

Міністерство освіти і науки України
 Національний технічний університет
 «Дніпровська політехніка»
 Інститут електроенергетики

(інститут)

ЕТФ

(факультет)

Кафедра Систем електропостачання
 (повна назва)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

кваліфікаційної роботи ступеню бакалавра
 (бакалавра, спеціаліста, магістра)

студента Цяпки Владислава Григоровича
 (ПІБ)

академічної групи 141-16ск-1
 (шифр)

спеціальності Електротехнічні системи електроспоживання
 (код і назва спеціальності)

спеціалізації¹
 за освітньо-професійною програмою

(офіційна назва)

на тему «Реконструкція і модернізація релейного захисту і автоматики ПС «Героїв Космосу» - 150/35/6 кВ»
 (назва за наказом ректора)

Керівники	Прізвище, ініціали	Оцінка за шкалою		Підпис
		рейтинговою	інституційною	
кваліфікаційної роботи				
розділів:				
Технологічний	Ковальов О.Р.			
Спеціальний	Ковальов О.Р.			
Охорона праці	Лутс І.О.			
Економічний	Дементьєва Н.В.			

Рецензент				
-----------	--	--	--	--

Нормоконтролер	Олішевський Г.С			
----------------	--------------------	--	--	--

Дніпро
 20 19

ЗАТВЕРДЖЕНО:
завідувач кафедри
систем електропостачання
_____ Випанасенко С.І.
« ____ » _____ 2019 року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу
ступеню бакалавра

студенту Цяпці В.Г. академічної групи 141-16ск-1
спеціальності Електротехнічні системи електроспоживання
спеціалізації
за освітньо-професійною програмою бакалавра
на тему Реконструкція і модернізація релейного захисту і автоматики ПС «Героїв
Космосу» - 150/35/6 кВ.

затверджену наказом ректора НТУ «Дніпровська політехніка»

Розділ	Зміст	Термін виконання
Технологічний	Реконструкція і модернізація релейного захисту і автоматики підстанції « Героїв космосу».	
Спеціальний	Шафи оперативного струму РЗ і А	
Охорона праці	Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів у ВРП напругою 110 кВ. Інженерно-технічні заходи з охорони праці на ВРП - 110 кВ. Пожежна профілактика.	
Економічний	Розрахунок витрат . Визначення річного збитку від відмов електрообладнання. Визначення та аналіз показників економічної ефективності проекту.	

Завдання видано

Дата видачі

Дата подання до екзаменаційної комісії

Прийнято до виконання

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка: 62 с, 4 рис, 7 табл., 2 додаток, 17 джерел.

ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ, ПІДСТАНЦЯ, ВИСОКА НАПРУГА,
ТРАНСФОРМАТОР, ЕЛЕКТРОАПАРАТИ, ЕЛЕКТРОБЕЗПЕКА.

Об'єкт дослідження – ПС "Героїв Космосу"-150/35/6 кВ.

Мета роботи – реконструкція релейного захисту і автоматики підстанції «Героїв Космосу».

Результати та їх новизна – розроблена електрична схема підстанції, що відрізняється високою надійністю електропостачання.

Новизна технічного рішення полягає в використанні нових та сучасних електроапаратів та технічних засобів для підвищення надійності роботи підстанції.

Сфера застосування розробки – електричні підстанції напругою 150/35/6 кВ.

Практична значимість кваліфікаційної роботи – підвищення надійності та економічності електричної підстанції.

Зміст

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	7
1.1 Реконструкція і модернізація релейного захисту і автоматики ПС «Героїв Космосу» - 150/35/6 кВ.	8
1.2 Шафи оперативного струму РЗ і А.....	17
1.3 Структура умовного позначення щитів серії ШОТ1М	18
1.4 Умови експлуатації щитів ШОТ1М	20
1.5 Технічні дані випрямних блоків ВЗП.....	21
1.6 Функції контролера ШОТ1М.....	21
1.7 Вбудовані елементи захисту випрямних модулів системи ВЗП	22
1.8 Однофазна живлюча мережа.....	23
1.9 Трифазна живлюча мережа.	23
1.10 Вибір ємності акумуляторної батареї	25
1.11 Вибір випрямних блоків системи ВЗП	27
СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	28
2.1 Реконструкція пристроїв релейного захисту і автоматики.....	29
2.2 Розрахунок уставок релейного захисту	29
2.3 Вибір терміналів релейного захисту ввідного та секційного вимикачів...	34
ОХОРОНА ПРАЦІ	37
3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників	38
3.2 Інженерно – технічні заходи з охорони праці	38
3.3 Пожежна профілактика.....	41
3.4 Заходи з ергономіки	43
3.5 Розрахунок захисного заземлення	47
3.6 Підраховується опір природних заземлювачів	48
ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ	52

4.1 Розрахунок капітальних інвестицій.....	53
4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат	55
4.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань	55
4. 4 Розрахунок вартості втрат електроенергії	57
Список використаної літератури	59
Додаток А	61
Додаток Б.....	62

ВСТУП

Сучасний стан електроенергетики України потребує модернізації та реконструкції об'єктів електроенергетики, і генерації розподілу.

Реконструкція пристроїв релейного захисту, є основним етапом реконструкції об'єктів електроенергетики, таким чином електромеханічні системи, які мають моральний та фізичний знос необхідно замінити сучасними мікропроцесорний захист.

Реконструкція сучасних пристроїв релейного захисту має відповідати стандартам індустрії 3.0. Сучасний світ, який потребує індустрії стандартів 4.0 вимагає від пристроїв стандартів приєднання ethernet, Wi-fi, що робить загальний доступ до пристроїв через мережу інтернет та не відповідає стандартам безпеки у електроенергетичній галузі, тому використання протоколів зв'язку modbus є без альтернативним шляхом для об'єктів електроенергетики з метою забезпечення їх кібербезпеки.

Для реконструкції пристроїв релейного захисту можливо використати термінали релейного захисту другого покоління, які відповідають вимогам надійності, які стосуються релейного захисту та не мають каналу телемеханіки який пов'язаний з відкритою мережею інтернет.

Відповідно до цих об'єктів, які є шахтними комплексами необхідною функцією захисту окрім основного є постійний контроль ізоляції у шахтних мережах з ізолюваною нейтраллю напругою 6-10 кВ. До цих вимог необхідно обрати термінал, який спеціалізований для захисту мереж з ізолюваною нейтраллю для об'єктів шахтного комплексу, що виключає використання терміналів захисту, які призначені для роботи у мережах 6-10 кВ в міських електричних мереж та узагальнене навантаження.

ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

1.1 Реконструкція і модернізація релейного захисту і автоматики ПС «Героїв Космосу» - 150/35/6 кВ.

Реконструкція і модернізація релейного захисту і автоматики ООО «ДТЕК» ПС «Героїв Космосу» - 150/35/6 кВ. Автоматика підстанції «Героїв Космосу», на якій необхідно провести реконструкцію пристроїв РЗ і А розподільчого пристрою 6 кВ, у зв'язку з фізичним зносом обладнання та його моральною застарілістю. Фізичний знос РЗ і А знижує його надійність та збільшує ймовірність відмов обладнання у аварійному режимі.

Електромеханічна база в основі своїй складалася з реле струму електромагнітного типу РТ 40, пороміжних реле типу РП 23, реле часу РВ 200 та вказівкових реле типу РУ 21. Додаткові елементи у вигляді струмообмежуючих резисторів та клемних колодок виконують функцію забезпечення апаратного функціонування логічної частини пристроїв РЗ і А. Фідер кожного приєднання містить: МСЗ (максимальний струмовий захист), СВ (струмова відсічка), ЗЗнЗ (захист від замикання на землю). У розподільчому пристрою 6 кВ всі кола МСЗ були об'єднані шляхом з'єднання миттєвих контактів реле часу у групу ЛЗШ (логічний захист шин) з витримкою 0,5 с.

Виконується модернізація пристроїв релейного захисту та обладнання, з метою підвищення надійності роботи систем електропостачання, впровадження сучасного комплексу автоматики телемеханіки та дистанційного моніторингу. Реконструкція приладів релейного захисту полягає у зміні типу електромеханічної бази на більш сучасні термінали РЗ і А. Проблема електромеханічної бази полягає у необхідності потужних джерел оперативного струму змінної або постійної напруги, утримання яких має високі з точки зору експлуатації витрати. Можливість використання приладів діагностування у аварійних режимах систем оперативного струму відсутня, оскільки при проектуванні релейного захисту був закладений лише один вид оперативного струму (постійний оперативний струм) напругою 220 В.

Основним джерело енергії, є акумуляторні батареї, які працюють у режимі постійної підзарядки та вимагають додаткового обслуговування персоналу

аккумуляторних приміщень. Сучасні мікропроцесорні термінали мають ряд технічних переваг:

1. Масо-габаритні розміри.
2. Споживання електричної енергії мікропроцесорним пристроєм РЗ, яка у разі спрацювання менша ніж у реле електромагнітного типу.
3. Можливість організації обміну даними між терміналами релейного захисту за протоколом modbus за інтерфейсом RS 485.
4. Простота організації дискретних кіл за рахунок використання дискретних входів виходів терміналів на базі онтропів (входів) та електромагнітних реле, які знаходяться у пристроях терміналів. Ці елементи терміналу дозволяють будувати такі види автоматики як:
 - АВР (автоматика вводу резерву);
 - ПРВВ (пристрій резервного вимикання вимикача);
 - ЛЗШ (логічний захист шин), встановлений в функцію терміналу та забезпечує блокування систем автоматики у аварійному режимі;
 - ДЗШ (дуговий захист шин);
 - АПВ (автоматичне повторне ввімкнення).
5. Ремонтну придатність, у разі виходу з ладу терміналу релейного захисту, оперативно можна замінити без виконання складних демонтажних робіт, пов'язаних з роз'єднанням клемних колодок пристрою.

Недоліки:

1. Одним з недоліків мікропроцесорного терміналу є висока вартість обладнання.
2. Вимірювальний компонент терміналу не дозволяє використовувати його в якості робочих приладів, оскільки клас точності знаходиться за межами 10 % похибки.
3. Вразливість мікропроцесорних пристроїв РЗ пов'язана зі строком служби компонентів таких як: ЖК дисплей, та світло-діоди, які є індикаторами аварійної сигналізації та використовуються у якості вказівного реле, що при відсутності оперативного струму не дає можливості визначити тип аварійної ситуації , у разі якщо під час аварії буде відсутній оперативний струм не відбудеться реєстрації у внутрішній журнал терміналу аварійних ситуацій та спрацювання захисту.

Релейний захист шахтних електроустановок, незважаючи на уявну простоту, має ряд специфічних особливостей: важкі гірничо-геологічні умови, скрутність робочого простору, пилота, вологорястність шахтних виробок, пожежо - та вибухонебезпечність газових шахт. Пояснюється це тим, що шахтні підприємства, будучи потужними та відповідальними споживачами електричної енергії, мають особливості, сукупність яких якісно відрізняє їх від загальнопромислових споживачів. Внаслідок зазначеного шахтні споживачі (двигуни, трансформатори) і комутаційна апаратура вбудовуються в спеціальні вибухозахищені оболонки, а разом з комутаційною апаратурою в ці оболонки вбудовуються пристрої релейного захисту. Подібне технічне рішення до пристроїв релейного захисту висуває особливі вимоги щодо апаратної надійності, розмірів, ваги, простоти обслуговування.

Необхідність забезпечення засобами релейного захисту не тільки безперебійності і надійності електропостачання шахтних підприємств, а й безпеки використання електричної енергії (електробезпеки). Так, якщо в мережах загального призначення, що працюють з ізольованою нейтраллю, при струмах замикання на землю менше 5А дозволяється деякий час працювати з заземленою фазою, то в рудничних мережах замикання на землю, що супроводжуються значно меншими струмами, щоб уникнути нещасних випадків підлягають негайному відключенню спеціальним захистом від витоків. Більш того, для зниження струмів витoku загальна довжина кабелів, приєднаних до одного або паралельно працюючих трансформаторів, обмежується до 3 км. Для виключення умов відкритого іскроутворення в підземних виробках газових шахт в результаті комутаційних перенапруг і грозових розрядів, а також запобігання помилкових дій захисту від витоків мережі 6 кВ, внаслідок ослаблення ізоляції електроустановок поверхні застосовується відокремлене живлення підземних мереж від спеціальних розв'язуючих трансформаторів 6/6 кВ або триобмоткових трансформаторів 150/35/6,6 кВ.

