

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Одеська політехніка»

Навчально-науковий інститут електротехніки та електромеханіки

Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки до лабораторних робіт

МВ до ЛР-№4599-РС-2025

Одеса: НУОП, 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет «Одеська політехніка»

Навчально-науковий інститут електротехніки та електромеханіки

Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

МОНТАЖ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЯ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ

Для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти денної форми навчання

Спеціальність: 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

Методичні вказівки до лабораторних робіт

Затверджено
на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного
менеджменту
Протокол № 6 від 23.01.2025 р.

Одеса: НУОП, 2025

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни "Монтаж та експлуатація електротехнічного обладнання" для здобувачів першого (бакалаврського) рівня освіти денної форми навчання спеціальності - 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітньої програми "Електропостачання та енергетичний менеджмент" / Укл.: В.О. Суворов, - Одеса: НУОП, 2024. - 37 с.

Укладачі: В. О. Суворов, PhD

ЗМІСТ

ВСТУП	4
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1. «ЗАПОВНЕННЯ НАРЯДУ-ДОПУСКУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАТИВНИХ ПЕРЕМИКАНЬ У ДІЮЧИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ»	5
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. «ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЗАЗЕМЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ ДІЮЧИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК»	10
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3. «МЕТОДИ ПОШУКУ ПОШКОДЖЕНЬ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ»	19
ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4. «ПРОЕКТУВАННЯ КАБЕЛЬНОЇ ТРАСИ НАПРУГОЮ 0,4 – 6(10) кВ»	24
ЛІТЕРАТУРА	37

ВСТУП

Сучасний світ неможливо уявити без електроенергії, яка є основою функціонування промисловості, транспорту, комунального господарства та побутових потреб. Електротехнічне обладнання відіграє ключову роль у забезпеченні надійного та безперебійного електропостачання, що, своєю чергою, впливає на ефективність роботи підприємств, житлових об'єктів та інфраструктурних систем. Висока якість монтажу, правильна експлуатація, а також своєчасне обслуговування електроустановок є запорукою їхньої тривалої та безпечної роботи.

Лабораторні роботи, що входять до даного курсу, спрямовані на закріплення теоретичних знань і набуття практичних навичок, необхідних для роботи з електротехнічним обладнанням. У ході виконання завдань студенти ознайомляться з методами монтажу та підключення електрообладнання, особливостями діагностики його технічного стану, основами випробувань та методами оцінювання працездатності систем. Значна увага приділяється питанням електробезпеки, адже правильна експлуатація електроустановок мінімізує ризики виникнення аварійних ситуацій та нещасних випадків.

Основні завдання лабораторного курсу:

- Дослідження конструктивних особливостей електротехнічного обладнання, принципів його роботи та впливу зовнішніх факторів на його функціонування.
- Освоєння методів монтажу, правильного з'єднання, перевірки працездатності та випробування електротехнічних систем.
- Ознайомлення з сучасними технологіями діагностики, автоматизації та контролю стану електрообладнання.
- Вивчення основ електробезпеки, нормативних вимог та правил технічної експлуатації електроустановок різного призначення.
- Формування навичок аналізу несправностей та розробки заходів щодо їх усунення.

Виконання лабораторних робіт дозволить студентам набути практичного досвіду роботи з електроустановками, що є необхідним для професійної діяльності в галузі електротехніки та енергетики. Отримані знання допоможуть глибше зрозуміти принципи функціонування електротехнічних систем, підготують до подальшої роботи з їх монтажу, обслуговування та модернізації, а також сприятимуть розвитку навичок технічного мислення та аналітичного підходу до вирішення інженерних завдань.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 1.

«ЗАПОВНЕННЯ НАРЯДУ-ДОПУСКУ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ОПЕРАТИВНИХ ПЕРЕМИКАНЬ У ДІЮЧИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВКАХ»

Мета заняття: оволодіти основними правилами заповнення наряду-допуску для виконання оперативних перемикань в діючих електроустановках.

Теоретична частина

Наряд-допуск (наряд) – складене на спеціальному бланку розпорядження на безпечне проведення роботи, що визначає її зміст, місце, час початку та закінчення, необхідні заходи щодо безпеки, склад бригади та осіб, відповідальних за безпечне виконання роботи. Бланк наряду-допуску наведено в додатку А.

Нарядно-допускна система – комплекс заходів, що забезпечує безпечне проведення робіт в електроустановках. Складається з організаційних і технічних заходів.

Організаційними заходами, якими досягається безпека робіт в електроустановках, є:

- затвердження переліку робіт, що виконуються за нарядами, розпорядженнями і в порядку поточної експлуатації;
- призначення осіб, відповідальних за безпечне проведення робіт;
- оформлення робіт нарядом, розпорядженням або затвердженням переліку робіт, що виконуються в порядку поточної експлуатації;
- підготовка робочих місць;
- допуск до роботи;
- нагляд під час виконання робіт;
- переведення на інше робоче місце;
- оформлення перерв в роботі та її закінчення.

Відповідальними за безпеку робіт, що виконуються в електроустановках, є: працівник, який видає наряд, розпорядження; працівник, який дає дозвіл на підготовку робочого місця; працівник, який готує робоче місце, допуск; працівник, який допускає до роботи (далі - допускач); керівник робіт; працівник, який наглядає за безпечним виконанням робіт (далі - наглядач); члени бригади.

Право видачі нарядів та розпоряджень надається адміністративно-технічним працівникам підприємства, які мають групу V в електроустановках понад 1000 В та групу IV - в електроустановках до 1000 В.

Давати дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск мають право оперативні працівники з групою V - в електроустановках понад 1000 В і групою IV - в електроустановках до 1000 В.

Допускачами призначаються оперативні або оперативно-ремонтні працівники. В електроустановках понад 1000 В допускачі повинні мати групу IV, а в електроустановках до 1000 В - групу III.

Керівник робіт повинен мати групу з електробезпеки IV під час виконання робіт в електроустановках понад 1000 В і групу III - в електроустановках до 1000 В.

Вказівки щодо заповнення наряду-допуску для робіт в електроустановках:

1. Записи в наряді-допуску мають бути розбірливими. Забороняється заповнення бланку наряду-допуску олівцем та виправлення тексту.

2. Система нумерації нарядів-допусків встановлюється керівництвом підприємства.

3. Під час зазначення дат вказується число, місяць і дві останні цифри, що позначають рік. Наприклад: 02.03.96, 26.04.96.

4. Прізвища осіб, зазначених в наряді, пишуться у називному відмінку; записуються їх ініціали і група з електробезпеки.

5. Диспетчерські назви електрообладнання допускається записувати в усталеній скороченій формі. Наприклад : МВ-110 Т-2 (масляний вимикач трансформатора Т-2), Тр-р 21 Т (трансформатор 21 Т).

6. В разі нестачі рядків в таблицях або тексті наряду дозволяється прикласти до нього додатковий бланк наряду за тим же самим номером та підписом особи, яка видає наряд, для продовження записів. До того ж в останніх рядках таблиць або в кінці рядка основного бланку слід записати "Див. додатковий бланк".

7. В рядку "Підрозділ" вказується структурний підрозділ підприємства (цех, район, дільниця), в електроустановці якого мають провадитись роботи.

8. В рядку "допускачеві" вказується посада, прізвище, ініціали, група з електробезпеки допускача зі складу оперативників або керівника робіт зі складу оперативно-ремонтників, котрий суміщує обов'язки допускача.

9. В рядках "з членами бригади" зазначаються посади, прізвища, ініціали членів бригади та їх групи з електробезпеки. Під час виконання робіт із застосуванням автомобілів, механізмів і самохідних кранів зазначається, хто з членів бригади є водієм (кранівником, стропальником), а також тип механізму або самохідного крана, на якому він працює. Наприклад : Петренко К.В. гр. II, водій телескопічної вишки ТВ-26; Крилов А.С. гр. II, кранівник крана АК-51.

10. В рядках "доручається" вказується:

- для електроустановок електростанцій, підстанцій і КЛ вказується назва електроустановки та її приєднань, в яких треба буде працювати, зміст роботи.

Наприклад: ПС Заводська, ВРУ 110 кВ, шиноз'єдну-вальний вимикач, заміна вводів ф. "В";

- для ПЛ вказується найменування лінії і межа її дільниці, де треба буде працювати (номери опор, на яких або між якими, враховуючи їх, буде провадитися робота; окремі прольоти, наприклад: прольот між кінцевою опорою та порталом ВРУ), а також зміст роботи, наприклад: ПЛ 35 кВ Заводська-Центральна, опори № 12 - 23, перетяжка проводів. Для багатоколових ПЛ вказується також назва кола, а під час по-фазного ремонту - і розташування фази на опорі.

11. В рядках "Роботу розпочати" і "Роботу закінчити" вказується дата і час початку та закінчення роботи за даним нарядом.

12. Під час роботи в електроустановках електростанцій, підстанцій та на КЛ в таблиці 1 «Заходи щодо підготовки робочих місць» зазначаються:

- в графі 1 - назви електроустановок, в яких необхідно провести операції з комутаційними апаратами і встановити заземлення;

- в графі 2 - диспетчерська назва (позначення) комутаційних апаратів, приєднань, обладнання, з якими провадяться операції, і місця, де мають бути встановлені заземлення. Операції вимкнення у вторинних колах, в пристроях РЗА, телемеханіки, зв'язку вказувати в таблиці не обов'язково.

Під час роботи на КЛ і ПЛ, що вимикаються і заземлюються в РУ працівниками, які не обслуговують ці лінії (наприклад, черговими електростанцій і підстанцій), таблицю 1 слід заповнити таким чином:

- в графі 1 зазначається назва електростанції або підстанції, на яких вимикається лінія;
- в графі 2 в рядку, що відповідає назві електростанції або підстанції, вказується диспетчерська назва (позначення) лінії.

13. Під час робіт на ПЛ в таблиці 1 зазначається :

- в графі 1 - назви ліній, кіл, проводів, що записані в рядку наряду "доручається", а також назви інших ПЛ або кіл, що підлягають вимкненню і заземленню в зв'язку з виконанням робіт на ПЛ або колі, які ремонтуються (наприклад, ПЛ що перетинають лінію, яка ремонтується, або проходять поблизу від неї, інших кіл багатоколових ПЛ тощо);
- в графі 2 для ПЛ, які вимикаються і заземлюються допускачем зі складу оперативно-ремонтних працівників, - назва комутаційних апаратів в РУ і на самій ПЛ, з якими проводяться операції, та номери опор, на яких мають бути встановлені заземлення.

Якщо місця встановлення заземлень під час видавання наряду визначити не можна або робота буде проводитися з переміщенням заземлень, то в графі вказується "Заземлити на робочих місцях".

