

Лекція 5

ТЕМА «ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖУ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ»

- 1 Визначення повітряної лінії (ПЛ). Класифікація ліній за призначенням, за класом напруги
- 2 Основні конструктивні елементи ПЛ.
- 3 Типи і конструкції пор
- 4 Улаштування повітряних ліній електропередач із самонесучими ізольованими проводами
- 5 Технологія монтажу ПЛ
- 6 Захист ліній від атмосферних перенапруг

МЕТА ЛЕКЦІЇ: *Ознайомити студентів із основними правилами улаштування повітряних ліній електропередавання електричної енергії, вивчити послідовність монтажу ПЛ, вивчити основні визначення елементів повітряних ліній, розглянути вимоги захисту ПЛ від атмосферних перенапруг.*

1 Класифікація ліній за призначенням, за класом напруги. Визначення повітряної лінії (ПЛ).

1.1 Класифікація

Повітряні лінії **за напругою** розрізняють:

- повітряні лінії електропередавання напругою до 1 кВ;
- повітряні лінії електропередавання напругою вище 1 кВ до 750 кВ;

за призначенням:

- лінії електричної енергії;
- лінії зв'язку;
- лінії радіотрансляційних мереж;
- лінії кабельного телебачення.

Режими для розрахунків механічної частини ПЛ:

- повітряні лінії до 1 кВ:
 - нормальний режим — режим з необірваними проводами;
 - аварійний режим — режим з обірваними проводами;
 - монтажний режим — режим в умовах монтажу опор і проводів.
- повітряні лінії вище 1 кВ:
 - нормальний режим — режим за умови необірваних проводів, тросів, ізоляційних підвісів і тросових кріплень;
 - аварійний режим — режим за умови обірваних одного чи кількох проводів або тросів, ізоляційних підвісів і тросових кріплень;
 - монтажний режим — режим в умовах монтажу опор, проводів і тросів.

1.2 Визначення

Повітряна лінія електропередавання напругою до 1 кВ — споруда для передавання електричної енергії проводами, розташованими на відкритому повітрі і закріпленими за допомогою ізоляторів і арматури на опорах або кронштейнах на стояках будівель і інженерних спорудах (мостів, шляхопроводів і т. п.).

Надалі в тексті повітряна лінія із застосуванням самоутримних ізольованих проводів позначається ПЛІ, а із застосуванням неізольованих проводів - ПЛ.

Повітряна лінія електропередавання напругою вище 1 кВ - споруда для передавання електричної енергії проводами під напругою вище 1 кВ, розташованими на відкритому повітрі і прикріпленими за допомогою ізолювальних конструкцій та арматури до опор або кронштейнів і стояків на інженерних спорудах (мостах, шляхопроводах тощо).

За початок і кінець ПЛ приймають місце виходу проводу в бік ПЛ з апаратного, натяжного затискача або іншого пристрою кріплення проводу на вихідних (вхідних) конструктивних елементах підстанцій і відгалужувальних опорах.

Відгалуження до конденсаторів зв'язку, установлених на підстанціях і опорах ПЛ, не відносяться до лінії.

Волоконно-оптична лінія зв'язку на повітряній лінії електропередавання (ВОЛЗ-ПЛ) - лінія зв'язку, що містить у собі волоконно-оптичний кабель (ОК), який розміщують на ПЛ, та волоконно-оптичні системи передавання. ОК підвішують на опорах ПЛ за допомогою лінійної арматури або навивають його на грозозахисний трос чи фазний провід.

Самоутримний ізолюваний провід (СП) — скручені в джгут ізолювані жили, що не вимагають спеціального утриманого троса. Механічне навантаження може сприйматися утримною жилою або всіма провідниками джгута. Ізоляція жил СП повинна виготовлятися з матеріалу, стійкого до впливу зовнішнього середовища, та відповідати вимогам до непоширення горіння.

Магістраль — відрізок повнофазної лінії електропередавання від живильної трансформаторної підстанції до найбільш віддаленої точки. До магістралі можуть приєднуватися лінійні відгалуження та відгалуження до вводів.

Лінійне відгалуження — частина лінії електропередавання, яка має два і більше прогони і приєднана одним кінцем до магістралі.

Відгалуження до вводу в будівлю (споруду) — проводи від опори, на якій здійснено відгалуження, до конструкції вводу на будівлі (споруді).

Прогін - відрізок ПЛ між двома суміжними опорами або конструкціями, які замінюють опори.

Довжина прогону - довжина його горизонтальної проекції.

Габаритний прогін - прогін, довжину якого визначають нормованою вертикальною відстанню від проводів до землі за умови встановлення опор на горизонтальній поверхні.

Вітровий прогін - довжина відрізка ПЛ, з якого тиск вітру на проводи і грозозахисні троси (далі - троси) сприймає опора.

Ваговий прогін - довжина відрізка ПЛ, вагу проводів (тросів) якого сприймає опора.

Стріла провисання проводу - відстань по вертикалі від прямої, яка з'єднує точки кріплення проводу, до проводу в найнижчій точці його провисання.

Габаритна стріла провисання проводу - стріла провисання проводу в габаритному прогоні.

Ізоляційний підвіс - пристрій, який складається з одного або кількох підвісних або стрижневих ізоляторів і лінійної арматури, шарнірно з'єднаних між собою.

Штировий ізолятор - ізолятор, який складається з ізоляційної деталі, що закріплюється на штирі або гаку опори.

Тросове кріплення - пристрій для прикріплення грозозахисних тросів до опори; якщо до складу тросового кріплення входить один або кілька ізоляторів, то воно називається ізолювальним.

Посилене кріплення проводу з захисним покриттям - кріплення проводу на штировому ізоляторі або до ізоляційного підвісу, що не допускає проковзування проводу в разі виникнення різниці натягів у суміжних прогонах у нормальному та аварійному режимах ПЛЗ.

Галопування проводів (тросів) - сталі періодичні низькочастотні (0,2-2 Гц) коливання проводів (тросів) у прогоні, які утворюють стоячі хвилі (іноді в сполученні з біжучими) з числом напівхвиль від однієї до двадцяти та амплітудою 0,3-5 м.

Вібрація проводів (тросів) - періодичні коливання проводів (тросів) у прогоні з частотою від 3 до 150 Гц, які відбуваються у вертикальній площині під час вітру і утворюють стоячі хвилі з розмахом, що може перевищувати діаметр проводів (тросів).

Населена місцевість - сельбищна територія міського і сільського поселень у межах їхнього перспективного розвитку на десять років, курортні та приміські зони, зелені зони навколо

міст та інших населених пунктів, землі селищ міського типу і сільських населених пунктів у межах їх сільбищної території, а також території садово-городніх ділянок.

Сельбищна територія міського поселення - ділянки житлових будинків, громадських установ, будинків і споруд, у тому числі навчальних, проектних, науково-дослідних інститутів без дослідних виробництв, внутрішньо - сільбищна вулично - дорожня і транспортна мережа, а також площі, парки, сади, сквери, бульвари, інші об'єкти зеленого будівництва й місця загального користування.

