

” ” 2026 p.

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ
ННІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

інженерії енергосистем

(назва кафедри)

к.т.н., доц. Євген АНТИПОВ

(підпис)

„____” _____ 2025 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання бакалаврської кваліфікаційної роботи студенту

Весненку Олександрову Павловичу

Спеціальність (напрямок підготовки): 141 "Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка"

Освітньо-професійна програма "Інжиніринг електроенергетичних систем з відновлюваними джерелами"

Тема бакалаврської кваліфікаційної роботи: "Винесення та переобладнання ділянки ЛЕП-10кВ від ПС 110/35/10кВ за межі земельної ділянки замовника"

затверджена наказом ректора НУБіП України від "30" 10. 2025 р. № 2606 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру "29" травня 2026 р.

Вихідні дані до бакалаврської кваліфікаційної роботи: Схема існуючої ПЛ-10 кВ Л-ТП-226; Дані про електричні навантаження на лінії та ПС 110/35/10кВ "Зоря"; ДБН В.2.5-16:2017 «Електропостачання»; Правила улаштування електроустановок.

Перелік питань, які потрібно вирішити: 1. Теоретичні основи реконструкції та перевлаштування ліній електропередач 10 кВ; 2. Характеристика об'єкта реконструкції та існуючої мережі 10 кВ; 3. Проектування кабельної лінії 10 кВ; 4. Техніко-економічна оцінка проекту; 5. Охорона праці та екологічна безпека.

Перелік графічних документів: презентація виконана в Microsoft PowerPoint – 11 слайдів

Дата видачі завдання: 31. 10. 2025 р.

Керівник роботи

К.Т.Н., СТ.ВИКЛ.

(науковий ступінь та вчене звання)

(Підпис)

Вікторія ЛИКТЕЙ

(ПІБ)

Завдання прийняв до виконання

(Підпис)

Олександр ВЕСНЕНКО

(ПІБ студента)

РЕФЕРАТ

Бакалаврська кваліфікаційна робота за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» виконана у Національному університеті біоресурсів і природокористування України, Київ, 2026 р.

Об'єктом дослідження є ділянка розподільчої електричної мережі напругою 10 кВ від ПС 110/35/10 кВ «Зоря», що підлягає реконструкції шляхом заміни частини повітряної лінії кабельною вставкою.

Предметом дослідження є технічні, організаційні та економічні рішення щодо винесення та переобладнання ділянки повітряної лінії електропередачі 10 кВ із застосуванням кабельної лінії.

У бакалаврській кваліфікаційній роботі розглянуто технічні рішення щодо винесення та переобладнання ділянки повітряної лінії електропередачі 10 кВ Л-ТП-226 від ПС 110/35/10 кВ «Зоря» за межі земельної ділянки замовника. Проведено аналіз існуючого стану електричної мережі та обґрунтовано доцільність заміни ділянки повітряної лінії кабельною вставкою. На основі вихідних даних проєкту розроблено технічні рішення щодо демонтажу існуючих елементів повітряної лінії, проєктування кабельної лінії 10 кВ, вибору траси прокладання, марки та перерізу кабелю, комутаційного обладнання, пристроїв захисту від перенапруг і заземлення. Виконано розрахунок допустимого довготривалого струмового навантаження кабельної лінії та перевірено її пропускну здатність за різних умов прокладання. У роботі визначено клас наслідків (відповідальності) об'єкта, розроблено конструктивні рішення переходу між повітряною та кабельною частинами мережі, виконано техніко-економічну оцінку проєкту із визначенням капітальних витрат, економічного ефекту та терміну окупності. Також розроблено заходи з охорони праці, електробезпеки та екологічної безпеки під час будівництва та експлуатації об'єкта.

Кваліфікаційна робота складається з п'яти розділів, загальних висновків, списку використаних джерел та графічної частини.

Ключові слова: лінія електропередачі 10 кВ, кабельна лінія, реконструкція електричних мереж, винесення ЛЕП, електропостачання, заземлення.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	7
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ПЕРЕВЛАШТУВАННЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 10 кВ	11
1.1. Сучасний стан та розвиток розподільчих електричних мереж 10 кВ	11
1.2. Причини винесення та реконструкції ліній електропередач	12
1.3. Особливості переходу від повітряних до кабельних ліній	13
1.4. Сучасні технічні рішення при реконструкції ЛЕП	14
1.5. Нормативно-правове забезпечення проектування та реконструкції ЛЕП.	15
Висновки до розділу 1	16
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ІСНУЮЧОЇ МЕРЕЖІ 10 кВ	17
2.1. Загальна характеристика об'єкта та існуючої електричної мережі	17
2.2. Технічна характеристика існуючої ЛЕП-10 кВ та обсяг реконструкції	18
2.3. Конструктивні рішення та особливості прокладання кабельної лінії	20
Висновки до розділу 2	23
РОЗДІЛ 3. ПРОЄКТУВАННЯ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ 10 кВ	24
3.1. Загальна характеристика об'єкта проектування	24
3.1.1. Призначення та необхідність реконструкції ЛЕП-10 кВ	24
3.1.2. Визначення класу наслідків (відповідальності) об'єкта	25
3.2. Конструктивні рішення кабельної лінії 10 кВ	26
3.2.1. Організація траси прокладання КЛ-10 кВ	27

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ				
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дат	Винесення та переобладнання ділянка ЛЕП-10кВ від ПС 110/35/10кВ за межі земельної ділянки замовника		Літ.	Арк.	Аркушів
Розроб.	Весненко О.П.								
Перевір.	Ликтей В.В.							4	63
Реценз.							ННІ ЕАЕ		
Н. Контр.	Ликтей В.В.								
Затверд.	Антипов Є.О.								

3.2.2. Вибір способу прокладання кабелю	27
3.2.3. Конструктивні рішення повітряної частини лінії	28
3.3. Вибір та обґрунтування кабельної продукції	30
3.3.1. Вибір марки та конструкції кабелю	30
3.3.2. Ізоляція, лінійна арматура та кабельні муфти	31
3.4. Проектування траси кабельної лінії 10 кВ	33
3.4.1. Вибір способу прокладання кабелю	33
3.4.2. Організація траси та перетини з інженерними комунікаціями	36
3.5. Електротехнічні розрахунки	38
3.5.1. Розрахунок струму навантаження кабельної лінії	38
3.5.2. Розрахунок допустимого довготривалого завантаження КЛ-10 кВ	39
3.6. Захист та заземлення	42
3.6.1. Захист від перенапруг та блискавкозахист	42
3.6.2. Розрахунок заземлювального пристрою	44
3.6.3. Перевірка апаратів захисту	45
3.7. Комутаційне обладнання	46
3.7.1. Встановлення роз'єднувачів	46
3.7.2. Схеми приєднання кабельної лінії	47
Висновки до розділу 3	48
РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ	49
4.1. Вихідні дані для економічного аналізу	49
4.2. Розрахунок капітальних витрат	50
4.3. Економічна доцільність винесення ЛЕП	51
4.4. Оцінка ефективності інвестицій	52
4.5. Розрахунок терміну окупності	53
Висновки до розділу 4	53
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА	54
5.1. Охорона праці при будівництві та монтажі ЛЕП	54
5.2. Вимоги безпеки при роботі поблизу діючих електроустановок	55
5.3. Електробезпека та заземлення	56

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						5
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

5.4. Оцінка впливу на навколишнє середовище	57
Висновки до розділу 5	58
ВИСНОВКИ	59
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	61
ДОДАТКИ	64

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						6
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

АЗВ-D – обмежувач перенапруг нелінійний;

КЛ – кабельна лінія;

ПЛ – повітряна лінія електропередачі;

ПС – підстанція;

ПУЕ – Правила улаштування електроустановок;

ОПН – обмежувач перенапруг нелінійний;

РЛНДз – роз'єднувач лінійний зовнішньої установки з заземлювальними ножами;

ТП – трансформаторна підстанція;

XLPE – ізоляція із зшитого поліетилену (Cross-Linked Polyethylene);

СВ105-5 – залізобетонна стійка опори довжиною 10,5 м;

ШФ20-Г – штировий фарфоровий ізолятор;

СС1 – клас наслідків (відповідальності) об'єкта з незначними наслідками.

Умовні позначення розрахункових величин

I – струм навантаження, А;

I_{доп} – допустимий довготривалий струм кабелю, А;

I_{баз} – базовий допустимий струм кабелю за довідковими даними, А;

I_{ном} – номінальний струм апарата, А;

I_{роб} – робочий струм лінії, А;

P – активна потужність, кВт;

U – лінійна напруга мережі, кВ;

cosφ – коефіцієнт потужності;

R_з – опір заземлювального пристрою, Ом;

Φ – прогнозований економічний збиток, тис. грн;

Φ_{мзп} – економічний збиток у мінімальних заробітних платах;

N_з – кількість осіб, які можуть перебувати поза межами об'єкта в зоні можливого впливу аварії;

k_Σ – загальний коригувальний коефіцієнт;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$k_{1.1}$ – коефіцієнт, що враховує температуру ґрунту при прокладанні кабелю в траншеї;

$k_{1.2}$ – коефіцієнт, що враховує температуру ґрунту при прокладанні кабелю в трубі;

$k_{1.3}$ – коефіцієнт, що враховує температуру навколишнього повітря;

$k_{2.1}$ – коефіцієнт, що враховує взаємний тепловий вплив паралельно прокладених кабельних ліній;

$k_{3.1}$ – коефіцієнт, що враховує питомий тепловий опір ґрунту;

R – мінімальний радіус вигину кабелю;

D_n – зовнішній діаметр кабелю.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

ВСТУП

У сучасних умовах функціонування енергетичної системи України особливої ваги набуває питання забезпечення надійного та безпечного електропостачання споживачів. Значна частина розподільчих електричних мереж характеризується високим ступенем фізичного та морального зносу, що у поєднанні зі зростанням навантажень і зовнішніми впливами призводить до підвищення аварійності та погіршення якості електроенергії. Додатково ускладнює ситуацію необхідність раціонального використання земельних ресурсів, що часто вимагає перенесення існуючих повітряних ліній електропередачі за межі забудови або приватних територій.

Ефективним шляхом вирішення зазначених проблем є модернізація ділянок електричних мереж із переходом від повітряних до кабельних ліній. Такий підхід дає змогу суттєво знизити вплив погодних факторів, підвищити експлуатаційну надійність, забезпечити належний рівень електробезпеки та оптимізувати використання територій. У цьому аспекті актуальним є виконання робіт з винесення ділянки повітряної лінії напругою 10 кВ із подальшим її переобладнанням у кабельну, що відповідає сучасним вимогам до розвитку розподільчих мереж.

Практична значущість роботи полягає у можливості підвищення безперебійності електропостачання, зменшення витрат на обслуговування мережі та приведення об'єкта у відповідність до діючих нормативних вимог. Реалізація запропонованих технічних рішень сприятиме покращенню показників якості електроенергії, зниженню технологічних втрат та мінімізації впливу на довкілля.

Отже, розроблення комплексу технічних заходів щодо винесення та реконструкції ділянки лінії електропередачі 10 кВ є актуальним інженерним завданням, спрямованим на підвищення ефективності функціонування електричних мереж та забезпечення надійного енергопостачання споживачів.

Метою бакалаврської кваліфікаційної роботи є обґрунтування та розроблення технічних рішень щодо винесення ділянки повітряної лінії

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

електропередачі 10 кВ Л-ТП-226 від ПС 110/35/10 кВ «Зоря» за межі земельної ділянки замовника шляхом спорудження кабельної лінії 10 кВ для підвищення надійності, безпеки та ефективності електропостачання.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі завдання:

- проаналізувати існуючий стан ділянки повітряної лінії електропередачі 10 кВ та обґрунтувати необхідність її винесення за межі земельної ділянки замовника;
- визначити основні технічні вимоги до реконструкції ділянки електричної мережі;
- розробити трасу прокладання кабельної лінії 10 кВ та конструктивні рішення переходу між повітряною і кабельною частинами мережі;
- виконати вибір марки, конструкції та перерізу силового кабелю, а також необхідного комутаційного та захисного обладнання;
- провести електротехнічні розрахунки допустимого довготривалого струмового навантаження та пропускної здатності кабельної лінії;
- розробити заходи із захисту лінії від перенапруг та визначити вимоги до заземлювального пристрою;
- виконати техніко-економічну оцінку проєкту та визначити показники ефективності капіталовкладень;
- розробити заходи з охорони праці, електробезпеки та екологічної безпеки під час будівництва та експлуатації лінії.

Об'єктом дослідження є ділянка розподільчої електричної мережі напругою 10 кВ від ПС 110/35/10 кВ «Зоря», що підлягає реконструкції шляхом заміни частини повітряної лінії кабельною вставкою.

Предметом дослідження є технічні, організаційні та економічні рішення щодо винесення та переобладнання ділянки повітряної лінії електропередачі 10 кВ із застосуванням кабельної лінії.

Методична основа дослідження базується на використанні нормативних документів у галузі електроенергетики, методів проєктування електричних мереж, електротехнічних розрахунків параметрів кабельних ліній, вибору електротехнічного обладнання, а також методів техніко-економічного аналізу інвестиційних проєктів.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 1

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ПЕРЕВЛАШТУВАННЯ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ 10 кВ

1.1. Сучасний стан та розвиток розподільчих електричних мереж 10 кВ

Розподільні електричні мережі напругою 10 кВ є важливою складовою енергетичної системи, що забезпечує передачу та розподіл електроенергії від підстанцій до кінцевих споживачів. Мережі цього класу напруги широко застосовуються для електропостачання промислових підприємств, житлових районів, комунальних об'єктів та сільськогосподарських споживачів.

У більшості регіонів України мережі 10 кВ побудовані за радіальною схемою електропостачання, що спрощує експлуатацію, однак знижує надійність живлення при виникненні аварійних ситуацій. Живлення таких мереж зазвичай здійснюється від підстанцій 110/35/10 кВ через повітряні або кабельні лінії.

Значна частина мереж 10 кВ в Україні була збудована у 60–80-х роках ХХ століття, що спричиняє високий рівень їх фізичного та морального зносу. Більшість повітряних ліній виконані неізольованими проводами на залізобетонних опорах, термін експлуатації яких у багатьох випадках перевищує нормативний.

Головними проблемами сучасних мереж 10 кВ є:

- зношеність устаткування;
- підвищений рівень аварійності;
- недостатня пропускна спроможність;
- невідповідність сучасним вимогам надійності та безпеки;
- значні технологічні втрати електроенергії;
- складність експлуатації повітряних ліній у межах щільної забудови.

Типовими пошкодженнями повітряних ліній 10 кВ є обриви проводів, пошкодження ізоляторів, короткі замикання через падіння дерев або вплив несприятливих погодних умов, зокрема ожеледі та сильного вітру.