В графі 2 мають бути вказані також місця, де керівник робіт повинен встановити заземлення на ПЛ, які перетинають лінію, що ремонтується, або проходять поблизу неї. Якщо ці ПЛ експлуатуються іншим підприємством (службою), в рядку наряду "Окремі вказівки" має бути вказано про необхідність перевірки заземлень, що встановлюються працівниками цього підприємства (служби).

14. В таблицю 1 мають бути занесені операції з комутаційними апаратами, які необхідні для безпосередньої підготовки робочого місця. Перемикання, які виконуються в процесі підготовки робочого місця, пов'язані зі зміною схем (наприклад, переведення приєднань з однієї системи шин на іншу, переведення живлення дільниці мережі з одного джерела живлення на інше тощо), в таблицю не записуються. Якщо допускачеві зі складу оперативно-ремонтних працівників під час видавання наряду доручається допуск на вже підготовлені робочі місця, то в таблиці 1 та особа, яка видає наряд, записує вимкнення і заземлення, необхідні для підготовки робочих місць, і вказує, які з цих операцій вже виконані.

Для робіт, що не вимагають підготовки робочого місця, в графах таблиці 1 робиться запис "Не вимагається".

15. В рядках "Окремі вказівки" записуються:

- додаткові заходи, що забезпечують працівників (встановлення огорож, перевірка повітря в приміщенні на відсутність водню, заходи пожежної безпеки тощо);
- етапи робіт і окремі операції, що їх слід виконувати під керівництвом особи, яка видала наряд;
- дозвіл керівникові робіт (наглядачеві) на повторний допуск бригади до роботи на підготовлене робоче місце (пункт 3.7.3 цих Правил);
- дозвіл ввімкнути електроустановку або частину її (окремі комутаційні апарати) без дозволу або розпорядження чергового (пункт 3.16.4 цих Правил);
- дозвіл керівнику робіт на зняття заземлень на період випробувань електроустаткування (пункт 3.7.4 цих Правил);
- дозвіл керівникові робіт оперувати комутаційними апаратами;
- дозвіл на призначення особи, відповідальної за безпеку проведення робіт з переміщенням вантажів кранами (пункт 6.9.1 цих Правил);

- у випадку видавання наряду наглядачеві - відповідальний працівник, який очолює бригаду (пункт 3.2.8 цих Правил);
- вказівка керівнику робіт про необхідність узгодити роботу, що суміщується;
- залишені під напругою проводи, троси ПЛ, що ремонтується, фази лінії під час пофазного ремонту; ПЛ, з якими перетинається в прольотах лінія, що ремонтується;
- вказівка про необхідність перевірки заземлень ПЛ інших підприємств;
- вказівка про те, що лінія, яка ремонтується, перебуває в зоні наведеної напруги, із зазначенням рівня наведеної напруги;
- дозвіл керівнику робіт на переведення бригади на інше робоче місце.

Особі, яка видає наряд, дозволяється на свій розсуд вносити в ці рядки і інші записи, пов'язані з роботою, що виконується.

16. В рядках "Наряд видав" і "Наряд продовжив до" відповідно, особи, які видають або продовжують наряд, вказують дату і час підписання наряду.

17. Таблиця 2 заповнюється під час одержання дозволу на підготовку робочого місця і на допуск.

В графі 1 допускатч вказує посаду та прізвище особи, яка видала дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск. Під час видавання дозволу особисто в графі 1 розписується працівник, який видав дозвіл, із зазначенням своєї посади.

Приводиться перелік робочих місць.

В графі 2 вказуються дата і час видачі дозволу.

В графі 3 розписуються працівники, які одержали дозвіл на підготовку робочих місць і на допуск. Під час підготовки робочих місць кількома особами або працівниками різних цехів в графі 3 розписуються всі, хто готував робочі місця. Якщо дозволи на підготовку робочого місця і на допуск запитуються неодноразово, то в графі 2 заповнюють два рядки: один - про дозвіл на підготовку робочого місця, другий - про дозвіл на допуск.

18. Під час робіт в електроустановках електростанцій, підстанцій і на КЛ в рядках "Робочі місця підготовлені. Під напругою залишилися:" допускатч вказує струмовідні частини, що залишилися під напругою, приєднання, яке ремонтується, і найближчі до місця роботи струмовідні частини або обладнання сусідніх приєднань незалежно від того, вимкнеш вони чи ні.

Під час робіт на ПЛ в цих рядках записуються струмовідні частини, вказані особою, яка видала наряд, а в рядках "Окремі вказівки", за необхідності, і інші струмовідні частини.

Допускач і керівник робіт (наглядач) розписуються під рядками "Робочі місця підготовлені. Під напругою залишилися:" тільки під час первинного допуску.

19. Цільовий інструктаж членів бригади оформляється в таблиці 3 наряду тільки під час первинного допуску та в разі введення до складу бригади нового працівника. Про проведений інструктаж допускач і керівник робіт розписуються у відповідних рядках в кінці таблиці 3.

20. В таблиці 4 оформляється щоденний допуск до роботи і її закінчення, в тому числі - допуск під час переведення на інше робоче місце.

Якщо керівник робіт одночасно виконує обов'язки допускача (а також якщо керівнику робіт дозволено допустити бригаду в разі повторного допуску), то всі розписуються під час допуску в графах 3 і 4.

Закінчення робіт, пов'язане із закінченням робочого дня, керівник робіт (наглядач) оформляв в графах 5 і 6.

21. В таблиці 5 "Зміни в складі бригади" дозвіл на зміни складу бригади дає працівник, що має право видавати наряд, і розписується в графі 4. Під час передавання дозволу по телефону або радіо керівник робіт в графі 4 зазначає прізвище цього працівника.

Під час введення в бригаду або виведенні з неї водія автомобіля, машиніста механізму, кранівника вказується також тип закріпленого за ним автомобіля, механізму чи самохідного крана.

22. Після повного закінчення роботи керівник робіт (наглядач) розписується в призначених для цього рядках наряду, зазначаючи час і дату оформлення. Якщо під час оформлення повного закінчення роботи черговий чи допускач зі складу оперативно-ремонтних працівників відсутні або керівник робіт поєднує обов'язки допускача, то керівник робіт чи наглядач виконує це оформлення тільки в своєму примірнику наряду, зазначаючи час і дату, посаду і прізвище працівника, якому він повідомив про повне закінчення робіт.

Якщо Під час оформлення в наряді повного закінчення роботи присутній черговий чи допускач зі складу оперативно-ремонтних працівників, то керівник робіт або наглядач виконує це оформлення в обох примірниках наряду.

Якщо бригада заземлена не встановлювала, то слова "заземлення, встановлені бригадою, зняті" мають бути викреслені.

Завдання

Для наведених в додатку Б схем електричних підстанцій необхідно заповнити наряд-допуск (для цієї лабораторної роботи достатньо буде 1 примірника наряду).

Завдання для кожної бригади – вивести в ревізію трансформатор Т1.

Зміст звіту

1) Титульний лист (подібний до титульного листа даної роботи із зазначенням прізвищ та ініціалів виконавців та групи).

2) Мета роботи.

3) Виконане за варіантом завдання.

4) Висновки

Контрольні питання

1. Що таке наряд-допуск?
2. Що таке нарядно-допускна система?
3. Розкрийте поняття «бригада».
4. Хто має право видачі наряду-допуску?
5. Хто має право давати дозвіл на підготовку робочого місця?
6. Хто має право допускати до робочого місця?
7. Хто має право бути керівником робіт?
8. Хто є відповідальним за безпеку виконання робіт?
9. В скількох примірниках треба заповнювати наряд-допуск?
10. Які є організаційні заходи, що забезпечують безпечне виконання робіт?
11. Як потрібно робити виправлення тексту, під час написання наряду-допуску?

12. Що треба робити, якщо не вистачає рядків в таблицях під час заповнення наряду-допуску?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 2. «ОСОБЛИВОСТІ РОЗРАХУНКУ ЗАЗЕМЛЮЮЧОГО ПРИСТРОЮ ДІЮЧИХ ЕЛЕКТРОУСТАНОВОК»

Мета заняття: набуття практичних навичок з розрахунку заземлюючого пристрою електроустановок за допомогою персонального комп'ютера

Теоретична частина

Заземлення – це виконання електричного з'єднання між визначеною точкою системи, установки чи обладнання і землею. З'єднання з землею може бути навісним, ненавісним і випадковим; а також постійним і тимчасовим. Заземлення в електроустановках (ЕУ) може бути: захисним і функціональним (робочим).

Захисне заземлення – це заземлення точки або точок системи, установки або обладнання з метою забезпечення електробезпеки.

Функціональне (робоче) заземлення – це заземлення точки або точок системи, установки або обладнання з метою, що не обов'язково пов'язана з електробезпекою. Найчастіше – це заземлення нейтральної або середньої точки джерела живлення або заземлення з метою забезпечення електромагнітної сумісності. У відповідності з ПУЕ захисне заземлення виконується у таких випадках:

- для ЕУ з $U_{\text{ном}} \geq 380$ В змінного та $U_{\text{ном}} \geq 440$ В постійного струму;
 - для ЕУ, розміщених у приміщеннях з підвищеною і особливою небезпекою та поза приміщеннями при $U_{\text{ном}}$ понад 42 В змінного струму і понад 110 В постійного струму;
 - для вибухонебезпечних ЕУ при будь-якій напрузі змінного чи постійного струму.
- Призначення захисного заземлення: захист від напруги дотику, тобто від напруги на корпусі електроустановки (при пошкодженні робочої ізоляції і переході напруги на металевий корпус) відносно землі.

Для розрахунку заземлюючого пристрою (ЗП) в електроустановках (ЕУ) з ізольованою нейтраллю (ІН) необхідно:

- визначити розрахунковий струм замикання на землю (I_z) і опір ЗП (R_z);
- визначити розрахунковий питомий опір ґрунту (ρ_p);
- вибрати та розрахувати параметри заземлюючих електродів;
- розмістити ЗП на плані та уточнити фактичний опір ЗП.

1) Визначення розрахункового струму замикання на землю і опору ЗП

Розрахунковий (ємнісний) струм замикання на землю визначається (приблизно) за формулою

$$I_z = \frac{V_n (35L_{\text{КЛ}} + L_{\text{ПЛ}})}{350} \text{ А}, \quad (2.1)$$

де V_n – номінальна лінійна напруга мережі, кВ;

$L_{\text{КЛ}}, L_{\text{ПЛ}}$ – довжина кабельних і повітряних електрично зв'язаних ліній, км.