Сельбищна територія сільського поселення - житлові території, ділянки установ і підприємств обслуговування, парки, сквери, бульвари, вулиці, проїзди, майданчики для стоянки автомашин, водойми.

Ненаселена місцевість - землі, не віднесені до населеної місцевості.

Важкодоступна місцевість - місцевість, не доступна для транспорту і сільськогосподарських машин.

Сельбищна місцевість - території міст, селищ, сільських населених пунктів у межах фактичної забудови.

Насадження - природні та штучні деревостої та чагарники, а також сади і парки.

Висота насаджень - збільшена на 10% середня висота переважної за запасами породи, яка знаходиться у верхньому ярусі насаджень, у різновікових насадженнях - середня висота переважного за запасами покоління.

Траса ПЛ у стиснених умовах - відрізки траси ПЛ, які проходять по територіях, насичених надземними та (або) підземними комунікаціями, спорудами, будівлями.

Великі переходи - перетини судноплавних ділянок рік, каналів, озер і водоймищ, на яких установлюються опори висотою 50 м і більше, а також перетини ущелин, ярів, водних просторів та інших перешкод з прогоном перетину понад 700 м незалежно від висоти опор ПЛ.

Для ПЛ 110 кВ з горизонтальним розташуванням фаз рекомендується спрощена схема транспозиції (у місці транспозиції по черзі міняються місцями тільки дві суміжні фази). На цих же ПЛ у разі захисту їх двома тросами, які використовуються для високочастотного зв'язку, для зменшення втрат від струмів у тросах у нормальному режимі рекомендується виконувати схрещення (транспозицію) тросів. Кількість схрещень слід вибирати за умов самопогасання дуги супровідного струму промислової частоти в разі грозових перекриттів іскрових проміжків (Ш) на ізоляторах, якими кріпляться троси до опор. Схема схрещування повинна бути симетричною відносно кожного кроку транспозиції фаз і точок заземлення тросів, при цьому довжини крайніх відрізків рекомендується приймати такими, що дорівнюють половині довжини решти відрізків.

До ПЛ повинен бути забезпечений у будь-яку пору року під'їзд на якомога ближчу відстань, але не далі ніж ш 0,5 км від траси ПЛ. Для проїзду вздовж траси ПЛ і для від'їзду до неї повинна бути розчищена від насаджень, пнів, каміння тощо і розрівняна смуга землі шириною, не меншою ніж 2,5 м.

Монтажним режимом згідно ПУЕ називається режим у стані монтажу опор, проводів і тросів.

2 Основні конструктивні елементи ПЛ

Основними конструктивними елементами є:

- проводи;
- ізолятори;
- арматура;
- опори, кронштейни, стояки будівель і інженерних споруд;
- фундаменти.

2.1 Проводи

Основні види проводів за матеріалом проводу є :

- алюмінієві (А) або не термооброблений алюмінієвий сплав (АВЕ(АН));
- сталевалюмінієві (АС) або термооброблений алюмінієвий сплав (АВЕ(АЖ));
- мідні (М);

- сталі (С);
- біметалічні;

2.2. Розташування проводів на опорах ПЛ до 1 кВ

На опорах допускається будь-яке розташування ізолюваних і неізолюваних проводів лінії електропередавання незалежно від кліматичних умов. **PEN** (PE) – провідник ПЛ з неізолюваними проводами необхідно розташовувати нижче фазних проводів.

Неізолювані проводи зовнішнього освітлення на опорах ПЛ повинні розташовуватися, як правило, над **PEN** (PE) - провідником, а ізолювані проводи на опорах ПЛ можуть розташовуватися вище або нижче СІП, а також бути додатковими жилами в джгуті СІП.

2.3 Розташування проводів і тросів та відстані між ними ПЛ вище 1 кВ

Проводи на опорах ПЛ можна розташовувати горизонтально, вертикально або змішано. На ПЛ 35-110 кВ (крім ПЛЗ) з розташуванням проводів у кілька ярусів надається перевага схемі зі зміщенням проводів суміжних ярусів по горизонталі; в 4-6-му районах за ожеледдю та для ліній напругою понад 330 кВ фази рекомендується розміщувати горизонтально або за трикутником у разі розташування середньої фази вище або нижче від крайніх.

2.4 Ізолятори і арматура

На ПЛ 20 кВ і нижче слід застосовувати:

- на проміжних опорах – будь-які типи ізоляторів;

На опорах анкерного типу – підвісні ізолятори.

На ПЛ 35 кВ слід застосовувати підвісні або стрижневі ізолятори.

Вибір типу і матеріалу (скло, фарфор, полімерні матеріали) ізоляторів здійснюється з урахуванням кліматичних умов (температури та зволоження) і умов забруднення.

Арматура, кронштейни визначаються згідно проекту для конкретних умов.

2.5 Фундаменти

Для опор, котрі встановлюються у заплаві рік, а також для спеціальних опор споруджують фундаменти.

Фундамент – це конструкція, яка встановлюється в ґрунті і сприймає на себе масу опори з ізоляторами і проводами, а також навантаження від впливу ожеледиці і вітру. Конструкція фундаменту визначається у проекті в залежності від характеру ґрунту, типу опори і кліматичних умов.

Дерев'яні і одностопні вільно стоячі залізобетонні опори встановлюються у ґрунті без фундаменту.

3 Типи і конструкції опор

Для спорудження ліній електропередавання напругою до 1 кВ можуть застосовуватися залізобетонні, дерев'яні, дерев'яні із залізобетонними приставками і металеві опори.

3.1 Типи опор

Для спорудження ліній слід застосовувати такі типи опор:

1) **проміжні опори**, які встановлюються на прямих ділянках траси; ці опори в нормальному режимі роботи не сприймають зусиль, спрямованих уздовж лінії;

2) **анкерні опори**, які встановлюються для обмеження анкерного прогону, а також у місцях зміни кількості, марок і перерізу проводів. Ці опори повинні сприймати в нормальному режимі роботи зусилля від різниці натягу проводів, спрямованого вздовж лінії;

3) **кутові опори**, які встановлюються в місцях зміни напрямку траси лінії. Ці опори в нормальному режимі роботи повинні сприймати сумарне навантаження від натягу проводів суміжних прогонів. Куткові опори можуть бути проміжного та анкерного типів;

4) **кінцеві опори**, які встановлюються на початку і в кінці лінії, а також у місцях кабельних вставок. Ці опори є опорами анкерного типу і повинні сприймати в нормальному режимі роботи односторонній натяг усіх проводів;

- 5) **відгалужувальні опори**, на яких здійснюються відгалуження від лінії;
 6) **перехресні опори**, на яких здійснюється перетин ліній двох напрямків.

Відгалужувальні і перехресні опори можуть бути всіх зазначених вище типів.

Конструкція опор повинна забезпечувати можливість установлення:

- ліхтарів вуличного освітлення всіх типів;
- кінцевих кабельних муфт;
- секціонувальних і комутаційних апаратів;
- шаф і щитків для приєднання електроприймачів.

Крім того, усі типи опор за конструкцією повинні допускати можливість здійснення одно- і трифазних відгалужень до введів у будівлі (споруди) довжиною до 25 м.

