

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:

**Аспекти специфіки розрахунків струмів короткого замикання в умовах
сучасних систем електропостачання залізорудної шахти**

Виконав: студент групи ЕЕМ-22ск

Богдан ШЕВЧЕНКО

Керівник випускної роботи _____

д.т.н., проф. Олег СІНЧУК

Нормо контролер _____

д.т.н., проф. Олег СІНЧУК

Декан ЕТФ _____

к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____

к.т.н., доц. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Рір 2025 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ШЕВЧЕНКО Богдан Андрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Аспекти специфіки розрахунків струмів короткого замикання в
умовах сучасних систем електропостачання залізорудної шахти

1. Термін подання студентом роботи: 16 червня 2025 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Завданням є розрахунок струмів
короткого замикання в умовах сучасних систем електропостачання
залізорудної шахти
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I.
Загальна характеристика шахт Арселор Міттал Кривий Ріг та її схеми
електропостачання; II. Визначення струмів коротких замикань в підземних
енергетичних мережах для вибору локальних систем їх захисту в умовах
рудника Арселор Міттал Кривий Ріг.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових
креслень) I. Схема зовнішнього електропостачання шахти; II. Схема
розрахунку струмів короткого замикання; III. Значення потужності і струмів
З – фазного короткого замикання; IV. Розрахункова схема короткого
замикання; V. Схема підключення кабельних мереж; VI. Схема електричного
підключення реле РНС – 565.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Олег СІНЧУК		
II	Олег СІНЧУК		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Загальна характеристика АрселорМіттал Кривий Ріг	15.05.25
2	Характеристика схем електропостачання	19.05.25
3	Розрахунок струмів короткого замикання	21.05.25
4	Мережа низької напруги	24.05.25
5	Розрахунок електричних мереж	26.05.25
6	Розрахунок кабелю	31.05.25
7	Розрахунок кабельної мережі 6 кВ	04.05.25
8	Перевірка кабелю на термічну стійкість	10.06.25
9	Розрахунок диференціального захисту	14.06.25

Дата видання завдання 12.05.2025 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Богдан ШЕВЧЕНКО
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Олег СІНЧУК
(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до випускової атестаційної роботи бакалавра на тему: «Аспекти специфіки розрахунків струмів короткого замикання в умовах сучасних систем електропостачання залізорудної шахти»

39 с., 5 рис., 17 літературних джерел

Бакалаврська дипломна робота присвячена якісним і коректним розрахункам струмів короткого замикання для умов сучасних систем електропостачання залізорудної (них) шахт(и) з урахуванням відповідних теоретико – методологічних положень та відповідного математичного апарату дослідження.

Об’єкт дослідження – сучасна система електропостачання залізорудної шахти.

Мета роботи – виконати розрахунок струмів короткого замикання у умовах сучасних систем електропостачання у залізорудній шахті.

Практичне значення полягає у застосуванні ефективного диференційного захисту у шахтних установках залізорудної шахти №9 з використанням при неприпустимих струмових перевантаженнях і наявності коротких замикань у них.

Пояснювальна записка до бакалаврської роботи складається з: анотації, , двох розділів, висновків, літератури.

У першому розділі розглядається методи і засоби, що необхідні для ефективно та якісно покрити усі енергетичні потреби наявного шахтного обладнання, без необхідності його зупинки без зайвої потреби.

У другому розділі проводиться вибір оптимальних параметрів і якісне проведення розрахунків диференційного захисту у залізорудній шахті №9, що допоможе якісно та ефективно функціонувати без збоїв усьому наявному

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шахтному обладнанню на основі експертних оцінок ефективності функціонування даної замкненої системи.

Перспективною є можливість удосконалення теоретико – методологічних положень і математичного апарату досліджень з диференційного захисту, посиливши його теорією та практикою побудови на базі математичного методу нечітких множин і не чіткої логіки.

У висновках приведено аналіз проведеної роботи та отримані відповідні очікувані результати.

ЗАЛІЗОРУДНА ШАХТА, СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, СТРУМИ
КОРОТКОГО ЗАМИКАННЯ, ДИФЕРЕНЦІЙНИЙ ЗАХИСТ

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Загальна характеристика шахт Арселор Міттал Кривий Ріг та її схеми електропостачання	9
1.1. Загальна характеристика АрселорМіттал Кривий Ріг.....	9
1.2. Узагальнена характеристика схем внутрішнього та зовнішнього електропостачання шахти №9 шахтоуправління Арселор Міттал Кривий Ріг	13
Розділ 2. Визначення струмів коротких замикань в підземних енергетичних мережах для вибору локальних систем їх захисту в умовах рудника Арселор Міттал Кривий Ріг	17
2.1. Розрахунок струмів короткого замикання в мережах трифазного змінного струму напругою до і вище 1000 В	17
2.2. Розрахунок струмів короткого замикання у мережах низької напруги	20
2.3. Розрахунок електричних мереж напругою до і вище 1000 В.....	24
2.4. Розрахунок кабелю від ДПП №2 до ГРП №2.....	27
2.5. Розрахунок кабельної мережі 6 кВ.....	29
2.6. Перевірка кабелю на термічну стійкість від дії струмів к. з.	32
2.7. Розрахунок диференціального захисту для шахти №9	34
Висновки	36
Список використаних джерел	38

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Вступ

Структуру підприємства АрселорМіттал Кривий Ріг включає за складом наступні підвиди виробництва: коксохімічне, гірничо – збагачувальне, гірничотранспортне, дробально – збагачувальне, агломераційне.

Згідно з наведеною та дослідженою узагальненою характеристикою схем внутрішнього та зовнішнього електропостачання шахти №9 шахтоуправління Арселор Міттал Кривий Ріг дозволена потужність трансформаторів підстанції «Кірова – Східна - 2» складає 40 МВт, що дозволяє покрити всі енергетичні потреби обладнання ШУ, яке існує на даний момент, при цьому дозволена потужність шахтних установок, що була підтверджена піврічними добовими замірами встановлена на рівні 15 МВт.

Для ефективного та якісного проведення розрахунків диференційного захисту в умовах рудника Арселор Міттал Кривий Ріг були виконані наступні види розрахунків згідно теоретико – методологічних положень і відповідного математичного апарату досліджень, як: струмів короткого замикання в мережах трифазного змінного струму напругою до і вище 1000 В; струмів короткого замикання у мережах низької напруги; електричних мереж напругою до і вище 1000 В; кабелів від ДПП №2 до ГРП №2; кабельної мережі 6 кВ; диференціального захисту для шахти №9 на базі реле РНС – 565.

Окрім перелічених у попередньому абзаці методів розрахунків постало додаткове питання з приводу: перевірки кабелю (лів) на термічну стійкість від дії струмів к. з.

