

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

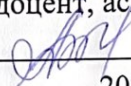
Бакалаврська дипломна робота на тему:

**АНАЛІЗ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ТА МЕТОДІВ
РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ**

Виконав: студент 4 курсу групи Е-22мсз
спеціальності 141 – «Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка»
за ОП «Електроенергетика та електротехніка
та електромеханіка»

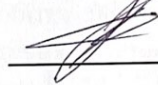
Майданевич С. Л. 

Керівник: К.т.н., доцент, асистент каф. ЕСС

Адлер О.О. 

«___» _____ 2024 р.

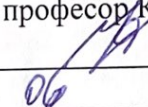
Рецензент: К.т.н., доцент кафедр ЕССЕМ



Васильюк Ю.П.

«___» _____ 2024 р.

Допущено до захисту
завідувач кафедри ЕСС
д.т.н., професор Комар В. О.

«17»  2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024 рік

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ЕСС

д.т.н., професор Комар В. О.

«11» 03 2024р.

З А В Д А Н Н Я

НА БАКАЛАВРСЬКУ ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Майданевичу Сергію Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи. « Аналіз конструктивних особливостей та методів розрахунку параметрів повітряних ліній електропередач»
Керівник роботи К.т.н., доцент, асистент каф. ЕСС Адлер О.О.
затверджена наказом вищого навчального закладу від 11.03.2024 року
№ 80

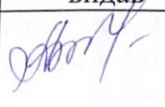
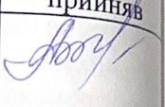
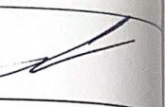
2. Термін подання студентом роботи 06 червня 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Перелік літературних джерел за тематикою роботи: Лежнюк П. Д., Лагутін В. М., Тептя В. В. Проектування електричної частини електричних станцій: навчальний посібник. Вінниця: ВНТУ, 2009. 194 с. Посилання на періодичні видання. Вихідні дані для проведення обчислювальних експериментів: Параметри повітряної лінії 110 кВ виконаної проводом АС-120/19.

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1. Повітряні лінії електропередачі. 2. Вибір конструкції проводів, тросів 3. Методи розрахунку параметрів проводів і тросів 4. Методи розрахунку міцності опор ПЛЕП 5. Охорона праці. Висновки. Список використаних джерел. Додатки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Повітряні лінії електропередачі. 2. Вибір конструкції проводів, тросів 3. Методи розрахунку параметрів проводів і тросів 4. Методи розрахунку міцності опор ПЛЕП 5. Охорона праці. Висновки.

6. Консультанти розділів роботи

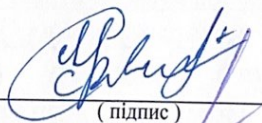
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Керівник роботи Адлер О. О., к.т.н., доц., асистент кафедри ЕСС		
Охорона праці	Кобилянський О. В. д.п.н., проф., завідувач каф. БЖДПБ		

7. Дата видачі завдання 16 січня 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

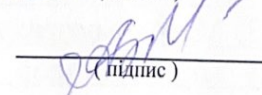
№ з/п	Назва та зміст етапів	Термін виконання етапів роботи		Примітка
		початок	кінець	
1	Вступ. Огляд літературних джерел	21.01.24	15.02.24	
2	Повітряні лінії електропередачі	16.02.24	15.03.24	
3	Вибір конструкції проводів, тросів	16.03.24	10.04.24	
4	Методи розрахунку параметрів проводів і тросів	11.04.24	11.05.24	
5	Охорона праці (розділ 5 БДР)	12.04.24	19.05.24	
6	Формування висновків по роботі. Оформлення пояснювальної записки	20.05.24	24.05.24	
7	Виконання ілюстративної частини та оформлення презентації	25.05.24	04.06.24	
	Перевірка БДР на плагіат. Попередній захист БДР	05.06.24	07.06.24	
	Рецензування БДР	08.06.24	10.06.24	
	Захист БДР	За графіком		

Студент


(підпис)

С. Л. Майданевич

Керівник роботи


(підпис)

О. О. Адлер

АНОТАЦІЯ

Аналіз конструктивних особливостей та методів розрахунку параметрів повітряних ліній електропередач. С. Л. Майданевич
Бакалаврська дипломна робота.

Ключові слова: лінія електропередач; опора; критичний прогін; провід; трос.

Дана бакалаврська дипломна робота містить 7 розділів, вступ та висновки. Містить: 75 сторінок, 10 рисунки, 14 таблиць та 11 літературних джерел.

Досліджено методи розрахунку опор та проводів ПЛЕП. Проведено класифікацію повітряних ліній електропередачі, досліджено основні елементи повітряних ліній та конструкції опор. Проаналізовано основні способи вибору конструкції проводів і тросів ПЛЕП. Проаналізовано методи визначення перерізу проводів і тросів, наведено технічні характеристики проводів і тросів. Досліджено методи розрахунку необхідної міцності опор ПЛЕП та методи розрахунку параметрів проводів і тросів.

ANNOTATION

Research methods for calculation of towers and cables PTL.
Vygoniuk P. M. Bachelor's degree work.

Keywords: line; support; critical run, wire, rope..

The given bachelor's degree work contains 6 sections, introduction and conclusions. Contains: 75 pages, 4 drawings, 14 tables and 11 references.

Investigated methods of calculating the towers and cables PTL. A classification of overhead power lines, studied the basic elements of overhead lines and structural supports. Analysis of basic ways to choose design of wires and cables PTL. The methods of determining cross-section of wires and cables, are the technical characteristics of wires and cables. Investigated methods of calculating the required strength PTL supports and methods of calculation of parameters of wires and cables.

ЗМІСТ

Вступ	7
1 ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ	9
1.1 Класифікація повітряних ліній електропередачі	9
1.2 Основні елементи повітряних ліній	10
1.3 Опори повітряних ліній електропередачі	12
2 ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ПРОВОДІВ, ТРОСІВ	15
2.1 Визначення перерізу проводів і тросів	15
2.2 Технічні характеристики проводів і тросів	17
3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПРОВОДІВ І ТРОСІВ	18
3.1 Метод допустимих напружень у матеріалі проводу	18
3.2 Питомі навантаження та їх значення	19
3.3 Механічні розрахунки	20
3.4 Розрахунок положення проводів, тросів в прогоні	27
4 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ОПОР ПЛЕП	32
4.1 Метод граничних станів	32
4.2 Обчислення навантажень від проводів, тросів для розрахунку опор	36
4.2.1 Навантаження від обірваних проводів	36
4.2.2 Навантаження від обірваних тросів	38
5 ОХОРОНА ПРАЦІ	40
5.1 Робота на опорах	40
5.2 Робота на ПЛ зі зняттям напруги	41
5.3 Робота на ПЛ без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них	43
5.4 Роботи на струмовідних частинах електроустановок і повітряних ліній електропередавання під наведеною напругою	46
6 РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ 110 КВ	52

7 ОХОРОНА ПРАЦІ	56
7.1 Технічні рішення з безпечної організації будівельно-монтажних робіт.....	56
7.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць	56
7.1.2 Електробезпека.....	59
7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії	61
7.2.1 Мікроклімат.....	61
7.2.2 Склад повітря робочої зони	62
7.2.3 Виробниче освітлення	63
7.2.4 Виробничий шум.....	63
7.3 Пожежна безпека	64
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	69
Додаток А (обов'язковий). Протокол перевірки навчальної (дипломної) роботи	71
Додаток Б (довідниковий). Періодичність ремонтів трансформаторів	72
Додаток В (обов'язковий). Ілюстративна частина.....	75

ВСТУП

Актуальність теми. Повітряні лінії електропередачі (ПЛЕП) використовують для передачі і розподілу електроенергії по дротам, які розташовані на відкритому повітрі і закріплені за допомогою ізоляторів та лінійної арматури на опорах, а в окремих випадках на кронштейнах або стійках інженерних споруд (мостах, шляхопроводах і т.п.).

Значне збільшення потужності, кількості підстанцій і довжини лінії електропередач високої напруги спонукає розвиток промисловості і електрифікації сільського господарства. Значні резерви у вирішенні цієї задачі закладені у підвищенні експлуатації та підвищенні надійності електромереж енергетичних систем і в першу чергу ПЛЕП напругою 35 – 750 кВ.

Об'єднання енергетичних систем, збільшення потужності електричних станцій в цілому супроводжується збільшенням потоків потужності, що передаються по лініям електропередачі. Без потужних ліній електропередачі високої напруги неможлива передача електроенергії від сучасних великих електростанцій, а також неможливе створення об'єднаних енергосистем.

Стан магістральних електричних мереж рік у рік погіршується, 34% повітряних ліній електропередач (ПЛ) напругою 220-330 кВ експлуатуються понад 40 років, з них 1,7 тис.км ПЛ-330 кВ (13% від загальної протяжності) та 1,6 тис.км ПЛ-220 (52%) потребують реконструкції, 76% основного обладнання трансформаторних електropідстанцій спрацювало свій розрахунковий технічний ресурс.

Значні проблеми виникають у зв'язку з недостатньою пропускнуою спроможністю ліній електропередачі для видачі потужностей АЕС (Рівненська, Хмельницька, Запорізька); недостатнім рівнем надійності енергопостачання Криму, півдня Одеської області, Східного Донбасу;

унеможливленням передачі надлишкової енергії Західного регіону до центру і на схід країни; незкомпенсованістю електромережі ОЕС України за реактивною потужністю та забезпеченням необхідного рівня напруги (Західна, Центральна, Південна енергосистеми).

На перспективу до 2030 року в ОЕС України зберігається стратегія розвитку основних електричних мереж, відповідно до якої системоутворюючі функції видачі потужності електростанцій та забезпечення паралельної роботи з енергосистемами інших країн залишаються за мережами 330 і 750 кВ з послідовним зростанням ролі мережі 750 кВ.

Таким чином дослідження методів розрахунку опор та проводів ПЛЕП є актуальною задачею.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є аналіз методів розрахунку опор та проводів ПЛЕП.

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

1. Аналіз способів вибору конструкції проводів і тросів ПЛЕП;
2. Дослідження методів розрахунку параметрів проводів і тросів;
3. Дослідження методів розрахунку необхідної міцності опор ПЛЕП.;

Об'єктом дослідження роботи є повітряні лінії електропередачі, а **предметом дослідження** – методи розрахунку опор та проводів повітряних ліній електропередачі.

1 ПОВІТРЯНІ ЛІНІЇ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ

1.1 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.).

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.

В електричних мережах з ізолюваною 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 глухозаземленої 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 ізолюваною 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 дугогасильних 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.

1.2 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. 1.1).

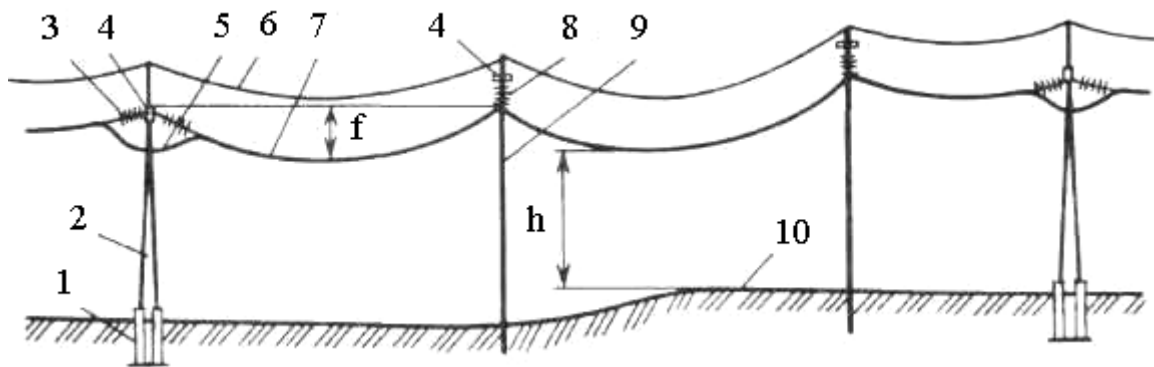


Рисунок 1.1 – Основні елементи повітряної лінії електропередачі:

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

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.

1.3 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.

2 ВИБІР КОНСТРУКЦІЇ ПРОВОДІВ, ТРОСІВ

2.1 Визначення перерізу проводів і тросів

Переріз проводів ПЛ визначають за двома умовами:

- за умови побудови ПЛ як елемента електричної мережі, яка спроможна забезпечити передавання електроенергії із якістю, передбаченою державними стандартами, із мінімальними технічними втратами енергії;
- за умови забезпечення достатньої механічної міцності проводів.

Величину перерізу струмопровідної частини проводів ПЛ напругою до 20 кВ обчислюють на підставі електричних розрахунків мережі, або ділянок мережі, які утворені цією ПЛ. Для ПЛ до 1 кВ переріз СП додатково перевіряють за допустимим струмом навантаження з урахування сонячної радіації та на термічну стійкість до струмів короткого замикання. Величини перерізу струмопровідної частини проводів ПЛ нового будівництва напругою понад 20 кВ встановлені нормативно в [1], де зафіксовані найбільш доцільні мінімальні перерізи проводів ПЛ, виходячи із функцій ПЛ в електричній мережі відповідної напруги.

Унормовані параметри проводів ПЛ напругою понад 20 кВ (переріз струмопровідної частини із алюмінію та алюмінієвих сплавів та кількість проводів в фазі) наведені в таблиці 2.1. Конструкція фази, яка виконана відповідно до цієї таблиці, задовольняє вимогам обмеження напруженості електричного поля на поверхні проводів до рівнів, припустимих за короною і радіоперешкодами на абсолютних висотах місцевості до 1000 м над рівнем моря.

Переріз грозозахисних тросів ПЛ визначають виходячи з умови забезпечення достатньої механічної міцності тросу (із перевіркою його термічної стійкості, якщо трос підвішують без ізоляторів). У разі

організації зв'язку по тросу здійснюють вибір параметрів його алюмінієвої або оптико-волоконної частини.

Дані щодо мінімально припустимих перерізів проводів, тросів та співвідношень алюміній/сталь проводів за умовами достатньої механічної міцності наведені у додатку А, таблиця А.1.

Таблиця 2.1 – Кількість і мінімальний переріз проводів ПЛ нового будівництва напругою понад 20 кВ

Напруга, кВ	Номінальний переріз проводу за алюмінієм, мм ²	Кількість проводів у фазі	Примітки
35	70,95	1	Примітка 1
	120	1	
110	120	1	Примітка 2
	240	1	
150	240	1	
220	400	1	
330	400	2	
400	400	2	
500	300	3	
750	300	5	

Примітки.

1. Стосується ПЛ 35 кВ, які є відгалуженням від існуючих магістральних ліній 35 кВ з перерізом проводів 70, 95 мм² або є продовженням таких магістралей.

