

Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки
Кафедра електричних станцій і систем

Бакалаврська дипломна робота на тему:

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Виконав: студент 4 курсу групи 2ЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»
Мельник М.І. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСС
Томашевський Ю. В. _____
« ____ » _____ 2024 р.

Рецензент: Доц. каф. ЕСФЕМ, к.т.н.,
(наук. ступінь, вч. звання, назва кафедри)
_____ Кушніра М. В. _____
« ____ » _____ 2024 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

_____ 17 _____ 2024 р.

Вінниця ВНТУ - 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
 Факультет електроенергетики та електромеханіки
 Кафедра електричних станцій та систем
 Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)
 Галузь знань – 14 «Електрична інженерія»
 Спеціальність – 141 – «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
 Освітня програма – Електроенергетика та електротехніка

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

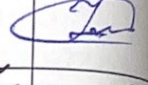
«11» 03 2024 р.

З А В Д А Н Н Я НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Мельнику Максиму Івановичу
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Аналіз особливостей експлуатації кабельних ліній
 Керівник роботи к.т.н., доцент каф. ЕСС Томашевський Ю.В.
 затверджена наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року № 80
2. Термін подання студентом роботи 12 червня 2024 року
3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи.
Посилання на періодичні видання.
4. Зміст текстової частини: Вступ. Експлуатація силових кабельних ліній. Оцінка технічного стану, випробування та діагностика кабельних ліній. Методи діагностики кабельних ліній. Ефект Рамана як наукова основа побудови систем діагностики кабельних ліній електроприємства. Аналіз комунікаційної технології plc та її перспективних можливостей. Введення в експлуатацію кабельних ліній. монтаж кабельних ліній Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.
5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Титулка. 2. Принцип роботи кабельних ліній. 3. Конструкція силових кабелів. 4. Конструкція ізолюваного проводу. 5. Конструкція оптичного кабелю. 6-7. Визначення місця пошкодження. 8-9. Методи визначення зони пошкодження кабельних ліній. 10-11. Експлуатація маслонаповнених кабельних ліній. 12. Особливості експлуатації кабельних ліній.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	викона прийм
Спеціальна частина	Керівник роботи Томашевський Ю.В. к.т.н., доцент кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О.В., д.пед.н., проф., завідувач каф. БЖДІБ		

7. Дата видачі завдання « 16» січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи	
		початок	кінець
1	Вступ. Огляд літературних джерел	21.01.24	15.02.24
2	1 Експлуатація силових кабельних ліній	16.02.24	15.03.24
3	2 Оцінка технічного стану, випробування та діагностика кабельних ліній	16.03.24	10.04.24
4	3 Методи діагностики кабельних ліній	11.04.24	14.04.24
5	4 Ефект Рамана як наукова основа побудови систем діагностики кабельних ліній електроприємства	15.04.24	20.04.24
	5 Аналіз комунікаційної технології plc та її перспективних можливостей	21.04.24	11.05.24
	6 Введення в експлуатацію кабельних ліній	12.04.24	13.04.24
	7 Монтаж кабельних ліній	14.04.24	19.05.24
6	8 Охорона праці	20.05.24	24.05.24
7	Формування висновків по роботі. Оформлення пояснювальної записки	25.05.24	04.06.24
8	Виконання ілюстративної частини та оформлення презентації	05.06.24	07.06.24
9	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	08.06.24	10.06.24
10	Рецензування БДР	11.06.24	12.06.24
11	Захист БДР	За графіком	

Студент

Керівник роботи

(підпис)

(підпис)

Мельник М.І.

Томашевський Ю.В.

АНОТАЦІЯ

Мельник Максим Іванович «Аналіз особливостей експлуатації кабельних ліній». Бакалаврська дипломна робота. – Вінниця: ВНТУ. – 2024 – 76 с./ На Укр. мові. Рис.22, таб.14, бібліогр.21 назв.

У даній бакалаврській дипломній роботі було розглянуто загальні питання конструкції та розміщення кабельних ліній, методи пошуку пошкоджень на кабельних лініях

В роботі здійснено аналіз небезпечних і шкідливих чинників, що впливають на оперативно-ремонтний персонал, який здійснює технічне обслуговування кабельних ліній електропередачі.

Ключові слова: кабель, кабельна лінія, ізоляція.

ABSTRACT

Maksym Ivanovich Melnyk "Analysis of the features of the operation of cable lines". Bachelor thesis. – Vinnytsia: VNTU. – 2024 – 76 p./ In Ukr. language Fig. 22, tab. 14, bibliography of 21 titles.

In this bachelor's thesis, the general issues of the construction and placement of cable lines, methods of finding damage on cable lines were considered.

The work analyzes the dangerous and harmful factors that affect operational and repair personnel who perform maintenance of cable power transmission lines.

Key words: cable, cable line, insulation.

ЗМІСТ

ВСТУП	9
1 ЕКСПЛУАТАЦІЯ СИЛОВИХ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ	11
2 ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, ВИПРОБУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКА КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ	18
3 МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ	21
3.1 Методика вимірювання та локалізації часткових розрядів у КЛ	22
3.2 Метод вимірювання та аналізу зворотної напруги в ізоляції кабелю	22
3.3 Методика вимірювання релаксаційного струму в силових кабелях	23
3.4 Методика вимірювання діелектричних властивостей ізоляції кабелю	24
3.5. Метод імпульсної рефлектометрії	24
3.6 Визначення місць пошкоджень в оболонках силових кабелів	26
3.7 Проведення комплексних випробувань та діагностики КЛ	27
4 ЕФЕКТ РАМАНА ЯК НАУКОВА ОСНОВА ПОБУДОВИ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПРИЄМСТВА	28
4.1 Комбінаційне розсіювання світла (ефект Рамана)	28
4.2 Кабель живлення високої напруги з вбудованим оптоволоконним модулем	29
5 АНАЛІЗ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ PLC ТА ЇЇ ПЕРСПЕКТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ	33
6 ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ	37
6.1. Нагляд за кабельними лініями та організація їх охорони	38
6.2. Контроль навантаження та нагріву кабелю	39
6.3. Визначення місця пошкодження кабельних ліній	39
6.4. Експлуатація кабельних ліній в маслі	41
7. МОНТАЖ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ	47
7.1. Підготовчі роботи	47
7.2. Вибір маршруту лінії	47
7.3. Монтаж кабелів	48
7.4. Використання безтеплових технологій	51

8 ОХОРОНА ПРАЦІ	62
8.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації	62
8.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	67
8.3. Пожежна безпека	72
ВИСНОВКИ	74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	77

ВСТУП

Актуальність теми. Кабельні лінії з силовими кабелями з ізоляцією із зшитого поліетилену знаходять широке застосування в електричних мережах всіх класів напруги[1-2]. Монтаж силових кабелів може здійснюватися на повітрі, або в землі.

Прокладання кабелів у землі має ряд переваг. На відміну від повітряних ліній, монтаж силового кабелю в землі не піддається несприятливим факторам кліматичних змін, таких як різні снігопади, штормові вітри. Кабельні лінії в меншій мірі, ніж повітряні, схильні до небезпечним електромагнітних впливів, спричинених різними лініями електропередачі та мережами електричних систем.

Але при прокладанні і експлуатації кабельних ліній під землею виникають такі проблеми, як неефективне використання простору кабельних споруд, необхідність визначення відпрацьованого ресурсу кабелів з урахуванням дії експлуатаційних факторів. Ресурс кабельних ліній згідно [3-5] визначається тепловими режимами їх роботи. Теплові режими роботи залежать від таких факторів, як конструкційне виконання кабельних ліній і кабельних споруд, умов теплообміну, теплофізичних характеристик використаних матеріалів, а також від значення номінального струму. На довговічність і надійність кабельної лінії впливає також спосіб прокладки кабелю під землею, що визначається проектом кабельної лінії.

Способи прокладки кабельних ліній під землею вибирають в залежності від величини і розміщення електричних навантажень, щільності забудови, компонування електротехнічних приміщень, наявності технологічних та транспортних комунікацій, параметрів і розташування джерел живлення, наявності ґрунтових вод, ступеня агресивності ґрунтів, забруднення навколишнього середовища [6].

Мета і задачі дослідження. Метою бакалаврської дипломної роботи є аналіз особливостей експлуатації кабельних ліній.

Відповідно до вказаної мети в роботі розв’язуються такі **основні задачі**:

- визначення вимог та правил експлуатації кабельних ліній;
- оцінка технічного стану, випробування та діагностика кабельних ліній;
- дослідження методів діагностики кабельних ліній;
- дослідження способів монтажу кабельних ліній;
- розроблення організаційно-технічних рішень з охорони праці.

Об’єктом дослідження бакалаврської дипломної роботи є кабельні лінії електропередачі.

Предметом дослідження є методи і способи технічної експлуатації кабельних ліній.

Методи дослідження. Для аналізу та розв’язання поставлених задач використано методи математичного моделювання.

Особистий внесок здобувача. Усі результати, які складають основний зміст магістерської роботи, отримані автором самостійно.

1 ЕКСПЛУАТАЦІЯ СИЛОВИХ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Кабельною лінією називається лінія для передавання електроенергії одним або кількома паралельно прокладеними кабелями зі з'єднувальними, стопорними і кінцевими муфтами та кріпильними деталями.

Кабельні лінії порівняно з повітряними мають низку переваг, до яких частково належать триваліший термін роботи, відсутність опор, велика надійність в експлуатації. Вони не загромождають вулиць, проїздів, виробничих територій, але вартість їх значно більша від вартості повітряних ліній. Кабельні лінії використовують для каналізації електроенергії напругою до 35 кВ.

Прокладання кабельної лінії виконують згідно з Правилами будови електроустановок (ПБЕ), а також інструкціями та проектами. Траси кабельних ліній обирають з найменшими витратами кабелів із забезпеченням їх збереження від механічних пошкоджень, корозії та вібрації, при цьому уникають перетину кабелів один з одним, кабелями іншого призначення, трубопроводами.

Велику групу кабельної продукції становлять електротехнічні вироби, що використовуються для передачі електроенергії та електричних інформаційних сигналів або для виробництва обмоток електричних пристроїв. Залежно від конструктивних особливостей кабельну продукцію поділяють на електричні проводи, проводи і кабелі.

Залежно від конструктивних особливостей розрізняють кабелі стаціонарної і нестаціонарної прокладки.

Кабельну продукцію, в тому числі і кабелі, розрізняють за марками.

Однак марка не дає повного опису кабелю, тому в його умовному маркуванні вказуються також номінальна напруга, переріз і кількість жил, номер ДСТУ або ТУ.

Види силових кабелів:

АВВГ– Силовий кабель з алюмінієвої струмопровідної жили, ізоляція і оболонка з полівінілхлоридного (ПВХ) пластикату, без захисного покриття.

ВВГ– Силовий кабель з мідною струмопровідною жилою, ізоляція і оболонка з полівінілхлоридного (ПВХ) пластикату, без захисного покриття. Додаткове маркування виду (4 × 4) означає, що кабель чотирьохжильний (перше число) перетином 4 мм (друге число).

АВВГ-П– Силовий кабель з алюмінієвої струмопровідної жили, ізоляція і оболонка з полівінілхлоридного (ПВХ) пластикату, без захисного покриття, плоский.

ВВГ-П– Силовий кабель з мідною струмопровідною жилою, ізоляція і оболонка з полівінілхлоридного (ПВХ) пластикату, без захисного покриття, плоский.

АВВГнг– Силовий кабель з алюмінієвої струмопровідної жили, ізоляція з ПВХ пластикату, оболонка з ПВХ пластикату зниженої горючості.

ВВГнг– Силовий кабель з мідною струмопровідною жилою, ізоляція з ПВХ пластикату, оболонка з ПВХ пластикату зниженої горючості.

АВВГ-Пнг– Силовий кабель з алюмінієвої струмопровідної жили, ізоляція з ПВХ пластикату, оболонка з ПВХ пластикату зниженої горючості, плоский.

ВВГ-Пнг– Силовий кабель з мідною струмопровідною жилою, ізоляція з ПВХ пластикату, оболонка з ПВХ пластикату зниженої горючості, плоский.

АВВГнг-LS– Силовий кабель з алюмінієвою струмопровідною жилою, ізоляція і оболонка з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки. Low Smoke, низьке димо-та газовиділення.

ВВГнг-LS– Силовий кабель з мідною струмопровідною жилою, ізоляція і оболонка з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки. Low Smoke, низьке димо-та газовиділення.

АВБбШв– Силовий кабель з алюмінієвою струмопровідною жилою, ізоляція з ПВХ пластикату, броньований (броня з двох сталевих оцинкованих стрічок; захисний шланг з ПВХ пластикату). Призначені для експлуатації в стаціонарному стані при температурі навколишнього середовища від плюс 50 ° С до мінус 50 ° С, відносної вологості повітря до 98% при температурі до 35 ° С, в тому числі для прокладки на відкритому повітрі. Тривалість роботи даного кабелю в аварійному режимі не повинна бути більше 8 годин на добу і не більше 1000 годин за термін служби.

ВБбШв– Силовий кабель з мідною струмопровідною жилою, ізоляція з ПВХ пластикату, броньований (броня з двох сталевих оцинкованих стрічок; захисний шланг з ПВХ пластикату) Для прокладки в землі (траншеях), приміщеннях, тунелях, каналах, шахтах (крім прокладки в блоках), а також на відкритому повітрі, якщо кабель не піддається значним розтягуючим зусиллям, при наявності небезпеки механічних пошкоджень в процесі експлуатації.

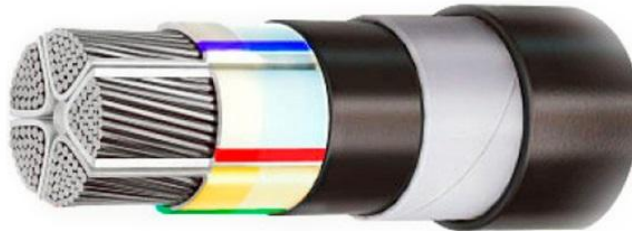
АВБбШвнг– Силовий кабель з алюмінієвої струмопровідною жилою, ізоляція з ПВХ пластикату, броньований (броня з двох сталевих оцинкованих стрічок; захисний шланг з ПВХ пластикату зниженої горючості).

ВБбШвнг– Силовий кабель з мідною струмопровідною жилою, ізоляція з (ПВХ) пластикату, броньований (броня з двох сталевих оцинкованих стрічок; захисний шланг з ПВХ пластикату зниженої горючості).

ВБбШвнг-LS– Силовий кабель з мідною струмопровідною жилою, ізоляція з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки, броньований (броня з двох сталевих оцинкованих стрічок; захисний шланг з ПВХ пластикату зниженої пожежонебезпеки).

Будова силових кабелів. Будь-який кабель, а зараз їх багато різновидів залежно від призначення та робочої напруги, складається зі струмопровідної жили, ізоляції й захисних оболонок. Струмопровідні жили виготовлені з міді

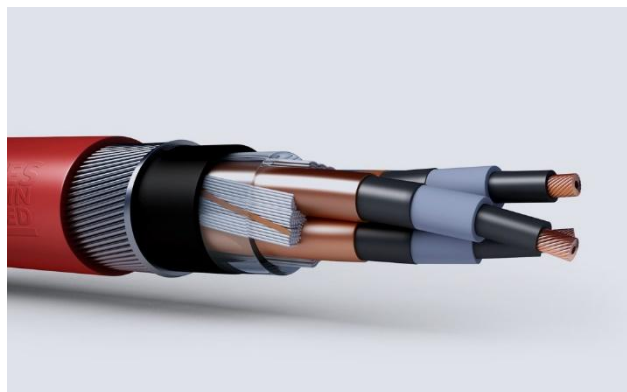
або алюмінію і можуть бути одно- і багатожильними. За числом жил кабелі можуть бути одно-, дво-, три- і чотири-жильними. Ізоляцію кабелів до 1000 В виконують гумовою, а понад 1000 В — із багатошарового просоченого паперу і різних пластиків (поліетилену, полівінілхлориду й ін.).



а)



б)



в)

Рисунок 1.1 – Різновиди структури силових кабелів

Захисні оболонки перешкоджають проникненню вологи, газів і кислот, їх виготовляють алюмінієвими та хлорвініловими. Для механічної міцності цих оболонок зверху накладається стальна або дротяна броня.

Трижильні кабелі виготовляють на напругу 1, 3, 6, 10, 35 кВ, а чотирижильні — на 1 кВ. В чотирижильному кабелі четверта жила має площу поперечного перерізу вдвічі меншу від перерізу кожної з основних жил.

Силові кабелі випускають перерізом від 2,5 до 300 мм², жили кабелів можуть бути круглими або сектороподібними. Для сигналізації, керування і зв'язку використовують багатожильні кабелі, в яких кількість жил сягає від десятка до сотень. Кабелі укладають на кабельних спорудах.