Актуальні напрямки розвитку електричних мереж передбачають:

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- модернізацію існуючих ліній;
- перехід від повітряних до кабельних мереж;
- впровадження автоматизованих систем управління;
- підвищення енергоефективності та стійкості електропостачання;
- використання цифрових систем релейного захисту;
- секціонування мереж із застосуванням реклоузерів.

Сучасна концепція розвитку електричних мереж базується на принципах Smart Grid, що передбачають автоматизований контроль параметрів мережі, дистанційне керування комутаційними апаратами та оперативне виявлення пошкоджених ділянок.

1.2. Причини винесення та реконструкції ліній електропередач

Необхідність винесення та переобладнання ліній електропередач 10 кВ виникає під впливом технічних, економічних і містобудівних чинників.

Основними причинами реконструкції є:

- забудова територій та зміна цільового призначення земельних ділянок;
- необхідність дотримання охоронних зон ЛЕП;
- незадовільний технічний стан існуючих ліній;
- зростання електричних навантажень;
- порушення вимог безпеки та експлуатації;
- оптимізація конфігурації електричної мережі.

В умовах активної урбанізації дедалі частіше виникає необхідність перенесення існуючих повітряних ліній за межі земельних ділянок забудови з подальшим переведенням їх у кабельне виконання.

Відповідно до нормативних вимог для повітряних ліній електропередач встановлюються охоронні зони, у межах яких забороняється або обмежується будівництво споруд, складування матеріалів та виконання окремих видів робіт. Наявність ЛЕП на території забудови значно ускладнює використання земельної ділянки та знижує ефективність її експлуатації.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Винесення ЛЕП за межі земельної ділянки замовника дозволяє:

- забезпечити безпечну експлуатацію електроустановок;
- звільнити територію для забудови;
- знизити ризик ураження електричним струмом;
- покращити естетичний стан території;
- підвищити надійність електропостачання.

Крім технічних переваг, реконструкція ЛЕП має економічне значення, оскільки дозволяє підвищити ринкову вартість земельної ділянки та зменшити витрати на подальше обслуговування мережі.

1.3. Особливості переходу від повітряних до кабельних ліній

Заміна повітряних ліній (ПЛ) на кабельні лінії (КЛ) є одним із головних напрямків модернізації мереж 10 кВ.

Кабельні лінії мають низку переваг:

- підвищена надійність;
- незалежність від погодних умов;
- зниження втрат електроенергії;
- ефективніше використання території;
- зменшення візуального впливу на забудову;
- підвищений рівень електробезпеки.

Водночас кабельні лінії мають і певні недоліки:

- вища вартість будівництва;
- складність ремонту та діагностики;
- потреба у спеціалізованому монтажному обладнанні;
- складніші умови пошуку пошкоджень.

Під час реконструкції найчастіше застосовуються кабелі ізоляцією із зшитого поліетилену (XLPE), які характеризуються високою електричною міцністю, термостійкістю та довговічністю.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Порівняльна характеристика ПЛ та КЛ 10 кВ

Показник	ПЛ-10 кВ	КЛ-10 кВ
Надійність	середня	висока
Вартість будівництва	нижча	вища
Вплив погодних умов	значний	мінімальний
Безпека експлуатації	нижча	вища
Складність ремонту	нижча	вища
Термін служби	25–30 років	30–40 років

При проектуванні кабельних ліній особливу увагу приділяють:

- вибору перерізу кабелю;
- допустимому струмовому навантаженню;
- способу прокладання;
- організації системи заземлення;
- захисту кабелю від механічних пошкоджень.

Прокладання кабельних ліній може здійснюватися у траншеях, кабельних каналах, трубах або методом горизонтально-направленого буріння (ГНБ), що особливо актуально в умовах щільної міської забудови.

1.4. Сучасні технічні рішення при реконструкції ЛЕП

Сучасна реконструкція ЛЕП 10 кВ базується на використанні новітніх технологій та обладнання.

До основних технічних рішень належать:

- застосування самонесучих ізольованих проводів (СІП);
- використання кабелів із XLPE-ізоляцією;
- встановлення сучасних металевих і залізобетонних опор;
- впровадження реклоузерів та секційних вимикачів;
- автоматизація розподільчих мереж за допомогою SCADA-систем;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- використання пристроїв захисту від перенапруг;
- встановлення вакуумних вимикачів;
- застосування цифрових систем релейного захисту.

Застосування самонесучих ізольованих проводів дозволяє суттєво знизити кількість коротких замикань та аварійних відключень у мережах 10 кВ, а також підвищити безпеку експлуатації повітряних ліній.

Реклоузери та секціоналізатори забезпечують автоматичне локалізування аварійних ділянок мережі та скорочують тривалість перерв електропостачання споживачів.

Системи SCADA дають можливість здійснювати дистанційний контроль параметрів мережі, оперативне керування комутаційними апаратами та моніторинг аварійних режимів у режимі реального часу.

Реалізація сучасних технічних рішень дозволяє:

- підвищити надійність електропостачання;
- скоротити час ліквідації аварій;
- зменшити експлуатаційні витрати;
- підвищити гнучкість електричної мережі;
- забезпечити відповідність сучасним вимогам електробезпеки.

1.5. Нормативно-правове забезпечення проектування та реконструкції ЛЕП

Проектування та реконструкція ЛЕП 10 кВ в Україні здійснюються відповідно до чинних нормативно-правових актів і стандартів.

Основними нормативними документами є:

- Правила улаштування електроустановок (ПУЕ);
- ДБН В.2.5-23:2010 «Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення»;
- ДСТУ EN 50522;
- Правила охорони електричних мереж;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- Кодекс систем розподілу;
- Закон України «Про ринок електричної енергії».

Вказані нормативні документи визначають основні вимоги до проектування ліній електропередач, умови їх безпечної експлуатації, допустимі відстані та межі охоронних зон. Вони регламентують вимоги до систем заземлення, правила виконання монтажу та реконструкції ЛЕП, а також встановлюють вимоги до застосовуваних матеріалів, обладнання і порядку проведення електромонтажних робіт.

Особлива увага приділяється забезпеченню електробезпеки населення, дотриманню мінімально допустимих відстаней від струмовідних частин до будівель і споруд, а також організації захисту від перенапруг та струмів короткого замикання.

При проектуванні кабельних ліній необхідно враховувати допустимі температурні режими роботи кабелю, характеристики ґрунтів, умови тепловідведення та можливість подальшого технічного обслуговування.

Дотримання вимог нормативних документів є обов'язковою умовою забезпечення надійного електропостачання, безпеки обслуговуючого персоналу та населення, довговічної роботи електрообладнання, а також ефективної та безпечної експлуатації електричних мереж.

Висновки до розділу 1

У розділі розглянуто теоретичні основи реконструкції та переобладнання ліній електропередачі 10 кВ. Встановлено, що сучасні розподільчі мережі потребують модернізації через значний рівень зносу обладнання та зростання електричних навантажень. Обґрунтовано необхідність винесення і реконструкції ЛЕП в умовах забудови територій та дотримання вимог електробезпеки. Проаналізовано переваги переходу від повітряних до кабельних ліній і сучасні технічні рішення для підвищення надійності електропостачання. Отримані результати є теоретичною основою для подальшого виконання роботи.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						16
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА РЕКОНСТРУКЦІЇ ТА ІСНУЮЧОЇ
МЕРЕЖІ 10 кВ

2.1. Загальна характеристика об'єкта та існуючої електричної мережі

Об'єкт реконструкції розташований на території села Кожухівка Васильківського району Київської області. Електропостачання даної території здійснюється від підстанції 110/35/10 кВ «Зоря» через повітряну лінію електропередачі 10 кВ Л-ТП-226, яка входить до складу розподільчих мереж оператора системи розподілу.

Існуюча лінія електропередачі забезпечує передачу та розподіл електричної енергії до споживачів місцевої електричної мережі. Ділянка ПЛ-10 кВ проходить через земельну ділянку, що створює обмеження щодо її подальшого використання відповідно до вимог охоронних зон електричних мереж. Наявність повітряної лінії у межах території забудови ускладнює проведення будівельних робіт, а також знижує рівень електробезпеки та надійності електропостачання.

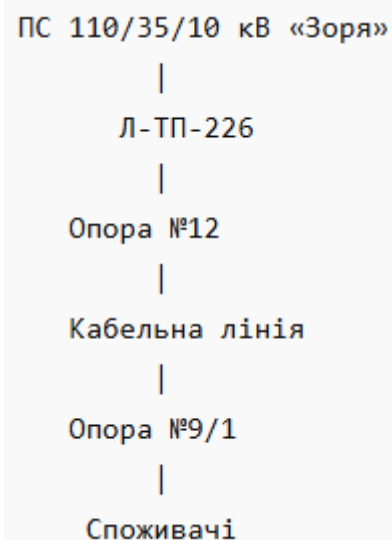


Рис. 2.1. Схема живлення ЛЕП-10 кВ Л-ТП-226 від ПС 110/35/10 кВ «Зоря»

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						17
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

У зв'язку з цим передбачається винесення ділянки повітряної лінії 10 кВ за межі земельної ділянки замовника шляхом демонтажу існуючої повітряної лінії та будівництва нової кабельної лінії 10 кВ. Реалізація даного технічного рішення дозволить забезпечити нормативні відстані до об'єктів забудови, підвищити надійність електропостачання та зменшити вплив атмосферних факторів на роботу електромережі.

Живлення реконструйованої ділянки, як і раніше, здійснюватиметься від ПС 110/35/10 кВ «Зоря». Проектні рішення прийнято відповідно до вимог ПУЕ, ДБН та чинних нормативних документів у галузі електроенергетики.

2.2. Технічна характеристика існуючої ЛЕП-10 кВ та обсяг реконструкції

Існуюча повітряна лінія Л-ТП-226 виконана із застосуванням неізольованого алюмінієво-сталевих провідів типу 3×АС-35 та змонтована на залізобетонних опорах. Ділянка, що підлягає реконструкції, проходить між опорами №12 Л-ТП-340 та №9/1 і має загальну довжину 196 м.

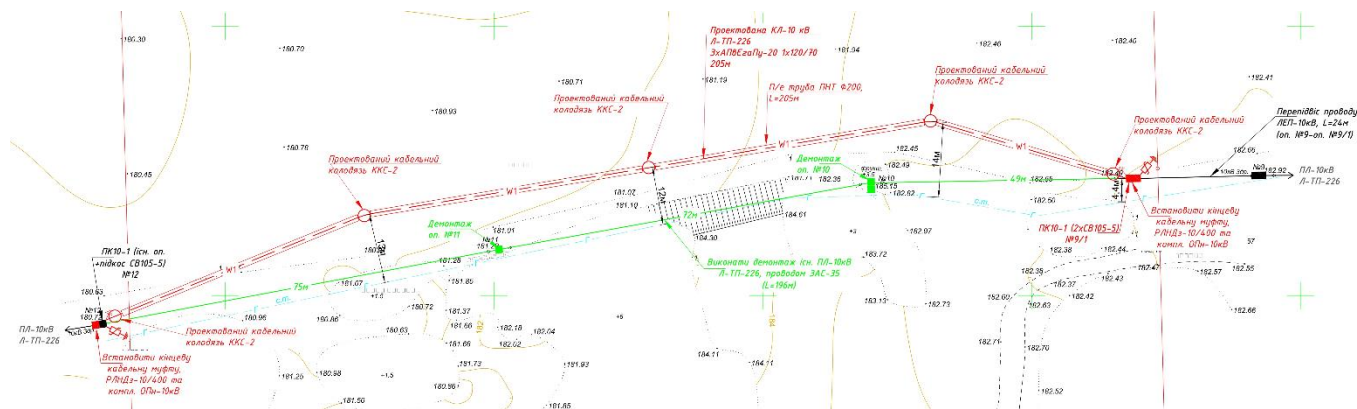


Рис. 2.2. План існуючої траси повітряної лінії 10 кВ

Проектуванням передбачається:

- демонтаж ділянки ПЛ-10 кВ довжиною 196 м;
- демонтаж однієї одностовової опори;
- демонтаж однієї двостовової опори;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						18
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- демонтаж проводу марки 3×АС-35;
- перепідвіс існуючої ділянки ПЛ-10 кВ між опорами №9 та №9/1 довжиною 24 м із використанням проводу 3×АС-35.

Для винесення траси лінії за межі земельної ділянки передбачається будівництво нової кабельної лінії 10 кВ від опори №12 Л-ТП-340 до опори №9/1 загальною довжиною 205 м.

Кабельна лінія виконується кабелем типу 3×АПвЕгаПу-20 1×120/70, який призначений для передачі електроенергії в мережах напругою 10 кВ. Використання даного типу кабелю забезпечує:

- підвищену механічну міцність;
- стійкість до впливу вологи та корозії;
- підвищену пожежну безпеку;
- надійну та довготривалу експлуатацію електромережі.

У місцях переходу повітряної лінії в кабельну передбачається встановлення кабельних муфт на опорах №12 та №9/1. Для захисту ізоляції кабельної лінії від грозових та комутаційних перенапруг проектом передбачено встановлення двох комплектів обмежувачів перенапруги типу ОПН-10.

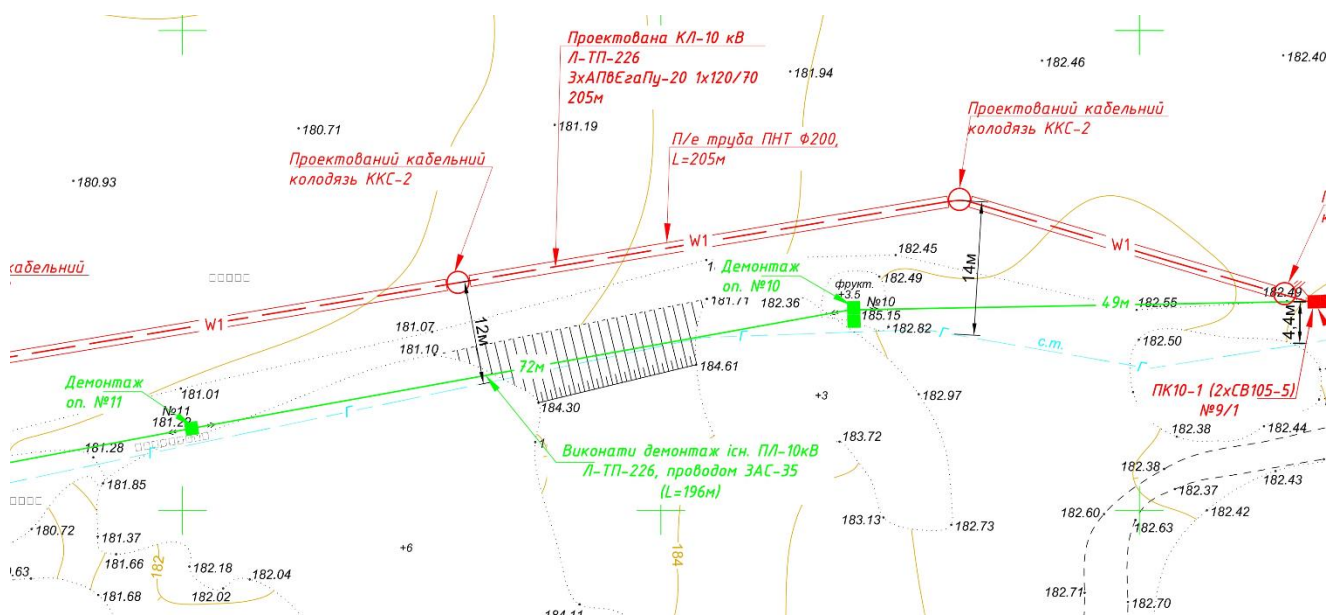


Рис. 2.3. Схема демонтажу та перепідвісу ділянки ПЛ

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						19
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Крім того, на опорах №12 та №9/1 встановлюються роз'єднувачі типу РЛНДз-10, які забезпечують можливість оперативного відключення та секціонування ділянки мережі під час виконання ремонтних або аварійних робіт.

