

Міністерство освіти і науки України

Криворізький національний університет

Електротехнічний факультет

Пояснювальна записка

**до кваліфікаційної роботи бакалавра
за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

ТЕМА РОБОТИ:

**Модернізація систем електропостачання залізорудної шахти з
економічним обґрунтуванням методів вибору перерізу кабелів на
прикладі ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»**

Виконав: студент групи ЗЕЕМ-21

Віталій СКОВОРОДКО

Керівник випускної роботи _____ д.е.н., проф. Тетяна БЕРІДЗЕ

Нормо контролер _____ д.е.н., проф. Тетяна БЕРІДЗЕ

Декан ЕТФ _____ к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____ к.т.н., доц. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Ріг 2025 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

СКОВОРОДКО Віталій Вікторович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Модернізація систем електропостачання залізорудної шахти з економічним обґрунтуванням методів вибору перерізу кабелів на прикладі

ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»

1. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є модернізація систем електропостачання залізорудної шахти з економічним обґрунтуванням методів вибору перерізу кабелів на прикладі ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг».
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Аналіз системи електропостачання залізорудної шахти; II. Загальна характеристика децентралізованих систем керування стаціонарними установками залізорудної шахти; III. Модернізація систем електропостачання залізорудної шахти з економічним обґрунтуванням методів вибору перерізу кабелів.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Структура електропостачання шахти; II. Схема підземних кабельних мереж; III. Модернізація кабельних ліній.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Тетяна БЕРІДЗЕ		
II	Тетяна БЕРІДЗЕ		
III	Тетяна БЕРІДЗЕ		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Загальні відомості про систему електропостачання	15.05.25
2	Структура електропостачання шахти	17.05.25
3	Підрахунок енергетичних навантажень	19.05.25
4	Схема підземних кабельних мереж	21.05.25
5	Характеристика децентралізованих систем керування	24.05.25
6	Модернізація систем електропостачання	26.05.25
7	Варіативність ефективності використання кабелів	31.05.25
8	Характеристика трансформаторних підстанцій	04.05.25
9	Вибір і обґрунтування схеми електропостачання	10.06.25
10	Модернізація кабельних ліній	14.06.25

Дата видання завдання 12.05.2025 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Віталій СКОВОРОДКО
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тетяна БЕРІДЗЕ
(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускової атестаційної роботи бакалавра на тему: «Модернізація систем електропостачання залізорудної шахти з економічним обґрунтуванням методів вибору перерізу кабелів на прикладі ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг»

53 с., 4 рис., 15 літературних джерел

У роботі розглянуто існуючий стан електропостачання шахти, проведено аналіз технічних характеристик елементів системи, виявлено основні недоліки та розроблено пропозиції щодо їх усунення. Особливу увагу приділено вибору оптимального перерізу кабельних ліній з урахуванням техніко-економічних показників, що дозволяє забезпечити надійність електропостачання, зменшити втрати електроенергії та знизити витрати на експлуатацію електричних мереж.

У вступі — викладено актуальність теми, обґрунтовано необхідність аналізу та модернізації систем електропостачання залізорудних шахт. Сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження. Описано основні методи дослідження, які включають аналіз існуючих систем, розрахунок економічно доцільних параметрів кабельних ліній та моделювання енергетичних процесів. Наведено практичне значення роботи, яке полягає у підвищенні енергоефективності та надійності електропостачання шахти шляхом оптимізації вибору кабелів.

У першому розділі — проведено аналіз системи електропостачання залізорудної шахти. Оцінено існуючі схеми живлення, визначено основні споживачі електроенергії, виявлено недоліки в організації електропостачання та запропоновано напрямки для удосконалення енергетичної інфраструктури.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У другому розділі — розглянуто можливості застосування децентралізованих систем керування енергоспоживанням шахти. Проаналізовано сучасні технології автоматизації енергозабезпечення, їх вплив на надійність і ефективність роботи шахтних об'єктів. Запропоновано шляхи інтеграції автоматизованих систем у діючу структуру електропостачання.

У третьому розділі — проведено аналіз та оптимізацію вибору кабельних ліній. Розраховано економічно доцільний переріз кабелів із врахуванням технічних та фінансових критеріїв. Запропоновано варіанти технічної модернізації кабельних мереж, що дозволяють зменшити втрати електроенергії та витрати на обслуговування

ЗАЛІЗОРУДНА ШАХТА, ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ,
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ, КАБЕЛЬНІ ЛІНІЇ, ОПТИМІЗАЦІЯ
ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Аналіз системи електропостачання залізорудної шахти	9
1.1. Загальні відомості про систему електропостачання залізорудної шахти	9
1.2. Підрахунок енергетичних навантажень і визначення кількості та потужності підстанцій для енергопостачання шахти.....	12
Розділ 2. Загальна характеристика децентралізованих систем керування стаціонарними установками залізорудної шахти	21
Розділ 3. Модернізація систем електропостачання залізорудної шахти з економічним обґрунтуванням методів вибору перерізу кабелів	35
3.1. Варіативність ефективності використання кабелів у внутрішніх розподільчих мережах систем енергозабезпечення підземних рудників з видобутку залізної руди.....	35
3.2. Характеристика підземних трансформаторних підстанцій	46
3.3. Вибір і обґрунтування схеми електропостачання шахти залежно від ступеня безперебійності електроживлення, споживачі віднесені до різних категорій.....	48
Висновки	50
Список використаних джерел	52

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вступ

Електропостачання є одним із ключових факторів стабільного функціонування промислових підприємств, особливо в енергоємних галузях, таких як гірничодобувна промисловість. Залізорудні шахти потребують безперебійного та ефективного енергозабезпечення, оскільки більшість технологічних процесів, що відбуваються під землею, залежать від електроенергії. Від надійності електропостачальної системи залежить стабільність роботи шахтного обладнання, а також рівень безпеки працівників.

В умовах сучасної промисловості, де значну увагу приділяють енергозбереженню та оптимізації витрат, особливу важливість має правильний вибір та модернізація кабельних ліній. Від перерізу та конструктивних характеристик кабельних ліній залежить рівень втрат електроенергії, термін експлуатації обладнання, ризики аварійних ситуацій та загальні експлуатаційні витрати підприємства. Оскільки електроенергія є однією з головних статей витрат у металургійній і гірничодобувній галузях, питання підвищення ефективності її використання є надзвичайно актуальним.

Серед основних проблем, що виникають у системах електропостачання залізорудних шахт, можна виділити:

1. Високі втрати електроенергії в кабельних лініях – нераціональний вибір перерізу проводів призводить до значних енергетичних втрат, що впливає на ефективність роботи шахтного обладнання.
2. Перевантаження електромереж – недостатня пропускна спроможність існуючих кабельних ліній може спричинити аварійні відключення або передчасний вихід з ладу обладнання.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Застарілі кабельні лінії – багато шахт використовують кабельну інфраструктуру, яка була прокладена кілька десятиліть тому та не відповідає сучасним вимогам енергоефективності.

4. Високі експлуатаційні витрати – неефективна система електропостачання збільшує загальні витрати підприємства, що негативно впливає на економічні показники.

З огляду на це, підприємство ПАТ «Арселор Міттал Кривий Ріг», яке є одним із найбільших виробників сталі та залізорудної продукції в Україні, активно працює над підвищенням ефективності своїх виробничих процесів. Система електропостачання шахт цього підприємства має значний вплив на загальну продуктивність та економічну ефективність виробництва, а тому вимагає ретельного аналізу та модернізації.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Аналіз системи електропостачання залізорудної шахти

1.1. Загальні відомості про систему електропостачання залізорудної шахти

Енергопостачання споживачів шахти передбачається від підстанції 330/154/10,5 кВ через підстанцію 154/35/6 кВ.

Відповідно до технічних характеристик енергообладнання, у проєкті застосовуються такі напруги трифазного змінного струму:

- а) для розподілу енергії на території рудників – 6 кВ;
- б) для живлення високовольтих електродвигунів – 6 кВ;
- в) для живлення силових приймачів наземного розташування в підземних виробках (система з ізольованою нейтраллю) – 0,38 кВ;
- г) для шахтних силових приймачів низької напруги на поверхні – 0,38/0,23 кВ (система з глухозаземленою нейтраллю трансформаторів);
- д) для шахтного освітлення в підземних виробках – 0,127 кВ;
- е) для штатного освітлення в будівлях на території промислового майданчика – 0,38/0,22 кВ (система з глухозаземленою нейтраллю трансформаторів);
- ж) напруга постійного струму контактної мережі в підземних виробках – 25 кВ.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата							
Розробив		СковородкоВВ			Розділ 1			Лім.	Лист	Листів	
Перевірів		Берідзе Т.М.								9	12
Реценз.								КНУ ЗЕЕМ-21			
Н. Контр.		Берідзе Т.М.									
Затвердив		ПересунькоІ.І.									

Освітлення підземних виробок.

Освітлення підземних виробок здійснюється відповідно до вимог «Єдиних правил безпеки при розробці рудних, нерудних і розсипних родовищ підземним способом».

Напруга стаціонарної освітлювальної мережі прийнята:

у руддворі, на поверхневих тягачах і шахтних кранах – 127 В;

на підповерххах – 36 В.

Шахтні світильники прийняті типів РН-100, РН-60.

Освітлювальна мережа виконується гнучким кабелем, підвід штатних ліній до освітлювальних трансформаторів – броньованим кабелем.

Живлення освітлення здійснюється від магістральної освітлювальної мережі 380 В через шахтні освітлювальні трансформатори 380/133 В і 380/36 В.

