

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри енергетики та  
електротехнічних систем

---

доцент Чепіжний А.В.

**ДИПЛОМНА РОБОТА**  
за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження захисту ПЛ 10 кВ від аварійних режимів в системі електропостачання частини Охтирського району, Сумської області»

Виконав

\_\_\_\_\_ (підпис)

Коломієць В.О.  
(прізвище, ініціали)

Група

ЗЕТЕ 2301-1м

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_ (підпис)

Барсукова Г.В.  
(прізвище, ініціали)

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Інженерно-технологічний факультет**  
**Кафедра енергетики та електротехнічних систем**

Ступінь вищої освіти «Магістр»

Спеціальність 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

завідувач кафедри енергетики та  
електротехнічних систем

доцент \_\_\_\_\_ Чепіжний А.В.  
(підпис, вчене звання, прізвище, ініціали)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_\_ року

**ЗАВДАННЯ**  
**НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ**  
**ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

*Коломійцю Валерію Олександровичу*

(прізвище, ім'я та по батькові)

**1. Тема роботи:** Дослідження захисту ПЛЛ 10 кВ від аварійних режимів в системі електропостачання частини Охтирського району, Сумської області

керівник роботи: Барсукова Ганна Володимирівна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджено наказом по закладу вищої освіти від «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р. № \_\_\_\_\_

**2. Термін подання здобувачем закінченої роботи** «\_\_» \_\_\_\_\_ 202\_\_ р.

**3. Вихідні дані до роботи** правила улаштування електроустановок, будівельні норми і правила, правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів, література з основ електропостачання, релейного захисту та автоматики, нормативні документи для проведення досліджень, стандарти.

**4. Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, що підлягають розробці):

Вступ

Розділ 1. Аналіз стану питання

Розділ 2. Теоретичні та експериментальні дослідження

Розділ 3. Обґрунтування параметрів системи

Розділ 4. Охорона праці.

Розділ 5. Техніко-економічні розрахунки

Висновки

Список використаних джерел

**5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:**

Презентаційний матеріал виконаний в програмі Power Point

## 6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата
Охорона праці		
Економічне обґрунтування		

## КАЛЕНДАРНИЙ ГРАФІК

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітки
1	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	до 13.09.2024 р.	
2	Складання плану роботи	до 11.10.2024 р.	
3	Написання вступу	до 18.10.2024 р.	
4	Підготовка розділу «Розділ 1»	до 01.11.2024 р.	
5	Підготовка розділу «Розділ 2»	до 29.11.2024 р.	
6	Підготовка розділу «Розділ 3»	до 10.01.2025 р.	
7	Підготовка розділів «Розділ 4» та «Розділ 5»	до 28.02.2025 р.	
8	Написання висновків та пропозицій	до 07.03.2025 р.	
9	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 10.03.2025 р.	
10	Подання роботи на рецензування	до 14.03.2025 р.	
11	Подання до попереднього захисту	до 19.03.2025 р.	

**Здобувач вищої освіти**

\_\_\_\_\_ (підпис) **(Коломієць В.О.)**  
(прізвище, ініціали)

**(Науковий) керівник  
дипломної роботи**

\_\_\_\_\_ (підпис) **(Барсукова Г.В.)**  
(прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Магістерська робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, списку використаних джерел. Роботу викладено на 40 аркушах друкованого тексту, складається з 11 рисунків.

Метою даної роботи є дослідження захисту ПЛ 10 кВ від аварійних режимів в системі електропостачання частини Охтирського району, Сумської області.

У зв'язку із представленою метою в дослідженні поставлені такі задачі:

- розглянути візуально місцевість обраного району електропостачання на наявність споживачів та контактування ліній електропередачі споживачів зі складними природними умовами;

- проаналізувати згубний негативний вплив від функціонування енергетичної системи в складних природних умовах на процес передачі електричної енергії споживачам;

- визначити основні фактори негативного впливу, що відображаються на стані електроенергетичної системи при її функціонуванні в складних природних умовах;

- визначити порядок відповідальності за дотримання належних умов функціонування мережі відповідними до цього структурними органами державної виконавчої влади, а також органів місцевого самоврядування;

- визначити можливі способи підвищення надійності системи електропостачання шляхом зменшення вірогідності появи аварійних ситуацій та швидкого реагування на них системою.

