

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

УДК 621.311

ПОГОДЖЕНО
Директор ННІ енергетики,
автоматики і енергозбереження

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
В.о. завідувача кафедри
інженерії енергосистем

_____ /Каплун В.В./
(підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

_____ /Антипов Є.О./
(підпис)

« ____ » _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему: «Підвищення енергоефективності розподільних мереж з використанням даних одержаних шляхом інвентаризації ліній 10 кВ»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»
(код і назва)

Освітня програма Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(назва)

Орієнтація освітньої програми Освітньо-професійна
(освітньо-професійна або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

К.Т.Н, доцент
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Усенко С. М.
(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

Д.Т.Н, професор
(науковий ступінь та вчене звання)

_____ (підпис)

Каплун В.В.
(ПІБ)

Виконав

_____ (підпис)

Бондарєв В.Т.
(ПІБ)

КИЇВ – 2024

РЕФЕРАТ

Бондарєв В.Т. «Підвищення енергоефективності розподільних мереж з використанням даних, одержаних шляхом інвентаризації ліній 10 кВ» (магістерська кваліфікаційна робота, Київ, Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2024 р.). Обсяг 99 сторінок, таблиць – 10, рисунків – 33, список використаних джерел – 36 найменувань.

В розділі 1 досліджено сучасний стан електричних мереж, їх загальні характеристики, проаналізовано витрати електричної енергії в розподільчих мережах та розглянуто програмно технічні комплекси для формування геоінформаційних баз даних для інвентаризації мереж

В розділі 2 було наведено структуру та функціонал бази даних для інвентаризацій електричних мереж, особливості їх формування для мережевого та підстанційного обладнання та особливості використання інформаційного забезпечення itt GIS для визначення параметрів електричних мереж.

В розділі 3 проведено обґрунтування доцільності використання функціональних можливостей itt GIS технологій для формування програм розвитку електричних мереж

В 4 розділі було проведено обрахунок лінії електропередач Л-17 ПС «ЛИТКИ» та вибрано системи електричної мережі 10 кВ

В розділі 5 наведено основні заходи з безпечної експлуатації електроустановок.

За отриманими результатами сформовані висновки.

Ключові слова: підвищення енергоефективності, розподільні мережі, геоінформаційні технології, реконструкція, модернізація розподільних мереж.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. СТАН ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ В УМОВАХ ТРАНСФОРМАЦІЇ РИНКУ	7
1.1. Стан електричних мереж в умовах трансформації енергоринку	7
1.2. Загальні характеристики електричних мереж 10 кВ	12
1.3. Аналіз втрат електричної енергії в розподільних мережах	21
1.4. Програмно-технічні комплекси формування геоінформаційних баз даних для інвентаризації мереж	25
Висновки до розділу 1	28
РОЗДІЛ 2. ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ	29
2.1. Структура та функціонал бази даних для інвентаризацій електричних мереж	29
2.2. Особливості формування бази даних для мережевого та підстанційного обладнання	42
2.3. Особливості використання інформаційного забезпечення ГІС для визначення параметрів електричних мереж	45
Висновки до розділу 2	47
РОЗДІЛ 3. ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ГІС ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ	48
3.1 Застосування бази даних itt GIS для формування проєктів розвитку електричних мереж	48
3.2. Використання бази даних для технічних приєднань	51
3.3. Застосування itt GIS для розроблення проєктів	53
3.4. Технічне обслуговування та реконструкція електричних мереж на основі даних itt GIS	54
Висновки до розділу 3	57

РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЇ 10 КВ Л-17 ПС «ЛИТКИ»	58
4.1. Характеристика об'єкту проєктування	58
4.2. Розрахунок та вибір обладнання КЛ-10 кВ	59
4.3. Розрахунок лінії електропередач Л-17 ПС «ЛИТКИ»	62
4.4. Вибір елементів електричної мережі 10 кВ	77
4.5. Визначення тривалості будівництва об'єкта	81
Висновки до розділу 4	83
РОЗДІЛ 5. ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ	84
5.1. Основні поняття та принципи забезпечення електробезпеки	84
5.2. Вимоги та правила улаштування опор	87
5.3. Захисне заземлення. Захист від перенапруг	89
Висновки до розділу 5	90
ВИСНОВКИ	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	92
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Тема "Підвищення енергоефективності розподільних мереж з використанням даних, одержаних шляхом інвентаризації ліній 10 кВ" є надзвичайно актуальною в умовах сучасного розвитку енергетики та глобальних зусиль з покращення енергоефективності. Зростаючі потреби в електроенергії та зміни кліматичних умов вимагають від нас максимального ефективного використання наявних ресурсів. У цьому контексті, розподільчі мережі відіграють ключову роль, забезпечуючи стабільне постачання електроенергії споживачам. Збір і аналіз даних за допомогою інвентаризації ліній 10 кВ надає цінну інформацію про технічний стан мереж, виявляє слабкі місця та дозволяє розробити оптимальні рішення для підвищення енергоефективності. Точні та актуальні дані допомагають виявити проблеми, такі як перевантаження, втрата електроенергії та необхідність заміни застарілого обладнання. Інвентаризація також сприяє більш ефективному плануванню ремонтних і модернізаційних робіт, що дозволяє знизити експлуатаційні витрати та покращити надійність мережі.

Підвищення енергоефективності розподільчих мереж безпосередньо впливає на зниження втрат електроенергії, що є економічно вигідним і сприяє зменшенню викидів парникових газів. Це відповідає глобальним цілям сталого розвитку та міжнародним зобов'язанням України у сфері охорони довкілля. Крім того, енергоефективність сприяє зниженню витрат на електроенергію для кінцевих споживачів, підвищуючи таким чином конкурентоспроможність економіки та покращуючи якість життя громадян.

Таким чином, підвищення енергоефективності розподільчих мереж з використанням даних, одержаних шляхом інвентаризації ліній 10 кВ, є важливим і необхідним кроком у напрямку забезпечення стабільного та екологічно безпечного енергопостачання. Ця тема є актуальною не тільки для енергетичних компаній, але й для суспільства в цілому, оскільки сприяє досягненню енергетичної безпеки та сталого розвитку.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН УПРАВЛІННЯ НАДІЙНІСТЮ РОЗПОДІЛЬЧИХ МЕРЕЖ 10 КВ

1.1. Стан електричних мереж в умовах трансформації енергоринку

Енергетика в Україні є фундаментальною галуззю національної економіки і, по суті, однією з найстаріших. Виробництво електроенергії базується на атомній енергетиці, мазуті, спалюванні вугілля, біопаливі та природному газі. Крім того, Україна вже використовує відновлювані джерела енергії, такі як сонячна енергія, вітрові турбіни та гідроелектростанції. Цей сектор є пріоритетним для держави і становить значну частку національної економіки.

В енергетичній галузі України працює близько 450 000 осіб, або 3% населення, і вона є найбільшим платником податків, забезпечуючи майже чверть державного бюджету. На енергетичний сектор припадає 8% ВВП, і Україна є 28-м найбільшим споживачем у світі. Українські енергетичні компанії також мають сильну експортну орієнтацію.

Незважаючи на складні умови та численні ворожі атаки, українська енергетика впоралася з усіма викликами, зберегла свої позиції та, за необхідності, трансформувала свої технології та бізнес-процеси. Згідно зі статистикою, підприємства енергетичного сектору у 2022 році отримали найвищі прибутки серед інших галузей.

Галузь також має великий потенціал для подальшого розвитку та привабливості для національних і міжнародних інвесторів. Існують великі перспективи для розвитку зеленої енергетики, яка наразі є одним з головних пріоритетів ЄС.

Країна має міцну основу в енергетичному секторі, закладену за радянських часів. При цьому основними споживачами були представники промислового сектору. За роки незалежності енергетичний сектор України зазнав значних

трансформацій. Було модернізовано технічні процеси та обладнання, вдосконалено бізнес-процеси підприємств та проведено низку реформ, а також змінено законодавство та інші нормативні акти.

16 березня 2023 року енергетична система ЄС була об'єднана з ENTSO-E. Дійсно, військові дії прискорили процес енергетичної інтеграції, який розпочався у 2005 році. Реструктуризація електроенергетичного сектору стала однією з найскладніших і наймасштабніших реформ в Україні.

Україна є членом Європейського енергетичного співтовариства і ратифікувала Угоду про асоціацію з ЄС. Ця угода передбачає підвищення енергоефективності, скорочення викидів парникових газів та інших викидів, а також розвиток відновлюваних джерел енергії. Як наслідок, очікується, що галузь розвиватиметься за рахунок переходу на відновлювані ресурси та забезпечення раціонального використання енергії.

Електроенергетична система - це широка структура без певного центру. Виробники електроенергії постачають її в загальну мережу, через яку вона потрапляє до кінцевого споживача. У той же час, регіональні мережі з'єднані між собою через спеціальні підстанції.

З точки зору управління та власності, електроенергетична система України складається з магістральних ліній електропередач та генеруючих потужностей. Лінії електропередач перебувають у державній власності і не підлягають приватизації. Об'єкти виробництва електроенергії також здебільшого перебувають у державній власності, включаючи гідроелектростанції та атомні електростанції, а також теплові електростанції та теплоелектроцентралі (ТЕЦ). Однак є також ряд приватних ТЕС і ТЕЦ, джерел відновлюваної енергії, таких як вітрові та сонячні електростанції, а також муніципальні ТЕЦ.

Основним оператором енергетичного сектору є державна енергетична компанія "Укренерго", Приватне акціонерне товариство, що перебуває у повній державній власності. Компанія знаходиться у віданні Міністерства енергетики України, яке передає електроенергію розподільній компанії.

Централізоване електропостачання внутрішніх споживачів є функцією

єдиної енергетичної системи, а також забезпечує міжнародні поставки, включаючи імпорт і експорт електроенергії. В даний час система складається з 4 регіональних підрозділів: Північного, західного, східного та Південного.

На енергетичному ринку працює низка виробників, включаючи найбільших постачальників:

- ДТЕК та Центренерго - теплові електростанції;
- ДТЕК і Центренерго - теплові електростанції;
- Укргідроенерго - гідроелектростанції;
- НАЕК «Енергоатом» - атомні електростанції.



Рис. 1.1. Візуалізація альтернативної енергетики

Розподіл електроенергії кінцевим споживачам здійснюють 32 оператори мереж.

Крім того, в останні роки в Україні стрімко розвивається альтернативна енергетика. Цей сектор включає наступні підсектори:

- Вітроенергетика;
- Сонячна енергетика;
- Геотермальна енергія;
- Альтернативна гідроенергетика;
- Космічна енергетика.

В Україні найбільш поширені сонячні та вітряні електростанції. Розробка сонячної енергії почалася в 2008 році, і з кожним роком технічне обладнання

підвищує ефективність і вироблення енергії. Вітряні електростанції встановлюються в місцях, де вітер дме постійно, наприклад, в прибережних або гірських районах. Жовтні неділю, крім того, ринок постійно поповнюється інноваційними електростанціями, що використовують екологічно чисту сировину.

В результаті масштабного вторгнення промисловості було завдано значної шкоди. Масовані бомбардування енергетичних об'єктів призвели до пошкодження і руйнування понад 60% енергетичної інфраструктури країни. Постраждали теплові та гідроелектростанції, магістральні та розподільні мережі, теплові електростанції, підстанції та інші об'єкти інфраструктури. Атомні електростанції працюють в дуже складних умовах. Таким чином, енергомережа втратила велику кількість генеруючих потужностей.

Однак завдяки професійним діям фахівців у галузі енергетики вдалося запобігти повному відключенню електроенергії, відновити енергопостачання всіх районів, розпочати відновлювальні та відновлювальні роботи. Міжнародні партнери організували постачання необхідних матеріалів та обладнання, а Україна отримала спеціальну фінансову підтримку.

За даними Міністерства енергетики, станом на 2023/8 рік відремонтовано 5 атомних електростанцій, ще 4 знаходяться в ремонті. Крім того, ремонтується 24 теплові електростанції, що становить 62% від загального обсягу, ремонтується 70% ТЕЦ, а решта все ще ремонтуються. Що стосується гідроелектростанцій, то 32 гідроелектростанції, що становлять 68% від загальної потужності з виробництва електроенергії, перебувають у стадії ремонту або ремонту.

За даними уряду, ремонтна кампанія йде за планом, "Укренерго" виконало майже 80% планових ремонтів, а підстанція приведена в довоєнний стан. Крім того, уряд жовтня розробляє багаторівневий захист енергетичних об'єктів.

Також постраждав Сектор зеленої енергетики, на частку якого припадало 13% від загальної довоєнної частки, і станом на осінь 2022 року близько 50% більшості вітрових та сонячних електростанцій було виведено з експлуатації. Після початку війни багато об'єктів відновлюваної енергії опинилися на

окупованій або ворожій території. Були задокументовані серйозні пошкодження підстанцій та електричних мереж внаслідок обстрілів сил противника та крадіжки обладнання. Роботи на окупованих територіях були припинені через заборону доступу в будівлю.

Реформи, впроваджені в період з 2014 по 2022 роки, мали значний вплив на промислову стійкість. Диверсифікація енергопостачання стала однією з основ стійкості енергетичного сектору країни, забезпечивши імпорт ресурсів, необхідних для потреб промисловості та населення, в тому числі електроенергії, яка змогла підтримати роботу електромережі в разі масштабної атаки.

Відокремлення енергетичних компаній та підвищення прозорості їхньої фінансово-господарської діяльності дозволило провести капітальний ремонт магістральних мереж, заміну технічного обладнання та комплексний розвиток енергосистеми.

Запровадження ринкових механізмів ціноутворення стимулювало прихід на ринок нових операторів та використання енергоефективних технологій бізнесом та іншими споживачами.

Мережеві оператори повинні створити необхідні умови для продовження будівництва інфраструктури, мінімізації її вразливості та підтримки потужностей, необхідних для задоволення потреб промисловості та окремих споживачів. Крім того, існує необхідність у розробці способів підтримки балансу між попитом і пропозицією в різних кризових сценаріях.

Згідно з висновками багатьох експертів, існуючий технічний стан розподільної мережі в Україні оцінюється як незадовільний. Це призводить до високого рівня втрат електроенергії та робить процес розподілу електроенергії менш енергоефективним. Низька пропускну здатність таких електромереж не тільки створює перешкоди для задоволення зростаючого попиту на електроенергію з боку існуючих споживачів, але і обмежує можливість використання альтернативних джерел енергії для підключення розподіленої генерації до нових споживачів. Рівень автоматизації розподільної мережі в Україні, який не відповідає сучасним вимогам, призведе до значних

експлуатаційних витрат на технічне обслуговування, надійність і безпеку енергопостачання.

За різними оцінками, знос існуючого обладнання в розподільних електричних мережах на сьогоднішній день становить від 40% до 80%, і цей стан продовжує погіршуватися з кожним роком через відсутність відповідного рівня інвестицій. Проведення детального вивчення технічних умов є більш цілеспрямованим впровадженням сучасних технологічних рішень для підвищення енергоефективності розподільчої мережі та інвестицій.

1.2. Загальні характеристики електричних мереж 10 кВ

Мережа електропередачі 10 кВ - це розподільна мережа середньої напруги, яка використовується для передачі та розподілу електроенергії від підстанцій до кінцевих споживачів. Вона знаходиться між високовольтною магістральною мережею та низьковольтною розподільчою мережею, яка постачає електроенергію безпосередньо до будівель та інших об'єктів. Вони широко використовуються для передачі та розподілу електроенергії на середні відстані в системах електропостачання. Вони використовуються як в міських, так і в сільських умовах, забезпечуючи електроенергією промислові підприємства, житлові райони та інші об'єкти. Загальні характеристики таких мереж:

- Напруга;
- Конфігурація мережі;
- Лінії електропередач;
- Трансформатори;
- Ізоляція та захист;
- Навантаження та споживання.

Рівень напруги 10 кВ - це середня напруга мережі електропередач, з меншими втратами при передачі на середні відстані та меншими вимогами до ізоляції обладнання порівняно з високовольтними лініями електропередач.

Мережі можуть бути радіальними, кільцевими або завантажувальними.

Радіальна мережа - це мережа, в якій немає відгалужень по всій довжині лінії електропередачі. Завантажувальна мережа - це мережа, в якій живлення подається від однієї лінії (завантажувача) до декількох споживачів, розташованих уздовж магістральної лінії. Кільцеві схеми зазвичай використовуються для підвищення надійності електропостачання та перемикання живлення в разі аварії на одному з сегментів.

Опори ЛЕП є основними конструктивними елементами ліній електропередач. Вони виготовляються з різних матеріалів, включаючи метал, залізобетон і дерево. Металеві опори мають ґратчасту або багатогранну конструкцію. Опори встановлюються на фундаментах і передають на них експлуатаційні навантаження від ваги обладнання, натягу проводів, сили вітру та ожеледиці. В Україні дерев'яні опори встановлюють переважно на низьковольтних лініях 0,4 кВ; лінії електропередач до 10 кВ будують на залізобетонних стовпах; для ліній вище 35 кВ проміжні опори виготовляють із залізобетону, а анкерні - з металу, які можуть бути комбінованими. Чим вища напруга, тим частіше зустрічаються міцні металеві опори, такі як решітчасті або багатосторонні оцинковані сталеві опори. Сталеві опори ЛЕП легко встановлюються і транспортуються, мають невелику вагу і тривалий термін служби. Тому перспективним напрямком розвитку сучасної енергетики є заміна застарілих дерев'яних або залізобетонних опор ліній електропередач на легкі, міцні сталеві опори з цинковим антикорозійним покриттям.



Рис. 1.2. Різновиди опор

Лінії електропередач бувають повітряні та кабельні. Повітряні лінії електропередачі встановлюються на відкритому повітрі для передачі електроенергії по проводах, закріплених на опорах, кронштейнах або стояках на цивільних інженерних спорудах (таких як мости і шляхопроводи), в той час як кабельні лінії електропередачі (підземні лінії електропередачі) - це лінії для передачі електроенергії або її окремих імпульсів, кабельні (підземні) - це лінії для передачі імпульсів, що складаються з одного або декількох паралельно прокладених кабелів зі з'єднаннями, замками, кінцевими муфтами (затискачами) і кріпленнями, а для маслонаповнених ліній - додатково з фідерами живлення і пристроями гідравлічної сигналізації.

За конструкцією опори повітряних ліній електропередач поділяються на дерев'яні, металеві та залізобетонні. Дерев'яні опори є найбільш економічно вигідним варіантом, що використовується в сільській місцевості та в районах з низькими вимогами до міцності конструкції, але вони менш довговічні, стійкі до атмосферних впливів і схильні до гниття. Металеві опори використовуються в міських і промислових районах, де потрібна вища надійність. Вони довговічні, міцні, витримують великі навантаження і погодні умови. Єдиний їхній недолік - висока вартість. Залізобетонні стовпи широко використовуються як в міській, так і в сільській місцевості і мають високу міцність і довговічність. Вони стійкі до погодних умов і витримують великі навантаження. Недоліками є їх значна вага та складність монтажу. Повітряні лінії електропередач часто використовуються в сільських і малонаселених районах, де є достатньо місця для встановлення опор. Кабельні лінії використовуються в міських районах або там, де візуальний вплив і погодні ризики повинні бути мінімізовані.

Залежно від вимог до провідності та вартості, використовуються алюмінієві або мідні провідники. Алюмінієві дроти легші і дешевші за мідні і використовуються для повітряних ліній електропередач на великі відстані. Їх провідність нижча, ніж у мідних, але вони менш схильні до корозії. Мідний дріт має високу провідність і не нагрівається під час передачі, але коштує дорожче і часто використовується в кабельних лініях, де важлива компактність і

ефективність передачі.

За способом ізоляції електричні дроти поділяються на неізольовані та ізольовані; неізольовані дроти в основному використовуються в повітряних лініях, де відстань між проводом і опорою забезпечує достатню ізоляцію. Недоліки - ризик короткого замикання через падіння гілок дерев і сильний вітер, ізольовані проводи часто використовуються на кабельних лініях і в густонаселених районах, переваги - підвищена безпека і надійність, знижений ризик короткого замикання, самонесучі ізольовані проводи (СП) Використовуються в повітряних лініях, особливо в міських і приміських районах, ризик короткого замикання знижується.

Підстанційні трансформатори перетворюють напругу з 10 кВ до 0,4 кВ і подають електроенергію кінцевому споживачеві; використовуються 2- або 3-обмоткові трансформатори, які можуть жити кілька споживачів одночасно. Для забезпечення безпеки та надійності обладнання та дроти повинні бути належним чином ізольовані. Якість ізоляції залежить від зовнішніх умов (дощ, пил, вологість). Захист забезпечується автоматичними вимикачами, реле та іншими захисними пристроями від коротких замикань, перевантажень та інших аварійних ситуацій.

Мережі 10 кВ витримують високі промислові навантаження і можуть забезпечувати електроенергією підприємства, комунальні служби та інших споживачів, які потребують високого енергоспоживання. Система є масштабованою і дозволяє підключати нових споживачів та розподіляти навантаження. Лінії електропередач 10 кВ потребують регулярного технічного обслуговування, яке включає перевірку стану ізоляторів, ліній електропередач, трансформаторів та розподільчих підстанцій, а також моніторинг систем захисту для запобігання аварій. Ці мережі забезпечують баланс між ефективністю передачі та підключенням кінцевих споживачів і відіграють важливу роль у сучасній системі електропостачання. [4]

Основні типи ліній електропередачі 10 кВ. Кожен тип ЛЕП 10 кВ має свої переваги та недоліки і обирається відповідно до топографії, енергоспоживання та економічних факторів.