Розрахунок освітлення виконується точковим методом і наведений у таблиці.

Внутрішнє освітлення.

Встановлена потужність освітлення в будівлях і спорудах підрахована за питомим споживанням Вт/м².

Освітлювальна арматура переважно прийнята типів «Універсам», «РН-200», «Глибоковипромінювач», «Куля».

Внутрішня освітлювальна мережа в виробничих приміщеннях виконується переважно кабелем АНРГ.

Освітлювальні групові щитки встановлюються у місцях, зручних для обслуговування, з урахуванням рівномірного розподілу навантаження по групах.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зовнішнє освітлення.

Встановлена потужність зовнішнього освітлення прийнята з розрахунку освітленості доріг і проїздів 1–2 люкси.

Для освітлення доріг і проїздів використовуються світильники зовнішнього освітлення з лампами потужністю 150 Вт, розміщені в один ряд з прольотом 25–35 м та висотою підвісу на опорах 6–7 метрів.

Мережа зовнішнього освітлення виконується голими алюмінієвими проводами на залізобетонних опорах, спільних із мережею внутрішнього освітлення та зовнішньою силовою фідерною мережею.

Управління зовнішнім освітленням здійснюється дистанційно.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Підрахунок енергетичних навантажень і визначення кількості та потужності підстанцій для енергопостачання шахти

Сучасні шахти оснащені різноманітними гірничими машинами та механізмами. Тому визначення розрахункового навантаження під час вибору трансформаторів для підстанцій, вибору та розрахунку електричних апаратів і енергетичних мереж тощо є відповідальним завданням.

Недооцінка розрахункового навантаження, з одного боку, призводить до швидкого зносу елементів електроустановок, перегріву апаратури та мереж до надмірних температур і викликає значні втрати енергії. З іншого боку, переоцінка розрахункового навантаження пов'язана з неприпустимими перевитратами як капітальних, так і експлуатаційних витрат.

За відносно постійним і рівномірним графіком навантажень розрахункові навантаження визначають методом коефіцієнта попиту.

Розрахункова потужність трансформатора.

$$S_p = K_{ct} \sqrt{P_p^2 + Q_p^2} \text{ кВа}$$

Где $K_{ct}=0,1 - 0,95$ коефіцієнт зміщення максимуму навантаження.

$$P_p = \Sigma P_n * K_c \text{ кВт}$$

ΣP_n — сумарна встановлена потужність однотипного обладнання,

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$K_c = 0,3-0,8$ коефіцієнт попиту.

$$Q_p = P_p \cdot \operatorname{tg} \varphi \quad \operatorname{tg} \varphi = \frac{Q}{P}$$

Розрахунок мережі постійного струму.

Для контактної мережі приймаємо мідний провід ТФ-100 – по основним остаточним вироботкам, та ТФ-65 – по портам- заїздам.

Допустима щільність струму -2 а/мм^2 тоді уякості живлення приймаємо кабель АСБ 3 х 95.

Згідно ПУЕ, допустиме падіння напруги з умови допустимого рівня напруги на двигунах 275В складає 15%.

$$\Delta U_{\text{доп}} = 0,15 \cdot 275 = 41,25 \text{ В}$$

Основні елементи контактної мережі:

1. Переріз контактного проводу $q_n = 100$
2. Живлення рейок Р-33
3. Перетин живильного кабелю 3 х 95
4. Перетин відсмоктуючого кабелю 3 х 95

Опір 1 км живильного проводу

$$r_k = \frac{17,5}{0,85 \cdot q_n} = 0,2 \text{ Ом}$$

Опір 1 км рельсового шляху

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Підрахунок електричних навантажень та визначення потужності підстанції 154/35/6 "Артем ЦРП"																	
Найменування споживачів електричної енергії	Число встановлених электроприймачів			Встановлена потужність, кВт		Коеф. Попиту	Коеф.	Споживана потужність на шинах Н.Н. підстанцій			Кількість і потужність вибраних трансфор- маторів	Споживана потужність на шинах В.Н. підстанцій			Коефіцієнт потужності на шинах В.Н. підстанцій		
	Працююч их	Резерв	Всього	Единицы	общая			Активна кВт.	Реактивн ая, квар	Наванта жувальн		Акт, кВт	Реактивн ая, квар	нагружа ющая,			
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Навантаження ЗРУ-ВНВ підстанції шахти "Артем"												12800	-3520				
Житлове селище												8000					
Підстанція шахти "Південна" — вентиляційна												3886	984				
Підстанція 475 гор. ім. Артема												2700	1200				
Навантаження при відпрацюванні гор. 700 м												4250	2420				
												1800	850				
КСЦВ	6	3	9	3500	21000	0,8	0,9					16800	8150				
Трансформатор власних потреб						0,615	0,72				2*630	775	750				
Підстанція ім. Кірова	2	-	2	1600	3200	0,8	0,9					2560	1240				
Власні нужди						0,35	0,86					283	164				
Підстанція каналізаційної насосної												560	400				
												1280	-795				
Всього												55700	-6837	56100	0,992		
Підрахунок електричних навантажень та визначення потужності підстанції 154/35/6 "Артем ЦРП"																	
Найменування споживачів електричної енергії	Число встановлених электроприймачів			Встановлена потужність, кВт		Коеф. Попиту	Коеф.	Споживана потужність на шинах Н.Н. підстанцій			Кількість і потужність вибраних трансфор- маторів	Споживана потужність на шинах В.Н. підстанцій			Коефіцієнт потужності на шинах В.Н. підстанцій		
	Працююч их	Резерв	Всього	Единицы	общая			Активна кВт.	Реактивн ая, квар	Наванта жувальн		Акт, кВт	Реактивн ая, квар	нагружа ющая,			
2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Навантаження ЗРУ-ВНВ підстанції шахти "Артем"												12800	-3520				
Житлове селище												8000					
Підстанція шахти "Південна" — вентиляційна												3886	984				
Підстанція 475 гор. ім. Артема												2700	1200				
Навантаження при відпрацюванні гор. 700 м												4250	2420				
												1800	850				
КСЦВ	6	3	9	3500	21000	0,8	0,9					16800	8150				
Трансформатор власних потреб						0,615	0,72				2*630	775	750				
Підстанція ім. Кірова	2	-	2	1600	3200	0,8	0,9					2560	1240				
Власні нужди						0,35	0,86					283	164				
Підстанція каналізаційної насосної												560	400				
												1280	-795				
Навантаження на шинах 6 кВ з урахуванням Ко = 0,9												50150	-6230	50500	0,992		
Навантаження на шинах 154 кВ, з урахуванням втрат у трансформаторах складе												50153	-5600	51400	9,994		
Навантаження ЗРУ-35/6 кВ / А/ст 35 кВ "Кірова- Северная"												18260	-1400	18350			
Підстанція 35/6 кВ "Південна"												20500	7500	21600			
Всього												38760	6100	39200	0,986		
Навантаження на шинах 35 кВ з урахуванням Ко = 0,9												34884	5500	35200	0,988		
Навантаження на шинах 154 кВ з урахуванням втрат у трансформаторах												35510	6050	36000	0,985		
Всього												86663	450	86670	0,99		
Навантаження на шинах 154 кВ з урахуванням Ко = 0,9												78000	410	78020	0,99		
Всього												55700	-6837	56100	0,992		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02												Арк.
																	15

Навантаження 0,4 кВ																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Навантаження 0,4 кВ при 30% роботі механізмів шахти ім. Кирова гор. 625 м									530	545	750						
Навантаження 0,4 кВ при 30% роботі механізмів шахти №1 ім. Кирова гор. 625 м									530	545	750						
Навантаження електровазної відкатки при 30% навантаження шахти №1 ім. Артема									880	420	980						
Інші навантаження 0,4 кВ, гор. 625 м (навантаження підземного бункера, освітлення)									180	160	240						
Всього									2120	1670	2720						
З урахуванням коефіцієнта співпадіння максимуму 0,8 та коефіцієнта втрат у мережах $k = 1,05$.													1790	1400	2300		
Навантаження 6 кВ ЦПП гор. 625 м. При введенні в експлуатацію гор. 700 м.																	
Навантаження підстанцій по шахті №8													320	255			
Навантаження підстанцій рудного двору гор. 700 м шахти №1 ім. Артема													176	112			
Навантаження кругової підстанції шахти ім. Кирова, гор. 700 м													1170	580			
Всього													3458	2347	4200		
З урахуванням коефіцієнта співпадіння максимуму 0,8													2780	1870	3250		

Підземні підстанції					
Перелік трансформаторних підстанцій з указанням місцезнаходження та кількості встановлених в них трансформаторів наведений у нижчезазначеній таблиці.					
№	Назва підстанцій	Кількість потужностей трансформаторів у підстанціях	Кількість підстанцій	Сумарна потужність трансформаторів	
1	Тягова підстанція шахти	3*180	1	340	Гор. 700м
2	Підстанція рудного двору гор. 700 м.	2*230	1	640	Руддвор гор. 700 м.
3	ЦПП, суміщена з тягогою, гор. 775 м.	2*320 / 2*180	1	1000	Гор 775м
4	Участкові підстанції №1-3 гор. 700 м.	2*320	3	1920	
5	Підстанція при шахті №8	1*180	1	180	
6	Підстанція при рудному дворі №9	2*180	1	360	
Итого			8	4640	

