

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Є.Д.Дьяков

ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ
ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

ТЕКСТ ЛЕКЦІЙ

з дисципліни

«Кабельні та повітряні лінії електропередачі»

**(для студентів 4 курсу денної і 5 курсу заочної форм навчання
спеціальності 6.090603 – «Електротехнічні системи електроспоживання»)**

Харків – ХНАМГ – 2008

Повітряні лінії електропередачі. Текст лекцій з дисципліни «Кабельні та повітряні лінії електропередачі» (для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.090603 – «Електротехнічні системи електроспоживання») / Укл.: Є.Д.Дьяков - Харків: ХНАМГ, 2008. – 67 с.

Автор: доц., канд. техн. наук Є.Д.Дьяков

Рецензент: проф., д.т.н. О.Г. Гриб

Рекомендовано кафедрою електропостачання міст,
протокол № 11 від 11. 07. 2008 р.

1. Класифікація повітряних ліній електропередачі

Повітряною лінією (ПЛ) електропередачі називається пристрій для передачі й розподілу електроенергії по проводах, розташованих на відкритому повітрі й прикріплених за допомогою ізоляторів і арматури до опор або кронштейнів, стійкам на будинках та інженерних спорудах (мостах, шляхопроводах і т.п.).

Один з можливих варіантів класифікації ПЛ представлений на рис. 1.1.[1].

ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ	За призначенням ПЛ			
	наддалекі, напругою 500 кВ і вище	магістральні, напругою 220 і 330 кВ	розподільчі, напругою 35, 110 і 150кВ	розподільчі, напругою 20 кВ і нижче
	За напругою ПЛ			
	до 1 кВ		вище 1 кВ	
	За електричним режимом ПЛ			
	з ізолюваною нейтраллю	з глухозаземленою нейтраллю		з компенсованою нейтраллю
	За механічним станом ПЛ			
	нормальний режим	аварійний режим		монтажний режим
	За кліматичними умовами			
	залежно від швидкості вітру		залежно від товщини шару льоду на проводах	
	За категорійністю місцевості			
	населена місцевість	ненаселена місцевість		важкодоступна місцевість

Рис. 1.1 - Класифікація повітряних ліній електропередачі.

Наддалекі ПЛ, напругою 500 кВ і вище, призначені, в основному, для зв'язку з окремими енергосистемами.

Магістральні ПЛ, напругою 220 і 330 кВ, застосовують для передачі електроенергії від електростанцій, а також об'єднання електростанцій в середині енергосистеми й зв'язку окремих енергосистем.

Розподільчі ПЛ, напругою 35, 110 і 150 кВ, використовують для електропостачання великих населених пунктів і великих підприємств, а розподільчі ПЛ, напругою 20 кВ і нижче, для електропостачання споживачів розташованих на їхній території.

Відповідно до Правил побудови електроустановок, повітряні лінії за напругою розділяють на ПЛ до 1 кВ і вище 1кВ. У цьому документі розглянуті

також вимоги, які пред'являють до конструкції й режимів роботи кожної із цих ПЛ.

В електричних мережах з ізольованою нейтраллю ізоляція ПЛ повинна витримувати лінійну напругу тому, що при замиканні однієї з фаз на землю напруга на двох інших фазах щодо землі стає такою, що дорівнює лінійній.

При глухозаземленій нейтралі ізоляцію ПЛ вибирають по фазній напрузі у зв'язку з тим, що при виникненні короткого замикання в одній з фаз спрацьовує захист і відключає ушкоджену ділянку.

Робота електричних мереж 3-35 кВ повинна передбачатись з ізольованою або заземленою через дугогасячі реактори нейтраллю з метою компенсації ємнісного струму замикання на землю. Ця компенсація повинна застосовуватись при наступних значеннях цього струму в нормальних режимах:

- у мережах 3-20 кВ, що мають залізобетонні й металеві опори і в усіх мережах 35 кВ - більше 10 А;
- у мережах, що не мають залізобетонних і металевих опор при напрузі 3-6 кВ - більше 30 А; при 10 кВ - більше 20 А; при 15-20 кВ - більше 15А.

При струмах замикання на землю більше 50А рекомендують застосовувати не менше двох заземлюючих дугогасячих реакторів.

За механічним станом ПЛ розділяють на нормальний режим, яким називають стан ПЛ при необірваних проводах і тросах та аварійний режим, в якому ПЛ перебувають при обірваних одному або декількох проводах або тросах. Монтажним режимом називають стан в умовах монтажу опор, проводів і тросів.

У зв'язку з тим, що механічні навантаження на елементи конструкцій ПЛ істотно залежать від кліматичних умов і характеру місцевості, територія країни розділяється на райони, залежно від швидкісного напору вітру й максимально можливої товщини шару льоду на проводах. При виконанні розрахунків приймають максимальні значення цих параметрів, що спостерігалися в даному районі за останні 5-15 років залежно від напруги ПЛ, яку проектують.

Території, якими проходить траса ПЛ, залежно від доступності її для людей, транспорту й сільськогосподарської техніки, діляться на три категорії. До

населеної місцевості відносять території міст із урахуванням розвитку їхніх кордонів у найближчі десять років, приміські, зелені й курортні зони, а також території селищ міського типу й сільських населених пунктів.

Ненаселеною місцевістю називають територію, рідко відвідувану людьми і доступну для транспорту та сільськогосподарських машин, а також городи, сади, території з окремими, рідко розташованими будовами й тимчасовими спорудами.

До важкодоступної місцевості відносять територію, що недоступна для транспорту й сільськогосподарських машин.

Контрольні питання

1. Роз'ясніть призначення магістральних ліній електропередачі.
2. Назвіть, як іменують мережі, які використовуються для електропостачання великих населених пунктів.
3. Перелічіть режими, на які розділяються ПЛ за механічним станом.
4. Поясніть на яку напругу повинна бути розрахована ізоляція в електричних мережах із глухозаземленою нейтраллю.
5. Поясніть, що розуміють під аварійним режимом ПЛ.
6. Укажіть значення ємнісного струму замикання на землю, при якому застосовують не менш двох заземлюючих дугогасячих реакторів.
7. Поясніть, що мають на увазі під монтажним режимом ПЛ.
8. Перелічіть мінімальні значення ємнісного струму замикання на землю, при якому повинна застосовуватися його компенсація.
9. З'ясуйте, на яку напругу повинна бути розрахована ізоляція в електричних мережах з ізольованою нейтраллю.
10. Поясніть, що слід розуміти під нормальним режимом ПЛ.
11. Перелічіть критерії, відповідно до яких розділяється на райони територія країни.

2. Основні елементи повітряних ліній

У процесі проектування, монтажу й експлуатації ПЛ використовують наступні терміни й визначення.

Положення осі ПЛ на земній поверхні називають трасою лінії. Через кожні 100м трасу розбивають на пікети, приймаючи за початок траси нульовий пікетний знак.

Центр розташування опори позначають на трасі споруджуваної ПЛ центровим знаком.

Установку пікетних і центрових знаків на трасі ПЛ відповідно до відомості розміщення опор називають виробничим пікетажем.

Для утримання проводів ПЛ на заданій відстані від поверхні землі використовують опори. Необхідну ізоляційну відстань між проводами забезпечують траверси, до яких дроти кріплять за допомогою ізоляторів.

Відстань між центрами двох опор, на яких підвішені проводи, називають прольотом або довжиною прольоту. Проміжним називають проліт між двома сусідніми опорами. Проліт між двома сусідніми анкерами називають анкерним. Анкерний або проміжний проліт, що перетинає яке-небудь спорудження або природну перешкоду, називають перехідним.

Вертикальна відстань між нижчою точкою проводу в прольоті і прямою, що з'єднує точки його кріплення на опорах, називають стрілою провісу (f) (рис. 2.1).

Вертикальна відстань (h) від нижчої точки проводу в прольоті до поверхні землі, води або інженерних споруд називають габаритом проводу. Найменші габаритні відстані нормуються для населеної й ненаселеної місцевостей.

Відрізок проводу, що з'єднує на анкерній опорі натягнуті проводи сусідніх анкерних прольотів, називають шлейфом або петлею.

Навантаження на елементи ПЛ, поділені на площу робочого перетину, називають механічною напругою. Механічна напруга проводу дорівнює його загальному тяжінню, поділеному на площу поперечного перерізу.

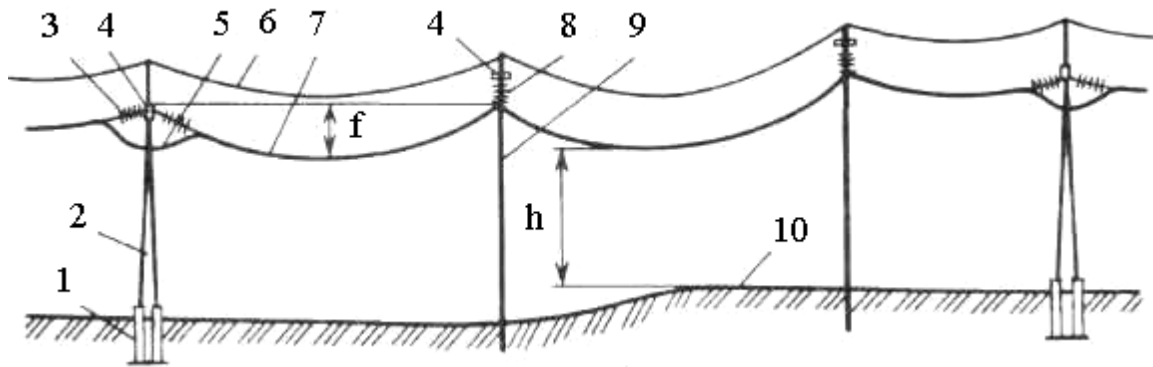


Рис. 2.1 - Основні елементи повітряної лінії електропередачі:

1- фундамент; 2, 9 - анкерні й проміжні опори; 3, 8 - натяжна й підтримуючої гірлянди підвісних ізоляторів; 4 - траверси; 5 – шлейф (петля); 6 - грозозахисний трос; 7 - провід; 10 - поверхня землі.

Відношення мінімального навантаження, що руйнує даний елемент, до фактичного при найбільш важких умовах роботи називають запасом міцності або коефіцієнтом запасу.

Для вирівнювання асиметрії струмів виконують транспозицію проводів ПЛ, тобто змінюють їхнє розташування на опорах. При цьому фаза А зміщують на місце фази С, фазу С - на місце фази В, фазу В - на місце фази А.

Відстань між сусідніми місцями транспозиції проводів називають кроком транспозиції, а довжину ділянки, на якому фазний провід послідовно пройде всі положення й повернеться на своє місце - циклом транспозиції.

Контрольні питання

1. Поясніть, чим відрізняється крок транспозиції від циклу транспозиції.
2. Поясніть, що називають довжиною прольоту.
3. Поясніть призначення траверс.
4. Поясніть, як виконують виробничий пікетаж.
5. Перелічіть види прольотів.
6. Поясніть, як визначити механічну напругу елементів ПЛ.
7. Поясніть, що називають габаритом проводу.
8. Поясніть, що називають стрілою провісу.
9. Поясніть, як визначають коефіцієнт запасу елементів ПЛ.
10. Поясніть, що називають трасою повітряної лінії електропередачі.

3. Опори повітряних ліній електропередачі

Розрізняють наступні типи опор, які застосовують в повітряних лініях електропередачі: анкерні, проміжні, кутові, кінцеві й спеціальні.

Анкерні опори встановлюють на прямих ділянках траси для переходу ПЛ через природні перешкоди або інженерні споруди й сприймають поздовжнє навантаження від тяжіння проводів і тросів.

Проміжні опори встановлюють на прямих ділянках траси й призначені тільки для підтримки проводів і тросів і не розраховані на навантаження від тяжіння проводів уздовж лінії.

Кутові опори, встановлені на кутах повороту траси ПЛ, при нормальних умовах сприймають рівнодіючу силу тяжіння проводів і тросів суміжних прольотів. При кутах повороту траси до 30° , коли навантаження невеликі, застосовують кутові проміжні опори. При більших кутах повороту використовують кутові анкерні опори, які мають більш жорстку конструкцію й анкерне кріплення проводів.

Кінцеві опори встановлюють на початку або наприкінці лінії й сприймають навантаження від однобічного тяжіння проводів.

До спеціальних опор належать: перехідні - для переходу ПЛ через природні перешкоди або інженерні споруди; відгалужені - для установки відгалужень від магістральних ліній; перехресні – які встановлюють в місцях перетинання ПЛ двох напрямків; транспозиційні - для зміни порядку розташування проводів на опорах; противітрові - для посилення механічної міцності ПЛ.

За конструкцією розрізняють опори вільностоячі і з відтягненнями. Обидва типи опор можуть бути як одностоечні, так і порталними. До вільностоячих належать також А-образні опори й опори з підкосами.

Вільностоячі опори розраховані на передачу діючих на них навантажень безпосередньо через стійки на ґрунт або фундамент. Стійки опор з відтягненнями передають на ґрунт або фундамент тільки вертикальні навантаження, а поперечні й поздовжні навантаження передаються на ґрунт відтягненнями, які закріплені за анкерні плити або палі.

Для виготовлення опор використовують дерево, метал або залізобетон.

Дерев'яні й залізобетонні опори ПЛ на напругу 1-10кВ мають наступну систему позначень. Буквами П та УП позначають проміжні й кутові проміжні опори, УА - кутові анкерні, КА - кінцеві анкерні, ОП –проміжні, ОА - відгалужені анкерні і т.д. У позначенні дерев'яних опор додають через дефіс букву Д. Уніфіковані дерев'яні опори ПЛ до 1 кВ мають у позначенні букву Н, а опори ПЛ для спільної підвіски проводів 1 кВ і 6-10 кВ - букву С.

Залізобетонні приставки позначають буквою Б, а дерев'яні - другою буквою Д. Крім того в позначення входять цифри, що позначають типорозмір опори, напруга лінії або висоту стійки. Наприклад, КС -2ДД – дерев'яна кінцева опора з дерев'яною приставкою для спільної підвіски проводів ПЛ 1 і 6-10 кВ.

Дерев'яні опори ПЛ на напругу 35-220 кВ позначають буквами П, В, З, Д, які відповідно означають: проміжні, анкерно-кутові, спеціальні й дерев'яні. Цифрами позначають напругу ПЛ і умовний типорозмір опори (непарний - для одноланцюгових і парний - для дволанцюгових). Наприклад, УД 220-1 означає, що опора анкерно-кутова, одноланцюгова на напругу 220 кВ.

Металеві й залізобетонні опори ПЛ на напругу 35-330 кВ мають наступну систему позначень. Буквами П і ПС позначають проміжні опори, ПВС - проміжні із внутрішніми зв'язками, ПУ або ПУС - проміжні кутові, ПП - проміжні перехідні, В або ВУС анкерно-кутові, К або КС - кінцеві, Б - залізобетонні (відсутність букви означає, що опора сталева). Цифри після букв, вказують напругу лінії, а цифри після дефіса - типорозмір опори. У позначенні проміжних опор можуть додаватися букви В і Т, коли ці опори використовують в якості кутових і із тросостійкою. Наприклад, ПБ 110-1Т - проміжна одноланцюгова одностоякова залізобетонна опора із тросостійкою на напругу 110 кВ.

3.1. Дерев'яні опори

Для виготовлення дерев'яних опор рекомендують використовувати сосну або модрина, тому що ці породи дерев містять велику кількість смоли, що не дозволяє волозі проникати до серцевини опори. Допускається виконувати деякі

дерев'яні елементи опор з ялини або ялиці. До достоїнств таких опор слід віднести досить високу механічну міцність, малий опір вітровим навантаженням, а також простоту виготовлення конструкцій з деревини. За рядом показників, таких як: електроізоляційні властивості, перевантажувальна здатність, коефіцієнт гнучкості, дерев'яні опори не уступають залізобетонним.

Основним недоліком дерев'яних опор є короткий термін служби, який не перевищує 10 років. Для виготовлення опор використовують попередньо просушену деревину, вологість якої не перевищує 20-22%. При збільшенні вологості до 30%, у деревині починає інтенсивний процес гниття, викликаний грибками, що знижує термін її служби. Тому деревину піддають антисептуванню. Для цих цілей застосовують маслянисті й мінеральні антисептики. В якості маслянисті антисептики, як правило, застосовують креозотове масло в суміші з мазутом, яким насичують готові елементи дерев'яних опор на підприємствах. Основним недоліком таких маслянистих антисептиків є їхня здатність до загоряння й шкідливий вплив на шкіру людини.

Мінеральні антисептики (фтористий натрій, динітрофенол і т.ін.) більш безпечні й застосовуються для додаткової обробки деревини при складанні опор безпосередньо на трасі.

Для зменшення впливу процесів гниття й підвищення терміну служби дерев'яних опор в якості фундаментів використовують залізобетонні приставки або палі.

До недоліків дерев'яних опор варто також віднести їх пожежонебезпеку. Опори із залізобетонними приставками менш пожежонебезпечні, ніж опори з дерев'яними приставками. У зв'язку із цим, для захисту від загоряння навколо кожної опори з дерев'яною приставкою рекомендується розчищати від трави й чагарнику площадку радіусом не менше двох метрів або викопувати канавку шириною 0,6 метра й глибиною 0,4 метра.

Для усунення загоряння опори в результаті протікання струму витоку в місцях кріплення ізоляторів і зчленування дерев'яних деталей, всі металеві елементи повинні мати щільний контакт із деревиною.

Основні конструкції дерев'яних опор ПЛ, які застосовують у мережах на напругу до 1 кВ наведені на рис.3.1.