Сумірність максимальних струмів комутаційних перемикачів електроустановок з мінімальними струмами КЗ. Співвідношення струмів двох і

трифазного КЗ в одній і тій же точці в рудничних мережах на відміну від мереж загального призначення. Внаслідок сумірності опорів живлючих джерел і споживачів під впливом струмів навантаження, якщо КЗ відбулося під час пуску двигунів, струми двофазних КЗ змінюються до $\pm 20 - 25\%$, зростаючи в випереджаючій і знижуючись в відстаючій пошкоджених фазах. На зниження струмів КЗ позначаються також коливання напруги і температури гірських вироблень. Тому для копальних низьковольтних мереж узаконено співвідношення струмів двох і трифазного КЗ, рівне 0,6-0,7. У великих межах (до 1,5-1,7 разу) внаслідок інтенсивної динаміки копальневих мереж, коли довжини живлячих ліній нарощуються до тих пір, поки це дозволяють умови пуску двигунів, міняються і їх фактичні пускові струми. Сказане і обумовлює сумірність максимальних струмів комутаційних перемикачів електроустановок з мінімальними струмами до КЗ. [1]

Трудність зважаючи на забезпечення надійності функціонування релейного захисту підземних електроустановок. Як відомо, коефіцієнт відлагодження уставки максимального захисту від КЗ K_n - визначає надійність її по селективності, а коефіцієнт чутливості K_c - надійність по безвідмовності. При заданих параметрах мережі, та захищаємої електроустановки ці коефіцієнти тісно взаємозв'язані: збільшення K_n призводить до зниження K_c , і навпаки. Якщо в мережах електропостачання загального призначення, внаслідок великої різниці випадків підлягають негайному відключенню спеціальним захистом від витоків між струмами ушкодження і максимальними робочими струмами електроустановки забезпечення $K_n=1,8-2$, що регламентуються, і $K_c= 1,5-2$ не викликає ускладнення, то в копальневих мережах, зважаючи на сумірність цих струмів, досягнення необхідних значень K_n і K_c складно, оскільки збільшення K_n понад 1,1-1,2 призводить до відмови захисту. З огляду на категоричну неприпустимість останніх, для підземних електроустановок рекомендують вибір уставки виробляти за умовою $I_{сп} \geq I_{п.н}$ ($I_{сп}$ -струм спрацьовування захисту; $I_{п.н}$ -номінальний пусковий струм двигуна), допускають $K_n \geq 1$. Це робиться в надії на те, що під впливом опору мережі фактичний пусковий струм двигуна буде нижче

номінальної $I_{п.н}$ і автоматично створиться деяка селективність захисту. Подібний вибір K_n і є причиною неселективних дій захисту при зовнішніх КЗ і помилкових при комутаційних перемиканнях (пусках, узгоджених на вмикання, протиковикання двигуна).

Велика кратність максимальних струмів КЗ на початку і мінімальних струмів КЗ в кінці зони захистів. Внаслідок великих довжин ліній живлення рудникових електроустановок, що доходять до 1000-1200 м приведеної довжини кабелів, коливань напруги і температури рудничної атмосфери ця кратність доходить до 20-30. Останнє при здійсненні захисту рудникових низьковольтних електроустановок створює двоякі труднощі. По перше, для підвищення чутливості захисту, вбудованої в обраний апарат, при віддалених КЗ доводиться знижувати величину K_n або приймати спеціальні заходи для збільшення струмів КЗ шляхом підвищення перетину робочих жил кабелів, установки потужніших трансформаторів, наближення пересувної знижуючої підстанції до струмоприймачів.

По друге, зважаючи на великі струми КЗ на початку зони захисту, які значно перевищують гранично допустимі розривні струми комутаційного апарату, доводиться вдаватися до допомоги так званого «каскадного відключення» КЗ. Установки декількох послідовно включених апаратів з відповідними налаштуванням їх захисту, що діють при КЗ одночасно.

Впродовж останнього десятиріччя ознаменувалося якісним поліпшенням рішень комплексу питань електропостачання гірничих підприємств, включаючи питання релейного захисту. З'явилися більш досконалі вибухобезпечні магнітні пускачі ПВІ з вбудованим струмовим захистом УМЗ, автоматичні вимикачі АВ-200ДО і АВ-320ДО, апарати максимального струмового фільтрового захисту, вибухо захищені комплектні розподільчі пристрої ЯВ-6400, КРУВ-6 з вбудованими схемами АПВ, АВР та ВРУ.

У даній роботі питання релейного захисту цих установок розглянуті як єдине ціле з урахуванням того, що надійність живлення гірничого підприємства

тісно взаємопов'язана з правильною роботою пристроїв захисту електроустановок обох категорій.

Різні пошкодження електрообладнання та мереж гірничих підприємств поділяються на дві основні групи:

- а) пошкодження механічні;
- б) пошкодження електричні.

Залежно від виду електрообладнання, режиму і умов його роботи співвідношення між названими ушкодженнями різні. Так, у двигунів переважна кількість аварій викликана електричними пошкодженнями, тоді як у підземних кабелів (особливо у гнучких) першопричиною багатьох електричних аварій є механічні пошкодження (зім'яті кабелі шматками породи або механізмами з подальшим КЗ).

Електричні двигуни. Аналіз електричних і механічних ушкоджень двигунів, за даними експлуатації показує, що переважна кількість аварій (більше 95%) викликана електричними ушкодженнями і тільки незначна частина (менше 5%) - механічними. Механічні ушкодження двигунів викликаються несправностями або зносом підшипників, поломкою валу або корпусу внаслідок некоректної експлуатації, недосконалістю герметизації окремих вузлів, що обумовлює попадання всередину двигуна олії, вологи. Дещо підвищений відсоток механічних ушкоджень (до 7-10%) забійних двигунів, в порівнянні з двигунами загального призначення, легко пояснити специфічними важкими умовами експлуатації.

Електричні ушкодження двигунів є переважно наслідком руйнування ізоляції обмотки статора і рідко ротора, що викликає міжфазні (двух і трифазні) короткі замикання, замикання фази на корпус, виткові замикання. Окрім ушкодження самих обмоток ці замикання часто приводять і до руйнування сталі магнітопровода двигуна, чим ще більше посилюють ушкодження останнього. Причинами руйнування ізоляції є передусім технологічні перевантаження, обумовлені невідповідністю характеристик двигунів характеристикам основних

машин і механізмів, часті включення і противовключення, тривалі роботи при зниженій напрузі, в неповно фазному режимі. Негативно позначаються також конструктивні недоліки і недоліки виготовлення двигунів.

У підземних умовах найбільш часті аварії врубово-комбайнових і конвеєрних двигунів. Окремі комбайнові двигуни нерідко потрапляють в капітальний ремонт з декількома видами ушкоджень.

Таблиця 1- Статистика видів пошкоджень двигунів які використовуються в шахтних комплексах.

	ЄДК4-1	ЄДК04-2
Пошкодження обмоток статора, %	89	97
Виправлення стержнів ротора, %	19	16
Вигорання заліза статора, %	3	7
Пошкодження маслосахищених ущільнень, %	68	67
Пошкодження підшипника, %	35	42

Часті ушкодження двигунів на гірських підприємствах, особливо підземних, зумовлюється їх недовгий міжремонтний термін їх служби.

Також на ПС «Героїв Космосу» - 150/35/6 кВ використовуються кабелі.

Як показали проведені обстеження високовольтних підземних мереж ряду гірських підприємств, головними причинами аварій є ушкодження кабелю рейковим транспортом, що рухається, і низька якість оброблення кабелю в місці приєднання муфт. Нижче приведені отримані в результаті обробки статистичного матеріалу дані про ушкодження високовольтних шахтних кабелів, прокладених в різних виробленнях. У ці дані входять також ушкодження ввідних і сполучних муфт, оскільки врахувати їх окремо надзвичайно важко.

Таблиця 2- Порівняльні характеристики.

	Середнє число аварій на 1 км в рік	Середній час простою на 1 аварію, час
Високовольтні кабелі по вертикальному стволу	0,1	4,5
Високовольтні кабелі по нахиленій транспортній виробці	0,714	4,6
Високовольтні кабелі по горизонтальній виробці	0,824	4,5

У низьковольтній мережі, виконаній броньованим кабелем, низьку надійність мають місця з'єднання броньованих кабелів і приєднання їх до електроустаткування. Тому на кінцеві і сполучні муфти доводиться 65% усіх аварій, що відбуваються з низьковольтними броньованими кабелями. Ще більше уразливими, як показали спостереження, являються гнучкі кабелі, на долю яких на ділянках шахт з пологими пластами доводиться 25-60% і з крутими пластами - 65-100% усієї довжини підземних мереж електропостачання. Гнучкі кабелі виходять з ладу в 20 і більше разів частіше, ніж броньовані кабелі, оскільки ізоляція гнучких кабелів, виконаних в нормальному виконанні і позбавлених надійного захисту від механічних ушкоджень, легше ушкоджується по шматкам породи, що дають, шахтними механізмами. Це призводить до проникнення всередину кабеля вологи, пилу і зниження опору ізоляції з подальшим пробоем. Особливо небезпечні обриви силових жил кабелю з муфт, що відбуваються в основному на пересувних машинах, де цей вид ушкодження досягає 35% загального числа ушкоджень кабелю.[3]

Із загальної кількості аварій з гнучкими кабелями, на кабелі, що живлять комбайнові двигуни, доводиться 43% ушкоджень, бурильні двигуни - 25% і інші двигуни - 32%. Кількість ушкоджень кабелів, що живлять комбайни і врубіві машини, складає 60%, конвеєрні установки-19%, бурильні, - 15%.

Аналіз ушкоджень гнучких кабелів, проведений на шахтах Донбасу, показав наступний розподіл причин, що викликали аварії: ушкодження кабелів шматками падаючої породи - 47%; порубка сокирою - 22,5%; передавлення машинами або порізи зубками різального ланцюга - 20,6%; злами на счалках - 9,4%; інші причини - 0,5%. Часті ушкодження гнучких кабелів обумовлюють і їх низький міжремонтний термін служби, що становить для кабелів, які живлять комбайни і врубові машини 47 діб, а скребкові конвеєри - 108 діб. Повний термін служби гнучких кабелів не перевищує 8-10 міс., тоді як для низьковольтних броньованих кабелів він складає 2,5-3 роки, для високовольтних - 6-10 років.

Також використовуються магнітні пускачі, призначені для гірських підприємств, на відміну від пускачів загального призначення, працюють у важких специфічних умовах. Так, вимоги забезпечення вибухозахищеності змушують поміщати ці апарати в спеціальні металеві оболонки, обмеженість об'єму яких, погана циркуляція повітря і ряд інших чинників призводять до того, що основні вузли і елементи пускачів працюють при температурі довкілля на 20-40° вище, ніж в комутаційній апаратурі загального призначення. Із-за високої вологості атмосфери підземних виробок (до 98%) і сильної запиленості (до 1000 мг вугільного пилу в 1 м³ повітря) необхідно створювати підвищену герметичність вибухобезпечних оболонок, а елементи апаратів виконувати з дугостійкості матеріалів з більш досконаліми, ніж в звичайних апаратах, шляхами витоків, що погіршує інші параметри пускачів (наприклад, тепловіддачу, видалення продуктів розпаду, що утворюються при гасінні дуги).

Особливо негативно позначається на терміні служби контакторів режим комутації, характерний для всіх забійних двигунів, коли контактора доводиться вмикати і вимикати до 2 - 2,2-кратний пусковий струм. Цей режим скорочує електричну зносостійкість комутуючих елементів пускача і призводить до передчасного виходу їх з ладу.

1.2 Шафи оперативного струму РЗ і А

Шафами серії ШОТ1М, надалі випрямно-зарядні перетворювачів (ВЗП) і акумуляторні батареї (АБ) призначені для забезпечення постійним оперативним струмом пристроїв РЗ і А, сигналізації та пристроїв телемеханіки.

Надійність і довговічність роботи щитів ШОТ1М забезпечується не тільки якістю їх виготовлення, а й правильною їх експлуатацією. Тому дотримання всіх експлуатаційних вимог є обов'язковим.

Щити ШОТ1М виготовляються відповідно до ТУ У 31.2-36158696-001: 2009.

Щити ШОТ1М призначені для безперебійного живлення ланцюгів управління, захисту, автоматики і сигналізації напругою постійного струму на електричних станціях і підстанціях. Щит ШОТ1М в своєму складі передбачає використання розподільчого пристрою постійного струму (РУ), випрямної системи (ВЗП) і акумуляторної батареї (АБ), які розміщуються в різних відсіках або в різних шафах. Щити ШОТ1М за своїми характеристиками можуть бути використані і в інших галузях народного господарства.

За своїм призначенням Щити ШОТ1М виконують такі функції:

- живлення вбудованого в щит ШОТ1М розподільчого пристрою від вбудованої в щит ШОТ1М акумуляторної батареї, автоматична зарядка і підзарядка АБ, вбудованої в щит ШОТ1М випрямної системою ВЗП;
- розподіл електроенергії між споживачами;
- можливість об'єднання шин різних секцій ШОТ1М за допомогою секційних роз'єднувачів;
- селективний захист вводів від АБ і ліній, що відходять від струмів перевантаження і короткого замикання;
- безперервний автоматичний контроль напруги і струму заряду/розряду АБ з формуванням сигналу про відхилення електричних параметрів АБ за допустимі межі;

- безперервний автоматичний контроль опору ізоляції мережі постійного струму відносно «землі» з формуванням сигналу про зниження опору ізоляції нижче допустимого значення;
- формування узагальненого попереджувального сигналу при спрацьовуванні захистів, зникненні напруги на шинах $\pm ES$, зникненні напруги живлення випрямної системи;
- інші функції відповідно до опитувального листа.