Таким чином, реконструкція ділянки ЛЕП-10 кВ передбачає повну заміну аварійно та технічно застарілої повітряної лінії на сучасну кабельну мережу, що дозволить підвищити надійність, безпечність та ефективність експлуатації системи електропостачання.

2.3. Конструктивні рішення та особливості прокладання кабельної лінії

Прокладання нової кабельної лінії 10 кВ передбачається відповідно до вимог ПУЕ та чинних будівельних норм. Трасу кабельної лінії вибрано з урахуванням існуючих інженерних комунікацій, умов рельєфу місцевості та мінімізації перетинів із підземними спорудами.

Кабель 3×АПвЕгаПу-20 1×120/70 прокладається у поліетиленових трубах ПНТ діаметром 200 мм по всій довжині траси. Використання труб забезпечує:

- додатковий механічний захист кабелю;
- захист від впливу ґрунтової вологи;
- зменшення ризику пошкодження кабелю під час земляних робіт;
- можливість подальшої заміни або ремонту кабелю без значного обсягу земляних робіт.



Рис. 2.4. Поперечний переріз траншеї КЛ-10 кВ

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						20
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для забезпечення нормальної експлуатації та обслуговування кабельної мережі проектом передбачено улаштування п'яти кабельних колодязів типу ККС-2. Кабельні колодязі використовуються для монтажу, протягування та технічного обслуговування кабельної лінії.

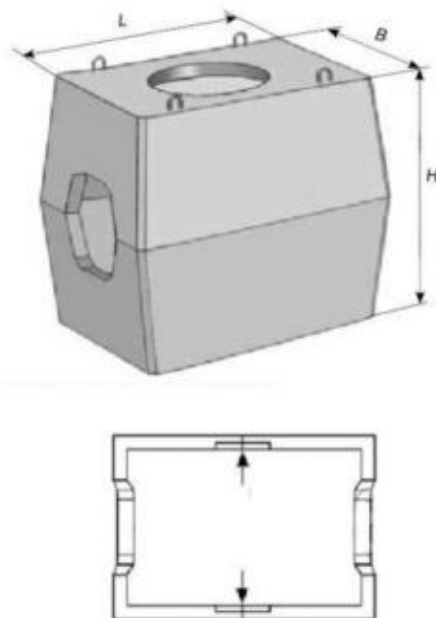


Рис. 2.5. Конструкція кабельного колодязя ККС-2: Довжина (L): 1350 мм; Ширина (B): 1060 мм; Висота (H): 1560–1570 мм

Перехід між повітряною та кабельною частинами мережі здійснюється за допомогою кабельних муфт, встановлених на опорах №12 та №9/1. Конструкція муфт забезпечує герметичність, електричну міцність та надійність з'єднання кабелю з повітряною лінією.

Для забезпечення електробезпеки та надійної роботи електроустановки проектом передбачено виконання заземлення металевих елементів опор, кабельних муфт, роз'єднувачів та іншого електротехнічного обладнання. Опір заземлювального пристрою приймається відповідно до вимог ПУЕ та нормативних документів для електроустановок напругою 10 кВ.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

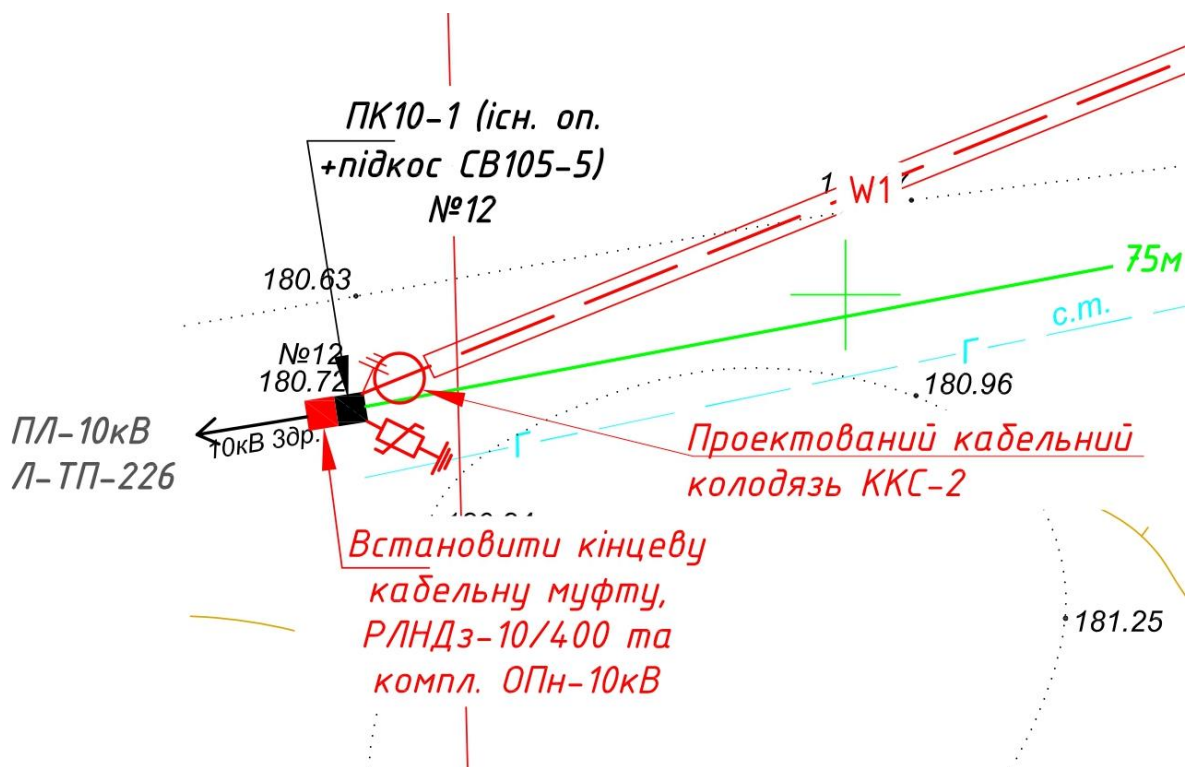


Рис. 2.6. Схема переходу ПЛ-КЛ на опорі №12

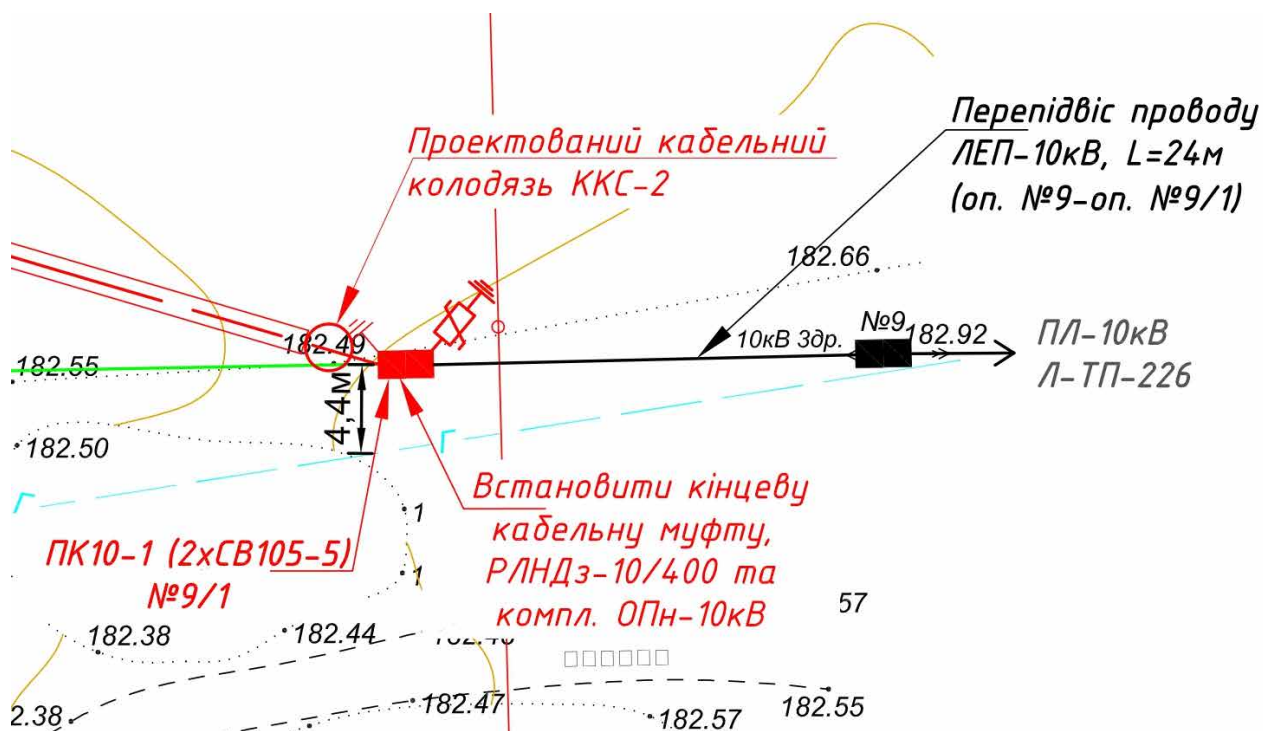


Рис. 2.7. Схема переходу ПЛ-КЛ на опорі №9/1

Застосування кабельної лінії замість повітряної дозволяє значно знизити вплив атмосферних явищ, підвищити надійність електропостачання, покращити

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		22

умови експлуатації мережі та забезпечити безпечне використання земельної ділянки замовника.

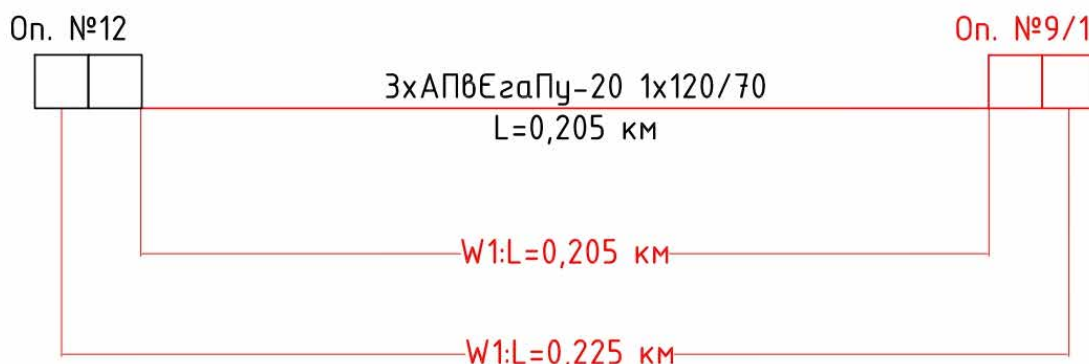


Рис 2.8. Структурна схема реконструйованої ділянки КЛ-10 кВ.

Висновки до розділу 2

У розділі проведено аналіз існуючої мережі 10 кВ Л-ТП-226, що живиться від ПС 110/35/10 кВ «Зоря», та визначено необхідність винесення ділянки повітряної лінії за межі земельної ділянки замовника. Проєктом передбачено демонтаж існуючої ПЛ-10 кВ та будівництво нової кабельної лінії 10 кВ із застосуванням кабелю 3×АПВЄгаПу-20 1×120/70, встановленням ОПН-10, роз'єднувачів РЛНДз-10, кабельних муфт і кабельних колодязів ККС-2. Прийняті технічні рішення забезпечують підвищення надійності та безпеки електропостачання, зменшення впливу атмосферних факторів і створення належних умов для подальшої експлуатації електромережі.

РОЗДІЛ 3

ПРОЄКТУВАННЯ КАБЕЛЬНОЇ ЛІНІЇ 10 кВ

3.1. Загальна характеристика об'єкта проєктування

Проектні рішення, що розглядаються у даній роботі, спрямовані на модернізацію, підвищення надійності та пропускну здатності розподільних електричних мереж напругою 10 кВ та 0,4 кВ. Об'єктом проєктування є комплекс електроустановок, що забезпечує централізоване електропостачання споживачів житлово-побутового, комунального та дрібномоторного сектору

3.1.1. Призначення та необхідність реконструкції ЛЕП-10 кВ

Об'єктом проєктування є кабельна лінія електропередачі напругою 10 кВ, яка споруджується в рамках реконструкції ділянки повітряної лінії Л-ТП-226 від підстанції 110/35/10 кВ «Зоря». Необхідність реалізації проєкту обумовлена потребою винесення існуючої ділянки повітряної лінії за межі земельної ділянки замовника та приведення електричної мережі до сучасних вимог безпеки, надійності та містобудівного планування.

Існуюча повітряна лінія електропередачі проходить територією, яка планується до подальшого використання та забудови, що створює обмеження щодо раціонального використання земельної ділянки. Крім того, наявність повітряної лінії у межах забудови не повною мірою відповідає сучасним вимогам щодо розміщення електричних мереж та забезпечення безпечної експлуатації об'єктів інфраструктури.

Проектом передбачено демонтаж окремих ділянок існуючої повітряної лінії, спорудження нової кабельної лінії 10 кВ та влаштування необхідних конструктивних елементів повітряної частини мережі. Для переходу між повітряною та кабельною частинами лінії передбачається встановлення

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

двостоякової опори на базі залізобетонних стійок типу СВ105-5 та одного підкосу для забезпечення необхідної механічної стійкості конструкції.