Згідно ПУЕ у будь-яку пору року в електроустановках понад 1000 В опір заземлення повинен становити не більше 10 Ом і обчислюється як

$$R_3 \leq \frac{250}{I_3} \text{ Ом.} \quad (2.2)$$

В електроустановках з ІН напругою до 1000 В опір заземлення повинен становити не більше 4 Ом і обчислюється за так:

$$R_3 \leq \frac{125}{I_3} \text{ Ом.} \quad (2.3)$$

За цією ж формулою розраховують значення R_3 , якщо ЗП виконується спільним для мереж до 1кВ і понад 1 кВ.

При потужності джерела менше 100 кВА – допускається збільшення значення опору заземлення, але не більше 10 Ом.

При суміщенні ЗП різних напругах приймається R_3 найменше з потрібних значень (таблиця 1).

Таблиця 2.1

Найбільші допустимі значення R_3 для трифазних мереж

Напруга мережі, кВ	Режим нейтралі	Найбільший допустимий опір заземлення R_3 , Ом	Вид заземлюючого пристрою
110 та понад	Заземлена	0,5	Заземлення
3–35	Ізольована	10	
0,66	Глухо заземлена	2	Занулення
0,38		4	
0,22		8	
0,66; 0,38; 0,22	Ізольовано	4	Заземлення

Примітка. При питомому електричному опорі ґрунту понад 100 Ом·м допускається збільшувати вказані вище значення в 0,01 р разів, але не більше 10-кратного, тобто:

$$R_3 \leq R_3 \frac{\rho}{100} \left(\frac{\rho}{100} \leq 10 \right), \quad (2.4)$$

Якщо використовуються природні заземлення, то опір штучних заземлюючих пристроїв розраховується за формулою

$$R_{зп} = \frac{R_{п} R_{з}}{R_{п} - R_{з}} \text{ Ом}, \quad (2.5)$$

де $R_{п}$ – опір природнього заземлення, Ом.

Опір природнього заземлення залізобетонних фундаментів будинку, зв'язаних між собою металевими конструкціями, визначається за як

$$R_{п} = \frac{\rho}{\sqrt{S}} \text{ Ом}, \quad (2.6)$$

де $\rho = 000$ м (єуглинок);

$\sqrt{S}$ – площа, обмежена периметром будівлі, м².

Якщо природні заземлення не використовуються, то приймається

$$R_{зп} = R_{з} \text{ Ом}, \quad (2.7)$$

Розрахунковий питомий опір ґрунту ρ_p визначається так:

$$\rho_p = K_{сез} \rho \text{ Ом м}, \quad (2.8)$$

$K_{сез}$ – коефіцієнт сезонності, що враховує промерзання й просихання ґрунту (таблиця 2).

Таблиця 2

Кліматична зона	Коефіцієнти сезонності, $K_{сез}$		Додаткові відомості
	Вертикальний	Горизонтальний	
I	1,9	5,8	Глибина закладання вертикальних заземлювачів 0,5 – 0,7 м
II	1,7	4,0	Глибина закладання горизонтальних заземлювачів 0,3 – 0,8 м
III	1,5	2,3	
IV	1,3	1,8	

Примітка. Зона I має найбільш холодний, IV – теплий клімат.

Таблиця 3

Питомий опір ґрунту (ρ)

Вид ґрунту	Торф	Глина, садова земля	Чорнозем	Суглинок	Кам'яниста земля, щебінь	Супісок	Пісок з галькою
ρ , Ом·м	20	40	50	100	200	300	800

Якщо вид, розміри і матеріал електродів не заданий в умовах завдання, то їх вибір здійснюється за табл. 4.

Таблиця 4

Рекомендовані електроди

Вид електроду	Розміри, мм	Довжина L , м	Глибина закладання t , м
Кутник сталевий	$50 \times 50 \times 5$	2,5 – 3	0,5 – 0,7
	$60 \times 60 \times 6$		
	$75 \times 75 \times 8$		
Кругляк сталевий	$\varnothing 12 - 16$	5 – 6	
Труба сталева	$\varnothing 60$	2,5	
Смуга сталева	40×4	Розрахункова	
Прут сталевий	$\varnothing 10 - 12$		

Опір одиночного вертикального заземлюючого електроду наближено визначається за формулою

$$r_B = 0,5 \rho_p, \quad (2.9)$$

Необхідна розрахункова кількість вертикальних заземлювачів без урахування екранування визначається за так:

$$N'_B = \frac{r_B}{R_{3П}} \text{ шт.} \quad (2.10)$$

Значення кількості вертикальних електродів з урахуванням екранування

$$N_B = \frac{N'_B}{\eta'_B} \text{ шт.} \quad (2.11)$$

де η'_B – попереднє значення коефіцієнта використання вертикальних заземлювачів, визначається за таблицею 5.

Даний коефіцієнт визначається враховує такі вихідні дані:

- тип ЗП (контурний чи рядний);
- вид заземлюючого електроду (вертикальний чи горизонтальний);

- a , відстань між вертикальними заземлювачами, м;
- L_B , довжина вертикального заземлювача, м;
- N_B , кількість вертикальних заземлювачів, шт.

Таблиця 5

Значення коефіцієнта використання електродів

N_B	$\frac{\alpha}{L_B}$						Додаткові відомості
	1		2		3		
	η_B	η_Γ	η_B	η_Γ	η_B	η_Γ	
4	$\frac{0,69}{0,74}$	$\frac{0,45}{0,77}$	$\frac{0,78}{0,83}$	$\frac{0,55}{0,89}$	$\frac{0,85}{0,88}$	$\frac{0,7}{0,92}$	Чисельник — для контурного ЗП, а знаменник — для рядного
6	$\frac{0,62}{0,63}$	$\frac{0,4}{0,71}$	$\frac{0,73}{0,77}$	$\frac{0,48}{0,83}$	$\frac{0,8}{0,83}$	$\frac{0,64}{0,88}$	
10	$\frac{0,55}{0,59}$	$\frac{0,34}{0,62}$	$\frac{0,69}{0,75}$	$\frac{0,4}{0,75}$	$\frac{0,76}{0,81}$	$\frac{0,56}{0,82}$	
20	$\frac{0,47}{0,49}$	$\frac{0,27}{0,42}$	$\frac{0,64}{0,68}$	$\frac{0,32}{0,56}$	$\frac{0,71}{0,77}$	$\frac{0,45}{0,68}$	
30	$\frac{0,43}{0,43}$	$\frac{0,24}{0,31}$	$\frac{0,6}{0,65}$	$\frac{0,3}{0,46}$	$\frac{0,68}{0,75}$	$\frac{0,41}{0,58}$	

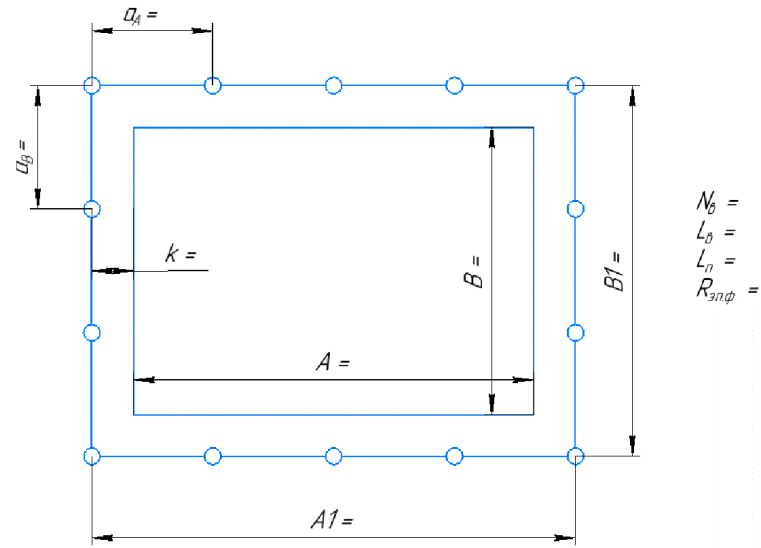
За отриманими результатами розміщується ЗП на плані (рисунок 1) і уточнюються відстані та наноситься на план. При цьому враховується, що ЗП закладається на відстані не менше 1 м від об'єкта. Також при розміщенні рядного ЗП для зменшення протяжності по території допускається непряма прокладка ЗП (рисунок 1).

Розраховуємо довжину закладання ЗП по периметру

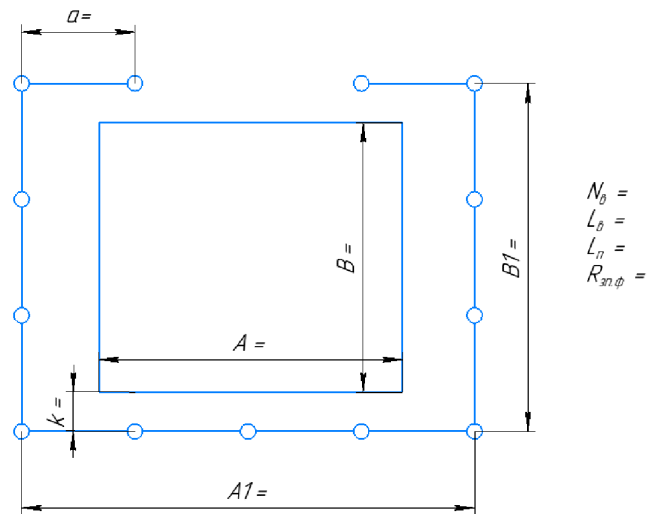
$$L_{\Pi} = 2A_1 + 2B_1 = 2(A + 2k) + 2(B + 2k), \quad (2.12)$$

де A_1 – $2B_1$ – розміри ЗП (довжина і ширина), м;
 k – відстань від об'єкта до ЗП, м.

Відстань між електродами уточняється з урахуванням форми об'єкта. По кутках встановлюють по одному вертикальному електроду, а решта – між ними. Для рівномірного розподілу електродів можна збільшити їх кількість в бік збільшення.



а)



б)

Рис.1. План ЗП трансформаторної підстанції:
а) контурний заземлюючий пристрій, б) рядний заземлюючий пристрій

Відстані між електродами визначаємо за формулами

$$\alpha_{\text{В}} = \frac{B_1}{q_{\text{В}} - 1} \text{ м}, \quad \alpha = \frac{A_1}{q_{\text{А}} - 1} \text{ м}, \quad (2.13)$$

де α_B – відстань між електродами по ширині об'єкта, м;

α_A – відстань між електродами по довжині об'єкта, м;

q_B – кількість електродів по ширині об'єкта, шт.;

q_A – кількість електродів по довжині об'єкта, шт.

Опір горизонтального електрода (смуги) визначається за так:

$$r_{\Gamma} = \frac{0,4\rho_p}{L_{\Pi}} \Omega_{\Gamma} \frac{2L_{\Pi}^2}{bt}, \quad (2.14)$$

де L_{Π} – довжина периметру ЗП, м;

b – ширина смуги, з якої виготовлено горизонтальний електрод, м (для круглого горизонтального електрода $b = 1,1d$);

t – глибина закладання, м.