Розроблено три типи таких опор: одностоечні (рис. 1.3, а, б), одностоечні з підкосами (рис. 1.3, в) і А - образні (рис.1.3 г) із кріпленням проводів на гаках або штирях.

Стійки й підкоси виготовляють із просочених стовпів довжиною 7,0-9,0 метрів і діаметром у верхній частині не менш 14 мм. До стійок і підкосів за допомогою дротових бандажів або припасовочних хомутів кріплять залізобетонні приставки довжиною 4,25 або 6 м. Для підвищення міцності закладення опор у слабких ґрунтах, у їхніх підставах закріплюють залізобетонні плити або дерев'яні ригелі. Розміри основних елементів дерев'яних опор для ПЛ напругою до 1000В наведені в табл.1 Додатка.

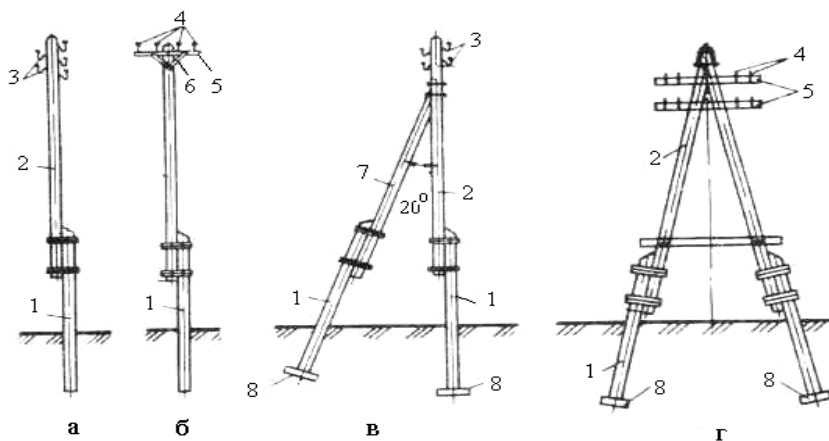


Рис. 3.1 - Дерев'яні опори ПЛ на напругу до 1кВ

*1 - приставка; 2 - стійка; 3 - гак; 4 - штирі;
5, 6 - траверса і її розкіс; 7 - підкіс опори; 8 - ригель.*

Траверси виготовляють із просоченої деревини, як правило, прямокутного перетину. До стійок їх кріплять за допомогою болтів і розкосів. Відстань між проводами на траверсах проміжних опор повинне бути 400мм, а на кутових і анкерних - 550 мм.

Гаки на опорах розташовують по обидва боки стійки у шаховому порядку. Відстань між гаками розташованими з однієї сторони 400 - 600мм. Верхній гак розташовують на відстані не менше 200 мм від верхівки опори.

Для електричних мереж 6-10 кВ розроблено три типи опор: одностоякові, А-образні й трьохстоякові (рис. 3.2).

Деталі опор всіх типів уніфіковані: стійки мають довжину 8,5 м, залізобетонні приставки - 4,5 і 6 м. Технологія складання опор така ж як на ПЛ на напругу до 1 кВ. Основні розміри дерев'яних опор із залізобетонними приставками на напругу 6-10кВ наведені в табл.2 Додатка.

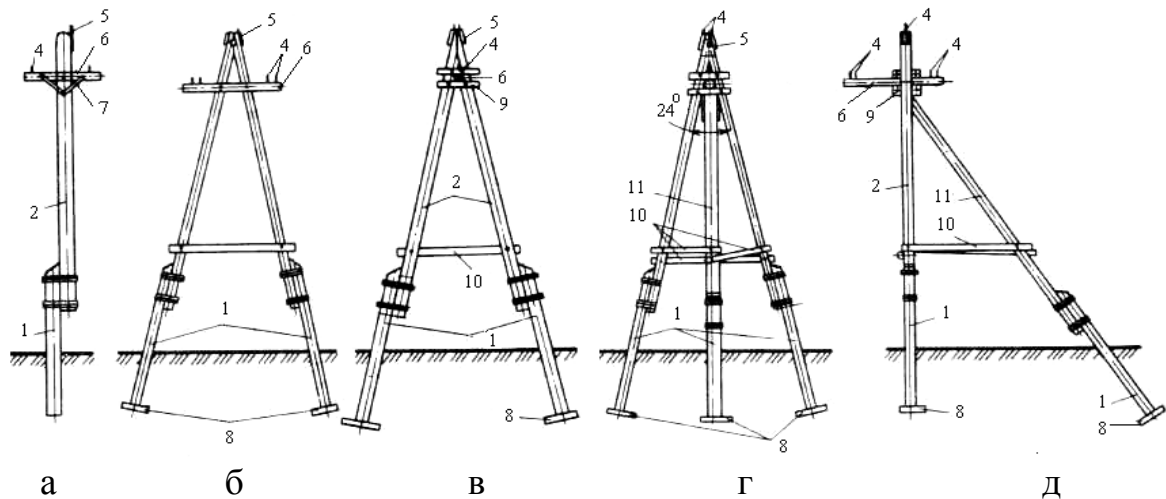


Рис. 3.2 - Дерев'яні опори ПЛ на напругу 6-10 кВ:

1 - приставка; 2 - стійка; 4 - штир; 5 - оголовок; 6 - траверсу; 7 - розкіс;
8 - ригель; 9 - підтраверсник; 10 - поперечка; 11 - підкіс.

Розглянуті типи опор можуть застосовуватися й в електричних мережах на 35 кВ для кріплення так званих «легких» проводів, які мають незначну питому вагу, наприклад, марки А, АС перетином до 95 мм². Для кріплення інших марок проводів у мережах 35-220 кВ застосовують проміжні опори з кутвою траверсою, проміжні П-образні й АП-образні анкерні й кутові (рис. 3.3).

Опори на напругу 35-110 кВ мають стійки довжиною 11м і одинарні дерев'яні траверси й приставки. Довжина стійок на напругу 220 кВ становить 13 м, їхні траверси й приставки подвійні.

Проводи на опорах розташовуються в одній площині на підвісних ізоляторах. Відстань між проводами ПЛ 35 кВ становить 3 м, ПЛ 110 кВ - 4 м, а ПЛ 220 кВ - 5 м. Гірлянди ізоляторів кріпляться до траверс за допомогою спеціальних деталей.

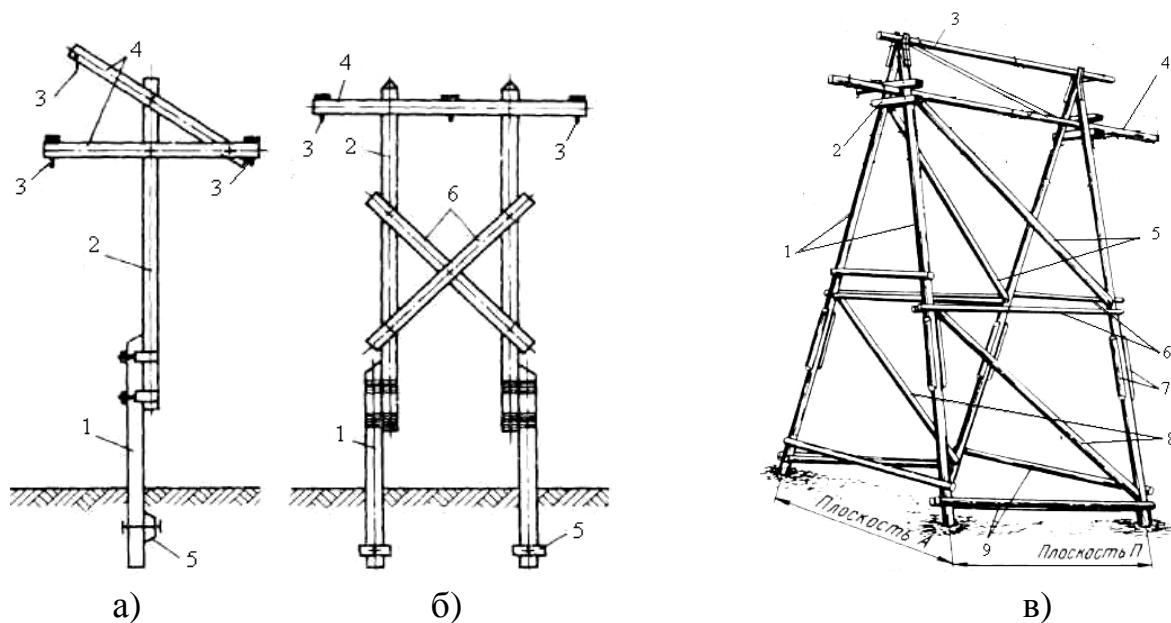


Рис. 3.3 - Дерев'яні опори ПЛ на напругу 35-110 кВ:

а) проміжна з кутовою траверсою для ПЛ 35 кВ; б) П-образна з розкосами для ПЛ 35-110 кВ; 1 - приставка; 2 - стійка; 3 - вузол кріплення гірлянди ізоляторів;

4 - траверси; 5 - ригель; 6 - розкоси ;

в) АП-образна дерев'яна тросова опора ПЛ 35-110 кВ: 1 - А-образна ферма;

2 - підтраверсник; 3,4 - траверси для кріплення тросів і проводів; 5, 8 - розкоси верхнього й нижнього ярусів; 6, 9 - поперечки верхнього й нижнього ярусів; 7 - накладки.

АП-образні опори (рис. 3.3,в) складаються із двох А-образних ферм, з'єднаних між собою траверсами, розкосами й поперечками. У відмінності від П-образних опор у даній конструкції стійки з дерев'яними приставками з'єднують встик за допомогою накладок і болтів.

3.2. Залізобетонні опори

Дані опори застосовують для спорудження ліній ПЛ до 750 кВ. До їх достоїнств слід віднести високий термін служби, скорочення часу на складання опор у порівнянні з дерев'яними й металевими опорами, а також низькі експлуатаційні витрати.

Основним недоліком залізобетонних опор є їх велика вага, що викликає певні труднощі при їх транспортуванні й застосування спеціальної техніки великої вантажопідйомності при їх монтажі.

Опори ПЛ на 1, 6, 10 кВ випускають наступних типів: одностоякові (проміжні), одностоякові з підкосами й А-образні (кутові, кінцеві й анкерні).

Основними елементами залізобетонних опор є стійки, траверси, тросостійки й ригелі.

Стойки можуть мати круглий або прямокутний суцільний перетин. Конічні й циліндричні стойки виготовляють на спеціальних відцентрових машинах (центрифугах), які формують і ущільнюють бетон. Центрифуговані стойки застосовують на ПЛ практично всіх напруг. Відповідно змінюються геометричні розміри стійки. Так, наприклад, для ПЛ 1-10 кВ довжина конічної стійки становить 10-11 м за діаметра нижнього й верхнього торців відповідно 320 і 170 мм, а для ПЛ на напругу 35 кВ довжина конічної стійки вже перебуває в межах 22,5-26 м з діаметром комля до 650мм. Оснащення на таких опорах можуть закріплюється хомутами або за допомогою болтових з'єднань через наскрізні отвори.

Стойки прямокутного перетину виготовляють шляхом вібрування бетону в спеціальних формах. Проміжні опори з віброваних стійок, як правило, забезпечують металевими траверсами. Розміри опор з віброваного попередньо напруженого залізобетону для повітряних ліній напругою до 1кВ наведені в табл.3 Додатку.

Проміжна й кутова опори з віброваних стійок зображені на рис.3.4. Стойки цих опор оснащені закладними деталями з отворами, що дозволяє закріплювати металеві траверси за допомогою болтів. До траверс приварюють штирі або гачки, на які встановлюють ізолятори.

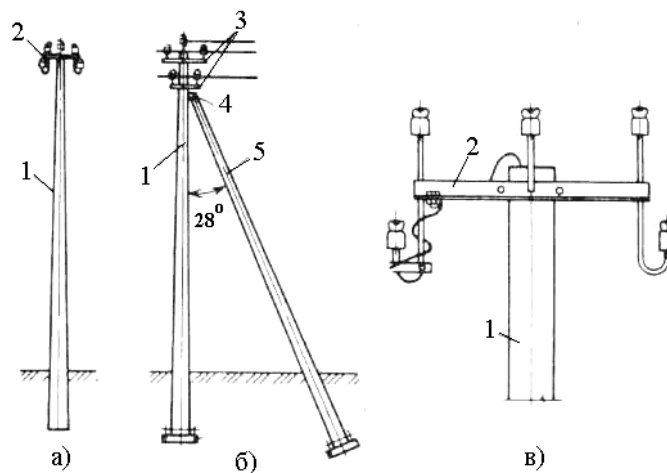


Рис. 3.4 - Залізобетонні опори ПЛ до 1 кВ із віброваними стійками:
а) проміжна, б) кутова, в) верхівка проміжної опори з траверсою;
1 – стійка; 2, 3 - траверси проміжної й кутової опор;
4 - кронштейн для кріплення підкоса; 5 - підкіс.

Основні розміри опор з віброваного попередньо напруженого залізобетону для ПЛ напругою 6 і 10 кВ, наведені в табл. 4 Додатку. Дані опори розраховані на підвіску проводів А-25 - А-70; АС-25 - АС-50.

Проміжна одностоякова опора із центрифужованою стійкою на напругу 6 - 10 кВ наведена на рис. 3.5а. До стійки наскрізними болтами й розкосами кріплять стандартні дерев'яну або металеву траверси, а також верхівковий штир. Для з'єднання стійок в анкерній опорі (рис.3.5б) використовують металеву пластину й підтраверсники.

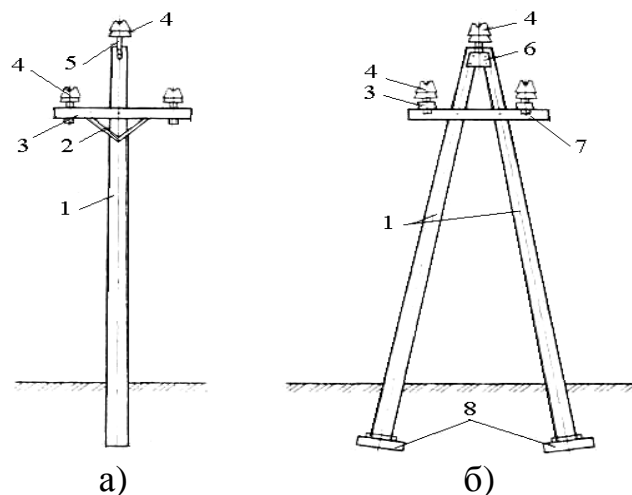


Рис. 3.5 - Залізобетонні опори ПЛ на напругу 6-10 кВ із центрифужованих стійок:
*а) проміжна; б) анкерна; 1 - стійка; 2 - розкоси; 3 - траверси;
 4 - ізолятори; 5 - верхівковий штир; 6 - металева пластина;
 7- підтраверсники; 8 - анкерно-опорні плити.*

Опори ПЛ на 35-500 кВ являють собою одностоячні й порталні конструкції, основними елементами яких є стійка, траверса й тросостійка. На ПЛ 35-220 кВ використовують проміжні одностоякові вільностоячі одно- і дволанцюгові опори із циліндричними й конічними стійками (рис.3.6 а,б), а на ПЛ 330-500 кВ - одноланцюгові порталні опори з металевими траверсами (рис.3.6 в).

З метою усунення можливості потрапляння вологи до середини стійок, на її торцях встановлюють кришки - заглушки, а нижню частину обробляють гідроізоляційним складом. Такі кришки встановлені в нижній частині стійок, крім того, збільшують площу тиску на ґрунт і, відповідно, міцність її закладення.

На напругу 35-110 кВ, як кутові опори, використовують одностоякові залізобетонні опори з відтягненнями.

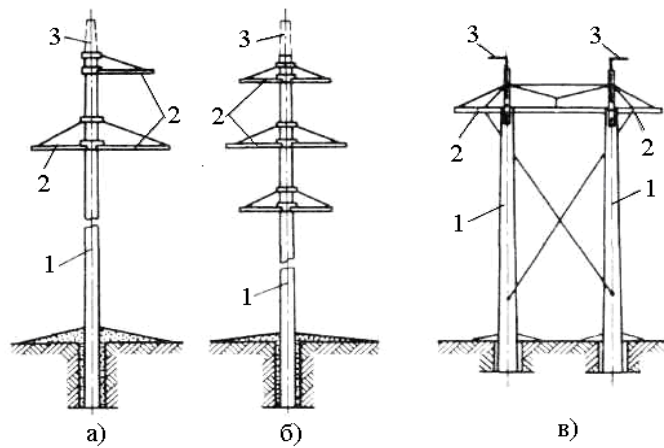


Рис. 3.6 - Проміжні залізобетонні опори:

а), б) - одностоякові одно- та дволанцюгові для ПЛ 35-220 кВ;

в) портална з металевою траверсою «рівного опору» для ПЛ 500 кВ;

1 - стійка, 2 - траверси, 3 - тросостійка

Одностоякові вільностоячі залізобетонні опори з діаметром стійок 800мм застосовують на ПЛ 110-330 кВ у якості кінцевих, кутових і анкерних опор.

Для забезпечення заземлення в середині, вздовж стійки в бетоні прокладають спеціальний заземлюючий спуск.

3.3. Металеві опори

Металеві опори виготовляють зі сталі або алюмінієвих сплавів. Застосовують їх на ПЛ електропередачі практично всіх напруг. Маючи велику механічну міцність, ці опори, як правило, використовують в районах з важкими кліматичними умовами, в гірській місцевості або на важкодоступних трасах. Їх також застосовують в якості кутових і анкерних опор для ПЛ 110-500 кВ, а також перехідних опор для переходів великої довжини.