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перелік електричних навантажень та визначення потужності підстанцій гор. 625 м і 700 м шахти №1 ім. Артема																		
		Число встановлених електроприймачів			Встановлена потужність		испр.	Номиналь на потужні сть	Споживана потужність на шинах Н.Н підстанцій				Споживана потужність на шинах В.Н. підстанцій			Кількість потужно стей на шинах В.Н.		
		Раб.	Рез.	Всего	Един.	Общая			Акт. кВт	Реакт. Квар								
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
1	підрахунок електричних навантажень та визначення потужності підстанцій рудного двору гор. 775 м шахти №1 ім. Артема. Допоміжний водовідлив гор. 775 м	1	1	2	2,8	5,6	0,8	0,75	4,5	3,4								
2	Механообладнання околоствольного двору гор. 775 м / ствольні двері	4	-	4	1	4	0,6	0,8	2,4	1,8								
	Кулаки присадочні	2	-	2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,24	0,18								
	Лєбідка манєврова	2	-	2	6	12	0,6	0,8	7,2	5,4								
3	Освітлення рудного двору гор. 775 м								7									
	Всього з урахуванням коефіцієнта співпадіння								21,4 18,3	10,8 9,2	20,5							
4	Зовнішні 0,4 кВ рудного двору 700 м шахти ім. Артема Привід силових дверей	4		4	1	4	0,6	0,8	2,4	1,8								
5		2		2	6	12	0,6	0,8	7,2	5,4								
6		2		2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,24	0,18								
7	Допоміжний водовідлив гор. 700м	1	1	2	2,8	5,6	0,8	0,75	4,5	3,4								
8	Освітлення								7									
9	Камера очікування								10									
10	Всього								31,4	10,8								
3	З урахуванням коефіцієнта співпадіння максимуму 0,85								27,2	9,2	29,5							
11	Навантаження 0,4 кВ рудного двору гор. 865 м шахти ім. Артема Допоміжний водовідлив	1	1	2	28	56	0,8	0,75	45	32								
12	Механообладнання околоствольного двору гор. 865 м / ствольні двері	4		4	1	4	0,5	0,8	2,4	1,8								
13	бїкулаки присадочні	2		2	0,2	0,4	0,6	0,8	0,24	0,18								
14	Лєбідка манєврова	2		2	6	12	0,6	0,8	7,2	5,4								
15	Освітлення гор. 865 м.								7									
16		1		1	10	10	0,6	0,75	6	5,3								
	Всього								57,8	44,6								
	З урахуванням коефіцієнта співпадіння максимуму 0,85								57,5	38	69							

[illegible]

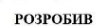
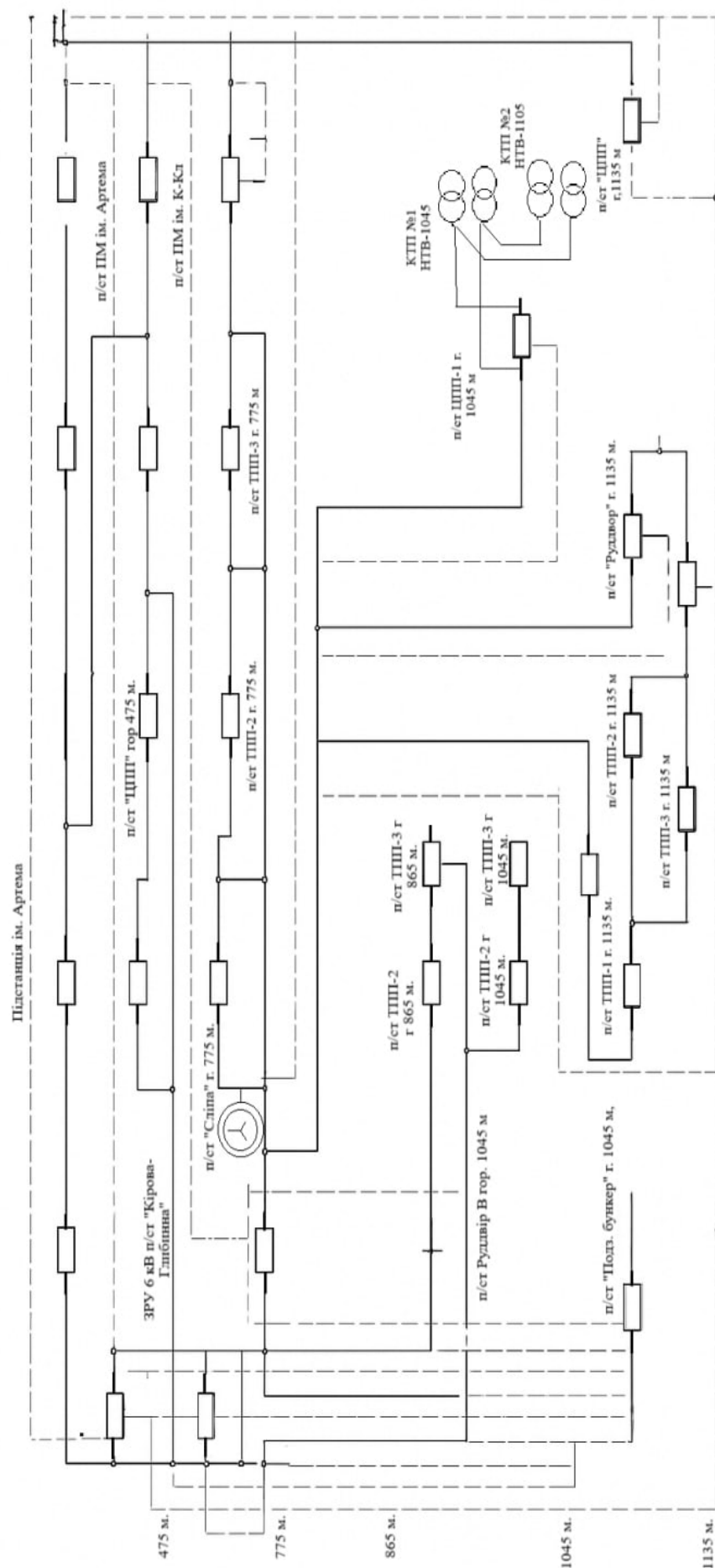


Схема підземних кабельних мереж 6 кВ



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02

Арк.

19

Розділ 2. Загальна характеристика децентралізованих систем керування стаціонарними установками залізорудної шахти

Для експлуатації горизонту 1045 м шахти передбачається автоматизація таких об'єктів:

1. Автоматичне керування вентиляційними та калориферними установками.
2. Клітьові підземні установи.
3. Головні водовідливні установи.
4. Комплекс обміну вагонеток у прямкових дворах.
5. Комплекс розвантаження руди на перекидачах
6. Комплекс підземного дроблення.
7. Вентиляційні двері.
8. Дистанційне керування електровозами.
9. Комплекс похилої транспортерної галереї.

Вентиляційні та калориферні установи.

Для автоматизації вентиляційних і калориферних установок передбачається комплект апаратури автоматизації та система ТУ-ТС, яка забезпечує:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив	СковородкоВВ				Розділ 2	Літ.	Лист	Листів
Перевірив	Берідзе Т.М.						21	14
Реценз.								
Н. Контр.	Берідзе Т.М.							
Затвердив	Пересунько І.І.					КНУ ЗЕЕМ-21		

- а) дистанційний запуск і зупинку будь-якого вентилятора з диспетчерського пункту;
- б) дистанційне реверсування повітряного потоку;
- в) автоматичне регулювання температури повітря, що надходить у шахту;
- г) сигналізацію роботи вентилятора, його продуктивності та депресії;
- д) місцеве керування механізмами установок.

Клітьові підйомні установки.

Апаратура керування головного приводу підйомних машин передбачає ручне керування відповідними рукоятками з пульта керування машиніста підйому або оператора приймального майданчика.

Головні водовідливні установки.

Для автоматизації головних водовідливних установок передбачається уніфікована апаратура, що випускається Конотопським заводом.

Комплект апаратури автоматизації водовідливних установок забезпечує:

- а) запуск і зупинку насосів залежно від рівня води у водозбірнику;
- б) відключення робочого насоса при різкому зниженні його продуктивності та перегріві підшипників;
- в) увімкнення резервного насоса у разі виходу з ладу будь-якого з робочих насосів або появи аварійного рівня води у водозбірнику;
- г) аварійну сигналізацію при виході насоса з ладу або досягненні аварійного рівня води у водозбірнику;

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

д) місцеве керування будь-яким із насосів.

Дистанційне керування роботою головного водовідливу здійснюється технологічним диспетчером, який знаходиться в диспетчерській на поверхні.

Комплекс обміну вагонеток у прямкових дворах.

Для автоматизації комплексів обміну вагонеток передбачаються схеми, розроблені інститутом "Кривбаспроект". Апаратура керування виготовляється заводом тресту "Електромонтажконструкція".

Комплект апаратури автоматизації комплексу обміну вагонеток забезпечує:

а) автоматичну послідовну роботу механізмів обміну вагонеток залежно від положення кліті та наявності вагонеток для обміну;

б) місцеве керування кожним механізмом.

Комплекс розвантаження руди на перекидачах із пропуском електровозів.

Для автоматизації розвантаження руди на перекидачах передбачається застосування апаратури, що постачається заводом у комплекті з механічним обладнанням перекидачів.

Схему автоматизації розвантаження руди на перекидачах розроблено інститутом НІГРІ.

Апаратура забезпечує:

1. Автоматичне розвантаження вагонеток у перекидачі.
2. Автоматичне керування електровозом у зоні перекидача.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Сигналізацію роботи перекидача та електровоза.

4. Місцеве керування перекидачем.

Комплекс підземного дроблення розвантажувального двору горизонту 700 м.