2. Стосується ПЛ 110 кВ для живлення споживачів на потужність до 20 МВт або для видачі потужності електростанцій з кількістю годин використання встановленої потужності до 2500 (вітрові, газотурбінні пікові електростанції тощо).

2.2 Технічні характеристики проводів і тросів

В розділі наведені конструктивні параметри, що використовують у механічних розрахунках неізольованих проводів і тросів, які виготовлені відповідно до [2, 3], а також відповідно до технічних умов на самоутримні ізольовані проводи (СІП) для напруги до 1 кВ і вимог до проектування ПЛ до 1 кВ із СІП [4].

У разі застосування оптико-волоконних кабелів в якості грозозахисних тросів їх конструктивні параметри належить визначати за даними виробників, або за [5].

Конструктивні параметри самоутримних ізольованих проводів для напруги до 1 кВ, проводів із алюмінієвих сплавів (марки А, АН, АЖ), сталєалюмінієвих проводів (марки АС), тросів наведені у додатку А.

В таблицях застосовані такі позначення параметрів:

d – діаметр проводу, тросу, мм;

E – модуль пружності, МПа;

α – температурний коефіцієнт лінійного подовження, град⁻¹;

$\sigma_p, \sigma_{вр}$ – напруження розриву, МПа;

$\sigma_{нб}$ – допустиме напруження під дією найбільших навантажень або при найнижчій температурі, МПа;

$\sigma_{ср}$ – допустиме напруження при середньорічній температурі, МПа;

γ_1 – питоме навантаження від власної ваги, МПа/м.

3 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПРОВОДІВ І ТРОСІВ

3.1 Метод допустимих напружень у матеріалі проводу

Механічну міцність проводів і тросів обчислюють за методом допустимих напружень. Розрахунки за цим методом виконують на підставі таких вихідних даних:

- постійних навантажень від власної ваги проводів, тросів відповідно до їх конструктивних параметрів (див. розділ 2) із коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_{fm} = 1$;
- змінних кліматичних експлуатаційних навантажень із середніми періодами повторюваності, поданими в таблиці 3.1, та коефіцієнтами надійності за навантаженням γ_{fm} (відносно характеристичного навантаження) відповідно до таблиці 3.2.

Таблиця 3.1 – Середні періоди повторюваності експлуатаційних навантажень

Класи безвідмовності	1 КБ	2 КБ	3 КБ	4 КБ
Середні періоди повторюваності, роки	5	10	15	25

Основою для визначення змінних кліматичних навантажень для ліній у класах безвідмовності 1КБ – 3КБ є їх характеристичні значення для певних територій України.

Характеристичні значення відповідають навантаженням із середнім періодом повторюваності 50 років, які діють на проводи діаметром 10 мм на середній висоті 10 м від поверхні землі із інтервалом осереднення швидкості вітру 10 хвилин (для вітрових навантажень). Перерахунок характеристичних навантажень на експлуатаційні виконують шляхом

множення характеристичних значень на коефіцієнт надійності за навантаженням γ_{fm} .

Для випадку обчислення експлуатаційних навантажень усі коефіцієнти $\gamma_{fm} < 1$. Значення γ_{fm} для різних видів кліматичних навантажень наведені у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Коефіцієнт γ_{fm} для визначення експлуатаційних навантажень на проводи і троси

Вид навантаження	Позначення	1КБ	2КБ	3КБ	4КБ
Від ваги ожеледі	γ_{fG}	0,4	0,6	0,7	0,85
Від максимального вітрового тиску	γ_{fmax}	0,6	0,7	0,8	0,87
Від дії вітру на провід, вкритий ожеледдю	γ_{fQ}	0,47	0,63	0,72	0,84

Розрахунок експлуатаційних кліматичних навантажень для ПЛ класу 4КБ належить виконувати за окремою методикою на підставі даних конкретних метеостанцій, розташованих поблизу траси ПЛ. Методика розрахунку наведена у [1].

3.2 Питомі навантаження та їх значення

В розрахунках механічного напруження в проводах і тросах застосовують так звані питомі навантаження, величина яких становить лінійне експлуатаційне навантаження, що припадає на одиницю виміру площі перерізу проводу (тросу), яка сприймає навантаження. Одиниця виміру питомих навантажень МПа/м.

Обчислення питомих навантажень виконують за формулами, наведеними в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Формули для розрахунку питомих навантажень на проводи, троси

Позначення	Вид навантаження	Формули, МПа/м
γ_1	Від власної ваги проводу	$\gamma_1 = \frac{P_\lambda (\text{кг/км})}{S (\text{мм}^2)} \cdot 0,981 \cdot 10^{-2}$
γ_2	Від ваги ожеледі на проводі	$\gamma_2 = \frac{G_{mp} (\text{Н/м})}{S (\text{мм}^2)}$
γ_3	Від ваги проводу із ожеледдю	$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2$
γ_4	Від дії вітру на провід без ожеледі	$\gamma_4 = \frac{P_m (\text{Н/м})}{S (\text{мм}^2)}$
γ_5	Від дії вітру на провід вкритий ожеледдю	$\gamma_5 = \frac{Q_m (\text{Н/м})}{S (\text{мм}^2)}$
γ_6	Від власної ваги проводу і дії вітру на провід без ожеледі	$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2}$
γ_7	Від дії вітру на провід, вкритий ожеледдю, власної ваги, ваги ожеледі під час дії вітру на провід, вкритий ожеледдю	$\gamma_7 = \sqrt{(\gamma_1 + 0,9 \cdot \gamma_2)^2 + \gamma_5^2}$

Примітка. Для самоутримних ізольованих проводів переріз S дорівнює сумі перерізів усіх утримних жил.

В формулах таблиці 3.3 застосовані такі позначення:

S – площа навантажуваного перерізу проводу, тросу, утримних жил, мм^2 ; P_λ – вага 1 км проводу, тросу за [2, 3], кг/км ; G_{mp} , P_m , Q_m – лінійне експлуатаційне навантаження відповідно [1].

3.3 Механічні розрахунки

Механічний розрахунок проводів, тросів виконують з метою визначення напружень і стріл провисання в нормальному і аварійних режимах та під час монтажу.

Стан механічного напруження в проводі або тросі під час атмосферних умов, які змінюються, визначають з рівняння 3.1:

$$\sigma - \frac{\gamma^2 \cdot \lambda^2}{24 \cdot \beta \cdot \sigma^2} = \sigma_o - \frac{\gamma_o^2 \cdot \lambda^2}{24 \cdot \beta \cdot \sigma_o^2} - \frac{\alpha}{\beta} \cdot (t - t_o), \quad (3.1)$$

де σ, γ, t – напруження, МПа, питоме навантаження, МПа/м і температура, °С в кінцевому стані (які визначають); σ_o, γ_o, t_o – напруження, питоме навантаження, і температура в початковому стані; λ – прогін, розрахунковий прогін або приведений прогін в анкерному прогоні, м; α – температурний коефіцієнт лінійного подовження, град⁻¹; β – коефіцієнт пружного подовження, МПа⁻¹.

$$\beta = \frac{1}{E}, \quad (3.2)$$

E – модуль пружності, МПа.

Зміни питомих навантажень γ і температур t в рівнянні 3.1 обумовлені змінами атмосферних умов. Значення $\sigma_o, \alpha, E, \beta$ отримують із даних про конструктивні параметри проводів, тросів. Значення температур отримують з кліматичних карт середньорічної, мінімальної та максимальної температури.

Означені дані дають змогу ідентифікувати умови вихідного (початкового) режиму розрахунку. Вибір напруження, навантаження та температури вихідного режиму здійснюють шляхом порівняння дійсного розрахункового прогону ПЛ із критичними прогонами λ_k . Критичні прогони розраховують за формулами 3.3 - 3.5 для типових механічних характеристик проводів, у яких допустимі напруження при найбільшому навантаженні і мінімальній температурі мають однакові значення ($\sigma_{нб} = \sigma$).

Критичним прогоном називають прогін, в якому напруження досягає допустимих значень в двох режимах, які розглядають. Якщо це має місце під час найнижчій і середньорічній температурах, то такий прогін називають першим критичним λ_{1k} . При другому критичному прогоні λ_{2k}

напруження досягає допустимого значення в режимах найнижчої температури і найбільшого навантаження, при третьому критичному прогоні λ_{3k} - в режимі середньорічної температури і найбільшого навантаження.

$$\lambda_{1k} = \frac{2 \cdot \sigma_{cp}}{\gamma_1} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot [\beta \cdot (\sigma_{cp} - \sigma_{нб}) + \alpha \cdot (t_{cp} - t_-)]}{1 - \left(\frac{\sigma_{cp}}{\sigma_{нб}}\right)^2}} \quad (3.3)$$

$$\lambda_{2k} = \frac{2 \cdot \sigma_{нб}}{\gamma_1} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot \alpha \cdot (-5 - t_-)}{\left(\frac{\gamma_{нб}^{ож}}{\gamma_1}\right)^2 - 1}} \quad (3.4)$$

$$\lambda_{3k} = \frac{2 \cdot \sigma_{нб}}{\gamma_1} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot [\beta \cdot (\sigma_{нб} - \sigma_{cp}) + \alpha \cdot (-5 - t_{cp})]}{\left(\frac{\gamma_{нб}^{ож}}{\gamma_1}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{нб}}{\sigma_{cp}}\right)^2}} \quad (3.5)$$

В формулах 3.3 - 3.5 позначені такі параметри:

$\lambda_{1k}, \lambda_{2k}, \lambda_{3k}$ – довжина критичного прогону, м;

σ_{cp} – допустиме напруження при середньорічній температурі, МПа;

$\sigma_{нб}$ – допустиме напруження під дією найбільших навантажень або при найнижчій температурі, МПа;

γ_1 – питоме навантаження від власної ваги проводу, МПа/м;

$\gamma_{нб}^{ож}$ – найбільше питоме навантаження з ожеледних навантажень γ_3 або γ_7 , МПа/м;

t_{cp} – середньорічна температура, °С;

t_- – найнижча температура, °С.

Температуру повітря під час ожеледі приймають мінус 5 °С для територій із абсолютною висотою до 1000 м над рівнем моря.

Визначення напружень і температур вихідного (початкового) режиму належить виконувати відповідно до співвідношення критичних прогонів, керуючись даними таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Параметри вихідного режиму

Співвідношення критичних прогонів	Співвідношення розрахункового прогону до критичного	Вихідні параметри		
		σ_o	t_o	γ_o
$\lambda_{1k} < \lambda_{2k} < \lambda_{3k}$	$\lambda_p < \lambda_{1k}$	$\sigma_{нб}$	t_-	γ_1
	$\lambda_{1k} < \lambda_p < \lambda_{3k}$	σ_{cp}	t_{cp}	γ_1
	$\lambda_p > \lambda_{3k}$	$\sigma_{нб}$	-5^o	$\gamma_{нб}^{ож}$
$\lambda_{1k} > \lambda_{2k} > \lambda_{3k}$	$\lambda_p < \lambda_{2k}$	$\sigma_{нб}$	t_-	γ_1
	$\lambda_p > \lambda_{2k}$	$\sigma_{нб}$	-5^o	$\gamma_{нб}^{ож}$
λ_{3k} - значення уявне або дуже велике	$\lambda_p < \lambda_{1k}$	$\sigma_{нб}$	t_-	γ_1
	$\lambda_p > \lambda_{1k}$	σ_{cp}	t_{cp}	γ_1
λ_{1k} - значення уявне, $\lambda_{2k} < \lambda_{3k}$	$\lambda_p < \lambda_{3k}$	σ_{cp}	t_{cp}	γ_1
	$\lambda_p > \lambda_{3k}$	$\sigma_{нб}$	-5^o	$\gamma_{нб}^{ож}$

Останнє співвідношення критичних прогонів в таблиці 3.4 характерне для сталевих тросів С35 – С70.

Розрахунковий прогін ПЛ належить визначати для нормального режиму на підставі розрахунку *габаритного прогону* – прогону, довжина якого обумовлена допустимим габаритом до землі.

Визначають допустиму габаритну стрілу провисання проводу $f_{габ}$, м, за умов прокладання траси ПЛ на горизонтальній поверхні, виходячи із висоти до нижньої траверси проміжної опори $h_{он}$, м, довжини ізоляційного підвісу λ , м та нормованого мінімального габариту до землі $h_{габ}$, м

$$f_{габ} = h_{он} - \lambda - h_{габ} \quad (3.6)$$

Попереднє значення довжини габаритного прогону при найбільшому навантаженні $\lambda_{gab}^{ож}$, м визначають за формулою:

$$\lambda_{gab}^{ож} = \sqrt{\frac{8 \cdot f_{gab} \cdot \sigma_{нб}}{\gamma_{нб}^{ож}}}, \quad (3.7)$$

де f_{gab} – допустима стріла провисання, м $\sigma_{нб}$ – допустиме напруження під дією найбільших навантажень або при найнижчій температурі, МПа; $\gamma_{нб}^{ож}$ – найбільше питоме навантаження з ожеледних навантажень γ_3 або γ_7 , МПа/м.

Надалі проводять порівняння отриманого значення $\lambda_{gab}^{ож}$ із критичними прогонами та за таблицею 3.4, визначають умови вихідного режиму для розрахунку напружень та обчислюють за рівнянням 3.1 напруження σ_+ при максимальній температурі $t_{макс}$ і навантаженні γ_1 . Після цього знаходять максимальну довжину габаритного прогону при максимальній температурі λ_{gab}^+ , м за формулою:

$$\lambda_{gab}^+ = \sqrt{\frac{8 \cdot f_{gab} \cdot \sigma_+}{\gamma_1}} \quad (3.8)$$

Для ділянок ПЛ, що мають перетини із залізницями, габаритний анкерований прогін обчислюють при температурі $t_{макс} = +70^\circ \text{C}$ і навантаженні γ_1 за умови дотримання габаритів до елементів залізниці.

З двох габаритних прогонів ($\lambda_{gab}^{ож}$, λ_{gab}^+) за розрахунковий прогін $\lambda_{p.gab}$ приймають найменший та перевіряють, аби він не перевищував припустимий вітровий прогін $\lambda_{віт}$, який є обумовлений міцністю проміжної опори.

Вітровий прогін – це умовний прогін, вітрове навантаження від проводів, тросів, якого сприймає опора, що знаходиться між прогонами λ_1 і λ_2 :

$$\lambda_{\text{вн}} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} \quad (3.9)$$

Значення розрахункового приведенного прогону приймають не більшим ніж $\lambda_{\text{вн}}$.