Маршрут нової кабельної лінії обрано з урахуванням вимог чинних нормативних документів, технічних умов електропередавальної організації та результатів рекогносцирувального обстеження місцевості. Траса прокладання погоджена із зацікавленими організаціями та забезпечує можливість подальшого безперешкодного доступу для виконання експлуатаційних і ремонтних робіт.

Усі конструктивні рішення проєкту спрямовані на підвищення надійності електропостачання споживачів, зменшення ризику аварійних ситуацій та забезпечення нормативного рівня електробезпеки.

3.1.2. Визначення класу наслідків (відповідальності) об'єкта

Клас наслідків (відповідальності) об'єкта визначається відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 та враховує можливі соціальні, економічні та екологічні наслідки відмови або руйнування споруди.

Об'єктом будівництва є кабельна лінія електропередачі напругою 10 кВ. Під час нормальної експлуатації перебування людей безпосередньо на об'єкті не передбачається, тому можливий ризик для персоналу є мінімальним.

При визначенні кількості осіб, які можуть перебувати поза межами об'єкта та зазнати впливу внаслідок аварійної ситуації, враховано розташування поруч із трасою кабельної лінії житлової забудови. У зоні впливу знаходиться близько 20 житлових будинків із орієнтовною чисельністю населення:

$$N_3 = 40 \text{ осіб.}$$

Відповідно до ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 така кількість населення відповідає класу наслідків СС1.

Додатково виконано оцінювання можливих економічних збитків від аварії на об'єкті.

Можливий економічний збиток визначається за формулою:

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$\Phi = 0,225 \cdot \Sigma Pi, \quad (3.1)$$

де Φ – прогнозований економічний збиток, тис. грн; ΣPi – вартість основних фондів, що можуть бути пошкоджені внаслідок аварії, тис. грн.

Підставляючи вихідні дані, одержимо:

$$\Phi = 0,225 \cdot 716,4 = 161,2 \text{ тис. грн.}$$

Обсяг можливого економічного збитку в мінімальних заробітних платах становить:

$$\Phi_{мзн} = 161,2 / 3,55 = 45,4 \text{ м.з.п.}$$

Отримане значення також відповідає класу наслідків СС1.

Об'єкти культурної спадщини в зоні виконання робіт відсутні. Проектована кабельна лінія не проходить територіями історико-культурного призначення та не впливає на пам'ятки архітектури, історії чи археології.

Кабельна лінія належить до мереж місцевого рівня електропостачання і не виконує функцій магістральної чи міжрегіональної інженерної інфраструктури. Тому припинення її роботи не призведе до значних суспільних або економічних наслідків загальнодержавного рівня.

Відповідно до вимог ДСТУ-Н Б В.1.2-16:2013 клас наслідків встановлюється за найбільш несприятливим із визначених показників. За результатами проведених розрахунків та аналізу проєктована кабельна лінія електропередачі напругою 10 кВ належить до класу наслідків (відповідальності) СС1.

3.2. Конструктивні рішення кабельної лінії 10 кВ

Конструктивні рішення щодо спорудження та монтажу кабельної лінії (КЛ) напругою 10 кВ розроблені відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), чинних будівельних норм (ДБН) та нормативно-технічних документів оператора системи розподілу (ОСР). Оскільки в проєкті для забезпечення максимальної термічної та механічної надійності прийнято рішення про застосування одножильних кабелів з ізоляцією зі зшитого поліетилену марки

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

АПвПг-10 (детальний аналіз структури наведено в підрозділі 3.3 та Додатку В), конструктивне виконання лінії має низку специфічних інженерних особливостей, пов'язаних із прокладанням трьох окремих однофазних кабелів у складі однієї трифазної групи.

3.2.1. Організація траси прокладання КЛ-10 кВ

Трасу кабельної лінії 10 кВ визначено на підставі технічних умов замовника, матеріалів топографо-геодезичних вишукувань та результатів рекогносцирувального обстеження місцевості. Під час вибору маршруту враховано існуючу забудову, розташування інженерних комунікацій, вимоги Правил улаштування електроустановок (ПУЕ) та необхідність забезпечення безпечної експлуатації електричної мережі.

Маршрут кабельної лінії обрано за критерієм мінімальної довжини та найменшої кількості перетинів з існуючими інженерними мережами. Такий підхід дозволяє зменшити вартість будівництва, втрати електроенергії та ризик пошкодження кабелю під час експлуатації.

Проектом передбачено прокладання кабельної лінії між опорами №9/1 та №12 повітряної лінії електропередачі. Загальна довжина траси становить 225 м, з яких 205 м кабель прокладається безпосередньо в траншеї, а по 10 м передбачено прокладання по конструкціях опор на початку та в кінці траси.

Перед початком будівельно-монтажних робіт траса підлягає винесенню в натуру із закріпленням характерних точок на місцевості. Усі роботи виконуються відповідно до погоджень із зацікавленими організаціями та власниками суміжних інженерних мереж.

Для забезпечення можливості технічного обслуговування траса проходить територією з вільним доступом експлуатаційного персоналу протягом усього строку служби кабельної лінії.

3.2.2. Вибір способу прокладання кабелю

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Основним способом прокладання кабельної лінії прийнято підземне прокладання в траншеї. Такий спосіб забезпечує високий рівень механічного захисту кабелю, мінімальний вплив атмосферних факторів та підвищену надійність електропостачання.

Прокладання кабелю здійснюється на глибині не менше 0,8 м від поверхні землі. У місцях перетину автомобільних проїздів, внутрішньоквартальних доріг та інших зон із підвищеним механічним навантаженням глибина прокладання збільшується до 1,0 м.

На дні траншеї передбачається влаштування піщаної або ґрунтової підсіпки товщиною не менше 100 мм. Після укладання кабелю виконується його засипання шаром просіяного ґрунту товщиною не менше 100 мм, який не повинен містити каміння, будівельного сміття та інших твердих включень.

Для захисту кабельної лінії від випадкових механічних пошкоджень над кабелем на висоті 0,25 м передбачається укладання сигнальної полімерної стрічки з попереджувальним написом «Не копати! Кабель».

У місцях можливого механічного впливу, а також при перетині інженерних мереж кабель прокладається в захисних поліетиленових або ПВХ трубах. Застосування труб дозволяє підвищити механічну міцність кабельної споруди та спростити виконання ремонтних робіт у майбутньому.

Ширина траншей визначається залежно від кількості кабелів і умов прокладання. Для однієї кабельної лінії напругою 10 кВ доцільним є застосування траншеї типу Т-2 шириною 300 мм, що забезпечує нормативні відстані та зручність монтажу.

3.2.3. Конструктивні рішення повітряної частини лінії

Для виконання переходу між повітряною та кабельною частинами лінії проєктом передбачено встановлення однієї двостоякової опори типу ПК-10-1 на базі залізобетонних стійок СВ105-5.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Опора призначена для закріплення струмопровідних елементів, кабельних муфт, обмежувачів перенапруг та комутаційного обладнання. Для підвищення механічної стійкості конструкції передбачається встановлення одного підкосу зі стійки СВ105-5.

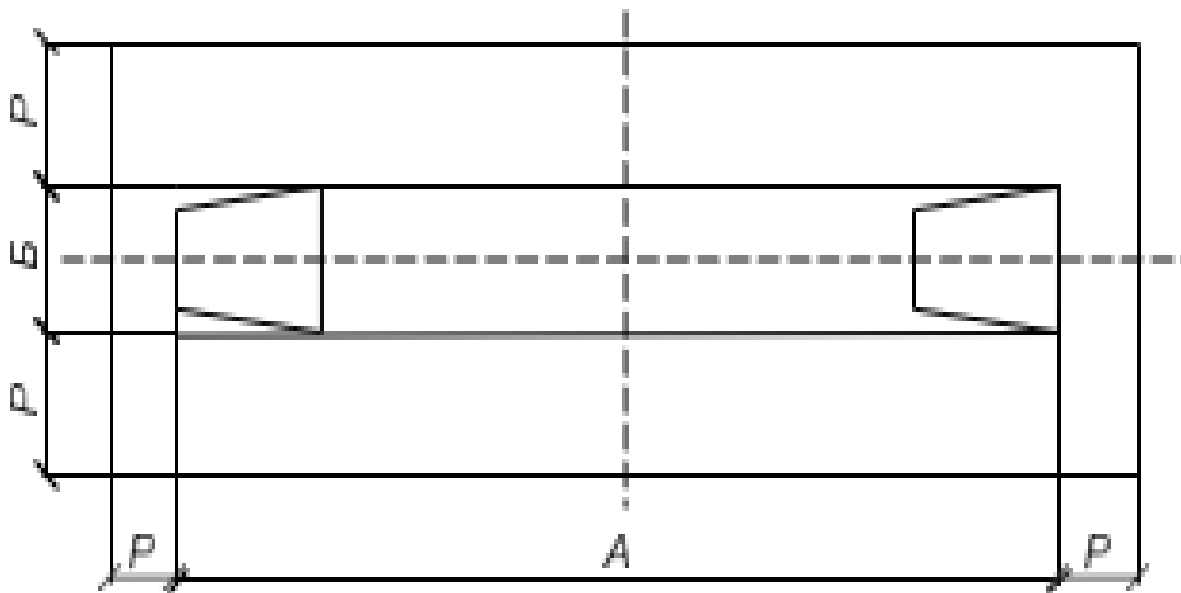


Рис.3.1. Ескіз земельної ділянки для розміщення опори типу КП-10-1(СВ-105-5)

Металеві елементи опори повинні бути захищені від корозії відповідно до вимог ПУЕ та чинних нормативних документів. Антикорозійний захист забезпечується шляхом гарячого цинкування або нанесення спеціальних захисних покриттів.

На опорі встановлюються:

- ізолятори типу ШФ20-Г;
- роз'єднувач РЛНДз-10/400У1;
- обмежувачі перенапруг типу AZB-D;
- кінцеві кабельні муфти;
- апаратні та підтримувальні затискачі;
- елементи кріплення кабелю.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1

Відомість земельних ділянок, необхідних для розміщення опор ПЛЗ-10 кВ

Тип опори	Кількість	Типовий проект	№ рис	Р	А	Б	В	Г	S, м ² для однієї опори	S, м ²
1		2	3	4	5	6	7	8	9	10
Опори ПЛЗ-10кВ										
ПК- 10- 1(2СВ- 105-5)	1	Серія №108,2н	1	0,8	4,41	0,2			10,8	10,80
									Всього, м ²	10,80

Конструкція опори забезпечує надійну роботу лінії в районах з ожеледними навантаженнями до IV району та вітровими навантаженнями до V району згідно з чинними нормативними вимогами.

Площа земельної ділянки, необхідної для розміщення опори, становить 10,8 м².

3.3. Вибір та обґрунтування кабельної продукції

Вибір кабельної продукції для розподільних мереж напругою 10 кВ та 0,4 кВ є одним із ключових етапів проєктування, оскільки від фізико-механічних та електричних властивостей кабельних ліній безпосередньо залежать надійність електропостачання споживачів, величина технологічних втрат електроенергії, екологічна безпека та тривалість безремонтної експлуатації всієї системи.

3.3.1. Вибір марки та конструкції кабелю

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Для електропостачання об'єкта проєктом передбачено будівництво кабельної лінії напругою 10 кВ із застосуванням силового кабелю марки АПвЄгаПу-20 3×(1×120/70). Вибір кабелю виконано з урахуванням розрахункового навантаження, умов прокладання, технічних вимог оператора системи розподілу, категорії надійності електропостачання та техніко-економічних показників.

Кабель АПвЄгаПу-20 призначений для передачі та розподілу електричної енергії в мережах напругою до 20 кВ. Його застосування обумовлене високою електричною міцністю ізоляції, стійкістю до впливу вологи, наявністю поздовжньої та поперечної герметизації, механічною міцністю зовнішньої оболонки та тривалим терміном експлуатації. Конструкція кабелю забезпечує можливість його прокладання як безпосередньо в ґрунті, так і в захисних трубах.

Кабельна лінія виконується трьома одножильними кабелями з алюмінієвими струмопровідними жилами перерізом 120 мм² та мідним екраном перерізом 70 мм².

Конструкція кабелю включає:

- алюмінієву багатодротяну ущільнену струмопровідну жилу;
- внутрішній напівпровідний екран;
- ізоляцію із зшитого поліетилену (XLPE);
- зовнішній напівпровідний екран;
- напівпровідну водонабухаючу стрічку;
- мідний дротяний екран;
- алюмінієво-полімерну герметизувальну стрічку;
- посилену зовнішню поліетиленову оболонку.

Ізоляція із зшитого поліетилену характеризується високою термічною стійкістю, низькими діелектричними втратами та значним строком служби. Вибраний переріз жил забезпечує передачу розрахункової потужності із необхідним запасом як у нормальному, так і в післяаварійному режимах роботи мережі.

Загальна довжина траси кабельної лінії становить 225 м. З урахуванням технологічного запасу на монтаж та виконання кінцевих з'єднань довжина кабелю приймається із запасом 2 %.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

3.3.2. Ізоляція, лінійна арматура та кабельні муфти

Траса кабельної лінії проходить територією з нормальним рівнем атмосферного забруднення, тому застосування кабелю з ізоляцією із зшитого поліетилену повністю відповідає умовам експлуатації.

При прокладанні кабелю безпосередньо в ґрунті передбачається укладання його в траншеї на підсипку із просіяного ґрунту або піску товщиною 0,1 м. Після укладання кабель засипається шаром просіяного ґрунту товщиною не менше 0,1 м. Для захисту від механічних пошкоджень над кабелем на висоті 0,25 м передбачається прокладання сигнальної стрічки «Не копати! Кабель!». У місцях можливого механічного впливу, а також при перетині інженерних комунікацій кабель прокладається в захисних трубах.

Для підключення кабельної лінії до повітряної лінії та комутаційного обладнання застосовуються кінцеві кабельні муфти заводського виготовлення. Муфти забезпечують герметизацію місця підключення, необхідний рівень електричної ізоляції та захист від атмосферних впливів.

Відповідно до вимог ПУЕ під час монтажу муфт повинні забезпечуватися мінімальні відстані:

- між корпусом муфти та найближчим кабелем — не менше 0,25 м;
- між захисним кожухом муфти та найближчим кабелем — не менше 0,10 м.

Для кріплення кабелю на опорах використовуються утримувачі типу ВІС3050. Підключення кабелю до обладнання здійснюється за допомогою апаратних затискачів CNA 54 G28 та A2A.

На переході кабельної лінії в повітряну передбачено встановлення:

- кінцевої кабельної муфти;
- обмежувачів перенапруг нелінійного типу ОПН AZB-D;
- роз'єднувача РЛНДз-10/400У1;
- штирових ізоляторів ШФ20-Г.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Застосована ізоляція, лінійна арматура та кабельні муфти забезпечують необхідний рівень електричної міцності, механічної надійності та довговічності кабельної лінії протягом нормативного строку експлуатації.