Для автоматизації дробильного комплексу розвантажувального двору передбачається застосування апаратури, що постачається у комплекті з дробильним обладнанням заводом Волгоцетмяжмаш.

Апаратура автоматизації комплексу підземного дроблення забезпечує:

а) централізований зблокований запуск і зупинку комплексу з пульта керування;

б) контроль рівня руди у приймальному бункері дробленої руди;

в) контроль роботи конвеєрів;

г) контроль засмічення перевантажувальних вузлів;

д) зупинку всіх механізмів, що передують аварійному у технологічному процесі, у разі його зупинки.

е) аварійну сигналізацію оператору комплексу.

Диспетчерський режим керування дробаркою здійснюється оператором.

Вентиляційні двері.

Для автоматизації вентиляційних дверей застосовується апаратура, розроблена НІГРІ.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Комплект апаратури автоматизації пари вентиляційних дверей забезпечує:

а) автоматичне відкриття дверей при наближенні електровоза;

б) блокування, що унеможлиблює одночасне відкриття двох дверей у двоколійних виробках та закриття дверей під час проходження електровоза;

в) місцеве керування дверима.

Автоматизація відкривання та закривання вентиляційних дверей із пропуском електровоза виконується у взаємозв'язку з проектом СБЦ горизонту. Дистанційне керування дверима здійснюється на ділянках, де немає руху електровозів. Керування цими дверима виконується технологічним диспетчером.

Дистанційне керування електровозами.

Під час завантаження руди у вагонетки з очисних виробок та при розвантаженні составів у перекидачах приствольного двору передбачається дистанційне керування електровозами.

Комплект апаратури дистанційного керування, розроблений КГРІ та випущений підприємством "Зв'язьчормет", забезпечує:

а) безперебійний рух електровозів у зоні дистанційного керування при ручному керуванні;

б) зняття напруги з ділянки контактного проводу при переведенні електровоза на дистанційне керування.

в) дистанційне керування електровозом (рух "вперед" і "назад") за командою, що подається з одного з апаратів керування, встановлених біля кожного завантажувального люка перекидача;

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

г) автоматичне розгальмовування електровоза при русі на дистанційному керуванні та загальмовування його під час стоянки при завантаженні;

д) автоматичну зупинку електровоза у разі випадкового виходу із зони дистанційного керування;

е) зупинку електровоза при випадковому відриві струмоприймача від контактного проводу на час понад 1 сек.

Комплекс похилої транспортної галереї.

Схемою передбачено дистанційне керування конвеєром та всіма допоміжними механізмами з виконанням усіх необхідних блокувань технологічного потоку.

Схемою також передбачене місцеве керування.

Дистанційне керування конвеєрною лінією здійснюється оператором підземного бункера.

Дистанційне керування збірними конвеєрами північного та південного крила здійснюється оператором із камери диспетчера ВШТ горизонту 700 м.

Цим проектом також передбачено автоматизацію та телемеханізацію об'єктів електропостачання, що забезпечує можливість безперебійного та якісного електроживлення шахтних електроустановок і скорочення обслуговуючого персоналу на поверхневих та підземних підстанціях.

Передбачається автоматизація і телемеханізація таких підстанцій:

1. Поверхнева підстанція при машинному залі.
2. Підземна центральна підстанція горизонту 625 м.
3. Підземна центральна підстанція горизонту 775 м.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Тягові підстанції №1, №2, №3 горизонту 625 м.
5. Підземна тягова підстанція горизонту 700 м.
6. Підземна тягова підстанція №1 при бункері горизонту 700 м.
7. Підземна тягова підстанція №2 при бункері горизонту 700 м.
8. Підземна тягова підстанція розвантажувального двору горизонту 700 м.
9. Підстанція дробильної установки.
10. Підстанція побутового комбінату.

В автоматичному режимі працюватимуть КСЦВ №3.

Для реалізації запланованої автоматизації та телемеханізації системи електропостачання застосовані малоканалні пристрої телемеханіки типу УТМ-1 заводу "Електропульт".

Для телемеханізації та автоматизації розподільної мережі 0,4 кВ підземних підстанцій передбачається використання апаратури телеконтролю типу ТКП-2, що випускається підприємством "Зв'язьчормет", а також оснащення дільничних підземних підстанцій апаратурою із селективним захистом, розробленою НІГРІ та випущеною підприємством "Зв'язьчормет".

Це питання детально розглядається в окремому розділі даного дипломного проєкту.

Автоматизація водовідливної установки.

Автоматизація головної водовідливної установки здійснюється за допомогою апаратури УАВ.

Схема уніфікованої апаратури УАВ побудована за блочним принципом. У кожному блоці встановлюється індивідуальний трансформатор і реле часу, що забезпечує автономність блоків один від одного.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Апаратний комплекс УАВ складається з:

1. Загального блоку насоса (УБН);
2. Блоку насоса (БН);
3. Сигнального табло водовідливу.
4. Реле продуктивності насоса (РПН);
5. Реле тиску (РД);
6. Заливний заглибний насос (ЗПН);
7. Привід засувки (ЕПЗ-1);
8. Пускач електропривода (ПЕП-3);
9. Електродний датчик (ЕД);
10. Термодатчик (ТДП-1);
11. Фільтр загороджувальний;
12. Пристрій вимірювання виходу (ІВ-60).

Коротко опишемо призначення основних вузлів апаратури УАВ.

Загальний блок насоса (ОБН) призначений для обробки сигналів, що надходять від датчиків, та видачі команд на виконавчий пристрій диспетчера та блок БН, а також для сигналізації про живлення блоку та несправність насосної установки.

Блок насоса (БН) призначений для вибору режиму роботи насоса, обробки сигналів, що надходять від насоса і загального блоку ОБН, з подальшою передачею команд на виконавчий пристрій і загальний блок, а також для сигналізації про живлення блоку та несправність насосного агрегату.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Реле продуктивності (РПН) призначене для контролю продуктивності насоса. Реле встановлюється на всмоктувальному трубопроводі.

Сигнальне табло водовідливу (СТВ) призначене для відображення сигналів про стан водовідливної установки.

Реле тиску (РД) призначене для контролю процесу заливки головного насоса за рівнем тиску.

Пускач електропривода (ПЕП-3) використовується для керування приводом засувки трубопроводів у схемах автоматизованого управління засувкою.

Електродний датчик (ЕД) призначений для замикання керувального ланцюга в схемі автоматизованої водовідливної установки при підвищенні рівня води до позначки встановлення датчика і розмикання цього кола при зниженні рівня води. Фільтр загороджувальний ФЗ-2 призначений для блокування сигналів зв'язку від струмів з частотою вище 3,5 Гц.

Схема передбачає такі види захисту:

1. Захист агрегату від роботи при втраті продуктивності.
2. Захист від перегріву підшипників.
3. Захист від несправності засувки.
4. Захист від пуску незаповненого насоса.

Питання безпеки при обслуговуванні водовідливної установки.

1. Необхідно, щоб у разі затоплення шахти насосна камера герметично відокремлювалася від околоствольного двору, а від водозбірників – засувкою.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Освітлення насосних камер повинно забезпечувати можливість правильного і безпечного обслуговування агрегатів.
3. Обертові частини насосного агрегату повинні бути закриті кожухами.
4. За роботою водовідливної установки має бути встановлений безперервний контроль.
5. Корпуси електрообладнання повинні бути заземлені.
6. У насосній камері повинні бути встановлені протипожежні засоби.
7. Будь-які виправлення, ремонт, змащення двигунів і насосів під час їхньої роботи категорично забороняється.

Автоматизація вентиляторної установки.

Вентиляторну установку обладнуємо двома вентиляторними агрегатами. Як пускову апаратуру приймаємо високовольтні масляні вимикачі типу ВМП-10п. Для автоматизації вентиляторної установки використовуємо типовий проєкт, розроблений інститутом "Гіпроуглевтоматика". Приймаємо для автоматизації вентиляторної установки шахти комплект апаратури УКВГ. Схема забезпечує виконання таких функцій:

1. Дистанційне і місцеве керування приводними електродвигунами вентиляторів і реверсуючих пристроїв.
2. Світлову сигналізацію у диспетчера про працюючий вентилятор і наявність напруги в колах дистанційного керування, про аварійну зупинку вентилятора, про відхилення продуктивності та тиску від заданих граничних значень і перегрів підшипників і статорних обмоток;
3. Контроль струменя і тиску оливи при циркуляційній системі мащення;

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. Контроль витрати повітря і депресії у вентиляційному каналі з безперервною реєстрацією параметрів.

У схемі передбачені такі захисти та блокування:

1. Автоматичне вимкнення електродвигуна від мережі при коротких замиканнях і перевантаженні; несиметричних режимах роботи, зникненні напруги в живильній мережі або обриві фази.
2. Автоматичне вимкнення електродвигунів лебідок від мережі при коротких замиканнях і зникненні напруги.
3. Неможливість повторного дистанційного вмикання приводних електродвигунів вентиляторів після аварійного вимкнення.
4. Неможливість вмикання електродвигунів вентиляторів при працюючих електродвигунах лебідок.
5. Неможливість одночасної роботи двох вентиляторів при дистанційному керуванні.
6. Неможливість вмикання електродвигунів вентиляторів, якщо не працює маслостанція.

До комплексу апаратури УКВГ входить: пульт диспетчера типу ПД 60, станція керування типу СУ 60, два апарати контролю температури типу КТ-2, електромагнітний клапан типу ВЕ, два моторні двигуни типу ПМР-2, дифманометр витратомір і дифманометр тягонапоромір типу ДЕМ ПМ 280 з вторинними приладами, апаратура захисту електродвигунів.