У разі, якщо вітровий прогін буде меншим за габаритні прогони $\lambda_{\text{габ}}^{\text{ож}}$ та $\lambda_{\text{габ}}^+$, і вітровий прогін буде прийнятий за розрахунковий, то доцільно послабити розрахункове напруження $\sigma_{\text{нб}}$ до $\sigma'_{\text{нб}}$:

$$\sigma'_{\text{нб}} = \frac{\lambda_{\text{вн}}^2 \cdot \gamma_{\text{нб}}^{\text{ож}}}{8 \cdot f_{\text{габ}}} \quad (3.10)$$

На підставі отриманого значення $\lambda_{\text{р.габ}}$ коригують значення питомих навантажень $\gamma_4, \gamma_5, \gamma_6, \gamma_7$, які залежать від довжини прогону. Скориговані питомі навантаження використовують для виконання усіх розрахунків, які стосуються визначення положення проводів, тросів в прогонах, а також для розміщення опор на профілі місцевості.

Вертикальну відстань між проводами і тросами вибирають за стрілами провисання тросу, які відповідають розрахунковому габаритному прогону; при цьому стріла провисання тросу не повинна бути більшою, ніж стріла провисання проводу. Виходячи з цього визначають значення найменшого розрахункового напруження в тросі $\sigma_{\text{мін}}^{\text{тр}}$:

$$\sigma_{\text{мін}}^{\text{тр}} = \frac{\lambda_{\text{р.габ}}^2 \cdot \gamma_{\text{нб}}^{\text{ож тр}}}{8 \cdot f_{\text{габ}}}, \quad (3.11)$$

де $\lambda_{\text{р.габ}}$ - габаритний прогін, розрахований для проводу, м; $\gamma_{\text{нб}}^{\text{ож тр}}$ - найбільше питоме ожеледне навантаження тросу, МПа/м; $f_{\text{габ}}$ - габаритна стріла провисання проводу, м.

Також виконують порівняння стріл провисання проводу і тросу в габаритному прогоні в режимі температури $+15\text{ }^{\circ}\text{C}$ за умовами захисту від грозових перенапруг відповідно до вимог [1].

Встановлене за цих умов або за формулою 3.11 мінімальне розрахункове значення напруження для тросу є вихідним для розрахунку найбільшого його значення. Розрахунок виконують для вихідних умов, при яких визначено найбільше напруження в проводі $\sigma_{нб}$.

Для розрахунку вагових навантажень від проводів, тросів в місцях їх кріплення до опор використовують значення вагового прогону.

Ваговий прогін - це умовний прогін, вагове навантаження від проводів, тросів якого сприймає опора, що знаходиться між прогонами λ_1 і λ_2 .

Значення вагового прогону залежить від алгебраїчної різниці Δh між висотою кріплення проводу на опорі, яку розраховують, і відповідними висотами кріплення проводу на суміжних опорах (висоту кріплення на розрахунковій опорі приймають за нульову відмітку). При однакових висотах опор різниця Δh обумовлена лише рельєфом місцевості.

$$\lambda_{ваг} = \frac{\lambda_1 + \lambda_2}{2} - \frac{\sigma_3}{\gamma_3} \cdot \left(\frac{\Delta h_1}{\lambda_1} + \frac{\Delta h_2}{\lambda_2} \right) \quad (3.12)$$

Наведений вираз для $\lambda_{ваг}$ справедливий для найбільш поширеного випадку розташування опор, коли розрахункові найнижчі точки провисання проводу в прогонах λ_1 і λ_2 знаходяться в межах цих прогонів.

3.4 Розрахунок положення проводів, тросів в прогоні

За однакової висоти місць підвішування (рис. 3.1) для прогонів довжиною до 700 м стрілу f , м визначають за формулою 3.13, а для прогонів довжиною понад 700 м – за формулою 3.14

$$f = \frac{\lambda^2 \cdot \gamma}{8 \cdot \sigma}; \quad (3.13)$$

$$f = \frac{\lambda^2 \cdot \gamma}{8 \cdot \sigma} + \frac{\lambda^4 \cdot \gamma^3}{384 \cdot \sigma^3}, \quad (3.14)$$

де λ - довжина прогону, м; γ - питоме навантаження в режимі, що розглядають, МПа/м; σ - напруження в режимі, що розглядають, МПа.

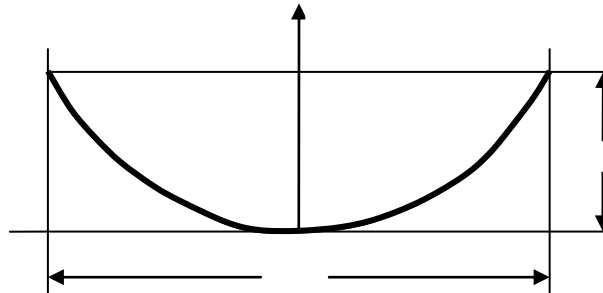


Рисунок 3.1 – Стріла провисання при однаковій висоті місць підвішування

У випадку різної висоти місць підвішування (рис. 3.2) визначають значення еквівалентних прогонів:

$$\lambda_{e1} = \lambda + \frac{2 \cdot \sigma}{\gamma} \cdot \frac{\Delta h}{\lambda} \quad (3.15)$$

$$\lambda_{e2} = \lambda - \frac{2 \cdot \sigma}{\gamma} \cdot \frac{\Delta h}{\lambda}, \quad (3.16)$$

де Δh - різниця у висотах місць підвішування, м.

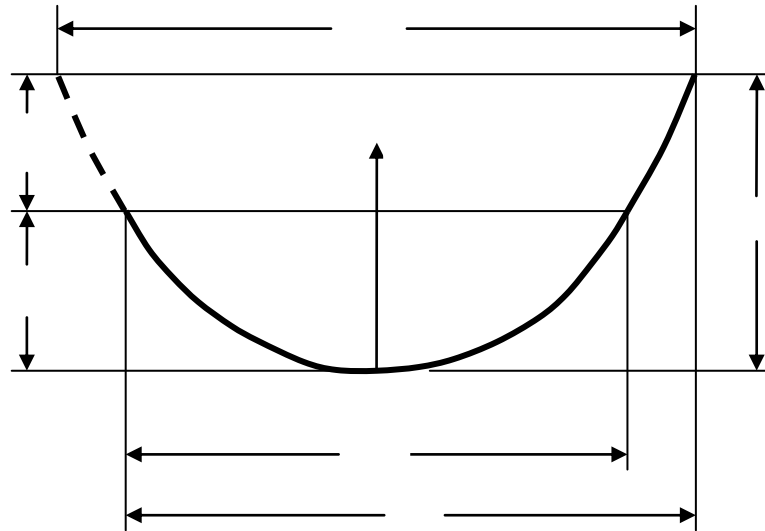


Рисунок 3.2 – Стріла провисання при різних висоті місць підвішування

Знаходять відповідні стріли провисання f_1 і f_2 для еквівалентних прогонів λ_{e1} і λ_{e2} за формулами 3.13, 3.14.

Стріла провисання в будь-якому місці прогону (рис. 3.3):

$$f_x = \frac{\gamma \cdot x}{2 \cdot \sigma} \cdot (\lambda - x) + x \cdot \frac{\Delta h}{\lambda}, \quad (3.17)$$

де x - відстань від розрахункового місця прогону до опори, м.

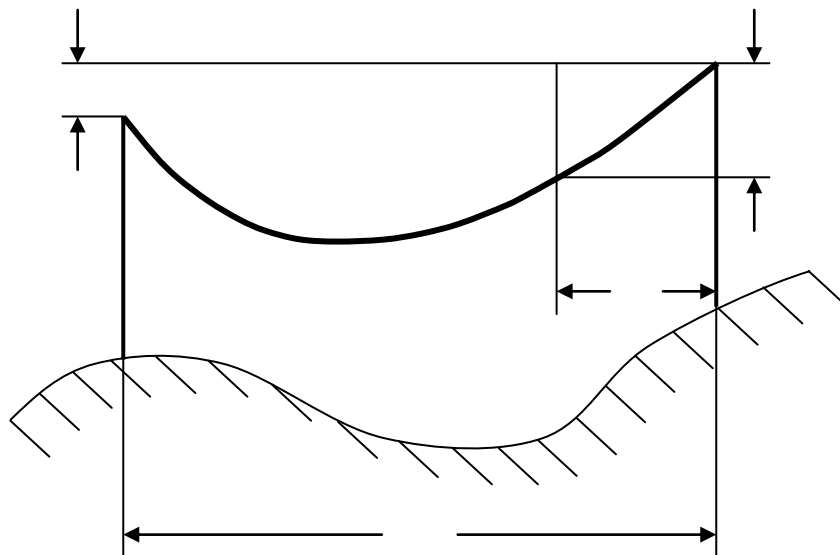


Рисунок 3.3 – Стріла провисання в будь-якому місці прогону

Напруження в проводі в місцях підвішування (відповідно до рис. 3.3):

$$\sigma_A = \sigma + \gamma \cdot f_2; \quad \sigma_B = \sigma + \gamma \cdot f_1, \quad (3.18)$$

де σ - напруження в найнижчій точці, МПа.

Розташування проміжних опор по профілю місцевості і встановлення дійсних прогонів між проміжними опорами в анкерному прогоні визначають в нормальному режимі із найбільшими стрілами провисання.

Режим найбільших стріл провисання визначають шляхом обчислення критичної температури t_k , °С

$$t_k = -5 + \sigma_3 \cdot \frac{\beta}{\alpha} \cdot \left(1 - \frac{\gamma_1}{\gamma_3}\right) \quad (3.19)$$

Якщо $t_{\max} > t_k$, то найбільшу стрілу провисання досягають під час $t_{\max}$. Якщо $t_{\max} < t_k$, то найбільшу стрілу провисання досягають під час ожеледі без вітру. У випадках $t_{\max} < t_k$ значення критичної температури може служити показником допустимої температури нагрівання проводу електричним струмом при додержанні вертикальних габаритів проводу в нормальному режимі.

В нормальному режимі в анкерному прогоні напруження в проводі, тросі встановлюється однаковим для будь-якого прогону між проміжними опорами і дорівнює напруженню в умовному *приведеному прогоні* λ_{np} , м:

$$\lambda_{np} = \sqrt{\frac{\sum \lambda_i^3}{\sum \lambda_i}}, \quad (3.20)$$

де λ_i - довжина кожного прогону за фактичним розташуванням опор в межах анкерного прогону, м.

Однаковість напруження в прогонах із проміжними опорами обумовлена наявністю кріплення проводів у підтримуючих підвісах, а у разі кріплення у штирових ізоляторах – гнучкістю опор.

Визначення стріл провисання в прогоні з проміжними опорами в аварійному режимі після обриву проводу у сусідньому прогоні виконують

лише для проводів перерізом алюмінієвої частини менше ніж 185 мм^2 за формулою 3.17, в якій величину напруження σ замінюють на величину редукованого напруження після обриву $\sigma_{об}$. Значення $\sigma_{об}$ розраховують відповідно до вихідного режиму визначення габаритів перетинів під час середньорічної температури без вітру і ожеледі (для сплавних річок – під час максимальної температури без вітру).

Редуковане напруження у багатопрогонній ділянці ПЛ, де можливий обрив проводу в будь-якому прогоні з проміжними опорами жорсткої конструкції, розраховують за формулою 3.21:

$$\sigma_{об} = \frac{\sigma_o}{\sqrt{1 + \frac{\lambda}{\delta_o} k_n}}, \quad (3.21)$$

де:

$$\delta_o = \frac{\lambda^3 \cdot \gamma_o^2}{24 \cdot \sigma_o^2} \quad (3.22)$$

σ_o , γ_o – напруження, МПа та питоме навантаження, МПа/м у вихідному режимі розрахунку стріл провисання; λ – довжина підтримуючого підвісу на проміжній опорі, м; k_n – коефіцієнт, яким враховують кількість прогонів від прогоні обриву до анкерної опори відповідно до таблиці 3.4.

λ – прогін розрахунків габаритів в аварійному режимі, м.

Таблиця 3.4 – Коефіцієнт k_n

Порядкове число прогону n (від анкерної опори)		k_n
прогін розрахунків	прогін обірвання	
1	2	1,0
2	3	0,6
3	4	0,5
4	5	0,46
5	6	0,43
понад 5	число сусіднього прогону	0,43

Для гнучких конструкцій доцільно додатково враховувати прогинання стояка опори на величину δ_1 , м, яка залежить від коефіцієнта гнучкості опори m , м/кН.

$$\delta_1 = m \cdot \sigma_{об} \cdot S \cdot 10^{-3}, \quad (3.23)$$

де $m = 0,04$ м/кН для залізобетонних стояків (середні дані); $\sigma_{об}$ – напруження після обриву за формулою 3.21 для жорстких конструкцій, МПа; S – переріз проводу, мм².

Напруження після обриву в прогоні із гнучкими конструкціями розраховують за формулою 3.24

$$\sigma_{об}^{zn} = \frac{\sigma_o}{\sqrt{1 + \frac{\lambda}{\delta_o} \frac{k_n + \delta_1}{\delta_o}}} \quad (3.24)$$

Визначення редукованого напруження після обриву проводу з метою розрахунку горизонтального навантаження на проміжні опори в аварійному режимі не виконують.

4 МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ МІЦНОСТІ ОПОР ПЛЕП

4.1 Метод граничних станів

Навантаження на опори ПЛ відрізняються від навантажень значної кількості будівельних об'єктів в зв'язку з тим, що крім навантажень безпосередньо на будівельні конструкції ще діють значні навантаження від технологічної частини ПЛ – проводів, тросів, ізоляторів.

Механічну міцність будівельних конструкцій ПЛ (опор, фундаментів, основ) обчислюють за методом граничних станів відповідно до державних будівельних норм і стандартів. Обчислення за цим методом виконують на підставі таких вихідних даних:

- постійних граничних навантажень від ваги проводів, тросів, ваги конструкцій, устаткування та ваги ґрунтів із коефіцієнтами надійності за навантаженням γ_{fm} - *для першої групи граничних станів* відповідно до таблиці 4.1;
- постійних експлуатаційних навантажень від будь-яких елементів ПЛ із коефіцієнтом надійності за навантаженням $\gamma_{fm} = 1$ - *для другої групи граничних станів*;
- змінних кліматичних граничних навантажень із середніми періодами повторюваності, поданими в таблиці 4.2, і коефіцієнтами надійності за навантаженням γ_{fm} (відносно характеристичного навантаження) та коефіцієнтами надійності за відповідальністю γ_n відповідно до таблиці 4.3 - *для першої групи граничних станів*.
- змінних кліматичних експлуатаційних навантажень із середніми періодами повторюваності, поданими в таблиці 4.2, і коефіцієнтами надійності за навантаженням γ_{fm} (відносно характеристичного навантаження) відповідно до таблиці 3.2

(проводи, троси, відтяжки) і таблиці 4.4 (конструкції) та коефіцієнтом надійності за відповідальністю $\gamma_n = 1$ - для другої групи граничних станів.