Уточнюються опори електродів з урахуванням коефіцієнта використання

$$R_B = \frac{r_B}{N_B \eta_B} \Omega_{\Gamma} = \frac{r_{\Gamma}}{\eta_{\Gamma}}, \quad (2.15)$$

де R_B, R_{Γ} – опори вертикального й горизонтального електродів з урахуванням коефіцієнтів використання, Ом;

η_B, η_{Γ} – коефіцієнти використання вертикального й горизонтального електродів. Дані коефіцієнти наведені в таблиці 5. Для їх вибору, середнє значення відношення $\frac{\alpha}{L_B}$ розраховується за формулою:

$$\left(\frac{\alpha}{L_B} \right)_{\text{ср}} = \frac{1}{2} \left(\frac{\alpha_B + \alpha_A}{3} \right). \quad (2.16)$$

Фактичне значення опору ЗП визначається за формулою

$$R_{\text{зп.ф}} = \frac{R_B R_{\Gamma}}{R_B + R_{\Gamma}} \Omega_{\Gamma}. \quad (2.17)$$

При цьому необхідно, щоб виконувалась умова

$$R_{зп.ф} < R_{зп}. \quad (2.18)$$

Завдання

Необхідно виконати розрахунок контуру заземлення для заданого об'єкта відповідно до вихідних даних, наведених у таблиці 6. У ході розрахунку слід визначити:

- загальний опір заземлення системи;
- параметри та геометрію заземлювачів (горизонтальних і вертикальних);
- відповідність розрахованих параметрів нормативним вимогам.

Розрахунок виконується відповідно до діючих нормативних документів, з урахуванням типу ґрунту, глибини закладання заземлювачів, кліматичних умов та електричних параметрів системи.

Таблиця 6

Вихідні дані для розрахунку

№	$L_{пл},$ км	$L_{кл},$ км	$U_1,$ кВ	$U_2,$ кВ	Вид ґрунту	Розміри об'єкта $A \times B, м$	Г л и б и н а т , м	Вид ЗП	К л і м . р а й о н	$L_B,$ м	Матеріал електродів	
											Вертик.	Горизонт.
1	15	5	35	0,38	Пісок	18x8	0,7	Контур	IV	2,5	Кутник сталевий 50x50x5 мм	Смуга сталева 40x4 мм
2	20	-	20	0,38	Супісок	15x10	0,6	Рядний	III			
3	-	3	10	0,38	Щебінь	10x8	0,7	Контур	II			
4	5	1	6	0,38	Суглинок	12x10	0,7	Рядний	I			
5	3	-	3	0,38	Чорнозем	10x10	0,6	Контур	II	5	Кругляк сталевий Ø12	Прут сталевий Ø10
6	-	5	35	0,66	Глина	18x10	0,5	Рядний	III			
7	9	1	10	0,66	Щебінь	15x10	0,7	Контур	IV			
8	15	1	20	0,66	Пісок	16x8	0,5	Рядний	III			
9	8	2	10	0,66	Пісок	15x8	0,6	Контур	II	3	Кутник сталевий 60x60x6 мм	Прут сталевий Ø12
10	6	-	6	0,66	Супісок	12x8	0,7	Рядний	I			
11	-	2	3	0,66	Щебінь	10x9	0,7	Контур	I			
12	25	1	65	0,22	Суглинок	20x10	0,6	Рядний	II			
13	10	5	20	0,22	Чорнозем	15x12	0,5	Контур	III	2,5	Труба сталева Ø60	Смуга сталева 40x4 мм
14	10	-	10	0,22	Шлина	15x8	0,5	Контур	IV			
15	-	6	6	0,22	Торф	12x6	0,6	Рядний	IV			
16	2	-	3	0,22	Пісок	10x10	0,7	Контур	III			
17	-	10	20	0,38	Супісок	15x12	0,7	Рядний	II	3	Кутник сталевий 75x75x8 мм	Смуга сталева 40x4 мм
18	4	5	10	0,38	Щебінь	16x10	0,6	Контур	III			
19	5	-	6	0,38	Суглинок	10x8	0,5	Рядний	II			
20	-	2,5	3	0,38	Чорнозем	12x10	0,5	Контур	I			

21	15	4	20	0,66	Глина	18x10	0,6	Рядний	I	6	Кругляк сталевий Ø15	Прут сталевий Ø12
22	9	1	10	0,66	Торф	18x8	0,7	Контур	IV			
23	4	2	6	0,66	Пісок	16x10	0,7	Контур	III			
24	1	2	3	0,66	Супісок	12x8	0,6	Рядний	II			
25	5	5	10	0,22	Щебінь	15x12	0,5	Контур	I	5	Кругляк сталевий Ø16	Смуга сталева 40x4 мм
26	3	3	6	0,22	Суглинок	12x10	0,5	Рядний	I			
27	5	1	3	0,22	Глина	15x12	0,5	Контур	II			
28	6	-	10	0,38	Торф	15x8	0,5	Рядний	III			

Зміст звіту

- 1) Титульний лист (подібний до титульного листа даної роботи із зазначенням прізвищ та ініціалів виконавців та групи).
- 2) Мета роботи.
- 3) Виконане завдання.
- 4) Висновки.

Контрольні питання

1. Яке основне призначення заземлюючого пристрою в електроустановках?
2. Які види заземлюючих пристроїв існують і в чому їхня відмінність?
3. Як класифікуються заземлювачі за їхньою конструкцією та способом закладання?
4. Які нормативні вимоги до величини опору заземлення для електроустановок різного призначення?
5. Від яких факторів залежить опір розтікання струму заземлюючого пристрою?
6. Яка методика розрахунку опору одиночного вертикального заземлювача?
7. Як розраховується опір горизонтального заземлювача?
8. Яким чином впливає тип ґрунту на параметри заземлюючого пристрою?
9. Які методи вимірювання опору заземлення використовуються на практиці?
10. Що таке еквівалентний опір групи заземлювачів і як його визначити?
11. Яким чином можна зменшити опір заземлення при несприятливих умовах ґрунту?
12. Які заходи необхідно вжити для забезпечення довговічності заземлюючого пристрою?
13. Як змінюється ефективність заземлюючого пристрою при сезонних змінах вологості ґрунту?
14. Яке значення має реактивна складова опору заземлення в високочастотних колах?
15. Чим небезпечно погане заземлення і які наслідки воно може мати для електроустановки?

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 3.

«МЕТОДИ ПОШУКУ ПОШКОДЖЕНЬ КАБЕЛЬНИХ ЛІНІЙ»

Мета заняття: оволодіти основними способами та методами пошуку пошкоджень кабельних ліній.

Теоретична частина

Порушення нормального режиму роботи електроенергетичних систем, як правило, відбуваються через пошкодження її елементів, зокрема, ліній електропередачі. Пошкодження ліній призводить до порушення електропостачання, зниження якості і підвищення втрат електричної енергії.

Для відновлення нормального режиму роботи електроенергетичних систем, скорочення збитків і витрат необхідно швидко і точно визначати місця пошкоджень. Слід також зауважити, що підвищення втрат електроенергії приводить до зростання витрат на транспортування електричної енергії.

Дана проблема особливою мірою стосується кабельних ліній, так як вони широко використовуються у розподільчих мережах енергосистем, у містах та промислових підприємствах, це обумовлює необхідність їх своєчасного діагностування. Незважаючи на різноманіття та значну різницю ознак видів пошкоджень послідовність дій при визначенні місця пошкодження (ВМП) не дуже різниться.

Методика складається з декількох послідовних операцій: визначення пошкодженого елемента, пропалювання ізоляції в місці пошкодження, дистанційне та (або) топографічне ВМП. Перші два етапи можна умовно назвати підготовчими. Визначення пошкодженого елемента виконується в більшості випадків автоматично при спрацюванні селективного релейного захисту.

Необхідність пропалювання витікає з того що в більшості випадків при пробі КЛ перехідний опір у місці пошкодження ізоляції становить десятки МОм і більше, а більшість методів ВМП застосовуються при перехідному опорі ($R_{пер}$) не вище ніж 100 Ом, а інколи й навіть десятки Ом.

Задача пропалювання – зменшення перехідного опору до рівня достатнього для застосування певного методу ВМП. Для ВМП використовують дистанційні і топографічні (трасові) методи, які дозволяють зафіксувати вид пошкодження і вказати відстань до нього.

Дистанційні методи полягають у використанні приладів і пристроїв, що встановлюються на підстанціях і вказують відстань до пошкодження. Під топографічними методи розуміють визначення шуканого місця безпосередньо при русі по трасі, засоби топографічного пошуку місця пошкодження знаходяться в розпорядженні пошукової бригади. За іншою класифікацією методи поділяються на високочастотні і низькочастотні. Під низькочастотним діапазоном маються на увазі частоти від нуля до декількох кілогерц. Під високочастотним - десятки кілогерц.

Поділ методів на дистанційні і топографічні обумовлений відсутністю методів, що визначають місце пошкодження швидко (не довше декількох годин) і водночас точно (декілька метрів). Дистанційні методи визначення місця пошкоджень дозволяють швидко вказати не місце пошкодження а зону його знаходження. Для точного визначення місця пошкоджень використовують повільні топографічні (трасові) методи за допомогою яких визначають місце пошкодження з точністю не менше 3 м. Практика показує доцільність сумісного використання цих методів: спочатку визначають зону пошкодження, а далі трасовим методом знаходять точне місце.

Дистанційне (відносне) визначення місця пошкодження (ВМП) полягає в вимірюванні відстані до місця пошкодження від кінця кабельної лінії (КЛ). Але усі дистанційні ВМП мають обмежену точність. Фактори, що впливають на неточність визначення відстані до місця пошкодження КЛ - це відстань до характерних точок траси КЛ (поворотів, з'єднувальних муфт і т.п.). Ці точки вказуються в планах документації в горизонтальній площині, але в дійсності КЛ змінює своє положення і по вертикалі, що не вказується в документах. Кабель вкладається в траншеї без натягу, так званою змійкою. Ступінь подовження за рахунок такої непрямої викладки врахувати точно неможливо.

Наприклад, для КЛ довжиною 3000 м абсолютна похибка складатиме $\pm(30\div60)$ м. Вимога точності ВМП може досягатися лише на дуже коротких лініях (до 100 м).

До найбільш вживаних дистанційних методів можна віднести імпульсний метод та метод коливального розряду, обмежене використання мають мостовий метод та ємнісний. Топографічне (абсолютне) ВМП – це визначення топографічної точки розташування місця пошкодження. Точність топографічних методів КЛ не нижче ± 3 м. Всі топографічні методи відносяться до низькочастотних. Найбільш розповсюдженим з них є індукційний метод, який використовується на КЛ.