Повітряні лінії електропередач використовуються для передачі та розподілу електроенергії по проводах, які натягнуті з рівня землі на певну висоту. Повітряні лінії електропередач класифікуються за шкалою напруги від 0,4 до 1150 кВ і поділяються на кілька груп.

- Лінії вище 500 кВ використовуються для з'єднання декількох окремих енергосистем. Такі лінії електропередач можуть мати довжину 1 200-2 000 км.

- З'єднання між кількома електростанціями в енергосистемі та передача енергії від цих електростанцій до розподільчих пунктів відбувається через магістральні високовольтні лінії електропередач до 330 кВ. Такі лінії електропередач прокладаються на відстані кількох сотень кілометрів.

- Розподільчі лінії 35-150 кВ використовуються для постачання електроенергії до населених пунктів та підприємств і мають довжину 10-20 км.

- Споживачі отримують електроенергію по лініях електропередач до 20 кВ; лінії електропередач вище кВ називаються високовольтними лініями електропередач.

- Низьковольтні лінії електропередач до 1 кВ використовуються в містах і селищах для передачі електроенергії на невеликі відстані 1-2 км.

При проектуванні повітряних ліній електропередач використовуються наступні терміни: відстань між осями двох опор ЛЕП - довжина прольоту, відстань між сусідніми проміжними опорами - проміжний проліт і відстань між анкерними опорами - анкерний проліт. Якщо лінія електропередачі проходить над будівлею або природним об'єктом, це перехідний проліт. Якщо напрямок лінії електропередач змінюється, то встановлюються кутові опори з відповідним кутом повороту для лінії електропередач.

Довжина прольоту - це відстань між двома сусідніми проміжними опорами електропередачі. Ця характеристика залежить від напруги на лінії: для лінії електропередачі напругою 0,4 кВ вона становить від 30 до 50 метрів. Знаючи тип

використовуваної опори, марку та перетин дроту, а в деяких випадках і природні умови місцевості, ви можете точніше визначити це значення.

Провисна стріла є одним з конструктивних параметрів повітряних ліній електропередачі і являє собою вертикальну пряму лінію, проведену від лінії повітряного з'єднання в місці кріплення проводу на сусідніх опорах до нижньої точки провисної лінії між цими опорами. Насправді, це значення також залежить від типу опори, марки і поперечного перерізу дроту, а також клімату регіону, де прокладена лінія електропередачі.

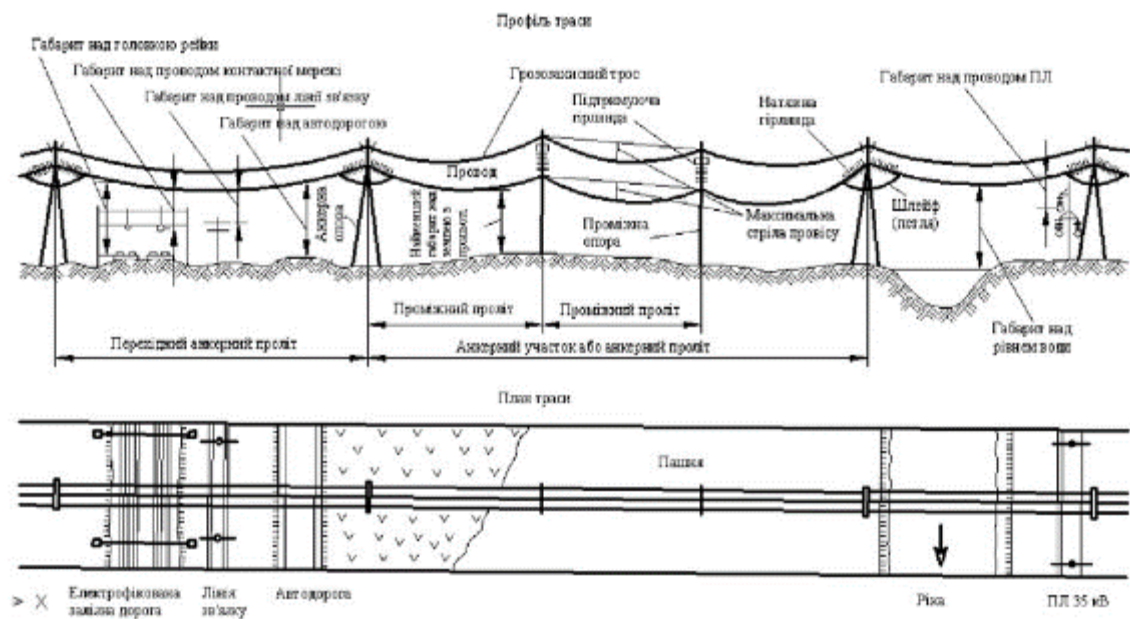


Рис. 1.3. Основні елементи лінії електропередач

Розмір повітряної лінії електропередачі-це найменша існуюча відстань від дроту в кожному прольоті до землі або інших природних об'єктів, будівель або споруд. Ці параметри строго регламентуються спеціальними документами, які залежать від напруги на лінії і від того, як часто люди відвідують цей район. У густонаселених районах мінімальна відстань від дроту до поверхні Землі має становити 6 м, у важкодоступних і зруйнованих районах цей показник буде знижений до 3,5 м, а в районах, де люди навряд чи будуть перебувати поблизу лінії електропередачі, - до 1 м.. Слід зазначити, що прокладка лінії електропередачі над будинком неприпустима. Відстань по горизонталі до будівлі

або споруди має становити не менше 1,5 м, а якщо лінія проходить паралельно глухій стіні об'єкта, допускається відстань в 1 м.

При проходженні ліній електропередачі через лісові масиви та інші насадження відстань від крони дерева до дроту має становити не менше 1 м, за умови найбільшого провисання стріли. Опора електропередачі повинна розташовуватися в 1 м від трубопроводу, в 2 м від каналізаційного колодязя, в 1 м від автозаправної станції та автозаправного агрегату і в 0,5-1 м від місця розташування силового кабелю. Це передбачено. Не рекомендується перетинати судноплавні річки і лінії електропередач.

Якщо річка не використовується для судноплавства і взимку замерзає, довжина лінії електропередачі повинна бути не більше 2 метрів від максимально можливого рівня води і не більше 6 метрів від рівня льоду. Опора лінії електропередачі може бути встановлена поблизу річки на відстані, відповідному висоті самої опори.

Часто фіктивні лінії електропередачі перетинаються з лініями зв'язку. В цьому випадку лінії електропередачі завжди знаходяться на більш високому рівні, а відстань між ними і лінією зв'язку має становити не менше 1,25 м.

Мінімальна відстань при наближенні до повітряних ліній електропередачі і лініях зв'язку становить 1,5-2 м, при цьому особлива увага приділяється ділянкам на перетині ліній електропередачі і залізних або шосейних доріг. На неелектрифікованих залізницях необхідно використовувати опорні стовпи ліній електропередач, а електрифіковані дороги перетинати за допомогою кабельних вставок. У будь-якому випадку кут поперечного перерізу повинен бути якомога ближче до 90°.

Автомобільні дороги можна перетинати за допомогою анкерів або проміжних опор, в залежності від їх категорії. При цьому розмір цієї ділянки лінії електропередачі повинен становити 7-8 м.

Відстань між опорами ЛЕП залежить від основної напруги. Приблизні значення яких:

- 0,4-1 кВ - відстань між опорами 40-50 м;

- До 10 кВ - відстань між опорами не менше 80 м;
- до 35 кВ - проліт опор до 200 м;
- до 110 кВ - відстань між опорами до 250 м;
- до 330 кВ - прольоти опор до 400 м;
- до 500 кВ - відстань між опорами ЛЕП до 450 м;
- 750 кВ і вище - відстань між опорами ЛЕП до 700 м.

Точна довжина прольоту між опорами визначається параметрами напруги, а також умовами проекту (розташуванням ліній, функціональним призначенням, місцевими кліматичними особливостями, рельєфом місцевості тощо). Враховується також відстань між проводами, що провисають, а також наявність споруд і природних перешкод. Наприклад, у приватній житловій забудові електроопори вздовж доріг розташовують на відстані 30-50 метрів одна від одної. Відстань від землі до нижніх проводів варіюється від 6 до 17 метрів, залежно від довжини та висоти прольоту стовпа. У пустельних районах ця висота може бути зменшена до 3,5 метрів. [4]

Чим вища напруга лінії електропередач, тим ширшою має бути захисна зона між ЛЕП та житловим масивом: для ЛЕП 0,4 кВ достатньо 2 метрів, лінії 35 кВ повинні знаходитися на відстані 15 метрів від житлових об'єктів, лінії 330 кВ - щонайменше 25 метрів, високовольтні лінії 750 кВ не можуть бути ближче 40 метрів від житла. Стандарт також визначає мінімальні відстані від опор ЛЕП до дерев, трубопроводів, газопроводів, каналізаційних споруд, автозаправних станцій, автомобільних доріг, залізниць та інших об'єктів, на які можуть впливати потужні електромагнітні поля високовольтних ліній електропередач.

У разі неможливості розміщення будівель на відстані від ліній електропередач використовуються спеціальні захисні екранні конструкції: 2 метри для ліній електропередач напругою 20 кВ, 4 метри для ліній електропередач напругою до 110 кВ і 6 метрів для ліній електропередач напругою 220 кВ. Заборонено прокладати повітряні лінії електропередач над житловими будинками, дитячими установами та навчальними закладами. Професійні проектувальники враховують ці особливості, але приватні власники

часто припускаються помилок при самостійному будівництві. Щоб уникнути проблем, необхідно враховувати вимоги будівельних норм і правил та довірити проектування фахівцям.

Висота опор визначається:

- Рівні напруги в електромережі;
- Типи опор та їх функціональне призначення;
- Відстань між осями опор;
- Кліматичні характеристики регіону;
- Характер місцевості;
- Наявність природних перешкод на території;
- Розташування цивільних споруд під лініями електропередач.

На довжину опор впливає напруга лінії, чим вище цей параметр, тим вище лінія розміщується над землею. Висота опор більша для ліній з більшими прольотами для компенсації розрахункового провисання лінії. Висоту опор на лінії електропередач визначає проектувальник. Орієнтовна висота опор ЛЕП залежить від напруги: 7-9 метрів для низьковольтних ліній до 1 кВ, 12 метрів для високовольтних ліній до 35 кВ, 16 метрів для 150 кВ, до 30 метрів для 500 кВ і понад 40 метрів для 750 кВ. Міцність і надійність опор на максимальній висоті можна забезпечити лише за допомогою металевих опор, які є легкими конструкціями, стійкими до експлуатаційних навантажень. Залізобетонні або дерев'яні опори можуть бути лише малої або середньої висоти.

Вага опор розраховується в процесі проектування і залежить від напруги, обраного матеріалу і типу опори ЛЕП (проміжна, анкерна, кутова, кінцева, відгалуження, перехідна, перехресна або інша). Високовольтні лінії є більш масивними і важкими конструкціями. Тип опори визначає конструктивні особливості та матеріаломісткість конструкції, що безпосередньо впливає на її вагу. [4]

Різні типи опор розраховані на те, щоб витримувати натяг проводів і кабелів, вагу арматури, ізоляторів та іншого обладнання, а також вітрові навантаження. Наприклад, анкерні опори ліній електропередач піддаються більшим

навантаженням і тому мають посилену, важчу конструкцію. Кінцеві опори навантажуються лише з одного боку, що впливає на їхню конструкцію та вагу.

Залізобетонні конструкції більш масивні і важкі, в той час як металеві конструкції легші, особливо при використанні багатогранних конічних опор, виготовлених з тонкого сталевих листа. Легкість - одна з головних переваг сталевих опор. Антикоровізне покриття методом гарячого цинкування збільшує вагу на кілька відсотків. Тому при визначенні правильної ваги опори лінії електропередач необхідно враховувати багато факторів.

Точна вага, висота і відстань між опорами розраховуються в процесі проектування, але попередні розрахунки також можуть бути зроблені на етапі консультації та технічної специфікації.

1.3. Аналіз втрат електричної енергії в розподільних мережах

Аналіз втрат електроенергії-це процес оцінки характеру втрат електроенергії, виявлення причин їх надмірності, визначення областей збільшення втрат і виявлення недобросовісних споживачів. Фактичні (декомунізовані) втрати електроенергії - це різниця між випромінюваною та споживаною електроенергією, яка визначається системою вимірювання електроенергії. Технічні втрати електроенергії-це сума технічних втрат при передачі і втрат при продажу електроенергії. Технічні втрати-це втрати електроенергії в результаті фізичних операцій провідників і електрообладнання під час передачі по мережі. Вони визначаються розрахунками. Комерційні збитки-це збитки, спричинені крадіжкою електроенергії, невідповідністю показань лічильників при оплаті рахунків за електроенергію та іншими причинами в галузі управління споживанням енергії. Загальні втрати потужності - це декомунізація між кількістю електроенергії, що подається в мережу від інших мереж або виробників електроенергії, та кількістю енергії, яку споживає приймальне обладнання, підключене до мережі та передане іншим мережевим організаціям. Умовно фіксований збиток-це збиток, величина якого не залежить

від параметрів режиму роботи мережі або є слабким. Втрата потужності навантаження-це втрата електрообладнання, ліній електропередачі та інших мережевих елементів, яка залежить від величини навантаження. Споживана потужність для допоміжних потреб підстанції, споживана потужність, необхідна для забезпечення роботи технічного обладнання, і обслуговуючий персонал підстанції є найбільш важливими видами діяльності. Якість електроенергії полягає в тому, що електричні параметри відповідають затвердженим значенням.

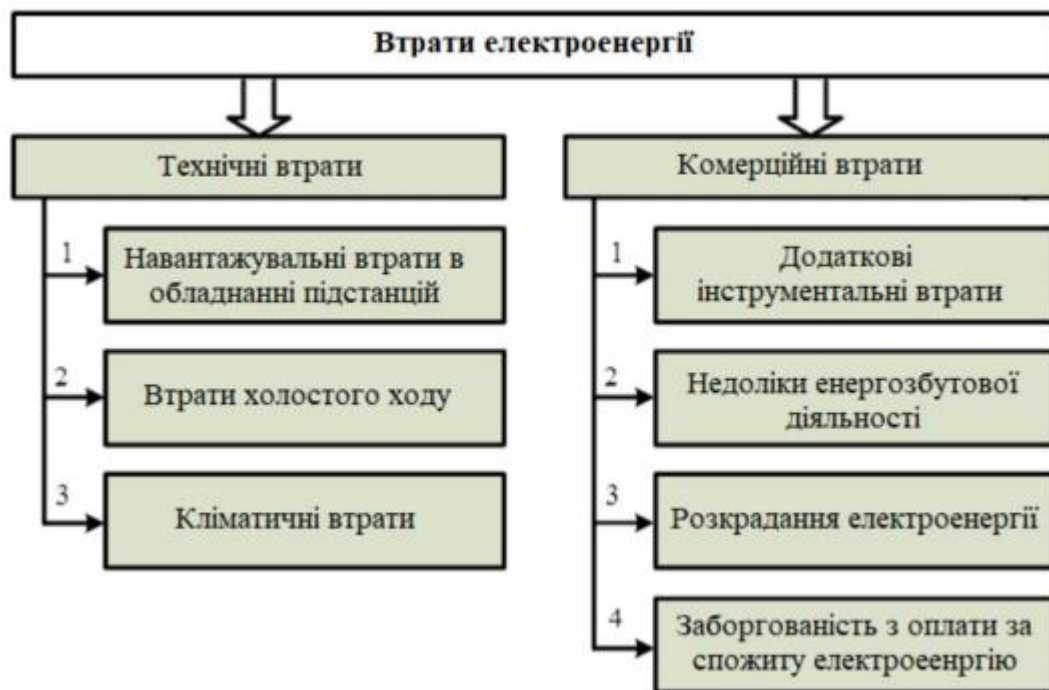


Рисунок 1.4. – Структура втрат електричної енергії.

Втрати через розбіжності між датами зняття показань лічильників і розрахунковими періодами. Такі втрати спричинені нестачею персоналу в наглядових органах і програмах AMR, внаслідок чого більшість споживачів не мають показань лічильників. Втрати, пов'язані з недоцільною діяльністю енергозбуту, - це втрати під час виставлення рахунків, втрати через невідповідність дат зняття показань лічильників і розрахункових періодів, а також втрати під час розрахунку спожитої абонентами електроенергії на підставі договорів без показань лічильників.

Втрати при виставленні комерційних рахунків за електроенергію:

- Витрати на стягнення заборгованості, виявлення та ліквідацію розкрадань електроенергії;

- Судові витрати;

- Транспортні витрати;

- Втрати при виставленні рахунків за спожиту електроенергію;

- Затримка платежів;

- Неоплачені та часткові платежі;

- Втрати через обмеження на використання електроенергії;

- Неплатежі через обмеження у використанні електроенергії;

- Розкрадання електроенергії;

- Несанкціоноване підключення до мережі;

- Шахрайство з приладами обліку;

- Втрати через порушення якості електроенергії;

- Законна відмова від оплати або зниження оплати за неякісну електроенергію.

Витрати на ремонт електроустановок, виявлення та усунення причин порушень якості електроенергії, що виникають на початку або наприкінці розрахункового періоду, і зняття показань приладів обліку несуть самі споживачі. В обох випадках строк корисного використання електроенергії скорочується, що призводить до збільшення комерційних втрат. Зокрема, зняття показань лічильників споживачами дає їм змогу занижувати обсяги споживання та відкладати оплату.

Втрати через порушення якості електроенергії. Такі втрати можуть бути викликані ремонтом електрообладнання або заходами з виявлення та усунення причин порушення якості електроенергії. У результаті споживач може на законних підставах відмовитися від оплати всієї суми рахунку за неякісну електроенергію.

Втрати через бездоговірне споживання електроенергії. У таких споживачів відсутні системи обліку електроенергії, що впливає на коректність визначення корисного відпуску і, відповідно, на величину комерційних втрат.

Втрати через обмеження споживання електроенергії. Ці втрати спричинені діями осіб, відповідальних за обмеження споживання електроенергії, оскільки це може призвести до втрати стабільності мережі.

Втрати через претензії щодо оплати споживання електроенергії. Ці втрати спричинені нездатністю споживачів одноразово оплатити спожиту електроенергію. Як правило, платежі затримуються до фактичного споживання електроенергії, що призводить до помилок у визначенні фактичного корисного споживання електроенергії побутовими споживачами та в розрахунку фактичних небалансів електроенергії. Терміни платежів варіюються від одного до трьох місяців. При цьому сільські споживачі зазвичай оплачують рахунки за електроенергію кожні два-чотири місяці, а рівень платежів залежить від сезону, що означає, що фактичне електропостачання неможливо визначити на щомісячній основі і можна лише приблизно спрогнозувати.

В очікуванні підвищення цін люди завищують показання своїх лічильників і мають намір платити менше за ще не спожиту електроенергію. У результаті в наступні кілька місяців відбувається значне зниження платежів і збільшення комерційних втрат.

Другий елемент комерційних втрат можна пояснити:

- Неможливістю контрагента оплатити спожиту електроенергію;
- Помилками персоналу (втрата платіжних документів);
- Судовими рішеннями, пов'язаними з відсутністю доходів у споживачів.

Втрати через крадіжки електроенергії Крадіжки - найбільша складова комерційних втрат. Статистика показує, що такі втрати здебільшого пов'язані з розкраданнями з боку споживачів у приватному секторі, менша частка припадає на промислові та торговельні підприємства. Найбільша частка крадіжок припадає на холодну пору року, з жовтня по квітень.

Крадіжки електроенергії окремими споживачами оплачуються мережевими організаціями і можуть бути розділені на:

- а) бездоговірне споживання електроенергії - самовільне підключення споживачів до мережі без договору;

б) бездоговірне споживання електроенергії - споживач не встановив лічильник;

в) підключення споживача до мережі в порушення договірних зобов'язань.

Такі випадки трапляються, коли лічильник зламаний, не збережена зовнішня пломба, споживач своєчасно не інформує компанію про поломку лічильника або інші дії спотворюють вимірювану величину.

Втрати при виставленні рахунків. Такі втрати спричинені неточними даними, неврахованим споживанням електроенергії, відсутністю контролю за спеціальними нарахуваннями та коригуванням рахунків споживачам.

Втрати електроенергії в передавальній мережі визначаються з метою їх зниження. Процес зниження втрат - це оптимізація режимів передавальної мережі. Втрати оптимізуються на етапі експлуатації та проектування передавальної мережі. На основі аналізу сумарних втрат електроенергії в розподільчій мережі Виноградівського РЕМ за п'ятирічний період було виявлено три фідери з високими втратами, і для подальшого зниження втрат було вжито таких заходів:

- Передача приладів обліку в оперативне управління індивідуальним побутовим споживачам електроенергії;
- Встановлення автоматичної інформаційно-вимірювальної системи для комерційного обліку нерозподіленої електроенергії (AMR);
- Заміна голих проводів на самонесучі ізольовані проводи (СІП) 10 кВ.