Для з'єднання, відгалуження та окінцювання кабелів використовують кабельні муфти. На рисунку 1.2 зображено трижильний кабель із секторними жилами на напругу 10 кВ. Кожен провід ізольований від іншого спеціальним кабельним папером 2, просоченим спеціальною масою, що містить масло і каніфоль. Усі дроти ізольовані від землі ізоляцією 4, також з просоченого паперу. Для забезпечення герметичності кабелю поверх ізоляції перетяжки накладається безшовна свинцева оболонка. Кабель захищений від механічних пошкоджень бронею 8 зі сталевих смуг і від хімічних впливів асфальтовим джутом.

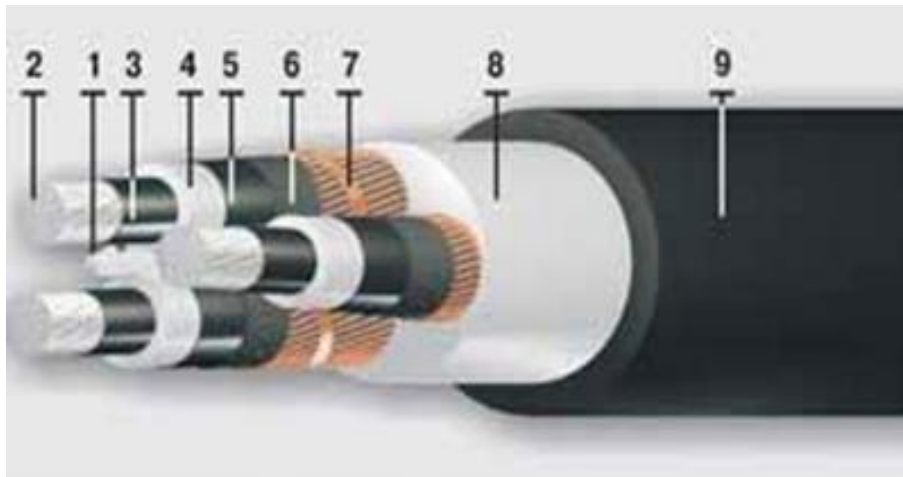


Рисунок 1.2 – Трижильний кабель з поясною ізоляцією з просоченої папери: 1 - жили; 2 - ізоляція жил; 3- заповнювач; 4 - поясна ізоляція; 5 - захисна оболонка ; 6 - папір, просочений компаундом; 7 - захисний покрив з просоченої кабельної пряжі; 8 - стрічкова броня; 9 - просочена кабельна пряжа.

Струмопровідні жили характеризуються матеріалом, поперечним перерізом і формою. При виборі матеріалів для виготовлення сердечників пред'являються певні вимоги, найважливішими з яких є низький питомий опір, достатня механічна міцність і пластичність, стійкість до корозії. Більшості цих вимог відповідає мідь, яка має високі електричні, теплотехнічні та технологічні властивості, але є дефіцитним матеріалом. Тому струмоведачі проводи часто виготовляють з алюмінію. До недоліків алюмінію можна віднести вищий питомий опір (порівняно з міддю), меншу пластичність і недостатню корозійну стійкість.

Струмопровідні жили виготовляють залежно від призначення: однодротяні та багатодротові, що складаються з двох і більше скручених круглих і фасонних дротів.

Для забезпечення необхідної електричної міцності по відношенню один до одного і заземленої оболонки жили кабелю ізолюють. За призначенням ізольовані кабелі поділяються на основні та допоміжні (заземлювальні та контрольні). Заземлювальні проводи служать для з'єднання металевих частин (не перебувають під робочою напругою) електроустаткування, до якого приєднується кабель, з ланцюгом захисного заземлення, а проводи керування - з ланцюгами керування та сигналізації.

Ізоляція виконана з матеріалів, які є хорошими діелектриками. Ізоляція жил буває суцільною, двошаровою або багатшаровою відповідно у вигляді суцільного шару діелектрика (пластик, гума), двох шарів однорідних або неоднорідних діелектриків, стрічки кабельного паперу. До ізольованих провідників можна застосувати стрічкову ізоляцію, що дозволяє кабелю зберігати ту саму електричну міцність при зменшенні його діаметра.

Гумова ізоляція має достатню еластичність і практично не гігроскопічна, однак під впливом світла і кисню швидко втрачає свої властивості і має низьку допустиму робочу температуру, що обмежує широке застосування кабелів з даним типом ізоляції.

Набагато частіше використовується пластиковий утеплювач. Пластикову ізоляцію відрізняють від полівінілхлориду, поліетилену та його спеціальних композицій.

Залежно від процентного співвідношення інгредієнтів виходить утеплювач, шланг і полівінілхлоридний ізоляційний шланг. Полівінілхлоридна ізоляція не поширює горіння, стійка до термічного старіння, дії води, лугів, розбавлених кислот та інших хімічно активних речовин, а також масел і бензину, має високі діелектричні властивості у всьому діапазоні робочих температур.

Поліетилен стійкий до дії кислот, лугів, масел і сольових розчинів, але старіє під впливом сонячних променів і кисню. Під впливом деяких хімічних речовин поліетиленові тріщини. Ще одним недоліком поліетилену є його здатність поширювати горіння.

Після додавання специфічних речовин отримують спеціальні поліетиленові композиції: самозатухаючу, вулканізуючу, самозатухаючу вулканізуючу.

Просочена паперова ізоляція має високі діелектричні властивості, тривалий термін служби і може використовуватися при високих робочих температурах.

Ізольовані жили багатожильних кабелів скручують, заповнюючи проміжки між жилами елементами, які називаються заповнювачами, пучками паперових стрічок або кабельної пряжі, гумовими або пластмасовими нитками залежно від ізоляційного матеріалу.

Набір ізольованих провідників утворює серцевину кабелю. Для захисту жили від зовнішніх впливів використовуються захисні елементи: кабельні екрани, оболонки і захисні кожухи.

2 ОЦІНКА ТЕХНІЧНОГО СТАНУ, ВИПРОБУВАННЯ ТА ДІАГНОСТИКА КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Для оцінки потужності КЛ необхідно провести профілактичні випробування під час запуску, під час поточної експлуатації та після ремонтних робіт. Вимоги до методів випробувань і використовуваного обладнання відрізняються і залежать від типу ізоляції кабелю. Перед початком випробувань КЛ необхідно оцінити його технічний стан. Передтестове оцінювання включає:

- огляд маршруту КЛ;
- наявність та ведення технічної документації на КЛ;
- аналіз технічного стану КЛ;
- умови безпеки та гігієни під час випробувань КЛ;
- умови пожежної безпеки.

Під час перевірки КЛ перевірте:

- наявність і стан розмітки в цій та прилеглих КЛ та попереджувальних знаків (на берегах річок та інших водойм);
- стан траси КЛ та її форму;
- стан кабельного тунелю та вентиляції;
- стан проводів, приладів і засобів пожежогасіння в кабельних каналах тунелі;
- стан вертикальних ділянок кабельних трас і пожежонебезпечних зон
- зони, герметичність протипожежних перегородок, герметизація кабельних проходів через стелі та у вентильованих відсіках кабельних каналів,
- стан протипожежних клапанів;
- ефективність електроосвітлення кабельних тунелів (основного та аварійного);
- стан кабельних каналів і колодязів, огорож і протипожежних

перегородок тощо;

Пошкодження ізоляції КЛ можуть бути пов'язані з локальним зниженням електричної міцності внаслідок: технологічних порушень, вологи в ізоляції, негерметичності свинцевої оболонки кабелів з паперово-масляною ізоляцією, а також втрати герметичності захисного покриття в кабель з ізоляцією з полівінілхлориду, термопластичного поліетилену або зшитого ізоляційного поліетилену, процеси старіння ізоляції, порушення технології монтажу кабелю (перегини кабелю, перегрів під час пайки, неякісне встановлення ізоляції клем тощо), дії третіх осіб.

Для профілактичних випробувань і діагностики стану КЛ живлення рекомендується використовувати один (або комбінацію) з наступних типів випробувальної напруги:

- змінна синусоїдальна напруга частотою 50 Гц;
- змінна напруга у формі прямокутного косинуса з частотою 0,1 Гц;
- випрямлена постійна напруга;
- змінна резонансна напруга автоколивань схеми діагностичного вимірювання;
- змінна напруга синусоїдальної або трапецієподібної форми з частотою 0,1 Гц.

При цьому слід мати на увазі, що завдяки пологому фронту КЛивої напруги не може статися пробій ізоляції в ослаблених місцях.

Періодичність випробувань потужності КЛ:

Силові кабелі напругою до 1 кВ випробовують у такому порядку: після прокладання - перед увімкненням;

після ремонту чи реконструкції – позапланові;

КЛ на напругу 110-330 кВ випробовують через три роки після введення в експлуатацію, а потім один раз на п'ять років;

КЛ, розміщені в захищених від механічних пошкоджень трасах, перевіряють один раз на три роки;

КЛ на напругу 110-330 кВ випробовують через три роки після введення в експлуатацію, а потім один раз на п'ять років;

КЛ, розміщені в захищених від механічних пошкоджень трасах, перевіряють один раз на три роки;

КЛ, приєднані до агрегату, перевіряються під час капітального ремонту агрегату;

КЛ випробовують напругою 2-10 кВ в гумовій ізоляції: в стаціонарних установках - 1 раз на рік;

у сезонних установках – до початку сезону.

На вимогу технічного керівника енергокомпанії допускається встановлення іншої випробувальної частоти та випробувальної напруги для:

КЛ зі зношеною ізоляцією і терміном служби понад 30 років;

КЛ, які мають бути відбудовані та ліквідовані протягом наступних п'яти років

КЛ 6-35 КВ з терміном служби понад 15 років.

Позапланові випробування проводяться після проведення ремонтних робіт на КЛ, відключення пристроїв від КЛ з невідомих причин, якщо тривалість будь-якого відключення перевищує 72 години.

3 МЕТОДИ ДІАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Для підвищення надійності силових кабельних ліній в Україні використовується система планово-попереджувальних випробувань кабелю постійною напругою, яка в 4-6 разів перевищує номінальну напругу кабелю. Однак такі випробування не тільки не гарантують подальшої безвідмовної роботи КЛ, але в багатьох випадках призводять до скорочення терміну їх служби через реальний ризик пошкодження ізоляції кабелю під дією високої випробувальної напруги.

Руйнівним випробуванням ізоляції КЛ при підвищеній випробувальній напрузі властиві наступні основні недоліки:

Зменшення ресурсів КЛ через процеси іонізації (часткові розряди), що руйнують ізоляцію.

Можливий передчасний вихід з ладу КЛ через випробування ізоляції при підвищеній напрузі постійного струму під час роботи живлення КЛ.

Враховуючи зазначені вище недоліки випробувань ізоляції силових КЛ при постійному підвищенні напруги, такі випробування доцільно проводити при введенні в експлуатацію нових КЛ, після ремонту КЛ, а також за відсутності можливості застосування методів неруйнівного контролю. В інших випадках оцінку технічного стану ізоляції КЛ слід проводити за допомогою неруйнівної діагностики.

Діагностичні системи та прилади, що реалізують наступні неруйнівні методи діагностики потужності КЛ:

- Метод вимірювання та локалізації ЧР в силових КЛ (з використанням діагностичної системи OWTS).
- Метод вимірювання та аналізу зворотної напруги в ізоляції силових кабелів (з використанням діагностичних систем CD 31 і CDS).
- Метод вимірювання струму релаксації в ізоляції кабелів із зшитого поліетилену (з використанням діагностичних систем KDA-1 і CDS).

- Метод вимірювання діелектричних характеристик ізоляції кабелів (з використанням діагностичних систем OWTS, IDA 200 та ін).
- Метод імпульсної рефлектометрії для попередньої локалізації низькоомних пошкоджень силових КЛ (з використанням рефлектометрів Teleflex, InterFlex та ін.) і імпульсно-дуговий метод для попередньої локалізації високоомних пошкоджень в КЛ (з використанням рефлектометрів і пристроїв стабілізації дуги).
- Метод контролю цілісності оболонки силових кабелів і визначення місць пошкодження в оболонках (з використанням приладів MFM 5-1, MVG 5 та ін.).
- Проведення комплексних випробувань та діагностик КЛ.

3.1 Методика вимірювання та локалізації часткових розрядів у КЛ

У цій системі до тестованого кабелю подається постійна напруга протягом декількох секунд, а розряд відбувається через електронний ключ через резонансну котушку за частки секунди, що не викликає старіння або пошкодження ізоляції. Вимірювання КЛ за допомогою коливальної демпфіруючої напруги дозволяє визначити: значення та положення КЛ по довжині КЛ; кількість КЛ на локальних (проблемних) ділянках ЗР; напруга генерації та згасання КЛ; тангенс кута діелектричних втрат в ізоляції; електрична ємність. Сукупності значень цих параметрів достатньо для отримання обґрунтованих висновків про технічний стан і конКЛетні проблемні місця діагностики КЛ.

3.2 Метод вимірювання та аналізу зворотної напруги в ізоляції кабелю

Цей метод заснований на вимірюванні та аналізі залежності від часу зарядного струму в процесі зарядки ємності діагностичного кабелю

постійною низькою напругою (1 і 2 кВ), яка не впливає на ізоляцію кабелю, а відновлення (зворотної) напруги в його ізоляції після короточасного розряду. Ці залежності, що характеризують стан, ступінь старіння та вологість ізоляції КЛ, дають змогу оцінити ступінь старіння ізоляції за максимальним значенням зворотної напруги, швидкістю зростання зворотної напруги та через не- коефіцієнти лінійності. Ступінь змочування ізоляції кабелю оцінюють за постійним значенням зарядного струму, який характеризує інтенсивність процесів провідності в ізоляції.

Основні переваги діагностичної системи CD 31: можливість одночасної діагностики по трьох фазах КЛ (триканальне вимірювальне обладнання), низький вплив зовнішніх перешкод на результати вимірювань порівняно з іншими діелектричними методами, спрощена процедура підключення кабелю до діагностичного система.

Недоліком діагностичної системи CD 31 є те, що система може оцінити лише загальний стан ізоляції всього КЛ, а не окремих його ділянок.

3.3 Методика вимірювання релаксаційного струму в силових кабелях

Компанія Seba KMT розробила діагностичну систему KDA-1 для вимірювання струму релаксації в силових кабелях, призначену для діагностики кабелів низької та середньої напруги з поліетиленовою ізоляцією. Аналіз струму ізотермічної релаксації дозволяє зробити висновки про ступінь старіння поліетиленової ізоляції та визначити залишковий ресурс ізоляції кабелю. Діагностика кабелю за допомогою установки KDA-1 не дає результатів при перевірці пошкоджень використаних кабелів, тому що тестова напруга знаходиться в межах 10% від робочої напруги кабелю. Оглядаючи пошкоджені ділянки кабелю, можна додатково оцінити, чи потрібно замінити весь кабель або лише окрему ділянку.

3.4 Методика вимірювання діелектричних властивостей ізоляції кабелю

Однією з інформаційних характеристик, чутливих до стану ізоляції силових кабелів, є значення тангенса кута діелектричних втрат ($\tan \delta$ в ізоляції).

Абсолютні значення $\tan \delta$, виміряні при напругах, близьких до робочих, а також їх збільшення при зміні випробувальної напруги і температури характеризують якість вихідних діелектричних матеріалів і процес виробництва кабелю. За результатами вимірювання Tg ізоляції кабелю в умовах експлуатації при різних випробувальних напругах і частотах також можна оцінити стан і ступінь старіння експлуатаційної ізоляції кабелю.

Для вимірювання діелектричних втрат в ізоляції силових кабелів використовуються мости змінного струму (мости Шеринга), зібрані за прямою або оберненою схемою (в Україні традиційно використовуються застарілі мости Р-5026, конденсатори моделі Р-5023 київського виробництва). заводу «Точелектроприбор», придбаний 20-30 років тому, і ще більш застарілі мости МД-16. До сучасної категорії приладів відноситься лічильник «Вектор-2.0М».

В останні роки вітчизняна промисловість, зокрема підприємство «Електромечні заводи», випускає сучасні мости змінного струму (СА7100-2 і Вектор-2,0м).

3.5. Метод імпульсної рефлектометрії

Для первинної локалізації місць ушкоджень в силових КЛ найбільшого поширення набув метод імпульсної рефлектометрії (метод відбитого імпульсу - TDR). При використанні цього методу короткий пробний імпульс низької напруги надсилається на КЛ і реєструється відбитий сигнал. За параметрами

відбитого імпульсу можна оцінити наявність пошкоджень і неоднорідностей по трасі КЛ, тип неоднорідностей і відстань до них (рис. 3.1).