Індукційний метод.

Для КЛ, прокладених в землі, індукційні методи дозволяють уточнити трасу лінії, встановити глибину залягання кабелю і місця розташування з'єднувальних муфт. Сутність індукційних методів полягає в індикації параметрів магнітного поля струмів, що протікають по проводах (жилах) і в землі вздовж траси лінії. Зміна параметрів магнітного поля поблизу місця пошкодження або в інших характерних точках траси фіксуються за допомогою спеціальних датчиків (індукційних рамок), підсилювачів і індикаторів при їх переміщенні вздовж траси ПЛ або КЛ.

Метод ґрунтується на тому, що пошукова бригада, рухаючись вздовж траси кабельної лінії, фіксує спеціальними приладами характер зміни магнітного та електричного поля, що створюється струмом, який тече по лінії. Струм виробляється спеціальним генератором, що підключається на підстанції до вже вимкненої лінії. Щоб забезпечити таке значення опору,

необхідно пропалювання дефектної ізоляції. Суть методу полягає в пропусканні по кабелю струму частотою від 480 до 10000 Гц і фіксації характеру зміни електромагнітного поля над кабелем через антену приймального пристрою. Зі збільшенням частоти сигнал в антені зростає непропорційно, внаслідок екрануючого впливу броні і оболонки кабелю. За допомогою індукційного методу можна визначити: місце пошкодження КЛ, місце розташування муфт на трасі, глибину залягання КЛ. Основними перевагами індукційного методу є висока точність (до 0,5 м). До недоліків належать: необхідність пропалювання ізоляції в місці пошкодження КЛ, труднощі у визначенні однофазного замикання жили на оболонку в кабелях, неможливість визначення обриву.

Акустичний метод.

Акустичні методи засновані на виявленні на трасі акустичних (механічних) коливань, що виникають на поверхні ґрунту, або асфальтобетонного покриття при іскровому розряді в ізоляції КЛ. Оператор з акустичним датчиком і підсилювачем рухається в зоні $\pm(15\div 40)$ м, виділений дистанційним методом, і визначає місце найбільшого рівня прийому по індикатору чи на слух за допомогою мобільного телефону. Іскровий розряд в місці пошкодження ізоляції утворюється за допомогою використання спеціальних пристроїв, які в свою чергу підключаються до кінця КЛ.

До переваг акустичного методу слід віднести: можливість визначення місця пошкодження типу «обрив» або «запливаючий пробій», визначення місця пошкодження з перехідним опором більше 40 Ом без попереднього пропалювання. До недоліків методу належать: необхідність стійкого контакту акустичних датчиків з ґрунтом, складність застосування методу в пухких ґрунтах і під сніговим покривом, необхідність попереднього визначення траси кабельної лінії.

Імпульсний метод.

Імпульсний метод (імпульсної рефлектометрії). Імпульсні методи засновані на вимірюванні часових інтервалів поширення електромагнітних хвиль по лініях. Для їх реалізації розроблені автоматичні і неавтоматичні вимірювальні пристрої. Автоматичні локаційні шукачі пошкоджень забезпечують визначення місця пробою ізоляції і обриву в будь-яких випадках.

Неавтоматичні шукачі придатні лише при пошкодженні ізоляції з перехідним опором менше 1-2 кОм, або обрива проводів. Недоліком імпульсних методів ОМП є зниження їх ефективності при порушенні однорідності лінії внаслідок появи «паразитних» віддзеркалень імпульсів. Метод заснований на

вимірюванні часу проходження електромагнітної хвилі t_x по лінії від місця вимірювання до місця пошкодження (відстань l_x) і назад, тобто хвиля проходить відстань $2l_x$.

Метод реалізується шляхом посилення в кабельну лінію імпульсів і виміру часу зсуву між посланими і відбитими імпульсами. Основною перевагою імпульсного методу є те, що він дозволяє досить точно визначити не тільки відстань до місця пошкодження, але й уточнити вид пошкодження. Також одночасно можна визначити відстань до декількох пошкоджень у кабелі. При використанні методу оператор повинен добре знати візуальний портрет кабельної лінії, так як в місцях неоднорідності кабелю (наприклад, в з'єднувальних муфтах) виникають відбиті імпульси. Метод ефективний, якщо перехідний опір в місці пошкодження ізоляції жили $R_{\text{пер}} < 200$ Ом, а також при обриві жил кабелю.

Метод коливального розряду (хвильовий).

Метод коливального розряду (хвильовий) заснований на тому, що при пробі кабелю виникає хвильовий процес у вигляді коливального розряду, період T_x якого пов'язаний з відстанню до місця пробою l_x .

Середня швидкість поширення хвилі в кабелях з паперово-масляною ізоляцією 3-35 кВ становить $160 \cdot 10^3$ км/с = 160 м/мкс, що і дозволяє наближено визначати відстань l_x шляхом вимірювання T_x . Перевагою методу є його працездатність у всіх випадках пошкодження кабелів. Метод може бути поєднаний з випробуванням кабелю випрямленою напругою.

Мостовий метод.

Мостовий метод заснований на вимірюванні опору постійного струму на відрізках жил кабелю. Використовується в випадках, коли жила пошкодженої ізоляції не має розриву, і в КЛ наявна хоча б одна непошкоджена жила.

Визначення місця пошкодження виконується на основі використання моста постійного струму. Чотири опори утворюють замкнутий чотирикутник; в одну діагональ підключають гальванометр, в іншу джерело живлення. Спочатку закорочують кінець КЛ і проводять підбір опорів на мосту до встановлення рівноваги, потім міняють місцями закоротку і міст і повторно проводять виміри. Маючи дані опорів, можна визначити місце пошкодження КЛ.

Недоліком даного методу є те, що має бути відома точна довжина КЛ, перерізи і матеріали жил. Також, в центрах живлення важко поставити закоротки.

Переваги мостового методу: можливість використання ВМП кабелю, які мають великий перехідний опір в місці пошкодження, незважаючи на довготривале пропалювання, і можливість ВМП КЛ, які мають складну картину неоднорідностей.

Ємнісний метод

Виміри виконуються з використанням мостів змінного струму, на частоті 1 кГц.

Ємнісний метод за точністю значно поступається імпульсному і повинен використовуватись лише при відсутності імпульсних приладів. Основним недоліком ємнісного методу є залежність ємності кабелю від його ізоляції.

Завдання

Необхідно більш детально опрацювати один із методів пошуку пошкоджень кабельних ліній, наведених у таблиці 3.1. Зокрема, слід розглянути його теоретичні основи, алгоритм застосування, переваги та обмеження у використанні. Крім того, важливо провести аналіз точності та ефективності цього методу у порівнянні з іншими методами, а також оцінити його практичне застосування в умовах реальної експлуатації кабельних мереж.

Таблиця 3.1

Завдання для лабораторної роботи

№ п/п	Назва методу пошуку пошкоджень кабельних ліній	№ бригади
1	Індукційний метод	1, 12
2	Акустичний метод	2, 11

3	Імпульсний метод	3, 10
4	Метод коливального розряду (хвильовий)	4, 9
5	Мостовий метод	5, 8
6	Ємнісний метод	6, 7

Зміст звіту

- 1) Титульний лист (подібний до титульного листа даної роботи із зазначенням прізвищ та ініціалів виконавців та групи).
- 2) Мета роботи.
- 3) Виконане завдання.
- 4) Висновки.

Контрольні питання

1. На які групи поділяються методи пошуку пошкоджень кабельних ліній?
2. Для чого використовують дистанційні методи пошуку місць пошкоджень кабельних ліній?
3. Для чого використовують топографічні методи пошуку місць пошкоджень кабельних ліній?
4. Які методи пошуку місць пошкоджень кабельних ліній відносяться до дистанційних?
5. Які методи пошуку місць пошкоджень кабельних ліній відносяться до топографічних?
6. Розкрийте сутність індукційного методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.
7. Назвіть переваги та недоліки індукційного методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.
8. Розкрийте сутність акустичного методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.
9. Назвіть переваги та недоліки акустичного методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.
10. Розкрийте сутність імпульсного методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.
11. Назвіть переваги та недоліки імпульсного методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.
12. Розкрийте сутність методу коливального розряду пошуку пошкоджень кабельних ліній.
13. Назвіть переваги та недоліки методу коливального розряду пошуку пошкоджень кабельних ліній.
14. Розкрийте сутність мостового методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.
15. Назвіть переваги та недоліки мостового методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.
16. Розкрийте сутність ємнісного методу пошкоджень кабельних ліній.
17. Назвіть переваги та недоліки ємнісного методу пошуку пошкоджень кабельних ліній.

ЛАБОРАТОРНА РОБОТА № 4.

«ПРОЕКТУВАННЯ КАБЕЛЬНОЇ ТРАСИ НАПРУГОЮ 0,4 – 6(10) кВ»

Мета заняття: придбати навички з проектування кабельних ліній напругою 0,4-6(10) кВ.

Теоретична частина

Всі об'єкти на місцевості, ситуація і характерні форми рельєфу відображаються на топографічних планах умовними знаками.

Основні чотири типи, на які їх поділяють:

- пояснювальні підписи
- лінійні умовні знаки
- майданні (контурні)
- внемасштабні

Пояснювальні підписи використовуються для вказівки додаткової характеристики зображених об'єктів: біля річки підписують швидкість течії і його напрям, біля мосту - ширину, довжину і його вантажопідйомність, біля доріг - характер покриття і ширину самої проїжджої частини і т.д.

Лінійні умовні знаки (позначення) служать для відображення лінійних об'єктів: ЛЕП, дороги, газопроводи, продуктопроводи (нафта, газ), ліній зв'язку і т.д. Ширина зображена на топлані лінійних об'єктів - внемасштабні.

Контурними або площадковими умовними знаками зображають ті об'єкти, які можна відобразити відповідно до масштабу карти і займають певну площу. Контур креслять тонкою суцільною лінією, переривчастою або зображують у вигляді точкового пунктиру. Утворений контур заповнюють умовними позначеннями (лугова рослинність, деревна, сад, город, чагарники і т.д.).

Для відображення об'єктів, які неможливо виразити в масштабі карти застосовують внемасштабні умовні знаки, при цьому місце розташування такого внемасштабного об'єкта визначається за його характерній точці. Наприклад: центр геодезичного пункту, підстава кілометрового стовпа, центри радіо, телевеж, труб фабрик і заводів.

У топографії відображаються об'єкти прийнято поділяти на вісім основних сегментів (класів):

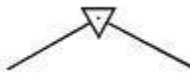
- рельєф
- математична основа
- ґрунти і рослинність
- гідрографія
- дорожня мережа
- промислові підприємства
- населені пункти,
- підписи і кордони.