Основними недоліками металевих опор є їх більша у порівнянні із залізобетонними опорами вартість, а також низька корозійна стійкість.

За конструкцією сталеві опори розділяються на одностоякові або баштові й порталні, а за способом закріплення в ґрунт - вільностоячі й з відтягненнями. При розмірі нижньої частини 2,7 метра й більше одностоякові опори називаються широкобазими, а менше - вузькобазими.

Основними елементами металевих опор є стовбур, траверси й тросостійка (рис. 3.7).

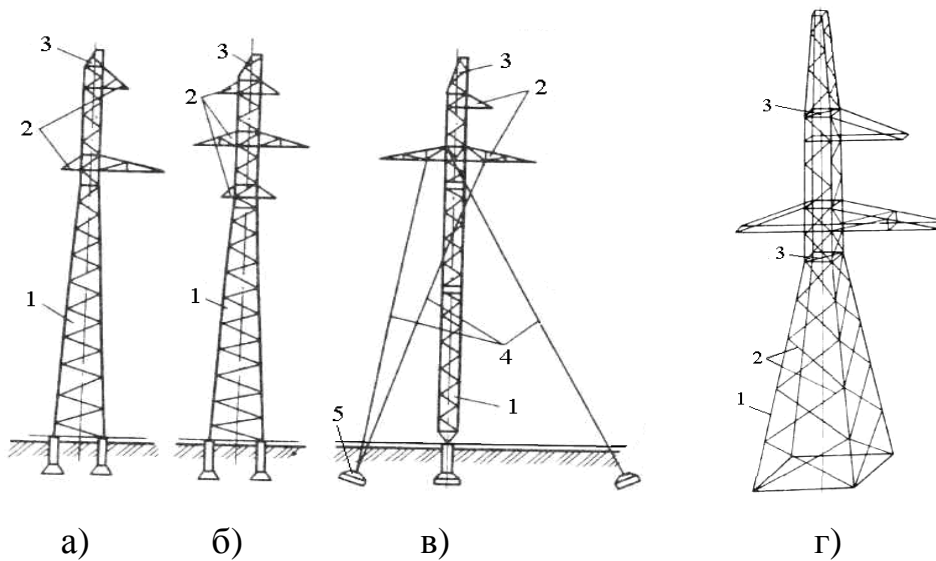


Рис. 3.7 - Проміжні металеві опори:

а), б) - вільностояча одно- і дволанцюгова баитового типу; в) одноланцюгова з відтягненнями: 1 - стовбур, 2 - траверси, 3 - тросостійка, 4 - відтягнення, 5 - анкерна плита; г) - елементи стовбура металеві опори: 1 - пояс, 2 - ґрати, 3 - діафрагма.

Стовбур, як правило, виконують у вигляді чотиригранної усіченої піраміди зі сталевого прокату та складається з: поясу, ґрат й діафрагми. Ґрати, в свою чергу, складаються з розкосів і розпірок, а також додаткових зв'язків. Залежно від способу з'єднання елементів, опори діляться на зварені й болтові. Виготовлені на підприємствах у вигляді окремих просторових секцій, вони доставляються на трасу ПЛ, де й відбувається їхнє остаточне складання.

Траверси одностояжкових опор мають звичайну плоску рамну або просторову конструкцію й виконані з швелерів.

Для підвіски грозозахисних тросів на вершині стовбура опори встановлюють тросостійку у вигляді усіченої піраміди. Тросостійки порталних опор, як правило, кріплять на траверсах.

Пояси стовбурів вільностоячих опор кінчаються внизу опорними черевиками, які кріпляться до фундаменту анкерними болтами. Стовбури опор з відтягненнями кріпляться до фундаменту спеціальними шарнірними п'ятами.

Конструкції проміжних опор ПЛ 220 і 330 кВ аналогічні опорам 110 кВ, але мають більшу відстань між проводами й відповідно – більшу довжину траверс.

Деякі конструкції проміжних одноланцюгових опор на напругу 500-1150кВ наведені на рис. 3.8.

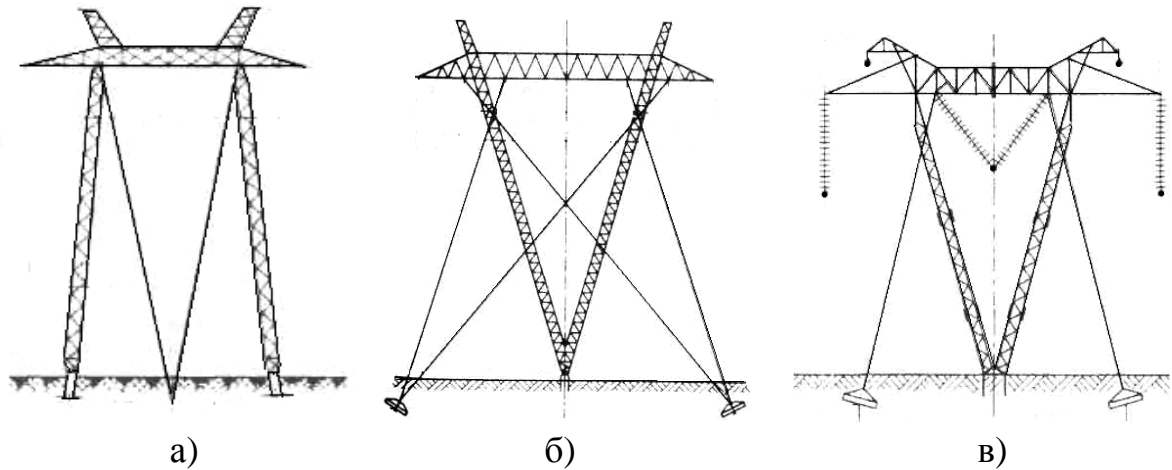


Рис. 3.8 - Сталеві проміжні опори:

а) - одноланцюгова опора на відтягненнях ПЛ 500 кВ; б) - одноланцюгова опора ПЛ 750кВ; в) - одноланцюгова опора на відтягненнях ПЛ 1150 кВ

Як правило, застосовуються одноланцюгові й дволанцюгові металеві опори. З метою зменшення земельних площ, що відводяться під лінії електропередачі були розроблені конструкції багатоланцюгових опор. Один з варіантів 4-х ланцюгових металевих проміжних і анкерно-кутових опор для ПЛ напругою 110-150 кВ наведений на рис. 3.9.

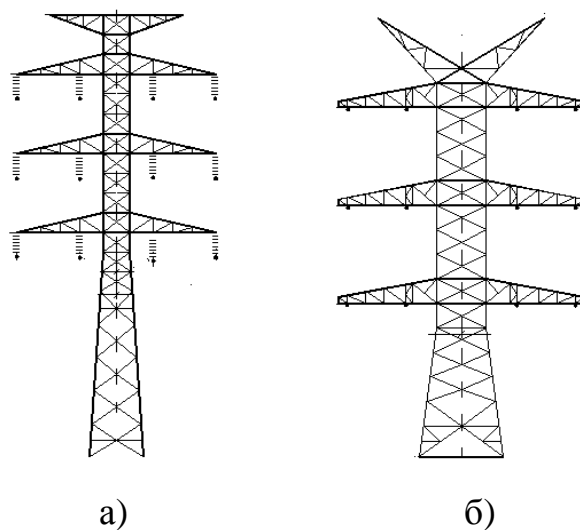


Рис. 3.9 - Металеві чотирьохланцюгові опори на напругу 110-150 кВ:

а) проміжна; б) анкерно-кутова

Анкерно-кутові опори ПЛ 35-330 кВ виготовляють також вільностоячими баштового типу. Через великі навантаження поперечні розміри стовбура цих опор значно збільшені, а висота підвіски нижнього проводу знижена.

В останні роки почали активно впроваджувати металеві опори, які збирають з довгомірних багатогранних елементів, виготовлених зі сталевих листів.[2]. Такі опори одержали назву металеві гнуті стійки (МГС). Виготовляють такі опори шляхом вигину сталевих листів з наступним зварюванням або з'єднанням його країв на ребрі або грані. Товщина сталевих листів може коливатися від 2 до 12 - 14 мм. Застосовувати меншу товщину листів не рекомендують у зв'язку зі зменшенням механічної міцності стійки. При збільшенні товщини листів погіршується якість звареного шва.

Перетин стійки в комлі лежить у діапазоні: 450 - 600 мм для стійок опор ПЛ 0,4 - 10 кВ. Для проміжних опор ПЛ напруги 110 - 500 кВ перетин перебуває в межах 750 - 900 мм. У високовольтних одностоякових анкерно-кутових опор - 1,0 - 3,0 м. Подальше збільшення перетину стійки приводить до того, що площа землі, займана опорою, стає порівнянною із площею опори ґратчастої конструкції.

Перетин вершини опори, як правило, перебуває в межах 200 - 400 мм, і визначається конусністю стійки (відношенням перетину комля до перетину вершини), що розраховується, виходячи з необхідних міцностних характеристик.

Відповідно до вимог ПУЕ для забезпечення відстані, яку рекомендують, від нижнього проводу до землі, стійки виготовляються такої довжини: 9 - 13,5 м - для опор низьковольтної розподільної мережі; 22 - 26 (і більше) м - для опор високовольтних ПЛ.

Після доставки на пікет, складання опор проводять в наступній послідовності: складання багатогранної гнутої стійки; складання траверс; монтаж траверс на стійку; установка пристосувань для підйому монтажника на опору; установка тимчасового устаткування для подальшого монтажу проведення й ізоляції.

Багатогранні гнуті стійки випускають із двома варіантами з'єднання секцій: телескопічним і фланцевим. При фланцевому варіанті з'єднання, секції опори з'єднуються й скручуються болтами. При телескопічному варіанті - секції опори лежачи насаджуються одна на іншу й стягаються за допомогою спеціального пристосування й ручних лебідок.

Траверси опор на МГС бувають двох типів: багатогранні й ґратчасті. Для ґратчастих траверс, що надходять на пікет у розібраному вигляді, складання здійснюється за звичайною технологією, відповідно до складальних креслень.

Приєднання траверс до опори виконують на болтах або шпильках, залежно від проектного рішення.

Далі монтуються пристосування для підйому монтажника на опорі, які залежно від вимог замовника, можуть встановлюватися стаціонарно або демонтуватися після закінчення монтажу проводів.

Залежно від типу опори, установка її виконується на анкерні болти фланцевого стику фундаменту або безпосередньо в пробурений котлован.

Основні достоїнства опор з металевих гнутих стійок полягають в наступному:

- використання комп'ютерних технологій дозволяє легко змінювати режими роботи згинальних машин без зміни оснащення, що дозволяє мати у виробництві базовий набір стійок із широким діапазоном зміни несучої здатності;
- витрата металовиробів на стійку багатогранної опори в 9 - 20 разів менше, ніж на стійку опори ґратчастої конструкції;
- трудомісткість складання опор із стійок багатогранного перетину в 7 - 8 разів нижче, ніж з болтовою ґратчастою опорою, та в 1,3 рази – в порівнянні із залізобетонною;
- зменшується маса опор ПЛ в 2,2 рази в порівнянні із залізобетонними;
- зменшується час на монтаж багатогранних опор ПЛ, оскільки вони мають, як правило, одну підставу, що в 4 рази зменшує витрати матеріалу на фундамент і в 12 разів знижує трудомісткість на пристрій котловану під циліндричний фундамент у порівнянні з фундаментами для ґратчастих конструкцій;

- несуча здатність стійок (траверс) опор легко може бути змінена в широкіх межах, як за рахунок товщини листового металу, так і за рахунок кута нахилу конуса;

- не потрібна спецтехніка для доставки МГС на пікет, що дозволяє скоротити час транспортування опор і, відповідно, вартість доставки;

- зменшується смуга відчуження, що робить мінімальний негативний вплив на навколишнє середовище;

- збільшується термін служби опор у порівнянні із залізобетонними опорами;

- капітальні витрати на 1 км ліній електропередач на 25-50% нижче, ніж при використанні залізобетонних і сталевих фермових опор;

- опори на основі багатогранних сталевих стійок володіють антивандальними властивостями.

Перший досвід будівництва ліній електропередачі в Росії підтвердив переваги багатогранних опор [2]. Насамперед, ці переваги виявились при вирішенні транспортних проблем, причому, чим складніша транспортна схема, тим ефективніше застосування багатогранних опор.

Крім того, обсяг будівельно-монтажних робіт в порівнянні із залізобетонними опорами скорочується практично в 2 рази за рахунок ваги й зменшення кількості опор. У порівнянні із ґратчастими опорами, обсяг будівельно-монтажних робіт знижується на порядок за рахунок зменшення питомих витрат на спорудження однієї опори.

У Росії ВАТ «Промік» розробило серії вільностоячих одностоякових 4-х ланцюгових опор з вертикальним розташуванням ланцюгів (ПМГ 110-4УР, ПМГ 110-4УР+4 і УМГ 110-4УР) для ВЛ 110 кВ. [2.] Ці опори призначалися для умов проходження траси територією інтенсивної міської забудови (рис.3.10).

Для проходження 4-х ланцюгових ПЛ 110 кВ територією лісових масивів, ВАТ «Промік» розробило також серії вільностоячих одностоякових 4-х ланцюгових опор з горизонтальним розташуванням ланцюгів. Щоб підвищити надій-

ність при такому розташуванні ланцюгів, передбачена збільшена ізоляція фаз верхніх ланцюгів на 40% у порівнянні з фазами нижніх ланцюгів.

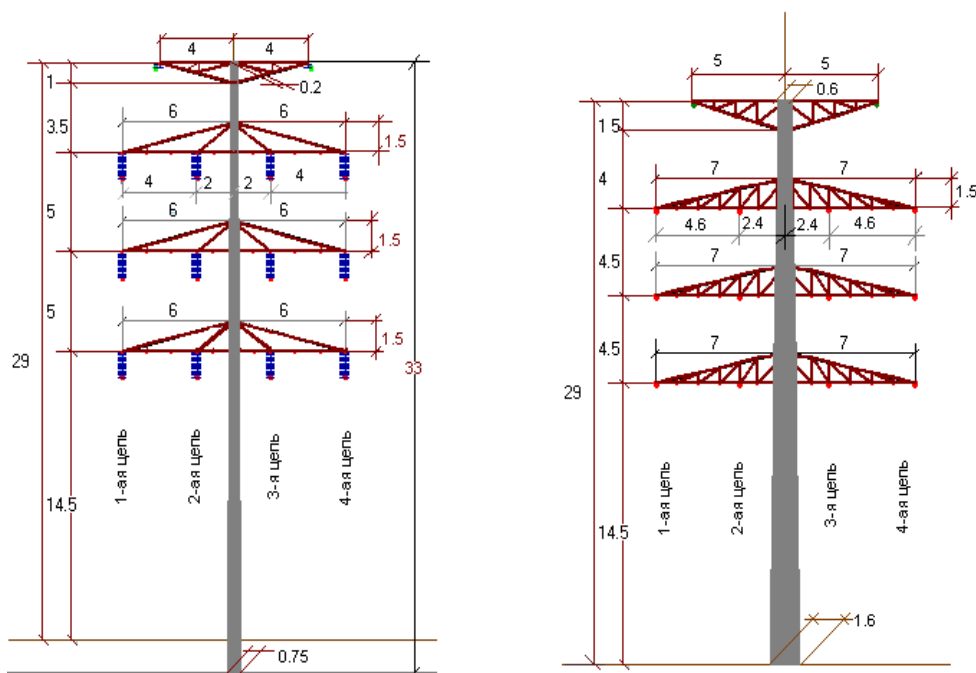


Рис. 3.10 – Вільностоячі одностоякові чотирьохланцюгові опори з вертикальним розташуванням проводів серії ПМГ 110-4УР і УМГ 110-4УР.

Ескізи вільностоячих одностоякових 3-ланцюгових опор для ПЛ 110 - 220 кВ з двома грозозахисними тросами та 4-ярусним розташуванням проводів (ПМ220/ 110-3 і РОЗУМ220/ 110-3) наведені на рис. 3.11. Слід зазначити, що організація виконує розробку опор ПЛ 110 - 220 кВ для конкретних умов.

Основними типами опор є: проміжна опора ПМ 110-2 і анкерно-кутова опора УМ 110-2. Для цих опор виконують варіантну оптимізацію конструкції, що полягає в техніко-економічному порівнянні варіантів. Кількість варіантів для оптимізації визначають перебором наступних параметрів:

- стріла прогину проводу - 6, 8, 10, 12, 16 і 20 метрів - для проміжних опор;
- висота підвісу нижнього проводу- 10,5 м - для анкерно-кутових опор;
- кількість граней у секціях стійки - 8, 10, 12 - для проміжних опор і 10, 12, 16 - для анкерно-кутових опор;
- розмір комля й верху стійки (конусність) - 500 - 200 мм, 600 - 200 мм, 700 - 200 мм - для проміжних опор і - 800 - 400 мм, 1000 - 400 мм, 1200 - 400 мм, 1600 - 400 мм, 1800 - 400 мм, 2000 - 400 мм - для анкерно-кутових опор.