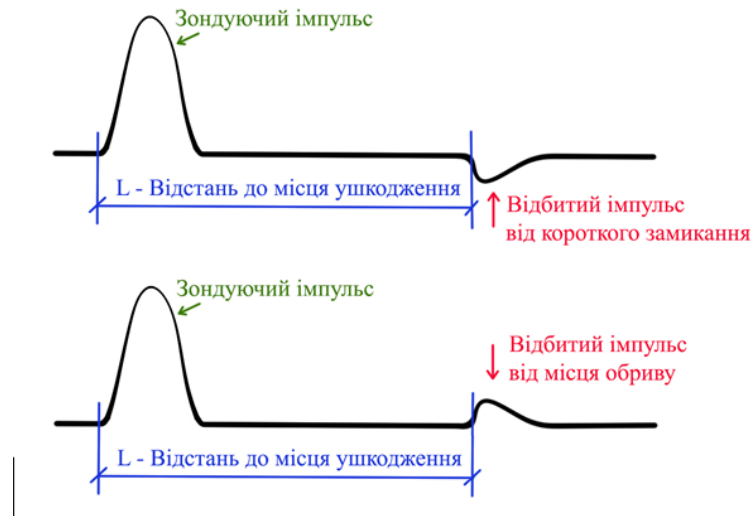


Рисунок 3.1 – Вид відображених сигналів на рефлектограмі

Метод відбитого імпульсу використовують для визначення відстані до місць обривів, коротких замикань і низькоомних пошкоджень кабелів за допомогою імпульсних рефлектометрів.

Розроблені сучасні портативні імпульсні рефлектометри з малими розмірами дозволяють діагностувати довгомірні КЛ, характеризуються високою роздільною здатністю по довжині КЛ, низькою похибкою вимірювання, великою внутрішньою пам'яттю та зв'язком з комп'ютером, а також характеризуються низьким енергоспоживанням і можливістю забезпечити автономне електропостачання. Серед закордонних досягнень можна виділити прилади компанії «Seba KMT», «InterEng Messtechnik GmbH» (Німеччина); «Bicotest» (Англія); «RiserBond» (США).

З вітчизняних аналогів можна виділити рефлектометри серії PI (PI-10M1, PI-10M2, PI-20M1) фірми "Ерстед" і портативні рефлектометри серії РЕЙС (РЕЙС-105Р, модернізований прилад РЕЙС-105М, РЕЙС-205 з функцією моста, РЕЙС-305) фірми "Стелла", які за своїми характеристиками істотно не поступаються зарубіжним аналогам, але значно дешевше. Рефлектометри серій PI і РЕЙС можуть замінити як вітчизняні прилади для

визначення місць пошкоджень (вимірювачі неоднорідності Р5, систему визначення дефектів К6Р- 5, ИКЛ-5, ЦР-0200, ПКП-5 та ін.), Так і багато закордонних приладів.

3.6 Визначення місць пошкоджень в оболонках силових кабелів

Під час експлуатації КЛ можливе пошкодження зовнішньої оболонки силових кабелів і, як наслідок, проникнення вологи в ізоляцію.

Компанія Seba KMT розробила ряд систем і пристроїв для перевірки герметичності оболонки кабелів із пластиковою ізоляцією. Наприклад, мікропроцесорна система MFM 5-1 дозволяє не тільки перевірити покриття за допомогою регульованого джерела постійної напруги, підключеного між екраном і землею, але й заздалегідь і точно визначити місце пошкодження.

Як відомо, при локалізації пошкоджень покриття звичайні імпульсні методи не застосовуються, оскільки ґрунт значно послаблює імпульси. Локалізувати такі несправності можна тільки за допомогою спеціальних кабельних вимірювальних мостів (наприклад, МВГ 5), які забезпечують вимірювальну напругу до 5 кВ і балансування моста за допомогою спеціальних компонентів.

Прилад ЕСГ 80-2 відповідає високоточному гальванометру і оснащений підсилювачем (чутливість - 0,14 В без підсилення, 0,5 мВ - з підсиленням). Для точного визначення місця пошкодження в покритті використовується метод крокової напруги.

Прилади MMG 5 і MMG 10 також були розроблені для випробування напругою оболонок кабелю з поліетилену або полівінілхлориду, а також для визначення місця пошкодження оболонки в екранованих кабелях з пластиковою ізоляцією та для визначення місця замикання на землю в кабелях з пластиковою ізоляцією, можливо в поєднанні з мостом МВГ 5.

Прилади ММГ 5 і ММГ 10 найкраще підходять для перетворення високоомних дефектів завдяки відмінному вигоранню на основі використання двотактної схеми випрямлення.

Набір обладнання InterSheath розроблено компанією «InterEng Messtechnik GmbH» для обстеження та визначення місць пошкоджень в оболонках силових кабелів із пластиковою ізоляцією. Його також можна використовувати для визначення місця замикання на землю в неекраниваних кабелях живлення з пластиковою ізоляцією.

3.7 Проведення комплексних випробувань та діагностики КЛ

Мобільні кабельні лабораторії, встановлені на шасі автомобіля, є найефективнішим засобом для проведення випробувань, діагностики та пошуку місць пошкоджень силових кабелів. Ці лабораторії, оснащені сучасним обладнанням, що відповідає міжнародним стандартам безпеки, дозволяють комплексно вирішувати низку завдань.

Багато зарубіжних компаній освоїли виробництво сучасних пересувних лабораторій, призначених для комплексного випробування та діагностики трансформаторів струму в мережах низької та середньої напруги. Серед іноземних лабораторій можна виділити пересувні кабельні лабораторії компанії «Себа КМТ», які надають такі можливості: пошук кабелів та визначення глибини залягання кабелів (до глибини 6 м); проведення випробувань КЛ постійною напругою (до 130 кВ) і змінною напругою наднизької частоти 0,1 Гц (до 70 кВ) з максимальним навантаженням кабелю до 5 мкФ; Горіння КЛ постійною (до 14 кВ) і змінною напругою; попередня і точна локалізація місць ушкоджень в КЛ різними методами (в тому числі без попередньої реєстрації високостійких і плаваючих пошкоджень); визначення місць пошкоджень в оболонках кабелів тощо.

Серед пересувних електротехнічних лабораторій інших вітчизняних компаній, призначених для випробувань і діагностики вимикачів низької та середньої напруги, можна виділити лабораторії серії МЕГА (МЕГА-2, МЕГА-4) і лабораторії серії КАЕЛ (КАЕЛ-3; КАЕЛ-4; КАЕЛ-5).

4 ЕФЕКТ РАМАНА ЯК НАУКОВА ОСНОВА ПОБУДОВИ СИСТЕМ ДІАГНОСТИКИ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПРИЄМСТВА

4.1 Комбінаційне розсіювання світла (ефект Рамана)

Комбінаційне розсіювання світла (ефект Рамана) не є пружним розсіюванням оптичного випромінювання на частинки речовини (твердого тіла, рідини або газу), що супроводжується помітною зміною частоти випромінювання. На відміну від релєївського розсіяння, при комбінаційному розсіюванні в спектрі розсіяного випромінювання з'являються спектральні лінії, яких немає в спектрі первинного (збуджуючого) світла. Кількість і розташування ліній, що виникають, залежать від молекулярної структури речовини. Раманівська спектроскопія (або Раманівська спектроскопія) — ефективний метод хімічного аналізу, який досліджує склад і структуру речовин (рис. 4.1).

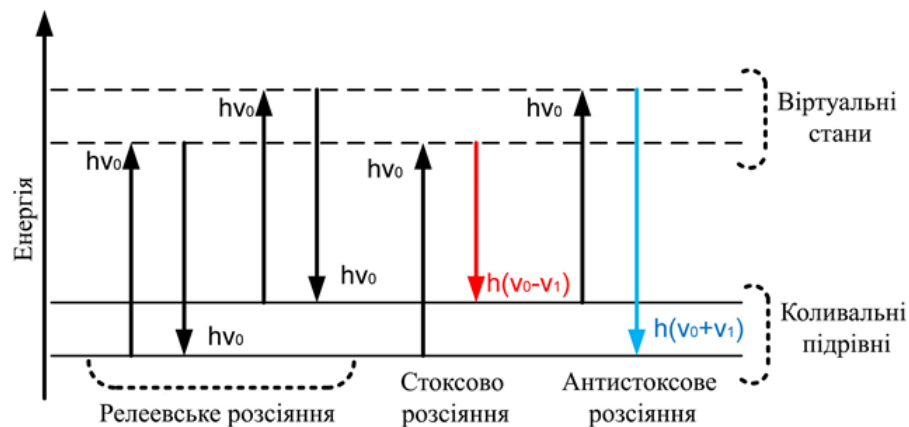


Рисунок 4.1 – Ілюстрація ефекту Рамана

Походження цього ефекту найкраще пояснюється в рамках квантової теорії випромінювання. Відповідно до нього випромінюванням з частотою ν вважається потік фотонів з енергією $h\nu$, де h — постійна Планка. При зіткненні з молекулами фотони розсіюються. У разі пружного розсіювання вони будуть відхилятися від напрямку руху, не змінюючи своєї енергії

(релеївське розсіювання). Однак може статися, що під час зіткнення між фотоном і частинкою відбувається обмін енергією. При цьому молекула може як набирати, так і втрачати частину своєї енергії, згідно з правилами квантування - її енергія може змінюватися на величину ΔE , відповідну різниці в енергії двох її дозволених станів. Іншими словами, величина ΔE повинна дорівнювати зміні коливальної енергії та/або енергії обертання молекули. Якщо молекула набуває енергії ΔE , то після розсіювання фотон матиме енергію $h\nu - \Delta E$ і, відповідно, частоту випромінювання $\nu - \Delta E/\text{год}$. А якщо молекула втратить енергію ΔE , то частота розсіювання випромінювання становитиме $\nu + \Delta E/\text{год}$. Розсіяне випромінювання з частотою нижче падаючого світла називається випромінюванням Стокса, а випромінювання з більшою частотою — антистоксовим випромінюванням. При не дуже високих температурах заселеність першого коливального рівня невелика, при кімнатній температурі при частоті коливань 1000 см^{-1} лише 0,7% молекул знаходиться на першому коливальному рівні, тому інтенсивність антистоксового розсіювання становить Низький. З підвищенням температури зростає населеність збудженого рівня коливань і зростає інтенсивність антистоксового розсіювання.

4.2 Кабель живлення високої напруги з вбудованим оптоволоконним модулем

Силовий кабель високої напруги з інтегрованим волоконно-оптичним модулем, розроблений TELE-FONIKA KABLE S.A., система, в якій оптичне волокно є термодатчиком, називається DTS (Distributet Temperetura Sensing - розподілений датчик температури).

Системи DTS забезпечують об'єктивний контроль температури кабелю для визначення КЛитичних місць уздовж маршруту. Основною перевагою системи з розподіленим датчиком температури є її мультиплексність, тобто

контроль температури в сотнях точок здійснюється одним датчиком, тоді як дискретна система забезпечує передачу даних лише з однієї точки і ці дані вважаються середніми для будь-якої дискретної області.

4.2.1 Система DTS

Основою вимірювання температури є метод оптичної рефлектометрії у часовій області (OTDR). У цьому методі лазерний імпульс передається через волоконно-оптичний датчик, а потім аналізується у відбитому промені світла. Системи DTS використовують т.зв Raman effect – ефект комбінаційного розсіювання світла. На рис. 4.2 показана схема ініціювання та аналізу зворотного пучка розсіяного світла. За цією схемою генерується потік видимого світла різних довжин хвиль.

Ці нові смуги хвиль називаються стоксовими та антистоксовими смугами частот. Стоксова смуга не залежить від температури волокна, на відміну від антистоксової смуги. Саме антистоксів сигнал несе інформацію, пов'язану зі зміною температури волокна.

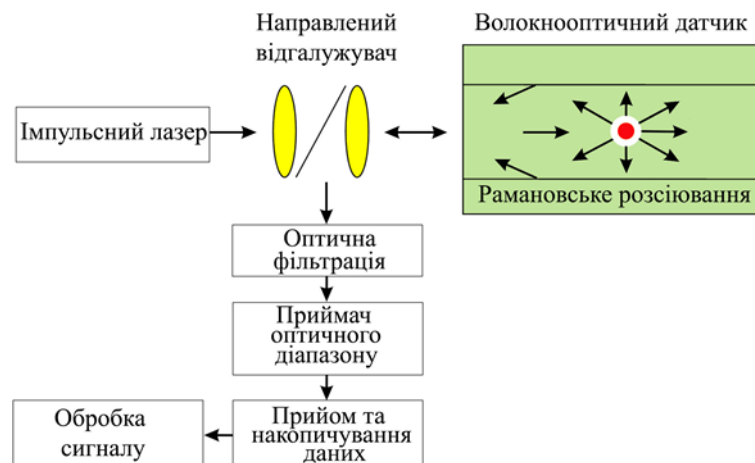


Рисунок 4.2– Схема ініціювання та аналізу зворотного пучка розсіяного світла

Локальна температура волокна визначається співвідношенням рівнів інтенсивності стоксового і антистоксового світлових сигналів. Ця технологія

практично не залежить від можливих втрат на загасання в оптичному волокні та дозволяє вимірювати температуру. Для коротких кабельних ліній (до 10 км) використовується стандартне багатомодове оптоволокно з градієнтним профілем показника заломлення. У разі довшої траси кабелю (до 20 км), коли оптичні втрати є проблемою під час моніторингу, використовується одномодове оптичне волокно з низькими втратами. На відстані до 20 км роздільна здатність становить 5 метрів.

4.2.2 Мета використання системи DTS

Стандартний метод вимірювання зміни температури в кабелі регулюється стандартом МЕК 60287. Температурний режим вздовж траси кабелю змінюється, наприклад, через сухість ґрунту. Багато років тому робилися спроби використовувати оптичні волокна для моніторингу температури кабелю, щоб якомога ефективніше використовувати його пропускну здатність (рис. 4.3). Завдяки використанню розподіленої системи вимірювання температури можна:

- контроль температури кабелю по всій довжині лінії;
- розрахунки на основі отриманих даних щодо допустимої пропускну здатності;
- потужність кабельної лінії;
- визначення місць перегріву;
- управління кабельною лінією на основі контрольних даних.

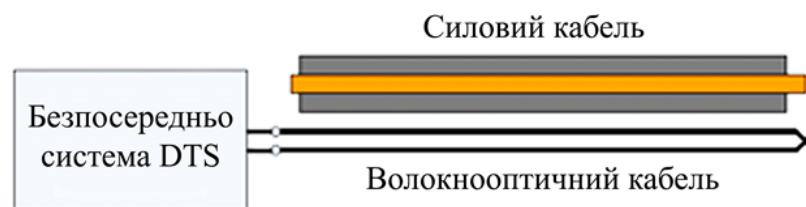


Рисунок 4.3 – Принцип роботи системи DTS

4.2.3 Конструкція силового кабелю з волоконно-оптичним модулем

За своїм призначенням кабель з оптоволоконним модулем повинен мати такі ж робочі параметри, як і стандартний кабель без оптоволоконного модуля (рис. 4.4). Враховуються такі граничні умови кабелю:

- максимально допустима температура струмопровідної жили - 90°C ;
- максимально допустима температура металевого екрану в режимі;
- коротке замикання - 350°C ;
- максимально допустима температура оптичного волокна при короткочасних перевантаженнях 200°C ;
- максимальний час короткого замикання металевого екрану 5 с.

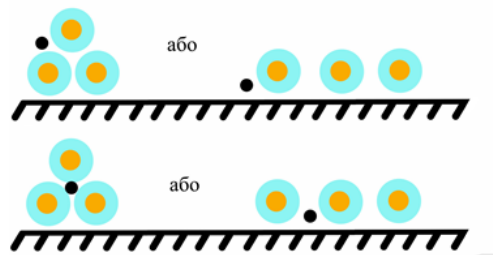


Рисунок 4.4 – Розташування волоконнооптичного модуля поза кабельною системою

У кабельних системах, які використовують роздільне вимірювання температури для роздільної здатності, волоконно-оптичний модуль може бути розташований у різних місцях.

5 АНАЛІЗ КОМУНІКАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ PLC ТА ЇЇ ПЕРСПЕКТИВНИХ МОЖЛИВОСТЕЙ

Комплексне вирішення завдань автоматизації управління електроенергією електромережевих підприємств передбачає збір даних з багатьох контрольованих об'єктів, розкиданих на значній території, та їх передачу на значні відстані.

Використання традиційних каналів зв'язку (виділені телефонні лінії, радіоканал) в міських електромережах вимагає значних матеріальних витрат і в багатьох випадках є недоцільним з фінансової точки зору.

В умовах електромереж доцільно використовувати комунікаційну технологію PLC (Power Line Communication) – зв'язок через низьковольтну мережу.

Використання для передачі телеметричної інформації каналів зв'язку, побудованих на базі силових кабелів і повітряних ліній напругою 6/10 кВ і 0,4 кВ, має ряд переваг.