Збірники умовних знаків для карт і топографічних планів різних масштабів створюють відповідно до такого розподілу на об'єкти. Затверджені державними органами вони є єдиними для всіх топографічних планів і обов'язкові при кресленні будь-яких топографічних зйомок (топозйомок).

Умовні знаки, які найбільш часто зустрічаються на топографічних:



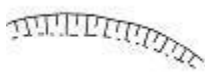
– пункти держ. геодезичної мережі і пункти згущення;



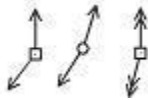
– Межі землекористування і відводів з межевими знаками в точках повороту;



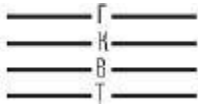
- Будівлі. Цифрами вказується поверховість. Пояснювальні підписи даються для вказівки вогнестійкості будівлі (ж - житлове неогнестойкое (дерев'яне), н - нежитлове неогнестойкое, кн - кам'яне нежитлове, ЯЖ - кам'яне житлове (зазвичай цегляна), спинномозковий рідині і СМН - змішане житлове і змішане нежитлове - дерев'яні будівлі з тонкою облицюванням цеглою або з поверхами, побудованими з різних матеріалів (Перший поверх цегляний, другий дерев'яний)). Пунктиром відображається споруджуваний будинок;



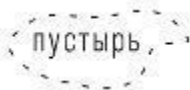
- Укоси. Застосовуються для відображення ярів, насипів доріг та інших штучних і природних форм рельєфу з різкими перепадами висот;



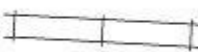
- Стовпи ЛЕП та ліній зв'язку. Умовні позначення повторюють форму перетину стовпа. Круглий або квадратний. У залізобетонних стовпів в центрі умовного знака крапка. Одна стрілка в напрямку електропроводів - низьковольтні, дві - високовольтні (6кВ і вище);



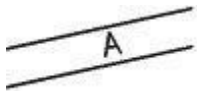
- Підземні та надземні комунікації. Підземні - пунктирна лінія, надземні - суцільна. Букви вказують на тип комунікацій. К - каналізація, Г - газ, Н - нафтопровід, В - водопровід, Т - теплотраса. Також даються додаткові пояснення: Кількість проводів для кабелів, тиск газопроводу, матеріал труб, їх товщина і т.д.



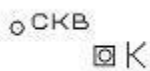
- Різні майданні об'єкти з пояснювальними підписами. Пустир, рілля, будмайданчик і т.д.;



- Залізниця;



- Автомобільні дороги. Букви вказують на матеріал покриття. А - асфальт, Щ - щебінь, Ц - цемент або бетонні плити. На ґрунтових дорогах матеріал не вказується, а одна зі сторін зображується пунктиром;



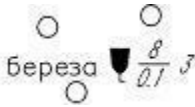
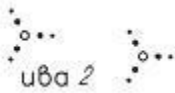
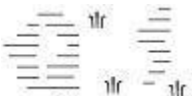
- Колодязі і свердловини;



- Мости через річки і струмки;



- Горизонталі. Служать для відображення рельєфу місцевості. Являють собою лінії, утворені при перетині земної поверхні паралельними площинами через однакові інтервали зміни висоти;

- 
 - Відмітки висот характерних точок місцевості. Як правило в Балтійській системі висот;
- 
 - Різна деревна рослинність. Вказується переважаюча порода деревної рослинності, середня висота дерев, їх товщина і відстань між деревами (густота);
- 
 - Окремо які стоять дерева;
- 
 - Чагарники;
- 
 - Різна лугова рослинність;
- 
 - Заболоченість з очеретяною рослинністю;
- 
 - Огородження. Паркани кам'яні і залізобетонні, дерев'яні, штахетник, сітка рабиця та ін.

Часто використовувані скорочення на топо́зйомка:

будівлі:

- Н - Нежитлова будівля.
- Ж - Житлове.
- КН - Кам'яне нежитлове
- ЯЖ - Кам'яне житлове
- СТОР. - будується
- Фунд. – Фундамент
- СМН - Змішане нежитлове
- СМЖ - Змішане житлове
- М. – Металеве
- розв. - Зруйноване (або розвалене)
- гар. – Гараж
- Т. – Туалет

Лінії комунікацій:

- 3пр. - Три дроти на стовпі ЛЕП
- 1каб. - Один кабель на стовпі
- б / пр - без проводів
- тр. - Трансформатор
- К - Каналізація

- Кл. - Каналізація злизова
- Т - Теплотраса
- Н - Нафтопровід
- каб. – Кабель
- V - Лінії зв'язку. Цифрами кількість кабелів, наприклад 4V - чотири кабелі
- н.д. - Низького тиску
- с.д. - Середнього тиску
- в.д. - Високого тиску
- ст. - Сталь
- чав. - Чавун
- бет. – Бетон

Майданні умовні знаки:

- стр. пл. - Будівельний майданчик
- ог. - Город
- порожній. – Пустир

Дороги:

- А - Асфальт
- Щ - Щебінь
- Ц - Цемент, бетонні плити
- Д - Дерев'яне покриття. Практично не зустрічається.
- дор. зн. - Дорожній знак
- дор. указ. - Дорожній вказівник

Водні об'єкти:

- К - Колодязь
- скв. - Сverdловина
- арт.скв. - артезіанська свердловина
- вдкч. - Водокачка
- бас. - Басейн
- вдхр. - Водосховище
- глин. – Глина

Умовні позначення можуть відрізнятися на планах різних масштабів, тому для читання **ТОПОПЛАНУ** необхідно користуватися умовними знаками для відповідного масштабу.

Як правильно читати умовні знаки на топографічній зйомці?

Розглянемо як правильно зрозуміти те, що ми бачимо на топографічній зйомці на конкретному прикладі і чим нам допоможуть.

Нижче приведена топографічна зйомка масштабу 1: 500 приватного будинку із земельною ділянкою і прибудинковими територіями.

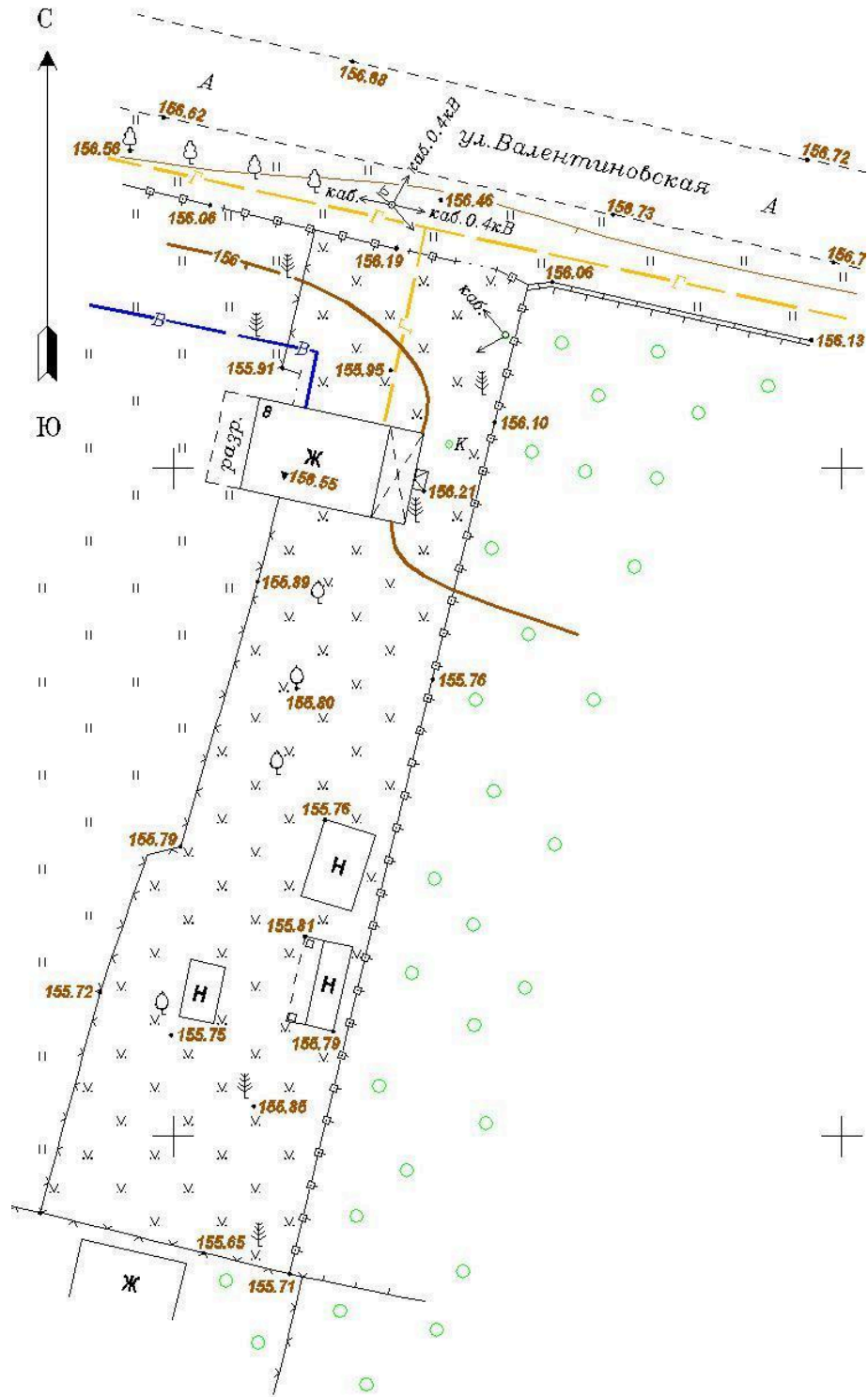


Рис.4.1. Топографічна зйомка масштабу 1: 500 приватного будинку

У лівому верхньому кутку ми бачимо стрілку за допомогою якої зрозуміло як зорієнтована топографічна зйомка у напрямку на північ. На топографічній зйомці цей напрямок може не

вказуватися, так як за замовчуванням план повинен бути орієнтований верхньою частиною на північ.

Характер рельєфу на території зйомки: ділянка рівна з невеликим зниженням у південну сторону. Різниця відміток висот з півночі на південь складає приблизно 1 метр. Висота самої південної точки 155.71 метра, а самій північній 156.88 метра. Для відображення рельєфу використані позначки висот, що покривають всю площу топонімання і дві горизонталі. Верхня тонка з відміткою 156,5 метра (не підписується на топонімка) і розташована на південь від потовщена з відміткою 156 метрів. У будь-якій точці, що лежить на сто п'ятдесят другий горизонталі відмітка буде рівно 156 метрів над рівнем моря.