Дистанційне керування і сигналізація здійснюються по шестижильному кабелю марки КВРГ.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Техніка безпеки.

1. Вентиляторна установка повинна складатися з двох вентиляторів однакової потужності, один з яких у роботі, інший – у резерві.
2. Головна вентиляторна установка обладнується реверсивними пристроями, що дозволяють здійснювати зміну напрямку вентиляційного струменя не більше ніж за 10 хвилин, причому при реверсуванні вентилятор повинен забезпечувати не менше 60% свого дебіту.
3. Вентиляторна установка повинна живитися електроенергією від двох незалежних кабельних вводів.
4. Справність роботи реверсивних пристроїв повинна перевірятися головним механіком шахти і начальником ПТС не рідше одного разу на місяць.

Технічна характеристика відцентрових вентиляторів головного провітрювання.

ВРЦД-4,5

- Діаметр робочого колеса, мм – 4600
- Частота обертання вала, об/хв – 500; 375
- Окружна швидкість, м/с – 120; 90
- Продуктивність у робочій зоні, м³/с – 140-150, 100-420
- Статичний тиск у робочій зоні, кгс/м² – 270-820
- Споживана потужність, кВт – 150-460
- Статичний К.К.Д. – 0,85

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

- Розміри, мм:
 - довжина – 12550
 - ширина – 9530
 - висота – 4900
- Маховий момент обертових частин, т·м² – 172
- Маса, кг – 99700

Віброгасильні каретки КВ-1У. Вода для промивання шпурів повинна надходити в кількості не менше 3 л/хв під тиском 2,5-3 кгс/см², що на 1 атмосферу менше за тиск повітря.

Питомий розпад повітря, м³/хв – 0,8

Двигуни:

- ППН-2 – 18 к.с. / 18 к.с.
- ППН-3 – 12 к.с. / 28 к.с.

Технічна характеристика турбокомпресорів.

Параметри	К-250-61-2 К-500-61-1	
Продуктивність, м ³ /хв	250	525
Тиск нагнітання, кгс/см ²	9	8
Частота обертання вала, об/хв	10928	7636
Споживана потужність, кВт:		
- компресором	1470	3000
- електродвигуном	1750	3500
Гарантійний термін служби, міс	20	18

Завод-виробник - Невський метзавод ім. Липке, м. Ленінград

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

Ходова частина СБКН-2 укомплектована з вузлів автомобіля ГАЗ-69А.

Для СБКНС-2 використана ходова візок від породонавантажувальної машини ППН-1С.

Подача V_t , м³/сек	Напір H_k , м	К.К.Д. η
0	67,46	0
25	67,68	0,140
50	68,00	0,270
75	68,25	0,380
100	68,50	0,470
125	68,37	0,545
150	68,00	0,613
175	67,30	0,650
200	66,50	0,685
225	65,00	0,702
250	63,30	0,710
275	61,25	0,715
290	60,00	0,710
300	59,00	0,710
325	56,25	0,702
350	53,25	0,682
360	51,75	0,670
375	49,75	0,660
400	46,00	0,630

Розділ 3. Модернізація систем електропостачання залізорудної шахти з економічним обґрунтуванням методів вибору перерізу кабелів

3.1. Варіативність ефективності використання кабелів у внутрішніх розподільчих мережах систем енергозабезпечення підземних рудників з видобутку залізної руди

Розглянемо питання економічної ефективності використання того чи іншого перерізу жил кабельних ліній для живлення різних споживачів низьковольтної напруги (0,4–10 кВ).

Зосередимося на струмах, нехтуючи напругою.

Припустимо, що маємо справу з високовольтним трижильним кабелем ВВГнг(А)-LS 3×120 6 кВ з мідними жилами, вартістю 3210,00 руб./метр ($3210,00/4 \approx 802,5 \approx 800$ грн/метр). Оцінимо втрати енергії в грошовому еквіваленті при протіканні струму 30 А через такий кабель.

Відомо, що активний опір мідної жили 120 мм² становить 0,00014583 Ом/м. Тоді на одному метрі кабелю, згідно із законом Джоуля-Ленца, буде споживатися потужність:

$$P_r(30_{Cu\ 120}) = 3 \cdot I^2 \cdot R = 3 \cdot 30^2 \cdot 0,00014583 = 0,394 \text{ Вт}$$

Тобто споживана потужність за рік на 1 метр кабелю складе:

$$P_r(30_{Cu\ 120}) = 0,394 \cdot 24 \cdot 365 = 3451,44 \text{ Вт} \approx 3,5 \text{ кВт}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розробив		СковородкоВВ			Розділ 3	Літ.	Лист	Листів
Перевірив		Берідзе Т.М.					35	15
Реценз.								
Н. Контр.		Берідзе Т.М.						
Затвердив		Пересунько І.І.				КНУ ЗЕЕМ-21		

При вартості 1 кВт·год = 2,64 грн грошові втрати становитимуть:

$$3,5 \times 2,64 = 9,24 \text{ грн}$$

На перший погляд, це незначна сума за рік. Однак слід враховувати, що 30 А — не максимальний струм, для якого призначений кабель 120 мм².

Максимальний струм цього кабелю (згідно з довідковою літературою для кабелів із паперовою просоченою ізоляцією у свинцевій оболонці, прокладених у землі) становить 340 А. У такому разі річні втрати на розсіювання тепла будуть значно більшими:

$$P_r(340_{\text{мм}^2_{120}}) = 3 \cdot I^2 \cdot R \cdot 24 \cdot 365 = 3 \cdot 340^2 \cdot 0,00014583 \cdot 24 \cdot 365 \\ = 443026,9 \text{ Вт} \approx 443 \text{ кВт}$$

у

грошовому еквіваленті це складе:

$$443 \times 2,64 = 1169 \text{ грн}$$

Ця сума значно перевищує 9,24 грн при 30 А, тому варто розглянути можливості зменшення втрат при високих рівнях струмів.

Розглянемо інший випадок.

Припустимо, потрібно жити споживач із постійним струмом 80 А при 6 кВ.

Не враховуючи поки падіння напруги, традиційно можна прийняти трижильний мідний кабель перерізом 10 мм². Як відомо, активний опір такого кабелю становить 0,00175 Ом/м.

При проходженні струму 80 А через цей кабель річні грошові втрати будуть такими:

$$P_r(80_{\text{мм}^2_{10}}) = 3 \cdot 80^2 \cdot 0,00175 \cdot 24 \cdot 365 \cdot \frac{2,64}{1000} = 777,05 \text{ грн}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або 777 грн на рік тільки на 1 метрі проводу. Практично, використовуючи кабель, обраний за всіма прийнятими правилами, ми одночасно маємо справу з ТЕНОм потужністю 33,6 Вт/м. Такий ТЕН практично не нагріває навколишнє середовище, але в масштабах року споживає помітну кількість електроенергії та грошей.

Розглянемо тепер заміну трижильного мідного кабелю перерізом 10 мм² на алюмінієвий кабель з перерізом жил 240 мм². Опір на 1 метр складе 0,0000729167 Ом.

Тепер ми будемо мати справу з ТЕНОм потужністю 1,4 Вт, що одразу ж сприятливо позначається на грошових втратах після заміни кабелів:

$$P_r(80_{Al\ 240}) = 3 \cdot 80^2 \cdot 0,0000729167 \cdot 24 \cdot 365 \cdot \frac{2,64}{1000} = 32,37 \text{ грн}$$

Прямий економічний ефект від використання кабелю більшого перерізу у даному випадку складає:

$$E = P_r(80_{Cu\ 10}) - P_r(80_{Al\ 240}) = 777,05 - 32,37 = 744,68 \text{ грн}$$

Парадоксальна ситуація: всього лише 1 метр мідного кабелю перерізом 10 мм² із номінально допустимим струмом 80 А споживає 777 грн/рік, але якщо замість нього буде прокладений алюмінієвий кабель перерізом 240 мм², то останній буде споживати усього лише 32,4 грн/рік, що майже у 24 рази менше.

Така величина економії дозволяє зробити припущення, що частину низьковольтних кабельних ліній, незалежно від напруги, економічно буде замінити кабелями якомога більшого перерізу. Це може дати економічний ефект, порівнянний із масовим переходом турбомеханізмів на частотно-регульований електропривод.

Розрахунок економічної ефективності від заміни всіх кабелів на єдиний алюмінієвий кабель 240 мм²

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З науково-технічної літератури, а також із мережі Інтернет, відомо, що найбільшого поширення набули в практиці мідні та алюмінієві броньовані кабелі з паперовою ізоляцією, просоченою мастилом. Деякі параметри двох довільно обраних типів кабелів наведені в таблиці 1.