Таблиця 4.1 – Коефіцієнти надійності γ_{fm} за навантаженнями від ваги елементів для розрахунків за першою групою граничних станів

Елементи, вагу яких враховують	γ_{fm} в режимах	
	нормальний	монтажний
Опори металеві	1,1 (0,95)	1,1
Опори залізобетонні, дерев'яні	1,15 (0,9)	1,1
Насипні ґрунти	1,2 (0,9)	1,1
Проводи, троси, устаткування	1,1 (0,9)	1,1
Монтер і монтажні пристосування	-	1,3

Примітка. 1. Значення в дужках використовують у випадках, коли зменшення ваги елементів може погіршити умови роботи конструкцій.

2. Для всіх елементів таблиці 4.1 коефіцієнт надійності для розрахунків за другою групою граничних станів становить одиницю ($\gamma_{fm} = 1$).

Таблиця 4.2 – Середні періоди повторюваності граничних і експлуатаційних навантажень

Класи безвідмовності	1КБ	2КБ	3КБ	4КБ
Середні періоди повторюваності граничних навантажень, років	30	50	150	500
Середні періоди повторюваності експлуатаційних навантажень, років	5	10	15	25

Таблиця 4.3 – Коефіцієнти γ_{fm} і γ_n для визначення граничних навантажень за першою групою граничних станів

Вид навантаження	Позначення	1КБ	2КБ	3КБ	4КБ
Від ваги ожеледі на проводи, троси	γ_{fG}	0,85	1,0	1,25	1,53
Від максимального вітрового тиску	γ_{fmax}	0,90	1,0	1,25	1,45
Від дії вітру на провід, трос, вкриті ожеледдю	γ_{fQ}	0,88	1,0	1,25	1,53
Від вітрового тиску на конструкції під час ожеледі	γ_{fm}	0,88	1,0	1,26	1,55
Від ваги ожеледі на конструкціях опор (товщина стінки ожеледі)	γ_{fG}	0,85	1,0	1,25	1,53
Усі види навантажень	γ_n	0,95	1,0	1,0	1,05

Таблиця 4.4 – Коефіцієнти γ_{fm} і γ_n для визначення експлуатаційних кліматичних навантажень на конструкції за другою групою граничних станів

Вид навантаження	Позначення	1КБ	2КБ	3КБ	4КБ
Від ваги ожеледі на конструкціях опор (товщина стінки ожеледі)	γ_{fG}	0,4	0,6	0,7	0,85
Від максимального вітрового тиску	γ_{fmax}	0,6	0,7	0,8	0,87
Від вітрового тиску на конструкції під час ожеледі	γ_{fm}	0,45	0,61	0,71	0,83
Усі види навантажень	γ_n	1,0	1,0	1,0	1,0

Граничні і експлуатаційні кліматичні навантаження для ПЛ класу 4КБ потрібно визначати за окремою методикою на підставі даних конкретних метеостанцій, розташованих поблизу траси ПЛ. До граничних навантажень в класі 4КБ повинно застосовувати коефіцієнт надійності за відповідальністю $\gamma_n = 1,05$.

Будівельні конструкції ПЛ, фундаменти та їх закріплення у ґрунті розраховують на сполучення навантажень, які діють у нормальних та аварійних режимах, та перевіряють у монтажних режимах з урахуванням можливості тимчасового підсилення окремих елементів конструкцій.

Опори, фундаменти та основи ПЛ слід обчислювати на навантаження від власної ваги та на вітрове навантаження на конструкції, навантаження від проводів, тросів та устаткування ПЛ, а також на навантаження, зумовлені прийнятим способом монтажу з урахуванням навантаження від ваги монтера і монтажних пристосувань. Опори, фундаменти та основи слід обчислювати також на навантаження і впливи, що можуть виникати в конкретних умовах (наприклад: тиск води, тиск льоду, розмивна дія води, тиск ґрунту тощо). Такі навантаження приймають відповідно до вказівок чинних нормативних документів з будівництва.

За першою групою граничних станів повинно розраховувати опори, фундаменти та їх елементи – за міцністю та стійкістю на значення граничних змінних навантажень з періодами середньої повторюваності за табл. 4.2.

За другою групою граничних станів повинно розраховувати:

- опори, фундаменти та їх елементи – за деформативністю на значення експлуатаційних змінних навантажень з періодами середньої повторюваності за табл. 4.2, які обчислені без урахування динамічного впливу вітру на конструкцію опори;

- залізобетонні опори – за утворенням тріщин під час дії постійних навантажень з $\gamma_{fm} = 1$ (див. табл. 4.1, примітка 2), і експлуатаційних змінних навантажень із середніми періодами повторюваності, вказаними в табл. 4.2;

- залізобетонні опори та фундаменти – за розкриттям тріщин у нормальних режимах експлуатації під час дії постійних навантажень з коефіцієнтом

$\gamma_{fm} = 1$ (див. табл. 4.1, примітка 2) і експлуатаційних змінних навантажень з періодами середньої повторюваності, вказаними в табл. 4.2;

- дерев'яні опори – за міцністю під дією постійних навантажень з $\gamma_{fm} = 1$ (див. табл. 4.1, примітка 2).

4.2 Обчислення навантажень від проводів, тросів для розрахунку опор

4.2.1 Навантаження від обірваних проводів

Навантаження аварійного режиму на проміжні опори враховують лише для ПЛ напругою понад 1кВ.

Розрахункове горизонтальне навантаження вздовж осі лінії $T_{гор}$, кН, від обірваних проводів однієї фази на проміжній опорі з підтримувальними підвісами і глухими затискачами на ПЛ напругою від 1 до 500 кВ включно обчислюють за формулою:

$$T_{гор} = k_T \cdot k_N \cdot N \cdot T_{max}, \quad (4.1)$$

де: T_{max} - найбільше розрахункове значення натягу проводу за формулою 4.2, кН; N - кількість проводів в фазі; k_T - коефіцієнт, яким зменшують значення натягу проводу в аварійному режимі в залежності від конструкції опор і проводів (табл. 4.5); k_N - коефіцієнт, яким зменшують значення натягу проводу в аварійному режимі в залежності від кількості проводів в фазі (табл. 4.5).

$$T_{max} = \sigma_{нб} \cdot S \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

де: $\sigma_{нб}$ - напруження в проводі під дією найбільших навантажень або при найнижчій температурі, МПа; S - переріз проводу, мм².

Таблиця 4.5 - Коефіцієнт зменшення натягу k_T

Конструкція опор	Переріз проводу за алюмінієм	
	до 200 мм ²	понад 200 мм ²
Опори жорсткого типу	0,5	0,4
Залізобетонні вільностоячі	0,3	0,25
Дерев'яні вільностоячі	0,25	0,2

Таблиця 4.6 - Коефіцієнт зменшення натягу k_N

Кількість проводів N	1	2	3
k_N	1	0,8	0,4*

***Примітка.** Застосовують лише для ПЛ 500 кВ на металевих опорах.

Для інших типів опор в залежності від гнучкості (опор з нових матеріалів, металевих гнучких опор, тощо) допускається приймати розрахункове горизонтальне навантаження вздовж осі лінії в зазначених вище межах. При наявності достатнього обґрунтування коефіцієнта гнучкості опори m , дозволено враховувати вплив гнучкості опори на тяжіння.

На ПЛ 750 кВ із розщепленням на 4 і більше проводів у фазі значення аварійного навантаження вздовж осі лінії на проміжній опорі належить приймати 27 кН на фазу (без додаткового введення коефіцієнта 0,8 на сполучення навантажень в аварійному режимі).

У разі застосування пристроїв, які обмежують передавання поздовжнього навантаження на проміжну опору (багатороликові підвіси, а також інші пристрої), розрахунок опор виконують на навантаження, які виникають під час використання цих пристроїв, але не більших від навантажень $T_{гор}$, прийнятих у разі підвішування проводів у глухих затискачах.

Розрахунок значення $T_{гор}$ проміжних опор великих переходів з проводами, які підвішують в глухих затискачах, виконують за формулою 4.1, де навантаження T_{max} приймають таким, що дорівнює редукованому натягу, за таких умов: проводи вкриті ожеледдю, вітер відсутній, $k_T = 1$, k_N визначають на підставі даних табл. 4.7.

Таблиця 4.7 - Коефіцієнт зменшення натягу k_N для великих переходів

Кількість проводів N	1	2	3	понад 3
k_N	1	0,8	0,7	0,6

У випадку підвішування проводів і тросів на роliках умовне навантаження на провід за аварійним режимом уздовж лінії приймають при одному проводі у фазі – 20 кН, у разі двох проводів у фазі – 35 кН, у разі трьох і більше проводів у фазі – 50 кН. Розрахунок опор виконують з урахуванням коефіцієнтів надійності горизонтального навантаження вздовж лінії від обірваного проводу $\gamma_{fm} = 1,3$ для розрахунків за першою групою граничних станів і $\gamma_{fm} = 1,0$ – за другою групою.

Розрахункове горизонтальне навантаження вздовж лінії від натягу обірваного проводу на стоек проміжної опори ПЛ, з кріпленням проводів на штирових ізоляторах за допомогою дротового в'язання, слід приймати $0,5T_{max}$ (але не менше за 3,0 кН) з урахуванням гнучкості опор при обірванні одного проводу, який дає найбільші зусилля в елементах опори. Розрахунок стоек виконують лише за першою групою граничних станів з урахуванням коефіцієнту надійності $\gamma_{fm} = 1,3$. Для розрахунку конструкцій опор (крім стоек) умовне навантаження, створене натягом обірваного проводу, необхідно приймати $0,25T_{max}$, але не менше за 1,5кН.

4.2.2 Навантаження від обірваних тросів

Розрахункове горизонтальне навантаження вздовж осі лінії $T_{гор}^T$, кН, від обірваного тросу на проміжній опорі на ПЛ напругою до 500 кВ включно належить приймати рівним $0,5 T_{max}^T$ від одиночного тросу, де T_{max}^T – найбільше розрахункове значення натягу тросу, за формулою 4.3, кН.

$$T_{max}^T = \sigma_{нб}^{mp} S^T 10^{-3}, \quad (4.3)$$

де: $\sigma_{нб}^{mp}$ – найбільше напруження в тросі, МПа; S^T – переріз тросу, мм².

На ПЛ 750 кВ розрахункове значення аварійного навантаження

вздовж осі лінії належить приймати 20 кН від кожної складової тросу (без додаткового введення коефіцієнта на сполучення аварійних навантажень).

Для гнучких опор (залізобетонних і дерев'яних опор без відтяжок) дозволено визначати навантаження, створюване обірванням троса, з урахуванням гнучкості опор.

Розрахунок опор виконують з урахуванням коефіцієнтів надійності горизонтального навантаження вздовж лінії від обірваного тросу $\gamma_{fm} = 1,3$ для розрахунків за першою групою граничних станів і $\gamma_{fm} = 1,0$ – за другою групою.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Робота на опорах

Підійматися на опору і працювати на ній дозволяється тільки в тих випадках, коли є повна впевненість в її достатній міцності і стійкості. Необхідність укріплення опори і безпечні засоби визначаються на місці керівником робіт і відображаються в ППР.

Роботи з укріплення опори, механічна міцність і стійкість якої викликає сумніви, виконуються методом закріплення тросів, відтяжок або спеціальних пристроїв для розкріплення на опорі. В цьому разі підймання на опору забороняється. Роботи виконуються з телескопічної вишки або іншого механізму для підймання людей чи з встановленої поряд іншої опори.

В разі застосування відтяжок з гаками, останні повинні мати запобіжні замки.

Підійматися на опору дозволяється членам бригади, які мають:

- групу III – під час всіх видів робіт до верху опори;
- групу II – під час робіт зі зняттям напруги – до верху опори, а під час робіт без зняття напруги віддалік від струмовідних частин, що перебувають під напругою, – не вище 2 м до рівня розташування нижніх проводів, з групою I – під час всіх видів робіт – не вище 3 м від землі (до ніг працівника).

Ті опори, які не розраховані на однобічне тяжіння від проводів і тросів, але тимчасово піддаються такому навантаженню, мають бути попередньо укріплені для запобігання їх падінню.

Забороняється порушувати цілісність проводів і знімати в'язки на проміжних опорах без попереднього укріплення опор. Забороняється

підіймання на проміжну опору, якщо на ній закріплено менше як два проводи.

На кутових опорах зі штирьовими ізоляторами підніматися і працювати з боку внутрішнього кута забороняється.

Під час роботи на стійці опори розташовуватися слід таким чином, щоб не випускати з поля зору найближчі проводи, що перебувають під напругою.

Під час підіймання на опору слід закріплюватися стропом запобіжного паска.

Під час заміни деталей опор слід унеможливити їх зміщення або падіння опори.

Забороняється під час заміни приставок П і АП-подібних опор, відкопувати одночасно обидві стійки опори.

Встановлення приставок слід починати з однієї стійки опори, і тільки після заміни на ній приставок, закріплення бандажів і трамбування ґрунту можна розпочати заміну приставок на другій стійці. Замінювати здвоєні приставки слід по чергово.

Забороняється під час витягування чи спускання приставки знаходитися у котловані.

5.2 Робота на ПЛ зі зняттям напруги

На багатоколовій ПЛ з горизонтальним розташуванням кіл працювати зі зняттям напруги з одного кола дозволяється тільки з боку цього кола. Переходити на ділянки траверс, що підтримує кола, які перебувають під напругою, забороняється.

Працювати на відключеному колі багатоколової ПЛ з розташуванням кіл одне над одним дозволяється тільки за умови, що це коло підвішене нижче від кіл, що перебувають під напругою. Підніматися на опору

дозволяється тільки з боку відключеного кола. Замінювати та регулювати про-води відключеного кола забороняється.

На багатоколовій ПЛ напругою 220 кВ під час роботи на опорах зі зняттям напруги з од-ного кола на стійках на висоті від 2 до 3 м від землі встановлюються червоні прапорці з боку кіл, які залишилися під напругою. Прапорці встановлює керівник робіт з членом бригади, який має групу з електробезпеки III.

В разі проведення робіт з опори, телескопічної вишки без ізолювальної секції або з ін-шого механізму для підймання людей відстань від людини або від інструменту та пристосувань, що застосовуються, до проводів ПЛ напругою до 1000 В, зв'язку, радіотрансляції, телемеханіки має бути не менше ніж 0,6 м.

Якщо під час робіт унеможливлене наближення до вказаних проводів на меншу відстань, то вони мають відключатися і заземлюватися на місці проведення робіт.

Перетягування і заміна проводів на ПЛ напругою до 1000 В, підвішених на опорах спі-льно з іншими ПЛ напругою до і понад 1000 В, провадяться з відключенням і заземленням на робочих місцях або з обидвох боків ділянки робіт всіх ПЛ до і понад 1000 В.

Під час робіт на гірляндах ізоляторів дозволяється переміщуватися по підтримувальних гірляндах – як одноланцюгових, так і складених з двох і більше ланцюгів.