Переваги передачі даних по кабельних лініях живлення:

- безсумнівною перевагою використання ліній електропередач для організації зв'язку є те, що кабельні мережі є власністю компанії МЕМ;
- напрямок передачі телеметричної інформації часто збігається з лініями електропередач, що дозволяє економити кошти на будівництво спеціальних ліній зв'язку та істотно скорочувати витрати при експлуатації систем енергоменеджменту;
- передача даних по кабельних лініях означає, що користувач зможе отримувати всю інформацію про стан мережі буквально «з розетки», не використовуючи телефон або іншу лінію зв'язку і не виходячи з дому. його робоче місце (рис. 5.1).

При цьому слід враховувати, що лінії електропередач мають такі характеристики:

- високий рівень шуму;
- швидке загасання високочастотного сигналу;
- нестабільність лінії зв'язку, тобто наявність великої кількості змінних у часі навантажень, точки підключення яких також змінюються;
- високочастотний сигнал не проходить через ізолюючі трансформатори та подібні пристрої, тому необхідно забезпечити проходження;
- сигнал між мережами з різними напругами.

Для забезпечення високої перешкодостійкості та високого рівня захисту інформації використовуються алгоритми створення шумоподібних сигналів, у яких потужність розподіляється по широкій смузі частот і сигнал стає непомітним на фоні перешкод. На приймальній стороні сигнал обробляється цифровими методами оптимального та квазіоптимального прийому. Крім того, поширення сигналу та якість його прийому залежать від архітектури електричної мережі, яка, хоч і має деревоподібну структуру, може змінюватися. Тому обладнання повинно динамічно адаптуватися до мінливих умов під час поширення сигналу.

Система включає:

- індикатори пошкодження кабельних ліній (ІПКЛ);
- виносні панелі індикації;
- передавачі;
- програмне забезпечення топографічної ВМП.

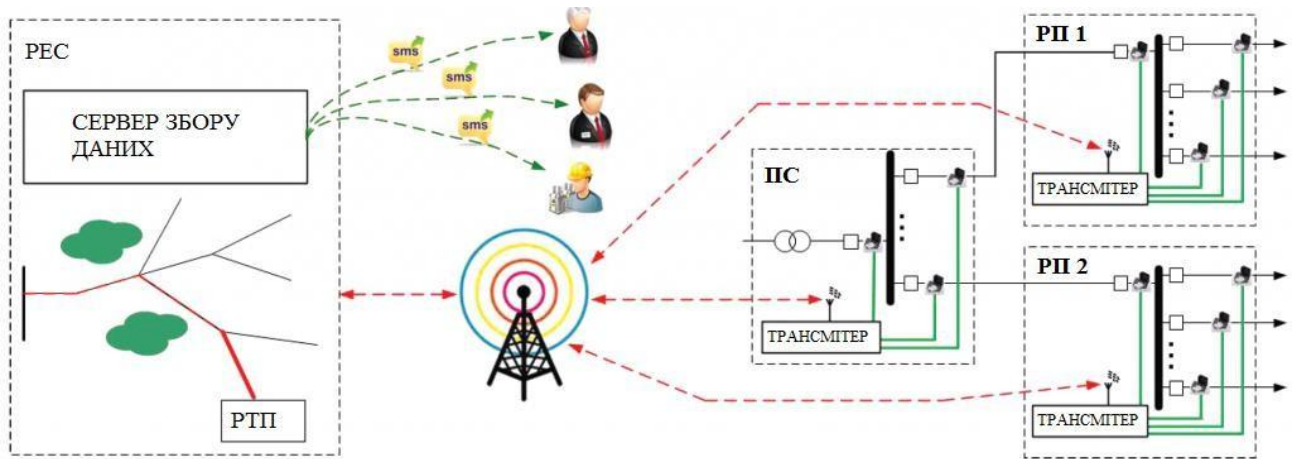


Рисунок 5.1 – Принцип роботи системи РЛС КЛ

Для ретрансляції даних про роботу ІРКЛ на вищий рівень системи (РЕЗ, станції керування) використовуються передавачі, які встановлюються в ЗРП, КЛПЗ у будь-якому зручному для цього місці. Перетворювачі живляться від фірмової мережі змінного струму 220 В. Один перетворювач може отримувати інформацію від 6 віддалених дисплеїв.

Після отримання інформації про активацію ІРКЛ передавач повторно передає дані про несправності в головний центр по каналу GSM. Топографічна програма VMP обробляє інформацію, що надходить, відображає пошкоджену ділянку на карті та миттєво повідомляє персонал за допомогою SMS та E-MAIL.

Підводячи підсумок, можна сказати, що стан силових кабельних ліній безпосередньо залежить від безперебійного електропостачання електроенергії споживачам. Під час експлуатації кабелі щодня піддаються впливу різноманітних зовнішніх факторів (включаючи коливання температури, від яких вони не можуть бути захищені). Зрештою, ізоляційне покриття – за визначенням – не може служити вічно.

Для мінімізації пожежних ситуацій необхідно проводити своєчасну діагностику силових кабельних ліній. Це дозволить визначити поточний стан кабелю живлення.

Щоб підвищити ефективність діагностики КЛ, ми розглянули метод Рамана, який дозволяє проводити вимірювання на великих відрізках кабелю, дозволяючи одночасно контролювати довгі, віддалені об'єкти або декілька об'єктів.

Для підвищення ефективності методу Рамана необхідно впроваджувати сучасні комунікаційні технології PLC (Power Line Communication).

Впроваджуючи такі системи, компанія може:

- моніторинг стану КЛ в режимі реального часу;
- виявлення вузьких місць у ЗР;
- збільшити пропускну здатність за допомогою практичних розрахунків;
- прогнозувати стан КЛ в різних режимах роботи;
- прогнозувати термін служби;
- зменшити кількість аварій.

6 ВВЕДЕННЯ В ЕКСПЛУАТАЦІЮ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Прокладка і монтаж кабельних ліній усіх напруг, які будуються будівельно-монтажними організаціями інших відомств і потім передаються в експлуатацію енергосистеми (рис. 6.1), здійснюються під технічним наглядом персоналу. управління енергосистемою. При цьому забезпечується контроль за якістю роботи. Виконавчий нагляд перевіряє стан кабелю на встановлених барабанах, якість з'єднувачів і монтажних матеріалів.



Рисунок 6.1 – Прокладання кабельної лінії

Запуск кабельної лінії здійснює спеціальна комісія. Члени комісії перевіряють технічну документацію та проводять екскурсії по трасі.

Щоб кабельна лінія запрацювала, виконуються наступні операції:

- ▶ визначення цілісності кабелю та фазування його жил;
- ▶ вимірювання опору заземлення біля кінцевих роз'ємів;
- ▶ перевірка спрацювання захисту від блукаючих струмів;
- ▶ визначення активного опору жил кабелю та працездатності (для кабелів від 20 кВ і більше);
- ▶ вимірювання опору ізоляції мегомметром 2500 В і перевірка випрямленого струму підвищеною напругою. Для ліній напругою 110 кВ і вище замість випробувань на випрямлення допускаються випробування підвищеною частотою напруги 50 Гц;

► визначення властивостей оливи всіх елементів нафтових кабельних ліній напругою 110 кВ і вище.

Під час введення в експлуатацію масляних кабелів, окрім самої кабельної лінії, весь комплекс будівель, пов'язаних з маслопроводом, маслопостачальні пристрої, кабельні колодязі для з'єднувачів, тунелі, канали, антикорозійний захист, сигналізація та система автоматизації встановлено на лінії.

6.1. Нагляд за кабельними лініями та організація їх охорони

Проводиться постійний контроль за технічним станом кабелів і кабельних ліній. Основними заходами з охорони кабельних ліній є періодичні відвідування та огляди кабельних трас, надання дозволів на проведення розкопок на трасах і поблизу кабельних ліній і нагляд за ними, роз'яснення населенню та керівникам організацій неприпустимих і самовільних дій, пов'язаних з розкопками кабелів та їх механічні пошкодження.

Огляди кабельних ліній проводяться за графіком залежно від напруги та умов прокладання кабелю. Наприклад, періодичність огляду кабельних трас напругою до 35 кВ, прокладених у місцях з кращим покриттям - 1 раз на 12 місяців; клемні з'єднувачі, розташовані в трансформаторних та інших приміщеннях, одночасно з оглядом решти обладнання.

Крім періодичних оглядів і оглядів кабельних ліній електромонтерами проводяться вибіркові огляди і огляди інженерно-технічного персоналу. У період паводків і дощів, а також при відключеннях ліній релейного захисту призначаються позачергові обходи та перевірки.

6.2. Контроль навантаження та нагріву кабелю

Навантаження на кабельні лінії, що відходять від електростанцій і підстанцій, контролюють постійним чергуванням персоналу за показаннями

щитових вимірювальних приладів. На підстанціях, де немає постійного чергування, перевірка проводиться періодично. Навантаження і напруги вимірюють 2-3 рази на рік влітку та восени і взимку в період максимального навантаження. За результатами вимірювань розробляються дії щодо забезпечення надійної та економічної роботи як окремих кабельних ліній, так і всієї електричної мережі.

Для вимірювань рекомендується використовувати терморезистори або термопари і лише в крайньому випадку термометри.

6.3. Визначення місця пошкодження кабельних ліній

В першу чергу визначається характер пошкодження. Для цього мегомметром 2500 В вимірюють опір ізоляції струмоведучих жил кабелю відносно землі та між кожною парою жил. Перевіряється відсутність розбитих вен. Потім визначається зона, в межах якої відбувається пошкодження, а потім проводиться пошук місця пошкодження безпосередньо вздовж траси кабельної лінії (рис. 6.2).



Рисунок 6.2 – Виявлення місць пошкоджень

Зона пошкодження визначається наступними методами:

- ▶ петельчасті;
- ▶ імпульс;

- ▶ метод коливального розряду;
- ▶ індукційний метод;
- ▶ акустичний метод.

Петлевий спосіб застосовують у разі пошкодження ізоляції одного або двох провідників відносно оболонки, а в жилі немає тріщини. Для вимірювань використовується чутливий міст.

Імпульсним методом вимірюють проміжок часу між передачею імпульсу електромагнітної хвилі на пошкоджену лінію і моментом повернення відбитого імпульсу від місця пошкодження до місця підключення приладу. Застосування приладів таке ж, як і при виявленні місць пошкоджень повітряних ліній.

Метод коливального розряду заснований на тому, що при проколюванні кабелю в місці пошкодження виникає розряд, період коливань якого пропорційний відстані від місця пошкодження.

Період коливань вимірюється електронним мікросекундоміром. Пристрій підключається через ємнісний дільник до кабелю під час перевірки високою напругою від випрямляча.

Для пошуку коротких замикань між проводами широко використовувався індукційний метод. Під час вимірювання через дві замкнуті жили кабелю від спеціального генератора пропускають струм силою 10–20 А і частотою звуку 800 –1000 Гц. Навколо кабелю аж до точки короткого замикання виникають електромагнітні коливання, які також поширюються на земну поверхню. Оператор з приймальною рамою, підсилювачем і телефоном проходить по трасі кабелю і слухає, звук спочатку посилюється, а потім припиняється на відстані 0,5 - 1 м від місця пошкодження.

Акустичний метод подібний до індукційного. Відмінність полягає в тому, що імпульси від установки кенотрона подаються на дроти кабелю. Ці імпульси створюються конденсатором і розрядним пристроєм, підключеним до кенотрона. Імпульс, який подається на кабель через 1-3 секунди,

супроводжується іскровим розрядом в момент пробою, звук якого добре чутний над землею поверхнею за допомогою телефону, підключеного через п'єзoeлемент до підсилювача.

Кабельні лабораторії оснащені всім необхідним обладнанням і приладами для проведення досліджень спеціальними методами.

6.4. Експлуатація кабельних ліній в маслі



Рис. 6.3. Кабельна лінія заповнена маслом

Масляні кабелі 110 – 500 кВ випускаються двох видів: низького тиску і високого тиску. Підтримання належного тиску в кабелях низького тиску забезпечується напірними баками, розташованими у відповідних розрахункових точках кабельної лінії, а в кабелях високого тиску - установками автоматичної поповнення масла.

Успішно експлуатуються також кабельні лінії високого тиску 110-500 кВ в сталевих трубах з циркуляцією і штучним масляним охолодженням.

Експлуатація масляних кабельних ліній вимагає систематичного контролю за станом маслоподаючих пристроїв, якістю залитого масла, геометрією всієї масляної системи і запобігання потрапляння повітря в кабелі, а також утворення газів як результат розкладання нафти.

Для кожної кабельної магістралі, заповненої маслом, встановлюються межі допустимих змін тиску масла, після відхилення від яких кабель

направляється в ремонт для встановлення та усунення причини зміни тиску. Тиск масла контролюється за допомогою електричних контактних манометрів. крім того, коливання тиску масла в кабелях реєструються самописними манометрами.

Під час оглядів перевіряється робота всіх елементів маслоподавальних пристроїв. Властивості масла перевіряють шляхом відбору та аналізу проб масла з усіх елементів кабельної лінії.

При експлуатації маслонаповнених кабельних ліній особлива увага приділяється запобіганню корозійним пошкодженням покриттів кабелів і сталевих трубопроводів на лініях високого тиску. З цією метою регулярно відбирають проби ґрунту з місць, де є підозра на корозійний вплив. Контролюється безперервна робота катодних поляризаційних пристроїв. Ефективність і правильність їх роботи перевіряють вимірюванням захисних потенціалів на КПП не рідше одного разу на рік.

Способи прокладання кабельних ліній. Прокладка кабельних ліній для передачі енергії може виконуватися в різних типах кабельних споруд:

Кабельні траншеї. Найпопулярніший і дешевий спосіб прокладки кабелю. При прокладанні кабелю таким способом не потрібні великі витрати на будівництво. Цей спосіб також забезпечує хороше охолодження кабелю. Недоліком є можливість механічних пошкоджень при земляних роботах біля КЛ, а також складність обслуговування (рис. 6.4).



Рисунок 6.4 – Приклад прокладання КЛ в траншеї

Кабельні тунелі. Ще один спосіб побудови силових кабельних ліній. Основною перевагою кабельного тунелю є те, що персонал має доступ до встановлених в ньому ліній, тобто немає особливих труднощів у реконструкції при необхідності. Тунелі збирають із спеціальних залізобетонних конструкцій різних розмірів. Кабелі в тунелях кріпляться на металевих полицях і опорах.

Кабельний тунель — це закрита споруда з розташованими в ній опорними конструкціями для розміщення на них кабелів і кабельних муфт з вільним проходом по всій довжині, який дає змогу здійснювати прокладання кабелів, ремонт та огляд кабельних ліній (рис. 6.5).



Рисунок 6.5 – Кабельний тунель

Кабельний канал. Кабельним каналом називається закрита і заглиблена в ґрунт, підлогу, перекриття непрохідна споруда, призначена для розміщення в ній кабелів, прокладання, огляд і ремонт яких можна здійснювати тільки при знятому перекритті (рис. 6.6).

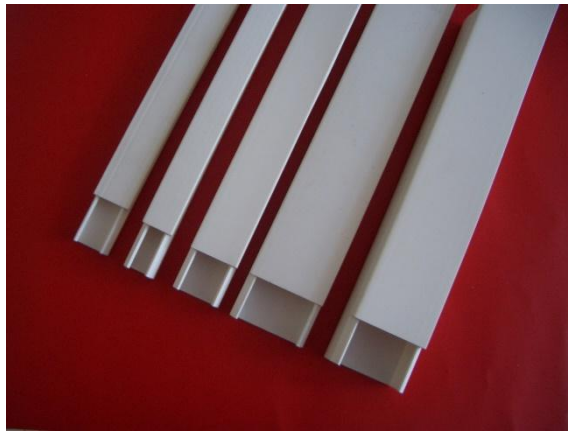


Рисунок 6.6 – Кабельний канал

Кабельні блоки. Укладання паралельних кабелів в один пучок пов'язане з ризиком механічних пошкоджень. Щоб уникнути пошкоджень при будівництві кабельних ліній використовують кабельні блоки. Це канали, з'єднані спеціальними колодязями. Цей спосіб також зручний тим, що при необхідності кабелі можна відносно легко замінити без зміни конструкції будівлі. Кабельний блок — це кабельна споруда з трубами (каналами) для прокладання в них кабелів з належними їм колодязями (рис. 6.7).



Рисунок 6.7 – Приклад кабельних блоків

Підлоги вантові, багат шарова підлога (подвійна). У районах електростанцій і великих промислових об'єктів будівництво кабельних ліній здійснюється з використанням подвійних перекриттів і вантових перекриттів. Кабельний перекриття - це звичайне перекриття будівлі, в якому допустима

відстань між підлогою і верхнім поверхом становить не менше 1,8 м. У свою чергу подвійне перекриття - це простір між перекриттям і підлогою.

Колектори. Це інженерна споруда, в яку вмонтовані електричні кабелі. Також колектори можна використовувати для монтажу каналізаційних і водопровідних труб..