Таким чином, врахувавши усі основні та додаткові аспекти специфіки розрахунків струмів короткого замикання в умовах сучасних систем електропостачання залізорудної шахти №9 в умовах підприємства Арселор

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Міттал Кривий Ріг дана наукова задача може бути вирішена на основі експертних оцінок ефективності функціонування замкненої системи.

На перспективу є можливості удосконалення теоретико – методологічних положень і математичного апарату досліджень диференційного захисту доповнивши його теорією і практикою побудови нечітких множин і не чіткої логіки.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 1. Загальна характеристика шахт Арселор Міттал

Кривий Ріг та її схеми електропостачання

1.1. Загальна характеристика АрселорМіттал Кривий Ріг

Підприємство має повний металургійний цикл, до його складу входять: шахтоуправління ім. Артема з підземним видобутком руди, гірничо – збагачувальний комплекс, коксохімічне та металургійне виробництво, агропромисловий комплекс. ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» - є найбільшим виробником сталевого прокату в Україні, що спеціалізується на виробництві довгомірного прокату, арматури і катанки.

Частка комбінату на ринку металопродукції сягає 20%. Згідно технічного завдання виробничі потужності підприємства були розраховані на щорічний випуск більш, як 6 млн т прокату, та близько 7 млн т сталі й більше 7,8 млн т чавуну.

Комбінат «АрселорМіттал Кривий Ріг» - є основним у Україні виробником арматурної сталі середньовуглицевих марок та термозміцненої арматури з високими класами міцності.

У структурі даного підприємства виділяють наступні його підвиди виробництва: коксохімічне, гірничо – збагачувальне, гірничотранспортне, дробально – збагачувальне, агломераційне. Надамо коротенький опис до кожного з них.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13			
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Розділ 1	Лім.	Лист	Листів
Розробив	Шевченко БА						9	8
Перевірив	Сінчук О.М.							
Реценз.								
Н. Контр.	Сінчук О.М.							
Затвердив	Пересунько І.І.					КНУ ЕЕМ-22ск		

Коксохімічне виробництво

Криворізький коксохімічний завод було введено у експлуатацію у 1936 році, на той час у його склад входили наступні цехи: вугле підготовчий, коксовий та хімічний. З початком будівництва нових коксових батарей постало питання розширення вугле підготовчого цеху і хімічного. Коксохімічне виробництво має у своєму складі 6 (4 у зв'язку з прийняттям даної технології застарілої у 2016 році закрили 2 коксові батареї) діючих коксових батарей. На даний час до складу КХВ входить: вугле підготовчий цех, коксові цеха №1 і 2, цех вловлювання хімічних продуктів коксування, цех сіркоочищення.

Гірничо – збагачувальне виробництво

Гірничо – збагачувальний комплекс є підприємством з відкритого видобутку та збагачення бідних магнетитових кварцитів з подальшою агломерацією одержаних концентратів. Перша черга комплексу була введена у експлуатацію у 1959 році з проектною потужністю 9,05 млн т/рік і виробництва концентрату 4,54 млн т/рік з вмістом заліза більше 62%.

Виробничо – технічна структура комплексу була представлена трьома підрозділами: гірничо – транспортним, дробарно – збагачувальним і агломераційним.

Гірничо – транспортне виробництво

До складу гірничо – транспортного виробництва входять: рудоуправління, ДФ – 3,4, гірничо – транспортний цех, правління залізничного транспорту. Сировинна база комплексу представлена залозистими кварцитами Новокриворізького і Валявкинського родовищ, в яких розташовані відпрацьовані два кар'єри: №2 – біс і №3.

За відпрацьованим кар'єром №1 ведуться масштабні рекультиваційні роботи. Гірничо – транспортний цех здійснює доставку сирової руди та

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

розкривних порід із вибоїв великовантажними автосамоскидами вантажопідйомністю 110 – 120 т до конвеєрних підйомників або на перевантажувальні майданчики. Дробарні фабрики №3, 4 забезпечують подрібнення рудоскельної гірничої маси з розміром шматка від 1200 до 400 мм і транспортування її конвеєрним підйомником на земну поверхню в кар'єрах №3, 2 – біс.

Дробарно – збагачувальне виробництво

До складу дробарно – збагачувальне виробництво входять: дробильні фабрики №1, 2, збагачувальні фабрики №1, 2. Комплекс з подрібнення і збагачення залізистих кварцитів, і виробництва залізорудного концентрату складається з двох черг.

До складу I черги комплексу входять: об'єкти дроблення руди за чотирьох етапною схемою з двома головними дробарками великого подрібнення, що забезпечують подрібнення і грохочення сирової руди розміром шматка від 1200 мм до класу крупності 0 – 20 мм; корпус збагачення у складі 9 технологічних секцій, що виробляє магнітний продукт з вмістом заліза 65,3% і вологою 10,5%, склад концентрату, пов'язаний конвеєрним трактом з аглофабрики.

До складу II черги комплексу входять: об'єкти подрібнення за три стадійною схемою з одною головною дробаркою крупного подрібнення; корпус збагачення у складі п'яти технологічних секцій, що виробляють магнітний продукт із вмістом заліза 68,5% і вологістю 10%; склад концентрату з конвеєрним трактом подачі концентрату на аглофабрику.

Агломераційне виробництво

До складу агломераційного виробництва входять: цехи №1, 2, 3. Агломераційне виробництво комплексу представлено трьома цехами: спекательні №1, 2 і шихто підготовки – введено у експлуатацію у 1962 році. У

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

аглокорпус №1 було встановлено 6 агломашин КЗ – 75, площа спікання однієї агломашини 75 м². У аглокорпус №2 встановлено 6 агломашин, площа спікання однієї агломашини 135 м², для охолодження агломерату використовується лінійні охолоджувачі площею 125 м².

Шахтоуправління ім. Артема

Основним завданням шахтоуправління є забезпечення металургійного поділу комбінату агломераційною рудою та доменним шматком у заданих обсягах і відповідно до вимог, що пред'являються до затверджених технічних умов на залізорудну продукцію шахтоуправління.

Обсяги виробництва залізної руди – більше 1600 тис. т, в тому числі: підземний видобуток по шахті ім. «Артема» - 1331,2 тис. т, з них відкритий видобуток у кар'єрі «Південний» складає 270 тис. т. Запаси залізорудного родовища оцінено у обсязі 133 млн т. Відстань від шахтоуправління до комбінату з залізничної станції «Кірова» до станції «Східна» складає 28 км.

До складу шахтоуправління входять шахта ім. «Артема», шахта «Прохідницька», кар'єр «Південний», дробарно – сортувальна фабрика, автотранспортний, енергетичний, ремонтно – механічний цехи. Чисельність співробітників шахтоуправління становить більше 2300 осіб.