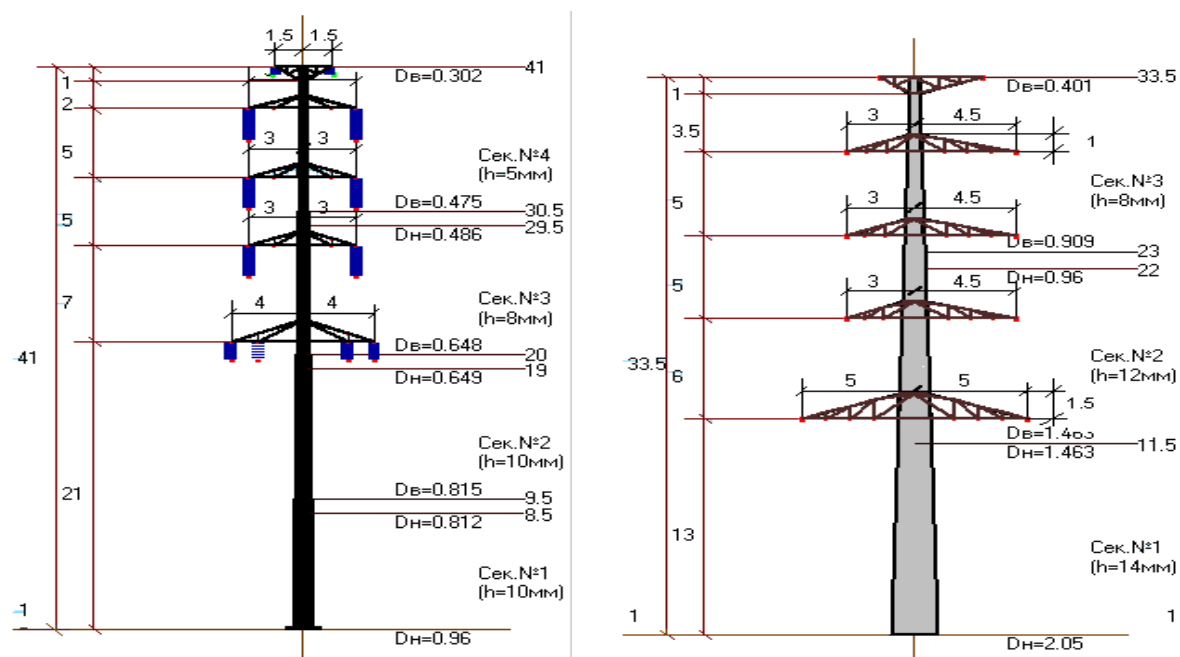


Рис. 3.11 – Вільностоячі одностоякові 3-ланцюгові опори для ПЛ 220/110 кВ із двома грозозахисними тросами й 4-х ярусним розташуванням проводів серії ПМ220/ 110-3 і УМ220/ 110-3.

Для кожного з варіантів виконують повний силовий розрахунок і визначають мінімально необхідну товщину сталі в кожній секції стійок і в кожному перетині через 0,1 м у діапазоні 4 - 14 мм із кроком 1 мм.

При необхідності визначають конструкцію фланцевих з'єднань.

Визначення вартості 1 км ПЛ для кожного варіанта виконують з урахуванням наступних витрат: вартості металу для виготовлення МГС із урахуванням розкрою; вартості металу для виготовлення траверс; вартості металу для виготовлення фланців; вартості металовиробів для стикування секцій, а також кріплення траверс і фланців; вартості металу й бетону для закріплення опор у ґрунті; заводських витрат на виготовлення МГС залежно від кількості граней; витрат на постійний відвід землі під опори; витрат на вирубку просіки; витрат на установку опор і фундаментів; витрати на арматуру та ізолятори.

Основні опори при оптимізації розраховують на підвіску проводів АС 240/32 і тросу для оптоволоконного зв'язку типу ОКГТ марки АС 66-6.3 .

Анкерно-кутові опори при оптимізації розраховують на кут повороту траси не менше 60°.

Після проведення оптимізації основних опор і визначення їхньої конструкції, виконують визначення сфери застосування опор для інших марок проводів: АС 70/11, АС 95/16, АС 120/19, АС 150/24, АС185/29 і АС 300/39 (с визначенням товщини кожної секції) і визначення підтипу стійки для кожного проводу.

Для основної анкерно-кутової опори сфера її застосування (з визначенням товщини кожної секції) і підтип стійки, визначають для різних кутів повороту траси: від 0 до 20°, від 20 до 40°, від 40 до 60°, від 60 до 75°, від 75 до 90°.

Однак, не слід розглядати МГС як деякі універсальні конструкції, які дозволяють замінити всі відомі типи опор ПЛ електропередачі. Раціональний підхід до визначення сфери застосування МГС дозволяє багато в чому істотно зменшити витрати на будівництво ПЛ і їхню подальшу експлуатацію. Для кожного конкретного випадку ефективність застосування того або іншого типу опор залежить від різних факторів. До таких факторів можна віднести: кліматичні умови району, особливості технічного завдання на будівництво об'єкта, близькість виробництва того або іншого типу опор і т.ін. У зв'язку з різноманітністю умов будівництва доцільно попередньо оцінити сферу ефективного застосування конкретних типів МГС. Це дозволить уникнути необґрунтованих витрат під час будівництва ПЛ і прискорить одержання економічного ефекту від реалізації конкретних проектів. В [2] наведені результати розрахунку вартості будівництва п'ятикілометрових анкерних ділянок із МГС для напруг від 6 кВ до 500 кВ. Основним критерієм вибору раціонального варіанта був мінімум капітальних витрат на будівництво об'єкта. Аналіз отриманих результатів дозволяє зробити попередні висновки про найбільш раціональні варіанти використання опор на МГС. Щодо напруги можна виділити три сфери з різними рівнями ефективності.

В електричних мережах напругою до 10 кВ економічно ефективніше є застосування залізобетонних опор, які мають в 5-6 разів меншу вартість у порівнянні з металевими. Однак, у важкодоступних районах застосування МГС істо-

тно зменшує витрати на транспорт і монтаж ліній у зв'язку з чим металеві опори стають на 30% ефективніше залізобетонних.

Слід зазначити, що при розрахунку економічної ефективності не враховувалися характеристики надійності електричних мереж. Досвід експлуатації електричних мереж 0,4 - 10 кВ свідчить, що в разі виникнення екстремальних метеорологічних умов найбільшому руйнуванню піддаються електричні мережі на базі трапецеїдальних стійок з віброваного бетону. У зв'язку з цим оцінку доцільності застосування опор на МГС в електричних мережах 0, 4-10 кВ слід проводити з урахуванням втрат від аварій, терміну служби й експлуатаційних витрат.

Найбільш повно свої переваги багатогранні опори проявляються в електричних мережах 35 - 220 кВ. У порівнянні з ЛЕП із центрифугованими бетонними опорами лінії з опорами МГС дешевше на 6-10 %. Основним фактором, що забезпечує перевагу багатогранних опор, є збільшення пролітних відстаней в 1,5-2 рази.

Порівняння вартості будівництва ЛЕП на багатогранних і ґратчастих опорах показало, що практично за всіма складовими витрат використання опор на МГС економічно доцільніше. Вартість 1 км ліній даного класу на ґратчастих опорах виявляється на 35-40 % вища.

Як і в мережах 0, 4-10 кВ переваги опор на МГС зростають при будівництві ЛЕП у важкодоступних районах. Слід також зазначити, що при використанні опор на МГС скорочується час будівництва ПЛ.

В електричних мережах напругою 330 - 500 кВ, як показали результати розрахунків, застосування залізобетонних опор економічно недоцільне. Порівняння опор на МГС і металевих ґратчастих опор показало, що для ПЛ 330 кВ обидва типи опор рівноефективні. Для ПЛ 500 кВ ґратчасті опори мають певні переваги. Обумовлено це збільшенням маси багатогранної опори, а також збільшенням вартості фундаменту.

Досвід будівництва ліній електропередачі на багатогранних опорах накопичений як у нашій країні, так і закордоном, свідчить, що цей напрямок може

стати одним із перспективних у мережному будівництві. Проблеми, які мають місце сьогодні, не носять принципового характеру й можуть бути вирішені при незначних обсягах інвестицій.

3.4. Способи закріплення опор у ґрунті

Спосіб закріплення опори в ґрунті вибирають залежно від ряду факторів. Основними з них є конструкція опори й категорія ґрунту.

Одним з розповсюджених способів закріплення опор є установка їх безпосередньо у ґрунт без фундаменту. Так, наприклад, закріплюють проміжні дерев'яні й залізобетонні опори. Фундаментом у цьому випадку служить низ стійки, який в ряді випадків може бути посилений ригелями (рис. 3.12).

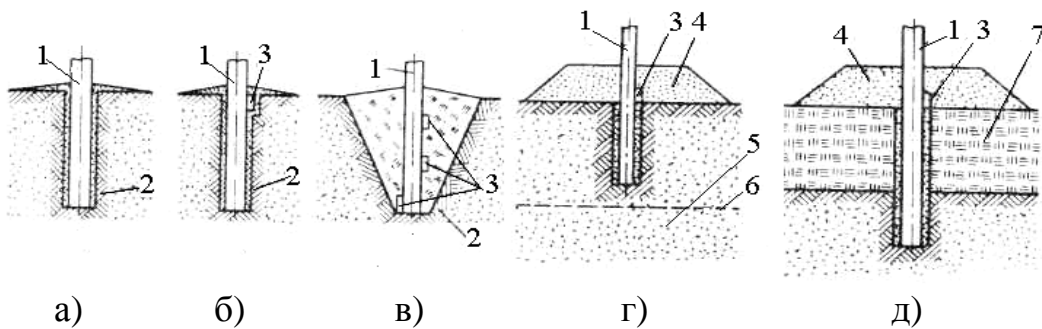


Рис. 3.12 - Способи установки опор без фундаментів:

а) у пробурений котлован без ригеля; б) у пробурений котлован з ригелем у верхній частині; в) у виритий котлован з ригелями у верхній і нижній частині; г) - встановлення у водонасичений ґрунт; 1 - стійка; 2 - сухий ґрунт; 3 - ригель; 4 - банкетка; 5 - водонасичений шар; 6 - рівень ґрунтових вод; 7 – торф

Котлован для таких опор виконують за допомогою бурових установок, що дозволяє не порушувати щільність навколишнього ґрунту. Діаметр пробуреної свердловини, як правило, на 5-10 см перевищує діаметр установлюваної стійки (рис. 3.12, а).

Для підвищення міцності закладення у верхній частині котловану перпендикулярно осі лінії прокопують вузьку траншею, в якій розміщують ригель (рис. 3.12, б). Кількість ригелів збільшується до трьох у тих випадках, коли закладення опори проводять за допомогою засипного ґрунту (рис.3.12, в). На сла-

бких ґрунтах для посилення закладення можуть використовувати додаткові залізобетонні приставки, з'єднані зі стійкою й банкеткою (рис. 3.12, г, д).

Глибина закладення опори в ґрунт залежить від його категорійності й може бути зменшена не більше ніж на 15% при установці опор на скельних породах.

Широке поширення одержав спосіб закріплення опор на заздалегідь підготовлені залізобетонні фундаменти. Розрізняють монолітні, збірні й пальові залізобетонні фундаменти.

Основним недоліком монолітних фундаментів є велика витрата матеріалів і часу на їх виготовлення. Застосування їх повинне бути обґрунтоване результатами техніко-економічних розрахунків.

Збірні фундаменти виготовляють в заводських умовах і доставляють на трасу ПЛ у розібраному вигляді. Один з варіантів збірного фундаменту, що застосовують для закріплення металевих опор, наведений на рис. 3.13.

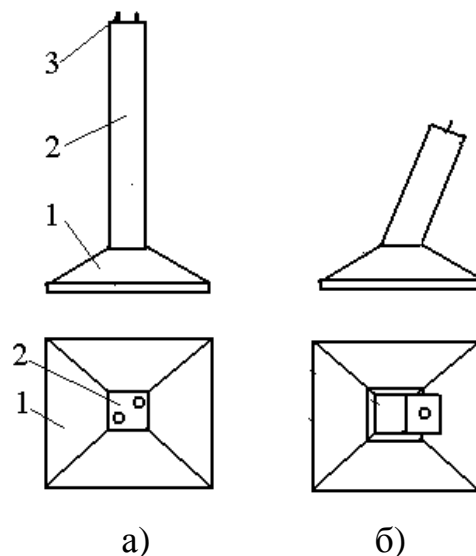


Рис. 3.13 - Збірні фундаменти: а - прямий; б - похилий.

1 - опорна плита; 2 - стійка; 3 - анкерний болт

Основними елементами такого фундаменту є опорна плита й стійка з анкерними болтами. При необхідності посилення фундаменту, додатково встановлюють ригеля. Для установки вузькобазових опор, застосовують збірні коробчаті фундаменти.

Пальові фундаменти дозволяють значно підвищити рівень механізації й істотно зменшити обсяг земляних робіт під час будівництва (рис. 3.14) .

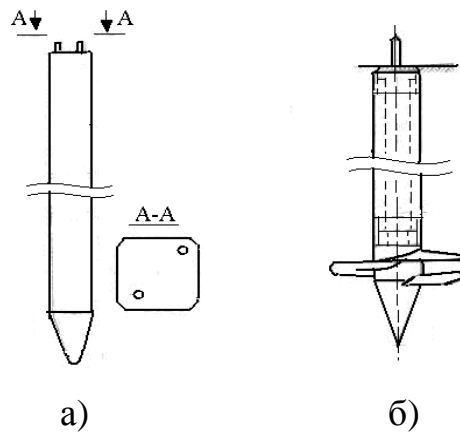


Рис. 3.14 - Пальові фундаменти металевих опор:

а - паля квадратного перетину; б - гвинтова паля

Уніфіковані палі квадратного перетину виготовляють з напруженого залізобетону й містять посилений арматурний каркас. У верхній частині палі розташовані анкерні болти, до яких кріплять опорні черевики стійок. Довжина палі становить шість метрів при мінімальному перетині 25х25см. У ґрунт палі встановлюють за допомогою спеціального вібруючого пристрою на таку глибину, щоб їхня верхня частина виступала над поверхнею землі не більше, ніж на 10см.

Конструкція фундаментів постійно вдосконалюється. Відомі конструкції фундаментів утримують забивні палі з металевими й залізобетонними монолітними ростверками, буронабивні палі, гвинтові анкери і т.д. При виборі того або іншого типу фундаменту, слід враховувати, що для їхнього будівництва необхідна спеціальна техніка (палейні установки, мобільні бетономішалки і т.ін.).

Контрольні питання

1. Перелічіть типи опор і їхнє призначення.
2. Назвіть переваги дерев'яних опор.
3. Перелічіть основні недоліки дерев'яних опор.
4. Назвіть конструкції дерев'яних опор ПЛ, які застосовують у мережах на напругу до 1 кВ.
5. Укажіть основні недоліки залізобетонних опор.

6. Назвіть конструкції дерев'яних опор ПЛ, які застосовують у мережах на напругу 35-110кВ.
7. Перелічіть основні переваги опор з металевих гнутих стійок.
8. Назвіть конструкції дерев'яних опор ПЛ, які застосовують у мережах на напругу 6-10кВ.
9. Перелічіть основні елементи залізобетонних опор.
10. Назвіть конструкції залізобетонних опор ВЛ, які застосовують в мережах на напругу 35-500кВ.
11. Перелічіть сферу застосування металевих опор.
12. Перелічіть конструкції металевих опор.
13. Перелічіть основні елементи металевих опор.
14. Назвіть конструкції залізобетонних опор ПЛ, які застосовують у мережах на напругу до 10 кВ.
15. Укажіть раціональні області застосування опор з металевих гнутих стійок.
16. Перелічіть способи закріплення опор у ґрунті.
17. Перелічіть типи фундаментів для закріплення опор.

4. Проводи і троси

Для ліній електропередачі застосовують неізольовані одно- і багатодротові проводи, дроти яких виготовлені з одного або із двох різних металів, так звані біметалічні й комбіновані проводи.

Однодротові проводи виготовляють, як правило, з міді або сталі з мінімальним перетином 4 і 10 мм² відповідно (рис 4.1, а). Біметалічні проводи складаються зі сталевого сердечника, покритого шаром міді або алюмінію (рис. 4.1, б).

Багатодротові проводи виготовляють скруткою окремих дротів у певному порядку. Як правило, провід має центральну жилу, поверх якої розташовуються наступні повіви дротів одного діаметра. Щоб провід не розкручувався, кожний наступний повів виготовляють у напрямку протилежному попередньому (рис. 4.1, в).

Надійність роботи багатодровових проводів у порівнянні з однодротовими вище, тому що обрив одного із дровів не приводить до різкого зниження загальної механічної міцності проводу. Крім того, гнучкість таких проводів вище, що полегшує виконання монтажних робіт. Багатодровові проводи також краще протистоять вібрації, ніж однодротові.

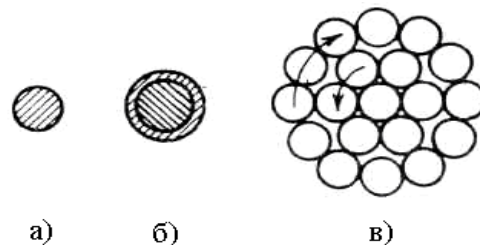


Рис. 4.1 - Конструкції неізолюваних проводів:

а) однодротового; б) однодротового біметалічного; в) багатодровового

Відповідно до рекомендацій МЕК багатодровові проводи виготовляють із твердотянутого алюмінієвого дроту діаметром 1, 2,5-5,0 мм із питомим електричним опором при 20° не більше $0,0283 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{м}$.

Як правило, проводи перерізом 16-95 мм² виготовляють 7-дротовими, 120-240 мм² – 19-дротовими, 300-500 мм² – 37-дротовими, 600мм² – 61-дротовими, концентричними повівами, накладеними у взаємно протилежних напрямках. Крок скрутки будь-якого повіву повинен бути не більше кроку скрутки прилягаючого до нього внутрішнього повіва. Звичайно крок скрутки внутрішнього повіву становить не більше 18D, зовнішнього повіву - не більше 15D. Зовнішній повів обов'язково повинен бути правим, щоб уникнути розкручування проводу в підвішеному стані.