Переріз струмоведучої жили	ВБбШвнг мідний броньований 4-жильний кабель 6 кВ		ААБл алюмінієвий броньований 3-жильний кабель 6 кВ	
	Граничний тривалий струм	Вартість 1м грн/м	Граничний тривалий струм	Вартість 1м грн/м
6		84,4925	-	-
10	80	132,42	60	-
16	105	195,88	80	-
25	135	300,5	105	-
35	160	435,42	125	-
50	200	610,2	155	121,225
70	245	826,72	190	135,85
95	295	1125,1	225	160,88
120	340	1375,9	260	189,15
150	390	1720,05	300	209,95
185	440	2075,1	340	251,23
240	510	2726,85	390	301,6

Першою справою визначимо залежність потужності нагріву кабелів від гранично допустимих струмів, для мідних та алюмінієвих жил, а отже, згідно закону Джоуля-Ленца, маємо:

Годинну потужність:

$$P_r = 3I^2 R$$

Річну потужність:

$$P_p = 3I^2 R \cdot 24 \cdot 365$$

Переріз жили, мм²	Питомий опір на 1 м мідної жили, Ом	Потужність нагріву на 1 м мідного кабелю, Вт	Вартість втрат на 1 м мідного кабелю, грн	Питомий опір на 1 м алюмінієвої жили, Ом	Потужність нагріву на 1 м алюмінієвого кабелю, Вт	Вартість втрат на 1 м алюмінієвого кабелю, грн
10	0.00175	33.6	777.047	0.00271	24.59325	568.7533
16	0.0019375	36.1758	836.616	0.00169375	21.4682813	496.4841
25	0.0007	38.2725	885.1051	0.001084	26.3412	609.1771
35	0.0005	38.4	888.0538	0.000774285714	28.1065714	650.0038
50	0.00035	42	971.3088	0.000542	34.18665	790.6141
70	0.00025	45.0188	1041.123	0.000387142857	35.5687493	822.5771
95	0.000184210526	48.0928	1112.213	0.000285263157	39.5588683	914.8542
120	0.000145833333	50.575	1169.618	0.000225833333	42.3437494	979.2585
150	0.000116666666	53.235	1231.134	0.000180666666	45.5821983	1054.152
185	0.000094594594	54.9405	1270.576	0.000146486486	46.4179053	1073.479
240	0.000072916666	56.8969	1315.82	0.000112916666	39.1594998	905.6183

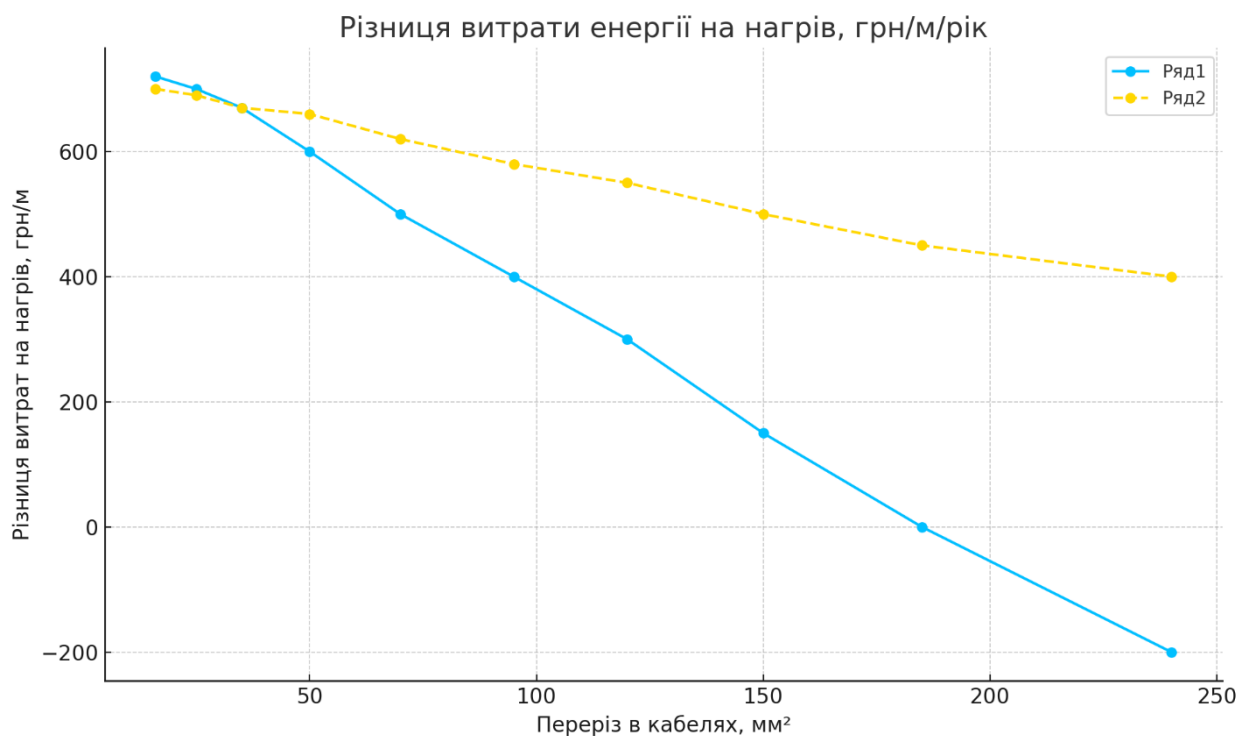


Рис. 1. Різниця витрат енергії на нагрів при заміні усіх мідних (суцільна лінія), та заміні всіх алюмінієвих (переривчаста лінія) на єдиний базовий алюмінієвий кабель 240 мм².

Від'ємні значення на графіку стають через те, що починаючи з перерізу 150 мм² мідні кабелі мають ще менший опір, ніж алюмінієвий 240 мм². Якщо використати у якості базового для заміни усіх низьковольтних кабелів мідний кабель максимальним перерізом 240 мм², то ми маємо наступні графіки:

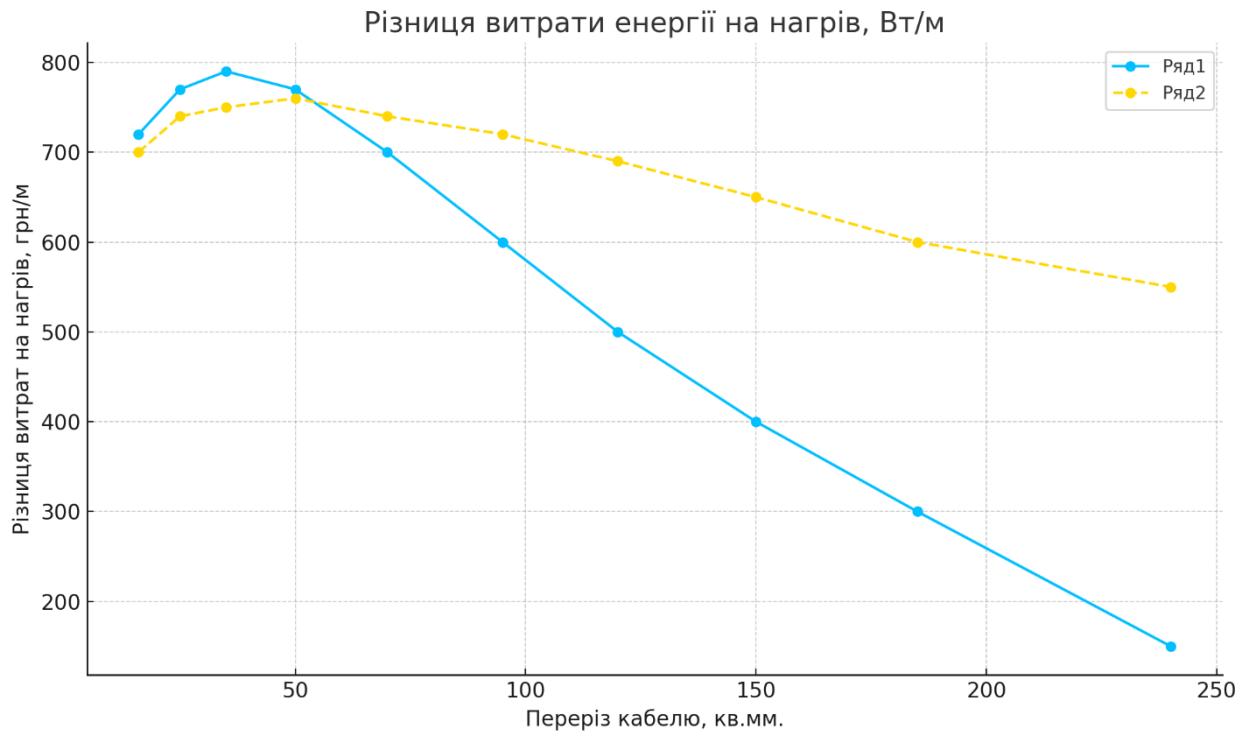


Рис. 2. Різниця витрат енергії на нагрів при заміні усіх мідних (суцільна лінія), та заміні всіх алюмінієвих (переривчаста лінія) на єдиний базовий мідний кабель 240 мм².