Працювати на одноланцюговій натяжній гірлянді дозволяється, користуючись спеціальними пристосуваннями, а в разі їх відсутності – лежачи на гірлянді і зачепившись ногами за траверсу для фіксації положення тіла.

Під час роботи на підтримувальній гірлянді строп запобіжного паска закріплюється за траверсу. Якщо довжина стропа недостатня, то необхідно користуватися закріпленими за пояс двома страхувальними канатами.

Один канат прив'язують до траверси, а другий, попередньо заведений за траверсу, член бригади, який підстраховує, відпускає в міру необхідності.

Під час роботи на натяжній гірлянді строп запобіжного поясу закріплюється за траверсу або за призначені для цього пристосування.

На підтримувальних та натяжних гірляндах, складених з двох і більше ланцюгів, дозволяється закріплювати строп запобіжного паска за один з ланцюгів, на якому робота не проводиться. Закріплювати цей строп за гірлянду, на якій виконується робота, забороняється.

В разі виявлення несправності, котра може призвести до розчіплювання гірлянди, робота має бути припинена.

Під час підймання (або опускання) на траверси проводів, тросів, ізоляторів перебувати на траверсах, на яких підіймається вантаж, або на стійках під цими траверсами, забороняється.

Вибирати схеми підймання вантажу і розміщувати підймальні блоки слід з таким розрахунком, щоб не виникали зусилля, які можуть викликати пошкодження опори.

Під час фарбування опори слід вживати заходів для запобігання потраплянню фарби на ізолятори і проводи (наприклад, застосовувати піддони).

5.3 Робота на ПЛ без зняття напруги на струмовідних частинах та поблизу них

Роботи на ПЛ, що перебувають під напругою, можуть провадитися за двома схемами:

«провід – людина – ізоляція – земля», якщо працівник перебуває під потенціалом проводу та ізольований від землі;

«провід – ізоляція – людина – земля», якщо працівник ізольований від проводу.

. Роботу під потенціалом проводу допускається виконувати за дотримання умов ізоляції людини від землі, застосування комплексу одягу та вирівнювання потенціалів екранувального комплекту, робочої площадки і проводу.

Вирівнювання потенціалів здійснюється спеціальною штангою для переносу потенціалу.

Конкретні види робіт під потенціалом проводу слід виконувати згідно зі спеціальними інструкціями за технологічними картами.

Роботи під напругою з ізоляцією людини від проводу мають проводитися із застосуванням електрозахисних засобів для відповідної напруги.

Члени бригади, які мають право на виконання робіт під потенціалом проводу (з безпосереднім доторканням до струмовідних частин), повинні мати групу IV, а інші члени бригади – групу III.

. Забороняється доторкатися до ізоляторів і арматури ізолювальних підвісок, що мають інший, ніж провід, потенціал, а також передавати або брати інструмент чи пристосування працівникам, що не перебувають на тому самому робочому майданчику, під час виконання робіт з площадки ізолювального пристрою, що перебуває під потенціалом проводу.

Під час з'єднання тих елементів ремонтованої фази, які мають різний потенціал (наприклад проводи та ізолювальні підвіски), або під час їх роз'єднання необхідно користуватися діелектричними рукавичками.

Перед початком робіт на ізолювальних підвісках необхідно перевіряти вимірювальною штангою електричну міцність підвісних ізоляторів і наявність всіх шплінтів та замків в арматурі. За наявності випускних затискачів слід заклинити їх на опорі, на якій проводиться робота, і на сусідніх опорах, якщо цього потребує рельєф траси.

Роботи на ізолювальній підвісці з її перечеплення, заміни окремих ізоляторів, арматури, що провадяться монтерами, які перебувають на

ізолювальних пристроях або траверсах, допускаються за кількості справних ізоляторів на підвісці не менше 70%.

Під час перечеплення ізолювальних підвісок, що виконуються з траверс, встановлювати і відчіпляти від траверси необхідні пристосування слід в діелектричних рукавичках.

Дозволяється доторкатися: на ПЛ 35 кВ – до шапки першого ізолятора в разі наявності двох справних ізоляторів в ізолювальній підвісці, а на ПЛ 110 кВ і вище – до шапок першого і другого ізоляторів. Відлік ізоляторів ведеться від траверси.

Встановлення трубчатих розрядників на ПЛ 20, 35, 110 кВ під напругою допускається за умови застосування ізолювальних підвісних габаритників, які унеможливають наближення зовнішнього електрода розрядника до проводу на віддаль, меншу від заданої.

Забороняється перебувати в зоні можливого вихлопу газів в разі наближення зовнішнього електрода розрядника до проводу або під час відведення проводу в разі зняття розрядника. Наближати або відводити зовнішній електрод розрядника слід за допомогою ізолювальної штанги.

Забороняється наближатися до ізолюваного від опори блискавкозахисного тросу на відстань менше 1 м.

В разі використання троса в схемі плавлення ожеледі припустиме наближення до троса слід визначати залежно від напруги плавлення.

Забороняється працювати на тих ПЛ та ПЛЗ, які перебувають під напругою, в туман, дощ, снігопад, в темний час доби, а також під час вітру, що ускладнює роботи на опорах.

Перехід з ізолювального пристрою на його робочий майданчик і назад дозволяється тільки після віддалення майданчика з монтером від проводу більше 0,5 м – на ПЛ напругою до 110 кВ включно і більше 1 м – на ПЛ напругою 150 , 220 кВ та зняття потенціалу з робочого майданчика.

5.4 Роботи на струмовідних частинах електроустановок і повітряних ліній електропередавання під наведеною напругою

До робіт на струмовідних частинах електроустановок під наведеною напругою мають допускатись особи, які пройшли спеціальне навчання методам безпечного виконання таких робіт, з перевіркою знань, записом у посвідченні про надання права на їх проведення.

Члени бригади (за винятком водіїв машин та механізмів) повинні мати групу з електробезпеки не нижче III.

Працівники, які обслуговують електроустановки і ПЛ, повинні знати перелік ПЛ та ліній-ного обладнання електростанцій та підстанцій, що перебувають під наведеною напругою після їх вим-кнення.

Із числа ПЛ, що перебувають під наведеною напругою, слід визначити вимірюваннями або розрахунками лінії, під час вимкнення і заземлення яких по кінцях (в РУ) і на місці виконання робіт на заземлювачі залишається потенціал наведеної напруги понад 42В за найбільшого робочого струму діючих ПЛ. В подальшому вимірювання або розрахунки слід виконувати під час зміни режиму, схеми мережі.

Під час роботи в зоні слабкої дії наведеної напруги лінія має бути заземленою в РУ електростанції і підстанції.

Роботи в зоні сильної дії наведеної напруги слід виконувати без заземлення ПЛ в РУ електростанцій і підстанцій. Виняток становлять роботи, які виконують:

- на ділянці сумісного проходження повітряних ліній поблизу РУ електростанцій (підстанцій), але не далі як за 2 км від них – в цих випадках ПЛ заземлюється в кінцевих РУ;

- на ділянці одиночного проходження, яка примикає до РУ електростанцій (підстанцій), – в цих випадках лінію треба заземлити в РУ, яке примикає до діль-ниці робіт.

Під час виконання робіт на ПЛ в зоні сильної дії наведеної напруги, коли ця лінія не за-землена в РУ електростанції і підстанції, треба вжити додаткових заходів щодо запобігання помилко-вому або самочинному ввімкненню комутаційних апаратів. Для цього додатково до вимог пункту 4.2.4 цих Правил схема вимикача має бути розібрана роз'єднувачами з обох боків, а на лінійному роз'єднувачі мають бути ввімкнені заземлювальні ножі в бік вимикача. За наявності обхідної системи шин вона також має бути заземленою.

Струмівідні частини електроустановки, що перебувають під наведеною напругою, ма-ють бути заземлені на кожному робочому місці з приєднанням заземлювальних провідників до контуру заземлення опори або до заземлювального пристрою електростанції чи під-станції. Допускається використовувати груповий заземлювач. Використання одинарного стрижневого заземлювача допускається тільки під час робіт в зоні слабкої дії наведеної напруги.

З моменту заземлення проводу заземлювач, заземлювальні провідники, опори та їх елементи, монтажні канати, машини та механізми слід вважати такими, що перебувають під напругою, тому доторкатися до них стоячи на землі без застосування електрозахисних засобів (діелектричних рукавичок, взуття), а також заходити до кабіни механізму і виходити з неї – забороняється.

В зоні сильної дії наведеної напруги роботи, що виконуються без заземлення ПЛ в РУ електростанції і підстанції, мають проводитися з встановленням базового заземлення на ділянці ви-конання робіт. Під час роботи на ділянці сумісного проходження ПЛ базове заземлення треба вста-новлювати не далі як за 1 км від робочого місця, а на ділянці одиночного проходження лінії – його можна розташувати довільно в межах цієї ділянки. Не допускається встановлювати базове заземлен-ня на опорі, на якій виконуються роботи.

Встановлення та зняття базового заземлення виконується із заземлюванням проводів всіх фаз на контур заземлення опори, а в випадку відсутності такого контуру – на груповий заземлювач. Залежно від місцевих умов допускається встановлювати та знімати базове заземлення без заземлення ПЛ в РУ електростанції (підстанції) із записом в оперативному журналі або тимчасовим заземленням ПЛ в цих РУ. Встановлення та зняття базового заземлення має виконувати керівник робіт з двома членами бригади з групами IV і III.

В рядку “Окремі вказівки” наряду необхідно вказати розрахункові рівні наведеної напруги до встановлення базового заземлення та після підготовки робочого місця.

Базове заземлення встановлюється перед початком підготовчих робіт і знімається після повного закінчення робіт та зняття робочих заземлень.

В зоні сильної дії наведеної напруги, під час сумісного проходження ПЛ, роботи треба виконувати на одній або двох суміжних опорах та прольоті між ними. В разі сумісного проходження ПЛ в зоні сильної дії наведеної напруги допускається одночасне проведення робіт кількома бригадами, коли довжина ділянки робіт не перевищує 2 км, за умови виконання вимог пункту цих Правил. За необхідності перевищення зазначеної довжини ділянки робіт, ПЛ має бути поділена на електрично незв'язані між собою ділянки зі встановленням на кожній з них базового заземлення.

Під час виконання таких робіт на ділянці одиночного проходження лінії, а також усіх видів робіт в зоні слабкої дії наведеної напруги довжина ділянки, на якій провадяться роботи, не обмежується.

Суміщення робіт в зоні сильної дії наведеної напруги на ділянках сумісного та одиночного проходження допускається тільки за умови розділення лінії на електрично незв'язані ділянки.

В разі проходження ПЛ на ділянці одиночного прямування на території різних підприємств на кожній ділянці робіт повинне встановлюватися своє базове заземлення.

Перед початком робіт під наведеною напругою мають бути вирівняні потенціали пров'язу, опор та їх елементів, монтажних канатів, машин і механізмів через заземлення їх на загальний заземлювач. У цьому випадку провід слід заземлювати в останню чергу – після монтажу такелажної схеми на землі та її заземлення. Розбирати такелажну схему необхідно у зворотній послідовності.

Роботи, пов'язані з дотиком до пров'язу, опущеного на землю, мають проводитися із застосуванням електрозахисних засобів або з металевого майданчика, який з'єднаний з провідом для вирівнювання потенціалів. Забороняється входити на майданчик або сходити з нього, а також подавати металеві предмети, стоячи на землі без діелектричного взуття.

Перед тим як розрізати провід, його необхідно заземлити з обох боків від місця розриву на контур заземлення опори або, під час виконання таких робіт в прольоті – на загальний груповий заземлювач, на який мають заземлюватися також монтажні канати, машини та механізми.

Під час наближення до заземлювача на відстань менше 3 м для захисту від напруги кроку після заземлення пров'язу на місці робіт необхідно взувати діелектричне взуття.

Під час монтажу та заміни провідів під наведеною напругою всі роботи, пов'язані з дотиком до пров'язу, машин та механізмів, мають виконуватися із заземленням їх на місці робіт та застосуванням електрозахисних засобів. Перед розкочуванням заземлювати провід безпосередньо біля барабану не вимагається.

Підймання та опускання пров'язу має проводитися із заземленням його на кожній опорі, де здійснюється монтаж, за умови, що довжина ділянки не перевищує 2 км. Натягування та візування пров'язу треба

виконувати із заземленням його на анкерній опорі, через яку здійснюється натягування.

Перекладання проводу із розкочувальних роликів в затискачі має виконуватись після заземлення його на місці робіт або на сусідній опорі. Для проводу, який лежить на металевих роликах або у підтримувальних затискачах, достатньо заземлити їх на контур заземлення опори, а за наявності природного контакту між ними встановлення додаткового заземлення на місці робіт не вимагається. Суміжний анкерний проліт, в якому перекладання проводу вже закінчено, слід вважати таким, що перебуває під напругою.

До роботи зі з'єднання проводів в петлях анкерних опор ПЛ 110 кВ і вище їх слід закріплювати за проводи або за натяжні ізолювальні підвіски (але не ближче, ніж за четвертий ізолятор від траверси), а на ПЛ 35 кВ і нижче – тільки за проводи.

Починати з'єднувати проводи у прольоті анкерних опор можна тільки після повного припинення робіт в суміжних анкерних прольотах і зняття з них всіх заземлень. Лінія має бути заземлена в одному місці – на анкерній опорі, де провадяться роботи, із заземленням кінців з'єднувальних проводів на контур заземлення опори. Перед установленням заземлень треба дотримуватись підвищеної обережності і не наближатись до незаземлених проводів через наявність на них наведеного електростатичного потенціалу.

Роботи на обладнанні електростанцій і підстанцій, яке перебуває під наведеною напругою, необхідно виконувати із встановленням на спуски проводів з боку ПЛ по одному переносному заземленню або з вмиканням заземлювальних ножів на обхідному роз'єднувачі, якщо на ньому не виконуються роботи. Встановлення та зняття переносних заземлень необхідно виконувати за умови ввімкнення заземлювальних ножів у бік лінії.

Під час роботи в електроустановках під наведеною напругою із застосуванням телескопічних вишок та гідропідйомників робочий майданчик має бути з'єднаний із заземленим на місці робіт проводом-перемичкою з гнучкого мідного проводу за допомогою спеціальної штанги, а сам механізм має бути заземлений на загальний з проводом заземлювач. Перетин перемички та заземлювального провідника має бути не менше 25 мм². Механізми повинні мати інвентарні заземлювачі, на робочих майданчиках мають бути позначені місця для приєднання перемичок, які мають бути ретельно очищені від фарби, іржі та забруднення.