3.4. Проектування траси кабельної лінії 10 кВ

Проектування траси кабельної лінії (КЛ) напругою 10 кВ є комплексною інженерною задачею, яка визначає надійність подальшої експлуатації системи електропостачання, її економічну доцільність, безпеку для навколишнього середовища та зручність проведення ремонтних і регламентних робіт. Вибір та обґрунтування траси КЛ-10 кВ у даному проєкті виконано відповідно до вимог чинних Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), будівельних норм (ДБН) та екологічних стандартів України.

3.4.1. Вибір способу прокладання кабелю

Прокладання кабельної лінії 10 кВ передбачається переважно в траншеї безпосередньо в ґрунті. Такий спосіб є найбільш економічно доцільним та забезпечує належний рівень механічного захисту кабелю.

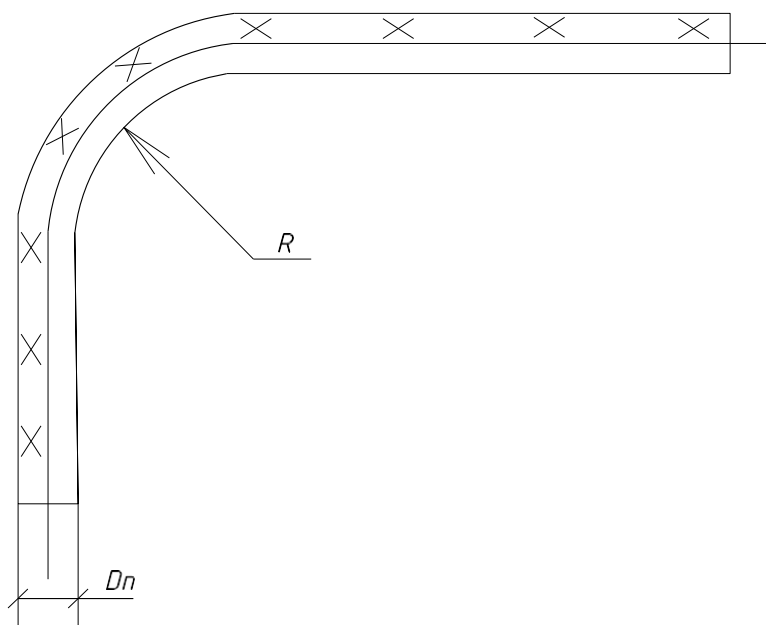


Рис. 3.2. Мінімальний вигин при прокладанні кабелю

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Загальна довжина кабельної лінії становить 225 м, з яких:

- 205 м прокладається в траншеї;
- 10 м по опорі №9/1;
- 10 м по опорі №12.

На ділянках перетину з інженерними комунікаціями та в місцях можливого механічного впливу кабель прокладається в захисній поліетиленовій трубі.

Прокладання кабелю в ґрунті виконується на глибині не менше:

- 0,8 м — на звичайних ділянках;
- 1,0 м — під автомобільними дорогами та проїздами.

Таблиця 3.2

Нормативні значення мінімальних радіусів вигину кабелів

Тип кабелів	Група кабелів	Мінімальний радіус Вигину R, мм
Силові	Кабелі з просоченою паперовою ізоляцією і з паперовою ізоляцією, просоченою нестікаючим складом:	15Dн
		25 Dн
	- багатожильні з свинцевою оболонкою - одножильні в алюмінієвій і свинцевій і свинцевій оболонці і багатожильні в алюмінієвій оболонці	
		Кабеля з пласмасовою ізоляцією в алюмінієвій оболонці
		15 Dн
Контрольні	Кабель з пласмасовою і резиноюю ізоляцією:	10 Dн
		7,5 Dн
	-одножильний -багатожильний	
		Кабеля в свинцевій облонці
		10 Dн
	Кабеля броньовані в свинцевій оболонці	12 Dн

	Кабеля броньовані в резиновій і полівінілхлоридній оболонці	10 Дн
	Кабеля в резиновій і полівінілхлоридній оболонці, які не броньовані	6 Дн

Відповідно до нормативних вимог кабель укладається на піщану підсипку товщиною 100 мм та засипається зверху шаром просіяного ґрунту товщиною 100 мм.

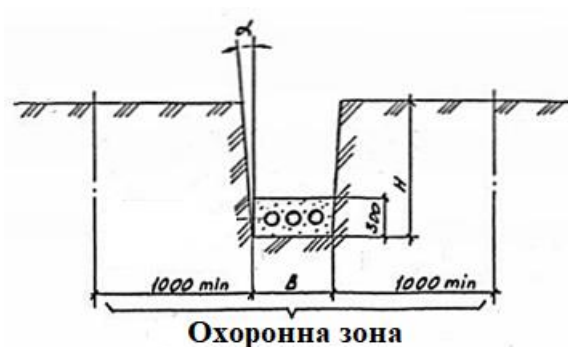


Рис. 3.3. Розрізи траншей

Таблиця 3.3

Типові розміри траншей для прокладання кабельних ліній та обсяги земляних робіт

Тип траншей	В, мм	Н, мм	Об'єм земельних робіт на 100м траншей, м куб		Об'єм просіяної землі або піску на 100м траншеї, м куб	Глибина прокладки кабелів
			Ритя траншей	Зворотня засипка		
Т-1	200		18,0	12,0	6,0	700

T-2	300		27,0	18,0	3,0	
T-3	400		36,0	24,0	12,0	
T-4	500		45,0	30,0	15,0	
T-5	600		54,0	36,0	18,0	
T-6	700		63,0	42,0	21,0	
T-7	800		72,0	48,0	24,0	
T-8	900		81,0	54,0	27,0	
T-9	1000		90,0	60,0	30,0	
T-10	300		37,5	28,5	9,0	900
T-11	500		62,5	47,5	15,0	
T-12	600		75,0	57,0	18,0	
T-13	800		100,0	78,6	24,0	
T-14	900		112,0	85,0	27,0	
T-15	1000		125,0	95,0	30,0	

Для захисту від механічних пошкоджень над кабелем на висоті 250 мм передбачено укладання сигнальної стрічки типу «Обережно! Кабель».

3.4.2. Організація траси та перетини з інженерними комунікаціями

Маршрут прокладання кабельної лінії визначено за результатами камерального опрацювання топографічних матеріалів та уточнено під час рекогносцирувального обстеження місцевості.

Трасу погоджено із зацікавленими організаціями та власниками суміжних інженерних мереж.

Під час проєктування дотримано нормативні відстані до підземних комунікацій:

- до водопроводів діаметром до 300 мм — не менше 0,5 м;
- до водопроводів понад 300 мм — не менше 1,0 м;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- до каналізації — не менше 0,5 м;
- до газопроводів низького тиску — не менше 1,0 м;
- до газопроводів середнього тиску — не менше 1,5 м;
- до теплових мереж — не менше 1,0 м.

Під час перетину інших кабельних ліній вертикальна відстань між ними повинна становити не менше 0,5 м.

У місцях перетину існуючих інженерних мереж кабель прокладається в захисній трубі діаметром 100 мм з герметизацією кінців.

Для забезпечення можливості експлуатації та ремонту після завершення будівництва виконується встановлення інформаційних показників траси кабельної лінії.

Основні характеристики окремих ділянок проєктованої кабельної лінії, способи прокладання та довжини наведено в кабельному журналі (табл. 3.4).

Таблиця 3.4

Кабельний журнал кабельної лінії 10 кВ

Назва лінії	Початок	Кінець	Марка	Напруга	Кількість (число жил та 120/70)	Довжина (всього),м	Прокладка по трасі,м			В труба х, м
							По оп.№ 9/1	В траншеї	По оп. № 12	В ПНТ трубі
«Л- ТП- 226 оп.1 2- оп.9/ 1	Оп. №9/ 1	Оп.№ 12	АПВЕга Пу-20	20к В	3*(1- 120/70)	225	10	205	10	205

Наведений кабельний журнал є основним документом для виконання монтажних робіт, обліку витрат кабельної продукції та подальшої експлуатації кабельної лінії.

3.5. Електротехнічні розрахунки

Електротехнічні розрахунки є фундаментальною частиною проектування розподільних електричних мереж напругою 10 кВ та 0,4 кВ. Метою цих розрахунків є обґрунтування вибору основних параметрів мережі, вибір перерізів провідників повітряних та кабельних ліній, визначення потужності силових трансформаторів, а також перевірка вибраного обладнання на працездатність в нормальних, післяаварійних та аварійних режимах роботи.

Даний підрозділ включає розрахунок електричних навантажень споживачів, вибір і перевірку провідників за умовами нагрівання та допустимих втрат напруги, а також математичне визначення струмів короткого замикання.

3.5.1. Розрахунок струму навантаження кабельної лінії

3.5.1. Розрахунок струму навантаження кабельної лінії

Розрахунковий струм навантаження визначається за формулою:

$$I = P / (\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos\varphi), \quad (3.2)$$

де I – струм навантаження, А; P – активна потужність навантаження, кВт; U – лінійна напруга мережі, кВ; $\cos\varphi$ – коефіцієнт потужності.

Для перевірки пропускної здатності вибраного кабелю визначимо максимальну потужність, яку може передавати кабельна лінія за найбільш несприятливих умов прокладання. Розрахунок виконується за формулою:

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$P = \sqrt{3} \cdot U \cdot I_{\text{доп}} \cdot \cos\varphi, \quad (3.3)$$

де $I_{\text{доп}}$ – допустимий довготривалий струм кабелю, А.

Для найгіршого режиму роботи кабельної лінії:

$U = 10$ кВ;

$I_{\text{доп}} = 319,6$ А;

$\cos\varphi = 0,95$.

Підставляємо значення у формулу:

$$P = 1,732 \cdot 10 \cdot 319,6 \cdot 0,95 = 5259 \text{ кВт} \approx 5,26 \text{ МВт}$$

Отримане значення показує, що кабель АПвЄгаПу-20 1×120 мм² здатний передавати потужність до 5,26 МВт навіть за найбільш несприятливих умов прокладання. Це підтверджує правильність вибору перерізу кабелю та забезпечує необхідний запас пропускної здатності для надійної експлуатації кабельної лінії 10 кВ.

3.5.2. Розрахунок допустимого довготривалого завантаження КЛ-10 кВ

Розрахунок допустимого довготривалого струмового навантаження КЛ-10 кВ, що проєктується, виконується згідно рекомендацій ПУЕ із застосуванням коригуючих коефіцієнтів для перерахування довготривалих струмів. Відповідно до ПУЕ-2017, зазначені коефіцієнти та застосування до обраних проектних рішень приведені у наступних таблицях.

Таблиця 3.5

Коригувальні коефіцієнти для визначення допустимого тривалого струмового навантаження кабелю

Найменування коефіцієнту	Позначення	Найгірші умови передбачені проектом	Значення корегуючого коефіцієнту для А
--------------------------	------------	-------------------------------------	--

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						39
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Температура середовища (в траншеї) $h=0,7\text{м}$	k1.1	+10 °C	1,04
Температура середовища (в траншеї в трубі) $h=1,0\text{м}$	k1.2	+15 °C	1
Температура повітря	k1.3	+35 °C	0,88
Максимальна кількість паралельно прокладних КЛ	k2.1	3 шт.	0,85
Питомий тепловий опір ґрунту	k3.1	~ 1 К×м/Вт	1,03

При цьому максимальне довготривале струмове навантаження кабельної лінії складає:

Таблиця 3.6

**Допустимі тривалі струмові навантаження кабелю АПвЄгаПу-20 1×120
залежно від способу прокладання**

Спосіб прокладки кабелю	Значення для АПвЄгаПу-20 1х120
Для кабелів прокладених безпосередньо в ґрунті, $I_{\text{г}}$	129 А
Для кабелів прокладених в трубах, $I_{\text{т}}$	124 А
Для кабелів прокладених в повітрі, $I_{\text{п}}$	-

Допустимий довготривалий струм кабелю для конкретних умов прокладання визначається за формулою

$$I_{\text{дон}} = I_{\text{баз}} \times k_{\Sigma}, \quad (3.4)$$

де $I_{\text{дон}}$ – допустимий довготривалий струм кабелю, А;

$I_{\text{баз}}$ – базовий допустимий струм кабелю за довідковими даними, А;

k_{Σ} – загальний коригувальний коефіцієнт.

Для різних умов прокладання отримуємо:

1. Прокладання КЛ-10 кВ вздовж стійки опори (повітря)

$$k_{\Sigma} = k1.3 = 0,88$$

$$I_{\text{дон}} = 502 \times 0,88 = 441,8 \text{ А}$$

2. Прокладання КЛ-10 кВ у траншеї

$$k_{\Sigma} = k1.1 \times k3.1, \quad (3.5)$$

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$k_{\Sigma} = 1,04 \times 1,03 = 1,07$$

$$I_{don} = 367 \times 1,07 = 392,7 \approx 393,1 \text{ А}$$

3. Прокладання КЛ-10 кВ у траншеї в трубі

$$k_{\Sigma} = k_{1.2} \times k_{3.1}, \quad (3.6)$$

$$k_{\Sigma} = 1,00 \times 1,03 = 1,03$$

$$I_{don} = 351 \times 1,03 = 361,5 \text{ А}$$

4. Прокладання КЛ-10 кВ у ґрунті поряд з існуючою КЛ-10 кВ

$$k_{\Sigma} = k_{1.1} \times k_{2.1} \times k_{3.1}, \quad (3.7)$$

$$k_{\Sigma} = 1,04 \times 0,85 \times 1,03 = 0,91$$

$$I_{don} = 351 \times 0,91 = 319,4 \approx 319,6 \text{ А}$$

Отримані значення допустимих довготривалих струмів наведені в таблиці 3.7 та підтверджують, що вибраний кабель АПвЄгаПу-20 1×120 мм² забезпечує необхідну пропускну здатність за всіх передбачених проєктом умов прокладання.

Таблиця 3.7

**Результати розрахунку допустимого довготривалого струму кабелю
АПвЄгаПу-20 1×120 для різних умов прокладання**

Прокладання кабелю	Корегуючий коефіцієнт		Допустимий довготривалий струм
	k_{Σ}	Значення	
Прокладання КЛ-10 кВ вздовж стійки опори (повітря)	$k_{1.3}$	0,88	441,8
Прокладання КЛ-10 кВ в траншеї	$k_{1.1} \times k_{3.1}$	1,07	393,1
Прокладання КЛ-10 кВ в траншеї в трубі	$k_{1.2} \times k_{3.1}$	1,03	361,5
Прокладання КЛ-10 кВ в ґрунті поряд з існ. КЛ-10 кВ	$k_{1.1} \times k_{2.1} \times k_{3.1}$	0,91	319,6

3.6. Захист та заземлення

Надійна та безпечна експлуатація розподільних електричних мереж напругою 10 кВ та 0,4 кВ значною мірою залежить від правильності проектування пристроїв захисту від аварійних режимів, перенапруг та організації системи заземлення. Основним завданням даного підрозділу є вибір технічних рішень для захисту лінійного обладнання, кабельних і повітряних ліній (ПЛ, КЛ) від атмосферних і комутаційних перенапруг, струмів короткого замикання (КЗ), а також розрахунок параметрів заземлювальних пристроїв відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ).