Опори незалежно від їх типу можуть бути вільностоячими, з підкосами або відтяжками.

Відтяжки опор повинні прикріплюватися до анкерів, установлених у землі, або до кам'яних, цегельних, залізобетонних і металевих елементів будівель і споруд. Вони можуть бути одно- або багатодотовими. Переріз відтяжок визначається розрахунком. Переріз однодротових сталевих відтяжок повинен бути не менше ніж 25 мм².

Опори повинні розраховуватися за методом граничних станів відповідно до чинних державних стандартів і норм для умов нормального режиму роботи лінії і кліматичних умов відповідно до **2.4.10**.

Проміжні опори розраховуються на одночасну дію поперечного вітрового навантаження на проводи і конструкцію опори без ожеледі або покриті ожеледдю. Допускається враховувати відхилення опори під дією навантаження.

Кутові опори (проміжні та анкерні) розраховуються на результуюче навантаження від натягу проводів і вітрового навантаження на проводи і конструкцію опори.

Анкерні опори розраховуються на різницю натягу проводів суміжних прогонів і поперечне навантаження від тиску вітру за ожеледі і без ожеледі на проводи і конструкцію опори. За мінімальне значення різниці натягу необхідно приймати 50% найбільшого значення одностороннього натягу всіх проводів.

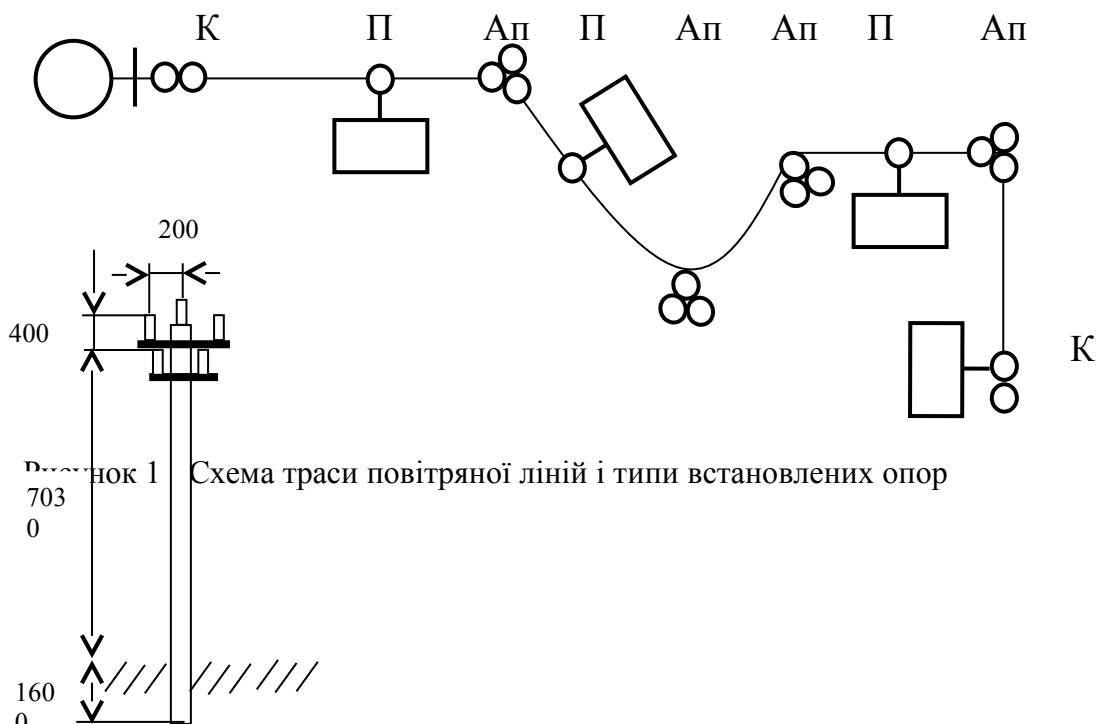
Кінцеві опори розраховуються на односторонній натяг усіх проводів.

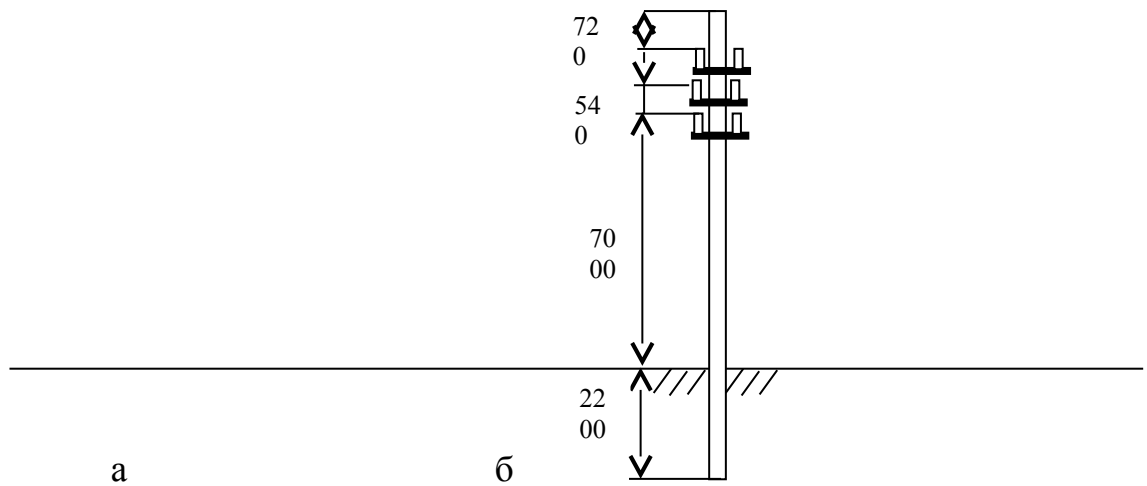
Відгалужувальні опори розраховуються на результуюче навантаження від натягу всіх проводів.

У випадку встановлення опор на затоплюваних ділянках траси, де можливі розмиви ґрунту або льодохід, опори повинні бути укріплені (підсипка землі, замощення, улаштування банкеток, установлення льодорізів).