На топонімці видно чотири однакових хреста, розташованих через однакові відстані в формі квадрата. Це координатна сітка. Вони служать для графічного визначення координат будь-якої точки на топонімка.

Далі послідовно опишемо те, що ми бачимо з півночі на південь. У верхній частині ТОПОПЛАН дві паралельні пунктирні лінії з написом між ними «вул. Валентіновскім» і дві букви «А». Це означає що ми бачимо вулицю з назвою валентіновскім, проїжджа частина якої покрита асфальтом, без бордюру (так як це пунктирні лінії. З бордюром кресляться суцільні, із зазначенням висоти бордюру або даються дві позначки: верх і низ бордюрного каменю).

Наведемо простір між дорогою і парканом ділянки:

По ньому проходить горизонталь. Рельєф знижується в бік ділянки.

У центрі цієї частини топонімання варто бетонний стовп лінії електропередач, від якого відходять кабелі з проводами в напрямках, зазначених стрілками. Напруга кабелів 0.4кВ. Також на стовпі висить ліхтар вуличного освітлення.

Ліворуч від стовпа ми бачимо чотири дерева широколистяних порід (це може бути дуб, клен, липа, ясен і ін.)

Нижче стовпа, паралельно дорозі з відгалуженням в бік будинку прокладено підземний газопровід (жовта пунктирна лінія з буквою Г). Тиск, матеріал і діаметр труби на топонімка не вказано. Дані характеристики уточнюються після узгодження з газовим господарством.

Зустрічаються на цій ділянці топонімання два коротких паралельних відрізка є умовним знаком трав'яної рослинності (різнотрав'я).

Переходимо до самої ділянки.

Фасад ділянки огорожений металевим парканом заввишки більше 1 метра з воротами і хвірткою. Фасад лівого (або правого, якщо дивитися з боку вулиці на ділянку) точно такий же. Фасад правої ділянки огорожений дерев'яним парканом на кам'яному, бетонному або цегляному фундаменті.

Рослинність на ділянці: газонна трава з окремими соснами (4 шт.) І фруктовими деревами(Теж 4 шт.).

На ділянці розташований бетонний стовп з кабелем електропередач від стовпа на вулиці до будинку на ділянці. Від траси газопроводу відходить підземне відгалуження газу до будинку. Підземний водопровід підведено до будинку з боку сусідньої ділянки. Огорожа західній і південній частині ділянки виконано з сітки-рабиці, східної - з металевого паркану заввишки більше 1 метра. У південно-західній частині ділянки видно частину огорож сусідніх ділянок з сітки-рабиці і суцільного дерев'яного паркану.

Будівлі на ділянці: У верхній (північній) частині ділянки розташований житловий одноповерховий дерев'яний будинок. 8 це номер будинку по вулиці валентіновскім. Відмітка рівня підлоги в будинку 156.55 метра. У східній частині до будинку прибудована тераса з дерев'яним закритим ганком. У західній частині на сусідній ділянці є зруйнована прибудова до будинку. Поруч з північно-східним рогом будинку є колодязь. У південній частині ділянки розташовані три дерев'яних нежитлових будівлі. До однієї з них прибудований навіс на стовпах.

Рослинність на сусідніх ділянках: на ділянці, розташованій на схід від - деревна рослинність, на захід від - трав'яна.

На ділянці розташованому південніше видно житловий одноповерховий дерев'яний будинок.

Ось таким чином допомагають отримати досить великий обсяг інформації про територію на якій проводилась топографічна зйомка.

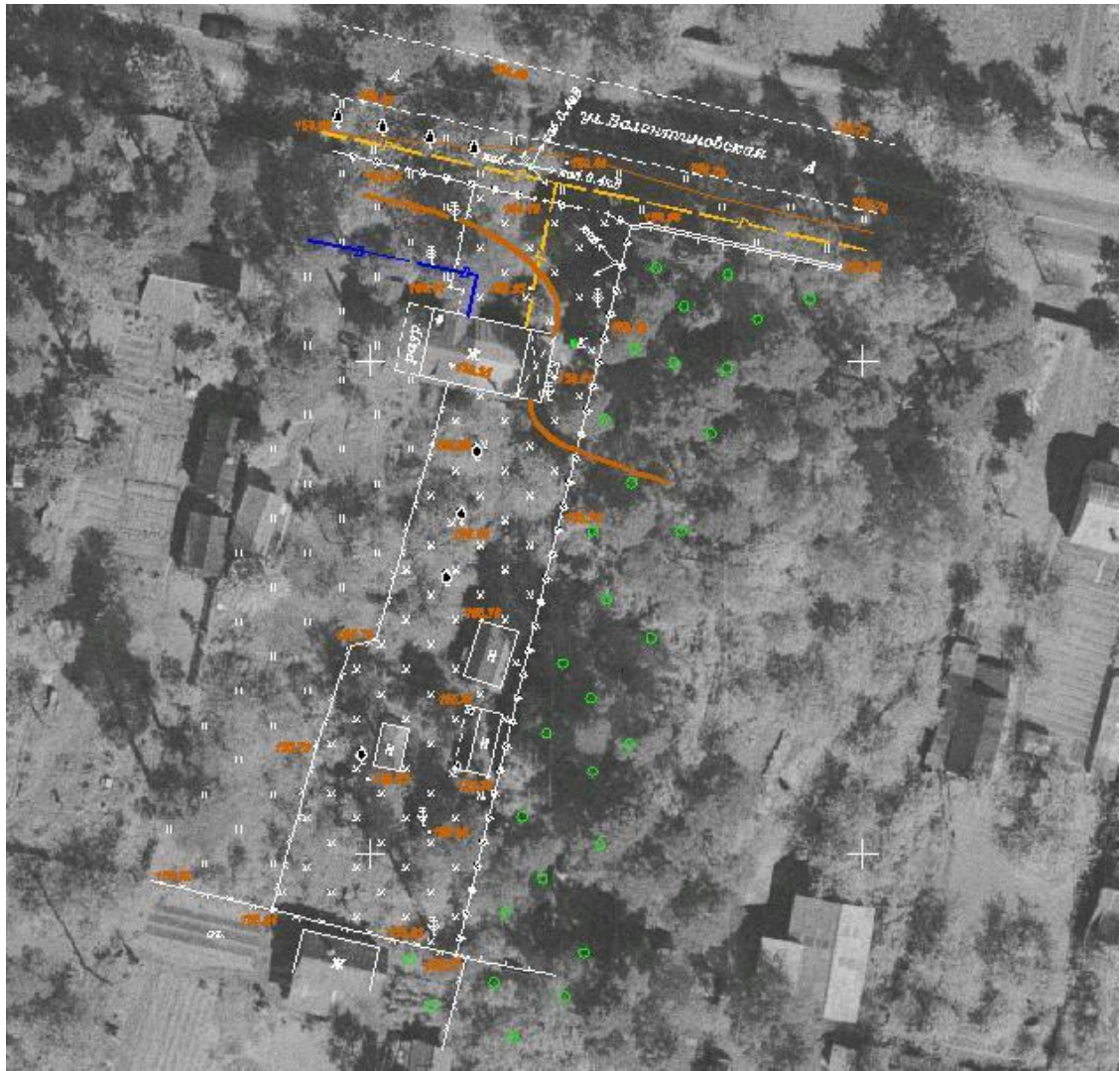


Рис. 4.2. Топозйомка, нанесена на аерофотознімок

Завдання

Кожній бригаді згідно плану топозйомки (додаток А) з використанням системи автоматичного проектування AUTOCAD необхідно прокласти кабельну лінію вказаної напруги від джерела живлення до споживача.

Після прокладання кабельної траси необхідно заповнити таблицю (додаток Б), де вказати кількість перетинів з іншими комунікаціями, довжину кабельної траншеї, необхідну довжину кабельної лінії, необхідну довжину труб для захисту від механічних пошкоджень.

Зміст звіту

- 1) Титульний лист (подібний до титульного листа даної роботи із зазначенням прізвищ та ініціалів виконавців та групи).
- 2) Мета роботи.
- 3) Виконане завдання.
- 4) Висновки.

Контрольні питання

1. Що таке топозйомка, та для чого вона використовується?
2. Які є стандартні масштаби топозйомки?
3. Які чотири типів умовних знаків використовуються на топозйомці?
4. Для чого використовують пояснювальні підписи?
5. Для чого використовують лінійні умовні знаки?
6. Що зображують контурними або площадковими умовними знаками?
7. Для чого використовують немасштабні умовні знаки?
8. Як позначаються будівлі на топозйомці?
9. Як позначаються комунікації на топозйомці?
10. Як позначаються дороги на топозйомці?
11. Наведіть приклади позначення колодязів комунікацій.

ДОДАТОК А
Варіанти планів топозйомок

Таблиця А1

Вихідні дані для бригад № 1, 5, 9

№ бригади	Необхідно прокласти КЛ від...– до...	Напруга кабельної лінії
1	ТП 2243 – кафе-бар «Вікторія»	0,4 кВ
5	ТП 2243 – Насосна	10 кВ
9	ТП 2243 – Бойлерна	0,4 кВ