Кабельний поверх — це частина будівлі, обмежена підлогою та перекриттям або перекриттям з відстанню між підлогою й вийсту пними частинами перекриття не менше як на 1,8 м (рис. 6.8).



Рисунок 6.8 – Приклад кабельного поверху

Кабельною шахтою називається вертикальна кабельна споруда, висота якої в кілька разів більша від розміру її сторони (рис. 6.9).

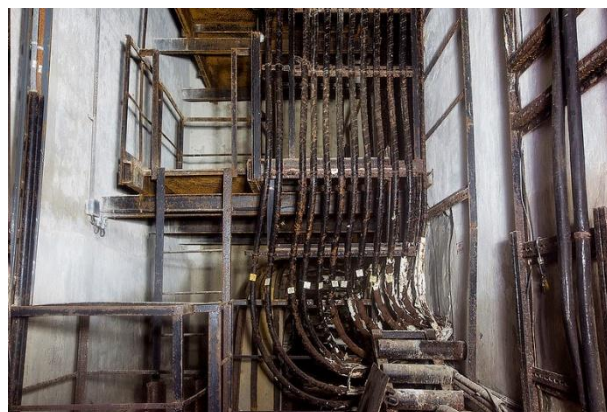


Рисунок 6.9 – Приклад кабельної шахти

Кабельна камера — це підземна кабельна споруда, що закривається глухою знімною бетонною плитою й призначена для укладання кабельних муфт або для протягування кабелів у блоки. Камера, що має люк для входу в неї, називається кабельним колодязем (рис. 6.10).



Рисунок 6.10 – Приклад кабельної камери

Кабельна естакада. Кабельною естакадою називається надземна відкрита горизонтальна чи нахилена протяжна кабельна споруда (рис. 6.11).



Рисунок 6.11 – Приклад кабельної естакади

Доцільність використання того чи іншого методу вирішується на етапі проектування будівництва кабельних ліній.

7. МОНТАЖ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

7.1. Підготовчі роботи

Для підготовки проекту до виконання робіт необхідно ознайомитися з проектною документацією [6, 7, 8, 9, 67]:

- виправлений проект КЛ;
- креслення профілю лінії в місцях перетину з дорогами та іншими комунікаціями для ліній 35 кВ і особливо складних ліній 6-10 кВ;
- плани трас з прив'язкою КЛ до об'єктів, позначенням перетинів інженерних комунікацій та зазначенням глибини їх встановлення;
- поздовжній профіль поперечного перерізу кабелю інженерного зв'язку із зазначенням способу захисту кабелю від різних впливів (механічних, хімічних);
- кабельний склад, специфікації кабелів, з'єднувачів і матеріалів;
- матеріали для узгодження маршруту КЛ з енергопостачальними організаціями.

7.2. Вибір маршруту лінії

Проектування і прокладання кабельних ліній базується на техніко-економічних розрахунках. Траса лінії вибирається з урахуванням найменшої витрати кабелю, уникаючи, по можливості, зон з агресивними компонентами, що містять хімічні речовини, які руйнують сталеву броню оболонки кабелю. Мінімальна відстань між кабелями та нафто- чи газопроводом не менше 0,5 м.

При прокладанні кабелів по можливості уникайте їх перетинання один з одним та з інженерними спорудами. У селах кабельні лінії зазвичай потрібно прокладати під тротуарами у дворах, а не вздовж дороги.

Додатковий нагрів через їхні трубопроводи становить великий ризик для кабелів. Траси кабельних ліній повинні бути віддалені від них. Необхідно вжити спеціальних заходів для захисту кабелів від перегріву в місцях їх контакту з тепловими трубами.

У разі перетину кабельних ліній з кабелями зв'язку останні необхідно розташовувати вище силових кабелів, а силові кабелі вищої напруги прокладати під кабелями нижчої напруги. Між ними повинен бути шар землі товщиною не менше 500 мм. Біля електрифікованих доріг оболонки кабелів руйнуються блукаючими струмами, тому біля них не повинні проходити колії з кабелями в металевій оболонці. У разі перетину залізничних колій і автомобільних доріг кабелі прокладають у тунелях, блоках або трубах по всій ширині зони відчуження на відстані не менше 1 м від полотна колії та не менше 0,5 м від дна води. несуча канава.

7.3. Монтаж кабелів

КЛ прокладають безпосередньо в землі, у воді - через водойми і річки, в повітрі - в кабельних спорудах і виробничих приміщеннях: на лотках, коробах, кабелях, віадукх; підземні споруди, тунелі, канали, блоки, труби та підземні залізобетонні конструкції, лотки, колектори.

7.3.1. Установка в траншеї

Рекомендується прокладати не більше шести кабелів в одній траншеї з відстанню між ними 200-300 мм.

Кабельні лінії прокладаються таким чином, щоб виключити можливість небезпечних механічних впливів і пошкоджень в процесі монтажу та експлуатації. Кабелі слід прокладати з запасом 1-3% від довжини (шланга), достатнім для компенсації можливих зсувів ґрунту і температурних деформацій. КЛатність допустимого радіуса вигину по відношенню до

зовнішнього діаметра кабелю залежить від марки: багатожильні кабелі з паперово-просоченою ізоляцією - 20; з гумопластиковою ізоляцією та броньованою оболонкою - 10 і непросоченою - 6.

Траншеї для прокладання кабельних ліній безпосередньо в землі повинні мати баласт, а кабелі повинні бути поКЛиті дрібноземом без каменів. Глибина траншеї повинна бути 800 мм, щоб забезпечити можливість прокладки кабелю на глибину 700 мм. На ділянках довжиною до 5 м на вводі лінії в приміщення, а також у місцях їх перетину з підземними спорудами допускається зменшувати глибину прокладання до 500 мм за умови захисту кабелів від механічних пошкоджень.

Ширина дна траншеї при прокладці одного або двох кабелів повинна бути не менше 350 мм, а відстань між ними - не менше 100 мм. При кладці трьох або чотирьох ширина дна траншеї становить 600 мм; при збільшенні кількості кабелів ширина дна траншеї збільшується на 200 мм для кожного кабелю.

Кабель напругою до 20 кВ прокладають на глибині 1 м. У разі паралельного прокладання кількох кабелів напругою до 10 кВ в одній траншеї слід витримувати горизонтальну відстань між ними або між ними. і контролюється. кабелі 100 мм. Відстань між кабелями управління не нормується. При прокладанні кабелю поблизу будівель мінімальна відстань в перерізі кабелю від заземлених частин повинна бути не менше 5 м. Опори ПЛ повинні бути захищені від механічних впливів. пошкодження плитами або цеглою в один шар поперек траси кабелю.

7.3.2. Монтаж кабельних ліній у виробничих приміщеннях

КЛ повинні бути доступні для огляду та ремонту, захищені від можливих механічних пошкоджень і подалі від поверхонь нагріву.

Проходи для людей можуть перетинатися кабельними лініями на висоті не менше 1,8 м від підлоги. Усі розміри та розміри прокладки кабелю були

вказані [54]. Кабелі можна прокладати тільки в підлозі або стелі в каналах або трубах. Труби повинні мати внутрішній діаметр не менше ніж в 1,5 рази більше зовнішнього діаметра кабелів. Кабельні проходи через стіни, перегородки та підлогу з дерева або інших горючих матеріалів слід виконувати в трубах діаметром не менше 100 мм. Кабелі, що прокладаються всередині приміщень, не можуть мати зовнішні захисні оболонки з легкозаймистих волокнистих речовин. Вони повинні бути надійно закріплені спеціальними хомутами. Відстань між сусідніми з'єднувачами повинна становити 0,8-1 м при горизонтальній прокладці і до 2 м при вертикальній прокладці.

Заборонено:

- щільно кріпити кабелі до підлоги або стелі;
- прокладати кабелі в сходах;
- засипте піском силові кабелі в каналах.

Всі кабельні з'єднання і відгалуження виконані з чавуну і епоксидних з'єднань, які захищають кабель від вологи і механічних пошкоджень. Кабелі підключаються до приймальних клем за допомогою з'єднувачів і ущільнень. Кабельні з'єднувачі повинні забезпечувати електричну міцність у точці з'єднання не менше безперервної міцності кабелю, необхідну міцність на механічний розрив і герметичність.

7.3.3. Маркування кабельних ліній

Кожен КЛ повинен мати паспорт з документацією, диспетчерським номером та ПІБ. На вільно прокладених кабелях, а також на всіх кабельних з'єднувачах повинні бути бирки з маркуванням: в кінці і на початку лінії на бирках повинні бути вказані марка кабелю, напруга, переріз, номери або найменування ліній; на ярликах з'єднувальних роз'ємів - номер роз'єму, дата монтажу. Бірки повинні бути стійкими до впливу зовнішнього середовища. Бірки кріпляться по всій довжині КЛ іншим способом

50 м на відкритих кабелях, а також на поворотах траси та в місцях проходження кабелів через вогнетривкі перегородки та перекриття (з обох сторін). Траса кабельної лінії, що проходить через орні та незабудовані землі, позначається знаками, які встановлюються на відстані не менше 500 м один від одного та в місцях зміни напрямку траси.

7.4. Використання безтеплових технологій

7.4.1. Загальна інформація

Розроблені основні види термоусадочних виробів:

- з'єднувачі для з'єднувальних кабелів (рисунок 7.1), які працюють на 10–15 кВ QS1000 та на 20–30 кВ QS2000;
- з'єднувачі для кінцевого прокладання кабелю (рисунок 7.2), які працюють в діапазоні напруг 6–46 кВ;
- ізоляційні та ущільнювальні з'єднання кабелів низької напруги.

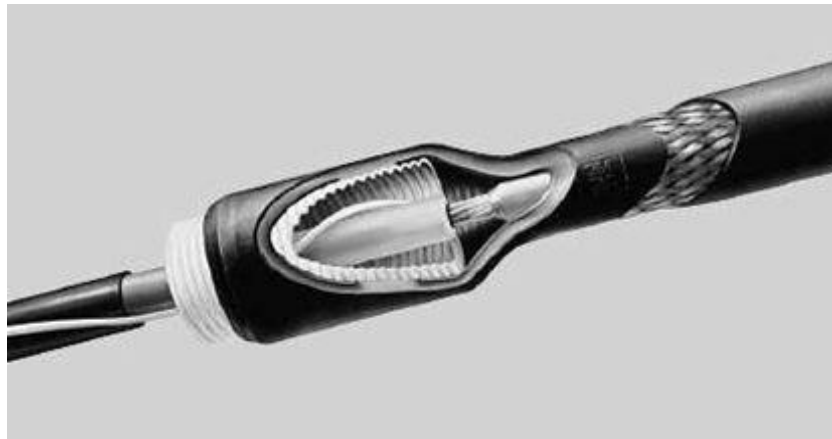


Рисунок 7.1 – Ескіз системи з'єднувальних муфт

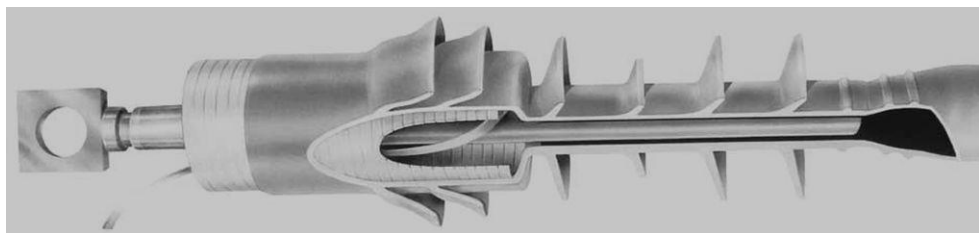


Рисунок 7.2 - Ескіз з'єднання кінцевої прокладки кабелю.

Використання цих технологій дозволяє підвищити експлуатаційну надійність

обладнання за рахунок нових композиційних матеріалів, спростити монтажні роботи та відповідно підвищити культуру праці ремонтно-обслуговуючого персоналу. Номенклатура кабельних з'єднувачів для силових кабелів із вшитого поліетилену наведена в таблиці. 7.1.

Таблиця 7.1 – Номенклатура кабельної арматури для силових кабелів із шитого поліетилену

Артикул	Опис	Розміри
QTII 92-EB 62-1	Комплект кінцевої муфти внутрішньої установки	$1 \times 50-150 \text{ мм}^2$
QS1000 92-AG611-1	Комплект сполучної муфти	$1 \times 70-150 \text{ мм}^2$
QS1000 92-AG621-1	Комплект сполучної муфти	$1 \times 185-240 \text{ мм}^2$
Перехідні муфти для з'єднання трижильних кабелів з маслопросоченою паперовою ізоляцією з трьома кабелями із СІП-ізоляцією 10кВ		
QS1000T92 FG 615-3	Комплект перехідної муфти	$3 \times 50-150 \text{ мм}^2$
QS1000T92 FG 625-3	Комплект перехідної муфти	$3 \times 185-240 \text{ мм}^2$

7.4.2. Термоусадочні конектори Quick Splice 1000

З'єднувачі QS 1000 призначені для з'єднання силових кабелів середньої напруги з суцільною ізоляцією жил (поліетилен, зшитий поліетилен та інші), екран з металеві фоліи або дроту і пластикова кришка. З'єднувачі QS 1000 можна використовувати для підключення на підвісних лініях, в кабельних тунелях, а також на лініях електропередач, прокладених під землею.

Складається з комплекту для складання муфти ZM QS 1000 типу 92-AG6X1-1 і включає багатошарову інтегральну муфту з поліКЛемнію (холодна усадка), знімну розпірну провід, компоненти заземлення без пайки та матеріал для відновлення оболонки кабелю. З'єднувачі випускаються в трьох

основних виконаннях і призначені для з'єднання одножильних силових кабелів перерізом 70...400 мм², які мають суцільну діелектричну ізоляцію і розраховані на напругу 6...10 кВ. Для додаткової зручності суцільний силіконовий рукав, що входить до комплекту постачання, з'єднаний зі спіральним поліетиленовим шнуром, який можна зняти під час встановлення (Малюнок 7.3). В результаті такого з'єднання з'єднується кабель дає усадку і щільно стискає його з усіх боків. Корпус з'єднання значно послаблює напруженість електромагнітного поля, відновлює цілісність ізоляції та екранування (напівпровідникового екрана) електромережі (рисунок 7.4).

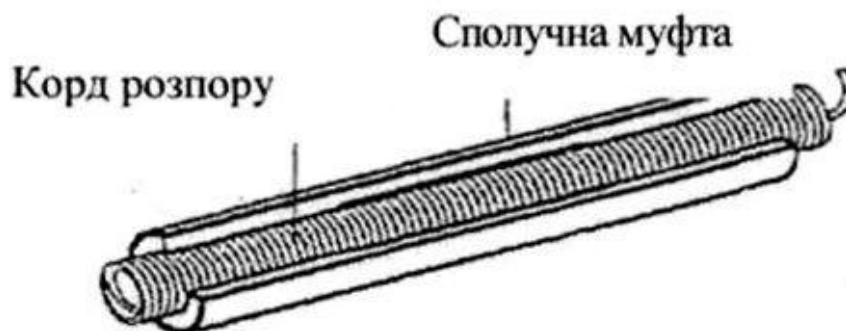


Рисунок 7.3 – Ескіз кремнійорганічної муфти



Рисунок 7.4 – Ескіз з'єднувальної муфти

Зчеплення складається з наступних основних вузлів:

- ізоляційний шар складається з матеріалу з високою діелектричною проникністю, забезпечує необхідний розподіл напруженості електричного поля і повністю відновлює самоізоляційні властивості кабелю по всій довжині з'єднання;
- внутрішній напівпровідниковий електрод покриває струмоведучу жилу, усуваючи потребу в стрічкових або додаткових металевих електродах;
- зовнішній напівпровідниковий шар муфти приймає форму ізоляції і замінює електромагнітний екран.

Інші компоненти інсталяційного набору включають:

- пружинні кільця та металевий екран, що відновлює цілісність металевого екрану кабелю, утворюючи безпаяний вузол заземлення. Основне призначення цих металевих деталей – забезпечити якісний контакт із землею і тим самим забезпечити надійний захист кабелю від пошкоджень;
- захищена мастикою стрічка підвищує стійкість з'єднувача до вологи, що особливо важливо при з'єднанні кабелів в підземних лініях;
- спеціальні пластикові трубки (ПСТ) призначені для відновлення оболонки кабелю шляхом термоусадки. Масивні стінки труби запобігають потраплянню вологи і рідини в роз'єм, що може викликати корозію елементів заземлення.

Пропозиція з'єднувачів включає дві серії базових і дві серії додаткових монтажних комплектів, призначених для з'єднання трижильних кабелів різних типів у пластиковій ізоляції та виконання переходів до одножильних кабелів також у пластиковій ізоляції:

- 92-AG6X0-3 – з'єднувачі для трижильних кабелів у пластиковій ізоляції з індивідуальними мідними екранами для кожного проводу.
- 92-AG6X1-3 – з'єднувальні з'єднувачі для трижильних кабелів із пластиковою ізоляцією зі звичайним мідним екраном.