3.6.1. Захист від перенапруг та блискавкозахист

Надійна робота кабельної лінії 10 кВ значною мірою залежить від ефективного захисту обладнання від атмосферних та комутаційних перенапруг. Атмосферні перенапруги виникають внаслідок прямих ударів блискавки або електромагнітного впливу блискавкових розрядів на повітряні лінії електропередачі. Комутаційні перенапруги з'являються під час ввімкнення та вимкнення силового обладнання, а також у результаті аварійних режимів роботи мережі.

Для забезпечення максимальної ефективності захисту, як основний захисний апарат у точці переходу повітряної лінії в кабельну, застосовуються нелінійні обмежувачі перенапруг (ОПН) з металооксидними варисторами. Вони мають безіскрову конструкцію та високу швидкодію, що дозволяє миттєво знизити амплітуду хвилі перенапруги до безпечного для ізоляції кабелю рівня.

Особлива увага приділяється величині імпульсного опору заземлювального пристрою опори, яка згідно з ПУЕ не повинна перевищувати 10 Ом. Це гарантує швидке відведення струму блискавки в землю та мінімізує ризик зворотних перекриттів на ізоляцію.

Одним із основних елементів системи захисту від перенапруг є заземлювальний пристрій опори, до якого приєднуються обмежувачі перенапруг, металеві частини конструкцій та кабельні екрани. Конструктивне виконання

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

заземлення прийнято згідно з типовими проєктними рішеннями та наведено на рисунку 3.4.

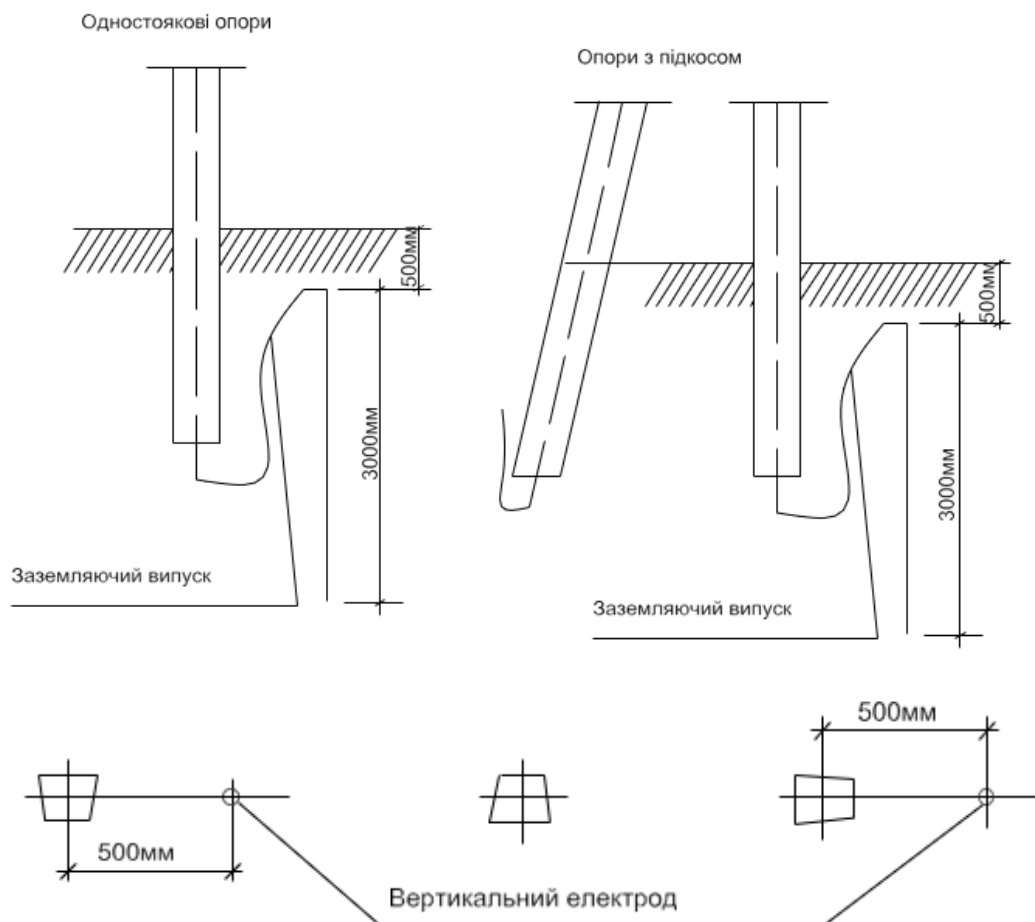


Рис. 3.4. Улаштування заземлення опор 10кВ

При з'єднанні заземлювачів зварюванням довжина зворювального шву повина бути не менше шести діаметрів вертикального заземлювача. Змонтувати необхідну кількість заземлювачів для досягнення допустимого значення опору заземлюючого пристрою, (не більше 10 Ом).

Для обмеження рівня перенапруг на переході повітряної лінії в кабельну проєктом передбачено встановлення трьох обмежувачів перенапруг нелінійних (ОПН) типу AZB-D, які монтуються на опори в місці приєднання кабельної лінії.

ОПН забезпечують:

- захист ізоляції кабелю від імпульсних перенапруг;
- захист обладнання трансформаторної підстанції;
- підвищення надійності електропостачання;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- зменшення імовірності аварійних відключень.

Підключення ОПН здійснюється окремими заземлювальними провідниками до контуру заземлення опори.

Схема встановлення обладнання на кінцевій опорі передбачає монтаж:

- роз'єднувача РЛНДз-10/400У1;
- трьох обмежувачів перенапруг AZB-D;
- кінцевої кабельної муфти;
- заземлювального пристрою.

Застосування ОПН відповідає вимогам ПУЕ щодо захисту кабельних ліній напругою 10 кВ у місцях переходу повітряних ліній у кабельні.

3.6.2. Розрахунок заземлювального пристрою

Заземленню підлягають усі металеві частини електрообладнання, які в нормальному режимі роботи не перебувають під напругою, але можуть опинитися під нею внаслідок пошкодження ізоляції.

Відповідно до вимог ПУЕ повинні бути заземлені:

- металеві оболонки кабелів;
- броня кабелів;
- екрани одножильних кабелів;
- металеві конструкції опор;
- корпуси комутаційного обладнання;
- обмежувачі перенапруг.

Проектом передбачено встановлення вертикальних сталевих заземлювачів, з'єднаних між собою сталевією смугою в єдиний контур заземлення.

Опір заземлювального пристрою повинен відповідати нормативним вимогам:

$$R_z \leq 10 \text{ Ом},$$

де R_z — опір заземлювального пристрою, Ом.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Під час виконання монтажних робіт необхідно забезпечити якісне зварювання всіх елементів заземлювального контуру. Довжина зварного шва повинна становити не менше шести діаметрів вертикального заземлювача.

Кількість вертикальних електродів визначається за результатами вимірювання питомого опору ґрунту безпосередньо на місці будівництва. За необхідності число заземлювачів збільшується до досягнення нормативного значення опору заземлення.

Після завершення монтажу повинні бути проведені вимірювання опору заземлювального пристрою спеціалізованою електротехнічною лабораторією з оформленням відповідного протоколу.

3.6.3. Перевірка апаратів захисту

Вибір захисних апаратів виконано відповідно до параметрів мережі 10 кВ та розрахункових режимів роботи лінії.

На кінцевій опорі передбачено встановлення роз'єднувача типу РЛНДз-10/400У1, основними характеристиками якого є:

- номінальна напруга – 10 кВ;
- номінальний струм – 400 А;
- можливість видимого розриву електричного кола;
- забезпечення безпечного виконання ремонтних робіт.

Перевірка апаратів захисту виконується за умовами:

- відповідності номінальної напруги мережі;
- відповідності тривалому робочому струму;
- термічної стійкості до струмів короткого замикання;
- електродинамічної стійкості під час аварійних режимів.

Умовою правильного вибору є:

$$I_{ном} \geq I_{роб}$$

де $I_{ном}$ — номінальний струм апарата, А;

$I_{роб}$ — максимальний робочий струм лінії, А.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Оскільки номінальний струм роз'єднувача становить 400 А, що суттєво перевищує розрахунковий струм навантаження кабельної лінії, вибране обладнання відповідає умовам експлуатації та забезпечує необхідний запас надійності.

3.7. Комутаційне обладнання

Комутаційне обладнання є одним із найважливіших елементів електричних мереж напругою 10 кВ та 0,4 кВ. Воно призначене для виконання режимних перемикань за нормальних умов роботи системи, а також для автоматичного вимкнення пошкоджених ділянок мережі (ліній електропередачі, трансформаторів, відгалужень до споживачів) при виникненні аварійних режимів (коротких замикань, перевантажень).

Вибір типу та характеристик комутаційних апаратів визначається робочою напругою, максимальними струмами навантаження, рівнями струмів короткого замикання (КЗ) у точці встановлення, а також вимогами щодо надійності, селективності та автоматизації електричної мережі.

3.7.1. Встановлення роз'єднувачів

Для забезпечення оперативних перемикань, локалізації аварійних ділянок та безпечного проведення ремонтних робіт на проєктованій лінії передбачено встановлення роз'єднувача РЛНДз-10/400У1.

Роз'єднувач монтується на кінцевій двостояковій опорі типу ПК-10-1 (2СВ105-5) разом із комплектом допоміжного обладнання.

До складу вузла встановлення входять:

- роз'єднувач РЛНДз-10/400У1;
- привід ПРЗ-10У1;
- комплект металоконструкцій;
- апаратні затискачі;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- кінцева кабельна муфта;
- обмежувачі перенапруг;
- заземлювальний пристрій.

Встановлення роз'єднувача дозволяє виконувати:

- оперативне відключення ділянки лінії;
- візуальний контроль розриву електричного кола;
- безпечне технічне обслуговування обладнання;
- локалізацію пошкоджень під час аварійних режимів.

Монтаж обладнання здійснюється відповідно до типового проекту Серії №108.2н.

3.7.2. Схема приєднання кабельної лінії

Проектована кабельна лінія є вставкою між існуючими ділянками повітряної лінії 10 кВ.

Початок траси розташований на опорі №9/1, а кінець — на опорі №12.

Приєднання кабелю до повітряної лінії виконується через кінцеві кабельні муфти із застосуванням апаратних затискачів та захисної арматури.

Основні параметри лінії наведено в таблиці.

Таблиця 3.8

Основні характеристики кабельної лінії

Параметр	Значення
Марка кабелю	АПвЄгаПу-20 3×(1×120/70)
Номінальна напруга	10 кВ
Загальна довжина	225 м
Прокладання в траншеї	205 м
Прокладання по опорах	20 м
Спосіб прокладання	Траншея, захисні труби

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Прийнята схема забезпечує надійну передачу електроенергії, можливість виконання оперативних перемикань та зручність експлуатації кабельної лінії.

Висновки до розділу 3

Виконано проектування кабельної лінії 10 кВ для реконструкції ділянки Л-ТП-226 ПС 110/35/10 кВ «Зоря» шляхом заміни існуючої повітряної лінії кабельною вставкою між опорами №9/1 та №12. Обрано трасу загальною довжиною 225 м та передбачено встановлення двостоякової опори ПК-10-1 на базі стійок СВ105-5 для переходу між повітряною та кабельною частинами мережі. Для передачі електроенергії прийнято кабель АПвЄгаПу-20 3×(1×120/70) з ізоляцією із зшитого поліетилену (XLPE). До складу обладнання включено роз'єднувач РЛНДз-10/400У1, обмежувачі перенапруг AZB-D, кінцеві кабельні муфти, ізолятори ШФ20-Г та необхідну лінійну арматуру. За результатами електротехнічних розрахунків встановлено, що мінімально допустимий довготривалий струм кабелю за найбільш несприятливих умов прокладання становить 319,6 А, а максимальна потужність передачі при напрузі 10 кВ і $\cos\varphi = 0,95$ — 5,26 МВт. Отримані результати підтверджують правильність вибору кабелю перерізом 120 мм² та достатній запас його пропускної здатності. Передбачено прокладання кабелю в траншеї із застосуванням захисних труб у місцях перетину інженерних комунікацій, а також заходи захисту від перенапруг і заземлення з нормативним опором не більше 10 Ом. Прийняті технічні рішення забезпечують надійну, безпечну та довготривалу експлуатацію кабельної лінії відповідно до вимог чинних нормативних документів.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						48
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 4

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

4.1. Вихідні дані для економічного аналізу

Економічна оцінка проєкту винесення та переобладнання ділянки ЛЕП-10 кВ виконується з метою визначення доцільності реалізації проєктного рішення та оцінки ефективності вкладення коштів.

Проектом передбачається:

- демонтаж існуючої повітряної лінії 10 кВ довжиною 196 м;
- демонтаж одностоякової та двостоякової опор;
- перепідвіс ділянки проводу АС-35 довжиною 24 м;
- будівництво кабельної лінії 10 кВ довжиною 205 м;
- прокладання кабелю марки АПвЕгаПу-20 1×120/70;
- встановлення двох роз'єднувачів РЛНДз-10;
- встановлення двох комплектів ОПН-10;
- монтаж кабельних муфт та кабельних колодязів ККС-2;
- виконання земляних, монтажних та пусконаладжувальних робіт.

Одним із важливих показників є тривалість виконання будівельно-монтажних робіт.