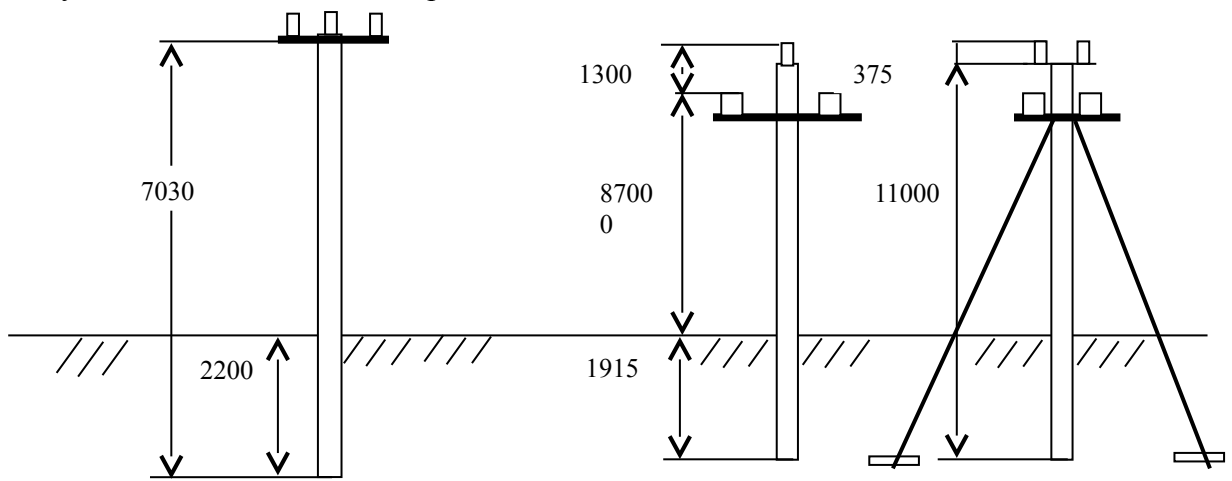
3.2 Конструкції пор

ТП 10/0,4 кВ

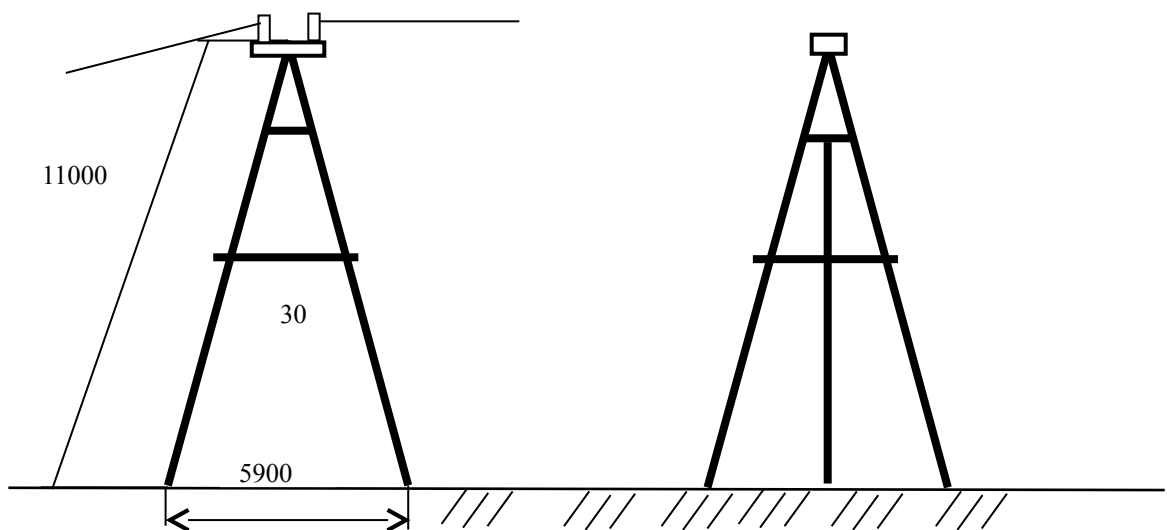




а) проміжна опора типу П-0,4; б) анкерна опора типу А-0,4
Рисунок 2 – Залізобетонні опори ПЛ 0,38 кВ



а) проміжна опора типу П-10; б) анкерна опора типу А-10
Рисунок 3 – Залізобетонні опори ПЛ 10 кВ



а) кінцева типу КА-10; б) кутова для кута 90° типу УАА-10.

Рисунок 4 – Залізобетонні опори ПЛ 10 кВ:

4 Улаштування повітряних ліній електропередач із самонесучими ізольованими проводами

4.1 Загальні вимоги

Повітряні лінії електропередавання слід розташовувати таким чином, щоб їх опори не загороджували входи в будівлі і в'їзди у двори, не утруднювали рух транспорту і пішоходів. У місцях, де погана безпека наїзду транспорту (в'їзди у двори, біля з'їздів з доріг, у разі перетину доріг тощо) опори рекомендується захищати від наїзду (наприклад, відбійними тумбами).

Допускається прокладання СІП на стінах будинків і споруд з урахуванням вимог пункту 2.4.55 та вимог глави 2.1.

Якщо лінія електропередавання проходить лісовими масивами або зеленими насадженнями, вирубка просік є не обов'язковою; у цьому разі допускається вирубання окремих дерев, які створюють загрозу для проводів лінії.

Відстань від проводів за найбільшої стріли провисання або найбільшого їх відхилення до дерев і кущів для СІП не нормована, а для неізолюваних проводів має бути не меншою ніж 1 м з кожного боку ПЛ.

На кожній опорі лінії електропередавання на висоті не менше ніж 1,5 м від землі повинні бути встановлені (нанесені) порядковий номер і рік встановлення опори. Крім того, на першій від підстанції опорі і на опорах, що обмежують перетин з іншими лініями, додатково повинні бути нанесені диспетчерський номер лінії та номер підстанції, від якої ця лінія відходить. На опорах, які встановлюють на відстані менше 4 м від кабельних ліній зв'язку, додатково повинні бути встановлені (нанесені) плакати або застережні знаки, на яких зазначають відстань від опори до лінії зв'язку, ширину охоронної зони і телефони власника лінії зв'язку та лінії електропередавання.

Кріплення СІП на магістральних ділянках ПЛІ і відгалуженнях від них необхідно здійснювати із застосуванням такої лінійної арматури:

- кріплення утримної жили (утримних жил) на проміжних і кутових проміжних опорах за допомогою підтримувальних затискачів;

— анкерне (кінцеве) кріплення утримної жили (утримних жил) на опорах анкерного типу, а також кінцеве кріплення утримної жили (утримних жил) відгалуження на опорі і на ввіді у будівлю (споруду) — за допомогою натяжних (анкерних) затискачів.

За допомогою відгалужувальних затискачів, які проколюють ізоляцію СІП, здійснюються:

— відгалуження від ізолюваних жил магістралі;

— приєднання заземлювальних провідників до ізолюваної жили, яка виконує функцію

PEN (PE) - провідника;

— приєднання ліхтарів вуличного освітлення до ліхтарної жили та до ізолюваного **PEN** - провідника і з'єднання корпусів світильників з **PEN** - провідником;

— приєднання заземлювального провідника опори до ізолюваного **PEN** - провідника.

У разі застосування СІП з ізолюваною утримною жилою підтримувальні та натяжні (анкерні) затискачі повинні мати вкладиші або корпуси з ізоляційного матеріалу, які запобігають руйнуванню ізоляції проводів.

Відгалужувальні затискачі повинні забезпечувати надійний контакт відгалуження (приєднання) без зняття ізоляції з ізолюваних жил СІП.

Затискачі, за допомогою яких здійснюється відгалуження від ізолюваних жил або приєднання до них, повинні мати захисні ізолювальні кожухи.

4.2 Кліматичні умови

Кліматичні умови для розрахунку ліній напругою до 1 кВ у нормальному режимі слід приймати згідно з 2.5.30-2.5.63 як для ПЛ першого класу безвідмовності.

Кліматичні навантаження і впливи для розрахунку і вибору конструкцій ПЛ вище 1 кВ приймаються на підставі карт територіального районування України.