1.4. Програмно-технічні комплекси формування геоінформаційних баз даних для інвентаризації мереж

Інвентаризація електричних мереж - це процес збирання, перевірки, реєстрації та документування даних щодо стану, структури, розташування та технічних характеристик елементів електричних мереж (ліній електропередачі, підстанцій, стовпів, розподільчих пристроїв тощо). Цей процес важливий для

забезпечення надійної роботи, модернізації та технічного обслуговування енергосистеми. Цілі інвентаризації:

- Облік активів - визначення точної конфігурації та місця розташування всіх елементів мережі;

- Оцінка стану - перевірка технічного стану обладнання та визначення необхідності ремонту та модернізації;

- Оптимізація управління - поліпшення управління електричною мережею за рахунок точних даних про її стан;

- Безпека та ефективність - підвищення безпеки та енергоефективності роботи мережі.

Ця процедура також може бути використана для підготовки до модернізації, розширення та приватизації мережі.

Географічні інформаційні системи вимагають постійного оновлення даних про мережу. Інвентаризація забезпечує систему ГІС актуальною інформацією для візуалізації та аналізу.

Таким чином, інвентаризація мереж має вирішальне значення для ефективного управління, обслуговування, безпеки та розвитку інженерних інфраструктур.

Геоінформаційна система - це сучасна комп'ютерна технологія, що дає змогу об'єднувати модельні зображення території (діаграми, карти, електронне представлення аерокосмічних знімків земної поверхні) з експрес-звітами (статистичні дані, економічні показники, списки). Під цією системою також розуміється система управління просторовими даними та пов'язаними з ними атрибутами. Якщо розглядати це визначення більш конкретно, то це комп'ютерна система, що забезпечує можливість використання, редагування, зберігання, відображення та аналізу географічних даних.

Програмний продукт дає змогу створювати карти з необмеженою кількістю шарів, використовуючи різні методи картографічної проекції. Карти можуть використовуватися для різних цілей і редагуватися в різних форматах. З вищевикладеного випливає, що, як і належить у подібних програмах, карти

можуть бути створені у векторному або растровому форматі, причому векторні дані зберігаються у вигляді ліній, точок або полігонів. У цьому програмному забезпеченні виконується геоприв'язка зображень, а також підтримуються різні типи растрових зображень.

База даних itt GIS для інвентаризації електричних мереж. Використання бази даних itt GIS (Geographic Information System) для інвентаризації електричних мереж є важливим і ефективним рішенням з кількох важливих причин

Точність і візуалізація даних. Бази даних ГІС дають змогу зберігати, аналізувати та візуалізувати просторові дані, що вкрай важливо для управління мережею електропередачі. Це дає змогу визначити точне місце розташування кожного елемента мережі (лінії електропередачі, підстанції тощо), що полегшує планування і технічне обслуговування.

Централізація і доступ до інформації База даних ГІС дає змогу централізувати всі дані щодо електромереж в одній системі, що полегшує доступ до інформації для різних відділів і організацій. Це значно скорочує час, необхідний для пошуку інформації для прийняття рішень.

Оновлення даних і динамічність; ГІС дає змогу в режимі реального часу оновлювати інформацію про зміни в мережі, такі як нові лінії електропередачі, ремонти та аварії. Це дає змогу підтримувати актуальні дані та швидко реагувати на будь-які зміни.

Аналіз та оптимізація. ГІС може виконувати складні аналізи, такі як:

- Оцінка ризиків (наприклад, уразливість мережі до погодних умов і стихійних лих).
- Аналіз енергоефективності (виявлення вузьких місць, де втрачається енергія).
- Оптимізація маршрутів для технічного обслуговування або модернізації.

Підтримка інтеграції з іншими системами. База даних itt GIS може бути інтегрована з іншими інформаційними системами, як-от SCADA (диспетчерський контроль і збір даних), для забезпечення повнішого огляду

мережі та поліпшення управління нею. Планування і моделювання. ГІС-системи використовуються для планування розвитку електромереж. Це включає моделювання нових ліній електропередачі, аналіз потенційного впливу на навколишнє середовище та оцінку необхідності розширення інфраструктури.

Забезпечення безпеки завдяки точним картографічним даним можна забезпечити безпечною експлуатацією мережі, швидко і точно реагувати на аварійні ситуації та планувати ремонт і технічне обслуговування в небезпечних зонах.

Використання бази даних ітт GIS для інвентаризації електромереж має вирішальне значення для підвищення ефективності, безпеки та надійності інфраструктури.

Висновки до розділу 1

Український енергетичний сектор є ключовим сегментом економіки, що значною мірою залежить від атомної, теплової та відновлюваної енергетики. Попри значні втрати та виклики, спричинені війною, країна активно працює над відновленням і модернізацією своєї електричної інфраструктури. Мережі 10 кВ є важливою складовою сучасної електроенергетичної системи, забезпечуючи ефективну передачу та споживання електроенергії.

Аналіз втрат електроенергії дозволяє виявити технічні та комерційні втрати, а також причини їх виникнення. Оптимізація режимів роботи мережі сприяє підвищенню її енергоефективності. Для цього можна використовувати геоінформаційні системи (ГІС), які відіграють важливу роль в інвентаризації електричних мереж, забезпечуючи точне збирання та візуалізацію даних про їх стан і розташування. Використання ГІС дозволяє централізувати дані, оперативно їх оновлювати та проводити аналіз, що підвищує ефективність управління і технічного обслуговування мереж. Це сприяє підвищенню безпеки та надійності електричних мереж, а також оптимізації їхнього розвитку.

РОЗДІЛ 2

ІНВЕНТАРИЗАЦІЯ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ НА ОСНОВІ ГЕОІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

2.1. Структура та функціонал бази даних для інвентаризацій електричних мереж

База даних створена для зручного доступу, управління та оновлення інформації. Вона зазвичай містить сукупності записів або файлів, що охоплюють різні аспекти, такі як транзакції з продажу, дані про клієнтів, фінансові показники та інформацію про продукти.

Бази даних призначені для зберігання, підтримки та доступу до великої кількості даних. Вони збирають інформацію про людей, місця чи об'єкти, організовуючи її в одному місці для легшого аналізу та спостереження. Можна уявити бази даних як структуроване зібрання даних. Завдяки базам даних організації можуть ефективно зберігати великі обсяги інформації, забезпечуючи швидкий доступ, управління, зміни, оновлення, організацію та вилучення даних.

Компанія ПрАТ ДТЕК Київські регіональні мережі не є виключенням, та для інвентаризацій електричних мереж компанія мережі використовує таку базу даних, як Itt GIS.

Itt GIS є геоінформаційною системою електромереж яка призначена для інформаційного забезпечення експлуатаційних та управлінських процесів та надає такі можливості:

- організацію введення, пошуку та підготовки просторових, графічних і паспортних даних по об'єктам та обладнанню високовольтних і розподільчих електромереж, надання цієї інформації в виробничі служби та відділи з метою якісного підвищення рівня технічної експлуатації об'єктів, а також прискорення процесів прийняття управлінських і інженерно-експлуатаційних рішень;

- оперативну актуалізацію просторових даних, графічних схем, паспортно-технічної інформації;

- вдосконалення процедур проведення діагностичних робіт шляхом надання інструментів аналітичних розрахунків, графічних побудов та просторового аналізу;

- організацію контролю за цілісністю та топологічною коректністю просторового опису електромереж та забезпечення цією інформацією зовнішніх систем;

- надання широкого регламентованого доступу користувачів ГІС до виробничої інформації, що збирається чи оброблюється в спеціалізованих зовнішніх інформаційних системах (Billing, ERP, АСТУ, АСКОВ; Wialon).

Основними можливостями Itt GIS є використання модулів програми, до модулів, що забезпечують експлуатаційні та управлінські процеси, відносяться:

Модуль «Паспорт» - призначений для формування та управління переліком і деталізованими паспортно-технічними даними про об'єкти електромереж з динамічним формуванням «дерева об'єктів», табличних форм з інструментами сортування та фільтрації, управління пов'язаними мультимедійними даними.

Модуль «Експерт» - призначений для динамічної інтерактивної організації багатокритеріальних запитів до бази даних системи по паспортно-технічній, просторовій та експлуатаційній інформації про об'єкти електромереж, з виводом результатів в таблицю, на карту. [7]

Модуль «Звіт» - призначений для формування вертикальної звітності по затвердженим формам;

Модуль «Карта» - призначений для динамічного та інтерактивного управління відображенням регламентованих просторових картографічних даних електромереж та їх об'єктів, отримання регламентованої інформації про основні технічні характеристики об'єктів.

Модуль «Технологічна графіка» - призначений для динамічного та інтерактивного управління схемами та графічними побудовами, пов'язаними з електромережами та їх об'єктами.

Модуль «Однолінійні діаграми» - призначений для динамічного та інтерактивного управління візуалізацією поздовжнього та поперечного профілю електролінії, відображення сукупності характеристик електролінії у вигляді спеціалізованих діаграм.

Для початку роботи необхідно перейти за посиланням, яке актуально на даний момент для системи, та ввести логін та пароль, які закріплені за кожним користувачем.

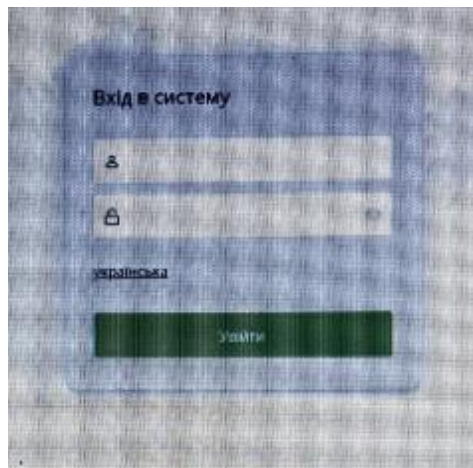


Рис. 2.1. Екранна форма входу в Itt GIS

Форма аутентифікації заповнюється один раз (на час дії сесії) при первинному вході користувача, при наступних - завантажується стартове вікно системи. Після входу в систему виконується завантаження стартового вікна Itt GIS.

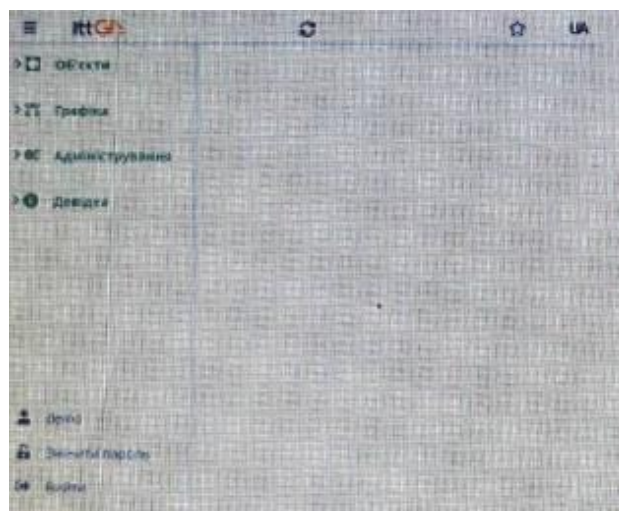


Рис. 2.2. Головна екранна форма Itt GIS.

У верхній частині і з лівого боку ГІС розташована головна панель, яка також присутня у всіх модулях системи.

Ліва частина панелі містить кнопку меню з переліком функціональних підсистем

(Рис. 2.1), та кнопку ≡, натискаючи яку можна розгортати/згорнути перелік підсистем.

Меню містить наступні області:

- перелік модулів ГІС - відображає існуючі функціональні модулі, а також довідкові матеріали системи;

- блок даних про користувача - відображає логін працюючого з системою користувача, дає можливість змінити пароль або змінити користувача, вийшовши з поточної сесії. [8]

Для переходу до конкретних функціональних модулів необхідно перейти до відповідної підсистеми з меню головної панелі та за допомогою випадаючого переліку (Рис. 3) Вибрати необхідний розділ ГІС.

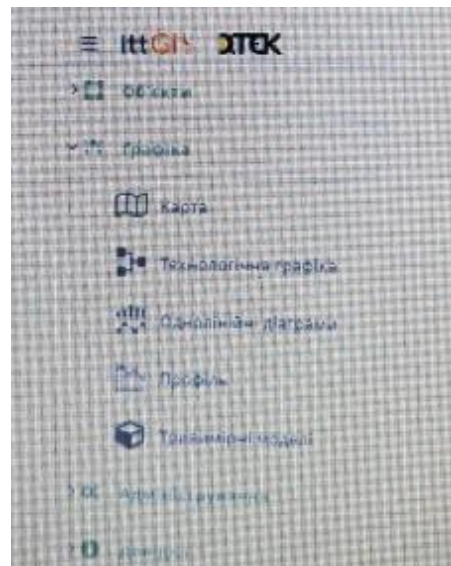


Рис. 2.3. Головна екранна форма Itt GIS, перехід до функціональних модулів

Обраний функціональний модуль відкривається у новій вкладці або новому вікні в залежності від налаштувань браузера користувача. Верхня панель містить меню контексту навігації та управління закладками на елементи системи.

Контекст навігації використовується для фільтрації даних по вказаному протяжному об'єкту.

КН може бути локальним (це тільки в межах поточної вкладки з модулем), або глобальним (діє на всі модулі, які "слухають" зміну контексту).

Можливо відкрити кілька екземплярів одного модуля і в кожному задати свій локальний КН. Зміна локального КН в одній з вкладок ніяк не впливає на КН в інших вкладках. За замовчуванням при відкритті вкладки КН не заданий.

Для того, щоб вкладка стала "слухати" і транслювати зміни глобального КН використовується кнопка Синхронізувати. Включення синхронізації діє тільки на поточний екземпляр модуля. (Якщо відкрито два модуля ОД, то синхронізується тільки той, в якому включили). За замовчуванням при відкритті вкладки КН не заданий. [9]

Для того, щоб дія КН стала глобальною, слід натиснути кнопку «Синхронізувати».

Закладки використовуються для полегшення доступу до часто використовуваних сторінок системи. У закладці зберігається посилання, яке однозначно відповідає елементу системи (паспорт об'єкта, перелік об'єктів обраного типу, набір діаграм, журнал і т.д.).

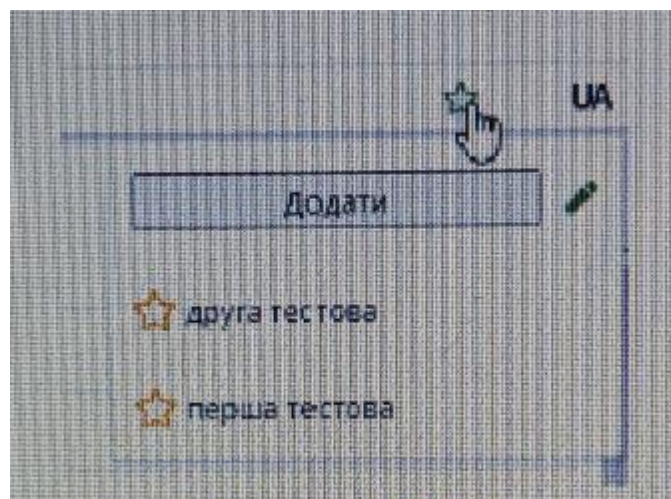



Рис. 2.4. Меню закладок системи

Для переходу по закладці по ній потрібно один раз клікнути мишкою - у новому вікні відкриється посилання на елемент системи, що відповідає закладці.

Для додавання поточного модуля та його стану до закладок потрібно натиснути кнопку , у меню, що з'явилося, натиснути кнопку «Додати» і задати бажану назву закладки. Після цього потрібно натиснути кнопку - «Застосувати».

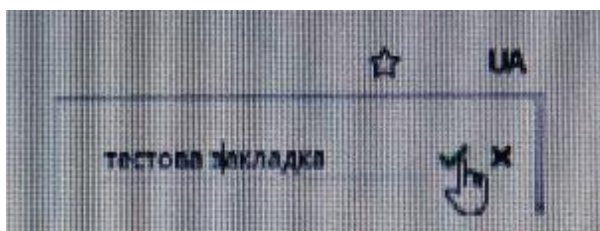


Рис. 2.5. Створення нової закладки

Після додавання закладка доступна і в меню Закладок, і в меню модулів. В меню модулів для кожного модуля відображаються тільки закладки, пов'язані з конкретним модулем.

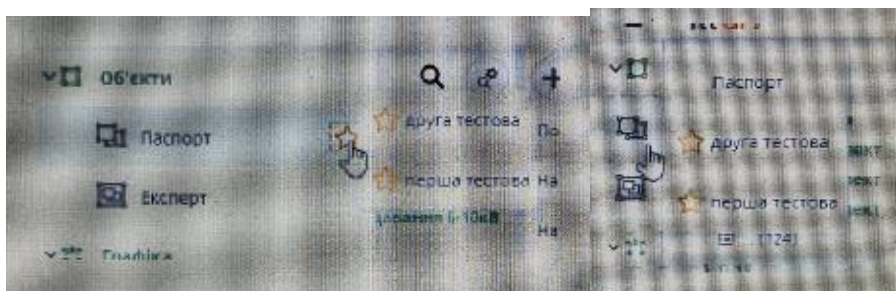


Рис. 2.6. Закладки для обраного модуля

Для видалення закладок слід скористатися кнопкою «Редагувати» у меню закладок, і натиснути на «Видалити» навпроти потрібної закладки.

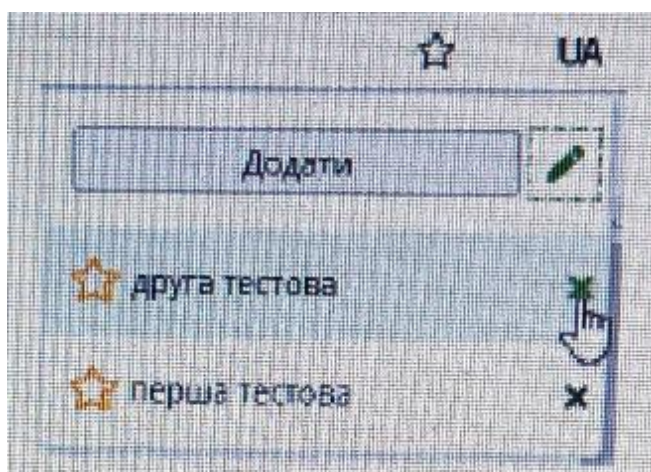


Рис. 2.7. Видалення закладок

Модуль «Паспорт» реалізує механізм управління всією експлуатаційної та технічною інформацією, яка характеризує і ідентифікує технологічні об'єкти в БД ГІС ОСР.

Функціональний модуль «Паспорт» викликається переходом за посиланням з Головного меню «Об'єкт» → «Паспорт» (Рис. 2.8).

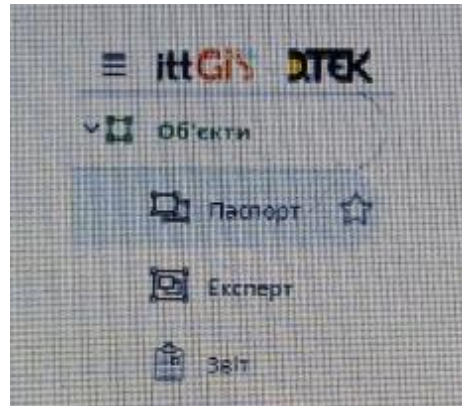


Рис. 2.8. Головне меню ГІС ОСР, запуск модуля «Паспорт»

Після запуску модуля відкривається екранна форма роботи з паспортами технологічних об'єктів.

Ліворуч на формі відображається перелік об'єктів у вигляді ієрархічного дерева, що динамічно формується (Рис. 9) та відповідає узгодженій структурі Класифікатора технічних даних об'єктів електромереж ГІС ОСР зі структурними взаємозв'язками. Назви типів об'єктів виділяються зеленим шрифтом, назви екземплярів (конкретних об'єктів) - чорним.

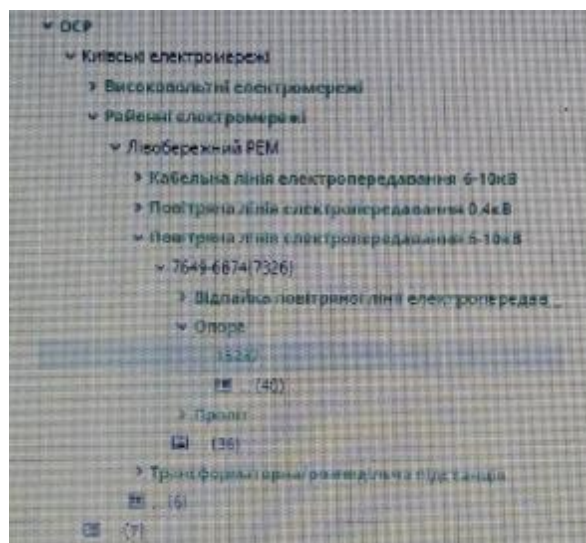


Рис. 2.9. Фрагмент дерева об'єктів ГІС ОСР

Розташовані в дереві об'єкти розкриваються гілками від батьківського об'єкта до дочірніх і від типових об'єктів до екземплярів. Перехід до нижчих по рівню об'єктів і до їх екземплярів здійснюється інструментом переходу і навігації по дереву об'єктів. [9]

При виборі в дереві типового об'єкта (Рис. 2.10) - в правій частині вікна з'являється перелік всіх заведених в системі паспортів технологічних об'єктів з даної батьківської гілки (під обраним технологічним вузлом). При виборі в дереві екземпляру в правій частині вікна відкриється паспортна форма даного об'єкта з набором інструментів роботи з паспортом.



Рис. 2.10. Перехід по дереву та відображення переліку паспортів технологічних об'єктів

Під деревом розташовані кнопки-перемикачі представлення інформації у дереві об'єктів (Рис. 11), які дозволяють переглядати тільки заведені в системі об'єкти і повне дерево з усіма можливими зв'язками об'єктів.