Тривалість будівництва визначається за формулою:

$$T_{\text{б}} = \frac{T_{\text{с}} * K_1 * K_2}{K_3}, \quad (4.1)$$

де $T_{\text{с}}$ – усереднений показник тривалості будівництва, 1;

K_2 – коефіцієнт, який враховує сукупність конструктивних особливостей будівлі, 2;

K_3 – коефіцієнт, який враховує прийняті організаційно-технологічні заходи, що впливають на тривалість будівництва, 1,1;

K_{11} – коефіцієнт, який враховує сукупність конкретних умов зведення об'єкта визначають за формулою:

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						49
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$$K_1 = K_{11} * K_{12} * K_{13}, \quad (4.2)$$

де K_{11} – коефіцієнт, при здійсненні будівництва в звичайних інженерно-геологічних умовах, 1;

K_{12} – коефіцієнт, який враховує будівництво в сейсмонебезпечних умовах становить, 1,1;

K_{13} – коефіцієнт, який характеризує ступінь впливу умов ущільненої забудови на тривалість будівництва і визначається за формулою:

$$K_{13} = 1 + (\Pi_1 + \Pi_2 + \Pi_3), \quad (4.3)$$

де Π_1 – коефіцієнт, при враховує стиснені умови складування матеріалів або неможливість складування на будівельному майданчику для нормального забезпечення матеріалами робочих місць, 0,6;

Π_2 – коефіцієнт, при враховує наявність на території будівельного майданчика інженерних мереж, 0,15

Π_3 – коефіцієнт, при враховує інтенсивність руху транспорту та пішоходів поблизу місця проведення робіт, 0,25

$$K_{13} = 1 + (0,6 + 0,15 + 0,25) = 2$$

$$K_{13} = 1 * 1,1 * 2 = 2,2$$

$$T_6 = (1 * 2,2 * 2) / 1,1 = 120 \text{ днів.}$$

4.2. Розрахунок капітальних витрат

Капітальні вкладення включають витрати на придбання обладнання, матеріалів, виконання будівельно-монтажних робіт та пусконаладжувальні роботи.

Загальна сума капітальних витрат визначається:

$$K = K_{об} + K_{мат} + K_{бмр} + K_{пнр}, \quad (4.4)$$

де:

$K_{об}$ – вартість обладнання;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						50
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

$K_{\text{мат}}$ – вартість матеріалів;

$K_{\text{бмр}}$ – вартість будівельно-монтажних робіт;

$K_{\text{пнр}}$ – вартість пусканалагоджувальних робіт.

Для розрахунку приймаємо:

Таблиця 4.1

**Структура капітальних витрат на реалізацію проєкту винесення та
переобладнання ЛЕП-10 кВ**

Найменування	Вартість, тис. грн
Кабель АПвЕгаПу-20	450
Кабельні муфти	60
Роз'єднувачі РЛНДз-10	90
ОПН-10	40
Кабельні колодязі ККС-2	100
Опори та металоконструкції	70
Будівельно-монтажні роботи	320
Пусканалагоджувальні роботи	20

Загальна кошторисна вартість:

$$K=450+60+90+40+100+70+320+20 = 1150 \text{ тис. грн}$$

Отже, загальні капітальні витрати на реалізацію проєкту становлять:

$$K = 1,15 \text{ млн грн}$$

4.3. Економічна доцільність винесення ЛЕП

Винесення ділянки ЛЕП за межі земельної ділянки забезпечує:

- усунення обмежень щодо використання території;
- можливість подальшої забудови земельної ділянки;
- зменшення аварійності мережі;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						51
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

- скорочення експлуатаційних витрат;
- підвищення надійності електропостачання;
- зменшення впливу атмосферних факторів.

Річний економічний ефект визначається як різниця між витратами до та після реконструкції:

$$E_p = B_{\text{до}} - B_{\text{після}}, \quad (4.5)$$

де:

$B_{\text{до}}$ – щорічні витрати на експлуатацію існуючої ПЛ;

$B_{\text{після}}$ – витрати після будівництва КЛ.

Приймаємо:

$$B_{\text{до}} = 120 \text{ тис. грн/рік}$$

$$B_{\text{після}} = 50 \text{ тис. грн/рік}$$

Тоді:

$$E_p = 120 - 50 = 70 \text{ тис. грн/рік}$$

Крім прямої економії, замовник отримує можливість повноцінного використання земельної ділянки, що суттєво підвищує інвестиційну привабливість об'єкта.

4.4. Оцінка ефективності інвестицій

Економічна ефективність капіталовкладень визначається коефіцієнтом ефективності:

$$E = \frac{E_p}{K}, \quad (4.6)$$

де

E_p – річний економічний ефект;

K – капітальні вкладення.

Підставляємо отримані значення:

$$E = 70 / 1150 = 0,061$$

або

$$E = 6,1\%$$

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						52
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

Отримане значення свідчить про позитивний економічний результат від реалізації проєкту.

4.5. Розрахунок терміну окупності

Термін окупності капіталовкладень визначається:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_p}, \quad (4.7)$$

де:

K – капітальні вкладення;

E_p – річний економічний ефект.

Підставляємо значення:

$$T_{ок} = 1150/70 = 16,4 \text{ роки}$$

Таким чином, термін окупності проєкту становить приблизно 16 років.

Для об'єктів електричних мереж термін служби кабельної лінії становить понад 30 років, тому реалізація проєкту є технічно та економічно обґрунтованою.

Висновки до розділу 4

У розділі виконано техніко-економічну оцінку проєкту винесення та переобладнання ділянки ЛЕП-10 кВ. Визначено орієнтовну тривалість будівництва, яка становить 120 діб, та розраховано капітальні витрати на реалізацію проєкту в обсязі 1,15 млн грн. Проведений аналіз показав, що заміна повітряної лінії кабельною дозволяє підвищити надійність електропостачання, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити раціональне використання земельної ділянки. Розраховані показники економічної ефективності підтверджують доцільність реалізації запропонованого технічного рішення.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ	Арк.
						53
Зм.	Арк.	№ документа	Підпис	Дата		

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

5.1. Охорона праці при будівництві та монтажі ЛЕП

Для забезпечення охорони праці та техніки безпеки будівельні, монтажні, налагоджувальні роботи та експлуатація електроустановок повинні виконуватись спеціалізованими організаціями, які мають відповідні дозволи та кваліфікований персонал.

Охорона праці при будівництві та експлуатації запроєктованих об'єктів забезпечується відповідністю прийнятих технічних рішень вимогам чинних нормативних документів України, а саме:

- Закону України «Про охорону праці»;
- Правил улаштування електроустановок (ПУЕ, 2017);
- НПАОП 40.1-1.21-98 «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
- ДБН А.3.2-2-2009 «Охорона праці і промислова безпека у будівництві»;
- ДБН В.2.5-16:2013 «Електрообладнання»;
- ДСТУ EN 50110-1:2014 «Експлуатація електроустановок».

Вказані нормативні документи регламентують вимоги безпеки праці, попередження виробничого травматизму, професійних захворювань, пожеж, аварійних ситуацій та ураження персоналу електричним струмом.

Для забезпечення безпечного виконання робіт проєктом передбачено:

- використання технічно справного та сертифікованого обладнання;
- застосування типових конструкцій опор повітряних ліній електропередачі;
- вільний доступ до обладнання для його обслуговування;
- використання машин і механізмів, конструкція яких відповідає вимогам охорони праці;
- улаштування захисного заземлення металевих конструкцій та обладнання;

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
						54
Зм	Ар	№	Підпи	Дат		

- виконання монтажних робіт відповідно до робочих креслень і технологічних карт;
- застосування засобів індивідуального захисту;
- високий рівень механізації будівельно-монтажних робіт.

До виконання робіт допускаються працівники, які пройшли медичний огляд, інструктаж з охорони праці, перевірку знань та мають відповідну групу допуску з електробезпеки.

5.2. Вимоги безпеки при роботі поблизу діючих електроустановок

Будівництво та монтаж нових ділянок повітряної лінії поблизу діючих електроустановок, що перебувають під напругою, необхідно виконувати відповідно до вимог НПАОП та ПУЕ з обов'язковим дотриманням нормованих безпечних відстаней.

При виконанні робіт поблизу діючих ЛЕП необхідно дотримуватись таких вимог:

- Робота вантажопідіймальних механізмів безпосередньо під проводами повітряних ліній, що перебувають під напругою, забороняється.
- Відстань від струмовідних частин до машин, механізмів та працівників повинна відповідати нормативним вимогам залежно від класу напруги.
- Під час монтажу проводів під діючими лініями необхідно вживати заходів щодо запобігання підхльостуванню та небезпечному наближенню проводів до діючих струмовідних частин.
- У випадках, коли неможливо забезпечити допустимі безпечні відстані, діюча електроустановка повинна бути відключена та заземлена. Відключення узгоджується з оператором системи розподілу електричної енергії.
- Приєднання новозбудованої ділянки ЛЕП до діючої мережі повинно виконуватись тільки експлуатаційним персоналом після завершення всіх будівельно-монтажних та випробувальних робіт.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
						55
Зм	Ар	№	Підпи	Датє		

- Усі роботи в охоронній зоні ЛЕП повинні виконуватись за нарядом-допуском із призначенням відповідального керівника робіт.

Для захисту персоналу від ураження електричним струмом необхідно використовувати переносні заземлення, покажчики напруги, ізолювальні штанги та інші електрозахисні засоби, які повинні проходити періодичні випробування.

5.3. Електробезпека та заземлення

Електробезпека є одним із найважливіших факторів при будівництві та експлуатації повітряних ліній електропередачі 10 кВ. Основною метою заходів електробезпеки є захист людей від ураження електричним струмом, дії електромагнітного поля та виникнення аварійних режимів.

Для забезпечення електробезпеки проєктом передбачено:

- улаштування контуру захисного заземлення;
- приєднання до заземлювального пристрою металевих конструкцій опор, шаф та обладнання;
- використання захисного автоматичного відключення при коротких замиканнях;
- застосування ізольованих проводів та кабельної продукції, що відповідає вимогам стандартів;
- встановлення попереджувальних плакатів та знаків безпеки.

Опір заземлювального пристрою повинен відповідати вимогам ПУЕ та забезпечувати безпечні значення напруги дотику й крокової напруги.

Під час виконання електромонтажних робіт персонал зобов'язаний:

- працювати справним інструментом;
- застосовувати засоби індивідуального електрозахисту;
- виконувати перевірку відсутності напруги перед початком робіт;
- не допускати роботи у вологому одязі або за несприятливих погодних умов без відповідних заходів безпеки.

Для попередження пожеж та аварій необхідно здійснювати контроль стану контактних з'єднань, ізоляції та захисної апаратури.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
						56
Зм	Ар	№	Підпи	Дат		

Пожежна безпека забезпечується використанням негорючих матеріалів, сертифікованого електрообладнання, автоматичним відключенням струмів короткого замикання та дотриманням нормативних відстаней між струмовідними частинами та будівельними конструкціями.

Перед введенням ЛЕП в експлуатацію необхідно провести комплекс випробувань електрообладнання та кабельно-провідникової продукції з оформленням відповідних протоколів випробувань.

5.4. Оцінка впливу на навколишнє середовище

Під час виконання робіт з винесення та переобладнання ділянки ЛЕП необхідно враховувати вплив будівельно-монтажних робіт на навколишнє природне середовище.

Основними факторами впливу є:

- тимчасове порушення ґрунтового покриття під час встановлення опор;
- шум та викиди від будівельної техніки;
- утворення будівельних відходів;
- можливий вплив електромагнітного поля на навколишнє середовище.

Для зменшення негативного впливу на довкілля передбачаються такі заходи:

- дотримання меж відведення земельної ділянки;
- мінімізація площі порушення ґрунтів;
- своєчасне прибирання та вивезення будівельних відходів;
- використання справної техніки зі зниженими рівнями викидів і шуму;
- відновлення благоустрою території після завершення робіт;
- дотримання санітарних та екологічних норм.

Електромагнітне поле повітряної лінії 10 кВ не перевищує допустимих значень за умови дотримання нормативних охоронних зон згідно з вимогами чинного законодавства.

Під час експлуатації ЛЕП не передбачається утворення шкідливих викидів, скидів або значного негативного впливу на навколишнє середовище. Тому

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
Зм	Ар	№	Підпи	Датє		57

реалізація проєкту за умови дотримання природоохоронних заходів є екологічно безпечною.

Висновки до розділу 5

Розглянуто основні вимоги охорони праці, електробезпеки та екологічної безпеки при виконанні робіт з винесення та переобладнання ділянки ЛЕП 10 кВ. Передбачені проєктом технічні та організаційні заходи забезпечують безпечне виконання будівельно-монтажних робіт, захист персоналу від ураження електричним струмом, попередження аварійних ситуацій та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище, що відповідає вимогам чинних нормативних документів України.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
						58
Зм	Ар	№	Підпи	Датє		

ВИСНОВКИ

1. У розділі розглянуто теоретичні основи реконструкції та переобладнання ліній електропередачі 10 кВ. Встановлено, що сучасні розподільчі мережі потребують модернізації через значний рівень зносу обладнання та зростання електричних навантажень. Обґрунтовано необхідність винесення і реконструкції ЛЕП в умовах забудови територій та дотримання вимог електробезпеки. Проаналізовано переваги переходу від повітряних до кабельних ліній і сучасні технічні рішення для підвищення надійності електропостачання. Отримані результати є теоретичною основою для подальшого виконання роботи.

2. У розділі проведено аналіз існуючої мережі 10 кВ Л-ТП-226, що живиться від ПС 110/35/10 кВ «Зоря», та визначено необхідність винесення ділянки повітряної лінії за межі земельної ділянки замовника. Проектом передбачено демонтаж існуючої ПЛ-10 кВ та будівництво нової кабельної лінії 10 кВ із застосуванням кабелю $3 \times \text{АПвЕгаПу-20 } 1 \times 120/70$, встановленням ОПН-10, роз'єднувачів РЛНДз-10, кабельних муфт і кабельних колодязів ККС-2. Прийняті технічні рішення забезпечують підвищення надійності та безпеки електропостачання, зменшення впливу атмосферних факторів і створення належних умов для подальшої експлуатації електромережі.

3. Виконано проєктування кабельної лінії 10 кВ для реконструкції ділянки Л-ТП-226 ПС 110/35/10 кВ «Зоря» шляхом заміни існуючої повітряної лінії кабельною вставкою між опорами №9/1 та №12. Обрано трасу загальною довжиною 225 м та передбачено встановлення двостоякової опори ПК-10-1 на базі стійок СВ105-5 для переходу між повітряною та кабельною частинами мережі. Для передачі електроенергії прийнято кабель АПвЄгаПу-20 $3 \times (1 \times 120/70)$ з ізоляцією із зшитого поліетилену (XLPE). До складу обладнання включено роз'єднувач РЛНДз-10/400У1, обмежувачі перенапруг AZB-D, кінцеві кабельні муфти, ізолятори ШФ20-Г та необхідну лінійну арматуру. За результатами електротехнічних розрахунків встановлено, що мінімально допустимий довготривалий струм кабелю за найбільш несприятливих умов прокладання становить 319,6 А, а максимальна

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
						59
Зм	Ар	№	Підпи	Датє		

потужність передачі при напрузі 10 кВ і $\cos\varphi = 0,95$ — 5,26 МВт. Отримані результати підтверджують правильність вибору кабелю перерізом 120 мм² та достатній запас його пропускної здатності. Передбачено прокладання кабелю в траншеї із застосуванням захисних труб у місцях перетину інженерних комунікацій, а також заходи захисту від перенапруг і заземлення з нормативним опором не більше 10 Ом. Прийняті технічні рішення забезпечують надійну, безпечну та довготривалу експлуатацію кабельної лінії відповідно до вимог чинних нормативних документів.