- 92-PG6XO-3 – додаткові комплекти для виконання переходу від трижильних кабелів у пластиковій ізоляції із загальним мідним екраном до трьох одножильних кабелів.

- 92-PG6X1-3 – додаткові комплекти для переходу від трижильних кабелів із пластиковою ізоляцією з індивідуальними мідними екранами до трьох одножильних кабелів.

Основні характеристики монтажних комплектів:

1. Універсальна цілісна конструкція гільзи дозволяє монтувати роз'єм на кабелі різних розмірів і типів.
2. Сумісний з кабельними роз'ємами всіх стандартних моделей.
3. Абсолютна водонепроникність завдяки високій щільності рукава, що прилягає до кабелю.
4. Широкий діапазон робочих температур.
5. Розпаяний вузол заземлення.
6. Компактний характер роз'єму дозволяє здійснювати з'єднання в обмеженому просторі та у важкодоступних місцях.
7. Індивідуальний технічний контроль на виробництві.

Термоусадочна технологія забезпечує швидкий і легкий монтаж конектора без використання спеціальних інструментів.

Технічні характеристики сплайс-конекторів QS1000 для одножильних кабелів наведені в таблиці. 7.2.

Таблиця 7.2 – Сполучні муфти QS1000 для одножильних кабелів

Модель QS 1000	Розміри кабеля				Розміри гільзи	
	Зовнішній діаметр оболонки, мм	Зовнішній діаметр ізоляції, мм	Перетин жили, мм ²		Зовнішній діаметр, мм	Довжина, мм
			6...10 кВ	8,7...17,5кВ		
92-AG611-1	39	17,7–26,0	70–150	50–150	14,2–28,0	135
92-AG621-1	46	22,3–33,2	185–240	150–240	18,0–33,2	145
92-AG631-1	56	28,4–42,0	300–400	300–400	23,3–42,0	220

7.4.3. Кінцеві з'єднувачі серії QT II

Кінцеві з'єднувачі мають монолітну конструкцію, в якій передбачена заломлююча трубка для вирівнювання напруженості електромагнітного поля.

Клатч виготовлений зі спеціального органічного кремнієвого матеріалу, який надає йому особливо високу стійкість до ультрафіолетового випромінювання, трекінгу (утворення провідних перемичок) і ерозії.

Технологія складання зчеплення серії QT II:

1) зніміть зовнішній напівпровідниковий екран, кабель із екструдованим напівпровідниковим екраном, залишивши 50 мм перед розрізанням уздовж оболонки;

2) зняти ізоляцію з кабелю за допомогою напівпровідникових стрічок і шару графіту: залишаючи 30 мм на поверхні стрічок, 40 мм на поверхні графітового шару перед розрізанням оболонки кабелю (рисунок 7.5);

3) нанести один шар Scotch®13 з нахлестом 50%, починаючи від поверхні стрічок до поверхні ізоляції та один шар у зворотному напрямку;

4) зняти ізоляцію проводу на довжині $V + 5$ мм;

5) надіньте наконечник на дрiт і притисніть його. Ретельно очистіть поверхню наконечника, видаливши гострі краї, переконайтеся у відсутності металевих сколів;

6) обмотати кінчик скотчем Scotch™ 70, наклавши його по всій довжині із середнім натягом;

7) нанести силіконовий гель на розріз зовнішнього напівпровідникового екрана та на ізоляцію жили на відстані 40 мм від напівпровідникового екрана (рисунок 7.5);

8) насуньте елемент QT II на кабель, який потрібно обробити. Зніміть згорнутий шнур, потягнувши та розмотавши його проти годинникової стрілки. Стягування повинно здійснюватися від пружинного кільця (рисунок 7.6);

9) Проткніть екран і прикріпіть наконечник.

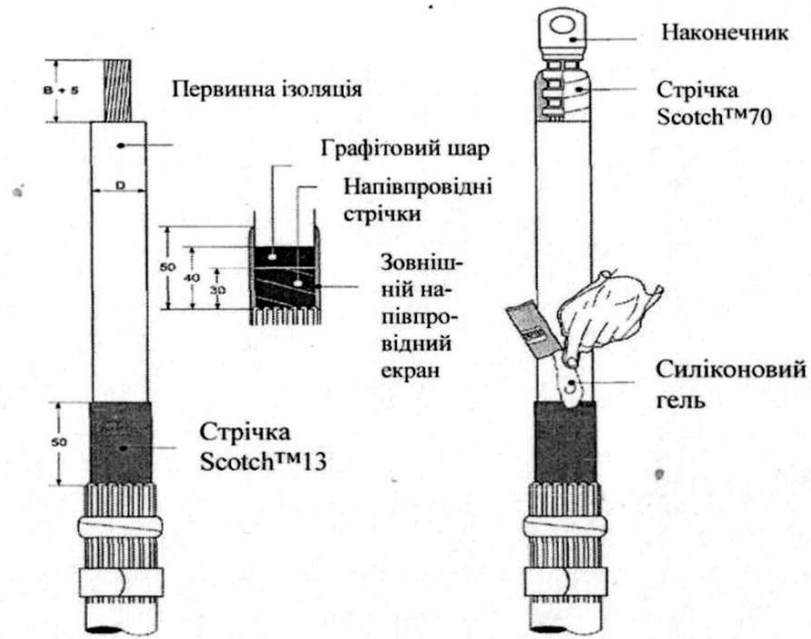


Рисунок 7.5 – Монтаж кабельної муфти QT II, перший етап

До складу комплекту входять всі необхідні матеріали для монтажу трьох фаз, за винятком наконечників. Монтаж виконується без застосування вогню. Кінцеві муфти застосовуються при холодній усадці для зовнішньої установки 10 кВ.

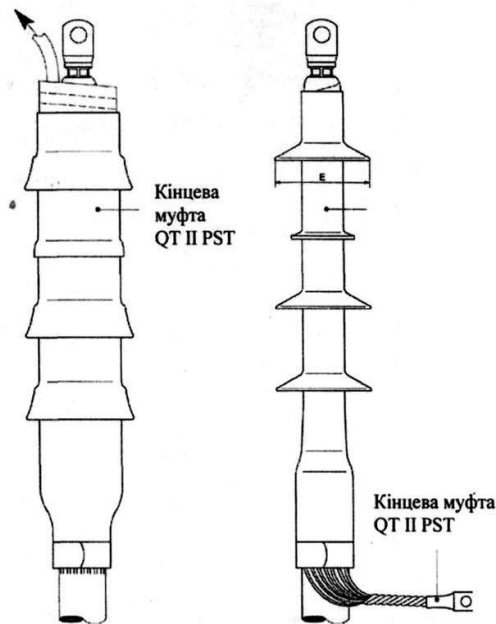


Рисунок 7.6 – Монтаж кабельної муфти QT II, другий етап

7.1.1. З'єднувальна муфта 92-AG611-1

Складається з холодозахисного кожуха і використовується для одножильних кабелів з полімерною ізоляцією з дротяним екраном 6/10 кВ згідно з ІЕС 60502.

Технологія монтажу кабельної муфти:

- 1) видалити оболонку кабеля згідно з розміром А (рисунок 7.7);

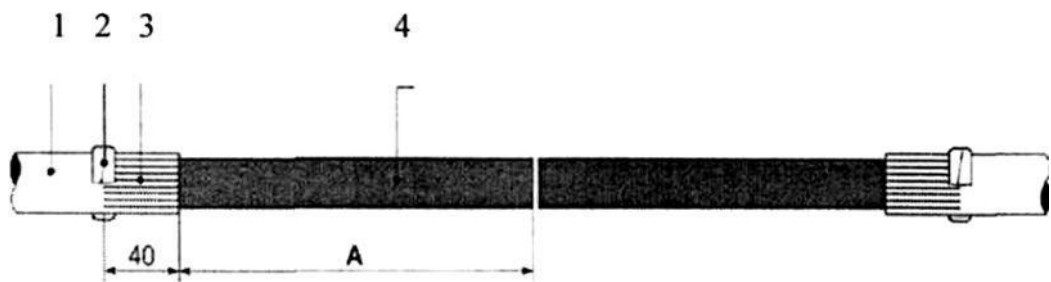


Рисунок 7.7 – Монтаж кабельної муфти 92-AG611-1, перший етап:

- 1 – оболонка кабеля, 2 – стрічка Scotch™13; 3 – дротяний екран; 4 – зовнішній напівпровідний шар

- 2) відігнути дроти екрана назад уздовж оболонки кабеля, відрізати їх на відстані 40 мм від зрізу по оболонці і закріпити обрізані кінці двома витками стрічки Scotch™13, як показано на рисунку 7.8;

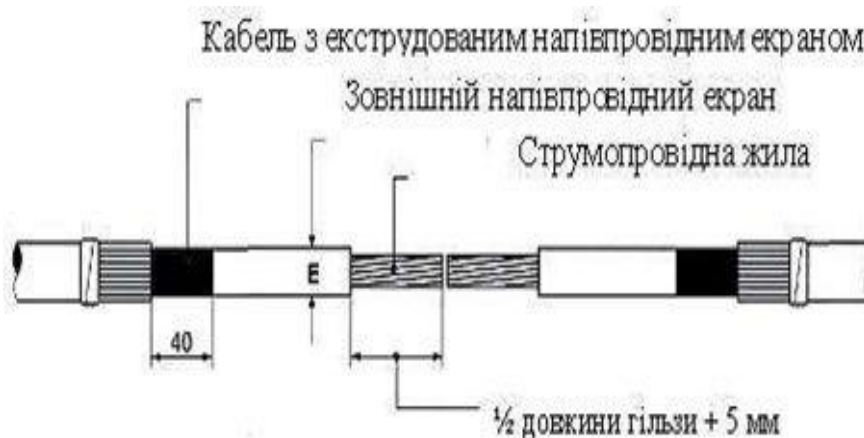


Рисунок 7.8 – Монтаж кабельної муфти, другий етап

- 3) видалити паперові стрічки до зрізу оболонки кабеля (рисунок 7.9);



Рисунок 7.9 – Монтаж кабельної муфти, етап третій

- 4) видалити напівпровідний екран з кінця кабеля, залишаючи 40 мм до зрізу оболонки (рисунок 7.10);



Рисунок 7.10 – Монтаж кабельної муфти, етап четвертий

- 5) видалити первинну ізоляцію струмопровідної жили на відстані 1/2 довжини гільзи + 5 мм (рисунок 7.11);

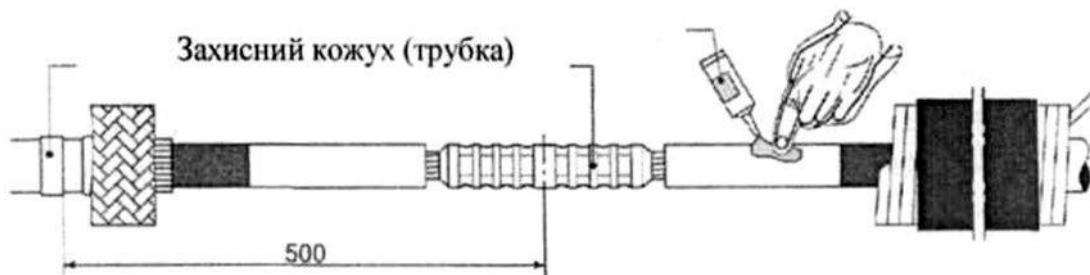


Рисунок 7.11 – Монтаж кабельної муфти, етап п'ятий

6) видалити напівпровідні стрічки з кінця кабеля, залишаючи 20 мм до зрізу по оболонці. Видалити графітовий шар з кінця кабеля, залишаючи 30 мм до зрізу оболонки (рисунок 7.12);

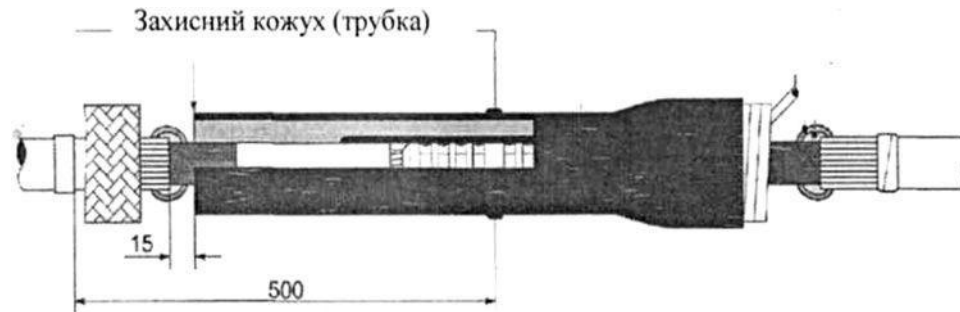


Рисунок 7.12 – Монтаж кабельної муфти, етап шостий

7) накласти один шар стрічки Scotch™13 з 50% перекриттям, починаючи з напівпровідних стрічок до первинної ізоляції і один шар у зворотному напрямі. Видалити первинну ізоляцію на довжину 1/2 довжини гільзи + 5 мм (рисунок 7.13);

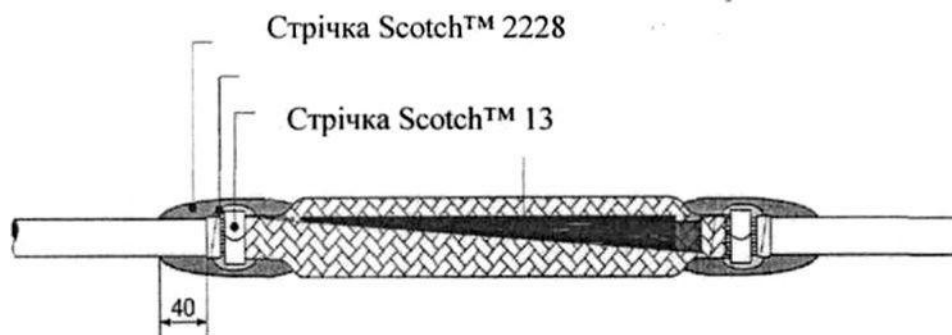


Рисунок 7.13 – Монтаж кабельної муфти, етап сьомий

8) насунути чулку, що екранує, з лудженої мідної сітки на місце з'єднання і зафіксувати її за допомогою пружинних кілець на металевому екрані кабеля. Обрізати надлишки мідної сітки. Обмотати пружинні кільця двома шарами стрічки Scotch™13 з 50% перекриттям. Накласти стрічку

Scotch™2228 поверх стрічки Scotch® 13, оболонки кабеля і лудженої мідної сітки. Забезпечити мінімальний діаметр поверх стрічки Scotch™ 2228 (рисунок 7.14);

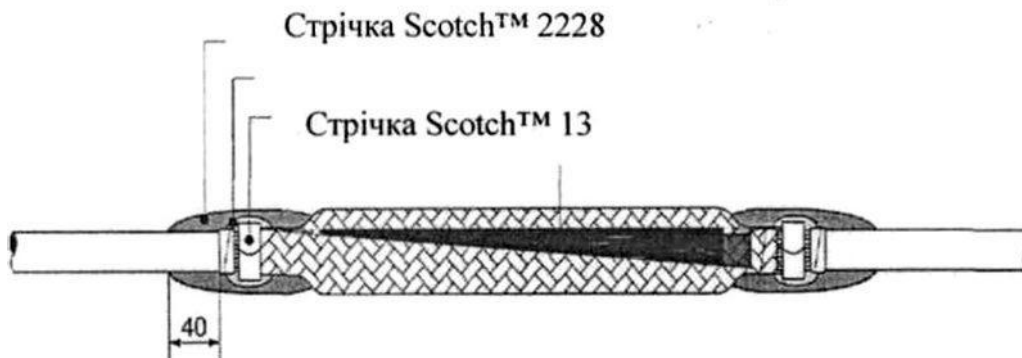


Рисунок 7.14 – Монтаж кабельної муфти, етап восьмий

9) насунути захисний кожух поверх з'єднання на позицію “С” і видалити розпираючий спіралеподібний корд (рисунок 7.15). В результаті цього захисний кожух починає усаджуватися від позиції “С” на всій довжині області з'єднання.



Рисунок 7.15 – Монтаж кабельної муфти, етап дев'ятий

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

У цьому розділі бакалаврської роботи розробляються заходи з охорони праці в процесі обслуговування кабельних ліній. Охорона праці належить до соціально-економічних систем, головним завданням яких є врахування громадських та особистих інтересів людей.

На електротехнічний оперативно-ремонтний персонал, який здійснює обслуговування електрообладнання, впливають такі шкідливі виробничі фактори [1, 2]: фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо); хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил); фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

8.1 Технічні рішення з безпечної експлуатації

8.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Живлення силового обладнання та системи освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В). Відповідно з ГОСТ 12.1.013-78 умови праці за ступенем небезпеки ураження працівників електричним

струмом є умовами з підвищеною небезпекою, тому що підлога у приміщеннях, що реконструюються та будуються, є струмопровідною.