Основними видами продукції є агломераційна руда із вмістом заліза не нижче 53,5% і некондиційна фракція рудної маси – доменний шматок з вмістом заліза не нижче 34%.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.2. Узагальнена характеристика схем внутрішнього та зовнішнього електропостачання шахти №9 шахтоуправління Арселор Міттал Кривий Ріг

Всі електроприймачі шахтоуправління (ШУ) відносяться до споживачів першої категорії. Електропостачання об'єктів здійснюється двома основними шляхами:

Із підстанції «Криворізька - 330», шляхом відпайки від повітряних мереж 150 кВ Л – 141 та Л – 142 приєднанням до підстанції «Кірова - Східна» 150/35/6 кВ. Повітряні лінії від відпайки до приєднання на підстанції мають довжину 620 м, кількість опор 5 одиниць.

Від мереж підстанції «Кірова - Східна» 150/35/6 кВ заживлено центральні ЦПП горизонтів 475м, 865м, 1045м, 1135 м, водовідливу гор. 475м, 865м. Живлення кабельними лініями 6 кВ. Кілька одиниць прокладені в землі по лоткам довжиною 650 м, до ствола «Кірова - Клітьова», далі ствольовими кабелями 6 кВ до горизонтів 1045, 1135, 865, 475 м. Встановлена сумарна електрична потужність технологічного обладнання та обладнання водовідливу становить 13675 МВт.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

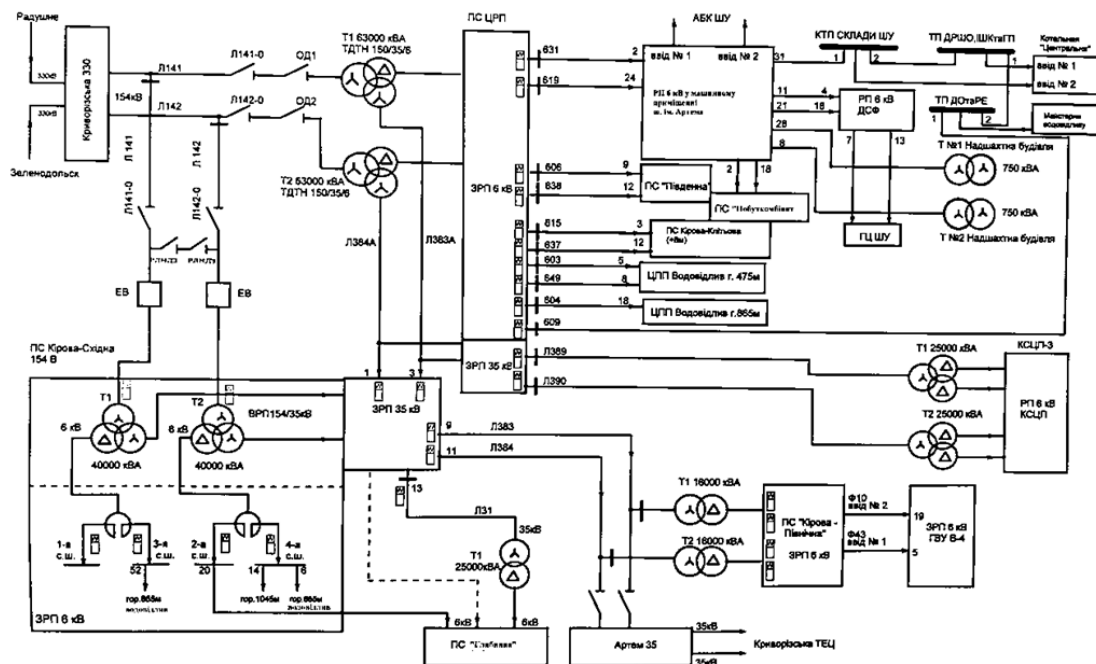


Рис. 1.1 Схема зовнішнього електропостачання шахти №9 шахтоуправління Арселор Міттал Кривий Ріг

Далі повітряною лінією 35 кВ довжиною 81 м, 2 опори, приєднано закритий розподільчий пристрій (ЗРП 35 кВ) з якого заживлюється: підстанція «Кірова - Північна» 35/6 кВ, приєднана двома повітряними лініями Л383, Л384 – лінії є власністю ДТЕК «Дніпровські Електромережі».

Основним споживачем для ІШУ на даному приєднанні є:

- головна вентиляторна установка ГВУ В – 4 для провітрювання підземних гірничих виробок, встановлена потужність ГВУ В – 4 – 4 МВт
- підстанція «Глибинна» 35/6 кВ, приєднана двома повітряними лініями 35 кВ Л – 31, Л – 32 довжина 1880 м, кількість опор 13 од. Основним споживачем на даному приєднанні є споруди, підйомна машина, котельня шахти «Східна», встановлена потужність 3,1 МВт

До підстанції приєднано наступні об'єкти ІШУ:

а) компресорна станція централізованого повітря постачання КСЦП, шляхом двох повітряних ліній ЛЗ89, ЛЗ90 35 кВ довжина 180 м, кількість опор 2 од. При роботі одного компресора максимальна потужність 3,3 МВт

б) поверхневі та підземні споживачі ШУ: підстанції підйомних установок, дробарно – сортувальної фабрики, ремонтно – механічного цеху, складу ШУ, електро – ремонтного цеху, адміністративних та банного корпусів, ЦПП водовідливу горизонтів 475м, 865м, надшахтних будівель, котельня «Центральна». Дані об'єкти заживлено підземним способом кабельними лініями 6 кВ. Максимальна встановлена потужність існуючого обладнання 11,6 МВт.

Підземний комплекс технологічного обладнання (внутрішньо шахтний транспорт, видобуток, нарізна дільниця, дільниця буріння глибоких свердловин, дільниця підземного будівництва, дільниця електропостачання), дільниця головного водовідливу горизонтів 475м, 865м, 1045м, 1135м живиться кабельними лініями 6 кВ, які прокладені по вертикальним стволам ш. «Східна», ш. «Артем», ш. «Кірова - Клітьова» і далі по горизонтальним виробкам до підземних підстанцій. Кількість кабельних ліній 21 одиниця прокладених по стволам загальною довжиною км.

Далі по підземним горизонтам кабельними ЛЕП ЕЕ транспортується до підземних підстанцій: ЦРП, ДПП. Загальна протяжність ЛЕП в підземних горизонтах км.

Кількість поверхневих підстанцій: 150/35/6 кВ 1 одиниця

35/6 кВ 3 одиниці

Кількість підземних підстанцій: 6/0,4 кВ 16 одиниць.

Дана схема електропостачання, до якої задіяно підключення від власних мереж та підстанцій, так і від мереж ДТЕК, забезпечує допустимий рівень надійності для безперервної роботи обладнання та безпеки людей.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потужність силових трансформаторів підстанції «Кірова – Східна - 2» 40 МВт повністю забезпечує всі енергетичні потреби обладнання ШУ, яке існує на даний момент.