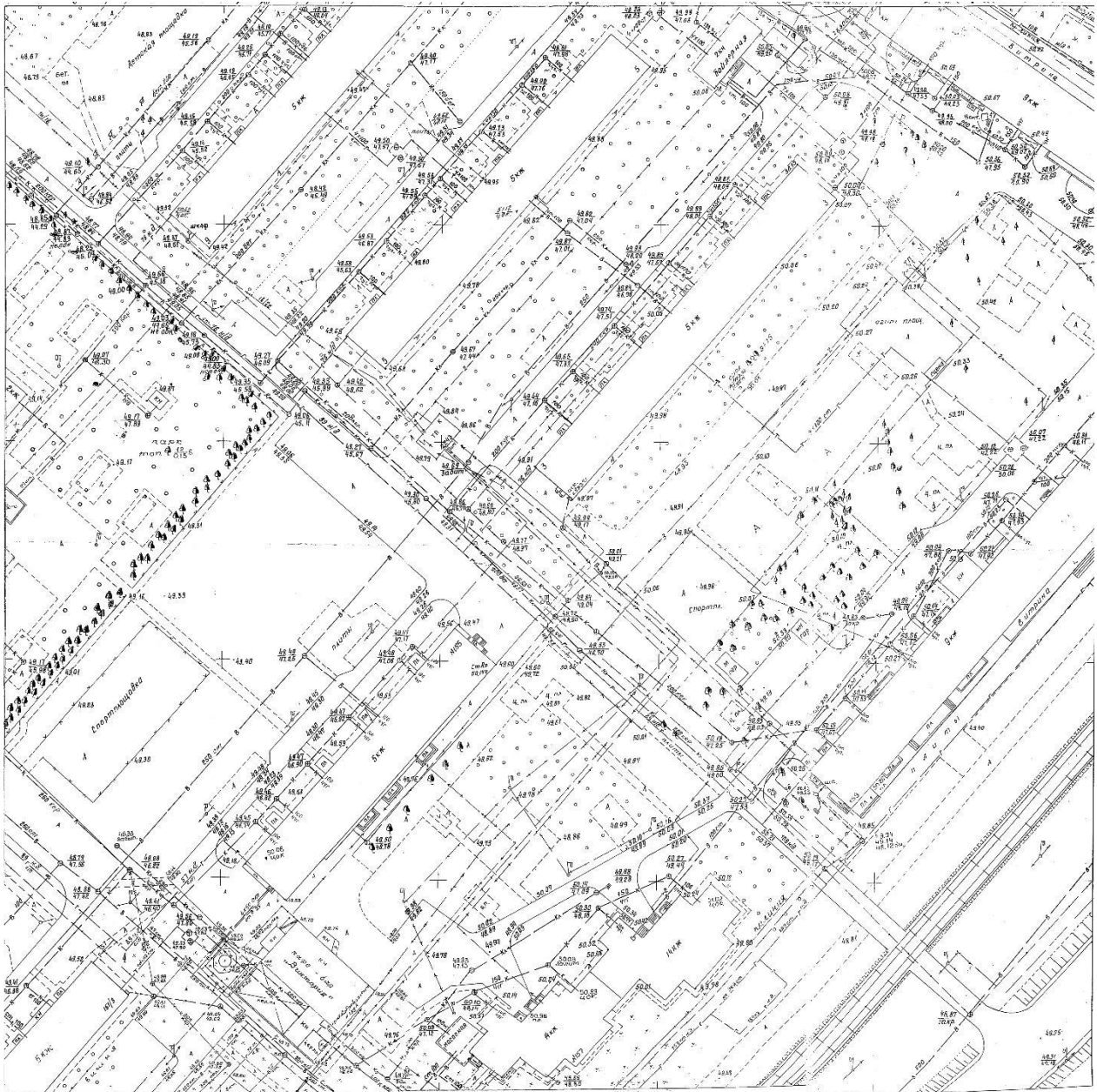


Рис. А1. Топозйомка для бригад № 1, 5, 9

Таблиця А2

Вихідні дані для бригад № 2, 6, 10

№ бригади	Необхідно прокласти КЛ від...– до...	Напруга кабельної лінії
2	ТП 2585 – ТП 2542	10 кВ
6	ТП 2585 – 9кж № 305а	0,4 кВ
10	ТП 2542 – 9кж № 305а	0,4 кВ



Рис. А2. Топозіомка для бригад № 2, 6, 10

Таблиця АЗ

Вихідні дані для бригад № 3, 7, 11

№ бригади	Необхідно прокласти КЛ від... – до...	Напруга кабельної лінії
3	ТП 2473 – 9 кж 17/2	0,4 кВ
7	ТП 2473 – Д/с «Ручеек»	0,4 кВ
11	ТП 2473 – Пункт прийому склопосуди	0,4 кВ



Рис.А3. Топозйомка для бригад № 3, 7, 11

№ бригади	Необхідно прокласти КЛ від...– до...	Напруга кабельної лінії
4	ТП 640 – цех № 3	0,4 кВ
8	ТП 640 – цех № 2	0,4 кВ
12	ТП 640 – Пожежно-технологічна насосна	0,4 кВ

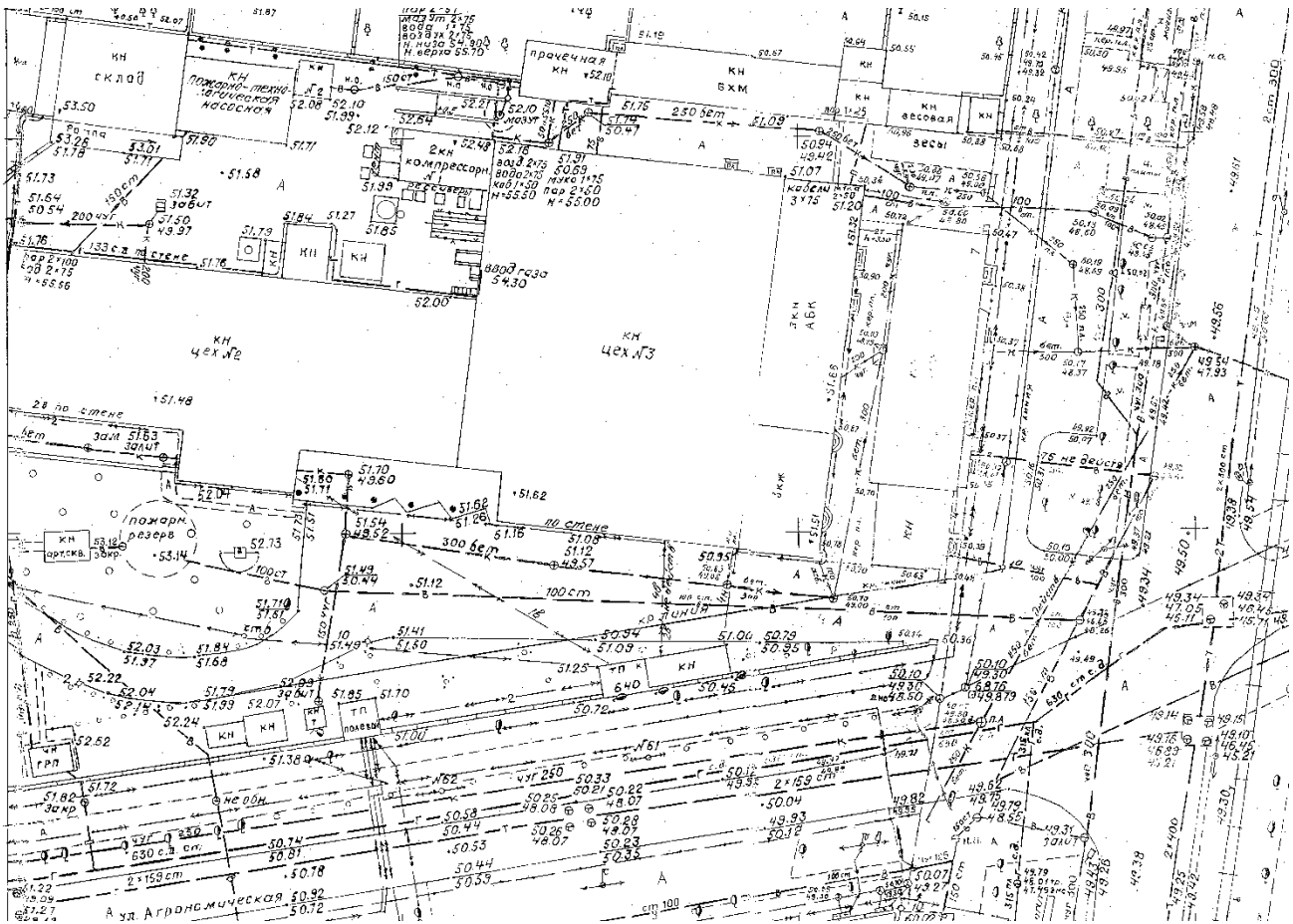


Рис. А4. Топозйомка для бригад № 4, 8, 12

ДОДАТОК Б
Приклад заповнення таблиці перетинів з комунікаціями

У цьому додатку представлено зразок заповненої таблиці, що містить дані про перетини кабельної лінії з іншими комунікаціями. Наведений приклад дозволяє продемонструвати порядок заповнення таблиці, а також містить інформацію про необхідні відстані між кабельною лінією та іншими інженерними мережами відповідно до нормативних вимог.

<i>Марка, поз.</i>	<i>Позначення</i>	<i>Найменування</i>	<i>Кільк.</i>	<i>Од. вим.</i>
1	4.407-251-002	Кабельна траншея Т-4	38	м
2		Прокладка кабелей методом прокола	–	м
3		Кабель 3хАСБл-10(3х240)	3х39	м
4	4.407-251-004	Перетин з кабелем	–	шт.
5	4.407-251-005	Перетин з водопроводом/каналіз.	6	шт.
6	4.407-251-005	Перетин з лінією зв'язку	–	шт.
7		Труба поліетиленова d110	12	м
Загальна довжина траси кабельної лінії 10 кВ			3х39	м

Рис.Б1. Приклад заповнення таблиці перетинів з комунікаціями

ЛІТЕРАТУРА

1. Телюта Р. В., Козловський О. А., Зінзура В. В. Експлуатація та монтаж електрообладнання: методичні вказівки для самостійної роботи з навчальної дисципліни «Експлуатація та монтаж електрообладнання» за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка». – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 200 с.
2. Погожих М. І., Пак А. О., Дьяков О. Г., Чеканов М. А. Електрообладнання енергетичних установок: навчальний посібник. – Харків: ХДУХТ, 2019. – 141 с.
3. Єрмілова Н. В. Навчальний посібник до самостійного вивчення матеріалу «Електрообладнання та електропостачання об'єктів нафтогазової промисловості» з дисципліни «Електротехніка та електропостачання» для студентів спеціальності 185 «Нафтогазова інженерія та технології». – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2021. – 76 с.
4. Панченко В. О., Гусак О. Г., Папченко А. А., Хованський С. О. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів: навчальний посібник. – Суми: СумДУ, 2015. – 151 с.
5. Войтюк Ю. П., Писаренко Д. Г. Монтаж пристроїв блискавкозахисту будівель та споруд: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 94 с.
6. Березюк О. В., Лемешев М. С. Основи охорони праці та безпека життєдіяльності для студентів спеціальності 172 – Телекомунікації та радіотехніка. Частина 2. Безпека життєдіяльності: практикум. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 84 с.
7. Співак О. Ю., Резидент Н. В. Тепломасообмін. Частина І: навчальний посібник. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 113 с.
8. Правила улаштування електроустановок (ПУЕ) / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – Вид. офіц. – Київ, 2017. – 756 с. – Затверджено наказом Міненерговугілля від 21.07.2017 № 476.
9. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів (ПТЕЕС) / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – Вид. офіц. – Київ, 2017. – 289 с. – Затверджено наказом Міненерговугілля від 20.02.2017 № 148.
10. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів (ПБЕЕС) / Міністерство енергетики України. – Вид. офіц. – Київ, 2016. – 198 с. – Затверджено наказом Міненерговугілля від 16.11.2016 № 1507.
11. Правила технічної безпеки (ПТБ) в електроенергетиці / Міністерство енергетики та вугільної промисловості України. – Вид. офіц. – Київ, 2018. – 312 с. – Затверджено наказом Міненерговугілля від 12.02.2018 № 101.