При цьому, враховуючи початкову вартість 1 метра кабелю (см. таб. 1), та враховуючи додаткові капітальні вкладення на монтажні-демонтажні роботи за допомогою коефіцієнту 1.3, розрахуємо

Термін окупності від заміни усіх кабелів будь-яким перерізом на базовий кабель 240 мм² визначається за допомогою виразу:

$$T = \frac{1.3 - C_{\text{кбл. баз.}}}{\Delta E}$$

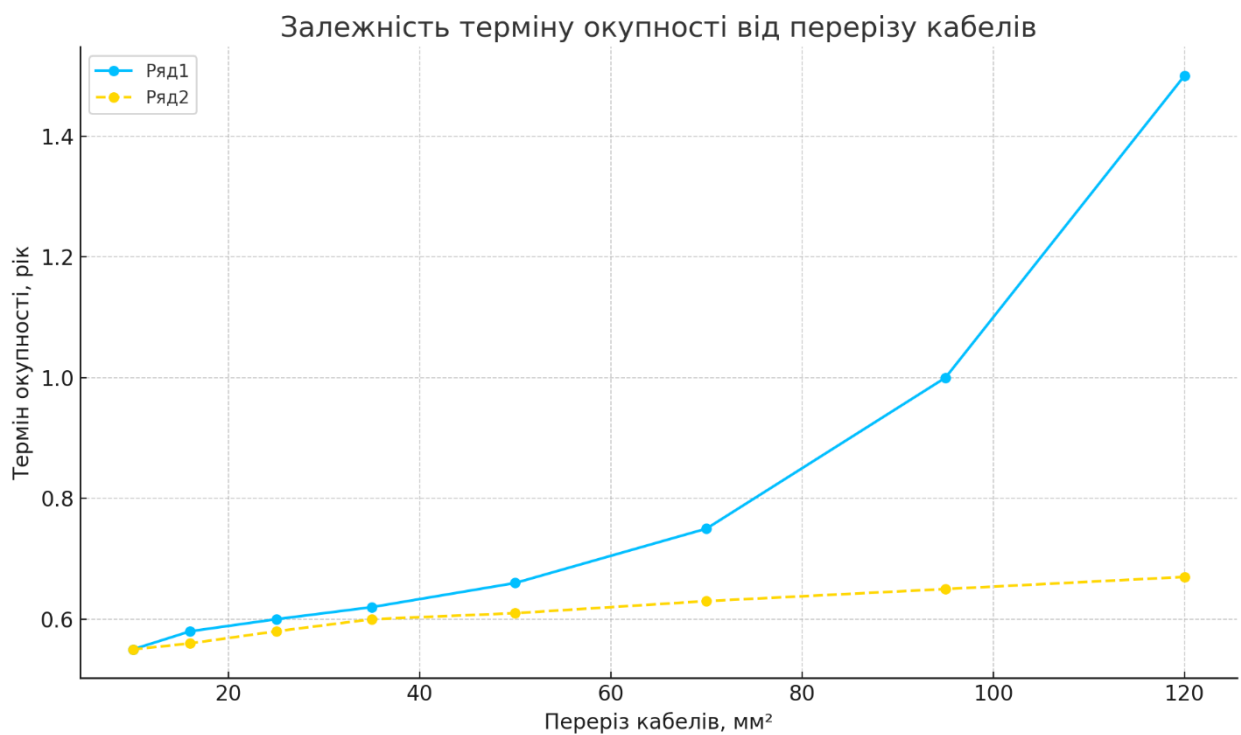


Рис. 3. Термін окупності при переході на алюмінієвий базовий кабель 240 мм², штрихова лінія – алюмінієвий кабель, суцільна – мідний кабель.

Якщо у якості базового кабелю обрати мідний кабель перерізом 240 мм², то ми отримаємо наступний графік окупності:

Залежність терміну окупності від перерізу кабелів.

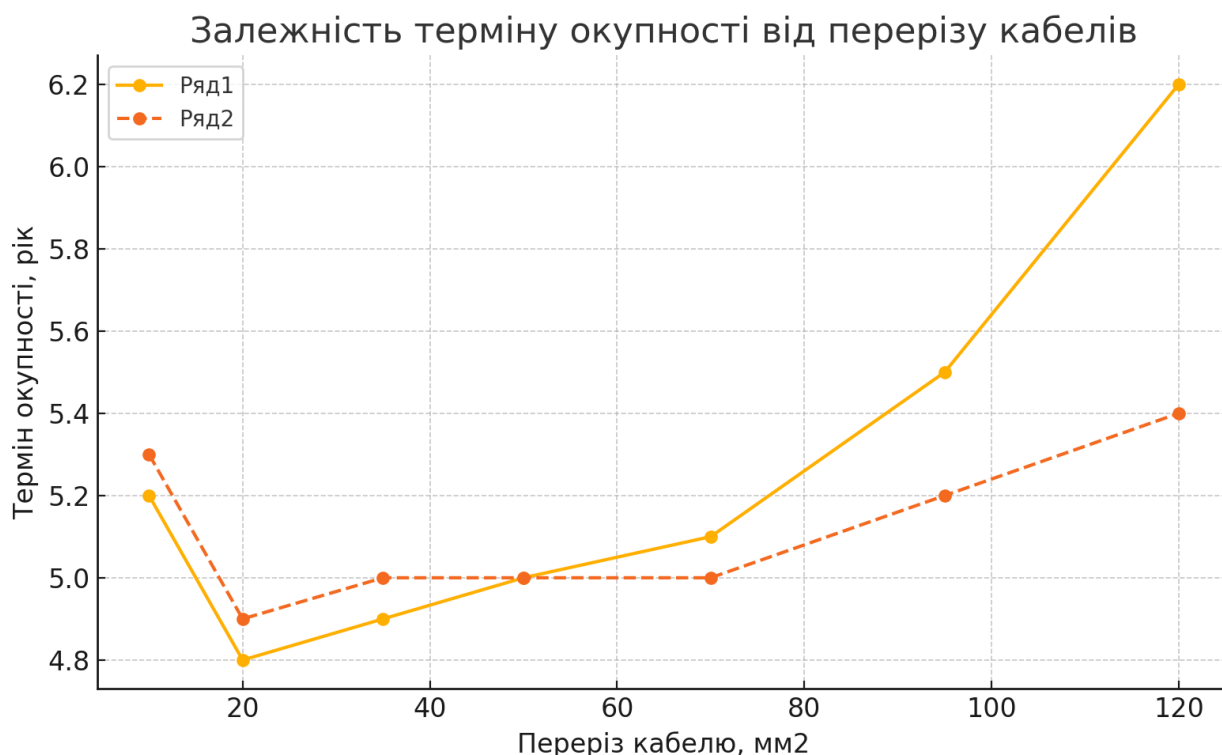


Рис. 4. Термін окупності при переході на алюмінієвий базовий кабель 240 мм², штрихова лінія – алюмінієвий кабель, суцільна – мідний кабель.

Як можна побачити, перехід на алюмінієвий базовий кабель 240 мм² швидше окупається.

У зв'язку з цим можна рекомендувати скрізь, де це можливо, замінити усі кабелі будь-якої довжини на єдиний кабель 240 мм² з алюмінієвими жилами, як такий, що забезпечує найменші втрати на нагрівання при практично прийнятному терміну окупності 0,5–0,8 років.

Так, масова заміна кабелів потребує значних капітальних вкладень, але термін окупності того вартий. Якщо грошей на масову модернізацію кабельних мереж конче немає, то можливо модернізацію здійснювати покаскадно, використовуючи гроші, які звільнюються з попереднього етапу модернізації.

Критерії модернізації

Нехай ми маємо гранично припустимий термін окупності $T_{гр}$, $T_{гр}$ років, матеріал та величину перерізу жили попереднього кабелю $S_{поп}$, $S_{поп}$, матеріал та максимальну величину перерізу нового кабелю $S_{нов}$, $S_{нов}$, вартість погонного метра нового кабелю $C_{нов}$, $C_{нов}$, середню величину струму в кабелі $I_{ср}$, $I_{ср}$.

Тоді погонні активні опори попереднього та нового кабелів:

$$R_{поп} = \frac{\rho_{поп} \cdot L}{S_{поп}} R_{нов} = \frac{\rho_{нов} \cdot L}{S_{нов}}$$

де ρ – питомий опір матеріалу, L – довжина провідника, S – площа його поперечного перерізу.

Тоді грошові витрати на нагрівання в проводах за рік:

$$E_{поп}(I_{ср}, \rho_{поп}, S_{поп}) = 3 \cdot I_{ср}^2 \cdot R_{поп} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 2.64/1000 = 69.38 \cdot I_{ср}^2 \cdot R_{поп}$$

$$E_{нов}(I_{ср}, \rho_{нов}, S_{нов}) = 3 \cdot I_{ср}^2 \cdot R_{нов} \cdot 24 \cdot 365 \cdot 2.64/1000 = 69.38 \cdot I_{ср}^2 \cdot R_{нов}$$

Економія тоді розраховується наступним чином:

$$\Delta E = E_{поп} - E_{нов}$$

Термін окупності:

$$T = \frac{1.3 \cdot C_{нов}}{\Delta E} T = \Delta E \cdot 1.3 \cdot C_{нов}$$

Модернізацію можна вважати абсолютно ефективною, якщо буде виконана умова:

$$T \leq T_{гр}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Питанню втрат електроенергії в мережах в Інтернеті насправді приділяється замало уваги. По-перше, за пошуковим запитом «втрати електроенергії в кабелі» Інтернет масово повертає посилання на методики обчислення втрат напруги, але не втрат енергії.

Пару разів зустрічалися випадки, коли в мережі Інтернет цікавилися розрахунками саме втрат енергії в кабелях на побутовому рівні: а саме, скільки можна було би додатково стягнути з орендаторів додатково до показників лічильника. Звідси випливає, що окремі орендодавці вже здогадувалися про значущі втрати енергії в кабелях (інша справа, що ці втрати вже були оплачені за показниками лічильників то вже орендодавцям забракло знань). Були також сумніви, що в розрахунках зверху не закралась якась помилка, поки в інтернеті серед багаточисельних калькуляторів падінь напруги не був знайдений калькулятор втрат потужності [5]. За его допомогою були підтверджені результати вищенаведених досліджень. Більш того, виявлено, що потужність втрат в кабелі при великих струмах легко досягає 15% від повної споживаної потужності. Отже постає питання чому в науково-технічній літературі не приділяється помітної уваги настільки перспективному напрямку зниження втрат електроенергії в кабелях? Мало ймовірно, що про це ніхто не знав. Найменше в енергосистемі це повинні були знати, бо там усе ж такі працюють професіонали. Але відсутність цікавості енергетиків легко пояснити тим, що це не їх проблема, тому що втрати енергії в кабелях оплачує кінцевий споживач, тому що кабельні лінії відносяться до внутрішніх мереж підприємств. Іншою причиною маловідомості вказаний ситуації може бути інерційність за радянських часів електроенергія була дешевою. тому це питання нікого й не хвилювало, а в наш час, коли вартість енергоресурсів багатократно зросла, просто ця думка поки що не стала розповсюдженою. Для подальшого вирішення питання економії електроенергії в розподільчих кабельних мережах потрібно провести інформаційну кампанію, звернути увагу

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

власників розподільчих мереж на стан проблеми, та шляхи його вирішення.
Не треба забувати розподільчих мережах втрачаються десятки процентів від
всієї споживаної потужності мереж, в масштабах країни це дуже багато.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Характеристика підземних трансформаторних підстанцій

ЦПП гориз. 775 м шахти розташована в рудному дворі при головному водовідливі.