Але при необхідності відключення від підстанції ЦРП ДТЕК, та пере підключення від підстанції «Кірова – Східна», буде необхідно виконати реконструкцію кабельних лотків та прокласти додаткові кабельні лінії 6 кВ. Дозволена потужність ШУ, яка підтверджується піврічними добовими замірами, встановлена на рівні 15 МВт.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розділ 2. Визначення струмів коротких замикань в підземних енергетичних мережах для вибору локальних систем їх захисту в умовах рудника Арселор Міттал Кривий Ріг

2.1. Розрахунок струмів короткого замикання в мережах трифазного змінного струму напругою до і вище 1000 В

На схемі в тексті (див. рис. 2.1) наведено схему розрахунку струмів короткого замикання на підстанції «Артем - ЦРП». Розрахунок струмів короткого замикання виконаний згідно повідомлень про роботу інституту «Енергомережпроект» - «Розвиток електричних мереж Криворізького енергетичного району за період 1966 – 1970 р» для потужності короткого замикання на шинах 154 кВ підстанції «Артем - ЦРП», що рівний 1330 МВА, на шинах 35 кВ підстанції 154 – 35 – 6 кВ. Струм короткого замикання зі сторони системи прийнято незатухаючим.

Реактивні опори, показані на схемах, дані у відносних одиницях (за базисної потужності 100 МВА). За розрахункову схему приймалась схема при роздільній роботі трансформаторів підстанції. Тривала паралельна робота силових трансформаторів на шинах 6 кВ в проекті не розглядалась.

При розрахунку струмів к. з. на шинах 6 кВ підстанцій враховувались збільшення амплітуди струмів к. з. від синхронних електродвигунів, що живляться від шин підстанції. Потужність короткого замикання на шинах 6кВ підземних підстанцій обмежується допустимими величинами шляхом встановлення струмообмежувальних реакторів. У відповідності з отриманими результатами розрахунку струмів к. з. виконано вибір і перевірка основного високовольтного обладнання і силових кабелів.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13						
Зм.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	Розділ 2			Літ.	Лист	Листів	
Розробив	Шевченко БА										
Перевірів	Сінчук О.М.									17	19
Реценз.								КНУ ЕЕМ-22ск			
Н. Контр.	Сінчук О.М.										
Затвердив	Пересунько І.І.										

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Примітка: 1. усі опори виражено у відносних одиницях при ...
 $S_6 = 100$ МВА; 2. схема заміщення складена з розрахунку роздільної роботи трансформаторів; 3. максимальна кількість двигунів, що живляться від однієї секції не перевищує – 6.

Табл. 1 Значення потужності і струмів 3 – фазного короткого замикання

Точки к. з.	Напруга U _н , кВ	Відносні базисні опори до точки к.з, %	Значення потужності і струмів к.з.								
			Від системи			Від електродвигунів			Сумарне		
			S, МВА	Γ ^{``</sup> , кА	i <sub>уд</sub> , кА	S, МВА	Γ <sup>``} , кА	i _{уд} , кА	S, МВА	Γ ^{``} , кА	i _{уд} , кА
Максимальний режим											
1	162	0,0213	4700	16,8	42,8	-	-	-	4700	16,8	42,8
2	6,3	0,3413	312	27	73,5	-	-	-	312	28,8	73,5
3	6,3	0,7813	128	11,8	29,4	57	5,2	13	185	17	42,4
4	6,3	0,6913	145	13,3	34	-	-	-	-	-	-
5	6,3	1,18	86,2	7,95	20	-	-	-	-	-	-
6	6,3	1,31	76,2	7,02	17,5	80,5	7,83	18,5	157	14,85	36
7	6,3	2,62	38,2	3,52	8,8	106	9,72	24,3	1442	13,24	33,1
Мінімальний режим											
1	162	0,0372	2690	9,6	24	-	-	-	4100	16,8	42,8
2	6,3	0,3572	280	25,8	64,5	-	-	-	280	25,8	64,5
3	6,3	0,797	125	11,5	28,8	57	5,2	13	182	16,7	41,8
4	6,3	0,710	143	13,1	32,8	-	-	-	-	-	-
5	6,3	1,178	85	7,8	19,5	-	-	-	-	-	-
6	6,3	1,326	75,5	6,95	17,4	80,5	7,83	18,5	156	14,78	36
7	6,3	2,636	38	3,5	8,75	106	9,72	24,3	144	13,22	33,05

2.2. Розрахунок струмів короткого замикання у мережах низької напруги

В установках низької напруги визначено найменше значення струму к.з., тому що ці мережі живляться від малопотужних трансформаторів і струми к.з. у них невеликі. Тому може виявитись, що значення струму к.з. у найбільш віддаленій точці мережі виявиться меншою за мінімальну уставку автомату.

Схема до розрахунку к.з. зображено на рис. 2.2.

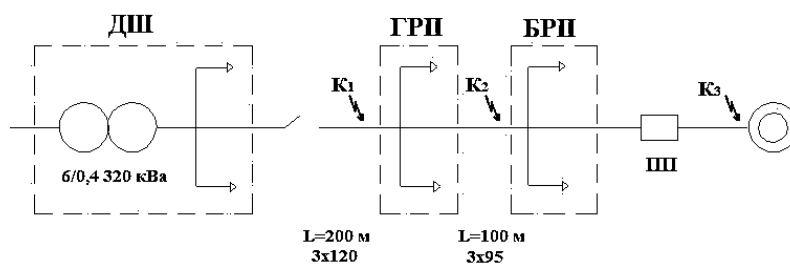


Рис. 2.2 Розрахункова схема короткого замикання у низьковольтній мережі живлення

Розрахунок струмів к.з. виконується згідно з монографією (Л.Міхеєва...)

$$\text{Точка } K_1: L_{\text{пр}} = 200 \cdot 0,43 = 86 \text{ м}$$

$$\text{Точка } K_2: L_{\text{пр}} = 200 \cdot 0,43 + 100 \cdot 0,545 = 140,5 \text{ м}$$

$$\text{Точка } K_3: L_{\text{пр}} = 140,5 + 3,06 \cdot 100 = 446,5 \text{ м}$$

$$I_{K_3 K_1}^{(2)} = 2500 \text{ А}$$

$$I_{K_3 K_2}^{(2)} = 2200 \text{ А}$$

$$I_{K_3 K_3}^{(2)} = 1000 \text{ А}$$

Розрахунок струмів к. з. у низьковольтних мережах

Повний опір трансформатора у відносних одиницях:

$$z_{\tau} = \frac{I_{кз\%}}{100} = \frac{4,5}{100} = 0,045$$

Активний опір обмоток трансформатора у відносних одиницях:

$$z_{\tau p} = \frac{P_{\mu}}{S_{\mu}} = \frac{1,08}{400} = 0,00245$$

Активний опір в Ом, приведений:

$$R_{\tau p} = z_{\tau p} \frac{U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}} = 0,00245 \frac{0,4^2}{0,4} \approx 0,001 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір трансформатора у відносних одиницях:

$$x_{\tau p} = \sqrt{z_{\tau p}^2 - R_{\tau p}^2} = \sqrt{0,045^2 - 0,00245^2} = 0,044$$