6 РОЗРАХУНОК ПОВІТРЯНОЇ ЛІНІЇ 110 КВ

Розрахунок проведений для ПЛ 110 кВ із проводами АС 120/19.
Вихідні дані, які потрібні для виконання розрахунку, подані у таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 – Вихідні дані розрахунку проводів АС 120/19

Кліматичні умови			Механічні характеристики	
Параметр, од.виміру	Навантаження та впливи	Значення	Параметр, од.виміру	Значення
Вага ожеledі, Н/м 3-й кліматичний район	характеристичне	15	Е, МПа	$8,25 \cdot 10^4$
	експлуатаційне	10,5	α , град ⁻¹	$19,2 \cdot 10^{-6}$
Вітровий тиск, Па 3-й кліматичний район	характеристичне	500	β , МПа ⁻¹	$12,1 \cdot 10^{-6}$
	експлуатаційне	400	α/β	1,59
Дія вітру з ожеledддю, Н/м 2-й кліматичний район	характеристичне	6,0	$\sigma_{нб}$, МПа	120
	експлуатаційне	4,32	$\sigma_{ср}$, МПа	90
Температура, °С	середньорічна	+ 8	S, мм ²	136,8
	максимальна	+ 36	d, мм	15,2
	мінімальна	- 36	p_λ , кг/км	471
	під час ожеledі	-5	λ_{sim} , м	260

Розрахунок питомих навантажень виконують за формулами таблиці 3.3, із використанням даних таблиць А.4 додатку А.

Навантаження від власної ваги проводу:

$$\gamma_1 = \frac{471 \cdot 0,981}{136,8} \cdot 10^{-2} = 3,38 \cdot 10^{-2}, \quad \text{МПа/м}$$

Навантаження від ваги ожеledі на проводі:

$$\gamma_2 = \frac{11,57}{136,8} = 8,46 \cdot 10^{-2}, \quad \text{МПа/м}$$

Навантаження від ваги проводу із ожеледдю:

$$\gamma_3 = (3,38 + 8,46) \cdot 10^{-2} = 11,84 \cdot 10^{-2}, \quad \text{МПа/м}$$

Навантаження від дії вітру на провід без ожеледі:

$$\gamma_4 = \frac{8,78}{136,8} = 6,42 \cdot 10^{-2}, \quad \text{МПа/м}$$

Навантаження від дії вітру на провід вкритий ожеледдю:

$$\gamma_5 = \frac{4,77}{136,8} = 3,49 \cdot 10^{-2}, \quad \text{МПа/м}$$

Навантаження від власної ваги проводу і дії вітру на провід без ожеледі:

$$\gamma_6 = \sqrt{(3,38^2 + 6,42^2) \cdot 10^{-4}} = 7,25 \cdot 10^{-2}, \quad \text{МПа/м}$$

Навантаження від дії вітру на провід, вкритий ожеледдю, власної ваги, ваги ожеледі під час дії вітру на провід, вкритий ожеледдю:

$$\gamma_7 = \sqrt{[(3,38 + (0,9 \cdot 8,46))^2 \cdot 10^{-4} + 3,49^2 \cdot 10^{-4}} = 11,53 \cdot 10^{-2}, \quad \text{МПа/м}.$$

Виконаємо розрахунок критичних прогонів за формулами 3.3 – 3.5

$$\lambda_{1k} = \frac{2 \cdot 90}{3,38 \cdot 10^{-2}} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot [12,1 \cdot 10^{-6} \cdot (90 - 120) + 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (+8 - (-36))]}{1 - \left(\frac{90}{120}\right)^2}} = 370 \text{ м}$$

$$\lambda_{2k} = \frac{2 \cdot 120}{3,38 \cdot 10^{-2}} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (-5 - (-36))}{\left(\frac{11,84 \cdot 10^{-2}}{3,38 \cdot 10^{-2}}\right)^2 - 1}} = 126 \text{ м}$$

$$\lambda_{3k} = \frac{2 \cdot 120}{3,38 \cdot 10^{-2}} \cdot \sqrt{\frac{6 \cdot [12,1 \cdot 10^{-6} \cdot (120 - 90) + 19,2 \cdot 10^{-6} \cdot (-5 - (+8))]}{\left(\frac{11,84 \cdot 10^{-2}}{3,38 \cdot 10^{-2}}\right)^2 - \left(\frac{120}{90}\right)^2}} = 57 \text{ м}$$

Співвідношення критичних прогонів

$$\lambda_{1k} > \lambda_{2k} > \lambda_{3k}$$

Параметри вихідного режиму розрахунків відповідно до таблиці 3.4:

- якщо $\lambda_p > 126 \text{ м}$, то режим найбільшої ожеледі:

$$\sigma_{нб}, t = \text{мінус } 5 \text{ } ^\circ\text{C}, \gamma_{нб};$$

- якщо $\lambda_p < 126 \text{ м}$, то режим мінімальної температури:

$$\sigma_{нб}, t = \text{мінус } 36 \text{ } ^\circ\text{C}, \gamma_1.$$

Для ПЛ 110 кВ прийнята проміжна опора із висотою до нижньої траверси 14,5 м. Мінімальний габарит до поверхні землі в ненаселеній місцевості за нормою [1] складає 6 м. Довжина підвісу визначена у 1,4 м.

Габаритна стріла провисання за формулою 3.6:

$$f_{габ} = 14,5 - 1,4 - 6 = 7,1 \text{ м.}$$

За формулою 3.7 габаритний прогін становить:

$$\lambda_{\varepsilon a\bar{b}}^{ож} = \sqrt{\frac{8 \cdot 7,1 \cdot 120}{11,84 \cdot 10^{-2}}} = 240 \text{ м.}$$

Оскільки $\lambda_{\varepsilon a\bar{b}} > \lambda_{2k}$, то розрахункові вихідні умови для визначення напружень становлять: $\sigma_{н\bar{b}} = 120 \text{ МПа}$, $t = \text{мінус } 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$, $\gamma_3 = 11,84 \cdot 10^{-2} \text{ МПа/м}$.

Напруження в проводі під час максимальної температури σ_{+36} визначають із рівняння 3.1:

$$\sigma_{+36} - \frac{3,38^2 \cdot 10^{-4} \cdot 240^2}{24 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} \cdot \sigma_{+36}^2} = 120 - \frac{11,84^2 \cdot 10^{-4} \cdot 240^2}{24 \cdot 12,1 \cdot 10^{-6} \cdot 120^2} - 1,59 \cdot (+36 - (-5))$$

$$\sigma_{+36} = 36 \text{ МПа.}$$

Знаходять значення габаритного прогону для умов максимальної температури:

$$\lambda_{\varepsilon a\bar{b}}^+ = \sqrt{\frac{8 \cdot 7,1 \cdot 36}{3,38 \cdot 10^{-2}}} = 246 \text{ м.}$$

Порівнюючи значення $\lambda_{\varepsilon a\bar{b}}^{ож}$, $\lambda_{\varepsilon a\bar{b}}^+$ і відомого з таблиці 3.4 значення вітрового прогону $\lambda_{\varepsilon im}$, для подальших розрахунків приймають найменше значення прогону ($\lambda_p = 240 \text{ м}$), яке вважають приведеним прогоном в анкерному прогоні.

Отримані дані є достатні для виконання розміщення опор ПЛ по профілю місцевості і розрахунку габаритів перетинів споруд і комунікацій в нормальному режимі та після обриву проводів.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ бакалаврської роботи присвячений дотримання вимог охорони праці під час монтажу та обслуговуванню повітряних ліній електропередач в електричних мережах. На оперативно-ремонтний персонал, що здійснює експлуатації системи електропостачання, впливають такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори [1, 2]:

фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо);

хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил);

фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

7.1 Технічні рішення з безпечної організації будівельно-монтажних робіт

7.1.1 Технічні рішення з безпечної організації робочих місць

Експлуатація пристроїв компенсації реактивної потужності передбачає розробку та експлуатацію системи автоматичного управління

ними. Для забезпечення робіт, що їх провадять в колах вимірювальних приладів і пристроїв релейного захисту, всі вторинні обмотки вимірювальних трансформаторів струму і напруги слід постійно заземлювати. За необхідності розриву кола струму вимірювальних приладів і реле кола вторинної обмотки трансформатора струму попередньо закорочується на спеціально призначених для цього затискачах.

Розривати кола, підключені до вторинної обмотки трансформатора струму, забороняється. За необхідності розриву цих кіл вони мають бути попередньо замкнуті перемичкою, встановленою до передбачуваного місця розриву (рахуючи від трансформатора струму). Під час встановлення перемички слід застосовувати інструмент з ізолювальними рукоятками.

Під час роботи на трансформаторах струму або в колах, підключених до їх вторинних обмоток, слід виконувати такі заходи безпеки: зажими вторинних обмоток до закінчення монтажу кіл, що до них підключаються, мають бути замкнені накоротко. Після приєднання змонтованих кіл до трансформатора струму закоротку слід переносити на найближчу збірку затискачів і знімати тільки після повного закінчення монтажу та перевірки правильності приєднання змонтованих кіл; під час перевірки полярності до подавання імпульсів струму в первинну обмотку прилади слід приєднувати до затискачів вторинної обмотки. Забороняється використовувати шини первинних обмоток як струмопровідні під час монтажних та зварювальних робіт.

Робота в колах пристроїв релейного захисту, електроавтоматики і телемеханіки (РЗАіТ) проводиться за виконавчими схемами. Під час робіт в пристроях РЗАіТ слід користуватися слюсарно-монтажним інструментом з ізолювальними рукоятками.

Під час перевірки кіл вимірювання, сигналізації, керування і захисту за необхідності в приміщенні електроустановок напругою понад 1000 В

дозволяється залишатися одному члену бригади за умовами роботи (наприклад, регулювання вимикачів, перевірка ізоляції); працівник, який перебуває окремо від керівника робіт, повинен мати групу III. Під час робіт в колах трансформаторів напруги з подачею напруги від стороннього джерела знімаються запобіжники з боку вищої і нижчої напруги, а також відключаються автомати від вторинних обмоток.

За необхідності проведення будь-яких робіт в колах чи на апаратурі РЗАіТ за умови ввімкненого основного обладнання слід вжити додаткових заходів щодо запобігання його випадковому відключенню. Забороняється на панелях або поблизу місця розміщення релейної апаратури провадити роботи, які викликають сильний струс релейної апаратури, що може спричинити до помилкових дій реле.

Перемикання, вмикання і вимикання вимикачів, роз'єднувачів та іншої комутаційної апаратури, пускання і зупинення агрегатів, регулювання режиму їх роботи, необхідні під час налагодження або перевірки пристроїв РЗАіТ, провадять тільки оперативні працівники.

Записувати покази електролічильників та інших вимірювальних приладів, встановлених на щитах керування і в РУ, дозволяється:

- одноособово працівникам з групою II за наявності місцевих оперативних працівників (з чергуванням двох осіб) і з групою III — без місцевих оперативних працівників;
- працівникам інших організацій з групою III у супроводі місцевого оперативного працівника.

Встановлення і зняття електролічильників та інших вимірювальних приладів, підключених до вимірювальних трансформаторів, повинні провадити за нарядом зі зняттям напруги два працівники, один з яких повинен мати групу IV, а другий — групу III. За наявності в колах електролічильників контактів (блоків), що дозволяють працювати без розмикання кіл, підключених до вторинних обмоток трансформатора

струму, ці роботи можна виконувати за розпорядженням, не знімаючи напруги зі схеми електролічильника. За відсутності вказаних контактів напругу і струм в колах електролічильника слід відключити.

Приєднання вимірювальних приладів, встановлення і зняття електролічильників, підключених до вимірювальних трансформаторів, за наявності випробувальних блоків або спеціальних затискачів, що дають змогу безпечно закорочувати кола струму, виконуються без зняття навантаження і напруги. Встановлення і зняття електролічильників безпосереднього ввімкнення допускається провадити за розпорядженням одному працівнику з групою III. Встановлення і зняття електролічильників, а також приєднання вимірювальних приладів виконуються зі зняттям напруги.

Роботи з електролічильниками на різних приєднаннях, розміщених в одному приміщенні, можна виконувати за одним нарядом (розпорядженням). Оформлення в наряді переходу з одного робочого місця на інше не вимагається.

7.1.2 Електробезпека

Живлення силового обладнання підприємства та систем освітлення здійснюється від чотирьохпровідної трифазної мережі 380 х 220В (фазна напруга (фаза – "0") – 220В, а міжфазна лінійна (фаза – фаза) – 380В), з'єднаної з силовим трансформатором. Категорія умов за небезпекою електротравматизму – підвищеної небезпеки, у зв'язку з наявністю на об'єктах, що будуються та реконструюються, струмопровідної підлоги.

Технічні рішення щодо запобігання електротравмам: для запобігання електротравм від контакту з нормально-струмопровідними елементами електроустаткування, необхідно:

- розміщувати неізольовані струмопровідні елементи в окремих

приміщеннях з обмеженим доступом, у металевих шафах; використовувати засоби орієнтації в електроустаткуванні – написи, таблички, попереджувальні знаки; підвід кабелів до споживачів здійснювати у закритих конструкціях підлоги;

- при живленні однофазних споживачів струму від трипровідної мережі при напрузі до 1000 В використовується нульовий захисний провідник. При його використанні пробій на корпус призводить до КЗ. Спрацьовує захист від КЗ і пошкоджений споживач відключається від мережі. Згідно з вимогами нормативів, повинна бути забезпечена необхідна кратність струму КЗ, залежно від типу запобіжного пристрою, повинна бути забезпечена цілісність нульового захисного провідника.

- електрозахисні засоби захисту. Електротехнічний персонал повинен бути забезпечений випробуваними засобами захисту. Перед застосуванням засобів захисту персонал зобов'язаний перевірити їх справність, відсутність зовнішніх пошкоджень, очистити і протерти від пилу, перевірити за штампом дату наступної перевірки. Забороняється користуватися засобами захисту, термін придатності яких вийшов.

Використовуються основні та допоміжні електрозахисні засоби. Основними електрозахисними засобами називаються засоби, ізоляція яких тривалий час витримує робочу напругу, що дозволяє дотикатися до струмопровідних частин, які знаходяться під напругою. До них відносяться (до 1000В): ізолювальні штанги; ізолювальні та струмовимірювальні кліщі; покажчики напруги; діелектричні рукавиці; слюсарно-монтажний інструмент з ізольованими ручками.

Додатковими електрозахисними засобами називаються засоби, які захищають персонал від напруги дотику, напруги кроку та попереджають персонал про можливість помилкових дій. До них відносяться (до 1000 В): діелектричні калоші; діелектричні килимки; переносні заземлення; ізолювальні накладки і підставки; захисні пристрої; плакати і знаки

безпеки.