Для підвищення механічної міцності проводів замість твердотянутого алюмінію можуть використовувати алюмінієві сплави із присадкою магнію й кремнію. Один з таких сплавів альдрей, що містить 0, 2-0,6% магнію, 0, 3-0,5% кремнію й 0, 2-0,3% заліза, має практично в два рази більшу межу міцності, ніж у твердотянутого алюмінію (до 350 Н/мм² при подовженні до 5-8%). Однак питомий опір цього сплаву вище, ніж у алюмінію ($31,7 \text{ Ом} \cdot \text{мм}^2/\text{км}$).

Більш високими механічними характеристиками володіють сталєалюмінієві проводи. Вони містять несучий сердечник із сталевих оцинкованих дровів,

поверх яких розташовані струмопровідні твердотягнуті алюмінієві дроти (рис. 4.2)[3].

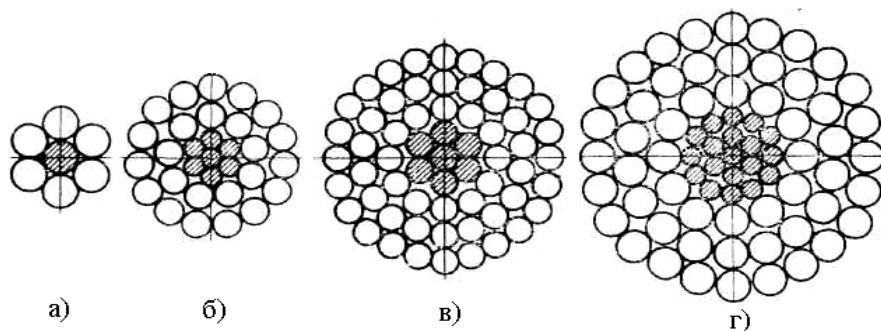


Рис. 4.2 - Конструкції неізольованих сталєалюмінієвих проводів:

а) 6 алюмінієвих + 1 сталевий дріт; б) 24 алюмінієвих + 7 сталевих дротів; в) 54 алюмінієвих + 7 сталевих дротів; г) 54 алюмінієвих + 19 сталевих дротів

Залежно від співвідношення перерізів сталевих і алюмінієвих дротів випускають проводи марок АС (сталєалюмінієві), АСО (сталєалюмінієві полегшені), АСУ (сталєалюмінієві посилені), АСК (сталєалюмінієві антикорозійні) і АСУС (сталєалюмінієві посилені спеціальні).

Проводи марки АС випускають із перерізом від 10 до 400 мм². Відношення перерізу алюмінієвих дротів до перерізу сердечника зі сталевих дротів у цих проводах становить 5,45 - 6,55, за винятком проводів з перерізом 10 і 16 мм², у яких це відношення дорівнює 9-10. Проводи перерізом 10-95 мм² складаються з однієї сталеві й шести алюмінієвих дротів, а проводи перерізом 120-300 мм² - з 7 сталевих і 28 алюмінієвих дротів. Якщо переріз складає 400мм² сердечник виготовляють з 19 сталевих дротів, а струмопровідну частину – з 28 алюмінієвих дротів.

Провід марки АСУ виготовляють перерізом від 120 до 400 мм². Якщо переріз 120-240 мм² - сердечник містить 7 сталевих оцинкованих дротів, а при перерізах 300 і 400 мм² - 19 дротів. Струмопровідна частина в проводах всіх перерізів складається з 30 твердотягнутих алюмінієвих дротів. Відношення перерізів струмопровідної частини проводу до перетину сердечника перебуває в межах 4, 3-4,5.

Провід марки АСО випускають із перерізом від 150 до 700 мм². У цих проводах найбільш повно використовують як сердечник, так і струмопровідну

частину. Відношення перерізу сердечника до перерізу струмопровідної частини перебуває в межах 7,6 - 8,4. Проводи з перерізом 150-400 мм² містять сердечник з 7 сталевих дротів і струмопровідну частину з 24 алюмінієвих дротів. Проводи з перерізом 300 і 400 мм² містять 7 сталевих і 54 алюмінієві дроти. При перерізах 500, 600 і 700 мм² провід містить 19 сталевих і 54 алюмінієві дроти. У проводах цієї марки маса струмопровідної частини становить 73-74 % від загальної маси проводу.

Проводи марки АСК відрізняються від проводів АС наявністю компаунду, яким заповнені порожнечі між сталевими дротами сердечника. Для запобігання витікання компаунда при нагріванні проводу, сердечник обмотаний лавсановою плівкою. Переріз проводів перебуває в межах від 120 до 400мм². Ці проводи призначені для використання у районах з підвищеною хімічною активністю атмосфери.

Провід марки АСУС використовують на ділянках ПЛ, коли відстань між опорами значно більша ніж звичайно, наприклад, при подоланні водних перешкод. У порівнянні з іншими марками, ці проводи мають найнижче використання струмопровідної частини, що становить 33,-35,6% від маси проводу. Випускають ці проводи з перерізом 185, 300 і 500мм². Співвідношення між перетином струмопровідної частини й перетином сердечника перебуває в межах 1,55-1,6.

Мідні проводи для ліній електропередачі марки «М» виготовляють з мідних твердотягнутих дротів. Переріз проводів перебуває в межах від 4 до 400мм².

На ділянках ПЛ із збільшеною відстанню між опорами можуть застосовуватись бронзовий або сталевбронзовий проводи. Бронзовий провід випускають перерізом від 50 до 300мм². Виготовляють їх із бронзового дроту марок ТБМ або ТБО, які відрізняються процентним вмістом олова, магнію й кадмію. Питомий електричний опір бронзових проводів становить 20,2 Ом*мм²/км.

Сталевбронзові проводи марки БС містять сердечник зі сталевих оцинкованих дротів, поверх яких розташовані струмопровідні бронзові дроти. Проводи цієї марки випускаються з перерізом від 185 до 300мм².

Слід зазначити, що широкого застосування бронзові й сталеві проводи не знайшли. Доцільність їхнього застосування повинна бути обґрунтована результатами техніко-економічних розрахунків.

Для забезпечення механічної міцності ПЛ не рекомендують застосовувати проводи з поперечним перерізом менші, ніж наведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Найменші припустимі перерізи струмопроводу частини проводів.

Номинальна напруга лінії, кВ	Ділянка лінії	Алюмінієві зі сплаву АН	Сталеалюмінієві зі сплаву АЖ	Сталеві
До 1	Всі ділянки, крім відгалужень до введень	16	10	25
	Відгалуження до введень	16	-	04мм
Більше 1 кВ	Ділянки без перетинань ПЛ із технічними об'єктами при товщині стінки ожеледі (b_r), мм: ≤ 10	35	25	25
	≥ 15	50	35	25
	Прольоти перетинань із судноплавними річками при b_r , мм: ≤ 10	70	25	25
	≥ 15	70	35	25
	Те ж із залізницями, мм: ≤ 10	Не допускається	35	Не допускається
	≥ 15	Не допускається	50	Не допускається
	Прольоти перетинань із лініями зв'язку	70	35	25
	Прольоти перетинань із підземними трубопроводами й канатними дорогами	70	35	Не допускається

Також не рекомендують збільшувати довжину прольотів більше значень, наведених у табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Найбільші припустимі проміжні прольоти, м

Марка проведення	Товщина стінки ожеледі, мм		
	До 10	15	20

A50	160	90	60
A70	190	115	75
A95	215	135	90
A 150	335	165	130
АС 25/4,2	230	-	-
АС50/8	360	240	160
АС70/11	430	290	200
АС95/16	525	410	300
АС120/19	660	475	350
ПС 25	520	220	150

Щоб забезпечити відсутність умов для виникнення “корони” рекомендують застосовувати такі мінімальні діаметри проводів: 11,4мм для ПЛ 110кВ, 21,6 мм для ПЛ 220 кВ, 33,2 мм для ПЛ 330 кВ; а число й діаметр проводів розщеплених фаз: 2х21,6 мм або 3х17,1мм при 330 кВ і 3х 24.5 мм або 2х 36,2 мм при 500 кВ.

Одним з перспективних напрямків в сфері проектування ПЛ є застосування самонесучих ізолюваних проводів (СП), які пропонують застосовувати в мережах 0.4-1 кВ і 6-20 кВ, замість традиційно використовуваних неізолюваних проводів. СП — це скручені в джгут ізолювані проводи, ізоляція яких виконана зі світлостабілізованого поліетилену. Основні переваги даних проводів полягають у наступному:

- зменшується час на проведення монтажних робіт;
- підвищується механічна міцність проводів і, відповідно, зменшується ймовірність їхнього обриву;
- відсутня можливість схрещення проводів;
- зменшується ймовірність утворення ожеледі на проводах;
- зменшуються втрати в ПЛ за рахунок зменшення реактивного опору ізолюваного проводу;
- з'являється можливість виконувати нові відгалуження під напругою;
- обмежується можливість несанкціонованого відбору електроенергії;
- зменшується зона відчуження лінії електропередачі;
- підвищується пожежонебезпека ПЛ;
- виключається можливість випадкового дотику людей до проводів, які

знаходяться під напругою.

Сьогодні фірми Nokia Cables (Фінляндія), Alkatel (Франція), а також російські підприємства «Севкабель», «Іркутсккабель» і «Москабельмет» випускають якісні СП різних конструкцій. Найбільше поширення в Росії зараз одержали дві системи СП: фінська АМКА з «голим» несучим нульовим проводом і французька «Торсада» з ізольованим несучим нульовим проводом, навколо яких скручені ізольовані фазні провони. Більш сучасна конструкція СП, розроблена в Німеччині. У ній фазні й нульові провони виконують несучі функції. У Росії чотирихпровідна система провідів позначається як СП-4, СПс-4, СПн-4, СП-2АФ. Конструкція провідів СП-4 наведена на рис. 4.3.



Рис. 4.3 - Конструкція провідів СП-4

Це провони без несучого троса, що містять чотири провідники з ущільнених алюмінієвих жил рівного перерізу, які скручені між собою. Ізоляція в цих провоних виготовлена з термопластичного атмосферостійкого поліетилену високого тиску. Кріплення провідів здійснюють відразу за всі чотири провідника, що забезпечує збільшення сумарної розривної міцності провону. При виготовленні СП-4 використовують нову технологію скрутки провідів, що забезпечує самоскидання налиплого мокрого снігу й ожеледі.

Крім СП-4 випускають також марки: СПс-4 з ізоляцією зі зшитого поліетилену й СПн-4 з ізоляцією з полімерної композиції, яка не поширює горіння.

Провони з ізоляцією із зшитого поліетилену марки СПс-4 мають більшу допустиму температуру на струмоведучій жилі, в порівнянні із провоних

СП-4 і СПн-4. Це дозволяє передавати по них приблизно на 30% більшу потужність. Крім того, ці проводи мають більшу стійкість у режимі короткого замикання.

Проводи СПн-4 доцільно застосовувати в тих випадках, коли необхідно забезпечити підвищені вимоги з пожежної безпеки.

У порівнянні з неізолюваними «голими» проводами надійність і безпека лінії, оснащеної СП, підвищується до рівня надійності кабельних ліній.

Одним з елементів ПЛ є грозозахисні троси. Їх застосовують на ПЛ із металевими й залізобетонними опорами напругою 35 кВ тільки на підходах до підстанцій, а при нарузі 110-500 кВ - по всій довжині лінії. Як грозозахисні троси в основному застосовують талеві троси марки ТК-9,1 або ТК- 11,0.

Контрольні питання

1. Перелічіть переваги багатодротових проводів у порівнянні з однодротовими.
2. Назвіть матеріали, з яких виготовляють неізолювані проводи.
3. Перелічіть марки сталюалюмінієвих проводів.
4. Опишіть конструкцію сталюбронзових проводів.
5. Перелічіть найменші припустимі перетини струмоведучої частини проводів, які застосовують у мережах до 1 кВ.
6. Укажіть області застосування проводів марки АСО.
7. Назвіть області раціонального застосування проводів марки АСК.
8. Опишіть конструкції самонесучих ізолюваних проводів.
9. Перелічіть переваги СП у порівнянні з неізолюваними проводами.
10. Перелічіть марки самонесучих ізолюваних проводів.

5. Лінійні ізолятори

Основні параметри лінійних ізоляторів, що їх нині випускають, повинні відповідати номенклатурі показників якості, що містять у собі показники: приз-

начення, економічного використання матеріалів, надійності, технологічності, однорідності й економічні показники.[4]. (табл. 5. Додатку).

Класифікація лінійних ізоляторів наведена на рис. 5.1.

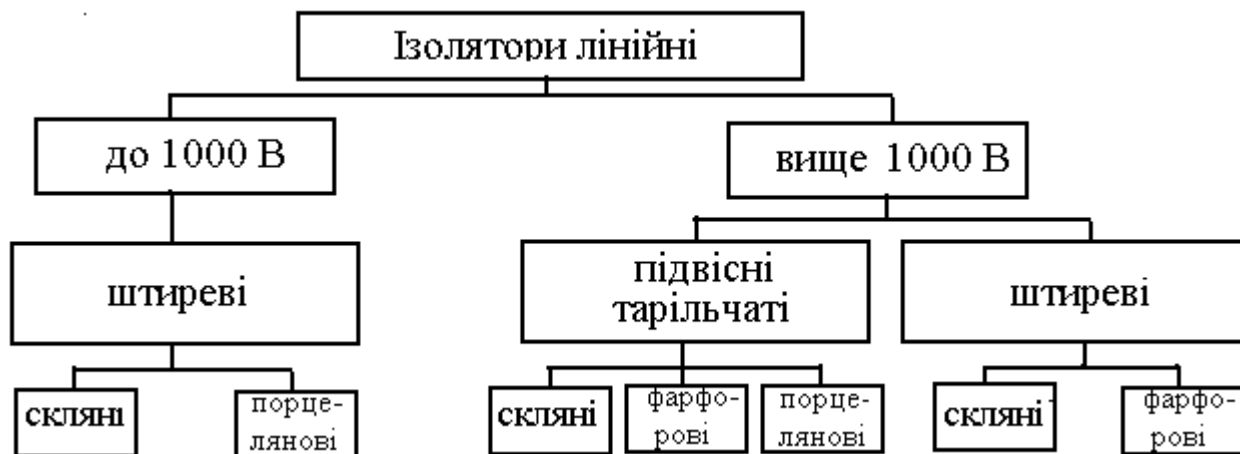


Рис. 5.1 - Класифікація лінійних ізоляторів

Основна маса лінійних ізоляторів, які в цей час експлуатують на ПЛ, виготовлені з електротехнічної порцеляни або спеціального загартованого скла. Крім основної функції - забезпечення необхідної електричної міцності, лінійні ізолятори повинні мати достатню механічну міцність, щоб у процесі експлуатації забезпечити збереження ліній електропередачі під дією механічних навантажень від маси проводів і впливу кліматичних факторів. Електричні й механічні характеристики скляних ізоляторів, як правило, вище, ніж у порцелянових, що дає можливість виготовляти їх з меншими габаритними розмірами й масою. Крім того, в скляних ізоляторах повільніше протікають процеси старіння, ніж у порцелянових.

Залежно від способу кріплення на опорі, ізолятори діляться на штирові й підвісні. Штирові ізолятори застосовують на ПЛ напругою до 35 кВ (рис. 5.2). У позначенні ізоляторів, буквами позначають їхнє конструктивне виконання (Ш - штировий), матеріал, з якого він виготовлений (Ф - порцеляна, С - скло), призначення (Т- телеграфний, Н - низьковольтний), типорозмір (А, Б, В, Г). Цифрами позначають номінальну напругу, на яку розрахований ізолятор, або внутрішній діаметр різьби для низьковольтних ізоляторів. Наприклад, ізолято-

ри, які застосовують на ПЛ до 1 кВ, мають позначення ТФ-20 - (ізолятор телеграфний, порцеляновий із внутрішнім діаметром 20 мм), НС-18 - (низьковольтний скляний ізолятор із внутрішнім діаметром 18 мм).

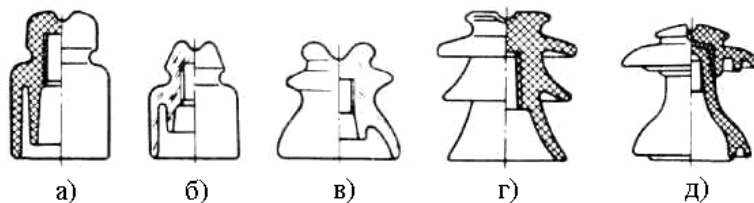


Рис. 5.2 - Штирові ізолятори:
а) ТФ-20, б) НС-18, в) ШС-10-Г, г) ШФ-20-В, д) ШФ-35-Б

Підвісні ізолятори в основному рекомендують застосовувати на ПЛ 35 кВ і вище. Однак, їх можуть застосовувати й на ПЛ 6-10 кВ у тих випадках, коли навантаження на штирові ізолятори перевищують їхню механічну міцність. Основними конструктивними елементами підвісних ізоляторів є скляна або порцелянова “тарілка”, чавунна шапка й металевий стрижень. Між собою ці елементи з’єднуються за допомогою портландцементу марки не нижче 500. У цей час підвісні ізолятори із загартованого скла поступово витісняють порцелянові ізолятори. Пов’язано це із властивістю скла руйнуватися при електричному пробі на дрібні частини. Інші елементи ізолятора, що залишилися цілими, зберігають до 75% механічної міцності. У процесі експлуатації такі ушкоджені ізолятори легко виявити з поверхні землі, що істотно скорочує час на пошук і усунення пошкоджень ПЛ. Ескізи деяких конструкцій підвісних ізоляторів наведені на рис. 5.3.