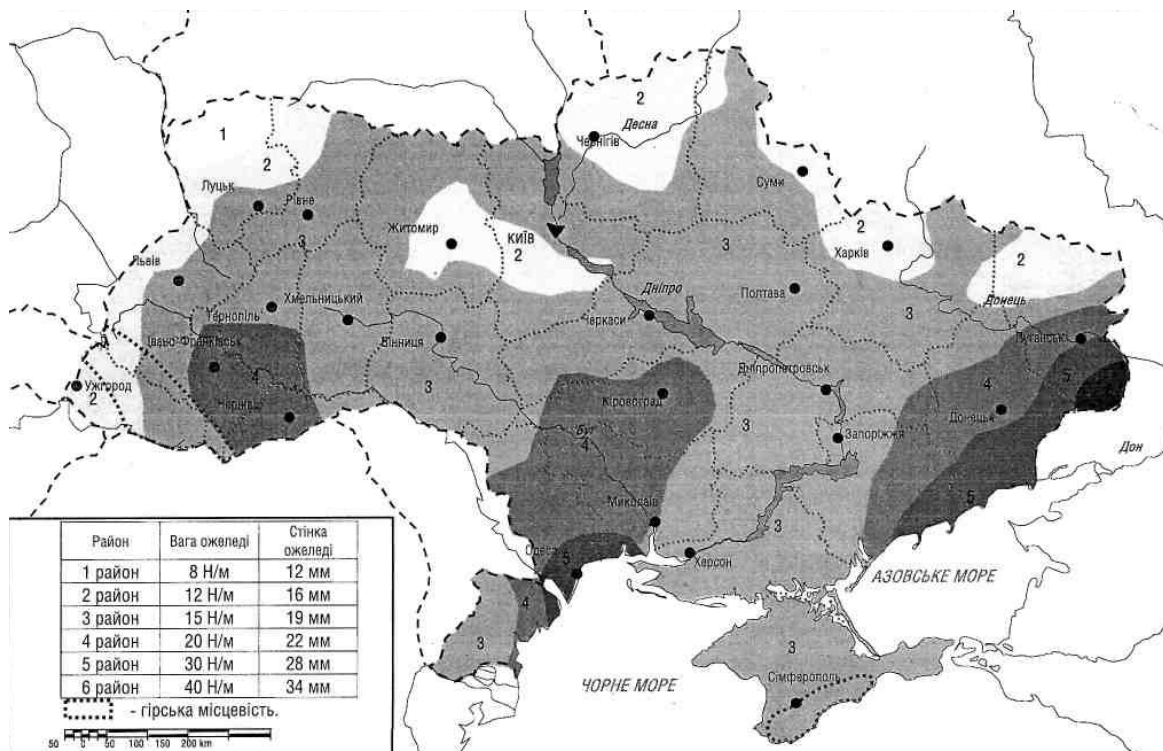


Рисунок 5 – Карта районування території України за характеристичними значеннями ожеледі

Захисні і секціонувальні пристрої, які встановлюються на опорах, слід розташовувати на висоті не нижче 3,0 м, а апарати для приєднання електроприймачів — на висоті 1,6 м від поверхні землі.

Відстань між неізолюваними проводами ПЛ на опорі і в прогоні за умовою їх зближення в прогоні за найбільшої стріли провисання до 1,2 м повинна бути не менше 0,6 м. За найбільшої стріли провисання понад 1,2 м цю відстань необхідно збільшувати пропорційно відношенню найбільшої стріли провисання до стріли 1,2 м.

Відстань по вертикалі між проводами різних фаз на опорі в разі відгалуження від ПЛ, а також у разі перетину різних ПЛ напругою до 1 кВ на спільній опорі повинна бути не менше ніж 0,1 м. Відстань від проводів ПЛ до будь-яких елементів опор повинна бути не менше ніж 0,05 м.

Сумісне підвішування на спільних опорах неізолюваних проводів ПЛ напругою до 1 кВ та СІП допускається за дотримання таких вимог:

- неізолювані проводи ПЛ повинні бути розташовані вище СІП;
- відстань між проводами ПЛ і СІП на опорі і в прогоні за температури повітря плюс 15°C без вітру повинна бути не менше ніж 0,5 м.

У разі сумісного підвішування на спільних опорах різних кіл ПЛІ відстань між СІП різних кіл на опорі і в прогоні повинна бути не менше ніж 0,3 м.

У разі сумісного підвішування на спільних опорах неізолюваних проводів ПЛ напругою до 10 кВ і проводів ПЛІ або ПЛ напругою до 1 кВ необхідно забезпечувати виконання таких вимог:

- лінію до 1 кВ необхідно влаштовувати за розрахунковими умовами ПЛ напругою до 10 кВ;

проводи ПЛ напругою до 10 кВ слід розташовувати вище проводів лінії до 1 кВ. Відстань по вертикалі між ближніми проводами ліній різної напруги на спільній опорі, а також у прогоні за температури повітря плюс 15 °С без вітру повинна становити не менше ніж: 1 м - у разі підвішування СІП і 2,0 м — у разі підвішування неізолюваних проводів ПЛ напругою до 1 кВ;

проводи ПЛ напругою до 10 кВ, які прокладаються на штирових ізоляторах, повинні мати подвійне кріплення.

У разі сумісного підвішування на спільних опорах проводів ПЛІЗ напругою 10 кВ і проводів ПЛ або ПЛІ напругою до 1 кВ необхідно забезпечувати виконання таких вимог:

- лінію до 1 кВ необхідно влаштовувати за розрахунковими умовами ПЛІЗ напругою

до 10 кВ;

— проводи ПЛЗ 10 кВ необхідно розташовувати вище проводів лінії до 1 кВ. Відстань по вертикалі між ближніми проводами ліній різної напруги на спільній опорі, а також у прогоні за температури повітря плюс 15°C без вітру повинна становити не менше ніж: 0,5 м — у разі підвищення СП і 1,5 м — у разі підвищення неізольованих проводів ПЛ до 1 кВ;

— кріплення проводів ПЛЗ напругою до 10 кВ на штирових ізоляторах повинно бути посиленним.

На опорах відгалужень від ПЛ з неізольованими проводами рекомендується застосовувати багато шийкові ізолятори або здійснювати відгалуження із застосуванням додаткових ізоляторів.

4.3 Габарити, перетини і зближення

Відстань по вертикалі від самоутримних проводів ПЛІ за найбільшої стріли провисання до поверхні землі в населеній і ненаселеній місцевості або до проїзної частини вулиці повинна бути не менше ніж 5,0 м. У важкодоступній місцевості ця відстань може бути зменшена до 2,5 м, а в недоступній місцевості (схили гір, скелі) — до 1 м.

У разі перетину непроїзної частини вулиці відгалуженнями до введів в будівлі (споруди) відстань від СП до тротуарів і пішохідних доріжок за найбільшої стріли провисання повинна бути не менше ніж 3,5 м. У випадку неможливості дотримання зазначеної відстані встановлюється додаткова опора або ввідна конструкція на будівлі (споруді).