Потужність підстанції розрахована на забезпечення електроенергією підземних споживачів горизонту. Розрахунок електричних навантажень БКА наведено в таблиці. Для живлення споживачів низької напруги окоlostвольного двору та окоlostвольних камер на підстанції встановлюються два шахтні силові трансформатори потужністю по 320 кВА кожен. Розрахунок навантажень 0,4 кВ наведено в таблиці. Для забезпечення електровозної відкатки в окоlostвольних дворах горизонтів 700 і 775 м передбачається встановлення двох АТП. Для підвищення коефіцієнта потужності ($\cos \varphi$) проектом передбачено встановлення двох конденсаторних установок серії КУН-6-П потужністю по 420 квар кожна. Камери РУ 6 кВ прийнято типу КР-2-63. ЦП являє собою витягнуту в довжину камеру з проходами, покрівля камери — склепінчаста.

Тягові підстанції.

Згідно з даними технологічної частини проекту, транспортування руди на горизонті 750 м здійснюється наступною кількістю електровозів типу 2К14-2, напругою 275 В, з потужністю двигунів 90 кВт: — 9 робочих та 2 резервних.

Визначення навантаження тягових підстанцій виконується за формулою:

$$P_{\text{дп}} = \frac{U_{\text{скл}}}{100 \cdot \eta} \cdot \sum N_{\text{роз}} \cdot \frac{I_{\text{тр}} + I_{\text{пар}}}{2} \cdot k_{\text{одп}}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де: $U_{\text{екс}}$ — середня експлуатаційна напруга контактної мережі, В; η — к.к.д. тягової мережі (приймається 0,9); $\sum N_{\text{роб}}$ — кількість робочих електровозів; $I_{\text{гр}}$, $I_{\text{пор}}$ — Велична струму споживана електровозами в навантаженому і порожньому стані при сталому русі; $k_{\text{одн}}$ — коефіцієнт, одночасності роботи електровозів.

Ураховуючи, що максимальна дальність відкатки становить понад 2 км у кожному напрямку, прийнята одна тягова підстанція. У тяговій підстанції встановлюється по два робочі та одному резервному комплекту АТП.

Підстанція рудного двору горизонту 700 м шахти.

Для живлення споживачів низької напруги окоlostвольного двору народного підземного бункера на підстанції встановлюються два шахтні силові трансформатори потужністю по 320 кВА кожен. Розрахунок електричних навантажень наведено в табл. № __. Підстанція виконана за типом дільничної підстанції.

Дільничні підстанції.

Дільничні підстанції горизонту 700 м №1 та №3 розташовуються на відкаточному штреку і служать для забезпечення електроенергією споживачів низької напруги очисних дільниць і капітальних виробок. В УПП передбачається встановлення силових трансформаторів ТМШ 320/В — по два трансформатори в кожній. Розрахунок електричних навантажень дільничних підстанцій наведено в табл. № __. Обладнання дільничних підстанцій розглядається більш детально в спеціальному розділі цього дипломного проєкту.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

3.3. Вибір і обґрунтування схеми електропостачання шахти залежно від ступеня безперебійності електроживлення, споживачі віднесені до різних категорій

До першої категорії відносяться:

1. Головні водовідливні установки;
2. Насоси станції водопостачання та каналізації;
3. СЦБ (сигналізація, централізація, блокування);
4. Головні компресорні установки;
5. Головні вентиляційні установки;
6. Підземні установки.

До другої категорії відносяться:

1. Гірничі роботи;
2. Дробильно-сортувальні установки;К
3. Підземний електротранспорт.

До третьої категорії віднесено інші споживачі електроенергії.

Для живлення споживачів 1-ї категорії передбачено дві незалежні лінії електропередачі.

Кожна лінія передає повну необхідну потужність споживачів 1-ї категорії та 75% потужності споживачів 2-ї категорії.

Споживачі 2-ї категорії живляться по двох лініях, кожна з яких забезпечує передачу 75% потужності споживачів цієї категорії.

Живлення споживачів 3-ї категорії здійснюється по одній лінії.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розподіл електроенергії в підземних виробках.

Розподіл електроенергії в підземних виробках полів шахт ім. Кірова та шахти №1 ім. Артема передбачається напругою 6 кВ. Від центральної підземної підстанції, розташованої в рудному дворі горизонту 775 м шахти №1 ім. Артема. ЦПП горизонту 775 м живиться одним вводом — два кабелі ЦСКН-6000 перерізом 3х95 мм² від підстанції "Артем ЦРП"; кабель прокладений по стовбуру шахти "Клетьова".

Другий ввід здійснюється від ЦПП горизонту 625 м — два кабелі ЦСКН-6000 перерізом 3х95 мм². Від центральної підземної підстанції горизонту 775 м живиться тягова підстанція поля шахти №1 ім. Артема кабелем АСБ-6000 перерізом 3х120 мм². Від тягових підстанцій живляться дільничні підстанції. Схема електропостачання наведена на кресленні.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

У роботі розглянуто існуючий стан електропостачання шахти, проведено аналіз технічних характеристик елементів системи, виявлено основні недоліки та розроблено пропозиції щодо їх усунення.

Особливу увагу приділено вибору оптимального перерізу кабельних ліній з урахуванням техніко-економічних показників, що дозволяє забезпечити надійність електропостачання, зменшити втрати електроенергії та знизити витрати на експлуатацію електричних мереж.

У вступі — викладено актуальність теми, обґрунтовано необхідність аналізу та модернізації систем електропостачання залізорудних шахт.

Сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт і предмет дослідження.

Описано основні методи дослідження, які включають аналіз існуючих систем, розрахунок економічно доцільних параметрів кабельних ліній та моделювання енергетичних процесів.

Наведено практичне значення роботи, яке полягає у підвищенні енергоефективності та надійності електропостачання шахти шляхом оптимізації вибору кабелів.

У першому розділі — проведено аналіз системи електропостачання залізорудної шахти.

Оцінено існуючі схеми живлення, визначено основні споживачі електроенергії, виявлено недоліки в організації електропостачання та запропоновано напрямки для удосконалення енергетичної інфраструктури.

У другому розділі — розглянуто можливості застосування децентралізованих систем керування енергоспоживанням шахти.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Проаналізовано сучасні технології автоматизації енергозабезпечення, їх вплив на надійність і ефективність роботи шахтних об'єктів.

Запропоновано шляхи інтеграції автоматизованих систем у діючу структуру електропостачання.

У третьому розділі — проведено аналіз та оптимізацію вибору кабельних ліній.

Розраховано економічно доцільний переріз кабелів із врахуванням технічних та фінансових критеріїв.

Запропоновано варіанти технічної модернізації кабельних мереж, що дозволяють зменшити втрати електроенергії та витрати на обслуговування.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). — 7-е видання. — К.: ДІА, 2010.
2. ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електроустановок». — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010.
3. ДСТУ EN 60204-1:2015 «Безпека машин. Електрообладнання машин. Частина 1. Загальні вимоги».
4. IEC 60364-5-52:2009 Low-voltage electrical installations – Part 5-52: Selection and erection of electrical equipment – Wiring systems.
5. М.І. Ільїн, С.О. Молчанов. Проектування електропостачання промислових підприємств. — К.: Либідь, 2013. — 320 с.
6. Ігнатович С.М. Електропостачання промислових підприємств. — К.: Вища школа, 2008. — 456 с.
7. Попов П.М., Клименко Б.С. Электричні мережі та системи. — К.: НУ "ЛП", 2015. — 380 с.
8. Куровський С.В. Електропостачання промислових підприємств і міст: підручник. — К.: Каравела, 2016. — 420 с.
9. Справочник по электрическим сетям / Под ред. В. М. Розенберга. — М.: Энергоатомиздат, 2009.
10. АрселорМіттал Кривий Ріг. Офіційний сайт підприємства: <https://ukraine.arcelormittal.com/>
11. Мельников В.П. Электроснабжение горнодобывающих предприятий. — М.: Недра, 2011. — 392 с.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- 12.Гаврилюк В. І., Трофименко Л. В. Аналіз енергоспоживання шахтного комплексу при використанні сучасних енергоощадних технологій // Вісник Криворізького національного університету. — 2019. — № 48. — С. 52–58.
- 13.Литвиненко О.В. Електропостачання та електрообладнання шахт. — Дніпро: НГУ, 2017. — 280 с.
- 14.Костенко О.В., Яловий О.О. Оптимізація вибору перерізу кабелів з урахуванням економічних критеріїв // Матеріали конференції «Сучасні проблеми енергетики». — Кривий Ріг, 2024. — С. 75–79.
- 15.Основи проектування електричних мереж: Навчальний посібник / За ред. О.В. Щербакова. — Харків: ХНУРЕ, 2018. — 210 с.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.252-02	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		