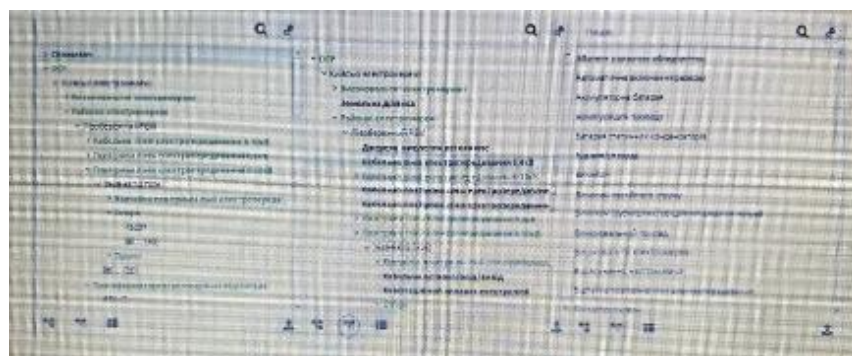


Рис. 2.11. Дерево об'єктів. Режими «Дерево об'єктів», «Всі об'єкти»

Також існує режим перегляду «Список», який містить аналогічний перелік типових технологічних об'єктів, але групується по одному типу об'єктів, при переході до якого буде відображено список всіх об'єктів даного типу в системі (а не тільки батьківського об'єкта, як при виборі з дерева об'єктів).

Для зручності перегляду і роботи з даними технологічних об'єктів в табличній формі є можливість управління відображенням таблиць - регулювати ширину стовпців, переміщати стовпці, використовувати сортування і фільтрацію за значеннями в стовпчиках.

Для сортування та фільтрування переліку паспортів за певними критеріями необхідно скористуватися відповідними функціями, які розташовані у правому кутку кожного стовбця з назвою атрибуту об'єкта. У діалоговому вікні, що відкривається, слід вказати спосіб сортування (за зростанням/зменшенням) та/або умови для фільтрування (рис. 2.12).



Рис. 2.12. Вікно завдання умов для сортування та фільтрації переліку паспортів

Ідентифікатор	Тип об'єкта	Тип сталевої	Матеріал та форма сталевої	Вартість
1000	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1001	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1002	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1003	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1004	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1005	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1006	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1007	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1008	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1009	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1010	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1011	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1012	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1013	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1014	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1015	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1016	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1017	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1018	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1019	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	
1020	1.4 Проекція	1.4 Сортувальна прокатка	Залізна швелера	

Рис. 2.13. Приклад використання фільтру для відображення переліку паспортів

У результаті відобразиться вікно з відфільтрованими об'єктами (у даному випадку об'єкти типу «Опора», у яких значення для Типу опори містить «про» та непорожнє).

Для керування відображення стовпців спискової форми необхідно використати спеціальну функцію «Показати/Сховати стовпчики таблиці» розташовану у правому верхньому кутку екранної форми та вибрати необхідні параметри (рис. 2.14).

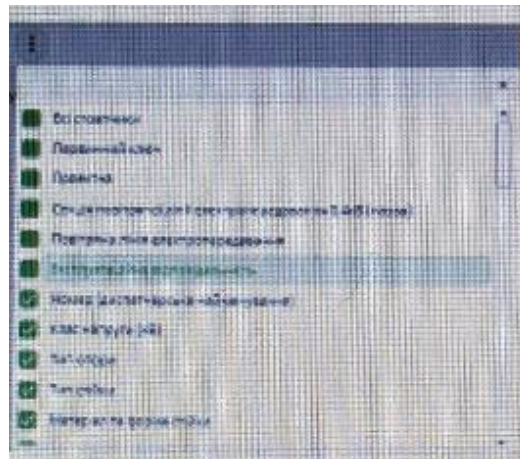


Рис. 2.14. Вибір стовпоців для відображення

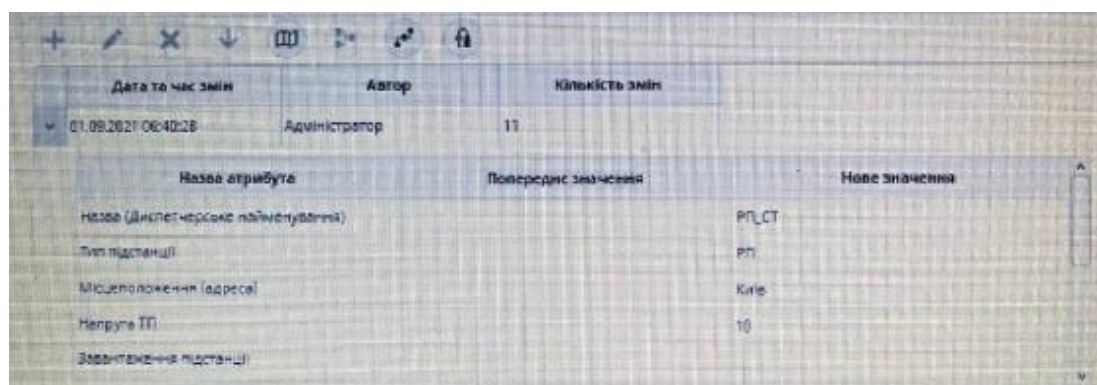
Для експорту відсортованого та відфільтрованого переліку паспортів слід скористуватися функцією «Експорт в Excel». За допомогою механізму експорту модуль виконує конвертацію спискової форми паспортів у формат MS Excel.

Паспорт технологічного об'єкта містить закладки «Дані», «Положення», «Файли» та «Історія», в яких розміщена інформація про технічний і структурний опис об'єктів та їх матеріали (рис. 2.15).



Рис. 2.15. Паспорт об'єкта в режимі перегляду

Функція відображення історії змін, яка зберігається у вкладці «Історія», показує всю інформацію про користувачів, час та атрибути, що редагувались, у паспорті для можливості контролю та відстеження змін (рис. 23).



Дата та час змін	Автор	Кількість змін
01.09.2021 08:40:28	Адміністратор	11

Назва атрибута	Попереднє значення	Нове значення
Назва (Дискретне поле іменувальня)		РП_СТ
Тип підстанції		РП
Місцезапис (адреса)		Київ
Напрямок ТП		10
Завантаження підстанції		

Рис. 2.17. Вікно історії змін

Для додавання паспорта нового об'єкту необхідно у дереві об'єктів вибрати вище стоячий у структурній ієрархії об'єкт (батьківський), перейти до необхідного типу об'єкту даної вкладки (усі типи вказані зеленим жирним шрифтом) і вибрати на панелі інструментів функцію «Створити новий паспорт». Після цього відкриється пуста форма нового паспорта з набором атрибутів даного типу об'єкта, вкладок та інструментами навігації та управління паспортом (Рис, 2.18).

Заповнення атрибутів здійснюється шляхом введення строкових значень, числових значень і дат, а також словникових значень, які заповнюються за допомогою вибору з випадючого списку значень.



Рис. 2.18. Створення нового паспорта

Паспортна форма, крім набору стандартних вкладок та інструментів роботи, містить також перелік основних атрибутів для заповнення, обов'язкових атрибутів, що ідентифікують об'єкт і блокуючих збереження паспорта системою при їх відсутності, горизонтальні зв'язки об'єктів (об'єктів одного рівня ієрархії). [8]

Для додавання зв'язків об'єктів одного рівня ієрархії - горизонтальних зв'язків, необхідно перейти в режим редагування паспорта за допомогою функції «Редагувати», та використовуючи кнопки додавання у нижній частині паспорту виконати необхідну дію.

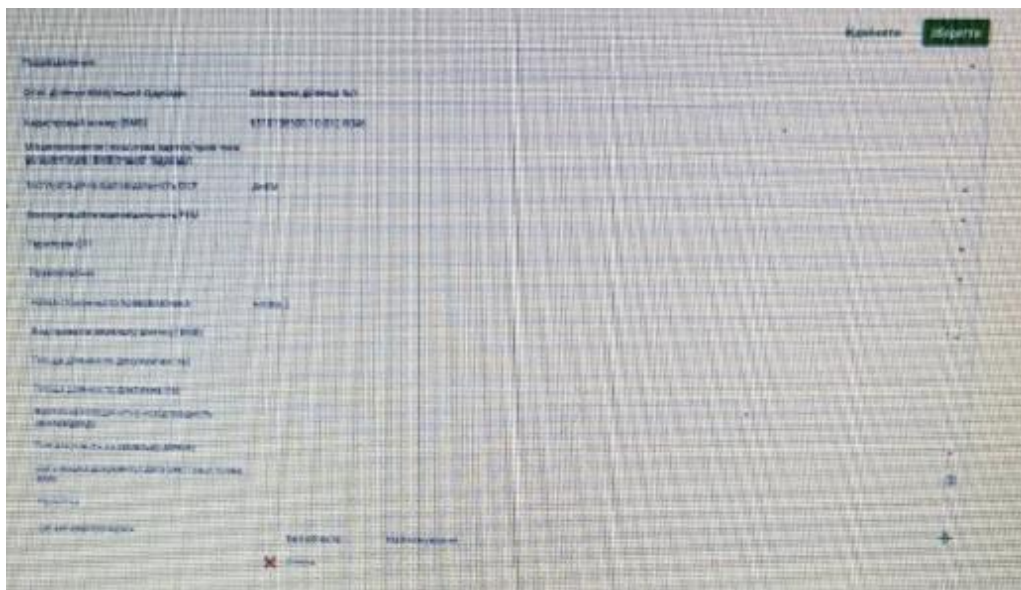


Рис. 2.19. Режим редагування паспорта

Для видалення зв'язку слід вибрати необхідний об'єкт у таблиці пов'язаних об'єктів та натиснути кнопку «Видалити». Після додавання або редагування паспорта технологічного об'єкта необхідно зберегти зміни, використовуючи функцію панелі інструментів «Зберегти» в іншому випадку результати змін збережені не будуть.

Для видалення паспорта об'єкта необхідно вказати в дереві ного місце, вибрав тип об'єкту (зелений шрифт), у списку, що відкриється - підсвітити рядок із завданним об'єктом і натиснути функцію «Видалити» на панелі інструментів. При видаленні паспорт об'єкта видалиться із системи з усіма зв'язками.

2.2. Особливості формування бази даних для електромережевого та підстанційного обладнання

Електромережеве обладнання — це комплект технічних засобів та пристроїв, які використовуються для забезпечення передачі, розподілу та контролю електричної енергії в електричних мережах. Це обладнання є ключовим для забезпечення стабільної та безперебійної роботи електропостачання в житлових, промислових та комерційних об'єктах.



Рис. 2.20. Основні компоненти електромережевого обладнання

Підстанційне обладнання — це компоненти та пристрої, які використовуються в електричних підстанціях для управління, контролю та розподілу електричної енергії. Підстанції є критичними елементами електричних мереж, які забезпечують перетворення електричної енергії з високих напруг на нижчі рівні для подальшого розподілу споживачам, а також забезпечують контроль і захист електричних систем.



Рис. 2.21. Основні компоненти підстанційного обладнання

Електромережеве та підстанційне обладнання відіграє важливу роль у забезпеченні надійного та безпечного функціонування електричної мережі. Воно використовується в різних сегментах електричних систем, від генеруючих станцій до споживачів, і включає широкий спектр пристроїв для контролю, захисту та управління електричними потоками. [10]

Підстанції є важливими ланками в системі постачання електроенергії, забезпечуючи перетворення напруги, контроль та захист електричних систем, а також ефективний розподіл електричної енергії.

Формування бази даних є основним кроком з модифікацій електричних ліній. Цей процес призначений для побудови єдиної бази даних усієї енергетичної системи, ефективного управління та планування електричної мережі. Процес забезпечує збір та систематизацію інформації про всю енергетичну систему, що дозволяє створити актуальну базу даних.

Основні кроки для формування бази даних включають:

- процес планування: Визначити обсяг робіт, терміни та ресурси, запас для створення бази даних;

- перегляд технічної документації: Ознайомитись з наявною технічною документацією, яка включає лінії 10-0,4 кВ, включаючи креслення, схеми, специфікації обладнання тощо. Це допоможе отримати загальне розуміння мережі;

- формування бригад з метою збору даних безпосередньо на лініях, та відзйому фактичного місцезнаходження лінії;

- наповнення бази даних достовірною інформацією фахівцями.

Наповнення інформацією бази даних виконується двома методами: внесення відзнятих даних бригадами ГІС; внесення даних відносно наданої документації, робочих проектів, звітів, та актів виконаних робіт.

Відзйом мереж бригадами ЦЗОМ (центр з огляду мереж) відбувається таким чином, завчасно сформована бригада здійснює виїзд до конкретного об'єкту (підстанція, ЛЕП-10 кВ, ЛЕП-0,4 кВ, ТП і тд) відповідно до розпорядження про

виконання робіт. Використовуючи спеціальні пристрої з супутниковим зв'язком завдяки якому ставиться точка з точними координатами об'єкту, наприклад портативний приймач trimble geo 7x з програмним забезпеченням access trimble.



Рис. 2.22. Портативний приймач trimble geo 7x

Trimble Geo 7X об'єднує в собі функціонал високоточних приладів з універсальністю і зручністю портативних приймачів. Для забезпечення високої точності зйомки Trimble Geo 7X з зовнішньою антеною можна закріпити на геодезичній вісі, підключити до мережі Trimble VRS™, і ви отримаєте сучасний і високопродуктивний мережевий мобільний приймач. Просто зніміть приймач з віхи і переключіться на використання вбудованої антени для виконання зйомки з руки, маючи простий доступ до різних функцій, наприклад, вбудовану камеру.

Бригадами ЦЗОМ також, заповнюється специфікація об'єкту, а саме: вказується номер, назва об'єкту, тип опори, тип стійки, кількість та тип траверси, кількість та тип ізоляторів, переріз та довжина проводу, наявність сумісних підвісів, заземлення, тип ТП. Зберігається інформація одним файлом. Цей файл містить інформацію про лінії, певні відпайки, дані під'єднання споживачів, інформацію про трансформаторну підстанцію. Відзняті файли зберігаються та надсилаються фахівцям на опрацювання та внесення в єдину базу даних.

Другим методом поповнення інформації в базі даних є внесення її відносно наданої документації інженерами районних підрозділів, робочих проектів наданих проектним відділом, звітів, та актів виконаних робіт заповнених головним інженером безпосередньо після виконання задачі по зміні, реконструкції, приєднання, чи побудови нового об'єкту.

Внесення інформації в базу даних виконується за допомогою програмного забезпечення під назвою QGIS. Дана програма безпосередньо з'єднана з базою даних і дозволяє вносити зміни, видаляти, переміщати, міняти конфігурацію, інформацію в об'єктах та додавати нові об'єкти.

QGIS дозволяє створювати карти з необмеженою кількістю шарів, використовуючи різні картографічні проєкції. Карти можуть мати різні цілі і бути збережені в різних форматах. Карти можуть бути векторними або растровими; векторні дані зберігаються у вигляді ліній, точок чи полігонів. Програмне забезпечення підтримує геоприв'язку зображень і різні типи растрових зображень, растрові карти представляють зображення у вигляді сітки пікселів, де кожен піксель має певне значення кольору або інтенсивності. Це може бути звичайне зображення або карта з розміткою, така як супутникові знімки. [3]

Програмний продукт пропонує широкий спектр ГІС-функцій через основні плагіни та інструменти. Він дозволяє переглядати векторні та растрові дані в 2D або 3D в різних форматах і проєкціях без необхідності перетворення у загальний чи внутрішній формат. QGIS також дає можливість створювати карти та інтерактивно досліджувати просторові дані через графічний інтерфейс. Його можна легко адаптувати до особистих специфічних потреб завдяки розширювальній архітектурі плагінів і бібліотек для створення власних плагінів.

2.3. Особливості використання інформаційного забезпечення ГІС технологій для визначення параметрів електричних мереж

Програмне забезпечення ітТ GIS є основною базою даних в компанії ПрАТ ДТЕК Київські регіональні електромережі, в якій зберігається, редагується, обраховується, візуалізується великий об'єм інформації, який використовується майже у кожному департаменті чи відділі. Поява даної бази змусила кардинально переосмислити, оптимізувати та цифровізувати виконання багатьох процесів.

Загалом, ефективність програмного продукту залежить від того, наскільки він відповідає конкретним потребам та вимогам організації, що його використовує.

Визначення параметрів електричних мереж включає наступні основні аспекти:

- Визначення рівня напруги на різних ділянках мережі, від джерела живлення до кінцевих споживачів;
- Вимірювання струму, який протікає через різні елементи мережі;
- Вимірювання опору кабелів, трансформаторів та інших компонентів для розрахунку падіння напруги і втрат потужності;
- Визначення активної, реактивної і повної потужності, яка споживається або передається через мережу;
- Вимірювання ефективності використання електроенергії, визначається як відношення активної потужності до повної потужності;
- Контроль частоти змінного струму, яка повинна залишатися стабільною (зазвичай 50 або 60 Гц);
- Аналіз вищих гармонік струму і напруги, які можуть викликати спотворення в мережі і погіршувати якість електроенергії.

Фахівці, які працюють в області ГІС і геоінформаційних технологій, займаються наступними видами діяльності:

- накопиченням первинних даних;
- проектуванням баз даних;
- проектуванням ГІС;
- плануванням, управлінням геоінформаційних проєктів;
- розробкою і підтримкою ГІС;
- професійною геоінформаційною освітою і навчанням ГІС-технологіям.

Розробка географічної інформаційної системи для ліній компанії в енергетичній сфері має переваги і є незамінною для ефективного управління та планування розподілу електроенергії.

Вона допомагає операторам системи розподілу забезпечувати надійність та безперебійність електропостачання шляхом усунення неполадок та оптимізації роботи електричних мереж.

Основні переваги використання ГІС для ліній компанії включають:

- Візуалізація та аналіз географічних даних ГІС, що насамперед дозволяє відображати географічну інформацію про мережі, підстанційне та мережеве обладнання, ТП, лінії передачі, комутаційне обладнання тощо на карті.

- Керування мережами та їх обслуговування, база даних зберігає детальну інформацію про розташування та технічні характеристики електричних мереж, включаючи лінії, трансформатори, вимикачі тощо. Це дозволяє операторам системи розподілу ефективно планувати обслуговування та попереджати аварійні ситуації.

- Виявлення несправностей та усунення неполадок, ГІС допомагає операторам системи розподілу оперативно виявляти місцезнаходження несправностей, збоїв або перевантажень в електричних мережах. Це дозволяє швидко реагувати на проблеми та координувати бригади для їх усунення, запобігаючи виникненню можливих аварійних ситуацій та час на їх усунення в майбутньому.

Висновки до розділу 2

База даних створена для зручного користування, управління даними та оновлення інформації. Вона пропонує широкий спектр можливостей та функцій через основні модулі та інструменти. ГІС дозволяє переглядати векторні та растрові дані в різних форматах і проєкціях, створювати карти та інтерактивно досліджувати просторові дані через графічний інтерфейс. Через табличний інтерфейс можливо зручно сортувати, редагувати, знаходити та систематизувати різний об'єм даних.

РОЗДІЛ 3

ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ ГІС ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ПРОГРАМ РОЗВИТКУ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ

3.1. Застосування бази даних itt GIS для формування проєктів розвитку електричних мереж

Щоб керувати енергетичною компанією, потрібна детальна інформація про місцезнаходження та стан об'єкта. Для досягнення цієї мети необхідно проводити регулярні перевірки і збирати точні просторові дані про об'єкти. Навіщо вам потрібна інформаційна система для підтримки корпоративних менеджерів у процесі прийняття рішень на всіх етапах корпоративного управління? На сьогоднішній день розробка в області дистанційного зондування і ГІС пропонує ряд інструментів для підтримки процесів прийняття рішень в області управління живленням.