Відстань по вертикалі від СП відгалуження вводу в будівлю (споруду) до поверхні землі перед конструкцією вводу повинна бути не менше ніж 2,75 м.

Відстань по вертикалі від неізольованих проводів ПЛ до поверхні землі в населеній і ненаселеній місцевостях і до проїзної частини вулиці за найбільшої стріли провисання повинна бути не менше ніж 6,0 м. У важкодоступній місцевості ця відстань може бути зменшена до 3,5 м, а в недоступній місцевості (схили гір, скелі) — до 1 м.

Відстань по горизонталі від самоутримних проводів ПЛІ за їх найбільшого відхилення до елементів будівель і споруд повинна бути не менше ніж: 1,0 м — до балконів, терас та вікон і 0,15 м — до глухих стін будівель і споруд.

Допускається проходження ПЛІ над дахом (покрівлею) промислових будівель і споруд (крім зазначених у главах 4 і 5 ДНАОП 0.00-1.32-01) за умови, якщо відстань від покрівлі до СП становить не менше ніж 2,5 м.

Ця глава Правил поширюється на повітряні лінії електропередавання, які проектуються, заново будуються та реконструюються, напругою вище 1 кВ до 750 кВ, з неізольованими проводами (ПЛ), і напругою вище 1 кВ до 35 кВ, з проводами із захисним покриттям — захищеними проводами (ПЛЗ). На ПЛЗ поширюються вимоги до ПЛ відповідної напруги та вимоги, окремо зумовлені для них у цих Правилах.

5 Технологія монтажу ПЛ

5.1 Технологічні операції по монтажу ПЛІ

Включають:

- розкочування проводів СП;
- з'єднання будівельних довжин СП;
- натягування та закріплення СП на опорах;
- з'єднання СП на відгалужу вальних і анкерних опорах;
- монтаж відгалужень до введів в будівлі (споруди);
- заземлення нульової жили СП і металоконструкцій опор;
- приєднання СП до обладнання на ПЛІ;
- особливості монтажу СП на пере одних опорах через інженерні споруди.

Монтаж СП рекомендується виконувати на анкерній ділянці довжиною не більше ніж 0,8 км у світлу пору доби.

Перед виконанням монтажу СП повинні бути закінчені такі роботи:

- установка опор з металоконструкціями;

- виконані контури повторних та грозозахисних заземлень та приєднанні до нижніх випусків опор в місцях призначених проектом;
- виконано улаштування пристроїв захисту інженерних споруд на переходах;
- знесення будівель, які заважають будівництву, *передбачене проектом*;
- траса розчищена від дерев та насаджень, які заважають монтажу СІП;
- доставлені барабани з СІП, арматура та інші матеріали, необхідні для проведення монтажу СІП;

5.2 Кліматичні умови монтажу СІП

Роботу по монтажу СІП виконують при таких граничних атмосферних умовах:

- температура повітря не нижче, зазначеної в сертифікації СІП;
- швидкість вітру – не більше за 10 м/с;
- відсутність грози;
- відсутність на опорах інею, ожеледиці;
- незначні опади (мряка);

При сильному дощі, густому тумані, снігопадові роботу не починають, але почату операцію допускається завершити.

5.3 Розкочування СІП

Роботи виконують ланкою бригади в кількості п'яти чоловік. Для виконання робіт ланка ділиться на дві групи, які ведуть роботи паралельно. Перша ланка у кількості двох чоловік встановлює барабан з СІП на розкочувальний пристрій, друга встановлює розкочувальні ролики (ST 26.11 – для кінцевих опор, ST 26.1 – для проміжних опор) на опорах і вкладає в них розкочувальний трос.

Розкочування СІП виконується з розкочувального пристрою, який встановлюють на відстані 10-15 м від анкерної опори. З установленого барабану змотується провід в сторону монтажу до кінцевої опори, перевіряється надійність кріплення барабану та плавність його обертання. Розкочування закінчується, коли кінець СІП зайде за анкерну опору в кінці анкерної ділянки, після цього кінець СІП спускають на землю. При встановленні натяжного затискача необхідно передбачити після нього запас проводу:

- 0,3 - 0,5 м – для кутових анкерних і анкерних опор;
- 0,06 - 0,1 м – для кінцевих опор;
- 1,5 - 2,5 – для кінцевих опор з кабельними муфтами;
- 5,5 м – для опор, на яких встановлюється щогловий рубильник або ящик секціонування.

Після розкочування СІП на кінцевій опорі на кінці ізольованих фазних жил надягають кінцеві заглушки.

В процесі монтажу виникає необхідність з'єднання будівельних довжин СІП. Ці роботи виконуються ланкою бригади у кількості 3 чоловік. Розташування з'єднання жил СІП після натягання повинно знаходитись в прогоні. В одному прогоні допускається не більш одного з'єднання СІП. У прогонах, що перетинають інженерні споруди, з'єднання СІП не допускається.

Спочатку виконують з'єднання утримних (нульових) жил, а потім фазних. З'єднання утримних жил СІП виконується з дотриманням маркування жил з'єднувальними затискачами для ізольованих жил. Для з'єднання кінці жил випрямляють, рівно обрізають кабельними ножицями. Обрізання виконується таким чином, щоб з'єднання були на відстані 15-20 см одне від одного. З кінців утримних жил знімається ізоляція, кінці вводяться в затискач і опресовуються.

З'єднувальні затискачі:

| | | |
|------------------|---|---|
| CIL 1 - червоний | } | затискачі автоматичні для з'єднання неізольованої утримної жили СІП |
| CIL 2 - сірий | | |
| CIL 3 – рожевий | | |
| CIL 4 – зелений | | |
| CIL 5 – синій | | |

| | | |
|------------------|---|---|
| CIL 1 - червоний | } | затискачі автоматичні для з'єднання ізольованої утримної жили СІП |
| CIL 2 – сірий | | |
| CIL 3 – рожевий | | |

затискачі пресумні для з'єднання ізольованих фазних і нульових жил сіп методом пресування.

SJ 8.25
SJ 8.35
SJ 8.50
SJ 8.70
SJ 8.95
SJ 8.120

5.4 Натягування та закріплення СІП на опорах

Роботи з натягування, візування і закріпленню СІП в анкерному прогоні виконує ланка робітників у кількості – 5 чоловік.

Натягування СІП здійснюється за допомогою тягового механізму, який встановлюється за барабаном на продовженні осі ПЛІ на відстані 20-25 м від анкерної опори. Натягування СІП з контролем зусилля в утримних жилах виконується за допомогою динамометра, котрий закріплюється між монтажним затискачем і тяговим механізмом. При рухові тягового механізму контролюється зусилля тяжіння і при досягненні проектного тяжіння подається сигнал на зупинку тягового механізму. Після 10-15 хвилинної витримки під монтажним натягом перевіряється тяжіння і СІП, і при необхідності, виконується доведення його до проектного. Після цього електролінійник піднімається на опору і робить на утримних жилах мітку, що відповідає експлуатаційному положенню натяжного затискача. По мітці на СІП встановлюється натяжний затискач. Після закріплення СІП на анкерних опорах виконується закріплення СІП на проміжних опорах.