У позначенні підвісних ізоляторів використовуються букви (П - підвісний, Ф - порцеляновий, С - скляний, Г - грязестійкий), а також цифри й букви, які вказують відповідно гарантовану механічну міцність у кілоньютонах (кН) і типорозмір.

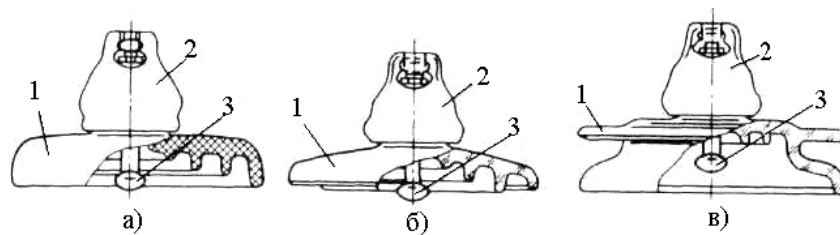


Рис. 5.3 - Підвісні ізолятори:
а) ПФ 70-В, б) ПС110- Б, в) ПСГ 70-А;
1 - тарілка, 2 - шапка, 3 – стрижень

Щоб забезпечити необхідну ізоляцію проводів, підвісні ізолятори збирають у гірлянди. Для цього конструкція гнізда шапки й головки стрижня виконані з можливістю створення шарнірного з'єднання. Кількість ізоляторів у гірлянді залежить від напруги ПЛ, типу ізоляторів і матеріалу опор. Розрізняють підтримуючі (рис.5.4, а) і натяжні гірлянди (рис.5.4, б).

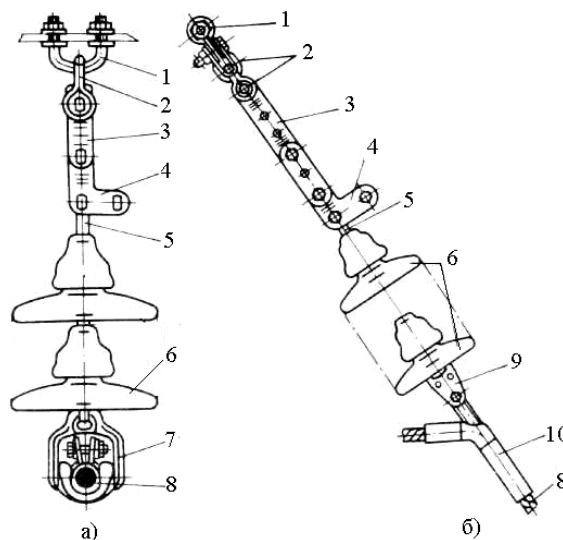


Рис. 5.4 - Гірлянди підвісних ізоляторів:

а) підтримуюча, б) натяжна;
1 - вузол кріплення, 2 - скоба, 3, 4 - проміжні й монтажні ланки, 5 - серга,
6 - ізолятори, 7,10 - підтримуючі й натяжний затискачі, 8 - провід, 9 – вушко

Підтримуючі гірлянди встановлюють на проміжних опорах, а натяжні - на анкерних і кутових опорах.

Перспективним напрямком на сьогодні є застосування нових ізоляторів на основі склопластику й кремнійорганічної гуми. На Україні, починаючи з 1979 року, фахівці науково-дослідного інституту високих напруг (м. Слов'янськ, Донецької області) проводять розробки полімерних ізолюючих конструкцій різного призначення:

-стрижневі ізолятори й гірлянди класів навантаження 70, 120, 160, 300 кН напругою 35-1150 кВ для районів із чистою й забрудненою атмосферою;

- ізолятори й гірлянди класів навантаження 70 і 160 кН для проведення ремонтних робіт без відключення ПЛ напругою 35-1150 кВ;

- міжфазні ізолюючі розпірки для ПЛ напругою 35-330 кВ;

- ізолюючі траверси для ВЛ напругою 10-220 кВ.

Лінійні ізолятори до напруги 500 кВ включно виконані у вигляді одного елемента, на напругу 750 кВ і 1150 кВ застосовують гірлянду, що складається із двох ізоляторів на напругу 330 кВ і 500кВ відповідно.

Основними перевагами композитних ізоляторів у порівнянні з ізоляторами з кераміки й скла є:

- істотне зменшення ваги ізолятора;

- підвищення механічних і електричних характеристик;

- висока працездатність в умовах забрудненої атмосфери;

- можливість створення компактних електроустановок;

- зручність транспортування й монтажу;

- підвищені антивандальні властивості.

Незважаючи на зовнішню простоту, композитні ізолятори являють собою досить складну конструкцію, що піддається комбінованим механічним і електричним навантаженням, а також впливу навколишнього середовища.

В 1992 році був уперше розроблений Стандарт МЕК 1109, що поширювався на лінійні підвісні й натяжні ізолятори, а також міжфазні розпірки ПЛ. Відповідно до даного стандарту створювалася основна маса полімерних композитних ізоляторів останнього часу. Виходячи з визначення, наведеного в цьому стандарті, композитні ізолятори являють собою конструкцію, що складається з окремих елементів (спідниць) змонтованих на стрижні із проміжним шаром або

без нього, або з оболонки, відлиті цілком безпосередньо на стрижні. Один з варіантів конструкції композиційного ізолятора показаний на рис. 5.5.

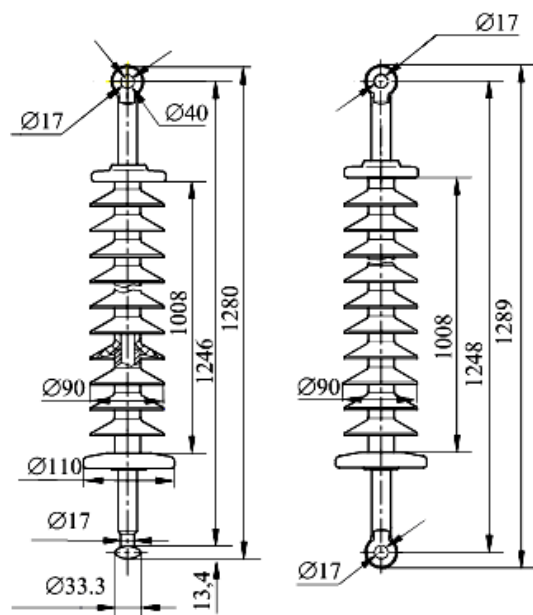


Рис. 5.5 - Конструкція композиційного ізолятора ЛК-70/ 110-3

У позначенні ізолятора використовують букви конструкції, що позначають вид, (Л – лінійний, стрижневий, підвісний), матеріал захисної оболонки (К-кремнійорганічна гума) і цифри, які означають клас ізолятора (3-7 ступінь забруднення атмосфери).

Стрижень ізоляторів виконує подвійну роль, забезпечуючи задані ізоляційні й механічні характеристики. У лінійних підвісних ізоляторах центральний стрижень складається з аксіально-орієнтованих (уздовж осі ізолятора) скляних ниток, скріплених разом за допомогою епоксидної смоли. Сімдесят п'ять відсотків ваги стрижня становлять нитки малолужного скла типу Е. Діаметр ниток лежить у межах від 5 до 20 мкм. Смола може бути поліефірною або епоксидною. Епоксидна смола має більш високі механічні характеристики, але через більш низьку вартість найчастіше застосовують поліефірні смоли. Склопластикові стрижні різних діаметрів і довжини виготовляють шляхом протягання через нагріту формуючу фільтру склоровинга, попередньо просоченого епоксидним компаундом.

Оболонка, що є ізолюючим елементом, забезпечує необхідну довжину шляху витоку й захищає стрижень від атмосферних впливів. У цей час для виготовлення оболонки широко використовують наступні матеріали: епоксидні смоли (компаунди); вуглеводні еластomers; силіконові еластomers . Однак окремі підприємства виготовляють ізолятори й з іншими матеріалами захисної оболонки.

Проміжний шар, який виготовляють з ізолюючого матеріалу, необхідний для поліпшення адгезії матеріалу оболонки й матеріалу стрижня, а також для ізоляції поверхні розділу різних полімерних матеріалів.

“Спідниця” є виступаючим елементом оболонки, призначеним для збільшення довжини шляху витоку.

Конфігурація “спідниць”, що використовують в композитних ізоляторах, досить різноманітна. На перших ізоляторах “спідниці” робили ребристими за зразком порцелянових довгостержневих підвісних ізоляторів. Застосовувалась також конусна форма “спідниць” для забезпечення великої довжини шляху витоку. “Спідниці” такої конфігурації легко віддаляються з виготовлювальної форми, коли відливаються поштучно. Однак з переходом від модульних виливків до цільновідливної оболонки форма застосовуваних “спідниць” стала у більшості фірм слабкоконічною. Основною причиною переходу до такої форми “спідниці” було забезпечення вилучення її без ушкоджень із відливальної форми. В останні роки найчастіше застосовують гладкі профілі “спідниць”, які краще очищаються від забруднення вітром і опадами.

У цей час більшість передових закордонних фірм для підвищення терміну служби ізоляторів, особливо для більш високих напруг, відмовилося від модульної відливки й перейшли на відливки оболонок, які вулканізуються на стрижні цілком за один технологічний цикл. Причин для такого переходу існує декілька. У модульних оболонках, через корону в просторі між “спідницями” і ерозії, викликані поверхневими розрядами, часто утворюються мікропровідні канали між окремими “спідницями”, що призводить до виходу їх з роботи. Відомі випадки, коли такі канали проникали безпосередньо до склопластикового

стрижня й були причиною його трекінгу. Крім того, у модульних конструкціях для заповнення повітряних порожнин між “спідницями” використовують сполучні компаунди (силіконова мазь, силіконовий гель), які виділяють масло, що сприяє нагромадженню забруднень на стиках між “спідницями”. Герметики типу епоксидних смол не утворюють постійного зв'язку з еластомірними матеріалами, тому модульні з'єднання механічно розділяються за короткий проміжок часу через вплив вологи.

Окремо сформовані “спідниці” або групи “спідниць”, які насаджуються на стрижень ізолятора, звичайно мають менший внутрішній діаметр, чим діаметр стрижня. Установку таких “спідниць” на стрижень найчастіше виконують шляхом натяжки, при цьому знижується кількість компаунду, необхідного для заповнення повітряного проміжку між стрижнем і оболонкою. Це призводить до механічних навантажень у “спідницях” і зменшує термін служби ізоляторів.

Металева арматура (окільцевателі) призначена для з'єднання композитного ізолятора із проводом, несучою конструкцією (наприклад, опорою ПЛ), елементом електроустаткування (наприклад, шиною або з іншим ізолятором).

Окільцевателі композитних ізоляторів виготовляють з литого, штампованого алюмінію, ковкого чавуну або сталі. Для забезпечення необхідної механічної міцності окільцевателі прикріплюють до стрижня різними способами - обпресуванням, заливанням епоксидним компаундом, або з використанням металевго клина. Коли обпресування виконують рівномірно по колу окільцевателя, ізолятор має більшу розривну міцність на одиницю поперечного перерізу сердечника, ніж при використанні клеєного конічного окільцевателя. Однак, якщо пресформа зношена або використовуєть тільки двостороннє обпресування шестигранною матрицею, може відбутися злам стрижня ізолятора. Найбільш удале закладення стрижня ізолятора в окільцеватель відбувається підчас обпресування круглою матрицею методом витяжки. У цьому випадку в стрижні ізолятора не утворюються мікротріщини. Ці тріщини, як правило, не можуть бути виявлені підчас приймальних випробувань, а дефект проявляється вже в експлуатації.

У клинових, рідко застосовуваних, конструкціях окільцевателів створюються механічні навантаження, що передаються до центра стрижня. Вони можуть привести до утворення в сердечнику тріщин при досить малих крутних навантаженнях. Ізолятори з такими окільцевателями потребують особливої обережності під час монтажу й експлуатації.

При перекритті ізолятора електричною дугою на окільцевателях, де розташовуються опорні точки дуги, концентрується тепло. У конструкціях з обтисненням при нагріванні окільцевателі розширюються, тому їхнє з'єднання із стрижнем послабляється. У клейових епоксидних конструкціях розкладання клейової частини є типовою причиною пошкодження. У клиновій конструкції нагрівання стрижня призводить до пошкодження у результаті розклинення. На багатьох конструкціях окільцевателів встановлюються додаткові металеві диски (кільця) що охороняють окільцевателі від концентрованої в опорних точках теплової енергії дуги. Ізолятори більш високих класів напруги забезпечуються захисною арматурою для вирівнювання розподілу напруги. Однак у деяких випадках ця арматура може сильно ушкоджуватися від дії силової дуги. Якщо таке кільце не замінити відразу після його ушкодження, це може призвести в дуже короткий час до серйозного “коронного” ушкодження в ізоляторі.

До недоліків композиційних лінійних стрижневих підвісних ізоляторів слід віднести:

- неможливість роботи стрижня при складних навантажувальних режимах, що представляють собою розтягання у сполученні із крутінням, стиском або вигином;
- неявність місць перекриття, пробою, трекінгу й ерозії стрижня;
- необхідність повної заміни при пошкодженні;
- необхідність транспортування й зберігання за допомогою нестандартної тари.

Однак, аналіз даних, отриманих у процесі експлуатації цих ізоляторів, дозволяють зробити висновок, що ізолюючі конструкції на основі композиційних

ізоляторів цілком задовольняють вимогам щодо забезпечення надійності ліній електропередачі. Це визначає доцільність їхнього застосування, як для ремонтних цілей, так і для нового будівництва, особливо в мережах напругою 110 кВ, що перебувають у зонах інтенсивного забруднення, а також у мережах напругою 330 і 750 кВ і вище.

Контрольні питання.

1. Перелічіть основні параметри лінійних ізоляторів, які входять до номенклатури показників якості.
2. Назвіть функції, які виконують ізолятори.
3. Укажіть при яких напругах застосовуються штирові ізолятори.
4. Перелічіть основні елементи підвісних ізоляторів.
5. Перелічіть основними переваги композитних ізоляторів у порівнянні з ізоляторами з кераміки й скла.
6. Назвіть матеріали, з яких виготовляють композитні ізолятори.
7. Перелічіть недоліки композитних ізоляторів.

6. Перетинання і зближення ПЛ до 1 кВ з технічними спорудами і природними перешкодами

Підчас проектування, а також реконструкції існуючих ПЛ до 1 кВ повинні виконуватися вимога ПУЕ, які регламентують мінімальні відстані від ліній до різних споруджень і конструкцій. Виконання цих вимог дозволяє забезпечити нормовані режими роботи ПЛ і безпечні умови їхньої експлуатації.

Повітряні лінії електропередачі повинні розміщатися так, щоб їх опори не загороджували входів до будинків, в'їздів до дворів й не затрудняли руху транспорту й пішоходам. У місцях, де є небезпека наїзду транспорту, опори повинні бути захищені від наїзду, наприклад, відбійними тумбами.

Перевірку наближення проводів до будинків, будов і споруджень виконують з розрахунку нормативної швидкості вітру й вищої температури для даної місцевості. Для забезпечення механічної міцності на ПЛ рекомендують засто-

совувати провід перетином не менше: алюмінієвий 16 мм², сталєалюмінієвий й біметалічний 10 мм², сталевий багатодротовий 25 мм², а також сталевий однодротовий діаметром 4 мм.

У районах з одноповерховою забудовою відгалуження від ПЛ до введення рекомендують виконувати проводами з атмосферостійкою ізоляцією, причому довжина відгалуження від ПЛ до введення повинна бути не більше 25 м.

При перетинанні ПЛ із вулицями й площами міст і селищ, а також з різними спорудами кут перетинання не нормується .

Відстань, яку рекомендують, від проводів при найбільшій стрілі прогину до землі й проїзної частини вулиць, повинна бути не менше 6 м. Ця відстань може бути зменшена у важкодоступній місцевості до 3,5 м і в недоступній місцевості (схили гір, скелі, стрімчаки і т.п.) до 1 м.

Коли відгалуження від ПЛ до введень перетинають непроїзну частину вулиць, відстань від проводів до тротуарів і пішохідних доріжок допускають зменшити до 3,5 м. При неможливості дотримання зазначеної відстані слід встановлювати додаткову опору або конструкцію на будинку.

При визначенні відстані від проводів ПЛ до поверхні землі або води, а також до різних споруд при проходженні ПЛ над ними слід враховувати найбільшу стрілу прогину проводів без нагрівання їх електричним струмом, що може вийти в одному із двох розрахункових випадків: проводи покриті ожеледдю, температура навколишнього повітря -5°C, вітер відсутній; температура навколишнього повітря вища, вітер відсутній.

Відстань по горизонталі від проводів при найбільшому їхньому відхиленні до будинків і будов повинне бути не менше: 1,5 м - до балконів, терас, вікон, і 1 м - до глухих стін. Не допускають проходження ПЛ над будинком, за винятком підходів відгалужень від ПЛ до введень до будинків .