Вимірювання і контроль аналогових і дискретних сигналів здійснюється вбудованими в щит ШОТ1М мікропроцесорними засобами вимірювання, контролю, передачі і відображення інформації.

1.3 Структура умовного позначення щитів серії ШОТ1М

ШОТ1М - XXX - XX - XX - XXX - X - XX - XX УХЛ XX

1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

1. Щит оперативного постійного струму, модернізований.
2. Номінальна напруга, В - 110; 220.
3. Номінальна напруга елементів акумуляторної батареї, В - 6; 12.
4. Кількість 12-вольтових елементів акумуляторної батареї:
 - для номінальної напруги 110 В, шт. - 9;
 - для номінальної напруги 220 В, шт. - 17.
 Кількість 6-вольтових елементів акумуляторної батареї:
 - для номінальної напруги 110 В, шт. - 17;
 - для номінальної напруги 220 В, шт. - 34.
5. Номінальна ємність акумуляторної батареї, А · год:
 - для виконань до 50 А · год - 30; 40; 50;
 - для виконань до 120 А · год - 60; 80; 100; 120;
 - для виконань до 200 А · год - 150; 200.
6. Загальна кількість випрямних блоків ВЗП:

- для ісп. до 50 А · год, шт. - 2;
- для ісп. до 120 А · год, шт. - 2; 4;
- для ісп до 200 А · год, шт. - 2; 4; 6.

7. Загальна кількість автоматичних вимикачів (QF) або запобіжників (FU)

ліній, що відходять:

- для виконань до 50 А · год, шт. - до 16;
- для виконань до 120 А · год, шт. - до 24;
- для виконань до 200 А · год, шт. -до 32.

8. Ступінь захисту по ДСТУ 14254:

21 - IP21;

31 - IP31;

54 - IP54.

9. УХЛ - кліматичне виконання по ДСТУ 15150.

10. Категорія розміщення по ДСТУ 15150 -2; 3; 3.1; 4.

Примітки:

1. При виборі кількості ВЗП необхідно керуватися наступними умовами:

- для виконань до 50Аг можлива установка 2-х ВЗП по 5 або 10А;
- для виконань до 120Аг можлива установка 2-х ВЗП по 5 або 10А, 4-х ВЗП по 5 або 10А;
- для виконань до 200Аг можлива установка 2-х ВЗП по 5 або 10А, 4-х ВЗП по 5 або 10А, або 6-ти ВЗП по 5 або 10А.

2. Номінальні струми вимикачів або плавких вставок запобіжників ліній, що відходять визначаються згідно опитувального листа.

3. За бажанням споживачів, відповідно до технічного завдання, в щити ШОТ1М можуть бути вбудовані наступні додаткові пристрої, які за своїм призначенням розширюють функціональні можливості щитів ШОТ1М:

- блок АВР в ланцюгу живлення ВЗП;
- фільтри усунення ВЧ перешкод в ланцюгах живлення ВЗП;
- елемент генерації напруги миготливого світла;

- блок живлення ланцюгів оперативного блокування роз'єднувачів;
- наявність інтерфейсу зв'язку RS485 (MODBUS / RTU) і / або з Ethernet (MODBUS / TCP);
- захист від глибокого розряду акумуляторної батареї;
- система ручного або автоматичного пошуку лінії з замиканням на землю;
- резервний вольтметр контролю ізоляції;
- вольтметри контролю напруги на секціях збірних шин;
- амперметри контролю струму навантаження збірних шин;
- світлова сигналізація положення захисних апаратів;
- допоміжні контакти аварійного відключення вимикачів або запобіжників ліній, що відходять та інше, відповідно до опитувального листа.

1.4 Умови експлуатації щитів ШОТ1М

Умови експлуатації щитів ШОТ1М повинні відповідати вимогам ДСТУ 15150, при цьому:

- температура оточуючого повітря:
 - для виконання УХЛ4- від плюс 5 ° С до плюс 40°С;
 - для виконання УХЛ3.1- від мінус 10°С до плюс 45°С;
 - для виконання УХЛ3 - від мінус 20°С до плюс 45°С;
 - для виконання УХЛ2 - від мінус 40°С до плюс 45°С;
- відносна вологість навколишнього повітря:
 - для виконання УХЛ4 - 80% при 25°С;
 - для виконань УХЛ3.1, УХЛ, УХЛ2 - 98% при 25°С;
- висота над рівнем моря - до 2000 м;
- місце установки в закритих приміщеннях при відсутності безпосереднього впливу атмосферних опадів і сонячної радіації;
- навколишнє середовище не вибухонебезпечне, яке не містить агресивних газів і парів в концентраціях, що руйнують метал і ізоляцію;
- робоче положення вертикальне, допускається відхилення від вертикального положення не більше 5° в будь-яку сторону;

- стійкість щитів ШОТ1М до дій механічних чинників навколишнього середовища така, що відповідає групі механічного виконання М39 за ДСТУ 17516.1.[8]

1.5 Технічні дані випрямних блоків ВЗП

Технічні дані випрямних блоків ВЗП, які можуть бути вбудовані в щит ШОТ1М з живленням від однофазної мережі живлення змінного струму, наведені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Технічні дані випрямних блоків.

№ п/п	Найменування параметру	Параметр
1	Номінальна напруга живлючої мережі, В (L, N)	230
2	Допустимі відхилення напруги живлючої мережі, В	от 185 до 255
3	Номінальна частота живлючої мережі, Гц	50
4	Допустимі відхилення частоти живлючої мережі, в % від номінального значення	±2,0
5	Номінальне значення випрямленої напруги, В	115;230
6	Заводська установка випрямленої напруги	116;231
7	Межі регулювання випрямленої напруги в режимі стабілізації напруги, В	105...125; 210...250
8	Номінальне значення випрямленого струму, А	5; 10
9	Межі регулювання випрямленого струму в режимі стабілізації струму, А	1...5; 9,5...10,5
10	Допустимі відхилення випрямленої напруги від величини заданої в режимі стабілізації напруги, в % від номінального значення	±0,5
11	Допустиме відхилення випрямленого струму від величини заданої в режимі стабілізації струму, в % від номінального значення	5,0
12	Допустимий рівень пульсацій випрямленої напруги, в % від номінального значення	0,5
13	Коефіцієнт потужності	0,95 не менше
14	Коефіцієнт корисної дії, %	90 не менше
15	Кількість випрямляючих блоків ВЗП, допускаючих паралельну роботу	6

1.6 Функції контролера ШОТ1М

Функції контролера ШОТ1М, який може бути вбудований в щит ШОТ1М з обмеженими функціональними можливостями:

- контроль і відображення на екрані РКІ величини напруги на клеммах підключення АБ;

- контроль і відображення величини струму заряду або розряду АБ;
- контроль електричного опору ізоляції в мережі ОПТ;
- контроль аварійного відключення захисних апаратів;
- видача інформаційних сигналів в панель центральної сигналізації, по лініях телесигналізації, по лініях інтерфейсу зв'язку з системами вищого рівня при аварійному відключенні захисних апаратів, а також при виході електричного опору ізоляції та електричних параметрів АБ за заздалегідь задані допустимі межі.

1.7 Вбудовані елементи захисту випрямних модулів системи ВЗП

Всі випрямні модулі системи ВЗП в своєму складі мають вбудовані елементи захисту:

- від зовнішніх і внутрішніх коротких замикань;
- від перенапруг силових транзисторів;
- від перегріву охолоджувачів силових транзисторів;
- від виходу напруги мережі живлення за межі допустимих значень;
- від виходу випрямленої напруги (напруги на АБ) за межі допустимих значень.

Всі випрямні модулі системи ВЗП в своєму складі мають вбудовані вхідний і вихідний RL-фільтри усунення високочастотних перешкод, що виникають в процесі роботи транзисторних ключів. Вхідний LC- фільтр в свою чергу захищає випрямні модулі від імпульсних перешкод, що виникають в мережі живлення від дії інших виробів і пристроїв.

Середній термін служби щита ШОТ1М з заміною акумуляторних батарей становить 25 років.

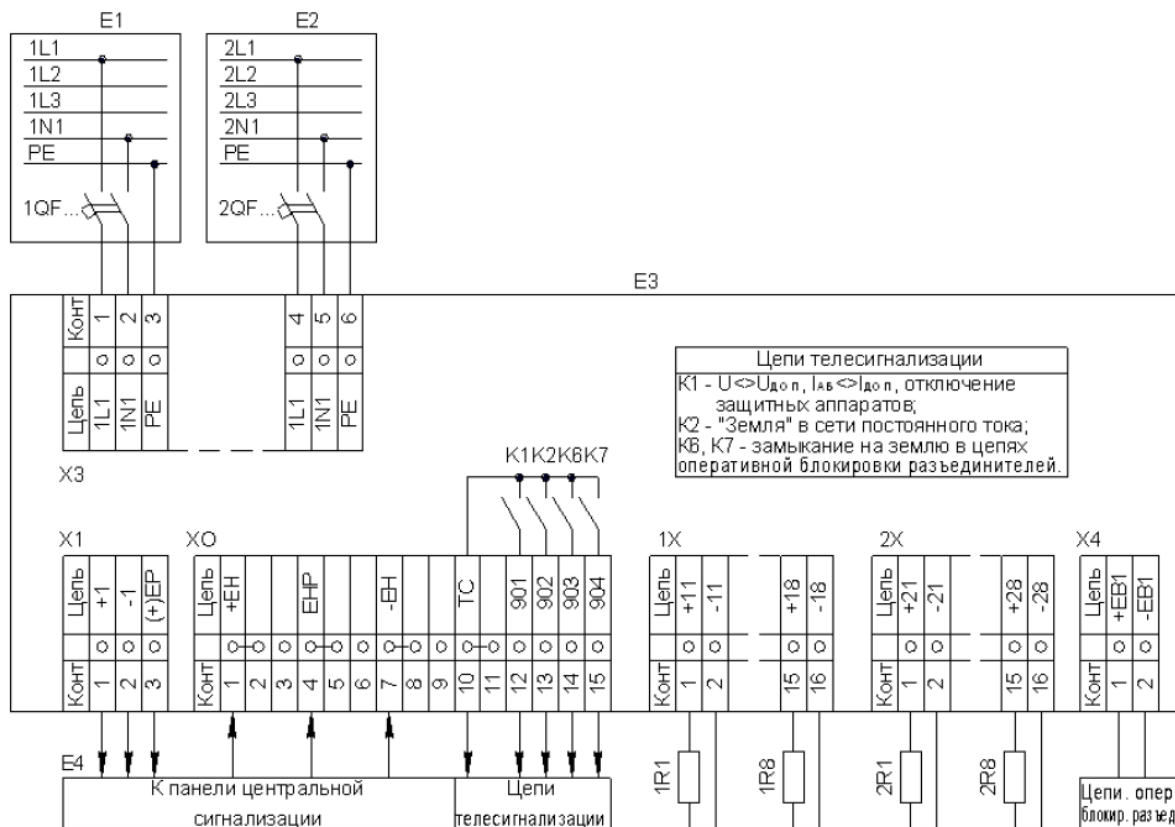
Середній термін служби акумуляторних батарей визначається відповідно до їх технічними характеристиками.

Гарантійний термін експлуатації шафи ШОТ1М і щита ШОТ1М становить 36 місяців з дня введення їх в експлуатацію, але не більше 42 місяців з дня їх виготовлення.

1.8 Однофазна живлюча мережа.

Схема зовнішніх підключень щитів ШОТ1М приведена на рисунку 1.

Рис. 1 - Схема зовнішніх підключень ШОТ1М. Однофазна живлюча мережа



1.9 Трифазна живлюча мережа.

Схема зовнішніх підключень щитів ШОТ1М приведена на рисунку 2.

На рисунку 1, 2 введені наступні умовні позначення:

- 1QF ... - вимикач першої секції збірних шин РУ-0,4 кВ (E1);
- 2QF ... - вимикач другої секції збірних шин РУ-0,4 кВ (E2);
- 1RX - елементи навантаження першої секції шин ЩитаШОТ1М ($\pm 1ES$);
- 2RX - елементи навантаження другої секції шин ЩитаШОТ1М ($\pm 2ES$);
- E3 - щит ШОТ1М;
- E4 - панель центральної сигналізації.