На кутових проміжних опорах роботи виконуються з застосуванням ручної лебідки і двох монтажних затискачів, прикріплених до неї за допомогою тросів.

Застосовується також натягування і візування СІП з контролем стріл провисання за допомогою візирних рейок.

З'єднання СІП на відгалужувальних опорах виконується після завершення натягу СІП в анкерній ділянці відгалуження. Жил СІП відгалуження приєднуються до жил магістралі за допомогою проколюючих відгалужувальних затискачів. Відгалужувальні затискачі встановлюються на жилах лінії, від якої робиться відгалуження і до них підключаються жили самого відгалуження. На змонтовані затискачі надівають ізолюючі футляри. (*Відгалужувальні затискачі SLIP 22.1 – для підключення відгалуження споживача під напругою.*)

5.5 Монтаж відгалужень до вводів в будівлі

Роботи виконують ланкою бригади в складі – 2 чоловік.

Відгалуження від ПЛІ до введів у будинки як однофазні, так і трифазні виконуються тільки ізольованими самоутримними проводами (включаючи нульову жилу).

Однофазне відгалуження виконується двожильними СІП. Трифазне відгалуження рекомендується виконувати СІП з чотирма утриманими ізольованими жилами або чотирьохжильним СІП з ізольованою утримною (нульовою) жилою.

Роботи з монтажу ведуться в такій послідовності:

- закріплення СІП на будівлі та приєднання до проводів вводу;
- натяг СІП і закріплення на опорі;
- приєднання СІП до магістралі ПЛІ.

З боку будинку на СІП монтується натяжний затискач. При цьому залишаються кінці жил довжиною, достатньою для приєднання до проводів вводу в будинок або до електролічильника. Відгалуження приєднують до проводів вводу методом скручування з подальшим обтисканням місць з'єднання термоусаджувальними трубками. При цьому термоусаджувальні трубки необхідно одягти на проводи до виконання з'єднання. Для кріплення СІП на опорі електролінійник

підіймається на опору, одночасно підіймаючи на опору СІП відгалуження. На опорі він вручну виконує натягування СІП, відмічає місце установки натяжного затискача та місце відрізання СІП. Опускає СІП на землю, де другий (низовий) електролінійник виконує монтаж натяжного затискача та кабельними ножицями відрізає СІП. Після цього верховий електролінійник за допомогою капронового тросу піднімає СІП з затискачем на опору і кріпить його на гак.

Жили СІП відгалуження приєднуються до магістралі ПЛІ за допомогою відгалужувальних затискачів, що пробивають ізоляцію. На змонтовані затискачі надівають ізолюючі кожухи, в яких заздалегідь обрізають торці під потрібний діаметр жил. При монтажі відгалужень до введів у будинки необхідно стежити за рівномірністю розподілу електричного навантаження по фазах.

5.6 Заземлення нульової жили СІП і металоконструкції опор

Виконується в місцях улаштування повторних та грозозахисних заземлень передбачених проектом. При застосуванні СІП з неізолюваною утримною жилою таке заземлення виконується на кожній опорі.

Приєднання заземлювального провідника до верхнього випуску стояків опор здійснюється за допомогою плашкового затискача типу ПС.

Приєднання заземлювального провідника до нульової жили виконується за допомогою відгалужувального затискача.

При застосуванні СІП з неізолюваною нульовою жилою місце встановлення затискача на нульовій жилі і провіднику зачищаються сталеву щіткою та покриваються шаром змазки.

5.7 Кількісний склад бригади з монтажу СІП

Роботи по монтажу СІП виконуються спеціалізованою бригадою в складі виконавця робіт (бригадира) та електролінійників відповідних розрядів.

Забезпечення бригади:

- необхідним інструментом та пристроями для виконання робіт;
- засобами зв'язку з диспетчером;
- касками будівельними;
- поясами запобіжними;
- лазами монтерськими;
- брезентовими рукавицями;
- індивідуальною аптечкою;
- бачком з питною водою і чашкою.

При виконанні робіт в охоронній зоні ПЛ. Що знаходиться під напругою, бригада додатково повинна бути забезпечена переносним заземлювальним пристроєм, діелектричними рукавицями, діелектричними взуттям та захисними окулярами.

6 Захист ліній від атмосферних перенапруг

1 Заземлення ПЛ до 1 кВ

Металеві опори, установлені на залізобетонні фундаменти, повинні мати металевий зв'язок між металоконструкціями та арматурою фундаменту.

Залізобетонні опори повинні мати металевий зв'язок між установленими металоконструкціями, арматурою стояків, підкосів та відтяжок.

На ПЛ (ПЛІ) до 1 кВ повинні бути влаштовані заземлювальні пристрої, призначені для захисту від грозових перенапруг (2.4.40) і повторного заземлення **PEN (PE)** - провідника (2.4.42). Опір кожного із заземлювальних пристроїв повинен бути не більше 30 Ом.

Відкриті провідні частини електрообладнання, установленного на опорах ПЛ (комутаційні апарати, шафи і щитки для приєднання електроприймачів тощо) повинні приєднуватися до **PEN (PE)** - провідника лінії.

На опорах ПЛІ з неізолюваним **PEN** - провідником елементи, зазначені в 2.4.33, повинні бути додатково з'єднані з **PEN** - провідником на кожній опорі.

На опорах ПЛІ з ізолюваним *PEN* - провідником елементи, зазначені в 2.4.33, з'єднуються з *PEN* - провідником лише на опорах, які мають заземлювальні пристрої.

У разі сумісного підвішування на спільних металевих або залізобетонних опорах лінії напругою вище 1 кВ і ПЛІ напругою до 1 кВ *PEN* - провідник ПЛІ незалежно від того, ізолюваний він чи неізолюваний, повинен бути з'єднаний із заземлювальним провідником опори (арматурою опори) на кожній опорі.

Гаки і штирі фазних проводів, установлені на дерев'яних опорах, повинні бути з'єднані з *PEN* - провідником лише на опорах, які мають заземлювальні пристрої. Гаки, штирі та арматура опор лінії напругою до 1 кВ, що обмежують прогони перетину, та опор із сумісною підвіскою проводів необхідно заземлювати. Опір заземлювального пристрою повинен бути не більше 30 Ом.

У разі переходу повітряної лінії в кабельну металеву оболонку кабелю необхідно приєднувати до *PEN* -провідника. Крім того, у місці переходу ПЛІ (ПЛІ) у кабель у кожній фазі повинні бути встановлені вентиляльні розрядники або обмежувачі перенапруги (ОПН).

З'єднання захисних і заземлювальних провідників між собою, приєднання їх до верхнього заземлювального випуску стояка залізобетонної опори, до гаків і кронштейнів, а також металоконструкцій опор та устаткування, встановленого на опорах, необхідно здійснювати за допомогою зварювання або болтового з'єднання.

Приєднання заземлювальних провідників (спусків) до заземлювачів у землі здійснюється шляхом зварювання.

У населеній місцевості з одно- і двоповерховою забудовою ПЛІ (ПЛІ), не екрановані високими трубами, деревами тощо, повинні мати заземлювальні пристрої, призначені для захисту від атмосферних перенапруг (2.4.34).