Відстані, які рекомендують, по горизонталі від опор ПЛ до підземних кабелів, трубопроводів і надземних колонок різного призначення, наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 - Найменша припустима відстань по горизонталі від підземних частин опор або заземлюючих пристроїв опор до підземних кабелів, трубопроводів і наземних колонок

Об'єкт зближення	Відстань, м
Водо-, паро - і теплопроводи, розподільні газопроводи, каналізаційні труби	1
Пожежні гідранти, колодязі, люки каналізації, водорозбірні колонки	2
Кабелі (крім кабелів зв'язку, сигналізації й провідного віщання)	1
Те ж, але при прокладці їх в ізольованій трубі	0,5

Не рекомендують виконувати перетинання ПЛ із судноплавними річками. При необхідності виконання заданого вище перетинання на такі ПЛ поширюють вимоги, які ставлять до ПЛ напругою вище 1 кВ. При перетинанні несудохідних і замерзаючих невеликих рік, каналів і т.п. рекомендують розташовувати проводи ПЛ на висоті не менше 2 м до найвищого рівня води, і не менш 6 м. - до поверхні льоду.

При проходженні ПЛ лісовими масивами і зеленими насадженнями вирубка просіки не обов'язкова. При цьому відстань від проводів при найбільшій стрілі їхнього прогину або найбільшому відхиленні до рослинності повинне бути не менше 1 м.

Перетинання ПЛ до 1 кВ між собою рекомендують виконувати на перехресних опорах. Можуть застосовуватись анкерні або проміжні опори. Допускається також перетинання в прольоті, але при цьому відстань по вертикалі між найближчими проводами пересічних ПЛ при температурі навколишнього повітря +15°C без вітру повинна бути не менше 1 м.

Перетинання ПЛ із лініями зв'язку й сигналізації (ЛС) і лініями радіотрансляційних мереж (РМ) виконують з дотриманням наступних вимог:

- відстань по вертикалі від проводів ПЛ до проводів або підвісних кабелів ЛС і РМ у прольотах перетинання при найбільшій стрілі прогину повинна бути не менше 1,25 м;
- відстань по вертикалі від проводів ПЛ до проводів або підвісних кабелів РМ при перетинанні на загальній опорі повинна бути не менше 1,5 м;
- місце перетинання проводів ПЛ із проводами або підвісними кабелями ЛС і РМ у прольоті повинне перебувати на відстані не менше 2 м від найближчої опори ПЛ, але по можливості ближче до опори ПЛ.

При перетинанні неізолюваних проводів ПЛ з ізолюваними проводами ЛС і РМ слід дотримуватись наступних вимог:

- перетинання проводів ПЛ з проводами ЛС необхідно виконувати тільки в прольоті. Перетинання проводів із проводами РМ може виконуватись як у прольоті, так і на загальній опорі;
- проводи ЛС і РМ на ділянці перетинання повинні мати атмосферостійку ізоляцію з іспитовою напругою не менше 2 кВ і коефіцієнт запасу міцності на розтягання при найгірших метеорологічних умовах даної місцевості не менше 1,5.
- проводи ПЛ слід розташовувати над проводами ЛС і РМ. На опорах, що обмежують проліт перетинання, слід здійснювати подвійне кріплення або глухе в'язання проводів ПЛ;
- з'єднання проводів ПЛ, а також проводів ЛС і РМ у прольотах перетинання не допускають. Проводи ПЛ повинні бути багатодротовими з перетинами не менше: 35 мм^2 - для алюмінієвих проводів, 16 мм^2 - для сталюалюмінієвих і 25 мм^2 для сталевих проводів.

При перетинанні неізолюваних проводів ПЛ із підземним або підвісним кабелем ЛС і РМ слід виконувати наступні вимоги:

- відстань від підземних кабелів ЛС і РМ до заземлювача опори (або до залізобетонної опори) ПЛ повинна бути не менше 3 м у населеній місцевості й 10 м у ненаселеній;

- відстань від підземних кабелів ЛС і РМ до незаземленої дерев'яної опори ПЛ повинна становити в ненаселеній місцевості не менш 5 м, у населеній – не менше 2 м;
- проводи ПЛ повинні розташовуватись над підвісним кабелем ЛС і РМ;
- з'єднання проводів ПЛ у прольоті перетинання з підвісним кабелем ЛС і РМ не допускають. Проводи ПЛ у прольоті перетинання з підвісним кабелем ЛС і РМ повинні бути багатодротовими, перерізом не менше: 35 мм^2 - для алюмінієвих проводів, 16 мм^2 - для сталєалюмінієвих і 25 мм^2 - для сталевих проводів;
- металева оболонка підвісного кабелю й трос, на якому підвішений кабель, повинні бути заземлені на опорах, що обмежують проліт перетинання;
- відстань по горизонталі від підстави кабельної опори ЛС і РМ до проекції найближчого проводу ПЛ на горизонтальну площину повинне бути не менше висоти опори ПЛ.

При перетинанні неізолюваних проводів ПЛ із неізолюваними проводами ЛС і РМ слід дотримуватися наступних вимог:

- перетинання проводів ПЛ із проводами ЛС і РМ виконують тільки в прольоті. Перетинання проводів ПЛ із абонентськими й фідерними лініями РМ напругою між проводами до 360 В допускають виконувати на опорах ПЛ;
- опори ПЛ, що обмежують проліт перетинання, повинні бути анкерного типу;
- проводи ліній зв'язку повинні мати коефіцієнт запасу міцності на розтягання при найгірших метеорологічних умовах даної місцевості не менше 2,2 для проводів як сталевих, так і з кольорового металу;
- проводи ПЛ слід розташовувати над проводами ЛС і РМ. На опорах, що обмежують проліт перетинання, проводи ПЛ повинні мати подвійне кріплення;
- з'єднання проводів ПЛ, а також проводів ЛС і РМ у прольотах перетинання не допускається. Проводи ПЛ повинні бути багатодротовими з перерізом не менше: 35 мм^2 - для алюмінієвих, 25 мм^2 - для сталєалюмінієвих і сталевих проводів.

При перетинанні ізолюваних проводів ПЛ з неізолюваними проводами ЛС і РМ слід дотримуватися наступних вимог:

- перетинання проводів ПЛ із проводами ЛС повинне виконуватися тільки в прольоті. Перетинання проводів ПЛ із проводами РМ може виконуватись як у прольоті, так і на загальній опорі;
- опори ПЛ, що обмежують проліт перетинання із ЛС і РМ можуть бути проміжного типу, але посилені додатковою приставкою або підкосом;
- проводи ПЛ на ділянці перетинання повинні мати атмосферостійку ізоляцію з іспитовою напругою не менше 2 кВ і коефіцієнт запасу міцності на розтягання при найгірших метеорологічних умовах даної місцевості не менше 1,5;
- проводи ПЛ слід розташовувати над проводами ЛС і РМ. На опорах, що обмежують проліт перетинання, проводи або несучі їх троси ПЛ повинні мати подвійне кріплення або глухе в'язання. З'єднання проводів ПЛ, а також проводів ЛС і РМ у прольотах перетинання не допускається.

При зближенні ПЛ із повітряними ЛС і РМ відстань по горизонталі між крайніми проводами цих ліній повинне бути не менше 2 м, а в стислих умовах - не менше 1,5 м. У всіх інших випадках відстань між лініями повинне бути не менш висоти найбільшої опори ПЛ, ЛС і РМ.

Спільна підвіска на загальних опорах проводів нових ПЛ і неізольованих проводів РМ не допускається. На загальних опорах допускають спільну підвіску проводів ПЛ та ізольованих проводів РМ.

Вимоги, які пред'являються до виконання ПЛ при перетинанні й паралельному проходженні із залізницями, а також з автомобільними шляхами залежать від категорійності цих шляхів. Вибір варіанта перетинання рекомендують робити на основі техніко-економічних розрахунків.

При перетинанні ПЛ із автомобільними шляхами відстань по вертикалі від проводів ПЛ до проїзної частини доріг при найбільшій стрілі прогину повинна бути не менше 6 м.

Відстань від проводів ПЛ до дорожніх знаків і їхніх несучих тросів повинна становити не менше 1 м. Несучі троси в місцях перетинання із ПЛ необхідно заземлювати. Опір заземлюючого пристрою не повинен перевищувати 10 Ом.

При перетинанні й зближенні ПЛ із контактними проводами й несучими тросами трамвайних і тролейбусних ліній, варто виконувати наступні вимоги:

- ПЛ, як правило, повинні розташовуватися поза зоною, зайнятою спорудженнями контактних мереж, включаючи опори;
- проводи ПЛ рекомендують розташовувати над несучими тросами контактних проводів. Проводи ПЛ повинні бути багатодротовими з перерізом не менше: алюмінієві - 35 мм²; сталеві й сталеалюмінієві - 16 мм². З'єднання проводів ПЛ у прольотах перетинань не допускається.
- відстань від проводів ПЛ при найбільшій стрілі прогину повинна бути не менше 8 м до головки рейки трамвайної лінії й 10,5 м до проїзної частини вулиці в зоні тролейбусної лінії. При цьому у всіх випадках відстань від проводів ПЛ до несучого троса або контактного проводу повинна бути не менше 1,5 м. У зоні розташування контактних мереж опори ПЛ повинні бути анкерними, а кріплення проводів - подвійним;
- спільну підвіску на опорах тролейбусних ліній контактних проводів і проводів ПЛ напругою не більше 380 В допускають при дотриманні наступних умов: опори тролейбусних ліній повинні мати механічну міцність, достатню для підвіски проводів ПЛ; відстань між проводами ПЛ і кронштейном або пристроєм кріплення несучого троса контактних проводів повинне бути не менше 1,5 м.

При перетинанні й зближенні ПЛ із канатними дорогами й надземними металевими трубопроводами повинні бути виконані наступні вимоги:

- ПЛ повинна проходити під канатною дорогою; проходження ПЛ над канатною дорогою не допускають;
- канатні дороги повинні мати знизу містки або сітки для огороження проводів ПЛ;
- при проходженні ПЛ під канатною дорогою або під трубопроводом проводи ПЛ повинні перебувати від них на відстані: при найменшій стрілі прогину до містків або сіток, що огорожують, канатної дороги або до трубопроводу не менше 1 м; при найбільшій стрілі прогину й найбільшому відхиленні проводів до елементів канатної дороги або до трубопроводу не менше 1 м;

- при перетинанні ПЛ із трубопроводом, розташованим під ПЛ, відстань від проводів ПЛ до елементів трубопроводів при найбільшій стрілі прогину повинна бути не менше 1 м;
- при паралельному проходженні ПЛ із канатною дорогою або із трубопроводом відстань по горизонталі від проводів ПЛ до канатної дороги або трубопроводу повинна бути не менше висоти опори;
- опір заземлення трубопроводу в прольоті перетинання повинен бути не більше 10 Ом.

Проходження ПЛ до 1 кВ не допускають по територіям стадіонів і шкіл, а також територіями спортивних комплексів, піонерських таборів.

7. Перетинання і зближення ПЛ вище 1 кВ з технічними спорудами й природними перешкодами

При проектуванні ПЛ напругою вище 1 кВ і їхньої експлуатації ПУЕ рекомендує дотримуватись ряду вимог, застосування яких обґрунтовано багаторічним досвідом експлуатації даних ліній.

У міській межі при проходженні ПЛ уздовж вулиці допускається розташування проводів над проїзною частиною. Кут перетинання ПЛ із вулицями не нормують. Опори слід встановлювати на відстані не менше 1,5 м від кювету або бордюрного каменю проїзної частини вулиці.

У прольоті перетинання ПЛ із вулицями (проїздами) проводи й троси не повинні мати з'єднань. Відстані, які рекомендують, від проводів ПЛ до поверхні землі на населеній місцевості при найбільшій стрілі прогину (без обліку нагрівання проводів електричним струмом), наведені у табл. 7.1.

Не рекомендують проходження ПЛ над будинками й спорудженнями, за винятком зроблених з негорючих матеріалів виробничих будівель та споруд промислових підприємств.

Територіями стадіонів і дитячих установ проходження ПЛ не допускають.

Таблиця 7.1 - Найменша відстань від проводів ПЛ до поверхні землі, будинків і споруджень на населеній місцевості

Умови роботи ПЛ	Умови роботи ПЛ	Найменша відстань, м, при напрузі ПЛ, кВ					
		до 35	110	150	220	330	500
Нормальний режим	До поверхні землі	7	7	7,5	8	8	8
	До будинків або споруджень	3	4	4	5	6	-
Обрив провoda в сусідньому прольоті	До поверхні землі	4,5	4,5	5	5,5	6	-

Відстані, що їх рекомендують по горизонталі від крайніх проводів ПЛ при найбільшому їхньому відхиленні до найближчих виступаючих частин будинків і споруджень, наведені в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Найменші відстані по горизонталі від проводів ПЛ до виступаючих частин будинків і споруджень

Напруга ПЛ, кВ	20	35-110	150	220	330	500
Відстань, яку рекомендують, м	2	4	5	6	20	30

При перетинанні ПЛ рекомендують відстані між найближчими проводами й тросами пересічних ПЛ на металевих і залізобетонних опорах, а також на дерев'яних опорах при наявності грозозахисних пристроїв при температурі навколишнього повітря +15°C без вітру, наведені в табл. 7.3.

Проведення ПЛ більш високої напруги, як правило, повинні бути розташовані над проводами ПЛ більш низької напруги. Допускають, як виключення,

проходження ПЛ 35 кВ і вище з перерізом проводів 120 мм² і більше над про-
водами ПЛ більш високої напруги, але не вище 220 кВ.

**Таблиця 7.3 - Найменша відстань між проводами або між проводами й троса-
ми пересічних ПЛ на металевих і залізобетонних опорах, а також на дерев'яних
опорах при наявності грозозахисних пристроїв**

Довжина прольоту ПЛ, м	Найменша відстань, м, при відстані від місця перетинання до найближчої опори ПЛ, м					
	30	50	70	100	120	150
При перетинанні ПЛ 500-330 кВ між собою й з ПЛ більш низької напруги						
До 200	5	5	5	5,5	-	-
300	5	5	5,5	6	6,5	7
450	5	5,5	6	7	7,5	8
До 220	4	4	4	4	-	-
300	4	4	4	4,5	5	5,5
450	4	4	5	6	6,5	7
При перетинанні ПЛ 110-20 кВ між собою й з ПЛ більш низької напруги						
До 220	3	3	3	4	-	-
300	3	3	4	4,5	4	-
При перетинанні ПЛ 10 кВ між собою й з ПЛ більш низької напруги						
До 100	2	2	-	-	-	-
150	2	2,5	2,5	-	-	-

При перетинанні проводів ПЛ із неізольованими проводами ЛС і РМ необ-
хідно дотримувати наступних вимог:

- кут перетинання проводів ПЛ із проводами ЛС і РМ повинен бути по можли-
вості близький до 90°.

- місце перетинання слід вибирати можливо ближче до опори ПЛ. При цьому
відстань по горизонталі від опор ПЛ до проводів ЛС і РМ повинна бути не ме-
нше 7 м, а від опор ЛС і РМ до проекції найближчого проводу ПЛ - не менше
15 м. Крім того, відстань у світлі від проводів ПЛ 400 і 500 кВ до вершин опор
ЛС і РМ повинна бути не менше 20 м.

Не допускається розташування опор ЛС і РМ під проводами ПЛ.

- опори ПЛ, що обмежують проліт перетинання із ЛС і РМ, повинні бути анкерними, залізобетонними, металевими або дерев'яними. Дерев'яні опори повинні бути посилені додатковими приставками або підкосами.

Перетинання ПЛ 35 кВ і вище із ЛС і РМ можна виконувати на проміжних опорах при застосуванні на ПЛ проводів перетином 120 мм² і більше.

- проводи ПЛ повинні бути розташовані над проводами ЛС і РМ. Проводи ПЛ у прольоті перетинання із ЛС і РМ повинні бути багатодотовими перерізом не менше: алюмінієві - 70 мм², сталеві - 25 мм².

- проводи й троси ПЛ, а також проводи ЛС і РМ не повинні мати з'єднань у прольоті перетинання. При застосуванні на ПЛ проводів перерізом 240 мм² і більше, а у випадку розщеплення фази на три проводи - 150 мм² і більше допускають установку одного сполучного затискача на проводі.

- у прольоті перетинань ПЛ із ЛС і РМ на опорах ПЛ повинні застосовуватись тільки підвісні ізолятори й глухі затискачі.

- відстані по вертикалі від проводів ПЛ до пересічних проводів ЛС і РМ у нормальному режимі ПЛ і при обриві проводів у суміжних прольотах ПЛ повинні бути не менше наведених у табл. 7.4.

Таблиця 7.4 - Найменша відстань по вертикалі від проводів ПЛ до проводів ЛС і РМ

Розрахунковий режим ПЛ	Найменша відстань, м, при напрузі ПЛ, кВ							
	до 10	20	35	110	150	220	330	500
Нормальний:								
а) ПЛ на дерев'яних опорах при наявності грозозахисних пристроїв, а також на металевих і залізобетонних опорах	2	3	3	3	4	4	5	5
б) ПЛ на дерев'яних опорах при відсутності грозозахисних пристроїв	4	4	5	5	6	6	7	7
Обрив проводів у суміжних прольотах на ПЛ із підвісною ізоляцією	1	1	1	1	1,5	2	2,5	3,5

При перетинанні й зближенні ПЛ із залізницями відстані від основи опори ПЛ до будов на неелектрифікованих залізницях або до осі опор контактної мережі електрифікованих доріг повинні бути не менше висоти опори плюс 3 м. На ділянках стиснутої траси допускають ці відстані приймати не менше: 3 м для ПЛ до 20 кВ, 6 м для ПЛ 35-150 кВ, 8 м для ПЛ 220-330 кВ і 10 м для ПЛ 500 кВ.

При перетинанні електрифікованих і залізниць загального користування, які підлягають електрифікації, рекомендується застосовувати металеві анкерні опори.