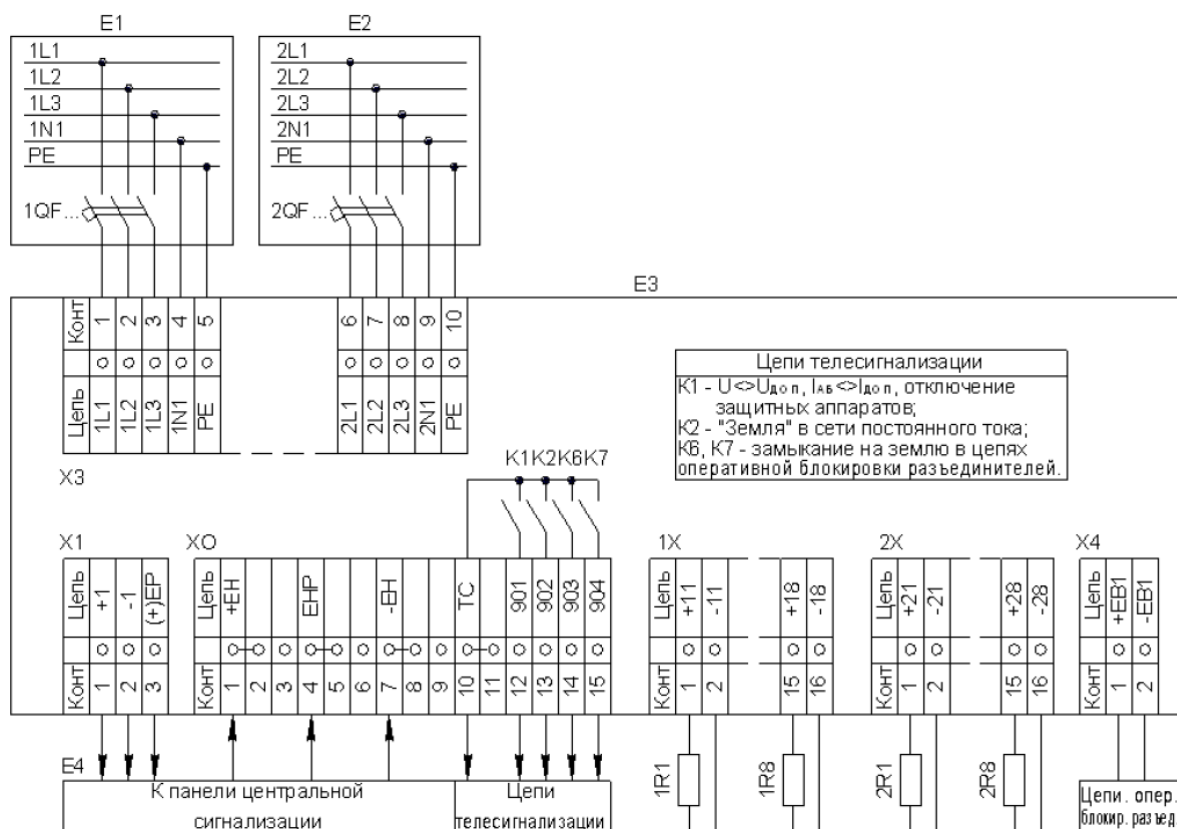


Рис. 2 - Схема зовнішніх підключень ШОТ1М. Трифазна живлюча мережа

Максимальні струми навантаження в кабелях підключення щита ШОТ1М до живильної мережі змінного струму вказані в таблиці 4.

Таблиця 4 – Струм навантаження в кабельних підключеннях.

КВЗП, шт.	Іном, А	АВР ВЗП (п. 6 ОЛ)	Мережа живлення (п. 6 ОЛ)	ІС, А
2	5	так	220В, 1ф+N; 220В, 2ф	14,54
4	5	так	220В, 1ф+N; 220В, 2ф	29,08
2	10	так	220В, 1ф+N; 220В, 2ф	29,08
4	10	так	220В, 1ф+N; 220В, 2ф	58,16
6	5	так	380В, 3ф+N	14,54
6	10	так	380В, 3ф+N	29,08
2	30	ні	380В, 3ф+N	29,08
2	5	ні	220В, 1ф+N; 220В, 2ф	7,27
4	5	ні	220В, 1ф+N; 220В, 2ф	14,54
2	10	ні	220В, 1ф+N; 220В, 2ф	14,54
4	10	ні	220В, 1ф+N; 220В, 2ф	29,08
6	5	ні	380В, 3ф+N	7,27
6	10	ні	380В, 3ф+N	14,54
2	30	ні	380В, 3ф+N	14,54

У таблиці 4 вказані такі дані:

КВЗП-загальна кількість випрямних блоків ВЗП, встановлених в щит ШОТ1М;
 Іном- номінальний вихідний струм випрямного блоку ВЗП, А;
 ІС-максимальний фазний струм навантаження в кабелі підключення вводу №1 (2)
 ВЗП від живильної мережі, А.[10]

1.10 Вибір ємності акумуляторної батареї

Вибір ємності акумуляторної батареї здійснюється з умови гарантованого живлення навантаження від акумуляторної батареї в кінці її терміну служби протягом однієї години (або протягом іншого необхідного часу резервування).

Відомо з практики, що акумуляторна батарея до кінця гарантованого терміну експлуатації втрачає 20% своєї ємності, а потім при подальшій її експлуатації втрачає 10% своєї ємності через кожний наступний рік.

Наведемо практичний приклад вибору ємності акумуляторної батареї з наступних умов:

- гарантований термін експлуатації акумуляторної батареї - 12 років;
- струм навантаження акумуляторної батареї в аварійному режимі (відсутності напруги мережі живлення змінного струму) - 5 А;
- обраний нами час розряду нової акумуляторної батареї - 8 год;

Тоді необхідна для нас ємність нової акумуляторної батареї на першому етапі попередніх розрахунків дорівнюватиме $5 \times 8 = 40 \text{ А} \cdot \text{год}$, а необхідна ємність в кінці повного терміну експлуатації повинна бути рівною $5 \times 1 = 5 \text{ А} \cdot \text{год}$.

Ємність акумуляторної батареї в кінці гарантованого терміну її експлуатації (12 років) буде дорівнювати $40 \times 0,8 = 32 \text{ А} \cdot \text{год}$.

Ємність акумуляторної батареї в кінці повного терміну її експлуатації буде дорівнювати $32 - 6 \times 0,1 \times 40 = 8 \text{ А} \cdot \text{год}$,

де цифра «6» - допустима кількість років подальшої експлуатації акумуляторної батареї після завершення гарантійного терміну.

Таким чином, повний термін експлуатації батареї без урахування можливих миттєвих навантажень буде рівним $12 + 6 = 18$ років.

Миттєве навантаження може створювати, наприклад, електромагніт взводу пружини високовольтного вимикача.

Прийmemo за вихідні дані наступне:

- Номінальний струм електромагнітна взводу пружини - 42 А;
- Час дії електромагніту взводу пружини - 0,05 с;
- Можлива кількість включень електромагніту взводу пружини протягом однієї години резервування - 2.

В цьому випадку акумуляторна батарея додатково втратить $42 \times 0.05 \times 2 = 4.2$ А·год своєї ємності. Очевидно, що для такого випадку необхідно або збільшити номінальну ємність батареї, або на один рік зменшити повний термін її експлуатації.

Для обраної акумуляторної батареї потрібна її перевірка ще й за значеннями миттєвих струмів навантаження.

Практика експлуатації щитів ШОТ1М показала, що конкретні їх виконання по номінальній ємності АБ витримують такі миттєві навантаження:

- 30 А· год – 75 А;
- 40 А· год – 100 А;
- 50 А· год – 125 А;
- 60А· год – 150 А;
- 80А· год – 185 А;
- 100А· год – 225 А;
- 120А· год – 250 А.

Таким чином видно, що якщо ми маємо справу з миттєвими навантаженнями в межах від 150 до 185 А, то батарея ємністю 40 А · год повинна бути замінена на батарею ємністю 80 А · год.

1.11 Вибір випрямних блоків системи ВЗП

Схема щита ШОТ1М передбачає установку апаратури АВР. В цьому випадку живлення всіх випрямних блоків системи ВЗП здійснюється від робочого вводу живлючої мережі. При зникненні напруги на робочому ввіді, живлення системи ВЗП здійснюється від резервного вводу.[2]

Висновок: Шафи оперативного струму обираються за потужністю пристроїв РЗ і А сигналізації та потужності приводів комутаційних апаратів. У даному проекті обрана шафа оперативного струму типу ШОТ1М. Головною умовою при обрані шафи постійного струму є забезпечення надійного постачання напруги оперативного струму шляхом використання акумуляторних батарей. Використання акумуляторних батарей забезпечує безперебійну роботу пристроїв РЗ і А, сигналізації, телемеханіки та аварійного освітлення підстанції.

СПЕЦІАЛЬНИЙ РОЗДІЛ

2.1 Реконструкція пристроїв релейного захисту і автоматики

Реконструкція пристроїв релейного захисту і автоматики передбачає повний демонтаж електромеханічної бази, окрім двох проміжних реле вихідного реле, яке живить соленоїд вмикання, та вихідного реле, яке живить соленоїд вимкнення.

При реконструкції встановити випробувальний блок БІ-4 (блок випробувальний) для кіл вимірювання струму з закорочуючими контактами у сторону трансформатора струму та блок БІ-6 для вимірювальних кіл напруги функцією, якого є відокремлення трансформатора напруги від вимірювальних кіл напруги релейного захисту та пристроїв обліку. У зв'язку з режимом роботи нейтралі (ізолюваною нейтралі) встановити такі види захисту: МСЗ, СВ, ЗЗнЗ, пуск мінімальної напруги.

Термінал релейного захисту типу БЗУ (блок захисту та керування) за умовами роботи має з контролю ізоляції кабельних ліній, на відміну від загальнопромислових терміналів типу РМ, УЗА та РС, які мають можливість контролю ізоляції кабельної лінії за умовами роботи. Тому остаточно до установки приймаємо БЗУ.

Розрахунок уставок МСЗ та СВ необхідно проводити з врахуванням коефіцієнтом повернення (K_p) рівним 0,95. Для розрахунку уставки приймаємо коефіцієнт схеми ($K_{сх}$) рівним 1, оскільки схема з'єднання трансформатора неповна зірка, відповідно коефіцієнт трансформації трансформатора струму ($K_{тт}$) приймаємо відповідно, до таких які встановлено в колах струм від лаштування (I_B) знаходити за формулою струм номінальний помножити на коефіцієнт від лаштування ($K_{від}$) рівний 1,05.

$$I_B = I_N \cdot K_{від}, \quad (1)$$

2.2 Розрахунок уставок релейного захисту

1. Струм спрацювання релейного захисту для МСЗ рівний.

$$I_{\text{МСЗ}} = K_{\text{від}} \cdot I_{\text{ном}} \cdot K_{\text{н}}, \quad (2)$$

2. Струм спрацювання реле для МСЗ:

$$I_{\text{с.р (МСЗ)}} = \frac{I_{\text{МСЗ}} \cdot K_{\text{сх}}}{K_{\text{тт}}}, \quad (3)$$

$$K_{\text{тт}} = \frac{I_1}{I_2}, \quad (4)$$

3. Розрахунок струмової відсічки:

$$I_{\text{св}} = I_{\text{кз}}^{(3)} \cdot K_{\text{від}}, \quad (5)$$

$I_{\text{кз}}^{(3)}$ – в кінці лінії

4. Струм спрацювання реле струмової відсічки:

$$I_{\text{с.р (св)}} = \frac{I_{\text{св}} \cdot K_{\text{сх}}}{K_{\text{тт}}}, \quad (6)$$

5. Перевірка чутливості захисту МСЗ згідно ПУЕ , коефіцієнт чутливості ($K_{\text{ч}}$) має бути більшим або рівним струму двох фазного короткого замикання ($I_{\text{кз}}^{(2)}$), $K_{\text{ч}} \geq 1,5$:

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз}}^{(2)}}{I_{\text{с.р (МСЗ)}}}, \quad (7)$$

$I_{\text{кз}}^{(2)}$ – в кінці лінії

Вхідне приєднання 4 секції 1:

$$S_{\text{кз}}^{(3)} = 153,5 \text{ МВ} \cdot \text{А}, \quad (8)$$

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{S_{\text{кз}}^{(3)}}{U_{\text{ср}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{153,5}{6,3} = 24,3 \text{ кА}, \quad (9)$$

$$X_{\text{сист}} = \frac{U_{\text{ср}}}{I_{\text{кз}}^{(3)}} = \frac{6,3}{24,3} = 0,25 \text{ Ом}, \quad (10)$$

$$I_{\text{ном}} = 602,5 \text{ А}, \quad (11)$$

$$F_{\text{ек}} = \frac{I_{\text{ном}}}{j_{\text{е}}} = \frac{602,5}{2} = 301,25 \text{ мм}^2, \quad (12)$$

$j_{\text{е}}$ – економічна густина струму, А/мм²

Найближчий стандартний переріз складає 300 мм². Приймаємо кабель з паперовою пропитаною ізоляцією марки ВВГнгб -3×300, $I_{\text{доп}} = 688 \text{ А}$,

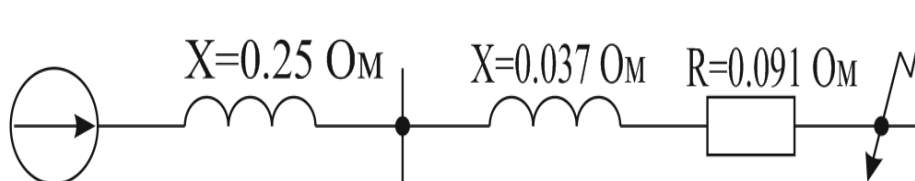
$$I_{\text{рф}} \leq I_{\text{доп}}, \quad (13)$$

$$602,5 < 688 \text{ (А)},$$

$$X_0 = 0,054 \text{ Ом/км}; R_0 = 0,13 \text{ Ом/км},$$

$$L_{\text{каб}} = 700 \text{ м},$$

$$X=0.037 \text{ Ом}; R=0.091 \text{ Ом},$$



$$Z_{\text{pez}} = \sqrt{0,25 + 0,037 + 0,091} = 0,61 \text{ Ом},$$

$$I_{\text{кз}}^{(3)} = \frac{U_{\text{cp}}}{Z_{\text{pez}} \cdot \sqrt{3}} = \frac{6,3}{0,61 \cdot \sqrt{3}} = 6,3 \text{ кА}, \quad (14)$$

$$I_{\text{кз}}^{(2)} = I_{\text{кз}}^{(3)} \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 6,3 \cdot \frac{\sqrt{3}}{2} = 5,45 \text{ кА}, \quad (15)$$

$$I_{\text{сз(МСЗ)}} = I_{\text{н}} \cdot K_{\text{вд}} \cdot K_{\text{п}} = 602,5 \cdot 1,05 \cdot 1,1 = 695,8 \text{ А}, \quad (16)$$

$$I_{\text{cp}} = \frac{I_{\text{сз(МСЗ)}} \cdot K_{\text{cx}}}{K_{\text{тт}}} = \frac{695,2 \cdot 1}{160} = 4,34 \text{ А}, \quad (17)$$

$$K_{\text{тт}} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{800}{5} = 160, \quad (18)$$

$$K_{\text{ч}} = \frac{I_{\text{кз}}^{(2)}}{I_{\text{сз(МСЗ)}}} = \frac{5,45}{695,2} = 7,83, \quad (19)$$

$$1,5 \leq 7,83,$$

Таблиця 5 -Розрахунок уставок РЗ і А.