Індуктивний опір в Ом:

$$x_{\tau p} = x_{\tau p} \frac{U_{\text{н}}^2}{S_{\text{н}}} = 0,044 \frac{0,4^2}{0,4} = 0,0176 \text{ Ом}$$

Активний опір броньованого кабелю від ЦРП до ГРП:

$$R_{\text{кб}} = \frac{e_1}{\gamma \cdot s} = \frac{200}{57 \cdot 120} = 0,03 \text{ Ом}$$

Індуктивний опір броньованого кабелю від ЦРП до ГРП:

$$x_{\text{кб}} = 0,07 \cdot 0,2 = 0,014 \text{ Ом}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Активний і індуктивний опори броньованого кабелю від ГРП до БРП:

$$R_{\text{коб}} = \frac{100}{57,95} = 0,02 \text{ Ом}$$

$$x_{\text{коб}} = 0,07 \cdot 0,1 = 0,007$$

Опори до точки К1:

$$R_1 = 0,001 + 0,03 + 0,05 = 0,08 \text{ Ом}$$

$$X_1 = 0,02 + 0,014 = 0,034$$

Струм к.з. в точці 1:

$$I_{k_1}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z} = \frac{400}{1,73\sqrt{0,082 + 0,034^2}} = \frac{400}{173 \cdot 0,088} = 2666 \text{ А}$$

$$I_{k_1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{k_1}^{(3)} = \frac{1,73}{2} 2666 = 2306 \text{ А}$$

$$I_{k_1}^{(2)} = 2306 \text{ А}$$

До точки К2:

$$R_2 = 0,08 + 0,02 = 0,1 \text{ Ом}$$

$$X_2 = 0,034 + 0,007 = 0,041$$

$$I_{k_1}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z} = \frac{400}{1,73\sqrt{0,1^2 + 0,041^2}} = 2000 \text{ А}$$

$$I_{k_1}^{(2)} = 0,8 \cdot 2000 = 1600 \text{ А}$$

До точки К3:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

$$R_3 = 0,1 + 0,1 = 0,2 \text{ Ом}$$

$$X_3 = 0,041 + 0,007 = 0,048$$

$$I_{k1}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z} = \frac{800}{1,73\sqrt{0,2^2 + 0,043^2}} = 1143 \text{ А}$$

$$I_{k1}^{(2)} = 0,8 \cdot 1143 = 914 \text{ А}$$

Розрахункові формули:

$$R_{\text{кб}} = \frac{e}{\gamma \cdot s}; I_{k1}^{(2)} = \frac{\sqrt{3}}{2} I_{\text{кз}}^{(3)}; I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{U}{\sqrt{3}Z}$$

Точки к.з.	Опори до точки к.з.			Струми к.з.	
	R	X	Z	$I_{\text{кз}}^{(0)}$	$I_{\text{кз}}^{(2)}$
1	0,08	0,034	0,088	2666	2306
2	0,1	0,041	0,11	2000	1600
3	0,2	0,048	0,21	1143	914

2.3. Розрахунок електричних мереж напругою до і вище 1000 В

Розрахунок мереж низької напруги зводиться до:

1. вибору кабелю за нагріванням;
2. перевірки кабелю за втратами напруги;
3. перевірки кабелю за струмом плавкої вставки.

Проведемо розрахунок кабельної мережі для типових віддалених споживачів:

Вентилятор ВМ – 5:

Розрахунок кабелю за нагрівом:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot L \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta U} = \frac{1,73 \cdot 24,4 \cdot 150 \cdot 0,78}{54,3 \cdot 19} = 4,9 \text{ мм}^2$$

Приймаємо кабель ГРЩШС 3х10+1х6.

$$I_{\text{дл.длп}} = 55 \text{ А}$$

$$I_{\text{пл.вст}} = 80 \text{ А}$$

Виконаємо перевірку кабелю за втратами напруги:

$$\Delta U_{\text{вт}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot L \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{1,73 \cdot 24,4 \cdot 150 \cdot 0,78}{54,3 \cdot 10} = 9,3 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{9,3}{380} \cdot 100 = 2,4\%$$

$$\Delta U_{\text{дл}} = \frac{P \cdot I_n \cdot 10^5 \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{8,6 \cdot 24,4 \cdot 10^5 \cdot 0,78}{54,3 \cdot 10 \cdot 380^2} = 0,1 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{0,1}{380} \cdot 100 = 0,1\%$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Sigma \Delta U_{\%} = 2,5\%$$

Приймаємо кабель ГРЩШС 3х10+1х6.

$$I_{\text{дл.доп}} = 55 \text{ A}$$

$$I_{\text{пл.вст}} = 80 \text{ A}$$

Скреперна лебідка ЛС – 30:

Розрахунок кабелю за нагрівом:

$$S = \frac{\sqrt{3} \cdot I_n \cdot L \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot \Delta U} = \frac{1,73 \cdot 53,8 \cdot 100 \cdot 0,98}{54,3 \cdot 19} = 8,8 \text{ мм}^2$$

Приймаємо кабель ГРЩШС 3х16+1х10.

$$I_{\text{дл.доп}} = 75 \text{ A}$$

Струм плавкої вставки:

$$I_{\text{пл.вст}} = \frac{I_n}{2,5} = \frac{6 \cdot 55}{2,5} = 131 \text{ A}$$

Згідно з ПУЕ та ПТЕ, номінальний струм плавкої вставки не повинен перевищувати $3I_{\text{тр.доп}}$.

$$I_{\text{пл.вст}} \leq 3I_{\text{тр.доп}} \quad 125 < 3 \cdot 75 = 225$$

Втрати напруги у гнучкому кабелю:

$$\Delta U_{\text{вт}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot \cos\varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{1,73 \cdot 55 \cdot 100 \cdot 0,71}{54,3 \cdot 16} = 7,8 \text{ В}$$

$$\text{де } I_p = I_n = 55 \text{ A}$$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$\Delta U_{\%} = \frac{7,8}{380} \cdot 100 = 2,5\%$$

$$\Delta U_{\text{дв}} = \frac{P \cdot I_{\text{н}} \cdot 10^5 \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S \cdot U^2} = \frac{30 \cdot 55 \cdot 10^5 \cdot 0,98}{54,3 \cdot 10 \cdot 380^2} = 2,3 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{2,3}{380} \cdot 100 = 0,6\%$$

$$\Sigma \Delta U_{\%} = 3,1\%$$

Аналогічно розраховується кабель для інших споживачів:

Лебідка 15ЛС - $S_{\text{гн.к}} = 10 \text{ мм}^2$

Лебідка 55ЛС - $S_{\text{гн.к}} = 25 \text{ мм}^2$

НКР – 100м - $S_{\text{гн.к}} = 4 \text{ мм}^2$

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Розрахунок кабелю від ДПП №2 до ГРП №2

Довжина кабелю: $L=200$ м.

$$\Sigma P_{\text{блоку}} = 90 + 55 + 2,8 + 8,6 = 156,4 \text{ кВт}$$

Розрахунок струму в кабелі:

$$I_k = \frac{\Sigma P_{\text{блоку}} \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \cos \varphi_{\text{ГРП}}} = \frac{156,4 \cdot 10^3}{1,73 \cdot 380 \cdot 0,9} = 270 \text{ А}$$

$$S_{\text{розр}} = \frac{\sqrt{3} \cdot I_k \cdot \cos \varphi_{\text{ГРП}} \cdot L}{\gamma \cdot \Delta U} = \frac{1,73 \cdot 270 \cdot 0,9 \cdot 200}{54,3 \cdot 19} = 82,2 \text{ мм}^2$$

Вибираємо кабель АСБ – 100 3х120.