Огляд підземних споруд, що не належать до газонебезпечних, де розташовані кабельні траси, і роботи в них (прибирання, фарбування кабелів, будівельний ремонт та ін.) повинні проводити не менше як два працівники. На електростанціях і підстанціях оглядати колектори та тунелі може один працівник з групою III.

Роботи в підземних спорудах, де можлива поява шкідливих газів, повинні проводити за нарядом не менше трьох працівників, з яких двоє страхувальники. Керівник робіт повинен мати групу IV.

У кожному цеху (районі, ділянці) необхідно мати перелік газонебезпечних підземних споруд. З цим переліком слід ознайомити працівників, які обслуговують такі споруди. Всі газонебезпечні підземні споруди слід позначити на схемі.

До початку та під час виконання робіт в підземній споруді слід забезпечити природну або примусову вентиляцію. Природна вентиляція створюється відкриванням не менше двох люків з установленням біля них спеціальних козирків для спрямування повітряних потоків. Примусова вентиляція забезпечується вентилятором або компресором протягом 10 - 15 хв. до повного обміну повітря в підземній споруді за допомогою рукава, що опускається вниз і не досягає дна на 0,25 м. Забороняється застосовувати для вентиляції балони зі стисненими газами.

Забороняється починати роботу в підземних спорудах без перевірки на загазованість. Перевірку повинні проводити працівники, навчені користуванню приладами. Список цих працівників затверджується наказом по підприємству. Забороняється перевіряти відсутність газів за допомогою відкритого вогню.

Перед початком виконання робіт в колекторах та тунелях, обладнаних припливно-витяжною вентиляцією, останню слід привести в дію на термін, що визначається місцевими умовами. Відсутність газу в цьому разі можна не

перевіряти. Під час виконання роботи в колекторах та тунелях слід відкрити два люки або двоє дверей в таких місцях, щоб ті, хто працює, перебували між ними. Біля відкритого люка слід встановити попереджувальний знак або встановити огороження.

Для відкривання колодязів необхідно застосовувати інструмент, що не дає іскроутворення, а також запобігати ударам кришки об горловину люка. Біля відкритого люка колодязя слід встановити попереджувальний знак або встановити огороження.

В колодязі допускається перебувати і працювати одному працівнику з групою III із застосуванням запобіжного пояса із страхувальним канатом. Запобіжний пояс повинен мати наплічні ремені, перехрещені за спиною, з кільцем на перехресті для кріплення каната. Другий кінець каната повинен тримати один із страхувальників.

Забороняється під час проведення робіт в колодязях розпалювати в них паяльні лампи, встановлювати балони з пропан-бутаном, розігрівати суміші для заливання муфт і припій. Опускати в колодязь розплавлений припій та розігріті суміші для заливання муфт слід в спеціальному закритому посуді, підвішеному за допомогою карабіна до металевого тросика. Опускати посуд з сумішами в колодязь необхідно після виведення з нього всіх працівників. У разі проведення вогневих робіт необхідно застосовувати щитки з вогнетривкого матеріалу, що обмежують поширення полум'я, та вживати заходів щодо запобігання виникненню пожеж.

В колекторах, тунелях, кабельних півповерхах та в інших приміщеннях, в яких прокладені кабелі, під час виконання робіт з використанням пропан-бутану сумарна місткість балонів, що знаходяться в приміщенні, не повинна перевищувати 5 л. Після закінчення робіт необхідно видалити балони з газом, а приміщення провентилювати.

Забороняється перебувати в колодязях під час пропалювання кабелю, а у тунелях та колекторах допускається бути тільки на ділянках між двома відкритими входами. Забороняється працювати на кабелях під час їх

пропалювання. Після пропалювання, щоб запобігти пожежі, необхідно оглянути кабелі.

Перед допуском до робіт та проведенням огляду кабельних півповерхів та тунелів пристрої протипожежного захисту необхідно перевести з автоматичного режиму на дистанційне керування і на ключі керування вивісити плакат "Не вмикати! Працюють люди".

Забороняється палити в колодязях, колекторах та тунелях, а також поблизу відкритих люків.

У разі проведення тривалих робіт в колодязях, колекторах та тунелях тривалість перебування в них, залежно від умов виконання робіт, визначає працівник, який видає наряд.

У разі появи газу роботу в підземних спорудах необхідно негайно припинити, працівників вивести з небезпечної зони до виявлення джерела загазованості та його усунення. Для витиснення газів необхідно застосовувати примусову вентиляцію.

8.1.2 Електробезпека

Основні технічні рішення щодо запобігання електротравмам:

- 1) виконання технічних заходів під час підготовки робочого місця,
- 2) застосування під час обслуговування електроустановок електрозахисних засобів.

1) Під час підготовки робочого місця для роботи, яка вимагає знімання напруги, слід виконати у зазначеній послідовності такі технічні заходи:

- провести необхідні вимкнення і вжити заходів щодо запобігання помилковому або самочинному вмиканню комутаційної апаратури;
- вивісити заборонні плакати на приводах ручного і на ключах дистанційного керування комутаційної апаратури. За необхідності струмопровідні частини слід огороджувати;
- приєднати до "землі" переносні заземлення;

- перевірити відсутність напруги на струмопровідних частинах, на які слід встановити заземлення. Якщо переносні заземлення планується ставити поблизу струмопровідних частин, що не входять в зону робочого місця, то їх огороження слід встановити до перевірки відсутності напруги та заземлення;

- встановити заземлення (увімкнути заземлювальні ножі, приєднати до вимкнених струмопровідних частин переносні заземлення) безпосередньо після перевірки відсутності напруги та вивісити плакати "Заземлено" на приводах вимикальних комутаційних апаратів;

- огородити, у разі необхідності, робочі місця або струмопровідні частини, що залишились під напругою, і вивісити на огороженнях плакати безпеки. Залежно від місцевих умов струмопровідні частини огорожують до або після їх заземлення.

2) Під час обслуговування електроустановок повинні застосовуватись засоби захисту від ураження електричним струмом, від впливу електричного поля, а також засоби індивідуального та колективного захисту. Ізолювальні електрозахисні засоби поділяються на основні і додаткові. До основних ізолювальних електрозахисних засобів, які повинні застосовуватись в електроустановках напругою понад 1000 В, відносяться: ізолювальні штанги всіх видів, ізолювальні кліщі, електровимірювальні кліщі, покажчики напруги, пристрої для створення безпечних умов праці під час проведення випробувань і вимірювань в електроустановках (покажчики напруги для фазування, покажчики пошкодження кабелів та ін.); до додаткових – діелектричні рукавички, діелектричне взуття, діелектричні килими, ізолювальні підставки, ізолювальні накладки, ізолювальні ковпаки, штанги для перенесення та вирівнювання потенціалу, сигналізатори напруги, захисні огороження (щити, ширми), переносні заземлення, плакати та знаки безпеки та інші засоби захисту.

Крім наведених вище засобів захисту в електроустановках повинні застосовуватись такі ЗІЗ: захисні каски – для захисту голови; захисні

окуляри і щитки – для захисту очей і обличчя; протигази і респіратори – для захисту органів дихання; рукавиці – для захисту рук; запобіжні пояси та страхувальні канати.

Вибір необхідних електрозахисних засобів, засобів захисту від дії ЕП, а також ЗІЗ регламентується [3], а також іншими відповідними нормативними документами (НД) з урахуванням місцевих умов. У разі застосування основних ізолювальних електрозахисних засобів достатньо використовувати один додатковий засіб, крім випадків, що обумовлені в цих Правилах. У разі необхідності захисту працівника від напруги кроку дозволяється використовувати діелектричне взуття без застосування основних засобів захисту.

8.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

8.2.1 Мікроклімат виробничого приміщення

Основними нормативними документами, що регламентують параметри мікроклімату виробничих приміщень, є ДСН 3.3.6.042-99. Мікроклімат приміщення характеризується наступними чинниками: температурою повітря, відносною вологістю повітря, швидкістю руху повітря, інтенсивністю теплового випромінювання [6]. Електромонтажні роботи відносяться до категорії Пб по важкості праці. Енерговитрати за цією категорією становлять – до 140-174Вт.

Допустимі норми температури, відносної вологості та швидкості руху повітря в робочій зоні виробничих приміщень приведені в таблиці 8.1.

Таблиця 8.1 – Допустимі норми параметрів повітря

Період року	Категорія робіт	Температура, °С Допустима	Відносна вологість	Швидкість руху, X
-------------	-----------------	------------------------------	--------------------	-------------------

		Верхня межа	Нижня межа	Допустима	Допустима
Холодний	Пб	20-24	17-25	75	не більше 0,2
Теплий		21-28	19-30	55 при 27 °С	0,1-0,3

8.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується гранично допустимими концентраціями (ГДК) в мг/м³ [6].

При здійсненні будівельно-монтажних робіт виділяється пил нетоксичний. При роботі системи вентиляції, провітрюванні в приміщення може попадати пил та інші шкідливі речовини, які виділяються при оздоблювальних технологічних процесах в будівництві, що знаходяться в повітрі навколишнього середовища. Їх ГДК відповідно наведено в таблиці 4.2.

Для забезпечення складу повітря робочої зони проектом передбачені наступні рішення [7]:

- застосування пиловідсмоктуючих агрегатів з рукавними фільтрами, які встановленні безпосередньо на ділянках біля обладнання із яких очищене повітря поступає у виробниче приміщення;
- необхідно проводити контроль за ГДК шкідливих речовин у приміщенні;
- застосовувати природну вентиляцію: організовану і неорганізовану.

Таблиця 4.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин для повітря атмосфери, в робочій зоні для обслуговуючого персоналу

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньо добова	
Пил	0,5	0,15	4

8.2.3 Виробниче освітлення

Характеристика зорових робіт з обслуговування електрообладнання – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 [8] розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Допустимі рівні виробничого освітлення наведені в таблиці 8.3.

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітлення, що створюється за допомогою світлодіодних ламп E27 LED 15W NW A60 "SG". Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

Таблиця 8.3 – Вимоги до освітлення приміщень виробничих підприємств

Харак-ка зорової роботи	Найменши й або еквівалент-ний розмір об'єкта розрізненн я, мм	Розряд зорово ї робот и	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характе-ристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природн є Ен пр	Сумісн є Е сум
						всього	у т. ч. від загаль-ного		
Середнь ої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середні й великий	світлий середні й темний	400	200	4	2,4

Світильники з світлодіодними лампами розміщують рядами; що дозволяє здійснювати їх послідовне включення (відключення) в залежності від величини природної освітленості.

8.2.4 Виробничий шум

Джерелом шуму є обладнання, машини, механізми та верстати – механічний шум. Шум – це хаотична сукупність різних за силою і частотою

звуків, що заважають сприйняттю корисних сигналів і негативно впливають на людину.

Під час виконання будівельно-монтажних робіт виникає виробничий шум з такими характеристиками: за характером спектру – широкосмуговий з безперервний спектром шириною більше октави; за тональною характеристикою постійний; за походженням – механічний і гідродинамічний.

Допустимі рівні звукового тиску, рівні звуку і еквівалентні рівні звуку на робочих місцях приймаються за вимогами СН 32.23 [9] і наведені в таблиці 4.4.

Для зменшення рівня шуму до допустимого двигуни будівельних машин і механізмів виконуються в металевому кожусі, а також виконують змащення, застосовують пластмасові деталі, використовують протишумні навушники, які закривають вушну раковину.

Таблиця 8.4 – Допустимі рівні звукового тиску

Робоче місце	Рівні звукового тиску в октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц									Рівні звукового тиску, ДБА
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
На постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях та на території підприємства	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

8.2.5 Виробничі вібрації

Вібрацією називають механічні коливання пружних тіл або систем, коли відбувається переміщення центра їх ваги в просторі відносно статичного

стану. Загальна вібрація передається на тіло через опорні поверхні людини, що стоїть чи сидить (підшви ніг або сідниці).

Допустимі рівні загальної вібрації на постійних місцях у виробничих приміщеннях наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Допустимі рівні вібрації на постійних місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами,									
				6	1,5	3	25	50	00	000
Загальна вібрація:	<u>,3</u>	<u>,45</u>	<u>,22</u>	<u>,2</u>	<u>,2</u>	<u>,2</u>				
На постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях	08	9	3	2	2	2				

В чисельнику середньоквадратичне значення вібрації, м/с 10^{-2} , знаменнику - логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Основними методами колективного віброзахисту є зниження вібрації шляхом дії на джерело виникнення: відстрочка від режиму резонанс; динамічне гасіння коливань, заміна конструктивних елементів уставок і будівельних конструкцій. Засоби індивідуального захисту діляться на засоби для ніг, рук та тіла працюючого.

8.3. Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують Правила пожежної безпеки в Україні [11, 12]. Пожежо- вибухонебезпечність речовин і матеріалів визначається за ДСТУ 8829: 2019 [13], за якою визначається категорія приміщень за вибуховою та пожежною безпекою [14].

Приміщення п/ст за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-ІІІ (місця, де зберігаються тверді горючі речовини). Будівля, в якій розташовані ці приміщення, характеризується ІІІ ступенем вогнестійкості.

До ІІІ ступеня вогнестійкості відносяться будинки з несучими та огорожувальними конструкціями з природних або штучних кам'яних матеріалів, бетону, залізобетону. Для перекриттів дозволяється застосовувати дерев'яні конструкції, захищені штукатуркою або негорючими листовими, плитними матеріалами, або матеріалами груп горючості Г1 (низької горючості), Г2 (помірної горючості). До елементів покриттів не висуваються вимоги щодо межі вогнестійкості, поширення вогню, при цьому елементи горищного покриття з деревини повинні мати вогнезахисну обробку. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 8.6.

Протипожежні перешкоди і мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2016 [15] наведено в таблиці 8.7.

Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських будинків і споруд слід приймати за таблицею 8.8 (знаменник).

Таблиця 8.6 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, костури, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горищні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, насти-ли, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	EI 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	

Таблиця 8.7 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвиликах)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбуршлюзу, не нижче
Стіни	3	REI 45	2	2
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекриття	3	REI 45	2	1

Таблиця 8.8 – Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IV, V
III	8/9	8/12	10/15

На території п/ст встановлено 8 вогнегасників ВП-5 та ВВП-5 [16].

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто особливості експлуатації кабельних ліній електропередачі. Також досліджені способи прокладання їх, а також методи пошуку пошкоджень кабельних ліній.

По силових кабелях електрична енергія подорожує світом, починаючи свій шлях від місця зародження і закінчуючи його там, де в ній є велика потреба. Необов'язково, до речі, від місця зародження – силові кабелі використовуються для передачі енергії і від розподільних підстанцій, і всередині енергетичних систем. Залежно від призначення силового кабелю, його конструкція може значно відрізнятися. Хоча основа залишається та сама – ізольовані струмопровідні жили.

У практичному сенсі мається на увазі кабель для передачі трифазного струму від головного розподільного щита ввідно-розподільного пристрою промислових підприємств, комунальних та інших об'єктів до споживачів електроенергії. Використовується для стаціонарної прокладки, також використовується для підключення рухомих установок / агрегатів / обладнання. Простіше кажучи силовий кабель – це кабель, який використовують для передачі електричного струму вже промислового, тобто високої напруги. За допомогою силового кабелю можна передавати електрику від підстанцій до житлових будинків, до промислових підприємств і громадських будинків. Переважно розраховані на напругу до 10-35 кВ, але є марки, які витримують напругу до 220 і 330 кВ

Залежно від області і роду застосування, може складатися з різних конструктивних елементів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х.: Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
2. Лагутін В. М., Тептя В. В., Вишневський С. Я. Власні потреби електричних станцій: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2008. 102 с.
3. Типові рішення при проєктуванні електричних мереж напругою 110–330 кВ: навчальний посібник / В. В. Кулик, В. В. Тептя, О. Б. Бурикін, О. В. Сікорська. Вінниця : ВНТУ, 2018. 110 с.
4. Vollaro Roberto de Lieto, Fontana Lucia, Vallati Andrea. Thermal analysis of underground electrical power cables buried in non-homogeneous soils // Applied Thermal Engineering. 2011. V. 31. P. 772–778.
5. Lyall J.S., Nourbakhsh G., Zhao H.C., Underground power cable environment on line monitoring and analysis // Proceedings of Power Engineering Society Summer Meeting. – Washington. 2000. P. 457–462.
6. ДСНіП «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості та небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». Наказ МОЗ № 248 від 08.04.2014.
7. ДСТУ-Н Б А 3.2-1: 2007 Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використання в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва. URL: <https://profidom.com.ua/a-3/a-3-2/824-dstu-n-b-a-3-2-12007-nastanova-shhodo-viznachenna-nebezpechnih-i-shkidlivih-faktoriv->.
8. ДНАОП 1.1.10-1.01-97 Правила безпечної експлуатації електроустановок. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=21826.
9. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. К. : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с.
10. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) Правила будови

електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0272203-01#Text>.

11. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=1972>.

12. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. К. : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с.

13. ДБН В.2.5-28:2018 Природне і штучне освітлення. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=79885

14. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: <http://document.ua/sanitarni-normi-virobnichogo-shumu-ultrazvuku-ta-infrazvuku-nor4878.html>.

15. ДСН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: <http://zakon2.rada.gov.ua/rada/show/va039282-99>.

16. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. К. : МВС України, 2014. 47 с.

17. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення. URL: <https://dwg.ru/dnl/15125>.

18. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація. URL: <https://www.alutal.com.ua/wp-content/uploads/2021/02/dstu-8829-2019-1.pdf>.

19. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпек. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_b_v_1_1_36/5-1-0-1759.

20. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: http://www.poliplast.ua/doc/dbn_v.1.1-7-2002.pdf.

21. Наказ Міністерства внутрішніх справ України «Про затвердження Правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0225-18#Text>.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ
ЗАПОЗИЧЕНЬНазва роботи: Аналіз особливостей експлуатації кабельних лінійТип роботи: Бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)Підрозділ кафедра електричних станцій та систем, факультет електроенергетики
та електромеханіки

(кафедра, факультет)

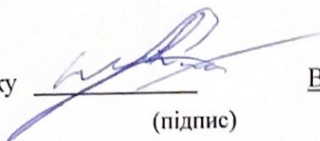
Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 80,4 % Схожість 19,6 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

- ☒ 1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
- ☐ 2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
- ☐ 3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку


(підпис)Вишневський С.Я.

(прізвище, ініціали)

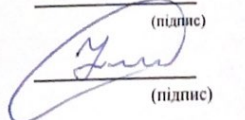
Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи


(підпис)Мельник М.І.

(прізвище, ініціали)

Керівник роботи


(підпис)Томашевський Ю.В.

(прізвище, ініціали)

Додаток Б

Ілюстративна частина

Бакалаврська дипломна робота на тему:

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ

Виконав: студент 4 курсу групи 2ЕЕ-206
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка»

Мельник М.І.

Керівник: к.т.н., доцент каф. ЕСС

Томашевський Ю. В.

Принцип роботи кабельних ліній

Кабельною лінією називається лінія для передавання електроенергії одним або кількома паралельно прокладеними кабелями зі з'єднувальними, стопорними і кінцевими муфтами та кріпильними деталями.

Кабельні лінії порівняно з повітряними мають низку переваг, до яких частково належать триваліший термін роботи, відсутність опор, велика надійність в експлуатації. Вони не загромождають вулиць, проїздів, виробничих територій, але вартість їх значно більша від вартості повітряних ліній, розподільних і допоміжних пристроїв.

Кабельні лінії призначені для передачі змінного струму від енергетичних і комунальних підприємств до споживача. Переважно розраховані на напругу до 10-35 кВ, але є марки, які витримують напругу до 220 і 330 кВ.



Конструкція силових кабелів

Приклади конструкцій електричних силових кабелів та ізольованих проводів приведено на рис. 1 і 2 відповідно.

Конструкцію оптичного кабелю приведено на рис. 3

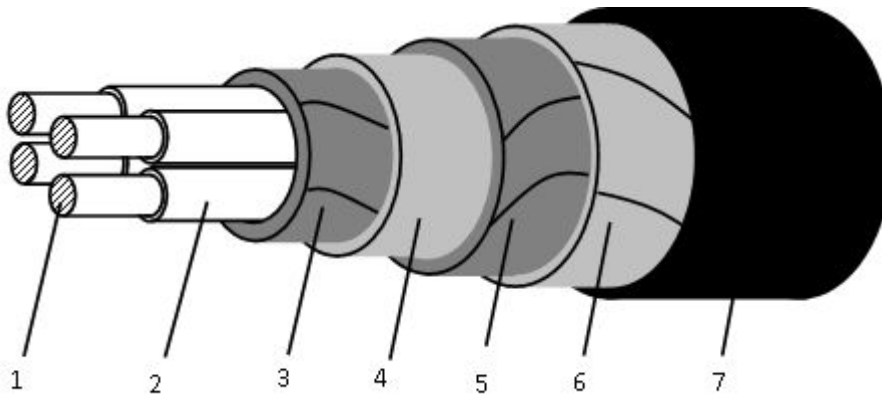


Рис. 1 – Конструкція електричного кабелю

1 – струмовідна жила; 2 – ізоляція струмовідної жили; 3 – поясна ізоляція; 4 – оболонка;

5 – екран з електропровідного паперу; 6 – броня; 7 – оболонка

Конструкція ізолюваного проводу

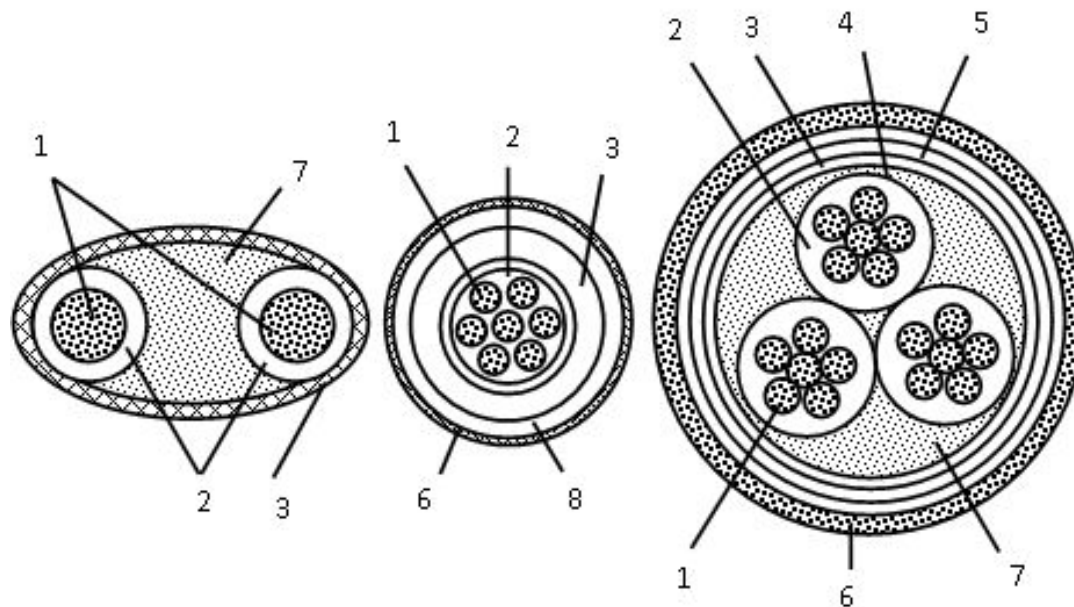


Рис. 2 – Конструкції ізолюваного проводу

1 – струмовідні жили; 2 – ізоляція; 3 – заповнювач; 4 – статичний екран; 5 – оболонка;
6 – концентричний провідник з мідних проволоч; 7 – поясна ізоляція; 8 – металевий екран

Конструкція оптичного кабелю

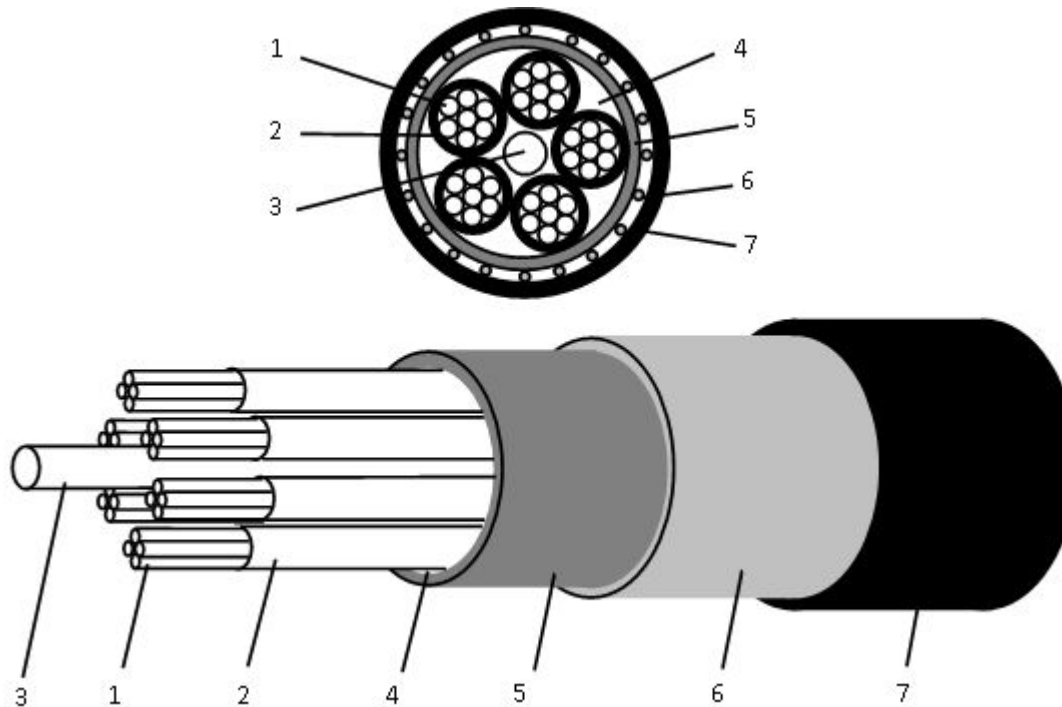


Рис. 3 – Конструкція оптичного кабелю

1 – оптичне волокно; 2 – ізоляція оптичного модуля; 3 – силовий елемент;
4 – гідрофобний заповнювач; 5 – скріплююча обмотка;
6 – арамідні нитки; 7 – пластмасова оболонка

Для включення кабельної лінії в роботу виконуються такі операції:

- ► визначення цілості кабелю і фазування його жил;
- ► вимірювання опору заземлення біля кінцевих муфт;
- ► перевірка дії пристроїв захисту від блукаючих струмів;
- ► визначення активного опору жил кабелю і робочих ємностей (для кабелів 20 кВ і вище);
- ► вимірювання опору ізоляції мегаомметром 2 500 В і випробування підвищеною напругою випрямленого струму. Для ліній 110 кВ і вище натомість випробувань випрямленням струмом допускається проведення випробувань підвищеною напругою частотою 50 Гц;
- ► визначення характеристик масла для всіх елементів маслонаповнених кабельних ліній 110 кВ і вище.

Під час приймання в експлуатацію маслонаповнених кабелів окрім власне самої кабельної лінії приймається і весь комплекс споруд, що відносяться до маслонаповненої лінії, маслопідживлювальні пристрої, кабельні колодязі для муфт, тунелі, канали, антикорозійний захист, система сигналізації і автоматики встановлена на лінії.

Визначення місць пошкодження кабельних ліній

Перш за все встановлюється характер пошкодження. Для цього мегомметром 2500 В вимірюється опір ізоляції струмопровідних жил кабелю щодо землі і між кожною парою жил. Перевіряється відсутність обриву жил. Після цього встановлюється зона, у межі якої є пошкодження, а потім вже безпосередньо на трасі кабельної лінії відшукується місце пошкодження (рис. 4).



Визначення зони пошкодження виконується наступними методами:

- ▶ петльовим;
- ▶ імпульсним;
- ▶ методом коливального розряду;
- ▶ індукційний метод;
- ▶ акустичний метод.

Рис. 4. Знаходження місць пошкодження

Методи визначення зони пошкодження кабельних ліній:

Петльовий метод використовується у разі пошкодження ізоляції однієї або двох жил щодо оболонки за відсутності обриву жил. Для вимірювань застосовується чутливий міст.

Імпульсний метод застосований на вимірюванні інтервалу часу між методом надсилання імпульсу електромагнітної хвилі на пошкоджену лінію і моментом повернення відбитого імпульсу від місця пошкодження до місця підключення приладу. Застосування приладів таке ж, як для відшукування місць пошкоджень на повітряних лініях.

Метод коливального розряду застосований на тому, що під час пробою кабелю в пошкоджену місці виникає розряд, період коливання якого пропорційний відстані до місця пошкодження.

Період коливання вимірюється електронним мікросекундоміром. Прилад приєднується через дільник ємності до кабелю на час випробування його підвищеною напругою від випрямної установки.

Індукційний метод набув широке поширення під час пошуку місць замикання між жилами. Під час вимірювання по двох замкнутих між собою жилами кабелю проходить струм 10 – 20А звукової частоти 800 – 1000Гц від спеціального генератора. Навколо кабелю до місця замикання виникають електромагнітні коливання, що розповсюджуються і над поверхнею землі. По трасі кабелю проходить оператор з приймальною рамкою, підсилювачем і телефоном і прослуховує звучання спочатку посилюється, а потім на відстані 0,5 – 1 м за місцем пошкодження припиняється.

Акустичний метод аналогічний індукційному. Різниця у тому, що на жили кабелю подаються імпульси від кенотронної установки. Ці імпульси формуються за допомогою підключених до кенотрона конденсатора і розрядника. Імпульс, який надсилається через 1 – 3с в кабель, супроводжується в місці пробою іскровим розрядом, звук якого добре прослуховується над поверхнею землі за допомогою телефона, підключеного через п'єзоелемент з підсилювачем.

Для проведення випробувань вказаними методами кабельні лабораторії укомплектовуються всім необхідним устаткуванням і приладами.

Експлуатація маслонаповнених кабельних ліній

Маслонаповнені кабелі 110 – 500 кВ випускаються двох типів: *низького і високого тиску*. Підтримка відповідного тиску в кабелях низького тиску забезпечуються баками тиску, які розташовані в певних розрахункових точках кабельної лінії, а в кабелях високого тиску – автоматичними маслопідживлювальними установками.

Успішно експлуатуються також кабельні лінії 110 – 500 кВ високого тиску в сталевих трубах з циркуляцією і штучним охолодженням масла.



Експлуатація маслонаповнених кабельних ліній пов'язана з необхідністю систематичного спостереження за станом маслопідживлювальних пристроїв, якістю заповненого масла, геометричністю всієї масляної системи і запобіганням попаданню в кабелі повітря, а також утворенням газу внаслідок розкладання масла.

Рис. 5. Маслонаповнена кабельна лінія

Для кожної маслонаповненої кабельної лінії встановлені межі допустимих змін тиску масла, при відхиленні від яких кабель виводиться в ремонт для з'ясування і усунення причини, що викликала зміна тиску. ***Спостереження за тиском масла виконується за допомогою електроконтактних манометрів.*** Крім того, коливання тиску масла в кабелях фіксуються самописними манометрами.

Контроль за роботою всіх елементів маслопідживлювальних пристроїв виконується під час оглядів. Характеристики масла контролюються шляхом відбору і аналізу проб масла зі всіх елементів кабельної лінії.

Особлива увага під час експлуатації маслонаповнених кабельних ліній звертається на запобігання корозійним руйнуванням оболонок кабелів і сталевих трубопроводів на лініях високого тиску. З цією метою регулярно відбираються проби ґрунту в місцях, де є підозри на його корозійну активність. Ведеться контроль за безперервною роботою пристроїв катодної поляризації. Ефективність і правильність їх дії перевіряються вимірюванням захисних потенціалів у контрольних пунктах не рідше 1 разу на рік.

Під час експлуатації кабельних ліній потрібно спостерігати за їх трасами та контролювати навантаження на них. При експлуатації кабелів дуже важливо здійснювати регулярну паспортизацію. Паспорт лінії, крім умов прокладання та технічних характеристик, містить дані про підсумки попередніх тестів, ремонти, це допомагає позначити правильний режим для ліній та вчасно виводити їх на ремонт. Усі кабелі повинні бути промарковані (мати бирки).

Існує стандартизована форма бірок:

- Кругла, відзначаються силові кабелі з високою напругою.
- прямокутна, відзначаються кабелі з напругою до 1 кВ.
- трикутна, відзначаються контрольні кабелі.

Варто враховувати, що ПТЕ наказано проводити огляди кабельних трас рідше за нижчеописані терміни:

- Кабелі в траншеях, колектори та тунелі – раз на квартал.
- Кабелі в колодязях та кінцеві муфти на лініях з напругою 1000В – раз на півроку.
- Кінцеві муфти кабелів з напругою до 1000В – щорічно.
- Кабельні муфти в трансформаторних приміщеннях, ПС та розподільчих пунктах – разом із оглядом іншого обладнання.

При експлуатації кабельних ліній напругою 220 кВ необхідно оглядати:

- Прокладені в ґрунті – раз на два тижні.
- Прокладаються в тунелях і колекторах, а також кабельні колодязі з муфтами – раз на місяць.
- Підживлювальні пункти, оснащені сигналізацією тиску масла - раз на місяць.
- Пункти, які не оснащені сигналізацією – згідно з інструкцією.