№ п/п	U _{ном}	S _{кв} , МВА	I _{кз} ⁽³⁾	X _{схем}	F _e	I _н < I _{доп}	Каб.	X _{каб}	R _{каб}	Z _{рез}	I _{кз} ⁽³⁾	I _{кз} ⁽²⁾	I _{сз} (МСЗ)	I _{ср}	K _{тт}	K _г >1,5		
5	6,3	153,5	24,37	0,26	225	450	460	ВВГнге 6-3х240	0,095	0,097	0,67	5,42	4,69	519,75	4,33	120	9,0	1,5
7	6,3	153,5	24,37	0,26	70	140	210	ВВГнге 6-3х70	0,064	0,2	0,72	5,03	4,36	161,7	4,04	40	26,9	1,5
8	6,3	153,5	24,37	0,26	70	140	210	ВВГнге 6-3х70	0,96	0,3	1,23	2,95	2,6	161,7	4,04	40	15,8	1,5
9	6,3	153,5	24,37	0,26	35	76	135	ВВГнге 6-3х35	0,43	0,22	0,95	3,82	3,30	87,78	4,39	20	37,6	1,5
11	6,3	153,5	24,37	0,26	95	181	255	ВВГнге 6-3х95	0,039	0,09	0,62	5,84	5,06	209,055	3,48	60	24,2	1,5
12	6,3	153,5	24,37	0,26	500	1000	1328	ВВГнге 6-3х500	0,029	0,092	0,62	5,90	5,11	1155	38,50	30	4,43	1,5
15	6,3	153,5	24,37	0,26	14,5	29	85	ВВГнге 6-3х16	0,051	0,56	0,93	3,90	3,38	33,495	1,67	20	101	1,5
16	6,3	153,5	24,37	0,26	500	1000	1328	ВВГнге 6-3х500	0,029	0,092	0,62	5,90	5,11	1155	38,50	30	4,43	1,5
17	6,3	153,5	24,37	0,26	9	18	65	ВВГнге 6-3х10	0,22	3,6	2,02	1,80	1,56	20,79	0,69	30	75	1,5
18	6,3	153,5	24,37	0,26	12,5	25	65	ВВГнге 6-3х10	0,22	3,6	2,02	1,80	1,56	28,875	1,44	20	54	1,5
19	6,3	153,5	24,37	0,26	235	470	688	ВВГнге 6-3х300	0,012	0,008	0,53	6,89	5,97	542,85	4,52	120	11	1,5
22	6,3	153,5	24,37	0,26	112,5	225	460	ВВГнге 6-3х240	0,095	0,097	0,67	5,42	4,69	259,875	25,99	10	18,1	1,5
25	6,3	153,5	24,37	0,26	260	520	688	ВВГнге 6-3х300	0,012	0,008	0,53	6,89	5,97	600,6	5,01	120	9,94	1,5
26	6,3	153,5	24,37	0,26	225	450	460	ВВГнге 6-3х240	0,061	0,065	0,62	5,87	5,08	519,75	4,33	120	9,77	1,5
27	6,3	153,5	24,37	0,26	120	240	225	ВВГнге 6-3х95	0,047	0,094	0,63	5,75	4,98	277,2	4,62	60	18	1,5
30	6,3	153,5	24,37	0,26	1000	2000	2163	ВВГнге 6-3х1000	0,021	0,015	0,54	6,70	5,80	2310	5,78	400	2,51	1,5
31	6,3	153,5	24,37	0,26	70	140	210	ВВГнге 6-3х70	0,057	0,18	0,70	5,17	4,47	161,7	4,04	40	27,7	1,5
32	6,3	153,5	24,37	0,26	70	140	210	ВВГнге 6-3х70	0,051	0,16	0,69	5,31	4,60	161,7	4,04	40	28,4	1,5
33	6,3	153,5	24,37	0,26	90,5	181	225	ВВГнге 6-3х95	0,08	0,18	0,72	5,05	4,37	209,055	3,48	60	20,9	1,5
34	6,3	153,5	24,37	0,26	38	76	106	ВВГнге 6-3х35	0,071	0,42	0,87	4,20	3,64	87,78	4,389	20	41,4	1,5
35	6,3	153,5	24,37	0,26	14,5	29	65	ВВГнге 6-3х10	0,14	2,38	1,67	2,18	1,9	33,495	2,233	15	56,4	1,5
36	6,3	153,5	24,37	0,26	500	1000	1328	ВВГнге 6-3х1000	0,022	0,012	0,54	6,72	5,8	1155	38,5	30	5,04	1,5
37	6,3	153,5	24,37	0,26	500	1000	1328	ВВГнге 6-3х1000	0,035	0,02	0,56	6,50	5,6	1155	38,5	30	4,87	1,5
38	6,3	153,5	24,37	0,26	235	470	688	ВВГнге 6-3х300	0,033	0,025	0,56	6,46	5,6	542,85	18,095	30	10,3	1,5
40	6,3	153,5	24,37	0,26	18	18	65	ВВГнге 6-3х10	0,17	2,88	1,82	2,00	1,7	20,79	1,386	15	83,3	1,5
46	6,3	153,5	24,37	0,26	225	450	460	ВВГнге 6-3х240	0,021	0,022	0,55	6,62	5,7	519,75	25,9875	20	11	1,5
51	6,3	43,8	6,95	0,91	175	350	385	ВВГнге 6-3х175	0,075	0,097	1,04	3,50	3	404,25	5,053125	80	7,5	1,5
52	6,3	43,8	6,95	0,91	175	350	385	ВВГнге 6-3х175	0,08	0,097	1,04	3,49	3	404,25	5,053125	80	7,49	1,5
53	6,3	43,8	6,95	0,91	225	450	460	ВВГнге 6-3х240	0,053	0,056	1,01	3,61	3,1	519,75	4,33125	120	6,02	1,5
56	6,3	43,8	6,95	0,91	175	350	385	ВВГнге 6-3х185	0,075	0,097	1,04	3,50	3	404,25	5,053125	80	7,5	1,5
57	6,3	43,8	6,95	0,91	235	470	688	ВВГнге 6-3х300	0,052	0,041	1,00	3,64	3,2	542,85	4,52375	120	5,81	1,5
58	6,3	43,8	6,95	0,91	175	350	385	ВВГнге 6-3х175	0,075	0,097	1,04	3,50	3	404,25	5,053125	80	7,5	1,5
62	6,3	43,8	6,95	0,91	900	1800	1857	ВВГнге 6-3х800	0,035	0,022	0,98	3,71	3,2	2079	51,975	40	1,54	1,5

2.3 Вибір терміналів релейного захисту ввідного та секційного вимикачів

Термінал ввідного вимикача відрізняються від терміналів фідерів наявністю вимірювальних кіл напруги, а також окремих дискретних входів для кіл логічного захисту шин та дугового захисту. Уставки захисту за напругою (0,6-0,7) $U_{ном}$. Термінал ввідного вимикача також має функцію ПРВВ, а також логічні кола АВР, між терміналами секційного вимикача та ряд блокування АВР від ЛЗШ, та ДЗШ які також блокують пристрій АПВ [13]

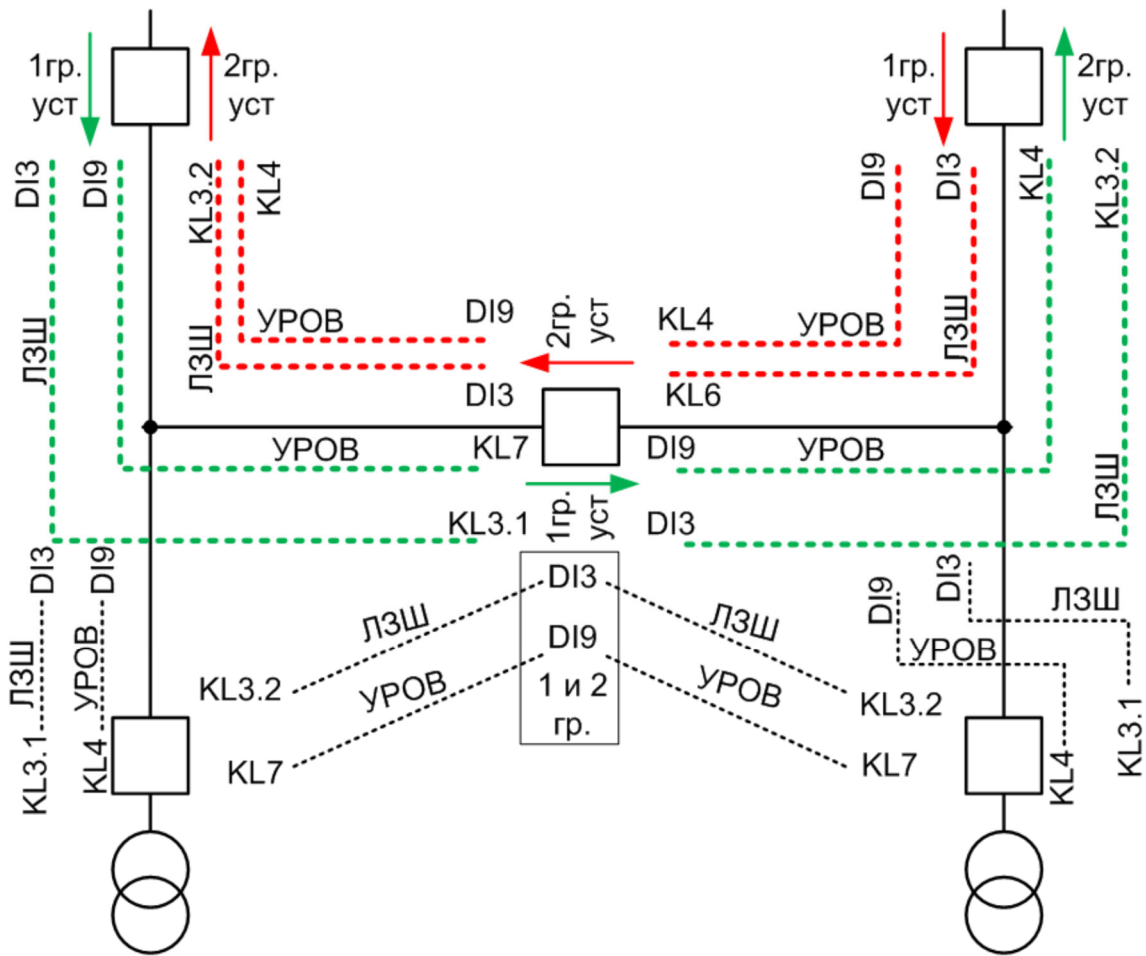


Рисунок 3- Взаємозв'язок між дискретними входами виходами для організації кіл ЛЗШ та ПРВВ.

Розрахунок уставки:

$$I_{max\text{ пік}} = \left(\sum I_{ном} - I_{ном\text{ max}} \right) + I_{ном\text{ max}} \cdot K_{п}, \quad (20)$$

$$K_{\pi} = 5,$$

Струм спрацювання МСЗ:

$$I_{\text{сз (МСЗ)}} = \frac{I_{\text{пiк}} \cdot K_{\text{вiд}}}{K_{\text{возв,реле}}}, \quad (21)$$

$$K_{\text{вiд}} = 1,1,$$

$$K_{\text{возв,реле}} = 0,95,$$

$$I_{\text{сз (МСЗ реле)}} = \frac{I_{\text{сз (МСЗ)}}}{K_{\text{тт}}} \cdot K_{\text{сх}}, \quad (22)$$

Струм спрацювання СВ:

$$I_{\text{сз (СВ)}} = I_{\text{кз}}^{(3)} \cdot K_{\text{вiд}}, \quad (23)$$

$$I_{\text{сз (СВ реле)}} = \frac{I_{\text{сз (СВ)}}}{K_{\text{тт}}} \cdot K_{\text{сх}}, \quad (24)$$

Розрахунок ЗМН:

$$U_{\text{сз}} = U_{\text{ном}} \cdot 0,6 = 6,3 \cdot 0,6 = 3,73 \text{ кВ}, \quad (25)$$

$$U_{\text{ср реле}} = \frac{U_{\text{сз}}}{100} = \frac{3730}{100} = 37 \text{ В}, \quad (26)$$

Для захисту мережі з ізольованою нейтраллю та замиканням однієї з фаз на землю використовується реле мінімальної напруги у складі мікропроцесорного терміналу, вхід якого підписаний 3U0, уставка спрацювання приймається згідно умов до протяжності кабельної лінії і складає 15 В.