Втрати напруги:

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_k \cdot \cos \varphi_{\text{ГРП}} \cdot L}{\gamma \cdot S_k} = \frac{1,73 \cdot 270 \cdot 0,9 \cdot 200}{54,3 \cdot 120} = 12,7 \text{ В}$$

На ГРП №2 встановлюємо 3 фідерні автомати АФВ – 12, $I_n = 350$ А, $I_{\text{уст}} = 1260$ А. Від фідерних автоматів електричний кабель протягнутий до БРП.

Аналогічно розраховуємо кабель від ГРП до БРП. Вибираємо кабель Сб 3х70, $L=100$ м, $I_k = 200$ А, $\Delta U = 6,3$ В, $\Delta U_{\%} = 1,8$ %, $I_{\text{пл.вст}} = 300$ А, $I_{\text{тр.доп}} = 200$ А.

Втрати напруги у кабельній мережі складають:

$$\Delta U_{\text{к.м.}\%} = 3,1\% + 1,8\% + 3,3\% = 8,2 \%$$

Допустимими є втрати в лінії 10%.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\Delta U_{\text{доп}} = \Delta U_{\text{тр}} + \Delta U_{\text{кб}} = 0,1 \cdot 380 = 38 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\text{тр}\%} = \beta (U_{\alpha} \cos \varphi_2 + U_p \sin \varphi_2), \text{ де: } U_{\alpha} = \frac{P_{\text{н.з.}}}{S_{\text{тр}}} \cdot 100 = \frac{6,07}{320} \cdot 100 = 1,9\%$$

- відносне значення активної складової напруги к. з. трансформатора;
 U_p – відносне значення реактивної складової напруги к. з. трансформатора.

Розраховуємо відносне значення реактивної складової напруги к. з. трансформатора:

$$U_{p\%} = \sqrt{U_{\text{кз}}^2 - U_{\alpha}^2} = \sqrt{55^2 - 1,9^2} = 5,13\%$$

$$\beta - \text{коефіцієнт завантаження трансформатору: } \beta = \frac{I_{\text{т}}}{I_{\text{т.н}}} = \frac{853}{928} = 0,92$$

$I_{\text{т}} = 853 \text{ А}$ – фактичне навантаження трансформатору; $I_{\text{т.н}} = 464 \text{ А}$ – табл. № 37 - 1(Енергетика промислових підприємств, 963 рік); $\varphi_2 = 0,75$ – коефіцієнт потужності на вторинній обмотці трансформатору:

$$\Delta U_{\text{тр}\%} = 0,92(1,9 \cdot 0,75 + 5,13 \cdot 0,66) = 4,42 \%$$

Тоді $\Delta U_{\text{доп}} = 4,42 + 8,2 = 12,62 \% > 10 \%$. Це є недопустимим, тому приймаємо кабель від ГРП до БРП – АСБ – 1000 3х95 і повторюємо розрахунки. У цьому випадку $\Delta U_{\text{доп}} = 10\% > \Delta U_{\text{доп.д.}}$. Перевіряємо на стійкість до струмів к. з. виконуємо після розрахунків струмів к. з.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.5. Розрахунок кабельної мережі 6 кВ

Розрахунок кабельної мережі високої напруги зводимо до наступного:

1. Вибору кабелю за нагрівом;
2. Перевірки за втратами напруги;
3. Перевірки на термічну стійкість від впливу струмів к. з.

Проведемо розрахунок високовольного кабелю ЦПП гор. 755м – т.87 п/ст гор. 700 м.

Струм, що протікає по кабелю:

$$I_p = \frac{S_p}{\sqrt{3}U_n} = \frac{1170 \cdot 10^3}{\sqrt{3} \cdot 6000} = 130 \text{ A}$$

За тривалим допустимим струмом підходить кабель ЦСКН 3х95.

$$I_{тр.доп} = 150 \text{ A}$$

$$\Delta U = \frac{\sqrt{3} \cdot I_p \cdot L \cdot \cos \varphi}{\gamma \cdot S} = \frac{1,73 \cdot 130 \cdot 0,8 \cdot 250}{3,2 \cdot 95} = 72 \text{ В}$$

$$\Delta U_{\%} = \frac{\Delta U}{U_n} \cdot 100 = \frac{72}{600} \cdot 100 = 1,2 \%$$

Що є також допустимою $\Delta U_{доп\%} = 5\%$.

Аналогічно виконуємо і розрахунки інших кабелів (див. табл. № 2.1).
Перевіряючи при цьому кабелі на термічну стійкість і виконаємо розрахунки струмів к. з.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Табл. № 2.1 Розрахунок кабелів мереж 6 кВ для підземних споживачів електроенергії

№ п/п	Найменування ліній електропередач	Спожива на потужність, кВт	Напруга, кВ	Коефіцієнт потужності	Розрахунковий струм, А	Довжина лінії, км	Марка кабелю	Переріз кабелю	Втрата напруги в %
1	Підстанція 154/3-6/6 «Артем-ЦРП»-ЦПП гор.775 м	2900	6	0,91	290	0,9	ЦСКН-6000	2 (3х95)	0,65
2	ЦПП гор. 625м- ЦПП гор. 775м	2900	-	0,91	290	0,3	-	1 (3х95)	0,25
3	ЦПП гор. 635 м – п/ст руд. двору гор. 700м	1346	-	0,88	147	0,25	-	3х95	0,2
4	ЦПП гор. 775м. – тягова п/ст гор. 700м	1170	-	0,9	130	0,25–1,4	ЦСКН-6000+АСБ-6000	3х95 3х120	1,2
5	Тягова підстанція 700м шахти ім Кірова-тягова підстанція 700м шахти №1 ім. Артема	1170	-	0,9	130	0,8	АСБ-6000	3х120	0,63
6	Тягова підстанція гор. 700 м шахти №1 ім. Артема-тягова підстанція гор. 700 м. шахти	1400	6	0,87	150	1,0	АСБ-6000	3х120	0,9

Зразок схеми електропостачання шахти №9 шахтоуправління Арселор Міттал Кривий Ріг наведено на рис. 2.3.