7.2 Технічні рішення з гігієни праці і виробничої санітарії

7.2.1 Мікроклімат

Мікроклімат приміщення – це сукупність фізичних параметрів повітря в виробничому приміщенні, які діють на людину в процесі праці на її робочому місці, в робочій зоні. Параметри мікроклімату характеризуються такими показниками: температурою повітря і відотною вологістю повітря, швидкістю його переміщення, потужністю теплових випромінювань. При цьому слід розрізняти оптимальні та допустимі мікрокліматичні умови.

Допустимі мікрокліматичні умови – поєднання кількісних показників мікроклімату, які при тривалому та систематичному впливові на людину можуть викликати скороминучі зміни, що швидко нормалізують тепловий стан організму, і які супроводжуються напруженням механізмів терморегуляції, не виходячи за межі фізіологічних пристосувальних можливостей. При цьому виникає пошкодження або порушення стану здоров'я, але можуть спостерігатися дискомфортні тепловідчуття, погіршення самопочуття та зниження працездатності. Допустимі величини показників мікроклімату встановлюють тоді, коли за технологічними умовами, технічними і економічними причинами не забезпечуються оптимальні норми.

Нормуються параметри мікроклімату в виробничих приміщеннях та гранично допустимі концентрації шкідливих речовин в повітрі робочої зони. Тяжкість роботи розділяється на категорії залежно від загальних енерговитрат організму, ккал/с (Вт). Параметри мікроклімату в приміщенні наведено в таблиці 7.1.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату на робочому місці оператора крану передбачається: в холодну пору року – використання калорифера; в літню пору – застосування кондиціонерів та вентиляторів обдуву, провітрювання приміщень.

Таблиця 7.1 – Нормування параметрів мікроклімату на непостійних робочих місцях

Період року	Категорія робіт	Температура, °C	Відносна вологість, %	Швидкість руху, м/с
Теплий	ІІб	15-29	70 при 25°C	0,2-0,5
Холодний	ІІб	13-23	не більш 75	не більш 0,4

7.2.2 Склад повітря робочої зони

Забруднення повітря робочої зони регламентується концентраціями (ГДК) в мг/м. В умовах роботи на граничнодопустимих концентраціях можливими забруднювачами повітря робочої зони можуть бути пил та шкідливі гази, їх ГДК наведено в таблиці 7.2.

Таблиця 7.2 – Гранично допустимі концентрації шкідливих речовин у повітрі робочої зони

Назва речовини	ГДК, мг/м ³		Клас небезпечності
	Максимально разова	Середньодобова	
Вуглецю оксид (	3	1	4
Пил нетоксичний	0,5	0,15	4

Для забезпечення складу повітря робочої зони передбачено: провітрювання приміщень; встановлення пиловловлюючих засобів.

7.2.3 Виробниче освітлення

Для забезпечення найбільш сприятливих умов зорової праці нормуємо освітлення на робочому місці працівника.

Характеристика зорових робіт – середньої точності.

Відповідно до ДБН В.2.5-28-2018 розряд зорової роботи IV, підрозряд «в». Норми при штучному, природньому та суміщеному освітленні наведено в таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Вимоги до освітлення виробничих приміщень

Харак-ка зорової роботи	Найменши й або еквівалентний розмір об'єкта розрізнення, мм	Розряд зорової роботи	Під-розряд зорової роботи	Контраст об'єкта з фоном	Характеристика фону	Штучне при системі комбінованого освітлення		Природнє Ен пр	Сумісне Е сум
						всього	у т. ч. від загального		
Середньої точності	Від 0,5 до 1,0 включно	IV	в	малий середній великий	світлий середній темний	400	200	4	2,4

Для забезпечення достатнього освітлення здійснюють систематичне очищення скла та світильників від пилу (не рідше двох разів на рік), використовують жалюзі. В разі нестачі природного освітлення, використовують загальне штучне освітленням, що створюється за допомогою світлодіодних ламп [E27 LED 15W NW A70 "SG"](#). Висота підвісу світильників над робочою поверхнею 2,5 метра.

При експлуатації здійснюється контроль за рівнем напруги освітлювальної мережі, своєчасна заміна перегорілих ламп, забезпечується чистота повітря у приміщенні.

7.2.4 Виробничий шум

Для відносної логарифмічної шкали в якості нульових рівнів обрані

показники, що характеризують мінімальний поріг сприйняття звуку людським вухом на частоті 1000 Гц. Нормативним документом, який регламентує рівні шуму для різних категорій робочих місць службових приміщень, є «ССБТ. Шум Загальні вимоги безпеки». Норми звукового тиску на постійних робочих місцях в виробничих приміщеннях наведено в таблиці 7.4.

Таблиця 7.4 – Рівень звукового тиску

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах з середньгеометричними частотами, Гц								
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Постійні робочі місця в промислових приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69

Засоби боротьби із шумом в залежності від числа осіб, для яких вони призначені, поділяються на засоби індивідуального захисту і на засоби колективного захисту – «ССБТ. Засоби індивідуального захисту органів слуху. Загальні технічні умови і методи випробувань» і «Засоби і методи захисту від шуму. Класифікація».

Для зниження шуму в приміщенні, необхідно:

- безпосередньо біля джерел шуму використовувати звукопоглинаючі матеріали для покриття стелі, стін, застосовувати підвісні звукопоглиначі (ширми, екрани тощо).
- для боротьби з вентиляційним шумом потрібно застосовувати мало шумові вентилятори.

7.3 Пожежна безпека

Пожежну безпеку промислових і інших об'єктів регламентують «Правила пожежної безпеки в Україні» та інші правила пожежної безпеки для промислових підприємств і окремих об'єктів [11, 12]. Визначення пожежо- вибухонебезпечності речовин і матеріалів здійснюється за рекомендаціями [13], а, відповідно, категорії приміщень, будинків та зовнішніх установок, де вони використовуються, зберігаються тощо, за [14].

Приміщення підстанції за вибухонебезпекою та пожежонебезпекою відноситься до категорії Д – речовини і/або матеріали, що зазначені вище для категорій приміщень В (крім горючих газів, горючих пилу і/або волокон), а також негорючі речовини і/або матеріали в холодному стані (за температури навколишнього середовища), за умов, що приміщення, в яких знаходяться (зберігаються, переробляються, транспортуються) зазначені вище речовини і/або матеріали, не відносяться до категорій А, Б або В, з зонами П-III (місця, де зберігаються тверді горючі речовини – зерно, борошно тощо).

Будівлі, в якій розташовані ці приміщення, характеризується II-IV ступенем вогнестійкості. Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвиликах) та максимальні межі поширення вогню по них (см) за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 7.5.

Межі вогнестійкості самонесучих стін, які враховуються в розрахунках жорсткості та стійкості будинку, приймають, як для несучих стін. Будівельні конструкції класифікують за вогнестійкістю та здатністю поширювати во-гонь. Показником вогнестійкості є межа вогнестійкості конструкції, що визначається часом (у хвиликах) від початку вогневого випробування за стандартним температурним режимом до настання одного з граничних станів конструкції:

- втрати несучої спроможності (R);
- втрати цілісності (E);

- втрати тепло та ізолювальної спроможності (I).

Таблиця 7.5 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій та максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будинків	Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (у хвилиналих) і максимальні межі поширення вогню по них (см)								
	стіни				коло-ни	сходові площадки, сходи, балки, марші сходових кліток	пере-криття між поверхів (у т.ч. горішні та над підвалами)	елементи суміщених покриттів	
	несучі та сходових кліток	само-несучі	зовнішні не-несучі	внутрішні не-несучі (перегородки)				плити, настили, прого-ни	балки, ферми, арки, рами
II	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0	E1 15 M0	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M0	RE 15 M0	R 30 M0
III	REI 120 M0	REI 60 M0	E 15 M0, E 30, M1	E1 15 M1	R 120 M0	R 60 M0	REI 45 M1	Не нормуються	
IV	REI 30 M1	REI 15 M1	E 15 M1	E1 15 M1	R 30 M1	R 15 M1	REI 15 M1		

Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості за ДБН В.1.1.7-2002 наведено в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Протипожежні перешкоди та мінімальні межі їх вогнестійкості

Протипожежні перешкоди	Типи протипожежних перешкод або їх елементів	Мінімальна межа вогнестійкості протипожежної перешкоди (у хвилиналих)	Тип заповнення прорізів, не нижче	Тип протипожежного тамбур-шлюзу, не нижче
Стіни	2	REI 60	2	1
Перегородки	2	EI 15	3	2
Перекрыття	2	REI 60	2	1

Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств,

гаражами слід приймати за таблицею 7.7 (чисельник). В умовах забудови, що склалася, протипожежні відстані між житловими будинками та від житлових будинків до будівель і споруд іншого призначення слід визначати згідно з протипожежними вимогами даних норм, наведеними у таблиці 7.7. Протипожежні відстані від житлових, громадських, адміністративно-побутових будинків промислових підприємств, гаражів до виробничих, складських, сільськогосподарських будинків і споруд слід приймати за таблицею 7.7 (знаменник).

Таблиця 7.7 Протипожежні відстані між житловими, громадськими, адміністративно-побутовими будинками промислових підприємств, гаражами, а також до виробничих будинків, сільськогосподарських будівель і споруд

Ступінь вогнестійкості будинку	Відстані при ступені вогнестійкості будинків, м		
	I, II	III	IIIa, IIIб, IV, IVa, V
I, II	6/9	8/9	10/12
III	8/9	8/12	10/15
IIIa, IIIб, IV, IVa, V	10/12	10/15	15/18

На території підстанції на кожному з об'єктів потрібно встановити від 2 до 5 вогнегасників ВП-5, ВВП-5 або аналогічних ємністю 6 або 9 л.

ВИСНОВКИ

У бакалаврській роботі досліджено методи розрахунку опор та проводів ПЛЕП.

У першому розділі роботи приділено увагу основним поняттям та визначенням, що стосуються задачі дослідження. Проведено класифікацію повітряних ліній електропередачі, досліджено основні елементи повітряних ліній та конструкції опор.

Другий розділ присвячено аналізу способів вибору конструкції проводів і тросів ПЛЕП. Проаналізовано методи визначення перерізу проводів і тросів, наведено технічні характеристики проводів і тросів.

Відповідно до поставленої мети, у третьому розділі роботи досліджено метод допустимих напружень у матеріалі проводу та способи визначення питомих навантажень на провід за різних кліматичних умов. Досліджено методику механічних розрахунків, наведено спосіб розрахунку положення проводів, тросів в прогоні за різної місцевості.

У четвертому розділі приділено увагу методам розрахунку необхідної міцності опор ПЛЕП. Досліджено метод граничних станів за допомогою якого визначаються навантаження від проводів, тросів для розрахунку опор.

П'ятий розділ вміщує питання охорони праці під час роботи на опорах ПЛЕП зі зняттям напруги та під потенціалом.

Для закріплення набутих у ході дослідження знань виконано розрахунок повітряної лінії 110 кВ з використанням методу граничних станів та допустимих напружень.

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Розрахунок опор та проводів повітряних ліній електропередавання згідно з вимогами глав 2.4 і 2.5 ПУЕ: 2006;
2. ГОСТ 839-80. Провода неизолированные для воздушных линий электропередачи. Технические условия;
3. ГОСТ 3063-80 Канат одинарной свивки стальной;
4. ГКД 34.20.175-2002 Мінпаливенерго України. Вимоги до проектування повітряних ліній електропередачі напругою до 1 кВ з самоутримними ізолюваними проводами;
5. ГКД 34.48.151-2003 «Проектування, будівництво та експлуатація волоконно-оптичних ліній зв'язку по повітряних лініях електропередавання »;
6. ДНАОП 0.00–1.21–98 Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів.
8. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів: НПАОП 40.1-1.21-98: Затв. 09.01.1998 № 4 /Держ. Комітет України по нагляду за охороною праці. Київ, 2008. 150 с.
- 9 Бондаренко Є. А., Кутін В. М., Лежнюк П. Д. Навчальний посібник до розділу «Охорона праці» в магістерських кваліфікаційних роботах для студентів спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка. Навчальний посібник. Вінниця, ВНТУ, 2018. 46 с. 70
10. Положення про кваліфікаційні роботи на першому (бакалаврському) рівні вищої освіти. СУЯ ВНТУ-03.02.02-П.001.01:21 / А. О. Семенов, Л. П. Громова, О. В.

ДОДАТОК А
ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ
ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: Аналіз конструктивних особливостей та методів розрахунку параметрів повітряних ліній електропередач

Тип роботи: Бакалаврська дипломна робота
(БДР, МКР)

Підрозділ кафедра електричних станій та систем, факультет електроенергетики та електромеханіки
(кафедра, факультет)

Показники звіту подібності Unichesk

Оригінальність 77,1 % Схожість 22,3 %

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне):

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

Особа, відповідальна за перевірку С.Я. Вишневський
(підпис) (прізвище, ініціали)

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

Автор роботи

С.Я.
(підпис)

Майданевич С.Л.
(прізвище, ініціали)

Керівник роботи

С.Я.
(підпис)

Адлер О. О.
(прізвище, ініціали)

Додаток Б

Технічні характеристики проводів і тросів

Таблиця А.1 – Мінімально припустимі перерізи проводів, тросів та співвідношення алюміній/сталь за умовами механічної міцності

Напруг а, кВ	Ділянки ПЛ	Район за ожеледд ю	А, АН	АЖ	АС	С	Тро с
Умови застосування проводів			Мінімальний переріз проводів, мм ²				
До 1 кВ	Магістраль ПЛ, ПЛП	1-3	25(25)	25	25	-	-
	або лінійне відгалуження	4-6	35(25)	25	25	-	-
	Відгалуження СП до вводу в будівлю	1-6	16	-	-	-	-
Понад 1 кВ	Без перетинів та у прогонах перетину із автодорогами, тролейбусними і трамвайними лініями та залізницями не загального користування	1, 2	70	50	35/6	35	-
		3, 4	95	50	50/8	35	-
		5, 6	-	70	70/11	35	-
	Прогони перетину із судноплавними	1, 2	70	50	50/8	50	-
		3, 4	95	70	50/8	50	-

	річками та відповідальними інженерними спорудами	5, 6	-	70	70/11	50	-
	На двоколових та багатоколових опорах ПЛ до 20 кВ	1-6	-	70	70/11	-	-
35 кВ	Одноколові ПЛ без перетинів і у прогонах перетинів із інженерними спорудами	1, 2	-	-	-	-	35
		3-6	-	-	-	-	50
	На двоколових та багатоколових опорах	1-6	-	-	-	-	50
Понад 35 кВ	Без обмежень	1-6	-	-	-	-	50
Співвідношення алюміній/сталь у перерізі			Рекомендований переріз проводів АС (алюмінієва частина), мм²				
Понад	А/С понад 7,5	1-3	-	-	240 і понад 240	-	-
	А/С = 6,0-6,25	1-3	-	-	менш ніж 240	-	-