Уставки витримок часу МСЗ приймаємо:

1. Для ввідних вимикачів витримка часу 1 с.
2. Для секційного вимикача витримка часу 0,8 с.
3. Для фідерів відхідних приєднань витримка часу 0,6 с.

Висновок, прийнятий крок дискретності за часом складає 0,2 с.

1. $t_{\text{ввід}} = 1\text{с} = t_{0,8} + \Delta t_{0,2}$
2. $t_{\text{секц}} = 0,8\text{с} = t_{0,6} + \Delta t_{0,2}$
3. $t_{\text{фід}} = 0,6\text{с}$

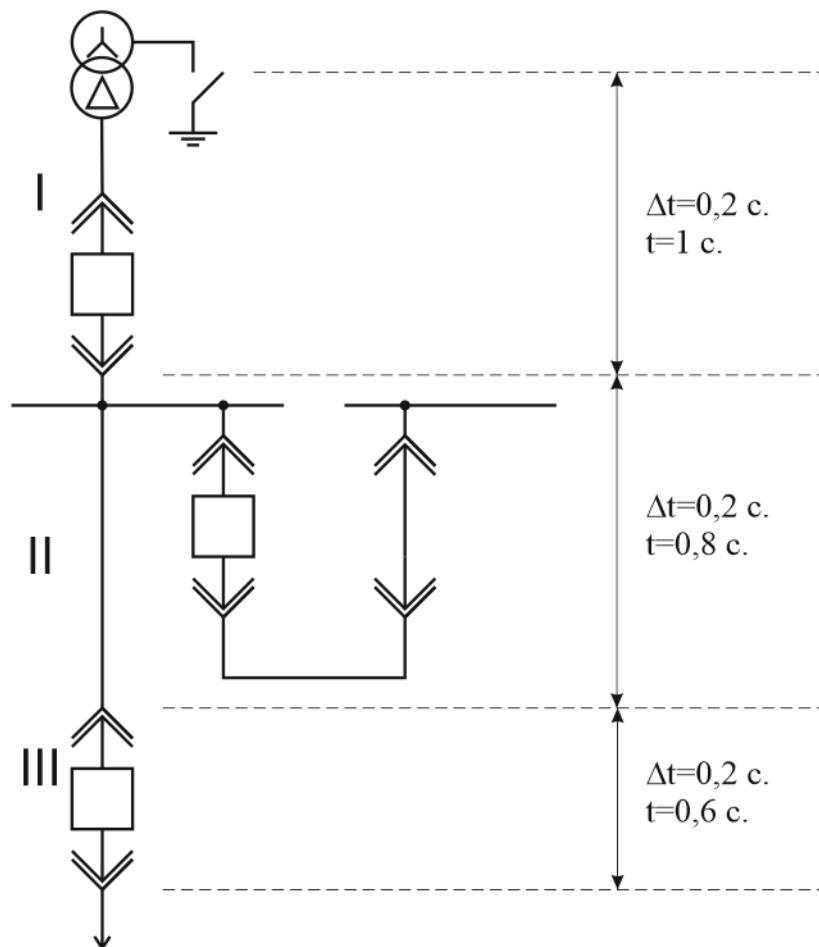


Рисунок 4 - Селективність степенів за часом.

ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих чинників

Проектована підстанція складається з відкритого розподільчого пристрою (ВРП) 150 кВ, на якому розташовані високовольтні вимикачі, роз'єднувачі, силові трансформатори, розрядники та з закритого розподільчого пристрою (ЗРП) 6 кВ, на якому розташовані комплектні розподільчі пристрої з комутаційними апаратами, збірними шинами, пристроями керування, захисту, автоматики та виміру.

При роботі на ПС на людину впливає ряд небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Їх вплив і заходи захисту регламентуються інструкціями з охорони праці. При обслуговуванні підстанції мають місце такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- наявність небезпечної напруги на струмоведучих частинах електрообладнання;
- наявність небезпечної напруги (крокової) в зоні розтікання електричного струму при замиканні струмоведучих частин на землю;
- підвищений рівень шуму, через наявність електрообладнання високої напруги на підстанції;
- можливість наявності небезпечної напруги на корпусах обладнання при його пошкодженні;
- можливість отримання травм при недотриманні правил експлуатації електрообладнання з обертовими і частинами механізмів що розмикаються;
- пожежонебезпека в результаті можливих аварійних ситуацій під час роботи трансформаторів;
- недостатня освітленість робочої зони при роботах в темний час доби, а також в аварійних ситуаціях при відсутності напруги в мережі освітлення;
- підвищена температура поверхні обладнання.[12]

3.2 Інженерно – технічні заходи з охорони праці

Технічні засоби і заходи з електробезпеки реалізуються в конструкції електроустановок при їх розробці, виготовленні і монтажі відповідно до чинних

нормативів. Основні технічні засоби і заходи забезпечення електробезпеки при нормальному режимі роботи електроустановок включають:

- ізоляція струмоведучих частин;
- недоступність струмоведучих частин;
- блокування безпеки;
- засоби орієнтації в електроустановках;
- виконання електроустановок, ізольованими від землі;
- застосування малих напруг;
- вирівнювання потенціалів.

З метою підвищення рівня, залежно від призначення, умов експлуатації і конструкції в електроустановках застосовується одночасно декілька з перелічених технічних засобів і заходів.

Ізоляція струмоведучих частин забезпечує технічну працездатність електроустановок, зменшує вірогідність попадань людини під напругу, замикань на землю і на корпус електроустановок.

Забезпечення недоступності струмоведучих частин. Основними заходами забезпечення недоступності струмопровідних частин є застосування захисних огорожень, закритих комутаційних апаратів, розміщення неізольованих струмоведучих частин на висоті, недосяжній для ненавмисного доторкання до них інструментом, різного роду пристосуваннями, обмеження доступу сторонніх осіб в електротехнічні приміщення тощо.

Застосування блокувань безпеки. Блокування безпеки застосовуються в електроустановках, експлуатація яких пов'язана з періодичним доступом до огорожених струмоведучих частин. Вони призначені для блокування доступу до неізольованих струмопровідних частин без попереднього зняття з них напруги, попередити помилкові оперативні та керуючі дії персоналу при експлуатації електроустановок.

Засоби орієнтації в електроустановках дають можливість персоналу чітко орієнтуватися при монтажі, виконанні ремонтних робіт і запобігають помилковим діям. До засобів орієнтації в електроустановках відносяться маркування частин

електрообладнання, проводів і струмопроводів (шин), бірки на проводах, забарвлення неізолюваних струмопровідних частин, ізоляції, внутрішніх поверхонь електричних шаф і щитів керування, попереджувальні сигнали, написи, таблички, комутаційні схеми тощо.

Виконання електричних мереж, ізолюваними від землі обмежує величину струму, що проходить через людину, за рахунок опору ізоляції фаз відносно землі за умови забезпечення необхідного стану ізоляції. При наявності фаз з пошкодженою ізоляцією і доторканні людини до фазного проводу з непошкодженою ізоляцією величина струму, що проходить через людину, значно зростає. Тому застосування мереж, ізолюваних від землі, вимагає обов'язкового контролю опору ізоляції.

Застосування малих напруг. Застосовується в приміщеннях з підвищеною небезпекою електротравм і поза приміщеннями для живлення ручного електрифікованого інструменту, ручних переносних ламп, світильників місцевого освітлення.

Вирівнювання потенціалів. Застосовується з метою зниження можливих напруг дотику і кроку при експлуатації електроустановок або попаданні людини під ці напруги за інших обставин. Вирівнювання потенціалів досягається за рахунок навмисного підвищення потенціалу опорної поверхні, на якій може стояти людина, до рівня потенціалу струмоведучих частин, яких вона може торкатися, або за рахунок зменшення перепаду потенціалів на поверхні землі чи підлозі приміщень в зоні можливого розтікання струму.

Поява напруги на неструмовідних частинах електроустановок пов'язана з пошкодженням ізоляції і замиканням на корпус. Основними технічними заходами щодо попередження електротравм при замиканнях на корпус є захисне заземлення, захисне відключення.

Захисне заземлення – це навмисне електричне з'єднання з землею чи її еквівалентом металевих не струмоведучих частин, які можуть опинитися під напругою.

Захисне відключення призначене для відключення електроустановки при пошкодженні ізоляції і переході напруги на не струмовідні її елементи. Застосовується в доповнення до захисного заземлення для забезпечення надійного захисту.

Система електрозахисних засобів. Електрозахисні засоби – це технічні вироби, що не є конструктивними елементами електроустановок і використовуються при виконанні робіт в електроустановках з метою запобігання електротравм.

Електрозахисні засоби поділяють на ізольовані (основні: ізольовані штанги всіх видів, ізольовані кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруг, покажчики пошкодження кабелів; додаткові: діелектричні рукавички, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізольовані підставки, ізольовані накладки, ізольовані ковпаки, штанги для перенесення і вирівнювання потенціалу, сигналізатори напруги, переносні заземлення), огорожувальні (огороження, щитки, ширми, плакати) та запобіжні (окуляри, каски, запобіжні пояси, рукавиці для захисту рук).

3.3 Пожежна профілактика

Пожежна профілактика являє собою єдиний комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на попередження і локалізацію пожеж і вибухів. До цих заходів відносяться:

- міри пожежної безпеки, що передбачаються при проектуванні і будівництві підприємств;
- міри пожежної безпеки, прийняті при проведенні технологічного процесу, тобто в період експлуатації підприємства.

Ризик спалаху на підстанціях не настільки великий, але можливі наслідки пожежі можуть бути катастрофічними. Пожежі на підстанціях можуть серйозно вплинути на енергопостачання споживачів і на доходи підприємства та його активи. Також пожежі можуть створити загрозу персоналу, аварійним бригадам, і

людям які випадково опинилися поблизу. Розуміння можливості виникнення пожежі, прийняття відповідних протипожежних заходів, дозволяють знизити ризик їх утворення і пом'якшити наслідки пожежі і є одними з ключових чинників для проектування та експлуатації нових або існуючих підстанцій.

Пожежі на підстанції можуть виникнути в результаті коротких замикань, порушення правил експлуатації електрообладнання. Це відноситься, як до відкритих, так і до закритих РП в приміщенні.

Пожежа представляє велику небезпеку через наявність маслонаповненого обладнання на підстанції, так як трансформаторне масло є хорошим паливом матеріалом, який при руйнуванні бака може розлитися на значну площу і призвести до поширення пожежі на розташоване поруч обладнання.

Пожежна безпека на ВРП в цьому випадку забезпечується обмеженням кількості горючої речовини за допомогою наступних заходів:

- облаштування маслоприємних та дренажних пристроїв під трансформаторами, що запобігають розтікання масла і розповсюдження пожежі на інше обладнання;
- періодичним очищенням території підстанції від сухої трави, пуху.

Категорія приміщення по вибуховій, вибухопожежної та пожежної небезпеки приміщення закритих розподільних пристроїв з вимикачами і апаратурою – В1, ступінь вогнестійкості – II.

Організаційні заходи щодо забезпечення пожежної безпеки:

- навчання робітників і службовців правилам пожежної безпеки;
- розробка та реалізація норм і правил пожежної безпеки, інструкцій про порядок роботи з легкозаймистими речовинами та матеріалами;
- виготовлення і застосування засобів наочної агітації по забезпеченню пожежної безпеки;
- організація пожежної охорони об'єкта.

На підстанції для запобігання розповсюдження пожежі передбачені наступні засоби пожежогасіння:

-ВРП. Пожежний щит (по одному біля кожного трансформатора), який включає в себе: багор – 1 шт.; лом – 1 шт.; лопата – 1 шт.; відро – 2 шт.; полотнище протипожежне – 1 шт.; ящик для піску – 1 м³; вуглекислі вогнегасники (ОУ-25 - 1шт., ОУ-8 – 1 шт.);

-ЗРП. Пожежний щит (біля кожного входу в приміщення) який включає в себе: багор – 1 шт.; лом – 1 шт.; лопата – 1 шт.; відро – 2 шт.; ящик для піску – 1 м³; полотнище протипожежне – 1 шт.; вуглекислі вогнегасник ОУ-80 і пінний вогнегасник ОХЛ-10.