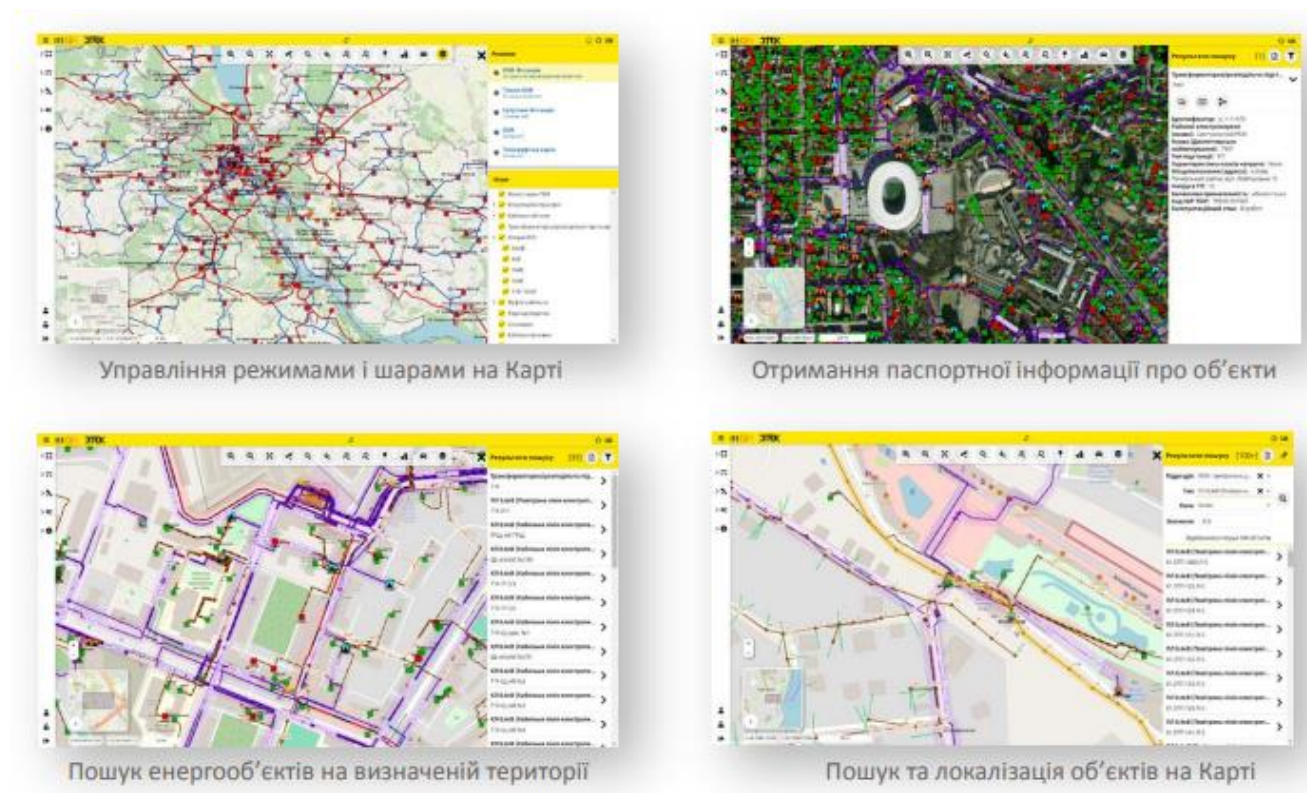


Рис. 3.1. Геоінформаційна система itt GIS

Використання потенціалу ГІС-технологій в енергетичному секторі, в тому числі з урахуванням змін, що відбулися в світовому енергетичному секторі в зв'язку з появою концепції "інтелектуальних мереж", є важливим практичним завданням в контексті модернізації енергетичних систем країни.

У всьому світі ГІС зарекомендували себе як потужний інструмент інтелектуального та бізнес-аналізу енергетичних систем, а компанія ESRI, лідер ринку ГІС-технологій, має великий досвід інтеграції геоінформаційних систем в ІТ-архітектуру енергетичних компаній, розробила спеціальні програмні модулі на основі ГІС для енергетичного сектору;

ГІС можуть використовуватися практично у всіх службах, департаментах та підрозділах енергетичних компаній. Більшість компаній працюють за єдиним алгоритмом (життєвим циклом), який включає такі процеси, як планування, управління активами, проектування нових об'єктів та реконструкція старих, будівництво ліній електропередач.

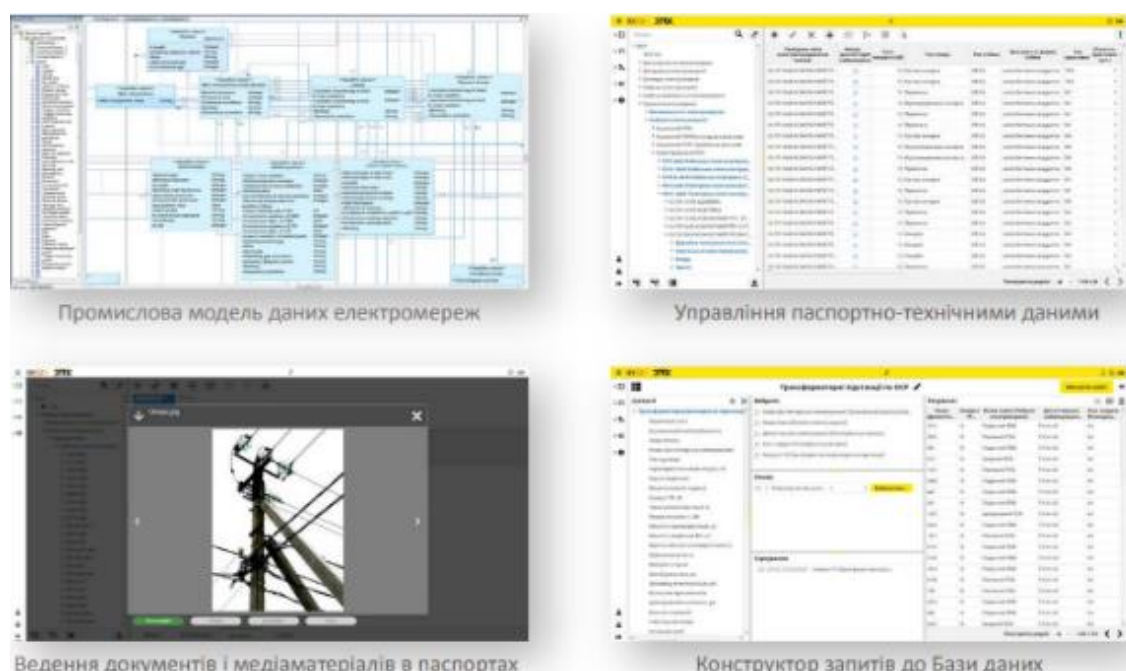


Рис. 3.2. Система технічної паспортизації обладнання

Споживання енергії в регіоні залежить від багатьох природних та соціально-економічних факторів. Прогнозування попиту на енергію на найближчі один, два або десять років є важливим завданням для планових відділів енергетичних компаній.

Традиційно такі прогнози складаються для всієї країни, що суттєво впливає на їх точність. З огляду на останні тенденції у сфері енергоефективності, регіональний аналіз є більш доцільним. Вони дають більш точні результати, але вимагають більше коштів, часу та інформації з різних джерел. Інформація, введена в ГІС, інтерпретується як окремі шари інформації, а потужні алгоритми аналізу, вбудовані в ГІС, дозволяють швидко аналізувати цю інформацію систематично [16].

Результатом є більш точна оцінка споживання електроенергії, яка може бути представлена у вигляді карт і прогнозних графіків ГІС є потужним інструментом для планування розвитку енергосистеми. Інженери-проектувальники енергосистем постійно стикаються з проблемою багатоваріантного аналізу: Завдяки принципу версійності, що застосовується в ГІС, можна одночасно запускати кілька варіантів (версій) розвитку енергосистеми на основі однієї бази даних. Таким чином, можна побачити, як будь-які зміни в поточній версії вплинуть на майбутній стан системи. Можна відслідковувати поточний стан системи відносно запланованого та альтернативних станів, тобто динаміку розвитку системи. Управління активами є головним пріоритетом для енергетичних компаній. Воно передбачає прийняття відповідних рішень щодо ремонту або заміни обладнання, врахування ризиків, пов'язаних з термінами проведення таких ремонтів, та визначення пріоритетності робіт для забезпечення надійної роботи магістральної мережі. Це завдання ще більше ускладнюється географічною розподіленістю обладнання магістральних мереж. Тому ГІС є найбільш ефективним інструментом для моніторингу активів. Окрім візуалізації фізично існуючої мережі, на основі атрибутивної інформації, такої як термін експлуатації розподільчого обладнання та витрати на технічне обслуговування, можна нанести на карту низку кількісних та якісних показників системи. Поєднання даних про термін служби обладнання, витрати на технічне обслуговування та історію надійності забезпечує комплексний набір показників, які можна використовувати для прийняття управлінських рішень [13].

Роль ГІС також зростає в контексті концепції «розумних мереж», яка є

останнім трендом у розвитку енергетики. Термін «інтелектуальна мережа» отримав визнання з середини 2000-х років. Розумна мережа - це мережа, побудована поверх традиційної електромережі з різними з'єднаннями і найсучаснішим обладнанням для реєстрації, моніторингу та управління. Розумна мережа об'єднує мережу, споживачів і виробників в єдину автоматизовану систему, яка може контролювати і контролювати роботу всіх учасників процесу в режимі реального часу, взаємодія між споживачами і постачальниками в активну адаптивну мережу, яка декомунізує перерозподіл навантажень. і інтеграція розподіленої ємності. Реалізація цієї концепції передбачає стократне збільшення потоку інформації і вимагає більш ефективних методів управління цією інформацією. Тільки ГІС може забезпечити комплексне управління збереженими вхідними даними, аналіз у просторовому контексті, моніторинг інфраструктури та стану мережі та взаємодію з іншими ІТ-системами, включаючи автоматизовані системи саморегулювання. Таким чином, без ГІС неможливо повністю інтегрувати інтелектуальну мережу в загальний робочий процес.

3.2. Використання бази даних для технічних приєднань

Відділ технічного приєднання енергетичної компанії є ключовим підрозділом, який організовує та керує процесом приєднання нових споживачів та об'єктів до електричних мереж. Його основним завданням є забезпечення безпечного та ефективного приєднання відповідно до технічних стандартів та вимог.

Компанія приймає заявки від ідентифікованих споживачів (фізичних осіб, компаній та установ) на приєднання до електромережі та розробляє технічні умови для приєднання кожного нового споживача з урахуванням потужності, відстані до мережі та наявності необхідної інфраструктури. Забезпечує відповідність технічних умов стандартам безпеки та регуляторним вимогам.



Рис. 3.3. Типи приєднання що визначають технічні умови

Проводить технічний аналіз, планує проекти приєднання та визначає оптимальний маршрут прокладання проводів і кабелів. Готує технічну документацію та узгоджує проекти з іншими структурними підрозділами компанії та державними органами за необхідності. Здійснює моніторинг навантаження на мережу на нових підключених ділянках, запобігає перевантаженням та забезпечує безперебійну роботу мережі.

Використання географічних інформаційних систем (ГІС) у відділі технічних з'єднань може значно спростити і покращити процеси управління даними та підвищити ефективність роботи. ГІС дозволяє створювати детальні карти наявної інфраструктури: розташування ліній електропередач, трубопроводів, трансформаторних підстанцій, інших об'єктів. Це дає можливість швидко розмістити потрібні об'єкти та аналізувати наявні мережі [21].

Завдяки геопросторовим даним у ГІС можна моделювати оптимальні місця для нових об'єднань до мережі. Система дозволяє виконати топографію, відстань до існуючих комунікацій та інші фактори, що впливають на рішення. ГІС може відображати поточні навантаження на мережу та прогнозувати майбутні потреби на основі розподілу підключень та споживання ресурсів. Це зменшує ризик перенавантаження мережі та покращує планування її розширення. Інтеграція ГІС з іншими системами, такими як CRM або ERP, дозволяє автоматизувати обробку заявок на приєднання, що пришвидшує роботу з клієнтами, а також забезпечує більш точний контроль за виконанням технічних умов. Використання ГІС у

відділах технічних об'єднань сприяє ефективнішій координації дій між усіма відділами та підрядниками. Це забезпечує доступ до актуальної інформації для всіх відвідуваних сторінок, зменшуючи кількість помилок та затримок.

Завдяки ГІС клієнти можуть отримати доступ до інформації про можливості приєднання та існуючу інфраструктуру, що зменшує кількість запитів до відділу та забезпечує прозорість роботи компанії.

Таким чином, ГІС може стати потужним інструментом у відділі технічних об'єднань, підвищуючи точність, швидкість обробки даних і дозволяючи ефективніше використовувати ресурси компанії.

3.3. Застосування itt GIS для розроблення проєктів

В енергетичних компаніях ГІС підприємства досягає свого повного сенсу існування на етапі проектування. Обираючи майбутній маршрут лінії електропередач, інженери можуть оцінювати кілька варіантів одночасно і приймати рішення на основі інформації про землекористування, кліматичні умови, природні та техногенні перешкоди вздовж майбутнього маршруту. Те саме стосується і вибору місця розташування підстанцій. Процес проектування мережі електропередачі включає підготовку проектно-кошторисної документації на основі завдання на проектування. Завдання видається енергетичною компанією, замовником проєкту, і включає, серед іншого, такі документи:

- Картографічні документи;
- Інформацію про існуючі будівлі, підземні споруди та умови навколишнього середовища;
- Плани землекористування поблизу траси лінії електропередачі;
- Топографічні карти населених пунктів у зоні проходження запропонованої лінії електропередач.

Підготовка цих документів значно спрощується завдяки використанню ГІС. Технічне проектування виконує проектний відділ або організація, яка отримує замовлення на проектування. Більшість проектних організацій не використовують ГІС у своїй роботі. Після завершення процесу проектування зміни до проекту доводиться вносити вручну в ГІС. Якщо технічні проекти управляються в ГІС, вони нерозривно пов'язані з існуючою моделлю системи, і всі зміни автоматично враховуються і відображаються. Крім того, сучасні ГІС оснащені потужним графічним редактором, який можна використовувати для створення проектних планів і креслень. Будівництво На етапі будівництва до проекту неминуче вносяться зміни, такі як відхилення опор від запланованого положення, встановлення додаткових проміжних опор тощо. Такі зміни документуються, але вносяться вручну і не завжди повністю. Потім вони передаються в проектну організацію і зберігаються разом з паперовими планами. Якщо проект розроблений в ГІС, такі зміни легко вносити, вони миттєво відображаються, і маршрут лінії електропередач виглядає точно так само, як на місцевості. Мобільні технології дозволяють вносити зміни в проект безпосередньо на місці. Після створення чергового шару зі змінами на польовому обладнанні, зміни переносяться в ГІС компанії. Це забезпечує постійний зв'язок між будівельною бригадою, проектувальниками та іншими працівниками, які мають доступ до корпоративної системи.

3.4. Технічне обслуговування та реконструкція електричних мереж на основі даних itt GIS

Технічне обслуговування та реконструкція електричних мереж з використанням бази даних ГІС (геоінформаційної системи) дозволяє енергетичним компаніям більш точно та ефективно планувати й виконувати обслуговування мереж, орієнтуючись на просторові дані. ГІС інтегрує візуальну, аналітичну та просторову інформацію, що полегшує моніторинг та управління інфраструктурою.

Основні аспекти застосування ГІС в обслуговуванні електричних мереж:

- Облік об'єктів: ГІС візуалізує точне розташування всіх об'єктів мережі, таких як лінії електропередач, підстанції та кабелі;
- Інвентаризація та оновлення: додаток надає актуальну інформацію про фізичний стан обладнання, дату останнього технічного обслуговування, вік обладнання та його технічні характеристики;
- Оновлення оперативних даних: ГІС дозволяє інтегрувати дані з інших систем моніторингу, таких як SCADA, що дозволяє здійснювати моніторинг параметрів мережі в режимі реального часу;
- Аналіз проблемних ділянок: Інформація про частоту виникнення несправностей та відмов може бути використана для визначення найбільш вразливих ділянок, які потребують регулярного технічного обслуговування;
- Планування робіт на основі ГІС дозволяє бригадам технічного обслуговування створювати маршрути та оптимізувати поїздки до об'єктів, що потребують технічного обслуговування;
- ГІС може допомогти зменшити витрати на паливо, час у дорозі та логістику, оптимізуючи маршрути та пріоритети обслуговування з метою економії ресурсів;
- Визначення причини та місця виникнення інцидентів: програмний продукт може використовувати дані про топологію мережі та розташування аварійних точок для швидкого виявлення пошкоджених ділянок;
- Швидке реагування: Використання ГІС прискорює процес відновлення, дозволяючи візуалізувати проблемні ділянки, отримати доступ до документів і розташування резервних маршрутів і обладнання;
- Зберігання історії технічного обслуговування: Програмне забезпечення ГІС може реєструвати всі технічні роботи на кожному об'єкті та зберігати історію технічного обслуговування і реконструкції;
- Автоматичне оновлення бази даних. Після завершення технічного обслуговування інформація оновлюється в системі, щоб дані були актуальними для подальшого планування;

- Аналіз даних для планування реконструкції: За допомогою ГІС можна аналізувати накопичені дані для прийняття рішень щодо модернізації мережі, реконфігурації застарілого обладнання та розширення мережі;
- Оцінка витрат: За допомогою ГІС можна оцінити витрати на технічне обслуговування за різних сценаріїв і сприяти ефективному розподілу ресурсів;
- Система оповіщення: ГІС може автоматично генерувати повідомлення командам технічного обслуговування про заплановані або термінові роботи на конкретному об'єкті;
- Зв'язок з мобільними бригадами: ГІС може бути інтегрована з мобільними пристроями обслуговуючого персоналу, що дозволяє їм швидко отримувати завдання, звітувати про виконання робіт і передавати інформацію в режимі реального часу.

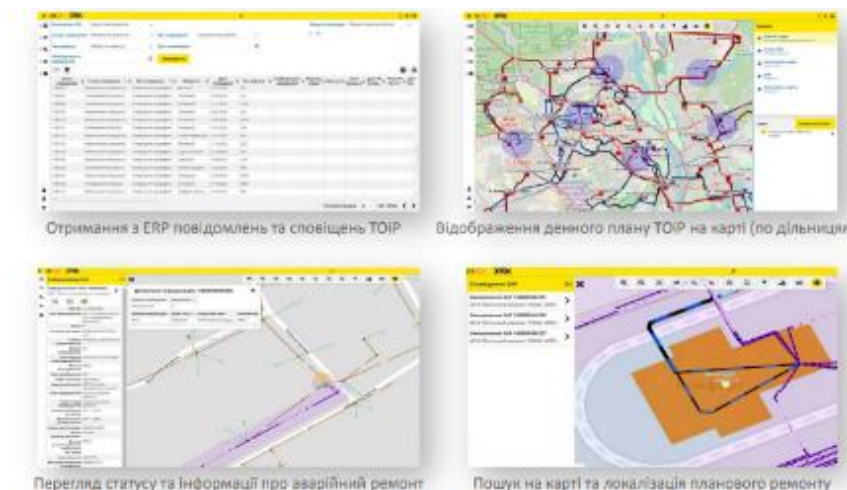


Рис. 3.4. Оперативна підтримка процесів

Застосування баз даних, особливо геоінформаційних систем, у технічному обслуговуванні та реконструкції електричних мереж значно підвищує ефективність цих процесів. ГІС дозволяє енергетичним компаніям здійснювати комплексний моніторинг стану мережі, аналізувати просторові та технічні дані, а також приймати обґрунтовані рішення щодо планування та виконання робіт. Оптимізація маршрутів, підвищення точності прогнозування потреб реконструкції та своєчасне реагування на аварійні ситуації стають можливими завдяки централізованому зберіганню інформації про інфраструктуру та інтеграції різноманітних джерел даних [26].

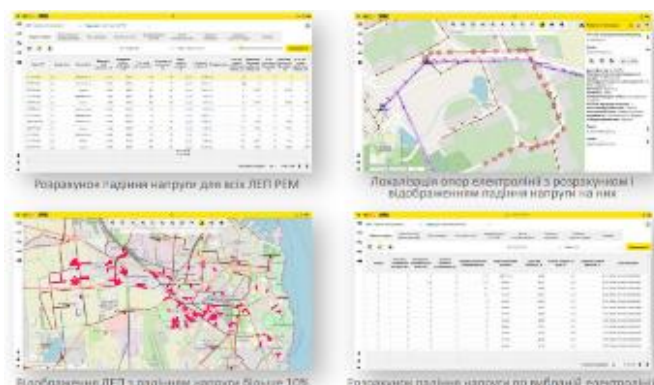


Рис. 3.5. Інформаційно-аналітична система

Використання таких систем забезпечує стабільність, надійність та безпеку електропостачання, а також знижує експлуатаційні витрати й скорочує час простоїв. Це допомагає компаніям не лише ефективно обслуговувати існуючі мережі, але й прогнозувати майбутні потреби, що є критично важливим у сучасних умовах зростаючого попиту на електроенергію та підвищених вимог до її якості.

Висновки до розділу 3

Для ефективного управління енергетичною компанією необхідно мати детальну інформацію про місцезнаходження та стан її об'єктів, що досягається за допомогою регулярних перевірок та збирання точних просторових даних. Геоінформаційні системи стають ключовим інструментом, підтримуючи прийняття рішень на всіх етапах корпоративного управління, підвищуючи ефективність та точність планування, управління активами, проектування та моніторингу мереж. Застосування ГІС у енергетичних компаніях значно спрощує процес проектування, дозволяючи інженерам оцінювати кілька варіантів маршрутів одночасно та враховувати природні та техногенні перешкоди. Використання ГІС підвищує точність та ефективність технічного обслуговування та реконструкції електричних мереж, забезпечуючи централізоване зберігання інформації про інфраструктуру, оптимізацію маршрутів та швидке реагування на аварійні ситуації. Це сприяє надійності та безпеці електропостачання, а також знижує витрати на експлуатацію та простої.

РОЗДІЛ 4

ПРОЄКТНІ РІШЕННЯ МОДЕРНІЗАЦІЇ ЛІНІЇ 10 КВ Л-17 ПС «ЛИТКИ»

4.1. Характеристика об'єкту проєктування

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є розробка проєкту реконструкції мереж ПЛ-10 кВ на Л-17 ПС «ЛИТКИ» Бориспільського району, Київської області.

Таблиця 4.1

Паспорт проєкту

Вид будівництва	Реконструкція
Напруга лінії	10 кВ
Категорія за надійністю електропостачання	II, III
Точка забезпечення потужності	РУ-10 кВ ПС 110/10 кВ «ЛИТКИ»
Місцезнаходження	Л-17 ПС «ЛИТКИ» Бориспільського району, Київської області.
Замовник проєкту	Національний університет біоресурсів і природокористування України
Генеральна будівельна організація	визначається Замовником
Рік будівництва	2024р.
Експлуатаційна організація	визначається Замовником
Дата виконання проєкту	2024р.