1 кВ	A/C до 7,5-8,0	4-6	-	-	понад 400	-	-
	A/C до 6,0	4-6	-	-	менш ніж 120	-	-
	A/C = 4,0-4,5	4-6	-	-	120-400	-	-
	Великі переходи A/C = 0,5-2,5	4-6	-	-	Понад 400	-	-

Примітка. В дужках наведений переріз СІП із 4-ма утримними жилами

Таблиця А.2 – Конструктивні параметри самоутримних ізольованих проводів для напруги до 1 кВ

Кількість і переріз жил, мм ²	d, мм	Кількість утр. жил	Загальн. переріз утр. жил, мм ²	E 10 ⁴ , МПа	$\alpha 10^{-6}$, град ⁻¹	σ_p , МПа	$\sigma_{нб}$, МПа	$\sigma_{ср}$, МПа	Маса, кг/км	$\gamma_1 10^{-2}$, МПа/м
Проводи марки AsXS										
1x16	7,1	1	15,9	6,25	23,0	182	73	55	72	4,44
1x25	8,7		24,9			174	70	52	107	4,22
1x35	9,8		34,9			169	68	51	133	3,74
1x50	11,6		50,1			164	66	49	187	3,66
1x70	13,0		69,6			162	65	49	247	3,48
2x16	14,2	2	31,8			156	55	47	142	4,38

4x120	39, 7	4	481,2	6,2 5	23, 0	153	54	46	163 5	3,3 3	
4x120+25	41, 0								173 6	3,5 4	
4x120+35	41, 5								176 7	3,6 0	
4x120+2x2 5	42, 0								183 7	3,7 5	
4x120+2x3 5	43, 0								190 1	3,8 8	
Проводи марки САПсш, САСПсш											
2x16	14, 2	2	31,8	6,2 5	23, 0	292	102	88	133	4,1 0	
3x10+16	13, 7	1	15,9			280	117	84	181	11, 17	
3x16+25	16, 7		24,9				112		278	10, 95	
3x25+35	19, 2		34,9				110		399	11, 22	
3x35+50	22, 8		50,1			256	103		77	553	10, 83
3x50+70	26, 0		69,6			246	98	74	751	10, 59	
3x70+95	29, 9		94,7			203	81	61	103 0	10, 67	
3x95+95	32, 7								124 7	12, 92	
3x120+95	34, 2								150 3	15, 57	
3x25+35+2 5	25, 4						275		110	83	501
3x35+50+2 5	26, 1							50,1			654
3x50+70+2 5	29, 4		69,6			246		98			74
3x70+95+2 5	33, 4		94,7			203	81	61	113 2		11, 73
3x95+95+2 5	37, 1								134 8	13, 96	
3x120+95+ 25	39, 0								160 5	16, 63	

3x35+50+3 5	26, 7		50,1				275	110	83	691	13, 53				
3x50+70+3 5	29, 9		69,6				246	98	74	889	12, 53				
3x70+95+3 5	33, 8		94,7				203	81	61	116 9	12, 11				
3x95+95+3 5	37, 4									138 5	14, 35				
3x120+95+ 35	39, 3									164 2	17, 01				
Проводи марки АМКА, АМКА-Т															
1x16+25	11,0	1	24,9	6,25	23,0	295	118	89	140	5,52					
3x16+25	20,0		34,9						270	10,64					
3x25+35	23,0								390	10,96					
3x35+50	27,0		50,1			283	113	85	530	10,38					
3x50+70	31,0		69,6			295	118	89	700	9,87					
3x70+95	36,0		94,7						990	10,26					
3x120+9 5	42,0		24,9						1510	15,64					
4x16+25	22,0								330	13,00					
4x25+35	25,0		34,9						490	13,77					

Таблиця А.3 – Конструктивні параметри проводів із алюмінію і
алюмінієвих сплавів (марки А, АН, АЖ)

Номинал переріз, мм ²	d, мм	Пере- різ, мм ²	Е 10 ⁴ , МПа	α 10 ⁻⁶ , гр. ⁻¹	$\sigma_{вр}$, МПа			$\sigma_{нб}$, МПа			$\sigma_{ср}$, МПа			Маса , кг/к м	γ_1 10 ⁻² , МПа/м
					А	АН	АЖ	А	АН	АЖ	А	АН	АЖ		
16	5,1	15,9	6,3	23, 0	160	208	285	56	8 3	114	48	62	85	43	2,65
25	6,4	24,9												68	2,68
35	7,5	34,3												94	2,69
50	9,0	49,5												135	2,68
70	10, 7	69,3												189	2,68
95	12, 3	92,4												252	2,68
120	14, 0	117,0						64	9 4	128				321	2,69

Таблиця А.4 – Конструктивні параметри сталесалюмінієвих проводів
(марки АС)

Номінальний переріз, мм ²	d, мм	Пере- різ, мм ²	Sa/Sc	E 10 ⁴ , МПа	α 10 ⁻⁶ , гр. ⁻¹	σ _{вр} , МПа	σ _{нб} , МПа	σ _{ср} , МПа	Маса, кг/км	γ ₁ 10 ⁻² , МПа/ м					
16/2,7	5,6	18,7	6,0	8,2 5	19, 2	290	102	90	64,9	3,40					
25/4,2	6,9	29,0							100,3	3,39					
35/6,2	8,4	43,0 5					120		148,0	3,37					
50/8	9,6	56,2 4							195,0	3,40					
70/11	11,4	79,3							276,0	3,41					
95/16	13,5	111, 3							385,0	3,39					
120/19	15,2	136, 8	6,1 1 ÷ 6,2 8				8,9		18, 3	340	135	471,0	3,38		
150/24	17,1	173, 8										599,0	3,38		
185/29	18,8	210, 0										728,0	3,40		
240/39	21,6	274, 6										952,0	3,40		
300/48	24,1	342, 8										1186, 0	3,39		
400/64	27,7	453, 5										1572, 0	3,40		
120/27	15,4	140, 6	4,2 9 ÷ 4,3 9	8,9	18, 3	340		153				102	528,0	3,68	
150/34	17,5	181, 3											675,0	3,65	
185/43	19,6	228, 1											846,0	3,64	
240/56	22,4	297, 3											1106, 0	3,65	
300/66	24,5	354, 3											1313, 0	3,64	
400/93	29,1	499, 2											1851, 0	3,64	
150/19	16,8	166, 8	7,7				7,7		19,	280	126		84	554,0	3,26

185/24	18,9	211,2	1 ÷		8				705,0	3,27
240/32	21,6	275,7	8,04						921,0	3,28
300/39	24,0	339,6	7,71 ÷ 8,04	7,7	19,8	280	126	84	1132,0	3,27
330/43	26,2	375,1							1255,0	3,28
400/51	27,5	445,1							1490,0	3,28
500/64	30,6	553,5							1852,0	3,28
600/72	33,2	652,2							2170,0	3,26
400/22	26,6	416,0	17,93	7,04	21,5	210	96	64	1261,0	2,97
500/27	29,4	507,6	18,09						1537,0	2,97
185/128	23,1	315,0	1,46	11,4	15,5	565	254	169	1525,0	4,75
300/204	29,2	502,0							2428,0	4,74
500/336	37,5	826,0							4005,0	4,76

Таблиця А.5 – Конструктивні параметри тросів

Марка тросу		d, м	Переріз, мм ²	E 10 ⁴ , МПа	α 10 ⁻⁶ , гр. ⁻¹	$\sigma_{вр}$, МПа	$\sigma_{нб}$, МПа	$\sigma_{ср}$, МПа	Маса, кг/км	γ_1 10 ⁻² , МПа/м
АЖС 70/39		13,3	104,7	11,65	15,83	620	279	286	484	4,53
АС 70/72		15,4	140,6	13,4	14,5	690	272	207	755	5,27
АС 95/141		19,8	232,2	13,4	14,5	780	308	234	1357	5,73
Линв и типу ТК	8.1-Г-1-Ж-Н-1370	8,1	38,46	18,5	12,0	1200	600	420	330	8,42
	9.1-Г-1-Ж-Н-1370	9,1	48,64			1230	615	430	417,5	8,42
	11-Г-1-Ж-Н-1370	11,0	72,95			1230	615	430	627,4	8,44

Додаток Б

Ілюстративна частина

Мета і задачі дослідження

2

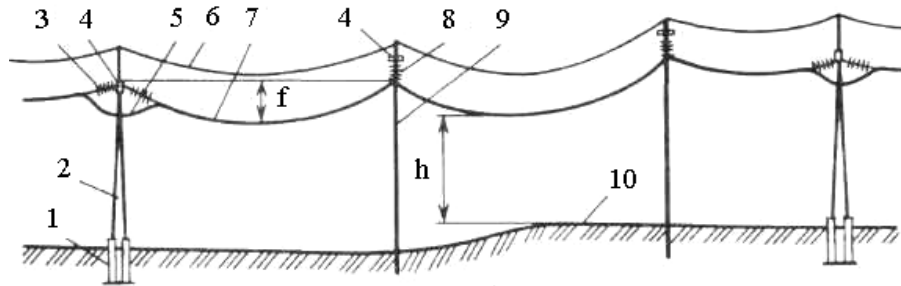
Метою роботи є аналіз методів розрахунку опор та проводів ПЛЕП.

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

1. Аналіз способів вибору конструкції проводів і тросів ПЛЕП;
2. Дослідження методів розрахунку параметрів проводів і тросів;
3. Дослідження методів розрахунку необхідної міцності опор ПЛЕП.

Основні елементи повітряної лінії електропередачі

3



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

Формули для розрахунку питомих навантажень на проводи, троси

4

Позначення	Вид навантаження	Формули, МПа/м
γ_1	Від власної ваги проводу	$\gamma_1 = \frac{P_{\lambda} (\kappa\text{г} / \kappa\text{м})}{S (\text{мм}^2)} \cdot 0,981 \cdot 10^{-2}$
γ_2	Від ваги ожеледі на проводі	$\gamma_2 = \frac{G_{\text{тр}} (H / \text{м})}{S (\text{мм}^2)}$
γ_3	Від ваги проводу із ожеледдю	$\gamma_3 = \gamma_1 + \gamma_2$
γ_4	Від дії вітру на провід без ожеледі	$\gamma_4 = \frac{P_m (H / \text{м})}{S (\text{мм}^2)}$
γ_5	Від дії вітру на провід вкритий ожеледдю	$\gamma_5 = \frac{Q_m (H / \text{м})}{S (\text{мм}^2)}$
γ_6	Від власної ваги проводу і дії вітру на провід без ожеледі	$\gamma_6 = \sqrt{\gamma_1^2 + \gamma_4^2}$
γ_7	Від дії вітру на провід, вкритий ожеледдю, власної ваги, ваги ожеледі під час дії вітру на провід, вкритий ожеледдю	$\gamma_7 = \sqrt{(\gamma_1 + 0,9 \cdot \gamma_2)^2 + \gamma_5^2}$

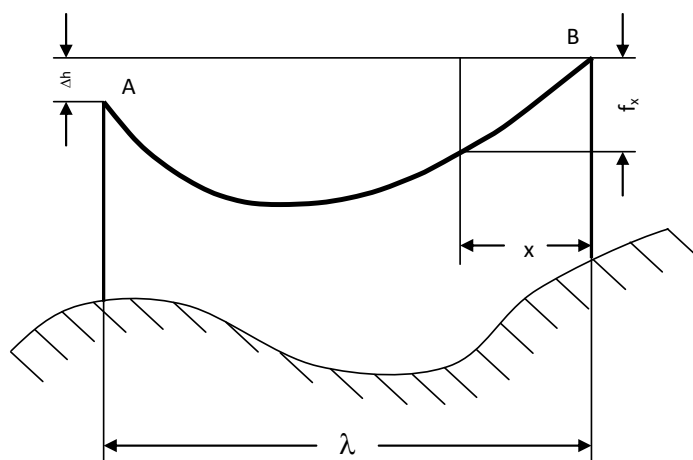
5

Співвідношення критичних прогонів

Співвідношення критичних прогонів	Співвідношення розрахункового прогону до критичного	Вихідні параметри		
		σ_o	t_o	γ_o
$\lambda_{1k} < \lambda_{2k} < \lambda_{3k}$	$\lambda_p < \lambda_{1k}$	$\sigma_{\text{нб}}$	$t_{\text{нб}}$	γ_1
	$\lambda_{1k} < \lambda_p < \lambda_{3k}$	$\sigma_{\text{ср}}$	$t_{\text{ср}}$	γ_1
	$\lambda_p > \lambda_{3k}$	$\sigma_{\text{нб}}$	-5^o	$\gamma_{\text{нб}}^{\text{о.жс}}$
$\lambda_{1k} > \lambda_{2k} > \lambda_{3k}$	$\lambda_p < \lambda_{2k}$	$\sigma_{\text{нб}}$	$t_{\text{нб}}$	γ_1
	$\lambda_p > \lambda_{2k}$	$\sigma_{\text{нб}}$	-5^o	$\gamma_{\text{нб}}^{\text{о.жс}}$
λ_{3k} - значення уявне або дуже велике	$\lambda_p < \lambda_{1k}$	$\sigma_{\text{нб}}$	$t_{\text{нб}}$	γ_1
	$\lambda_p > \lambda_{1k}$	$\sigma_{\text{ср}}$	$t_{\text{ср}}$	γ_1
λ_{1k} - значення уявне, $\lambda_{2k} < \lambda_{3k}$	$\lambda_p < \lambda_{3k}$	$\sigma_{\text{ср}}$	$t_{\text{ср}}$	γ_1
	$\lambda_p > \lambda_{3k}$	$\sigma_{\text{нб}}$	-5^o	$\gamma_{\text{нб}}^{\text{о.жс}}$

Стріла провисання в будь-якому місці прогону

6



λ - довжина прогону, м;

Δh - різниця у висотах місць підвішування, м

x - відстань від розрахункового місця прогону до опори, м

Вихідні дані розрахунку проводів АС 120/19

7

Кліматичні умови			Механічні характеристики	
Параметр, од.виміру	Навантаження та впливи	Значення	Параметр, од.виміру	Значення
Вага ожеледі, Н/м 3-й кліматичний район	характеристичне	15	E , МПа	$8,25 \cdot 10^4$
	експлуатаційне	10,5	α , град ⁻¹	$19,2 \cdot 10^{-6}$
Вітровий тиск, Па 3-й кліматичний район	характеристичне	500	β , МПа ⁻¹	$12,1 \cdot 10^{-6}$
	експлуатаційне	400	α/β	1,59
Дія вітру з ожеледдю, Н/м 2-й кліматичний район	характеристичне	6,0	$\sigma_{нб}$, МПа	120
	експлуатаційне	4,32	$\sigma_{ср}$, МПа	90
Температура, °C	середньорічна	+ 8	S , мм ²	136,8
	максимальна	+ 36	d , мм	15,2
	мінімальна	- 36	p_λ , кг/км	471
	під час ожеледі	-5	λ_{sim} , м	260