3.4 Заходи з ергономіки

Ергономіка вивчає питання оптимального розподілу та узгодження функцій між людиною і машиною, на підставі чого проектується процес діяльності людини, його функції, обґрунтовуються оптимальні вимоги до технічних засобів та виробниче середовище. Рациональна сумісність можливостей людини і характеристик технічних засобів, оптимальний розподіл функцій між елементами системи «людина-машина» істотно підвищують її надійність, ефективність і обумовлюють оптимальне використання людиною технічних засобів відповідно до їх призначення.

Головними цілями ергономіки є:

- безпека праці;
- підвищення ефективності системи «людина - техніка - середовище»;
- комфортність – задоволеність людини результатами своєї праці і забезпечення умов для розвитку особистості людини в процесі праці.

Ергономіку формують такі групові показники:

- антропометричні, регламентують відповідність машини розмірами і формою тіла працюючої людини, рухливості частин тіла і іншим параметрам;
- гігієнічні, характеризують метеорологічні умови мікроклімату і обмеження впливу шкідливих факторів зовнішнього середовища;
- фізіологічні і психофізіологічні, характеризують ті ергономічні вимоги, які визначають відповідність системи «людина - техніка - середовище» силовим,

швидкісним, енергетичним, зоровим, слуховим, відчутних можливостям і особливостям людини;

- психологічні, відображають відповідність машини можливостям і особливостям сприйняття пам'яті, мислення, психомоторики людини.

На людину в процесі праці діють безліч факторів: вид трудової діяльності, її тяжкість і напруженість, умови, в якій вона здійснюється (шкідливі речовини, випромінювання, кліматичні умови, освітленість і т.д.). Для того щоб людина - машина система функціонувала ефективно і не приносила шкоди здоров'ю людини, необхідно, перш за все, забезпечити сумісність характеристик машини і людини.

На підприємстві здійснюється комплекс технічних і санітарно-гігієнічних заходів, що забезпечують нормальні умови праці та попереджувальних професійні захворювання.

Виїмка вугілля, кріплення призабойного простору пов'язані з наступними шкідливими для здоров'я чинниками:

1. Фізична напруга. Вантажно-розвантажувальні роботи в підвідних виробках, переміщення енергопоїзда, монтаж (демонтаж) скребкових конвеєрів, скорочення (нарощування) стрічкових конвеєрів, витяг аркового кріплення, навантаження вугілля вручну при виїмці берм, зведення тимчасового кріплення, ремонт комбайна і гідрокріплень пов'язані з систематичними тривалими фізичними навантаженнями . При систематичній тривалій нарузі і роботі у вимушеній незручній позі у робочих розвивається варикозне розширення вен, тромбофлебіт, невралгія, неврити, хронічні артрити, хвороби кістково-м'язової системи та ін.

Робота ГРОВ кваліфікується як фізично важка, витрати енергії на її виконання складають 280÷320 ккал / год.

2. Нервово-емоційне напруження. Робота ГРОВ, МГВМ, гірника підземного, МПУ, електрослюсарів пов'язана з великими нервово-психічними навантаженнями, зумовленими роботою в особливо небезпечних підземних

умовах з підвищеною відповідальністю за виконувану роботу. Це позначається на серцево-судинній діяльності, функції ендокринної системи, на наростанні стомлення до кінця робочої зміни.

3. Освітлення. При виїмці вугілля і виконанні інших робіт в підземних умовах застосовуються світильники РГД-10, СМС-5МЗ, СВГ-5, СВГ-6 і штучне освітлення. Недостатнє освітлення підвищує ймовірність виробничого травматизму і призводить до ослаблення зору, розвитку прогресуючої короткозорості та інших захворювань.

Стаціонарними світильниками повинні висвітлюватися:

- майданчики посадки і сходу людей на конвеєрах;
- посадочні майданчики при перевезенні людей за допомогою локомотивної відкатки.

4. Виробничий пил. При виїмці вугілля утворюється вугільний пил з частковою домішкою породного. Найбільш шкідливий пил, що містить діоксид кремнію. Проникаючи в організм людини через верхні дихальні шляхи, пил викликає ураження органів дихання: антракосилікоз, хронічне абструптивний захворювання легенів, бронхіальну астму та інші захворювання. Потрапляючи на шкіру, він може привести до її захворювання (дерматити та екземи), потрапляючи в очі, здатен порушити хронічні кон'юнктивіти.

5. Виробничий шум і вібрація. При виїмці вугілля комбайном, бурінні шпурів електросвердлом, при роботі маслостанцій виникає інтенсивний шум і вібрація. При тривалому впливі шуму настає притуплення слуху, глухота.

У гірських виробках рівні шуму на робочих місцях і в робочих зонах не повинні перевищувати 80дБА.

Для зниження шумового навантаження на ділянці застосовується обладнання серійного виготовлення, допущене до застосування в шахті відповідно до вимог документів Держнаглядохоронпраці і Санепідемнагляду.

Крім того, у всіх працюючих механізмах необхідно регулярно перевіряти і змінювати мастило, не допускаючи при цьому роботу їх «вхолосту».

У разі перевищення рівня шуму на робочих місцях і в робочих зонах для органів слуху передбачений захист часом (технологічні перерви тривалістю $5 \div 10$ хв після кожної години роботи).

При роботі з відбійним молотком і електросвердлом робітники повинні бути забезпечені і використовувати противібраційний рукавиці і взуття.

6. Обводненість. При відпрацюванні лави в обводнених умовах спостерігається зниження температури навколишнього середовища, що призводить до розвитку облітеруючого ендортеріта.

7. Метеорологічні умови. В умовах підземних гірничих виробок відзначається підвищена вологість, коливання температури і підвищена швидкість руху повітря. Несприятливі метеорологічні умови можуть викликати ангіоневрози, хронічні артрити та інші хвороби.

8. Гамма-фон. Радіаційний фон створюється за рахунок радіонуклідів (радон, торону) і продуктів їх розпаду.

Згідно вимірам, які виконані дільницею ВТБ (вентиляція і техніка безпеки) шахти «Героїв Космосу» дозиметром-радіометром МКС-У, рівень зовнішнього гамма-випромінювання на 547 бортовому штреку - $0,011 \text{ мР / ч}$, на 547 збірному штреку - $0,011 \text{ мР / ч}$, в 547 лаві - $0,011 \text{ мР / ч}$, що не перевищує допустимих норм.

Беручи до уваги, що робітники знаходяться в шахті 17,5% робочого часу року (1536 год.), Річну еквівалентну дозу слід оцінити максимально не вище $0,15 \text{ бер}$, що абсолютно безпечно для здоров'я.

9. Дератизаційних заходів. При веденні робіт в очисному забої і прилеглих виробках можлива поява гризунів, які є збудниками і переносниками інфекційних захворювань. При появі в гірських виробках гризунів повинно своєчасно здійснюватися заходи щодо їх знищення.[11]

3.5 Розрахунок захисного заземлення

Мета розрахунку – визначити параметри заземлення: кількість, розміри і розміщення на плані об'єкта, що захищається, вертикальних і горизонтальних електродів.

Згідно з ПУЕ [3] трифазні установки напругою 110 кВ і вище працюють з ефективно заземленою нейтраллю і відносяться до установок з великими струмами замикання на землю (> 5000 А). Електроустановки напругою вище 1000 В до 35 кВ включно працюють з ізольованою нейтраллю чи приєднаною до заземлюючого пристрою, через котушки, які компенсують.

В установках з великими струмами замикання на землю як розрахунковий струм приймається стале значення найбільшого зі струмів однофазного замикання на землю для проектного заземлюючого пристрою.

В установках з малими струмами замикання на землю без компенсації ємнісних струмів розрахунковий однофазний (ємнісний) струм замикань на землю приблизно може бути визначений за формулою:

$$I_3 = \frac{\sqrt{3}U_\phi}{350} (3,5 * l_{к.л.}) \quad (27)$$

де U_ϕ – фазна напруга мережі, кВ; $U_\phi=660$, кВ; $l_{к.л.}$ – довжина електрично зв'язаних кабельних ліній, км; $l_{к.л.}=2,3$, км;

$$I_3 = \frac{\sqrt{3} * 660}{350} (3,5 * 2,3) = 26,29, \text{ А,}$$

В установках з малими струмами замикання на землю з компенсацією ємнісних струмів як розрахунковий приймається струм, рівний 125% номінального струму компенсаційних апаратів. Для заземлюючих пристроїв, до яких не приєднані компенсаційні апарати, як розрахунковий приймається залишковий струм замикання на землю для даної мережі при вимиканні найбільш потужного компенсаційного апарата чи найбільш розгалуженої ділянки мережі.

Струм замикання на землю повинен бути розрахований для можливої в експлуатації схеми мережі, при якій цей струм буде мати найбільше значення.

3.6 Підраховується опір природних заземлювачів

- для вертикального круглого чи косинцевого заземлювача в поверхні землі:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{4l}{d}, \text{ Ом}; \quad (28)$$

$$R = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,3} \ln \frac{10}{0,008} = 25,24, \text{ Ом};$$

- те ж для зануреного в землю на t_0 від поверхні:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \left(\ln \frac{2l}{d} + \frac{1}{2} \ln \frac{4t + l}{4t - l} \right), \text{ Ом}; \quad (29)$$

$$R = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,5} \left(\ln \frac{5}{0,008} + \frac{1}{2} \ln \frac{(4 \cdot 0,8) + 2,3}{(4 \cdot 0,8) - 2,3} \right) = 23,97, \text{ Ом};$$

- для протяжного на поверхні землі (стрижень, труба, смуга, кабель і т.д., для смуги шириною a , $d = 0,5a$)

$$R = \frac{\rho}{\pi l} \ln \frac{2l}{d}, \text{ Ом}; \quad (30)$$

$$R = \frac{60}{3,14 \cdot 2,3} \ln \frac{5}{0,2} = 22,52, \text{ Ом};$$

- те ж для зануреного в землю на t_0 від поверхні:

$$R = \frac{\rho}{2\pi l} \ln \frac{l^2}{dt}, \text{ Ом}; \quad (31)$$

$$R = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 2,3} \ln \frac{6,25}{0,008 \cdot 0,8} = 25,28, \text{ Ом};$$

- те ж для зануреної у землю на t_0 від поверхні:

$$R = \frac{\rho}{4D} \left(1 + \frac{2}{\pi} \arcsin \frac{D}{\sqrt{16t_0^2 + D^2}} \right), \text{ Ом}; \quad (31)$$

$$R = \frac{600}{4 \cdot 0,2} \left(1 + \frac{2}{3,14} \arcsin \frac{0,2}{\sqrt{16 \cdot 0,64 + 0,04}} \right) = 77,25, \text{ Ом};$$

- для пластини, поставленої на ребро, зануреної на t_0 від поверхні землі:

$$R = \frac{\rho}{2\pi a} \left(\ln \frac{4a}{b} + \frac{a}{2t_0} \right), \text{ Ом}; \quad (32)$$

$$R = \frac{60}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,4} \left(\ln \frac{4 \cdot 0,4}{0,8} + \frac{0,4}{2 \cdot 0,8} \right) = 76,39, \text{ Ом};$$

- для прямокутної пластини на поверхні землі:

$$R = \frac{\rho}{\pi a} \ln \frac{4a}{b}, \text{ Ом}; \quad (33)$$

$$R = \frac{60}{3,14 \cdot 0,4} \ln \frac{4 \cdot 0,4}{0,8} = 32,91, \text{ Ом};$$

- для квадратної пластини на поверхні землі:

$$R = 0,444 \frac{\rho}{a}, \text{ Ом}, \quad (34)$$

$$R = 0,444 \cdot \frac{60}{0,4} = 66,6, \text{ Ом};$$

де ρ - питомий опір ґрунту, Ом · м; $\rho=60$, Ом · м; l – довжина заземлювача, м; $l=2,5$ м; d - діаметр круглого заземлювача, м; $d= 0,008$ м; t – відстань від поверхні землі до центра заземлювача, м; $t=0,8$ м; D – діаметр круглої пластини, м; $D=0,2$ м; a, b – ширина і довжина пластинчастого заземлювача, м; $a=0,4$, м; $b =0,8$, м;

Визначається необхідний опір штучних заземлювачів

$$R_u = \frac{R_l R_{\text{ПУЭ}}}{R_l - R_{\text{ПУЭ}}}, \text{ Ом}; \quad (35)$$

$$R_u = \frac{15 \cdot 10}{15-10} = 30, \text{ Ом};$$

де R_l – опір розтіканню природних заземлювачів; $R_l= 15$ Ом; $R_{\text{пуэ}}$ – припустимий опір розтіканню заземлюючого пристрою, згідно з ПУЭ [3]; $R_{\text{пуэ}}=10$, Ом;

Установки, що заземлюють, з великими струмами замикання на землю, мають складну конструкцію і розраховувати їх рекомендується способом наведених потенціалів.