Кліматичні умови суттєво впливають на повторюваність явищ ожеледі та вітрових навантажень, що мають важливе значення для проєктування та експлуатації інфраструктури. Низькі температури, висока вологість, сильні вітри та повторювані заморозки створюють умови для утворення ожеледі на поверхнях та підвищення вітрових навантажень на конструкції. Ці фактори можуть значно

збільшити ризик пошкодження інфраструктури, потребуючи додаткових заходів захисту та підвищеної уваги до обслуговування. Розуміння і врахування цих кліматичних умов при плануванні і будівництві дозволяє забезпечити більшу надійність та безпеку систем, знижуючи ризики та витрати на їх обслуговування.

Таблиця 4.2

Кліматичні умови для повторюваності явищ ожеледних і вітрових навантажень

Назва характеристики	Показник, кількість
Кліматичні умови для повторюваності явищ ожеледних і вітрових навантажень 1 раз в 10 років:	
- район по ожеледі	3
- нормативна стінка ожеледі, мм	10
- район по вітру	2
- швидкість вітру при ожеледі, м/с	18
- середньорічна температура, °С	7.2
- максимальна температура, °С	38
- мінімальна температура, °С	-33

4.2. Розрахунок та вибір обладнання КЛ-10 кВ

Сигнальна стрічка повинна бути прокладена на відстані 250 мм в траншеї над кабелем. При прокладанні 1 кабелю в траншеї стрічку слід прокладати уздовж осі кабелю. При більшій кількості кінці стрічки повинні виступати як мінімум на 50 мм за крайній кабель. При укладанні декількох стрічок в траншею сусідні стрічки слід укладати з зазором шириною не менше 50 мм. Для прокладки кабелю на глибину 900 мм глибина траншеї повинна становити 700-850 мм при

прокладанні кабелю в приміщенні і на перетині з підземною спорудою глибина закладення кабелю може бути зменшена до 5 мм

на ділянках до 500 м. Загальна довжина кабелю становить 2%.

Після заповнення траншеї розпізнавальний знак наноситься на повороти маршруту, 12 місць, де монтується сполучна муфта, перетин шляхів сполучення і вхід в приміщення.

Згідно [10], уздовж КЛ була створена зона безпеки, ширина якої дорівнює відстані до надлишкового кабелю плюс 1 метр кожен. В охоронній зоні заборонено проводити земляні та інші комунікації, вивантажувати великі вантажі, проливати кислоту або влаштовувати звалища без згоди власника кабелю. Земляні роботи повинні бути розпочаті в присутності представників відповідної організації.

При прокладанні кабелю безпосередньо в землі необхідно укласти кабель в траншею, засипавши його знизу і зверху неглибоким шаром землі без каменів, сміття і шлаків.

Кабель, прокладений в місцях, де можуть виникнути механічні пошкодження, слід прокласти в трубі.

При підключенні і замиканні силових кабелів слід використовувати конструкцію муфти, відповідну умовам експлуатації і навколишньому середовищу. З'єднання та кінцеві пристрої КЛ повинні виконуватися для захисту кабелю від вологи та інших шкідливих речовин з навколишнього середовища, а також для того, щоб з'єднання та кінцеві пристрої витримували випробувальну напругу відповідно до діючих робочих стандартів кл. Кількість з'єднувальних муфт на 1 км лінії електропередачі нового будівництва має бути наступним::

- 3 3-жильним кабелем 1-10 кВ перетином до 3x95 мм²-4 шт.;
- 3-жильний кабель 1-10 кВ з перетином 3x120-3x240 мм² -5 шт.;
- 20-35 кВ - з 6 3-жильними кабелями;
- 3 одножильним кабелем 6-35 кВ - 2 штуки.

В обмежених умовах кількість з'єднань може бути збільшено при високому ступені насичення зв'язком і наявності достатнього технічного обґрунтування.

Для КЛ з напругою від 110 кВ до 330 кВ кількість з'єднань і захисних муфт визначається відповідно до проекту з урахуванням максимальної конструктивної довжини кабелю, якщо це можливо.

Для кабелів з напругою до 1 кВ змінного і 1,5 кВ постійного струму кількість з'єднань не нормалізовано.

Забороняється використовувати невеликі відрізки кабелю для будівництва КЛ значної довжини (більше 1 км).

При укладанні КЛ На перпендикулярну напрямляючу не слід встановлювати кабельні з'єднання. Якщо на таких ділянках необхідно встановити кабельні з'єднання (за винятком муфт "сухий" конструкції), під ними слід зробити горизонтальну площадку.

Щоб мати можливість повторно підключити муфту в разі її пошкодження, кабель необхідно прокласти по обидва боки муфти за допомогою запасних пружин.

Вибір перерізу кабельної лінії (КЛ) виконується за тривало допустимим струмом.

Умова для вибору кабелю:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{РТС}} \quad (4.1)$$

Розраховані тривалі струми знаходимо за формулою:

$$I_{\text{РТС}} = \frac{P_p}{\sqrt{3} \cdot U_{\text{ном}}} \quad (4.2)$$

де: P_p - взято з таблиці 4.6;

$U_{\text{ном}}$ - напруга мережі.

$$I_{\text{РТС}} = \frac{3389,1}{\sqrt{3} \cdot 10} = 195,67$$

Вибираю кабель марки АПвЭгаПу 20 кВ 1х240/70 у якого тривало

допустимі струмові навантаження становлять 373 А, отже умова виконується.

Вибраний кабель заніс до таблиці 4.9.

4.3. Розрахунок лінії електропередач Л-17 ПС «ЛИТКИ»

Розрахунок лінії електропередач 10 кВ є необхідним для забезпечення ефективної, надійної та безпечної роботи електричних мереж. Він дозволяє визначити оптимальні параметри, такі як тип і переріз проводу, струм навантаження, втрати напруги та механічні навантаження, що забезпечує стабільність і довговічність системи. Точний розрахунок сприяє мінімізації втрат енергії, що підвищує ефективність використання ресурсів і знижує витрати на експлуатацію. Крім того, розрахунок допомагає забезпечити відповідність електричних мереж стандартам і нормативам, що регулюють їх проектування та обслуговування, тим самим підвищуючи безпеку і знижуючи ризик аварій. Завдяки розрахунку можна оптимізувати витрати на встановлення та обслуговування, обираючи найбільш підходящі матеріали та технології, що забезпечують надійність і ефективність мережі в довгостроковій перспективі. Таким чином, розрахунок лінії електропередач 10 кВ є критично важливим етапом проектування, який дозволяє забезпечити стабільне та безперебійне електропостачання споживачам, гарантуючи економічну доцільність та технічну надійність електромережі.

Розрахунок лінії 10 кВ включає в себе:

- знаходження розрахункових навантажень існуючих ТП 10/0,4 кВ;
- підрахунок електричних навантажень на ділянках лінії 10 кВ.
- Вибір перерізу проводів 10кВ

Розрахункові навантаження P_p існуючих підстанцій 10/0,4 кВ на розрахунковий рік знаходимо за формулою:

$$P_p = K_H \cdot P_M, \text{ кВт} \quad (4.2)$$

де K_H – коефіцієнт зростання навантаження, що змінюється залежно від виду споживачів (табл. 2.3); P_M – максимальне існуюче навантаження ТП, кВт:

$$P_M = S_{ТП} \cdot \cos f \text{ кВт}, \quad (4.3)$$

де $S_{ТП}$ – потужність трансформаторної підстанції, кВА; $\cos f$ – коефіцієнт потужності трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ (табл. 2,4).

Таблиця 4.3

Коефіцієнт зростання навантаження

Вид споживачів	На розрахунковий 5 рік
Виробничі	1.4
Змішані	1.4
Комунально-побутові	1.3

Денні та вечірні навантаження існуючих ТП визначаємо множенням розрахункового навантаження на коефіцієнт участі його в денному K_D та вечірньому K_B максимумах, які дорівнюють:

- для виробничих споживачів: $K_D = 1,0$; $K_B = 0,6$;
- для змішаних: $K_D = K_B = 1,0$.
- для комунально-побутових: $K_D = 0,4$; $K_B = 1,0$;

Таблиця 4.4

Коефіцієнт потужності ТП 10/0,4

Вид споживачів	Cos f при максимальному навантаженні	
	денному	вечірньому
Виробничі	0,7	0,75
Змішані	0,9	0,91
Комунально-побутові	0,8	0,84

Таблиця 4.5

Розрахункові навантаження ТП - 10/0,4 кВ

№ ТП	$S_{ТП}$, кВА	P_M , кВт	Вид навантаження	$P_P=K_H \cdot P_M$ кВт	$P_D=K_D \cdot P_P$ кВт	$P_B=K_B \cdot P_P$ кВт
514	250	225	Змішані	315	315	315
37	100	90	Змішані	126	126	126
101	160	144	Змішані	201.6	201.6	201.6
1221	100	90	Змішані	126	126	126
1071	63	56.7	Змішані	79.38	79.38	79.38
882	100	90	Змішані	126	126	126
77	250	225	Змішані	315	315	315
1350	63	56.7	Змішані	79.38	79.38	79.38
552	400	360	Змішані	504	504	504
897	100	90	Змішані	126	126	126
1017	160	144	Змішані	201.6	201.6	201.6
1662	250	225	Змішані	315	315	315
784	160	144	Змішані	201.6	201.6	201.6
1825	63	56.7	Змішані	79.38	79.38	79.38
1730	100	90	Змішані	126	126	126
992	63	56.7	Змішані	79.38	79.38	79.38
217	250	225	Змішані	315	315	315
1471	100	90	Змішані	126	126	126
1172	63	56.7	Змішані	79.38	79.38	79.38
1449	100	90	Змішані	126	126	126
1532	100	90	Змішані	126	126	126
1478	63	56.7	Змішані	79.38	79.38	79.38
590	160	144	Змішані	201.6	201.6	201.6
693	100	90	Змішані	126	126	126
352	250	225	Змішані	315	315	315

Розрахунок електричних навантажень на ділянках лінії 10 кВ починають з кінця лінії, підсумовуючи навантаження ТП по денному і вечірньому максимумам (окремо по добавках) за допомогою таблиць добавок. Розрахунок навантажень на ділянках лінії 10 кВ є важливим етапом проектування, експлуатації та планування електричних систем.

Розрахунок електричних навантажень на ділянках лінії 10 кВ, виконується з метою визначення оптимального режиму роботи ліній електропередачі та забезпечення безперебійного електропостачання споживачів. Основною причиною виконання таких розрахунків є визначення потужності, яка передається через ділянку лінії 10 кВ, що дозволяє оцінити чи забезпечує потужність для виконання потреб споживачів на цій ділянці і не перевантажує лінію [6].

На кожній ділянці лінії знаходять виробниче навантаження $P_{Вир}$, яке включає в себе в денний час навантаження ТП з виробничим і змішаним видами споживачів, у вечірній час – тільки навантаження ТП з виробничим видом та загальне навантаження $P_{ЗАГ}$, яке включає навантаження всіх ТП.

Розрахункові навантаження, денне і вечірнє на ділянках ліній знаходимо за формулою:

$$P = P_B + \Delta P(P_M) \text{ кВт}, \quad (4.4)$$

де P_B – більша потужність; $\Delta P(P_M)$ – добавка від меншої потужності.

Розрахунки навантажень лінії 10 кВ виконано у таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Розрахунок навантаження лінії 10 кВ

Ділянка	Вид навантаження	Навантаження							
		Денне, кВт				Вечірнє, кВт			
		$P_{об}$	$P_{ом}$	$\Delta P(P_{ом})$	$P_{д}$	$P_{вб}$	$P_{вм}$	$\Delta P(P_{вм})$	$P_{в}$
46-44	$P_{вир}$	315	-	-	315	-	-	-	-
	$P_{заг}$	315	-	-	315	315	-	-	315
45-44	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126
44-42	$P_{вир}$	315	126	94.5	409.5	-	-	-	-
	$P_{заг}$	315	126	94.5	409.5	315	126	94.5	409.5
43-42	$P_{вир}$	201.6	-	-	201.6	-	-	-	-
	$P_{заг}$	201.6	-	-	201.6	201.6	-	-	201.6
42-40	$P_{вир}$	409.5	201.6	151.2	560.7	-	-	-	-
	$P_{заг}$	409.5	201.6	151.2	560.7	409.5	201.6	151.2	560.7
41-40	$P_{вир}$	79.38	-	-	79.38	-	-	-	-
	$P_{заг}$	79.38	-	-	79.38	79.38	-	-	79.38
40-37	$P_{вир}$	560.7	79.38	60	620.7	-	-	-	-
	$P_{заг}$	560.7	79.38	60	620.7	560.7	79.38	60	620.7
39-37	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126
38-37	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126

Продовження табл. 4.6

Ділянка	Вид навантаження	Навантаження							
		Денне, кВт				Вечірнє, кВт			
		$P_{об}$	$P_{дм}$	$\Delta P(P_{дм})$	$P_{д}$	$P_{вб}$	$P_{вм}$	$\Delta P(P_{вм})$	$P_{в}$
37-35	$P_{вир}$	620.7	126	94	808.7	-	-	-	-
	$P_{заг}$	620.7	126	94	808.7	620.7	126	94	808.7
36-35	$P_{вир}$	79.38	-	-	79.38	-	-	-	-
	$P_{заг}$	79.38	-	-	79.38	79.38	-	-	79.38
35-33	$P_{вир}$	808.7	79.38	60	868.7	-	-	-	-
	$P_{заг}$	808.7	79.38	60	868.7	808.7	79.38	60	868.7
34-33	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126
33-29	$P_{вир}$	868.7	126	94	962.7	-	-	-	-
	$P_{заг}$	868.7	126	94	962.7	868.7	126	94	962.7
32-30	$P_{вир}$	315	-	-	315	-	-	-	-
	$P_{заг}$	315	-	-	315	315	-	-	315
31-30	$P_{вир}$	79.38	-	-	79.38	-	-	-	-
	$P_{заг}$	79.38	-	-	79.38	79.38	-	-	79.38
30-29	$P_{вир}$	315	79.38	60	375	-	-	-	-
	$P_{заг}$	315	79.38	60	375	315	79.38	60	375
29-23	$P_{вир}$	962.7	375	281.2	1248.9	-	-	-	-
	$P_{заг}$	962.7	375	281.2	1248.9	962.7	375	281.2	1248.9

Продовження табл. 4.6

Ділянка	Вид навантаження	Навантаження							
		Денне, кВт				Вечірнє, кВт			
		$P_{об}$	$P_{ом}$	$\Delta P(P_{ом})$	$P_{д}$	$P_{вб}$	$P_{вм}$	$\Delta P(P_{вм})$	$P_{в}$
28-26	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126
27-26	$P_{вир}$	79.38	-	-	79.38	-	-	-	-
	$P_{заг}$	79.38	-	-	79.38	79.38	-	-	79.38
26-24	$P_{вир}$	126	79.38	60	186	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	79.38	60	186	126	79.38	60	186
25-24	$P_{вир}$	201.6	-	-	201.6	-	-	-	-
	$P_{заг}$	201.6	-	-	201.6	201.6	-	-	201.6
24-23	$P_{вир}$	201.6	186	139.5	341.1	-	-	-	-
	$P_{заг}$	201.6	186	139.5	341.1	201.6	186	139.5	341.1
23-21	$P_{вир}$	1248.9	341.1	255.8	1504.7	-	-	-	-
	$P_{заг}$	1248.9	341.1	255.8	1504.7	1248.9	341.1	255.8	1504.7
22-21	$P_{вир}$	315	-	-	315	-	-	-	-
	$P_{заг}$	315	-	-	315	315	-	-	315
21-18	$P_{вир}$	1504.7	315	236	1740.7	-	-	-	-
	$P_{заг}$	1504.7	315	236	1740.7	1504.7	315	236	1740.7
20-18	$P_{вир}$	201.6	-	-	201.6	-	-	-	-
	$P_{заг}$	201.6	-	-	201.6	201.6	-	-	201.6
19-18	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126

Продовження табл. 4.6

Ділянка	Вид навантаження	Навантаження							
		Денне, кВт				Вечірнє, кВт			
		$P_{об}$	$P_{дм}$	$\Delta P(P_{дм})$	$P_{д}$	$P_{вб}$	$P_{вм}$	$\Delta P(P_{вм})$	$P_{в}$
18-16	$P_{вир}$	1740.7	201.6 126	151.2 94	1985.9	-	-	-	-
	$P_{заг}$	1740.7	201.6 126	151.2 94	1985.9	1740.7	201.6 126	151.2 94	1985.9
17-16	$P_{вир}$	504	-	-	504	-	-	-	-
	$P_{заг}$	504	-	-	504	504	-	-	504
16-14	$P_{вир}$	1985.9	504	378	2363.9	-	-	-	-
	$P_{заг}$	1985.9	504	378	2363.9	1985.9	504	378	2363.9
15-14	$P_{вир}$	79.38	-	-	79.38	-	-	-	-
	$P_{заг}$	79.38	-	-	79.38	79.38	-	-	79.38
14-12	$P_{вир}$	2363.9	79.38	60	2423.9	-	-	-	-
	$P_{заг}$	2363.9	79.38	60	2423.9	2363.9	79.38	60	2423.9
13-12	$P_{вир}$	315	-	-	315	-	-	-	-
	$P_{заг}$	315	-	-	315	315	-	-	315
12-10	$P_{вир}$	2423.9	315	236	2659.9	-	-	-	-
	$P_{заг}$	2423.9	315	236	2659.9	2423.9	315	236	2659.9
11-10	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126
10-8	$P_{вир}$	2659.9	126	94	2753.9	-	-	-	-
	$P_{заг}$	2659.9	126	94	2753.9	2659.9	126	94	2753.9
9-8	$P_{вир}$	79.38	-	-	79.38	-	-	-	-
	$P_{заг}$	79.38	-	-	79.38	79.38	-	-	79.38

Продовження табл. 4.6

Ділянка	Вид навантаження	Навантаження							
		Денне, кВт				Вечірнє, кВт			
		$P_{об}$	$P_{дм}$	$\Delta P(P_{дм})$	$P_{д}$	$P_{вб}$	$P_{вм}$	$\Delta P(P_{вм})$	$P_{в}$
8-6	$P_{вир}$	2753.9	79.38	60	2813.9	-	-	-	-
	$P_{заг}$	2753.9	79.38	60	2813.9	2753.9	79.38	60	2813.9
7-6	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126
6-4	$P_{вир}$	2813.9	126	94	2907.9	-	-	-	-
	$P_{заг}$	2813.9	126	94	2907.9	2813.9	126	94	2907.9
5-4	$P_{вир}$	201.6	-	-	201.6	-	-	-	-
	$P_{заг}$	201.6	-	-	201.6	201.6	-	-	201.6
4-1	$P_{вир}$	2907.9	201.6	151.2	3059.1	-	-	-	-
	$P_{заг}$	2907.9	201.6	151.2	3059.1	2907.9	201.6	151.2	3059.1
3-1	$P_{вир}$	126	-	-	126	-	-	-	-
	$P_{заг}$	126	-	-	126	126	-	-	126
2-1	$P_{вир}$	315	-	-	315	-	-	-	-
	$P_{заг}$	315	-	-	315	315	-	-	315
1-0	$P_{вир}$	3059.1	126 315	94 236	3389.1	-	-	-	-
	$P_{заг}$	3059.1	126 315	94 236	3389.1	3059.1	126 315	94 236	3389.1

Розрахунок та вибір проводів

Переріз проводів лінії 10 кВ вибирають за мінімумом приведених залежно від еквівалентної потужності S_E на ділянці лінії.

Еквівалентна потужність ділянки лінії 10 кВ:

$$S_E = K_D \cdot S_M \text{ кВА}, \quad (4.5)$$

Де S_M – максимальна потужність ділянки лінії (це найбільше з розрахункових навантажень денного S_D чи вечірнього P_B максимумів), кВА;

K_D – коефіцієнт, який враховує динаміку навантаження (для населеного пункту рекомендується $K_D = 0,8$).

