуатації обладнання на вугільних і сланцевих шахтах».

Заземленню підлягають [5] металеві частини електромеханічних пристроїв, що не перебувають під напругою при нормальному режимі

роботи, але при аварійному режимі можуть бути під напругою (наприклад, при порушенні ізоляційного покриття). На шахті «Центральна» для захисту від статичної напруги також заземлюються вентиляційні стави. Загальношахтна мережа заземлення утворюється шляхом послідовного з'єднання між собою всіх металевих оболонок та заземлюючих жил кабелів, незалежно від величини напруги. Вся ця мережа заземлення приєднується до головних та місцевих заземлень.

ВИСНОВОК

Дана робота свідчить про те, що електропостачання на гірничих підприємствах є одним з найважливіших питань, яке повинні вміти вирішувати гірничі інженери, особливо електромеханіки. Електрообладнання поряд з тим, що дає багато зручностей при виконанні тих чи інших технологічних операцій, при керуванні цими процесами – вимагає до себе пристальної уваги, та обережного ставлення.

Розроблені науковцями методи розрахунку шахтних мереж надали нам потужний апарат для користування, застосовуючи який можна досягти таких техніко-економічних показників роботи якоїсь ділянки окремо, чи шахти взагалі, що дасть змогу якнайповніше використовувати підведену енергію, розумно витрачати кошти, що до питань витрат на електроенергію, і як результат підтримувати стабільне функціонування підприємства.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- 1 Электрооборудование и электроснабжение горных предприятий: Учебник для техникумов. - 2-е изд. перераб. и доп./ Медведев Г.Д - М.: Недра, 1988. - 356с.: ил.
- 2 Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт/ В.Ф. Антонов, Ш.Ш. Ахмедов, С.А. Волотковский и др. Под общей ред. В.В. Дегтярева, В.И. Серова, Г.Ю. Цепелинского - М.: Недра, 1988. - 727с.: ил..
- 3 Электрификация горных работ под редакцией Г.Г.Пивняка. М., Недра, 1992.
- 4 Справочник по электроустановкам угольных предприятий. Электроустановки угольных шахт/ В.Ф. Антонов, Ш.Ш. Ахмедов, С.А. Волотковский и др. Под общей ред. В.В. Дегтярева, В.И. Серова, Г.Ю. Цепелинского - М.: Недра, 1988. - 727с.: ил.
- 5 Правила безопасности на угольных и сланцевых шахтах, Киев, 1997г.
- 6 Разумный Ю.Т., Шкрабец Ф.П. Повышение эффективности электроснабжения угольных шахт. – К.: Техніка, 1986. – 136с.