Розрахунок опору заземлювача цим способом ведеться в такій послідовності:

- за схемою розміщення заземлюючого пристрою, визначаються площа заземлювача $S=6$, (м²), довжина $L_{\Gamma}= 10$, (м) горизонтальних, кількість $n=6$ і довжина $L_{\text{в}}=5$ (м) вертикальних електродів;

кількість вічок m за однією стороною моделі

$$m = \frac{L_{\Gamma}}{2\sqrt{S}} - 1 \quad (36)$$

$$m = \frac{10}{2\sqrt{6}} - 1 = 2$$

- довжина сторони вічка в моделі, м

$$b = \frac{\sqrt{S}}{m}, \text{ м} \quad (37)$$

$$b = \frac{\sqrt{6}}{2} = 1,22 \text{ м};$$

- відстань між вертикальними електродами в моделі при розміщенні їх по контуру, м

$$a = \frac{4\sqrt{S}}{n}; \quad (38)$$

$$a = \frac{4\sqrt{6}}{6} = 1,62 \text{ м};$$

- відносна глибина занурення в землю вертикальних електродів у моделі

$$t_{om.} = \frac{L_B + t_0}{\sqrt{S}}; \quad (39)$$

$$t_{om.} = \frac{5 + 0,8}{\sqrt{6}} = 2,37$$

ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

Вступ

Основним принципом вибору проектного рішення при проектуванні чи реконструкції підстанції є розробка кількох варіантів рішень і порівняння їх між собою за пріоритетними чинниками вибору проекту. Один з можливих шляхів вирішення проектної задачі повинен відповідати таким вимогам:

- Забезпечувати вимоги завдання;
- Забезпечувати безпеку;
- Дотримання встановлених термінів будівництва, кошторисної вартості;
- Умова екологічної безпеки;

Для правильної реконструкції підстанції потрібно зважати на надійність об'єкта та його працездатність, тому необхідність заміни масляних вимикачів на вакуумні визначаються тим, що масляні вимикачі вичерпали свій комутаційний ресурс, а також у зв'язку з посиленням вимог з безпеки і надійності роботи.

4.1 Розрахунок капітальних інвестицій

Капітальні інвестиції – це кошти, призначені для створення і придбання основних фондів і нематеріальних активів, що підлягають амортизації та розраховуються за формулою:

$$K_{\Pi} = K_{\text{об}} + K_{\text{тзс}} + K_{\text{м(н)}}, \quad (4.1)$$

де $K_{\text{об}}$ – вартість устаткування за зведенням витрат (без ПДВ), грн.;

$K_{\text{тзс}}$ – транспортно-заготівельні і складські витрати, грн.;

$K_{\text{м(н)}}$ – витрати на монтаж і налагодження устаткування, грн.

Витрати на монтажні ($Z_{\text{м}}$) та на налагоджувальні роботи ($Z_{\text{н}}$) можна визначити наступним чином:

$$Z_{\text{м(н)}} = \sum (C_i \cdot a_i \cdot t_i) \cdot K_{\partial} \cdot K_{\text{см}} \cdot K_{\text{пр}}, \quad (4.2)$$

де $Ч_i$ – чисельність працівників i -го розряду, необхідних для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), чел; $Ч_i=3$, чел.

a_i – годинна тарифна ставка працівника i -го розряду, грн; $a_i=65$ грн./год.;

t_i – час, необхідний для виконання певного обсягу монтажних (налагоджувальних робіт), год; $t_i=4$ год.;

K_d – коефіцієнт, що враховує розмір доплат; $K_d=1,25$;

$K_{см}$ – коефіцієнт, що враховує єдиний соціальний внесок; $K_{см}=0,2$

$K_{пр}$ – коефіцієнт, що враховує інші витрати на здійснення монтажних (налагоджувальних) робіт; $K_{пр}=0,1$

$$З_{м(н)} = \sum(3 \cdot 65 \cdot 4) \cdot 1,25 \cdot 0,2 \cdot 0,1 = 19,5 \text{ грн};$$

Транспортно-заготівельні і складські витрати за спрощеним методом визначаються у відсотках від вартості устаткування, матеріалів, виробів, конструкцій (10 %) або за фактичними витратами.

Таблиця 6 - Зведення капітальних інвестицій

№	Найменування технічних засобів	Кі-сть	Ціна за одиницю, грн	Сума, грн
1	БЗУ	62	18000	1116000
2	Транспортно-заготівельні і складські витрати	62	1260	78120
3	Витрати на монтажні роботи	62	19,5	1209
4	Витрати на налагоджувальні роботи	62	19,5	1209
5	Інші одноразові витрати	62	20	1240
Всього				1197778

$$K_{пр} = 1116000 + 78120 + 1209 + 1209 + 1240 = 1197778 \text{ тис.грн}, [18]$$

4.2. Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати – це поточні витрати на експлуатацію та обслуговування об'єкта проектування за визначений період (наприклад, рік), що виражені у грошовій формі.

До основних статей експлуатаційних витрат по електротехнічному устаткуванню та енергомережам відносяться:

- амортизаційні відрахування (C_a).
- заробітна плата обслуговуючого персоналу ($C_з$).
- єдиний соціальний внесок (C_c).
- витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж ($C_{пр}$).
- вартість витрат електроенергії (C_e).
- інші витрати ($C_{ін}$).

Таким чином, річні експлуатаційні витрати по об'єкту проектування складають:

$$C = C_a + C_з + C_c + C_{пр} + C_e + C_{ін}, \text{ грн.} \quad (4.4)$$

4.3 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизація об'єкта основних засобів нараховується виходячи з терміну його корисного використання. Податковим кодексом України дозволено використовувати прямолінійний (пропорційний) метод амортизації, при якому річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів.

Розрахунок амортизаційних відрахувань для 4 групи.

Норма амортизації при прямолінійному методі постійна протягом усього амортизаційного періоду і дорівнює:

$$Ha = \frac{1}{T_n} \cdot 100, \% , \quad (4.6)$$

T_n – термін корисного використання 4 групи 5 років:

$$Ha = \frac{1}{5} \cdot 100 = 20 \%;$$

Розрахунок річного фонду заробітної плати здійснюється відповідно до штатного розкладу підприємства :

$$K_{\text{СП}} = 3,27,$$

$$F_{\text{К}} = 8760, \text{ год},$$

$$F_{\text{Н}} = 6024, \text{ год},$$

$$Ч_{\text{обл}} = Ч_{\text{я}} \cdot K_{\text{СП}}, \text{ осіб},$$

$$Ч_{\text{обл}} = 3,27 \cdot 5 = 16,37 = 17, \text{ осіб}.$$

Таблиця 7- Розрахунок річного фонду основної заробітної плати обслуговуючого персоналу

№	Найменування професій робітників	Явочний штат у зміну, осіб	Обліковий склад з урахуванням змінності роботи, осіб	Годинна тарифна ставка, грн		Номінальний річний фонд робочого часу, грн	Усього основна заробітна плата, грн
1	Начальник ПС	1	1	55		1840	101200
2	Майстер ПС	1	1	35		1840	64400
3	Черговий ПС	3	1	25		1840	46000
Всього							211600

[19]

Загальна величина річного фонду заробітної плати складає:

$$C_3 = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}, \text{ грн.} \quad (4.8)$$

Додаткова заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається в розмірі 10% від основної заробітної плати.

$Z_{\text{осн}}$, $Z_{\text{дод}}$ – основна і додаткова заробітна плата відповідно.

$$Z_{\text{осн}} = 211600 \text{ грн.};$$

$$Z_{\text{дод}} = 21160 \text{ грн.}$$

$$C_3 = 211600 + 21160 = 232760 \text{ грн.}$$

Єдиний соціальний внесок:

$$C_c = 232760 \cdot 0,2 = 46552, \text{ грн.}$$

Витрати на технічне обслуговування й поточний ремонт устаткування та мереж:

$$C_{\text{пр}} = 1116000 \cdot 0,01 = 11160, \text{ грн.}$$

4. 4 Розрахунок вартості втрат електроенергії

Вартість втрат електроенергії об'єктом проектування протягом року визначається за формулою:

$$C_3 = W_p \cdot C_e, \text{ грн.}, \quad (4.9)$$

де W_p – річні втрати електроенергії, кВт·год ($W_p = 5$ кВт·год.);

C_e – тариф на електроенергію, грн / кВт·год.; ($C_e = 1,67$ грн / кВт·год.).

$$C_3 = 5 \cdot 1,67 = 8,35, \text{ грн.}$$

4. 6 Визначення інших витрат

$$C_{\text{ін}} = 232760 * 0,04 = 93104, \text{ грн.}$$

4.5. Визначення річної економії від впровадження об'єкту проектування

Повна річна економія від впровадження варіанту визначається з урахуванням експлуатаційних витрат по даному об'єкту:

$$E = E_T - C, \text{ грн}; \quad (4.10)$$

$$E_T = (Q_n - Q_c) \cdot (Ц - C/V), \text{ грн}; \quad (4.11)$$

де Q_n – прибуток за рік новим технічним обладнанням видобувної ділянки, грн.;

$$Q_n = 149\,564\,000 \text{ грн.}$$

Q_c - прибуток за рік застарілим технічним обладнанням видобувної ділянки, грн.;

$$Q_c = 122\,395\,000 \text{ грн.}$$

Ц – оптова ціна однієї тонни вугілля, грн. (Ц = 269 грн.);

С/В – собівартість однієї тонни вугілля, грн. (С/В = 260 грн.).

$$E_r = (149\,564\,000 - 122\,395\,000) \cdot (269 - 260) = 244\,521\,000 \text{ грн.};$$

$$E = 244\,521\,000 - 17\,511\,570 = 227\,009\,430 \text{ грн.}$$

Річна економія від впровадження прийнятого технічного рішення полягає в збільшенні випуску продукції за рахунок нового технічного обладнання, за допомогою якого скорочується час простоїв основного технологічного устаткування. Це також призводить до збільшення прибутку підприємства в результаті збільшення обсягу реалізації і продажної ціни. [6]

Список використаної літератури

1. Розрахунки електричних мереж систем електропостачання: Навч. посібник / Г.Г. Півняк, Г.А. Кігель, Н.С. Волотковська; За ред. акад. Г.Г. Півняка. – 3-тє вид., перероб. і доп.- Д.: Національний гірничий університет, 2006. – 216 с.
2. Перехідні процеси в системах електропостачання: Підручник для вузів. Вид. 2-е, доправ. та доп. / Г.Г. Півняк, В.М. Винославський, А.Я. Рибалко, Л.І. Нессен / За ред. Академіка НАН України Г.Г. Півняка – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2002. – 597 с.
3. Руководящие указания по расчету токов короткого замыкания и выбору электрооборудования. РД 153–34.0–20.527–98/Под ред. Б. Н. Неклепаева. – М.: Изд-во НЦ ЭНАС, 2002
4. Справочник по проектированию электрических систем. Под редакцией С.С.Рокотяна и И.М. Шапиро. М., «Энергия», 1979
5. Карапетян И.Г., Файбисович Д.Л., Шапиро И.М. Справочник по проектированию электрических сетей. – М.: НЦ Энас, 2006.
6. І. В. Шереметьєва, Л. В. Тимошенко. Методичні вказівки до виконання дипломного проекту для студентів з напряму підготовки Електротехніка. – Дніпропетровськ: НГА України, 2013.
7. ДСТУ 3008-95. Документація. Звіти у сфері науки і техніки. – Київ,-1995. – 38 с.
8. Електричні мережі систем електропостачання: Навч. посібник/ Г.Г.Півняк, Г.А.Кігель, Н.С.Волотковська, Л.П.Ворохов, О.Б.Іванов: За ред. академіка НАН України Г.Г.Півняка. – Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2003.-316 с.
9. Межотраслевые правила по охране труда по эксплуатации электротехнических установок.- М.: НЦ ЭНАЦ, 2001.- 216 с.
10. Пивняк Г.Г. , Кигель Г.А., Волотковская Н.С. Расчет электрических сетей систем электроснабжения. – Днепропетровск: НГУ, 2002. – 219с.
11. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности. – М.: Высшая школа, 2007.

12. Девисилов В.А. Охрана труда. – М.: Форум, 2006.
13. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учебник для вузов / В.А. Андреев. – 4-е изд. перераб и доп. – М.: Высш. шк., 2006. – 639 с.: ил.
14. Андреев В.А. Релейная защита, автоматика и телемеханика в системах электроснабжения. – М.: Высшая школа, 1985. – 390с.
15. ГКД 341.004.001 – 94 Міненерго України “Норми технологічного проектування підстанцій змінного струму з вищою напругою 10 – 750 кВ”. – К., 1994.
16. Рожкова Л. Д., Козулин В. С. Электрооборудование станций и подстанций: Учебник для техникумов. – М.: Энергия, 1980
17. Правила устройства электроустановок. – 7-е издание – М.: Энергоатомиздат, 2006.
18. <http://negocom.zakupka.com/p/330567531-blok-bzu/>
19. <https://i.factor.ua/journals/bb/2017/june/issue-21/article-27911.html>

Додаток А

		Позначення	Найменування	Кількість	Примітка
1					
2			Документація		
3					
4	A4	СЕР.ПД.19.01.ПЗ	Пояснювальна записка	69	
5					
6			Графічні матеріали		
7					
8	A1	СЕР.ПД.19.01.01.ГЧ	Однолінійна схема підстанції	1	
9	A1	СЕР.ПД.19.01.02.ГЧ	План-розріз підстанції	1	
10					
11					
12					

Додаток Б

Відгуки керівників розділів