Розрахункове денне S_D та вечірнє S_B навантаження знаходять із загального денного P_D та вечірнього P_B навантажень та коефіцієнта потужності.

$$S = \frac{P_{\text{заГ}}}{\cos\varphi} \text{ кВА}, \quad (4.6)$$

Розрахунки по вибору перерізів проводів починають з головної ділянки лінії і одержані дані заносять у таблицю 4.7

Таблиця 4.7

Розрахунки втрат напруги лінії 10 кВ

Ділянка	Денне навантаження			Вечірнє навантаження			S_M, S_E		Провід	Втрата напруги,		
	%											
	$P_{\text{вир}}/P_{\text{з аг}}$	$\cos\varphi$	S_D	$P_{\text{вир}}/P_{\text{за з}}$		S_B	кВА	кВА		ΔU_ϕ	$\Sigma\Delta U_\phi$	
46-44	315	0,8	393.8	315	0,83	379.5	393.8	315	АС-50	0.096	9.754	
45-44	126	0,8	157.5	126	0,83	151.8	157.5	126	АС-50	0.005	9.658	
44-42	409.5	0,8	511.8	409.5	0,83	493.4	511.8	409.5	АС-50	0.063	9.653	
43-42	201.6	0,8	252	201.6	0,83	242.9	252	201.6	АС-50	0.003	9.59	
42-40	560.7	0,8	700.8	560.7	0,83	675.5	700.8	560.7	АС-50	0.057	9.587	
41-40	79.38	0,8	99.23	79.38	0,83	95.64	99.23	79.38	АС-50	0.001	9.53	
40-37	620.7	0,8	775.8	620.7	0,83	747.8	775.8	620.7	АС-50	0.019	9.529	
39-37	126	0,8	157.5	126	0,83	151.8	157.5	126	СПП-3х50	0.007	9.51	
38-37	126	0,8	157.5	126	0,83	151.8	157.5	126	СПП-3х50	0.001	9.503	

Продовження табл. 4.7

Ділянка	Денне навантаження			Вечірнє навантаження			S_m ,	S_e ,	Провід	Втрата напруги,	
	$P_{вир}/P_z$ <i>аз</i>	cos <i>сф</i>	S_d	$P_{вир}/P_{за}$ <i>з</i>		S_e	<i>кВА</i>	<i>кВА</i>		%	
										ΔU_ϕ	$\Sigma \Delta U_\phi$
37-35	808.7	0,8	1010	808.7	0,83	974.3	2310	808.7	АС-50	0.124	9.502
36-35	79.38	0,8	99.23	79.38	0,83	95.64	99.23	79.38	СІП- 3х50	0.001	9.378
35-33	868.7	0,8	1085.8	868.7	0,83	1046.6	1085.8	868.7	АС-50	0.216	9.377
34-33	126	0,8	157.5	126	0,83	151.8	157.5	126	СІП- 3х50	0.001	9.161
33-29	962.7	0,8	1203.4	962.7	0,83	1159.8	1203.4	962.7	АС-50	0.308	9.16
32-30	315	0,8	393.8	315	0,83	379.5	393.8	315	АС-70	0.181	8.852
31-30	79.38	0,8	99.23	79.38	0,83	95.64	99.23	79.38	СІП- 3х50	0.03	8.671
30-29	375	0,8	468.7	375	0,83	451.8	468.7	375	АС-70	0.216	8.641
29-23	1248.9	0,8	1561.1	1248.9	0,83	1504.7	1561.1	1248.9	АС-70	0.18	8.425
28-26	126	0,8	157.5	126	0,83	151.8	157.5	126	СІП- 3х50	0.041	8.245
27-26	79.38	0,8	99.23	79.38	0,83	95.64	99.23	79.38	СІП- 3х50	0.009	8.204
26-24	186	0,8	232.5	186	0,83	224	232.5	186	СІП- 3х50	0.05	8.195
25-24	201.6	0,8	252	201.6	0,83	242.9	252	201.6	АС-50	0.092	8.145
24-23	341.1	0,8	426.4	341.1	0,83	41.9	426.4	341.1	АС-50	0.104	8.053
23-21	1504.7	0,8	1880.8	1504.7	0,83	1812.8	1880.8	1504.7	АС-70	0.217	7.949
22-21	315	0,8	393.8	315	0,83	379.5	393.8	315	СІП- 3х50	0.002	7.732
21-18	1740.7	0,8	2175.8	1740.7	0,83	2097.2	2175.8	1740.7	АС-70	0.754	7.73
20-18	201.6	0,8	252	201.6	0,83	242.9	252	201.6	АС-35	0.004	6.976
19-18	126	0,8	157.5	126	0,83	151.8	157.5	126	АС-35	0.002	6.972
18-16	1985.9	0,8	2482.4	1985.9	0,83	2392.6	2482.4	1985.9	АС-70	1.144	6.97
17-16	504	0,8	630	504	0,83	607.2	630	504	АС-50	0.116	5.826
16-14	2363.9	0,8	2954.8	2363.9	0,83	2848	2954.8	2363.9	СІП- 3х95	0.539	5.71
15-14	79.38	0,8	99.23	79.38	0,83	95.64	99.23	79.38	СІП- 3х50	0.009	5.171

Продовження табл. 4.7

Ділянка	Денне навантаження			Вечірнє навантаження			S_m ,	S_e ,	Провід	Втрата напруги,	
	$P_{вир}/P_z$ <i>аг</i>	cos <i>сф</i>	S_d	$P_{вир}/P_{за}$ <i>з</i>		S_b	<i>кВА</i>	<i>кВА</i>		%	
										ΔU_ϕ	$\Sigma \Delta U_\phi$
14-12	2423.9	0,8	3029.8	2423.9	0,8 3	2920.3	3029.8	2423.9	СП-3х95	1.197	5.162
13-12	315	0,8	393.8	315	0,8 3	379.5	393.8	315	АСБ-150	0.029	3.965
12-10	2659.9	0,8	3324.8	2659.9	0,8 3	3204.6	3324.8	2659.9	СП-3х70	0.355	3.936
11-10	126	0,8	157.5	126	0,8 3	151.8	157.5	126	СП-3х70	0.022	3.581
10-8	2753.9	0,8	3442.4	2753.9	0,8 3	3317.9	3442.4	2753.9	СП-3х95	1.151	3.559
9-8	79.38	0,8	99.23	79.38	0,8 3	95.64	99.23	79.38	АС-50	0.001	2.408
8-6	2813.9	0,8	3517.4	2813.9	0,8 3	3390.2	3517.4	2813.9	СП-3х95	0.535	2.407
7-6	126	0,8	157.5	126	0,8 3	151.8	157.5	126	АС-50	0.001	1.872
6-4	2907.9	0,8	3634.8	2907.9	0,8 3	3503.4	3634.8	2907.9	СП-3х95	0.442	1.871
5-4	201.6	0,8	252	201.6	0,8 3	242.9	252	201.6	АС-50	0.008	1.429
4-1	3059.1	0,8	3823.8	3059.1	0,8 3	3685.6	3823.8	3059.1	СП-3х95	0.697	1.421
3-1	126	0,8	157.5	126	0,8 3	151.8	157.5	126	ААБ-95	0.011	0.724
2-1	315	0,8	393.8	315	0,8 3	379.5	393.8	315	ААБ-95	0.027	0.713
1-0	3389.1	0,8	4236.4	3389.1	0,8 3	4083	4236.4	3389.1	ААПвЕга Пу-20 1×240/70	0.686	0.686

Переріз проводів лінії 10 кВ, вибрано за допомогою економічних інтервалів потужності. Фактична втрата напруги до найвіддаленішої точки у мережі не повинна перевищувати допустиму, тобто:

$$\Sigma \Delta U_i < \Delta U_{\text{доп}} \quad (4.7)$$

Фактична втрата напруги на i -й ділянці лінії (%):

$$\Delta U_i = \frac{\left[\left(\frac{P_i r_i}{U_H} \right) + \left(\frac{Q_i x_i}{U_H} \right) \right] \cdot 1}{10 \cdot U_H} \% \quad (4.8)$$

де P_i – розрахункова активна потужність ділянки лінії, кВт;

U_H – номінальна напруга лінії, кВ.

r_i – активний опір ділянки лінії, Ом;

x_i – реактивний опір ділянки лінії, Ом;

Q_i – розрахункова реактивна потужність ділянки лінії, кВАр:

$$Q_i = \sqrt{S_M^2 - P_i^2} \text{ кВАр}, \quad (4.9)$$

$$r_i = r_{oi} \cdot L_i \text{ Ом}, \quad (4.10)$$

$$x_i = x_{oi} \cdot L_i \text{ Ом}, \quad (4.11)$$

де, r_{oi} – питомий активний опір провoda на ділянці лінії, Ом/км;

x_{oi} – питомий реактивний опір провoda на ділянці лінії, Ом/км;

L_i – довжина ділянки лінії, км.

Таблиця 4.8

Коефіцієнти опору провідників

Ділянка лінії	Провід	S_i , кВА	P_i , кВт	Q_i , Квар	L_i , км	r_i , Ом	x_i , Ом
46-44	АС-50	393.8	315	236.3	0.4	0.192	0.152
45-44	АС-50	157.5	126	94.5	0.05	0.024	0.019
44-42	АС-50	511.8	409.5	307	0.2	0.096	0.076
43-42	АС-50	252	201.6	151.2	0.02	0.01	0.008
42-40	АС-50	700.8	560.7	420.4	0.6	0.288	0.228

Продовження табл. 4.8

Ділянка лінії	Провід	S_i , КВА	P_i , кВт	Q_i , Квар	L_i , км	r_i , Ом	x_i , Ом
41-40	АС-50	99.23	79.38	59.54	0.01	0.005	0.004
40-37	АС-50	775.8	620.7	465.4	0.4	0.192	0.152
39-37	СПП-3x50	157.5	126	94.5	0.1	0.028	0.035
38-37	СПП-3x50	157.5	126	94.5	0.01	0.003	0.004
37-35	АС-50	1010	808.7	605	0.2	0.096	0.076
36-35	СПП-3x50	99.23	79.38	59.54	0.01	0.003	0.004
35-33	АС-50	1085.8	868.7	651.4	0.4	0.192	0.152
34-33	СПП-3x50	157.5	126	94.5	0.01	0.003	0.004
33-29	АС-50	1203.4	962.7	722	0.5	0.24	0.19
32-30	АС-70	393.8	315	236.3	0.8	0.336	0.32
31-30	СПП-3x50	99.23	79.38	59.54	0.7	0.196	0.245
30-29	АС-70	468.7	375	281.1	0.8	0.336	0.32
29-23	АС-70	1561.1	1248.9	936.6	0.2	0.084	0.08
28-26	СПП-3x50	157.5	126	94.5	0.6	0.168	0.21
27-26	СПП-3x50	99.23	79.38	59.54	0.2	0.056	0.07
26-24	СПП-3x50	232.5	186	139.5	0.5	0.14	0.175
25-24	АС-50	252	201.6	151.2	0.6	0.288	0.228
24-23	АС-50	426.4	341.1	255.8	0.4	0.192	0.152
23-21	АС-70	1880.8	1504.7	1128	0.2	0.084	0.08
22-21	СПП-3x50	393.8	315	236.3	0.01	0.003	0.004
21-18	АС-70	2175.8	1740.7	1305	1.4	0.588	0.56
20-18	АС-35	252	201.6	151.2	0.02	0.012	0.008
19-18	АС-35	157.5	126	94.5	0.02	0.012	0.008
18-16	АС-70	2482.4	1985.9	1489	0.8	0.336	0.32
17-16	АС-50	630	504	378	0.3	0.144	0.114
16-14	СПП-3x95	2954.8	2363.9	1773	0.6	0.102	0.168

Продовження табл. 4.8

Ділянка лінії	Провід	S_i , КВА	P_i , кВт	Q_i , Квар	L_i , км	r_i , Ом	x_i , Ом
15-14	СПП-3х50	99.23	79.38	59.54	0.2	0.056	0.07
14-12	СПП-3х95	3029.8	2423.9	1818	1.3	0.221	0.364
13-12	АСБ-150	393.8	315	236.3	0.4	0.048	0.06
12-10	СПП-3х70	3324.8	2659.9	1995	0.3	0.066	0.09
11-10	СПП-3х70	157.5	126	94.5	0.4	0.088	0.12
10-8	СПП-3х95	3442.4	2753.9	2065	1.1	0.187	0.308
9-8	АС-50	99.23	79.38	59.54	0.01	0.005	0.004
8-6	СПП-3х95	3517.4	2813.9	2110	0.5	0.085	0.14
7-6	АС-50	157.5	126	94.5	0.01	0.005	0.004
6-4	СПП-3х95	3634.8	2907.9	2181	0.4	0.068	0.112
5-4	АС-50	252	201.6	151.2	0.05	0.024	0.019
4-1	СПП-3х95	3823.8	3059.1	2294	0.6	0.102	0.168
3-1	ААБ-95	157.5	126	94.5	0.2	0.064	0.03
2-1	ААБ-95	393.8	315	236.3	0.2	0.064	0.03
1-0	АПвЄгаПу	4236.4	3389.1	2542	0.9	0.12	0.11

Фактична втрата напруги не перевищує допустиму, тобто

$$9.754 < 10$$

Отже, умова виконується.

Перевірка проводів на термічну стійкість при КЗ. Допускається перевірку провідників на термічну стійкість при КЗ робити також шляхом порівняння термічно еквівалентної щільності струму КЗ $J_{\text{тер.ек}}$ із припустимої протягом розрахункової тривалості КЗ щільністю струму $J_{\text{тер.доп}}$.

Провідник задовольняє умові термічної стійкості при КЗ, якщо виконується співвідношення:

$$J_{\text{тер.ек}} \leq J_{\text{тер.доп}} \quad (4.12)$$

$$J_{\text{тер.ек}} \leq \frac{C_T}{\sqrt{t_{\text{відкл}}}} = \frac{75}{\sqrt{0,1}} = 241,9 \quad (4.13)$$

$$J_{\text{тер.доп}} = \frac{J_{\text{тер.доп1}}}{S} \sqrt{\frac{1}{t_{\text{відкл}}}} = \frac{9800}{95} \sqrt{\frac{1}{0,1}} = 325,9, \quad (4.14)$$

де S – площа поперечного перерізу провідника;

$J_{\text{тер.доп}}$ – одно секундний струм термічної стійкості (допустимий одно секундний струм КЗ), що вказується в нормативних документах. [6]

Термічна стійкість провідника при КЗ забезпечується, якщо виконується умова:

$$241,9 \leq 325,9$$

4.4. Вибір елементів електричної мережі 10 кВ

Згідно з ПУЕ, якщо лінія електропередачі проходить через ліси або зелені насадження, немає необхідності вирубувати меліоровані землі. У цьому випадку ви можете вирубувати тільки окремі дерева, які безпосередньо заважають лініям лінії і становлять загрозу.

Відстань від дроту в умовах максимального провисання при злиттях і поглинаннях або максимального відхилення від кущів і дерев не

стандартизовано, а для неізолюваних проводів воно повинно становити не менше 1 метра з кожного боку надземного дроту.

Перетинання та зближення повітряних ліній із державними дорогами загального користування також повинно відповідати вимогам правил, що стосуються встановлення та використання придорожніх смуг на державних дорогах загального користування.

Кути перетину повітряної лінії і автомагістраллю не нормалізований. У всіх випадках сходження повітряних ліній з вигнутими ділянками шосе, що проходять уздовж насипу, мінімальна відстань від повітряної лінії до краю полотна дороги має бути, принаймні, на відстані по вертикалі [4].

При нормальній роботі повітряної лінії найкоротша вертикальна відстань від проводу до проїжджої частини має бути отримана в температурних умовах і в умовах механічних навантажень.

Дорожні загородження слід використовувати для запобігання зіткненню транспортних засобів з повітряними дротяними опорами на відстані менше 4 метрів від кінця проїзної частини.

Згідно з правилами електромонтажу, ці умови слід враховувати безпосередньо при проектуванні і монтажі.

Для реконструкції мережі ПЛ-10 кВ на Л-17 ПС «ЛИТКИ» Бориспільського району, Київської області., передбачається:

- Будівництво КЛ-10 кВ від комірки №24 ПС 110/10 кВ «ЛИТКИ» до ПЛЗ-10 кВ на опорі №1, кабелем ЗхАПвЭгаПу-20 1×240/70 довжиною 645 метрів;
- Будівництво КЛ-10 кВ від опори №64 до опори №65, кабелем ЗхАПвЭгаПу-20 1×240/70 довжиною 544 метрів;
- Улаштування з'єднувальних кабельних муфт на Л-17 ПС «ЛИТКИ» ПС 110/10 кВ «ЛИТКИ»;
- Улаштування кінцевих кабельних муфт на Л-17 ПС «ЛИТКИ» ПС 110/10 кВ «ЛИТКИ»;
- Демонтувати існуючу КЛ-10 кВ, ПЛ-10 кВ;

- Будівництво ПЛЗ-10 кВ від опори №1 до опори №51, проводом 3хАAsXS_n 1х95 довжиною 2613 метри;
- Будівництво ПЛЗ-10 кВ від опори №57 до опори №64, проводом 3хАAsXS_n 1х95 довжиною 656 метрів;
- Будівництво ПЛЗ-10 кВ від опори №67 до опори №73, проводом 3хАAsXS_n 1х95 довжиною 594 метрів;
- Заміна неізольованих відгалужень від ПЛЗ-10 кВ на провід 3хАAsXS_n 1х95;
- Перепідключення існуючих відгалужень;
- Демонтування опор по трасі, що не задіяні в конфігурації ЛЕП-10 кВ Л-17 «ЛИТКИ», також аварійних опор;



Рис. 4.1. Зовнішній вигляд стійки опори СВ105-5

ПЛЗ-10 кВ проходить в місцевості з звичайним польовим забрудненням. Враховуючи це, на ПЛЗ-10 кВ прийнята арматура фірми Sicame. [5]

Комплектація вузлів кріплення до елементів опор виконується згідно з рекомендаціями застосованих типових проєктів, а кріплення проводів – за допомогою стандартної лінійної арматури.

За умовами навколишнього середовища, в зоні якій проходить траса ПЛЗ-10 кВ лінійна арматура прийнята нормального виконання. Рекомендується

результати вибору проводити в табличні форми, результати вибору елементів лінії електропередавання 10 кВ занесено до таблиці 4.9

Таблиця 4.9

Специфікація

Назва характеристики	Показник, кількість
КЛ-10 кВ	
Довжина траси КЛ-10 кВ, км	1,424
за умовами прокладання, км.:	
- від комірки №24 ПС 110/10 кВ «ЛИТКИ» до ПЛЗ-10 кВ на опорі №1, кабелем ЗхАПвЭгаПу-20 1×240/70	0,880
- Підйом по опорі №1 кабелем ЗхАПвЭгаПу-20 1×240/70	0,010
- Опуск по опорі №64 кабелем ЗхАПвЭгаПу-20 1×240/70	0,010
- від опорі №64 до опорі №65, кабелем ЗхАПвЭгаПу-20 1×240/70	0,544
- Підйом по опорі №65 кабелем ЗхАПвЭгаПу-20 1×240/70	0,010
за марками і перерізами кабелів:	
- ЗхАПвЄгаПу-20 1х240/70, км	1,424
. Улаштування з'єднувальної кабельної муфти, шт.	12
Улаштування кінцевої кабельної муфти, шт.	6
Потреба в основних матеріалах	
АПвЄгаПу-20 1х240/70, км.	1,424
Кінцева кабельна муфта, шт.	6
З'єднувальна муфта, шт	12
ПЛЗ-10 кВ	
Довжина траси ПЛЗ-10 кВ, км.	4,863
за умовами будівництва, км.:	
- від опорі №1 до опорі №51, проводом ЗхААsXSн 1х95	2,613
- від опорі №57 до опорі №64, проводом ЗхААsXSн 1х95	0,656
- від опорі №67 до опорі №73, проводом ЗхААsXSн 1х95	0,594

Продовження табл. 4.9

Назва характеристики	Показник, кількість
за марками і перерізами проводів, км.:	
- проводом 3хАAsXSn 1х95	4,863
Встановлення опор на базі стійок СВ105-5, шт.	30
Встановлення опор на базі стійок СК105-5, шт.	2
Встановлення опор на базі стійок СК105-14, шт.	2
Встановлення опор на базі стійок СК120-10, шт.	7
Потреба в основних матеріалах	
- 3хАAsXSn 1х95, км	4,863
- СВ105-5, шт	30
- СК105-5, шт.	5
- СК105-14, шт.	2
- СК120-10, шт.	7
- реклоузери АСR120, шт	1

4.5. Визначення тривалості будівництва об'єкта

Тривалість будівництва T_6 у місяцях визначають за формулою:

$$T_6 = \frac{T_c \cdot K_1 \cdot K_2}{K_3}, \quad (4.15)$$

де T_c – усереднений показник тривалості будівництва, 1;

K_2 – коефіцієнт, який враховує сукупність конструктивних особливостей будівлі, 1;

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

K_1 – коефіцієнт, який враховує сукупність конкретних умов зведення об'єкта визначають за формулою:

$$K_1 = K_{11} \cdot K_{13} \quad , \quad (4.16)$$

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

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

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

$$K_{13} = (P_1 + P_2 + P_3) \quad , \quad (4.17)$$

де P_1 – коефіцієнт, при враховує стиснені умови складування матеріалів або неможливість складування на будівельному майданчику для нормального забезпечення матеріалами робочих місць, 0,6;

P_2 – коефіцієнт, при враховує наявність на території будівельного майданчика інженерних мереж, 0,15;

P_3 – коефіцієнт, при враховує інтенсивність руху транспорту та пішоходів поблизу місця проведення робіт, 0,25;

$$K_{13} = (0,005 + 0,1 + 0,1) = 1,25 \quad (4.18)$$

$$K_1 = 1 \cdot 1,1 \cdot 1,25 = 1,38 \quad (4.19)$$

Визначення тривалості будівництва для КЛ- 10кВ

$T_c=6,2$ – усереднений показник тривалості будівництва для кабельної лінії електропередачі напругою 6-10кВ, довжиною не більше 5км.

$$T_6 = \frac{6,2 \cdot 1,38 \cdot 1}{1,1} = 7,78 \text{ міс.} \quad (4.20)$$

Визначення тривалості будівництва для ПЛЗ- 10кВ

$T_c=6,2$ – усереднений показник тривалості будівництва для повітряної лінії електропередачі напругою 6-10 кВ, довжиною не більше 15км.

$$T_6 = \frac{6,2 \cdot 1,38 \cdot 1}{1,1} = 7,78 \text{ міс.} \quad (4.21)$$

Проведення ЗЦП згідно Закону України «Про публічні закупівлі» від 25.12.15р. №922-VII на закупівлю послуги БМР складає 45 к.д.