Ключові слова: лісиста місцевість, посадки, електрична енергія, споживачі електричної енергії, електроенергетична система, лінії електропередачі, опори ліній електропередачі, безпека, якість, безперебійність, райони електричних мереж, облэнерго, органи влади, ремонт, обслуговування, функціональні особливості, реклоузер, трансформатор, напруга, струм.

## ABSTRACT

The master's thesis consists of an introduction, 5 chapters, conclusions, a list of sources used. The work is presented on 40 sheets of printed text, consists of 11 figures.

The purpose of this work is to study the protection of 10 kV overhead lines from emergency modes in the power supply system of part of the Okhtyrsky district, Sumy region.

In connection with the presented goal, the following tasks are set in the study:

- to visually examine the terrain of the selected power supply area for the presence of consumers and the contact of power transmission lines of consumers with difficult natural conditions;

- to analyze the detrimental negative impact of the operation of the power system in difficult natural conditions on the process of transmitting electrical energy to consumers;

- to determine the main factors of negative impact that are reflected in the state of the power system during its operation in difficult natural conditions;

- to determine the procedure for responsibility for compliance with proper conditions for the operation of the network by the relevant structural bodies of the state executive authority, as well as local self-government bodies;

- identify possible ways to increase the reliability of the power supply system by reducing the likelihood of emergency situations and rapid response to them by the system.

Keywords: forested area, plantings, electric energy, consumers of electric energy, electric power system, power lines, power line supports, safety, quality, continuity, areas of power networks, regional power companies, authorities, repair, maintenance, functional features, recloser, transformer, voltage, current.

## ЗМІСТ

1. ВСТУП.....	7
2. РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ.....	8
3. РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	16
4. РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ.....	20
5. РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	32
6. РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ .....	35
7. ВИСНОВКИ.....	37
8. СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	39

## ВСТУП

Сучасні виклики в забезпеченні належного рівня безпеки для електричних мереж ставлять різного роду завдання, що пов'язані з покращенням стану електроенергетичної системи. Одночасно із цим, підвищення надійності в її функціонуванні є одним із ключових аспектів.

В даній роботі пропонується розглянути негативний вплив зарослих лісових масивів та посадок частини Охтирського району Сумської області на стан електрифікації району. Село Чернеччина є одним з найбільших сіл Охтирського району з досить потужно розвинутою інфраструктурою у вигляді різного роду споживачів електричної енергії. Стосується це як за потужністю, так і родом діяльності споживачів електроенергії.

Знаходження споживачів поряд з лісовими насадженнями, водоймами і т.п. завжди чинить згубний вплив на стан забезпечення електричною енергією споживача. Аналогічно, передача електричної енергії відбувається зі збоями, що пов'язано, перш за все, з падіннями дерев або їх окремих частин на лінії електропередачі, опори даних ліній; появою лісових пожеж; погіршенням передачі електричної енергії в цілому.

Об'єктом даного дослідження є передача електричної енергії через складні природні умови. До таких умов, як було вказано вище, відносимо зарослу лісисту місцевість, посадки, водойми тощо.

Предметом даного дослідження є негативний вплив складних природних ситуацій на стан електричної мережі та запобігання його прояву.

Тому, актуальність розглянутого питання є досить обґрунтованою з точки зору покращення умов функціонування системи електропостачання району однієї з обласних територій держави.

## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ПИТАННЯ

Можливість покращення стану системи електропостачання полягає не лише в безпосередньому покращенні ефективності функціонування шляхом підвищення основних параметрів, а і окремо в підвищенні надійності системи. Під останнім з тверджень мається на увазі зменшення вірогідності аварійних ситуацій та відключень в системі електропостачання.

Значимість питання значно підвищується з урахуванням сучасних вимог ЄС та інших законодавчих органів. Слід зауважити, що стан електроенергетики залежить одразу від різних характерних особливостей. Цими особливостями можна вважати і клімат району електропостачання, і характер ґрунтів, і кількість та потужність споживачів, і різного роду наявні на території району електропостачання будівлі та лісові насадження.

У зв'язку з вище сказаним, актуальність питання покращення стану електричних мереж, тобто шляхом підвищення їх надійності є досить обґрунтованим рішенням. Полягає воно в безпосередньому пошуку сучасних рішень щодо виявлення та знешкодження аварійних ситуацій в системі електропостачання окремо взятого району.