Відстань між сусідніми заземлювальними пристроями по винна бути не більше ніж 100 м.

Крім того, зазначені заземлювальні пристрої повинні бути влаштовані:

— на опорах з відгалуженнями до введів у будинки, в яких можливе перебування великої кількості людей (школи, дитячі сади, лікарні, клуби тощо) або які мають велику господарську цінність (тваринницькі і птахівницькі приміщення, склади, гаражі тощо);

— на кінцевих опорах, які мають відгалуження до введів у будинки. Найбільша відстань від сусіднього заземлення цієї ж лінії за таких умов повинна бути не більшою за 50 м.

У зазначених місцях рекомендується встановлення грозозахисних пристроїв (обмежувачів перенапруг).

Грозозахисні пристрої, установлені на опорах, повинні приєднуватися до заземлювача найкоротшим шляхом.

Повторні заземлення *PEN* - провідника необхідно влаштовувати на кінцях ліній або відгалужень від них довжиною понад 200 м.

Для повторних заземлень *PEN* - провідника слід використовувати передусім природні заземлювачі (наприклад, підземні частини опор), а також заземлювальні пристрої для захисту від грозових перенапруг. Сумарний опір розтікання всіх повторних заземлювачів *PEN* - провідника (в тому числі, природних) кожної лінії напругою 0,38 кВ джерела трифазного струму незалежно від пори року повинен бути не більше 10 Ом.

Якщо питомий опір землі $\rho > 100$ Ом·м, то опір повторних заземлень допускається збільшувати в 0,01 ρ раз, але не більше ніж в 10 разів.

На початку і в кінці кожної магістралі ПЛІ на проводах рекомендується встановлювати затискачі для приєднання переносного заземлення.

Для заземлювальних провідників допускається застосовувати круглу сталь діаметром не менше 6 мм.

6.2 Захист ПЛІ від перенапруг ПЛІ вище 1 кВ

ПЛІ 110-750 кВ з металевими, залізобетонними і дерев'яними опорами від прямих ударів блискавки слід захищати тросами по всій довжині.

Захист ПЛІ 35 кВ від прямих ударів блискавки виконують тільки на підходах до підстанцій. На перехідних опорах великих переходів слід встановлювати захисні апарати - вентиляльні

розрядники (РВ), обмежувачі перенапруги нелінійні (ОПН), трубчасті розрядники (РТ) та іскрові проміжки (Ш). Розмір Ш рекомендується приймати відповідно до глави 4.2. У разі збільшення кількості ізоляторів електричну міцність Ш слід скоординувати з електричною міцністю ізоляційних підвісів залежно від висоти опори.

На опорах ПЛЗ 6-35 кВ рекомендується забезпечувати захист проводів від дії дуги супровідного струму в разі грозового перекриття ізоляторів.

Захист підходів ПЛ до підстанцій слід виконувати відповідно до вимог глави 4.2.

Ізоляційні підвіси одиночних металевих і залізобетонних опор, а також крайніх опор відрізків ПЛ з такими опорами, та інші місця з послабленою ізоляцією на ПЛ з дерев'яними опорами слід захищати захисними апаратами. У разі виконання захисту ПЛ тросами від грозових перенапруг необхідно керуватися такими настановами:

1) одностоякові металеві та залізобетонні опори з одним тросом повинні мати кут захисту не більше ніж 30°, а опори з двома тросами - не більше ніж 20°;

2) на металевих опорах з горизонтальним розміщенням проводів і з двома тросами кут захисту відносно зовнішніх проводів для ПЛ 110-330 кВ повинен бути не більше ніж 20°, для ПЛ 500 кВ - не більше ніж 25°, для ПЛ 750 кВ - не більше ніж 22°. У районах за ожеледдю 3 і більше і в районах з інтенсивним галопуванням проводів для ПЛ 110-330 кВ допускається кут захисту до 30°;

3) на залізобетонних і дерев'яних опорах порталного типу кут захисту відносно крайніх проводів допускається не більше ніж 30°;

4) у разі захисту ПЛ двома тросами відстань між ними на опорі повинна бути не більшою за 5-кратну відстань по вертикалі від тросів до проводів, а якщо висота підвісу тросів на опорі більша за 30 м, відстань між тросами повинна бути не більшою за 5-кратну відстань по вертикалі між тросом і проводом на опорі, помножену на коефіцієнт, що дорівнює $\frac{5,5}{\sqrt{h}}$, де h - висота підвісу троса на опорі;

5) на великих переходах:

- кількість тросів повинна бути не меншою за два з кутом захисту не більше ніж 20°;

- у разі розташування переходу за межами довжини захисного підходу ПЛ до РП і підстанцій з підвищеним захисним рівнем у районах за ожеледдю 3 і більше, а також у районах з інтенсивним галопуванням проводів кут захисту допускається до 30°;

- горизонтальне зміщення троса від центра крайньої фази повинне бути не меншим за: 1,5 м - для ПЛ ПО кВ; 2 м - для ПЛ 150 кВ; 2,5 м - для ПЛ 220 кВ; 3,5 м - для ПЛ 330 кВ і 4 м - для ПЛ 500-750 кВ. На переходах з прогонами довжиною понад 1000 м або висотою опор вище 100 м рекомендується встановлювати захисні апарати **(2.5.116)**.

Відстані по вертикалі між тросом і проводом ПЛ всередині прогону без урахування відхилення їх вітром за умовами захисту від грозових перенапруг повинні бути не меншими від поданих у табл. 2.5.26 і не меншими від відстані по вертикалі між тросом і проводом на опорі.

Для проміжних значень довжин прогонів відстані визначають за допомогою лінійної інтерполяції.

1 - Найменші відстані між тросом і проводом всередині прогону

| Довжина прогону, м | Найменша відстань між | Довжина прогону, м | Найменша відстань між тросом і |
|--------------------|-----------------------|--------------------|--------------------------------|
| 100 | 2,0 | 700 | 11,5 |
| 150 | 3,2 | 800 | 13,0 |
| 200 | 4,0 | 900 | 14,5 |
| 300 | 5,5 | 1000 | 16,0 |
| 400 | 7,0 | 1200 | 18,0 |
| 500 | 8,5 | 1500 | 21,0 |
| 600 | 10,0 | | |

7 Перелік літератури з наведених питань

[1 с. 199-203; 204-213], [3,4,7], [8 с. 18-25], [11], [12 с. 28-33; 17 с. 237-249], [33].

КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ

1. Визначення повітряної лінії (ПЛ). Класифікація ліній за призначенням, за класом напруги.
2. Основні конструктивні елементи ПЛ.
3. Типи і конструкції опор.
4. Габарити, перетини і зближення ПЛ з інженерними спорудами.
5. Улаштування повітряних ліній електропередач із самонесучими ізольованими проводами.
6. Технологія монтажу ПЛ.
7. Повторні та захисні заземлення. Монтаж заземлень.
8. Попереджувачі плакати на ПЛ, маркування опор.
9. Захист ліній від атмосферних перенапруг.