Визначення загальної тривалості будівництва

$$T_6 = 7,78 + 7,78 + 1,5 = 17,06 \text{ міс} \quad (4.22)$$

Виконавши розрахунки, загальна дата будівництва становитиме 17,06 місяці, або 520 днів.

Висновки до розділу 4

В даному розділі було наведено характеристику об'єкта проектування та проведено детальний аналіз лінії 10 кВ Л-17 ПС ЛИТКИ. Було проведено розрахунок лінії який є необхідним для забезпечення ефективної, надійної та безпечної роботи електричних мереж. Він дозволив визначити оптимальні параметри, такі як тип і переріз проводу, струм навантаження, втрати напруги, що забезпечує стабільність і довговічність системи. Вибрано обладнання лінії та занесено до таблиці «Специфікація». Проведено розрахунок терміну будівництва об'єкту.

РОЗДІЛ 5

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ

5.1. Основні поняття та принципи забезпечення електробезпеки

Електробезпека - це система технічних і організаційних заходів, спрямованих на захист людей від небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електричних полів і статичної електрики. Небезпека ураження електричним струмом виникає через те, що струм, який протікає, людина не бачить і не усвідомлює як джерело небезпеки. Фактором, що зменшує кількість нещасних випадків, є дотримання правил безпеки.

Електричний струм, проходячи через організм, може чинити електролітичну, термічну, механічну та біологічну дію на різні системи організму.

Електролітична дія характеризується розщепленням крові, плазми та лімфи і призводить до порушення їх фізико-хімічного складу.

Термічний вплив характеризується нагріванням тканин, нервів, серця, судин та інших органів на шляху проходження струму.

Механічні ефекти характеризуються розривом м'язів, тканин і кровоносних судин внаслідок електродинамічного впливу.

Біологічні ефекти характеризуються порушенням біологічних процесів з руйнуванням нервових клітин, запаленням і повним припиненням кровообігу і дихання [4].

Одним з найважливіших факторів, що впливають на результат електрошоку, є частота струму. Зі збільшенням частоти струму ризик електротравми зменшується, найбільш небезпечними з точки зору опіків є високочастотні струми.

Важливість ролі протікання струму в організмі людини показано в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Роль шляху протікання електричного струму в організмі людини у відсотках до загального числа нещасних випадків

Шлях протікання струму	При електричних ударах	При смертельних ураженнях
Від долоні до тильної частини руки чи плеча	10	28
Від долоні до тильної частини руки чи плеча до ніг	11	25
Від долоні або долоні до ніг	29	17
Від однієї долоні до другої	26	11
Від шиї, спини або живота до ніг	2	5
Від обличчя або грудей до ніг	6	8
Від одного місця до другого на одній і тій ж самій руці чи нозі	14	1
Інші	2	5
Разом:	100	100

Існує п'ять груп кваліфікацій з електробезпеки:

Група I призначена для тих, хто має базове розуміння заходів електробезпеки та небезпеки ураження електричним струмом під час роботи з електричними системами, що перебувають в експлуатації. У цій групі немає спеціалізованої електротехнічної підготовки.

Група II: особи цієї групи поверхнево знайомі з електроустановками і знають основні заходи безпеки та небезпеку ураження електричним струмом.

Група III. Особи, які належать до цієї групи, повинні вміти обслуговувати електроустановки та знати їх будову. Вони повинні знати правила техніки безпеки, небезпеки, які можуть виникнути при обслуговуванні електроустановок, вміти здійснювати нагляд за працівниками, які безпосередньо працюють з електроустановками, знати правила допуску до робіт в

електроустановках напругою до 1000 В і вміти надавати першу долікарську допомогу.

IV група. особи цієї групи повинні вивчити теорію електротехніки в спеціалізованому професійно-технічному навчальному закладі, знати правила охорони праці, технічної безпеки та правила виконання робіт в електроустановках. Вони також повинні вміти здійснювати нагляд і організувати безпечне виконання робіт в електроустановках напругою до 1000 В, знати будову та обладнання об'єкта і вміти навчати інших працівників правилам техніки безпеки та наданню першої медичної допомоги.

Група V. Особи цієї групи повинні знати правила техніки безпеки і технічні правила роботи, вміти організувати і контролювати безпечну роботу в електроустановках всіх напруг і вміти навчати інших фахівців правилам технічної безпеки і наданню першої медичної допомоги.

Для забезпечення безпечної роботи в електроустановках обладнання або частини обладнання повинні бути відключені від електромережі, зняті запобіжники, кабелі у відключеному обладнанні механічно закорочені, струмоведучі частини залишені під напругою, проводи від'єднані від ліній електропередачі та вжиті інші заходи, що виключають можливість подачі напруги в робочу зону, а також встановлені знаки безпеки. Роботи на струмоведучих частинах ліній або поблизу них повинні виконуватися під наглядом щонайменше двох осіб, із застосуванням електрозахисних засобів і з надійно встановленими механізмами та обладнанням.

Згідно з ПУЕ, повітряна лінія електропередачі (ПЛ) - це споруда, призначена для передачі електроенергії по проводах, прокладених на відкритому повітрі і закріплених за допомогою ізоляторів або арматури на опорах, кронштейнах, будівельних конструкціях або стінах будівель. Початком повітряної лінії є приєднання до ізолятора підстанції, що відходить, а початком повітряної лінії з використанням самоутримного проводу (СІП) є приєднання самоутримного проводу (СІП) до розподільчого пристрою лінії електропередачі.

Ізольований провідник - це пучок ізольованих провідників, скручених

разом, і не вимагає спеціального кабелю. Механічне навантаження може сприйматися всіма жилами кабельного пучка або жилами тримача. Ізоляція жил самонесучих ізольованих проводів повинна бути виконана із зшитого світлостабілізованого поліетилену, стійкого до впливу зовнішнього середовища. Провід повинен бути вогнестійким відповідно до ДСТУ 4216:2003. Магістраль - це відрізок однофазного проводу від центру живильної підстанції до крайнього кінця опори. До магістральної лінії приєднуються відгалуження та відгалуження. Відгалуження - це лінія від опори в кінці відгалуження до ввідної конструкції на будівлі (споруді). Відгалуження - це частина лінії електропередачі, що містить одну або кілька ліній, один кінець якої приєднаний до основної лінії.

Повітряні лінії електропередачі повинні розташовуватися так, щоб їх опори не перекривали доступ до садів, будівель, воріт тощо, а там, де існує небезпека наїзду на них транспортних засобів, опори повинні бути захищені від наїзду перегородками або іншими засобами.

Там, де лінія проходить через зелені зони або ліси, немає необхідності вирубувати дерева; достатньо зрубати кожне дерево, яке становить небезпеку для ліній електропередач. Кожна опора повинна бути позначена серійним номером і роком встановлення.

5.2. Вимоги та правила улаштування опор

Загалом, електрична опора - це нерухома конструкція, яка слугує для утримання та стабілізації опорних конструкцій: Для будівництва ліній електропередач до 1 кВ використовуються дерев'яні, залізобетонні, дерев'яні та металеві опори із залізобетонними кріпленнями. Для будівництва ліній електропередач використовуються такі типи опор:

- Проміжні опори. При нормальній експлуатації ці опори не сприймають зусилля вздовж лінії;

- Анкерні опори. Анкерні опори. Встановлюються для обмеження прольотів анкерного кріплення, а також там, де змінюється кількість, нахил або переріз

проводів. Такі опори повинні поглинати зусилля, що виникають при зміні натягу проводів вздовж лінії в нормальному режимі.

- Кутові опори. Встановлюються там, де змінюється напрямок лінії. Такі опори повинні бути здатні сприймати сумарне навантаження, що виникає в результаті натягу проводів в сусідній лінії при нормальній роботі. Такі опори бувають анкерними та проміжними.

- Кінцеві опори. Встановлюються на початку і в кінці лінії, а також в місцях з'єднання кабелів. Такі опори відносяться до анкерного типу і можуть сприймати весь натяг кабелю при нормальній експлуатації.

- Опори розгалуження. Опора, що використовується для розгалуження лінії.

- Перехресні опори, що використовуються для перетину ліній у двох напрямках. Перехідні та відгалужувальні опори включають в себе всі раніше згадані типи.

Конструкція опор повинна забезпечувати можливість їх встановлення:

- Ліхтарів вуличного освітлення;
- Розподільних і класифікаційних пристроїв;
- шаф і панелей для підключення електроприймачів.

Всі типи опор, що використовуються для будівництва повітряних ліній електропередач, повинні допускати однофазні / трифазні відгалуження до входу в будівлю довжиною до 25 м.

Опори можуть бути обладнані опорами або відтяжками. Відгалуження опор повинні бути приєднані до заземлюючих анкерів або до цегляних, кам'яних, залізобетонних чи металевих елементів будівель або споруд. Можна використовувати одинарний або подвійний дрот. Переріз приєднувального елемента визначається розрахунком; однодротові сталеві приєднувальні елементи повинні мати переріз не менше 25 мм². При приєднанні опор до конструкцій або будівель необхідно враховувати конструктивні особливості опори, її несучу здатність і спосіб приєднання.

5.3. Захисне заземлення. Захист від перенапруг

Захисне заземлення - це електричне з'єднання неструмоведучих металевих частин, які можуть опинитися під напругою, із землею або її еквівалентом. Захисне заземлення необхідне для запобігання ураження електричним струмом у разі контакту між корпусом і металевими частинами, що перебувають під напругою.

Якщо корпус електричної установки заземлений, то у разі пробією він буде по відношенню до землі під напругою:

$$U = I_3 \cdot R_3 \quad (5.1)$$

Де I_3 – це струм однофазного замикання над землею, А;

R_3 – опір заземлюючого пристрою, Ом.

Чим менший опір заземлюючого пристрою, тим більша частина струму замикання на землю проходить через заземлення а отже, меншим буде струм котрий протікає через тіло людини.

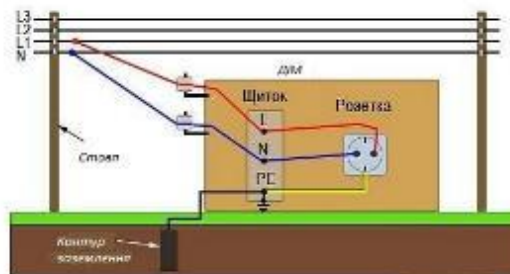


Рис. 5.1. Схема роботи захисного заземлення

Згідно з ПУЕ, металеві опори, встановлені в залізобетонних фундаментах, повинні мати металеві з'єднання між арматурою фундаменту і металоконструкцією. Залізобетонні опори повинні мати металеві з'єднання між зібраною металоконструкцією, арматурою опори, опорою і стовпами. Кронштейни, встановлені на опорах повітряних ліній, є винятком і використовуються для підвішування волоконно-оптичних кабелів зв'язку [4].

Заземлювальні пристрої, призначені для захисту від грозових перенапруг і повторного заземлення PEN (PE) провідників, повинні бути встановлені на

повітряних лініях до 1 кВ. Відкриті струмопровідні частини електрообладнання, встановленого на опорах повітряних ліній, повинні бути приєднані до заземлювального провідника лінії електропередачі.

Заземлювальні та захисні провідники повинні бути з'єднані між собою, а провідники прикручені або приварені до верхніх заземлювачів на залізобетонних стояках опор, кронштейнах або гаках, до обладнання, встановленого на опорах, або до металевих конструкцій на опорах.

У густонаселених районах з одно- або двоповерховою забудовою повітряні лінії, не захищені високими трубами або деревами, повинні бути забезпечені заземлювальним пристроєм, призначеним для захисту їх від атмосферних перенапруг. Опір кожного заземлювача не повинен перевищувати 30 Ом, а відстань між сусідніми заземлювачами не повинна перевищувати 100 м. Такі типи пристроїв повинні бути присутніми:

- Відгалуження до входу/виходу з будівлі або зони, що має високу економічну цінність, де в будівлю входить або може увійти велика кількість людей;

- Кінці стовпів з відгалуженнями до входів і виходів з будівлі. За цих умов відстань між сусідніми ділянками на цій лінії не повинна перевищувати 60 м.

У таких місцях повинні бути встановлені обмежувачі перенапруги.

Висновки до розділу 5

Електробезпека - це система заходів, спрямованих на захист людей від небезпечного впливу електричного струму та пов'язаних з ним явищ. Електричний струм може мати електролітичну, термічну, механічну та біологічну дію на організм. Дотримання правил безпеки та кваліфікаційна підготовка працівників значно знижують ризик електротравм. Електричні опори є ключовими елементами для утримання та стабілізації ліній електропередач. Захисне заземлення, що з'єднує неструмоведучі металеві частини із землею, необхідне для запобігання ураження електричним струмом у разі пробою ізоляції, забезпечуючи безпеку експлуатації електроустановок.

ВИСНОВКИ

В магістерській кваліфікаційній роботі було розглянуто питання підвищення енергоефективності розподільних мереж з використанням даних, одержаних шляхом інвентаризації ліній 10 кВ.

В роботі було написано вступ, проаналізовано сучасний стан електричних мереж, їх загальні характеристики, розглянуто втрати електричної енергії в розподільчих мережах та досліджено програмно технічні комплекси для формування геоінформаційних баз даних для інвентаризації мереж. Мною було наведено структуру та функціонал бази даних для інвентаризацій електричних мереж, особливості їх формування для мережевого та підстанційного обладнання та особливості використання інформаційного забезпечення itt GIS для визначення параметрів електричних мереж. Також проведено обґрунтування доцільності використання функціональних можливостей itt GIS технологій для формування програм розвитку електричних мереж. Проведено розрахунок лінії електропередач Л-17 ПС «ЛИТКИ» та вибрано системи електричної мережі 10 кВ. В результаті реконструкції лінії було зменшено втрати напруги з 17.4% до 9.7%, що значно збільшило енергоефективність та надійність лінії. Наведено основні заходи з безпечної експлуатації електроустановок.

Оцінюючи отримані результати можна сформувати такі основні висновки:

1. Сучасний стан мереж не є задовільним.
2. Програмний продукт GIS є ефективним та сучасним рішенням для обробки та редагування інформації систем електропостачання.
3. Проведені розрахунки показують, що вибрані елементи ЛЕП у висновку підвищили енергоефективність лінії.
4. Інвентаризація ліній дає змогу зменшити витрати та забезпечує безперебійність роботи ЛЕП.
5. Заходи з електробезпеки реалізуються завдяки використанню системи заземлення, та пристроїв захисту від перенапруг.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Донченко М. В., Коваленко І. І., Геоінформаційні системи: навчальний посібник/: Видавництво ЧНУ ім. Петра Могили, 2021. 132 с.
2. Козирський В.В., Волошин С.М., Основи електропостачання: підручник К.: ФОП Ямчинський О.В., 2021.525с.
3. QGIS[Online] : веб-сайт. URL: <https://qgis.org/en/site/> (дата звернення: 05.12.2024).
4. ПУЕ. Видання офіційне. Міненерговугілля України. Х. : Видавництво «Форт», 2017. 760 с.
5. Каталог продукції Sicame 2021р. «Арматура для повітряних електричних ліній» 104 с.
6. Шевчук С. П., Мейта О. В., Електричні мережі та системи: Розрахункова роботи [Електронний ресурс]: навчальний посібник для студентів спеціальності 141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка освітніх програм «Електромеханічні та мехатронні системи енергоємних виробництв» та «Інжиніринг автоматизованих електротехнічних комплексів» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.:– Електронні текстові данні (1 файл: 6,99 Мбайт). Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 50 с.
7. Зубик А. І., ГІС в урбаністиці та просторовому плануванні: навч. посібн.: Львівський національний університет імені І. Франка, 2021. 580 с.
8. Павленко Л.А. Геоінформаційні системи: навчальний посібник. Харків : Вид. ХНЕУ, 2020р. 260 с.
9. Зацерковний В. І., Бурачек В. Г., Железняк О. О., Терещенко А. О., Геоінформаційні системи і бази даних : монографія, Ніжин: НДУ ім. М. Гоголя, 2019р. 492 с. ISBN 978-617-527-121-6

10. Гурін Артем Леонідович Геоінформаційні системи в енергетиці. Робоча програма навчальної дисципліни (Силабус) [Електронний ресурс] / КПІ ім. Ігоря Сікорського ;. Електронні текстові дані (1 файл 100,62 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022р. 11 с.

11. Електроенергетика України: стан і перспективи: веб-сайт. URL: <https://blog.youcontrol.market/ieliektroienierghietika-ukrayini-stan-i-pierspiektivi/amp/> (дата звернення: 24.10.2024).

12. Електроенергетика України: сучасний стан, проблеми та перспективи: веб-сайт. URL: http://www.agrosvit.info/pdf/12_2010/5.pdf (дата звернення: 16.11.2024).

13. Machine Learning and GIS Approach for Electrical Load Assessment to Increase Distribution Networks Resilience: веб-сайт. URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/14/14/4133> (дата звернення: 16.11.2024).

14. Geospatial modeling of electricity distribution network in ife central local government area, osun state, nigeria: веб-сайт. URL: <https://www.sjpub.org/sjeer/sjeer-213.pdf> (дата звернення: 05.10.2024).

15. Geographic Information System (GIS) for the Management of Electricity Distribution Assets and Infrastructure: веб-сайт. URL: <https://www.walshmedicalmedia.com/open-access/geographic-information-system-gis-for-the-management-of-electricity-distribution-assets-and-infrastructure-129619.html> (дата звернення: 03.10.2024).

16. GIS for Electric Utilities: веб-сайт. URL: <https://www.giscloud.com/blog/gis-for-electric-utilities/> (дата звернення: 05.12.2024).

17. Rural electrification planning using Geographic Information System (GIS): веб-сайт. URL: <https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/23311916.2020.1836730#abstract> (дата звернення: 10.10.2024).

18. Use the application of geographic information systems in the distribution of the electrical network: веб-сайт. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/754/1/012030/pdf> (дата звернення: 01.12.2024).

19. Geographical information systems as a tool to assist the electricity distribution networks planning: веб-сайт. URL: <https://www.redalyc.org/journal/1492/149256546006/149256546006.pdf> (дата звернення: 16.11.2024).

20. Application of Geographic Information System to Power Distribution System Analysis: веб-сайт. URL: https://www.researchgate.net/publication/311003220_Application_of_Geographic_Information_System_to_Power_Distribution_System_Analysis (дата звернення: 15.11.2024).

21. Geographic Information Systems and Remote Sensing: веб-сайт. URL: <https://www.sciencedirect.com/topics/social-sciences/geographic-information-system> (дата звернення: 15.11.2024).

22. The intersection of geospatial technology and energy management: веб-сайт. URL: <https://www.fulcrumapp.com/blog/the-intersection-of-geospatial-technology-and-energy-management/> (дата звернення: 05.11.2024).

23. The role of geographic information system (GIS) in the electric power industry: веб-сайт. URL: <https://www.eltnetworks.pl/pl-en/blog/2024/role-geographic-information-system-gis-electric-power-industry/> (дата звернення: 20.11.2024).

24. Integration Implementation and Application of Power Grid GIS Platform and Production Management System Based on ESB: веб-сайт. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9700849> (дата звернення: 15.11.2024).

25. Integration of graphic and semantic information in geographic information systems of distribution electric networks: веб-сайт. URL:

<https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2020/Papers/TF371.pdf> (дата звернення: 05.11.2024).

26. Building Information Modeling approach for Design and Operation of Electrical Substations Integrated with Geographic Intelligence Systems (GIS: веб-сайт. URL: https://openaccess.cms-conferences.org/publications/book/978-1-958651-70-4/article/978-1-958651-70-4_21 (дата звернення: 22.11.2024).

27. Presentation of spatial data of electric networks in geoinformation systems: веб-сайт. URL: <https://www.iitf.lbtu.lv/conference/proceedings2019/Papers/N154.pdf> (дата звернення: 04.10.2024).

28. Design and Implementation of Knowledge Extraction in Geographic Knowledge Graphs: веб-сайт. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9832337> (дата звернення: 17.10.2024).

29. Geographic Information System for the Smart Grid: веб-сайт. URL: <https://www.igi-global.com/gateway/chapter/150328#pnlRecommendationForm> (дата звернення: 17.10.2024).

30. Industry “Angiography”: an Industry Map System Based on Electricity Marketing Data: веб-сайт. URL: <https://eudl.eu/pdf/10.4108/eai.9-12-2022.2327573> (дата звернення: 18.10.2024).

31. Predictive mapping of the global power system using open data: веб-сайт. URL: <https://www.nature.com/articles/s41597-019-0347-4> (дата звернення: 05.11.2024).

32. Application of Geographic Information System in Energy Utilization: веб-сайт. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780444640833000087?via%3Dihub> (дата звернення: 05.11.2024).

33. Electricity Load Forecasting Based on a Geographic Information System: веб-сайт. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/8802591> (дата звернення: 10.10.2024).

34. Research on Simulation of Distribution Network Engineering Scene Based on 3D GIS Technology: веб-сайт. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1155/2022/7736655> (дата звернення: 04.11.2024).

35. Development of BIM (Building Information Modeling) concept applied to projects of Substations Integrated with the Geographic Intelligence System GIS: веб-сайт. URL: [https://wseas.com/journals/ps/2021/a025116-001\(2021\).pdf](https://wseas.com/journals/ps/2021/a025116-001(2021).pdf) (дата звернення: 17.11.2024).

36. The Use of Geographic Data Views to Help With Wide-Area Electric Grid Situational Awareness: веб-сайт. URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/9384951> (дата звернення: 17.11.2024).

ДОДАТОК Б