2.6. Перевірка кабелю на термічну стійкість від дії струмів к. з.

Перевірка кабелю на напругу вище 1000 В на термічну стійкість виконується за наступною формулою:

$$S_{min} \geq \alpha \cdot I_{в.кз} \sqrt{t_n} \text{ мм}^2$$

де S_{min} – мінімальне значення перерізу кабелю за струмом к. з.; t_n – наведений час, сек; $I_{в.кз}$ – встановлений струм к. з.; α – термічний коефіцієнт, встановлено наступні значення для кабелів з мідними жилами до 10 кВ включно $\alpha = 7$, для кабелів з алюмінієвими жилами $\alpha = 12$.

Значення коефіцієнту t_n визначаємо за кривими (Л. Міхева) у залежності від значення співвідношення:

$$\beta'' = \frac{I''}{I_{п.кз}}$$

Виконаємо перевірку кабелю вводу ЦПП гор. 775м на термічну стійкість:

Кабель ЦСКН – 6000 2 (3х95):

$$\beta'' = \frac{5,74}{5,7} = 1,07$$

Згідно кривих для $t_d = t_{пр} + t_z = 1 + 0,2 = 1,2$ знаходимо $t_n = 1,9$

$$S_{min} \geq 7 \cdot 5,7 \sqrt{1,9} = 54,6 \text{ мм}^2$$

Зменшуємо отриманий переріз жил до найближчого стандартного значення:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_{\text{min}} = 50 \text{ мм}^2$$

Оскільки, $50 < 95$, то кабель є термічно стійким. Аналогічно виконаємо перевірку інших кабелів.

У наступному підпункті виконаємо розрахунок диференційного захисту та зведемо його до табл. №2.2.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.7. Розрахунок диференціального захисту для шахти №9

Для подальшого розрахунку диференціального захисту слід опиратись на схему зображену на рис. 2.4.

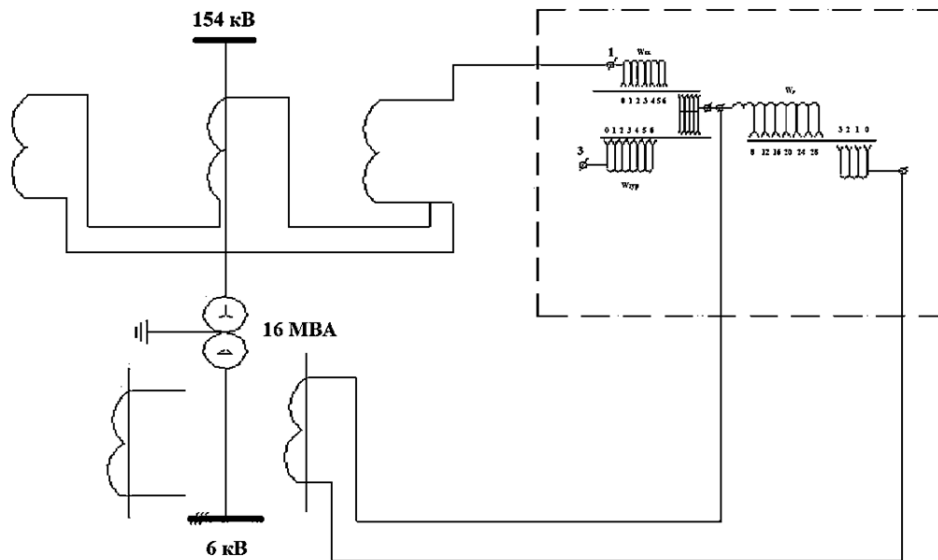


Рис. 2.4 Схема електричного підключення реле РНС – 565 для диференціального захисту для шахти №9

Усі подальші розрахунки по диференційному захисту шахти №9 зводимо до табл. №2.2.

Табл. №2.2 Розрахунок диференціального захисту для шахти №9

№ п/п	Найменування величини		Числові значення
1	Розрахунковий струм небалансу, А	При к. з. на шинях 6,3кВ з урахуванням регулювання напруги $I_{\text{нб.р}} = I_{\text{нб.р}} + I_{\text{нб.р}} = 0,11 I_{\text{кз.м}} + \Delta U_T I_{\text{кз.м}}$	$0,11 \cdot 11500 + 0,05 \cdot 11500 = 1725$ А
2	Вибір первинного струму спрацювання $I_{\text{сп.р}}$, А	Відлаштування струму небалансу $I_{\text{сп}} = K_{\text{п}} \cdot I_{\text{нб.р}}$	$1,3 \cdot 1725 = 2250$
		Відлаштування від стрибку струму намагнічування трансформатора $I_{\text{сп}} = K_{\text{п}} \cdot I_{\text{р}}$	$1,5 \cdot 2300 = 3450$
		Прийнятий $I_{\text{сп.р}}$	3450
3	Розрахункове число витків робочої обмотки реле РНС – 565 основного боку $\omega_{\text{рр}} = \frac{K_{\text{р}}}{I_{\text{р.р}}}$, $I_{\text{сп.р}} = I_{\text{сп.р}} \frac{K_{\text{сп}}}{n_{\text{ст}}}$		$\frac{100 \cdot 3000/5}{3450 \cdot 1} = 17,9$
4	Встановлене число витків робочої обмотки $\omega_{\text{роб.уст.}}$		20
5	Струм спрацювання захисту при $\omega_{\text{роб.уст.}}$, $I_{\text{сп}} = \frac{K_{\text{сп}} n_{\text{ст}}}{\omega_{\text{роб.уст.}} K_{\text{сп}}}$		$\frac{100 \cdot 3000/5}{20 \cdot 1} = 3000$
6	Розрахункове число витків обмоток реле РНС – 565 для сторони 154кВ $\omega_{1\text{р}} = \omega_{\text{роб.уст.}} \frac{I_{\text{кз.м}}}{I_{\text{кз.м}}}$		$20 \frac{3,01}{2,57} = 29,6$
7	Встановлене число витків обмоток реле РНС – 565 для сторони 154кВ $\omega_{\text{вст}}$		30
8	Число витків зрівнювальної обмотки $\omega_{\text{з.рів}}$ ввімкненої зі сторони 154кВ $\omega_{1\text{з.рів}} = \omega_{1\text{вст}} - \omega_{1\text{роб.уст.}}$		$30 - 20 = 10$
9	Складова струму небалансу, що викликано неточністю установки на реле розрахункової кількості витків, А $I_{\text{з.нб}} = \frac{\omega_{1\text{р}} - \omega_{1\text{з.рів}}}{\omega_{1\text{р}}} I_{\text{кз.м}}$		$\frac{30 - 29,6}{29,6} 11500 = 155$
10	Уточнений струм небалансу, А $I_{\text{нб.ут}} = I_{\text{нб.р}} + I_{\text{з.нб}}$		$1725 + 155 = 1880$
11	Уточнений струм спрацювання захисту, А $I_{\text{сп.ут}} = K_{\text{п}} \cdot I_{\text{нб.ут}}$		-
12	Необхідність подальшого перерахунку – перерахунок не виконується, якщо $I_{\text{сп}} > I_{\text{сп.ут}}$		$2500 > 2440$
13	Надійність роботи захисту	$K_{\text{к}}$ при 2-х фазному короткому замиканні на виводах 6,3кВ у мінімальному режимі $K_{\text{к}} = \frac{I_{\text{кз.мін}}}{K_{\text{р}}}$ $I_{\text{кз.мін}} = I_{\text{р.кз}} \cdot \omega_{\text{р.уст.}}$ $\omega_{\text{р.уст.}} = \omega_{\text{роб.уст.}}$ $I_{\text{р.кз}} = \frac{I_{\text{кз.мін}}}{n_{\text{ст}}} K_{\text{ск}}$	$I_{\text{кз.мін}} = 0,87 \cdot 11300 = 9831$ $I_{\text{р.кз}} = \frac{0,87 \cdot 11300}{3000 \cdot 15} = 16,4$ $K_{\text{к}} = \frac{16,4 \cdot 20}{100} = 3,28$