4. У розділі виконано техніко-економічну оцінку проєкту винесення та переобладнання ділянки ЛЕП-10 кВ. Визначено орієнтовну тривалість будівництва, яка становить 120 діб, та розраховано капітальні витрати на реалізацію проєкту в обсязі 1,15 млн грн. Проведений аналіз показав, що заміна повітряної лінії кабельною дозволяє підвищити надійність електропостачання, знизити експлуатаційні витрати та забезпечити раціональне використання земельної ділянки. Розраховані показники економічної ефективності підтверджують доцільність реалізації запропонованого технічного рішення.

5. Розглянуто основні вимоги охорони праці, електробезпеки та екологічної безпеки при виконанні робіт з винесення та переобладнання ділянки ЛЕП 10 кВ. Передбачені проєктом технічні та організаційні заходи забезпечують безпечне виконання будівельно-монтажних робіт, захист персоналу від ураження електричним струмом, попередження аварійних ситуацій та мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище, що відповідає вимогам чинних нормативних документів України.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
						60
Зм	Ар	№	Підпи	Дат		

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ). Київ: Міненерговугілля України, 2017. 760 с
2. ДСТУ EN 50341-1:2017. Повітряні лінії електропередавання понад 1 кВ змінного струму. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2017.
3. ДСТУ ІЕС 60502-1:2015. Силові кабелі з екструдованою ізоляцією та їх аксесуари на номінальну напругу до 1 кВ ($U_m = 1,2$ кВ). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.
4. ДСТУ EN 60228:2015. Провідники ізольованих кабелів. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.
5. ДСТУ EN 50525-1:2015. Кабелі силові низької напруги. Загальні вимоги. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.
6. ДСТУ EN 50525-2-31:2015. Кабелі силові низької напруги. Кабелі з полівінілхлоридною ізоляцією. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2015.
7. ДСТУ EN 62305 (усі частини). Захист від блискавки. Київ: ДП «УкрНДНЦ».
8. ДСТУ EN 50160:2014. Характеристики напруги електропостачання в електричних мережах загального призначення. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2014.
9. Трофименко А. Д., Коваленко О. В. Повітряні лінії електропередавання: конструкції та розрахунки. Київ: НТУУ «КПІ», 2018.
10. Запольський В. М., Єфименко В. М. Електричні мережі та системи. Київ: Либідь, 2020.
11. Гончарук С. М. Проектування електричних мереж напругою 6–35 кВ. Київ: Енергоатом-Прес, 2021.
12. Чумаченко С. М. Електричні мережі та системи. Харків: ХНУРЕ, 2019.
13. Праховник А. В., Левченко О. М. Електричні станції та мережі. Київ: НТУУ «КПІ», 2017.
14. Про ринок електричної енергії : Закон України від 13 квіт. 2017 р. № 2019-VIII. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2019-19> (дата звернення: 10.05.2026).

					02.03 – КР. 2055 "С" 24.11.18 020 ПЗ	Арк
						61
Зм	Арк	№ документа	Підпис	Дата		

15. ДБН В.2.5-23:2010. Проектування електрообладнання об'єктів цивільного призначення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 102 с.

16. ДСТУ 4743:2007. Проводи самоутримні ізольовані та захищені для повітряних ліній електропередавання. Технічні умови. Київ : Держспоживстандарт України, 2007. 32 с.

17. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. 85 с.

18. Кодекс систем розподілу : затв. постановою НКРЕКП від 14 берез. 2018 р. № 310. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/v0310874-18> (дата звернення: 10.05.2026).

19. Правила охорони електричних мереж : постанова Кабінету Міністрів України від 27 груд. 2022 р. № 1455. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1455-2022-п> (дата звернення: 10.05.2026).

20. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. Київ : Держнаглядохоронпраці, 1998. 386 с.

21. Бунько В. О., Баран П. М. Проектування та експлуатація кабельних ліній високої напруги : навч. посіб. Львів : Вид-во Львів. політехніки, 2021. 180 с.

22. Величко Ю. А. Сучасні кабельні системи з ізоляцією із поперечно-зшитого поліетилену. Енергетика та автоматика. 2022. № 3. С. 45–52.

23. Калинчик В. П., Хоменко І. В. Релейний захист та автоматика електричних систем розподілу 10 кВ : підручник. Київ : НТУУ «КПІ», 2020. 312 с.

24. Манілов П. І. Особливості захисту від однофазних замикань на землю в мережах 10 кВ. Електричні мережі та системи. 2023. № 2. С. 14–21.

25. Попов В. А., Ткаченко В. В. Надійність розподільних електричних мереж 10 кВ з ізольованими проводами. Технічна електродинаміка. 2022. № 5. С. 63–69.

26. Федоренко О. М. Обмежувачі перенапруг нелінійні (ОПН) в розподільних мережах: проектування та монтаж. Київ : Техніка, 2019. 144 с.

27. Мельник І. В., Бойко А. А. Організація будівельно-монтажних робіт в електроенергетиці : метод. вказівки. Дніпро : НТУ «Дніпровська політехніка», 2022. 76 с.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
						62
Зм	Ад	№	Піппи	Латс		

28. Козирєва О. В. Персонал-менеджмент в енергетичних компаніях: особливості та вимоги до безпеки праці. Економіка та управління підприємствами. 2021. Вип. 18. С. 102–108.

29. Сабадаш В. В. Оцінка екологічних ризиків при трансформації повітряних ліній електропередач у кабельні в міських умовах. Екологічна безпека. 2023. № 2 (36). С. 78–84.

30 Жильцов А. В., Синявський О. В. Застосування віртуальної реальності (VR) при підготовці диспетчерів розподільних мереж. Енергетична стратегія. 2024. № 1. С. 55–61.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002	Арк.
						63
Зм	Ад	№	Піппи	Датє		

ДОДАТОК А

Конструктивні параметри та специфікація кінцевої кабельної опори з підкосом ЛЕП-10 кВ

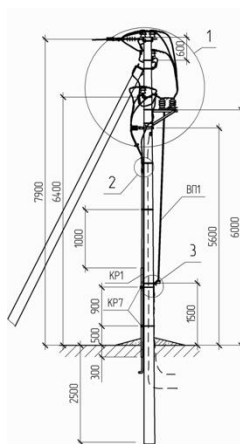


Рис. А.1. опори з підкосом ЛЕП-10 кВ

Таблиця А.1

Позначення кресленні	на	Найменування елемента / вузла конструкції	Монтажна відмітка (від рівня землі), мм	Функціональне призначення
Вузол 1		Комплект лінійної арматури, кінцева муфта 10 кВ, ОПН	5600 – 7900	Перехід з повітряної лінії (ПЛ) на кабельну лінію (КЛ), захист від перенапруг.
Вузол 2		Верхній вузол фіксації захисного короба / труби	На висоті підкосу	Оптимальний розподіл механічного навантаження кабельного жгута.
Вузол 3		Проміжний вузол фіксації кабелю	1500	Забезпечення нормативного радіуса вигину кабелю.
ВП1		Вертикальна захисна труба (кожух)	Від -300 до +2500	Захист кабелю від механічних пошкоджень у наземній зоні.
КР1		Кронштейн кріплення верхній	1500	Надійна фіксація захисного кожуха до тіла залізобетонної стійки.
КР7		Кронштейни опорні нижні	500 / 900	Фіксація підземної та цокольної частин захисного трубопроводу.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Лат	Конструктивні параметри та специфікація кінцевої кабельної опори з підкосом ЛЕП-10 кВ			
Розроб.	Весенко О.П.							
Перевір.	Ликтей В.В.							
Реценз.								
Н. Контр.	Ликтей В.В.							
Затверд.	Антипов Є.О.				Літ. Арк. Аркушів			
					1 4			
					ННІ ЕАЕ			

ДОДАТОК Б
Конструктивні схеми та параметри влаштування

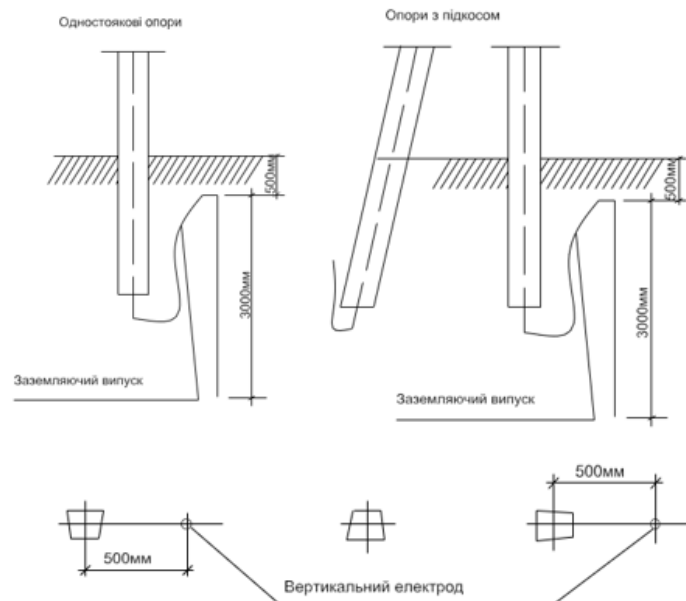


Рис. Б.1. заземлювальних пристроїв опор ЛЕП-10 кВ

Таблиця Б.1

Конструктивні особливості заземлення опор за даними рисунка

Тип опорної конструкції	Кількість вертикальних електродів (шт.)	Схема підключення заземлювальних провідників	Технологічні особливості монтажу
Одностійкові опори	1 (або за розрахунком)	Один заземлювальний випуск від арматури стовбура опори приєднується безпосередньо до вертикального електрода в траншеї.	Мінімальний обсяг земляних робіт; лінійне відведення від основи на 500 мм.
Опори з підкосом	1 (базовий)	Два заземлювальних випуски (один від основної стійки, другий – від стійки-підкосу) об'єднуються в контур та підключаються до вертикального електрода.	Потребує прокладання додаткового з'єднувального провідника в траншеї між стійкою та підкосом.

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ						
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дат							
Розроб.		Весненко О.П.			Конструктивні схеми та параметри влаштування	Літ.		Арк.		Аркушів	
Перевір.		Ликтей В.В.						2		4	
Реценз.						ННІ ЕАЕ					
Н. Контр.		Ликтей В.В.									
Затверд.		Антипов Є.О.									

ДОДАТОК В

Конструктивні особливості та пошарова структура силового кабелю 10 кВ з ізоляцією зі зшитого поліетилену

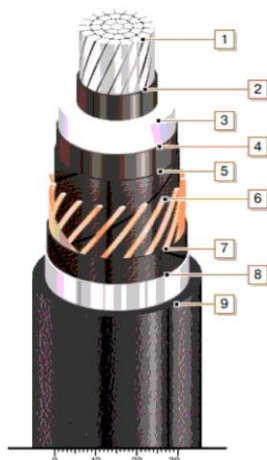


Рис. В.1. структура силового кабелю 10 кВ

Таблиця В.1

Пошарове експлікаційне призначення елементів кабелю

Номер шару на кресленні	Найменування конструктивного елемента	Матеріал шару
1	Струмopрoвідна жила	Алюміній (або мідь), багатодротна, ущільнена
2	Екран по жилі	Електропровідний композит на основі зшитого поліетилену
3	Основна ізоляція	Пероксидно-зшитий поліетилен (XLPE)
4	Екран по ізоляції	Екструдований електропровідний зшитий поліетилен
5	Роздільний напівпровідний шар	Електропровідна водоблокуюча (водорозбухаюча) стрічка
6	Металевий екран	Мідні дроти, скріплені мідною стрічкою спіральною намоткою
7	Роздільний шар	Синтетична або кріпована паперова стрічка
8	Внутрішній герметизуючий шар	Водоблокуюча стрічка або алюмополімерна стрічка
9	Зовнішня захисна оболонка	Поліетилен високої щільності (HDPE) або ПВХ

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.	Весненко О.П.				Конструктивні особливості та пошарова структура силового кабелю 10 кВ з ізоляцією зі зшитого поліетилену	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Ликтей В.В.						3	4
Реценз.						ННІ ЕАЕ		
Н. Контр.	Ликтей В.В.							
Затверд.	Антипов Є.О.							

ДОДАТОК Д

Специфікація матеріалів, геометричні параметри та методика розрахунку штучного заземлювача одиночної залізобетонної опори ЛЕП

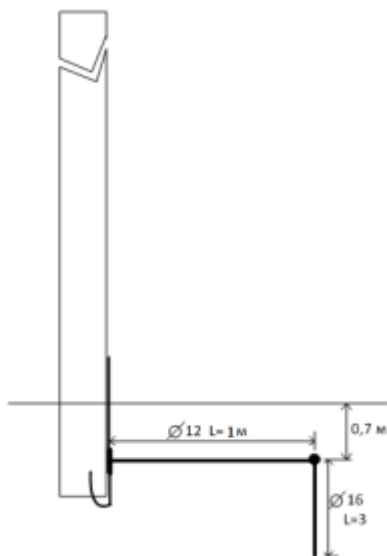


Рис. Д.1. заземлювача одиночної залізобетонної опори ЛЕП

Глибина закладання горизонтального провідника: $h = 0,7$ м від поверхні планування землі до осі провідника

Параметри вертикального електрода: круглий сталевий прокат діаметром $\alpha = 16$ мм, довжиною $L = 3,0$ м.

Параметри горизонтального зв'язку: круглий сталевий прокат діаметром $\alpha = 12$ мм, геометричною довжиною $L = 1,0$ м, що забезпечує нормативне відведення струмів від фундаментної частини стійки опори.

Опір розтікання струму одиночного вертикального заземлювача круглого перерізу, що закладений нижче рівня землі (в траншеї), розраховується за формулою:

де:

- ρ — еквівалентний питомий опір ґрунту, Ом·м;
- L — довжина вертикального електрода ($L = 3,0$ м);
- d — діаметр електрода в метрах ($d = 0,016$ м);
- t — відстань від поверхні землі до середини вертикального електрода

					02.03 – КР. 2606 "С" 25.10.30 002 ПЗ			
Змн	Лист	№ докум.	Підпис	Дат				
Розроб.	Весненко О.П.				Специфікація матеріалів, геометричні параметри та методика розрахунку штучного заземлювача одиночної залізобетонної опори ЛЕП	Літ.	Арк.	Аркушів
Перевір.	Ликтей В.В.						4	4
Реценз.						ННІ ЕАЕ		
Н. Контр.	Ликтей В.В.							
Затверд.	Антипов Є.О.							