При перетинанні й зближенні ПЛ із автомобільними дорогами рекомендують відстані, які наведені в табл. 7.5.

Таблиця 7.5 - Найменша відстань при перетинанні й зближенні ПЛ з автомобільними дорогами

Перетинання або зближення	Найменша відстань, м, при напрузі ПЛ, кВ					
	до 20	35-110	150	220	330	500
Відстань по вертикалі:						
а) від проводів до полотна дороги:						
у нормальному режимі ПЛ	7	7	7,5	8	8,5	9
при обриві проводу в сусідньому прольоті	5	5	5,5	5,5	6	-
б) від проводу до транспортних засобів у нормальному режимі ПЛ	2,5	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5
Відстані по горизонталі:						
а) від основи опори до брівки земляного полотна дороги при перетинанні	Висота опори					
б) те ж, але при паралельному проходженні	Висота опори плюс 5 м					
в) те ж, але на ділянках стиснутої траси від будь-якої частини опори до підшви насипу дороги або до зовнішньої брівки кювету:						
при перетинанні доріг категорій I і II	5	5	5	5	10	10
при перетинанні доріг інших категорій	1,5	2,5	2,5	2,5	5	5
г) при паралельному проходженні від крайнього проведення при невідхиленому положенні до брівки земляного полотна дороги	2	4	5	6	8	10

Кут перетинання ПЛ з автомобільними дорогами не нормується.

При перетинанні й зближенні ПЛ із тролейбусними й трамвайними лініями мінімальні відстані по вертикалі при найбільшій стрілі прогину проводів наведені в табл.7.6.

У нормальному режимі відстані по вертикалі перевіряють при найбільшій стрілі прогину без урахування нагрівання проводу електричним струмом.

В аварійному режимі відстані по вертикалі перевіряють для ПЛ з проводами перерізом менше 185 мм² при середньорічній температурі без ожеледі й вітру. Для ПЛ з проводами перерізом 185 мм² і більше перевірку відстаней за аварійним режимом не виконують.

Таблиця 7.6 - Найменша відстань від проводів ПЛ при перетинанні й зближенні з тролейбусними й трамвайними лініями

Перетинання або зближення	Найменша відстань, м, при напрузі ПЛ, кВ			
	до 110	150-220	330	500
Відстані по вертикалі від проводів ПЛ:				
а) при перетинанні із тролейбусною лінією (у нормальному режимі):				
до вищої відмітки проїзної частини	11	12	13	13
до проводів контактної мережі або несучих тросів	3	4	5	5
б) при перетинанні з трамвайною лінією (у нормальному режимі):				
до головки рейки	9,5	10,5	11,5	11,5
до проводів контактної мережі або несучих тросів	3	4	5	5
в) при обриві проводу ПЛ у сусідньому прольоті до проводів або несучих тросів тролейбусної або трамвайної лінії	1	2	2,5	-
Відстань по горизонталі при зближенні від відхилених проводів ПЛ до опор тролейбусних і трамвайних контактних мереж	3	4	5	5

Для проходження ПЛ по лісових масивах повинні бути прорубані просіки. При визначенні ширини просіки враховують умови експлуатації ПЛ і лісового

господарства з погляду небезпеки падіння дерев на ПЛ і можливості швидкої ліквідації пошкоджень. Ширину просік для ПЛ у лісових масивах і зелених насадженнях приймають рівною:

1. У насадженнях низькорослих порід висотою до 4 м - не менше відстані між крайніми проводами ПЛ плюс по 3 м в кожную сторону від крайніх проводів

2. У насадженнях висотою більше 4 м:

а) для всіх ПЛ 330-500 кВ, а також для радіальних ПЛ 220 кВ і нижче, що є єдиним джерелом живлення споживачів, - не менше відстані між крайніми проводами плюс відстані, рівні висоті основного лісового масиву, з кожної сторони від крайніх проводів ПЛ;

б) для інших ПЛ 220 кВ і нижче, відключення яких не викликає припинення живлення споживачів, - не менше: 3 м для ПЛ до 20 кВ; 4 м для ПЛ 35-110 кВ; 5 м для ПЛ 150-220 кВ; 6 м для ПЛ 350-500 кВ.

Висоту основного лісового масиву приймають з урахуванням його перспективного зростання на 25 років.

При перетинанні ПЛ з водними просторами мінімальні відстань від нижніх проводів ПЛ до поверхні води наведені в табл. 7.7.

Таблиця 7.7 - Найменша відстань від проводів ПЛ до поверхні води, габариту суден або сплаву

Відстань	Найменша відстань, м, при напрузі ПЛ, кВ				
	до 110	150	220	330	500
До найбільшого рівня високих вод судноплавних річок, каналів і т.п. при вищій температурі	6	6,5	7	7,5	8
До габариту суден або сплаву при найбільшому рівні високих вод і вищій температурі	2	2,5	3	3,5	4
До найбільшого рівня високих вод несудоходних річок, каналів і т.п. при температурі плюс 15°C	3	3,5	4	4,5	5
До рівня льоду несудоходних річок, каналів і т.п. при температурі мінус 5°C при наявності ожеледі	6	6,5	7	7,5	8

Контрольні питання.

1. Перелічіть мінімальні перерізи, проводів, що забезпечують механічну міцність ПЛ.
2. Назвіть, яка відстань рекомендується від проводів при найбільшій стрілі прогину до землі і проїзної частини вулиць.
3. Назвіть мінімальну відстань по горизонталі до будинків і будов проводів ПЛ напругою до 1 кВ при найбільшому їхньому відхиленні.
4. Перелічіть вимоги, які слід виконувати при перетинанні ПЛ до 1 кВ несудоходних і замерзаючих рік.
5. Перелічіть вимоги, які слід виконувати при перетинанні ПЛ до 1 кВ з лініями зв'язку й лініями радіотрансляційних мереж .
6. Перелічіть вимоги, які ставлять до виконання ПЛ до 1 кВ при перетинанні й паралельному проходженні із залізничними й автомобільними шляхами.
7. Перелічіть вимоги, які треба виконувати при перетинанні й зближенні ПЛ із контактними проводами й несучими тросами трамвайних і тролейбусних ліній.
8. Назвіть мінімальні відстані по горизонталі від проводів ПЛ вище 1 кВ до виступаючих частин будинків і споруд.
9. Перелічіть вимоги, які слід виконувати при перетинанні проводів ПЛ вище 1 кВ із неізолюваними проводами ЛС і РМ.
10. Перелічіть вимоги, які треба виконувати при перетинанні й зближенні ПЛ вище 1 кВ з автомобільними шляхами.

Таблиця 1 - Основні розміри дерев'яних опор із залізобетонними приставками на напругу до 1 кВ

Тип опори	Довжина стійки, мм	Число проводів	Глибина установки в ґрунт	Відстань від нижнього проводу до землі, мм	Спосіб кріплення проводів
Проміжна ПН-7,5	6500	5	1700		На гаках
Проміжна ПН-7,85	6500	5(6)	1800	7850	На одному траверсі
Проміжна ПН-8,05	7500	8 (12)	2000	8050	На двох траверсах
Проміжна ПН-9,05	8500	8 (12)	2000	9050	На двох траверсах
Перехресна й відгалужена ПОН-7,6	7500	5	2000	7750	На гаках
Перехресна й відгалужена ПОН-8,25	7500	5 (6)	1800	8250	На траверсі
Перехресна й відгалужена ПОН-7,85	8500	8 (12)	2000	8450	На двох траверсах
Кінцева КН-7,35	7500	5	2050	7350	На гаках
Кінцева КН-7,95	6500	5 (6)	1850	7950	На траверсі
Кутова УН-795	6500	5 (6)	1850	7950	На траверсі
Кутова анкерна УАН-7,5	7500	8(12)	2200	7500	На двох траверсах
Анкерна АН- 9,6	8500	8(12)	2400	9600	На двох траверсах
Кінцева відгалуження КН-7,7	8500	8(12)	2200	7700	На двох траверсах

Таблиця 2 - Основні розміри дерев'яних опор із залізобетонними приставками на напругу 6-10кВ

Тип опори	Тип залізобетонної приставки	Довжина, мм		Глибина установки в ґрунт, мм	Висота від нижнього проводу або траверси до землі, мм
		стійки	приставки		
П-8, 0-0- I	ПТо-2, 2-4,25	9000	4250	1800	8350
П-9, 8-I	ПТ-4, 2-6,0	9000	2000	2000	9100
П-10, 2-I I; П- 10-I I I	ПТо-4, 2-6,0	8500	6000	2000	10000
А-8, 5-I; А-8, 5-II; А-8, 5-III	ПТо 2, 2-4,25	8500	4200	1800	8250
А-10, 2-I; А10.2-II; А-10, 2-III	ПТо-4, 2-6,0	8500	6000	2000	10200
УП-8, 5-I; УП-8, 5-II; УП-8, 5-III	ПТо 2, 2-4,25	8500	4250	2000	8650
УП-10, 5-I; УП10, 5-II; УП-10, 5-III	ПТо-4, 2-6,0	8500	6000	2000	10400
У-8, 3-I; В-8, 3-II; В-8, 1-III	ПТо-2, 2-4,25	9500	4250	1800	8150
У-10, 3-I; В-10, 2-II; В-10, 1-III	ПТо-4, 2-6,0	9500	6000	2000	10100
К-8, 3-I; ДО-8, 3-II; ДО-8, 3-III	ПТо-2, 2-4,25	8500	4250	2100	8350
К-10, 3-I; ДО-10, 3-II; ДО-10, 3-III	ПТо-4, 2-6,0	8500	6000	2100	10100

Примітка: У позначенні опор: буква - тип опори; цифра - висота підвісу; римська цифра - вид виконання

**Таблиця 3 - Основні технічні параметри залізобетонних опор
для ПЛ напругою до 1000В.**

Марки проводів і їхній переріз, мм	Висота опори, м	Маса стійкі, кг
Проміжні опори		
A-3x95+2x50+1x35; Ж-4x4	9,25	907,5
A-3x95+2x50+1x35; Ж-2x4	10	1020
A-3x95+2x50+1x35; Ж-4x4	11	1132,5
A-3x35;Ж-4x4	8,35	790
A-3x35;Ж-2x4	9,1	865
A-3x35;Ж-4x4	10,1	1020
Кутові опори		
A-3x95+2x50+1x35; Ж-4x4	9,25	1492,5
A-3x95+2x50+1x35; Ж-2x4	10	1655
A-3x95+2x50+1x35; Ж-4x4	11	1855
A-3x35;Ж-4x4	8,35	1322,5
A-3x35;Ж-2x4	9,1	1217,5
A-3x35;Ж-4x4	10,1	1652,5
Відгалужені опори		
A-3x95+2x50+1x35; Ж-4x4	9,25	1475
A-3x95+2x50+1x35; Ж-2x4	10	1565
A-3x95+2x50+1x35; Ж-4x4	11	1820
A-3x35;Ж-4x4	8,35	1320
A-3x35;Ж-2x4	9,1	1217,5
A-3x35;Ж-4x4	10,1	1565
Проміжні опори		
A-3x70+1x35	9,1	915
A-3x70+4x35+1x16	8,2	810
A-3x70+4x35+1x16	9,7	967,3
Відгалужені опори		
A-3x70+1x35	8	900
A-3x70+1x35	9,5	1077,5
A-3x70+4x35+1x16	9	1032,5
A-3x70+4x35+1x16	10,5	1435
Кутові опори		
A-3x70+1x35	7,6	1027
A-3x70+1x35	9,1	1220
A-3x70+4x35+1x16	8,4	1317,5
A-3x70+1x35+1x16	9,7	1567,5

Таблиця 4 - Розміри опор з вібраного попередньо напруженого залізобетону

Опора	Глибина установки опори в ґрунт, мм	Відстань від землі до траверси, мм	Відстань від землі до проводів, мм	Відстань між проводами на траверсі, мм
Проміжна	2200	8800	9100	1250
Кутова проміжна (кут до 45°) з відтягненням	1795	7905	8100	2000
Анкерна (з відтягненням)	1915	7905	8100	2250
Кутова анкерна (кут до 90°) з відтягненням	1915	7905	8100	2500
Кінцева (з відтягненням)	1915	7905	8100	2500
Відгалужена анкерна	1915	7535	7730	2500
Перехідна (підвищена)	3000	12135	12330	1800
Кутова проміжна А-подібна (на кут 45°)	1600	7705	7900	2000
Анкерна А-подібна	1600	7600	7900	1800
Кінцева А-подібна	1600	7705	7900	1800
Кутова анкерна А-подібна до 90° з підставною опорою	1600	7705	7900	2500
Кінцева з роз'єднувачем (А-подібна)	1600	-	6500	1800

Примітка: Відстань від оголовка до траверси для всіх опор - 1300мм, від траверси до рами роз'єднувача у кінцевої (А-подібної) опори з роз'єднувачем - 1400мм.

Таблиця 5 - Номенклатура показників якості ізоляторів

Найменування показника якості	Позначення показника якості	Найменування характеризуваної властивості
1	2	3
1. Показники призначення		
1.1. Механічна (електромеханічна) руйнуюча сила ізолятора, кН	F	Механічна міцність
1.2. Механічна руйнуюча сила залишку ізолятора, кН	F _{ост}	Механічна міцність
1.3. Пробивна напруга частотою 50 Гц, кВ	U _{пр}	Електрична міцність тіла ізолятора
1.4. Імпульсна напруга, що витримується, з формою хвилі 1,2/50 мкс, кВ	U _{в.и}	Електрична міцність по поверхні ізолятора
1.5. Напруга, що витримується, частотою 50 Гц в сухому стані, кВ	U _{в.с}	Те ж
1.6. Напруга, що витримується, частотою 50 Гц під дощем, кВ	U _{в.д}	Те ж
1.7. Допустиме напруження при нормованому рівні радіоперешкод, кВ (припустимий рівень радіоперешкод при нормованій напрузі, дБ)	U _п	-
1.8. Испитова електрична напруга, кВ	U _{ис}	Електрична міцність
1.9. Розрядні градієнти (за будівельною висотою або довжиною шляху витоків) забруднених і зволжених ізоляторів, застосовуваних у районах із забрудненою атмосферою, кВ/см	E _г	Електрична міцність по поверхні забруднених ізоляторів
1.10. Електричний опір, МОм	R	-
1.11. Термостійкість	-	Стійкість до перепаду температури
1.12. Термомеханічна міцність	-	Механічна міцність при граничних значеннях температури
1.13. Будівельна висота, мм	H	-
1.14. Діаметр, мм	D	-
1.15. Довжина шляху витоків, мм	L	-
2. Показники економічного використання сировини, матеріалів, палива й енергії		
Маса, кг	m	Економічність витрати матеріалу
3. Показники надійності		
3.1. Показники безвідмовності		
3.1.1. Імовірність безвідмовної роботи	P(t)	Безвідмовність
3.1.2. Середньорічний рівень відмов, 1/рік	P	Те ж
3.1.3. Середній наробіток до відмови, год	-	Те ж

Продовження табл. 5.

1	2	3
4. Показники технологічності		
4.1. Питома матеріалоємність, кг/кН, кг/мм	m	-
4.2. Енергоємність	Э	Витрати палива й енергії на технологічні процеси виготовлення
5. Патентно-правові показники		
5.1. Показники патентної чистоти	Пп.ч.	-
6. Показники однорідності		
6.1. Середнє квадратичне відхилення основного параметра, кН, кВ	σ	Однорідність
6.2. Вихід придатних ізоляторів при суцільному контролі, %	-	Те ж
7. Економічні показники		
7.1. Собівартість	C	Економічність виготовлення
7.2. Оптова ціна	$C_{\text{опт}}$	-

Список літератури

1. Магидин Ф.А. Воздушные линии электропередачи. – М.: Высш. школа, 1991. – 207 с.
2. Матеріали першої міжнародної конференції «Багатогранні гнуті стійки».– Кременец, 2006.
3. Н.И.Белоруссов. Электрические кабели и провода. М.: Энергия, 1971, – 510с.
4. ГОСТ 4.100–83 Изоляторы линейные.
5. Правила устройю электроустановок

Зміст

	Стор
1. Класифікація повітряних ліній електропередачі	3
2. Основні елементи повітряних ліній	6
3. Опори повітряних ліній електропередачі	8
3.1. Дерев'яні опори.	9
3.2. Залізобетонні опори	13
3.3. Металеві опори	16
3.4. Способи закріплення опор у ґрунті.....	26
4. Проводи й троси	29
5. Лінійні ізолятори	37
6. Перетинання і зближення ПЛ до 1 кВ з технічними спорудами і природними перешкодами.....	45
7. Перетинання й зближення ПЛ вище 1 кВ з технічними спорудами і природними перешкодами	52
ДОДАТОК.....	60
Список літератури.....	65

НАВЧАЛЬНЕ ВИДАННЯ

Повітряні лінії електропередачі. Текст лекцій з дисципліни «Кабельні та повітряні лінії електропередачі» (для студентів 4 курсу денної та 5 курсу заочної форм навчання спеціальності 6.090603 – «Електротехнічні системи електроживлення»)

Автор: Євген Дмитрович Дьяков

Відповідальний за випуск : В.Ф.Рій

Редактор: Д.Ф. Курильченко

План 2008, поз.8Л

Підп. до друку 14.07.2008	Формат 60x84 1x16	Папір офісний
Друк на ризографі.	Умов.-друк. арк.. 2,8	Обл.- вид. 3.2
Тираж 100 прим.	Зам. № _____	

61002, Харків, ХНАМГ вул. Революції, 12,

Сектор оперативної поліграфії ЦНІТ ХНАМГ

61002, Харків, вул. Революції, 12,