Висновки

Бакалаврська дипломна робота присвячена якісним і коректним розрахункам струмів короткого замикання для умов сучасних систем електропостачання залізорудної (них) шахт(и) з урахуванням відповідних теоретико – методологічних положень та відповідного математичного апарату дослідження.

Об’єкт дослідження – сучасна система електропостачання залізорудної шахти.

Мета роботи – виконати розрахунок струмів короткого замикання у умовах сучасних систем електропостачання у залізорудній шахті.

Практичне значення полягає у застосуванні ефективного диференційного захисту у шахтних установках залізорудної шахти №9 з використанням при неприпустимих струмових перевантаженнях і наявності коротких замикань у них.

Пояснювальна записка до бакалаврської роботи складається з: анотації, , двох розділів, висновків, літератури.

У першому розділі розглядається методи і засоби, що необхідні для ефективно та якісно покрити усі енергетичні потреби наявного шахтного обладнання, без необхідності його зупинки без зайвої потреби.

У другому розділі проводиться вибір оптимальних параметрів і якісне проведення розрахунків диференційного захисту у залізорудній шахті №9, що допоможе якісно та ефективно функціонувати без збоїв усьому наявному шахтному обладнанню на основі експертних оцінок ефективності функціонування даної замкненої системи.

Перспективною є можливість удосконалення теоретико – методологічних положень і математичного апарату досліджень з

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

диференційного захисту, посиливши його теорією та практикою побудови на базі математичного методу нечітких множин і не чіткої логіки.

У висновках приведено аналіз проведеної роботи та отримані відповідні очікувані результати.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Список використаних джерел

1. Правила улаштування електроустановок [Текст]: вид. 3-є, перероб. і доп. – Офіц. вид. – К. : Мінпаливенерго України, 2017. – 736 с.
2. ДСТУ-Н В.2.5-80:2015 Настанова з проектування систем електропостачання підприємств – К.: Мінрегіон, Київ – 2015.
3. <https://elektrovoz.com.ua/blog/vybor-secheniya-provodov-i-kabelya-v-zavisimosti-ot-toka-i-moshchnosti.html>
4. Технічні характеристики кабеля типу АПвП
5. В.А. Попов, В.В. Ткаченко “Практичні методи визначення розрахункових навантажень”, Київ 2009. Таб. 1.2 Значення коефіцієнтів розрахункового навантаження для живлячих мереж та розподільчих шинопроводів напругою до 1 кВ.
6. Методичні рекомендації «Розрахунки режимів електричних мереж» до виконання практичної роботи кредитного модуля «Електричні системи та мережі (частина 2)» для студ. спец. «Електротехнічні системи електроспоживання» та «Енергетичний менеджмент» / Уклад. : В. А. Попов, В. В. Ткаченко, А. О. Журавльов, Л.І.Несен.– К. : НТУУ «КПІ», 2014. – 80 с.
7. Рожков П.П., Рожкова С.Е. «Надійність електричних мереж», Харків 2008. С. 3, 11-12.
8. ДСТУ EN 50160:2014 «Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загальної призначеності» (далі – ДСТУ EN 50160:2014).
9. Методичні вказівки для студентів інституту енергозбереження та енергоменеджменту спеціальності 7.090603 «Електротехнічні системи електроспоживання» :К. :НТУУ «КПІ», 2008 – 83 с.
10. Електрифікація гірничого виробництва: Підручник для ВНЗ: у 2 – х т. – Вид. 2 – ге перероб. та допов. / За рецензією Л.О. Лучкова і Г.Г. Півняка. – Д.: Національний гірничий університет, 2010. т.1. – 503с.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

11. O.M. Sinchuk, M.V. Rogoza, O.Yu.Mykhailenko, D.V. Kobeliatskyi, V.O. Fedotov Heuristic control of power consumption by up to 1000 v electrical loads at mining enterprises. Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu, 2024, №1, 84 – 91 pp. <https://doi.org/10.33271/nvngu/2024-1/084>

12. Аспекти теорії та практики оцінки електроенергетичної конкурентоспроможності залізрудних підприємств. Звіт з науково – дослідної роботи (заключний). НР/ПІ-84-18. Сінчук І.О. та ін. – Кривий Ріг – 2020 - 144 с., РК№0118U006520.

13. О.М. Сінчук, А.Б. Сьомочкін, М.Л. Барановська, Д.В. Кобеляцький До проблеми покращення якості електричної енергії у внутрішньошахтних електричних мережах шляхом її переводу на підвищені рівні напруги. Матеріали Міжнародна науково – технічна конференція «Розвиток промисловості та суспільства», Кривий Ріг, 2023, 56 с.

14. І.О. Сінчук Вартісно – цільові аспекти моніторингу рівнів електроспоживання на підприємствах залізрудної галузі Криворізького регіону, Електротехніка та електроенергетика, №3, 2018, с. 30 – 38.

15. Моркун В.С., Тонкошкур Л.С., Гарковенко Є.Є. Електропостачання і електроустаткування гірничих підприємств. Навчальний посібник для студентів вищих навчальних закладів, Кривий Ріг: Мінерал, 2005, 269 с.

16. Качан Ю.Г. Щодо оптимізації послідовності реалізації програм енергозбереження за економічним критерієм / Ю.Г. Качан, К.О. Братковська // Вісник економічної України, 2009, №1, с. 97 – 100.

17. Папаїка Ю.А. Енергетична ефективність систем електропостачання гірничих підприємств з нелінійними навантаженнями. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.09.03 «Електротехнічні комплекси та системи», 2019, Дніпровська політехніка. – 320 с.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.25.250-13	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		