Районом електропостачання, що розглядатиметься в даній роботі, обрану частину Охтирського району Сумської області. Даний район електропостачання є досить розгалуженим. Окрім того, район характеризується великою кількістю різного роду споживачів. Мається на увазі різноманітність як за потужністю, так і за видом виконуваних робіт в районі електропостачання тим чи іншим споживачем електричної енергії.

Нижче, на рисунку 1.1, зображено район електропостачання, що межує безпосередньо з районним центром. Даним районом є село Чернеччина. Село розташовано на правому березі р. Ворскли. Знаходиться за 9 км від міста Охтирки, районного центру, та за 12 км від потужної залізничної станції Охтирка.

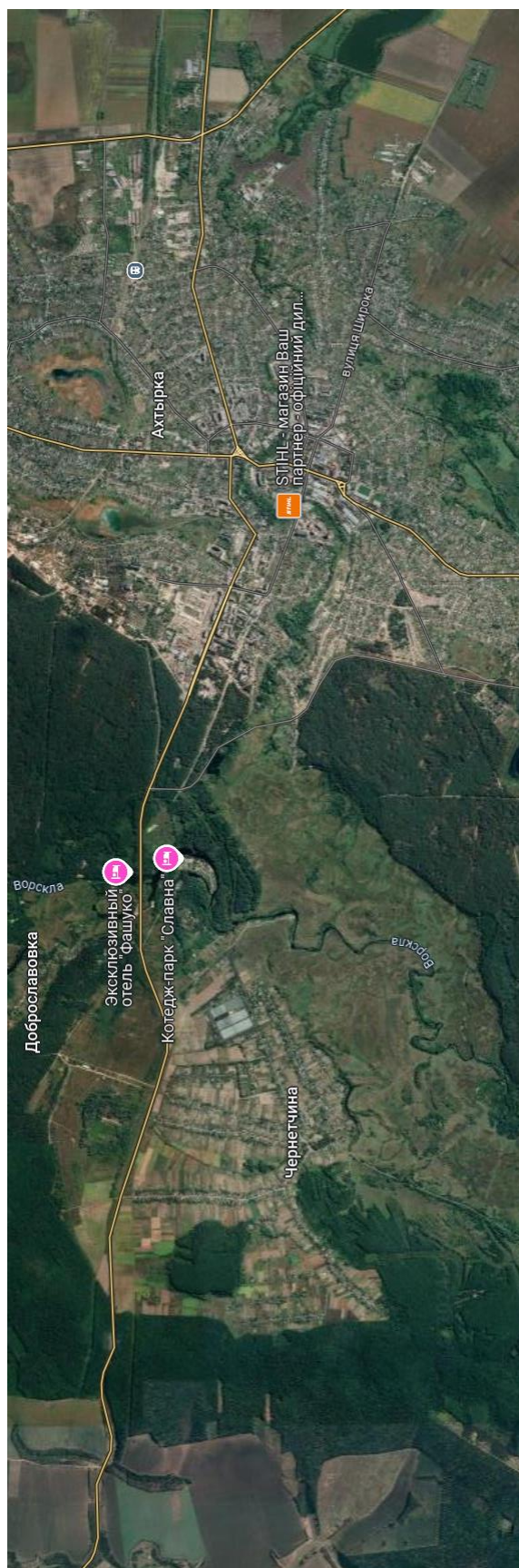


Рисунок 1.1. Район села Чернетчина Охтирського району Сумської області

Проаналізований район слід розглядати як розгалужену сітку споживачів. Як було указано вище, даний район електропостачання знаходиться досить близько до районного центру – міста Охтирки.

На території селищної ради працюють понад:

- 9 магазинів;
- 3 кафе;
- 1 амбулаторія ЗП сімейної медицини;
- 2 бібліотеки;
- загальноосвітня середня школа;
- стаціонарне відділення тер центру;
- ДНЗ «Чайка»;
- олійниця;
- млин, тощо.

Серед представників осередку сільськогосподарського призначення, тобто виконання сільськогосподарських робіт на земельних ділянках, наявні АФ СТОВ «Промінь», а також ПСП «Надія» [1].

В результаті, до складу зазначеної Чернеччинської сільської ради входять 7 населених пунктів, серед яких:

- Чернеччина — 1658 люд.;
- Риботень — 103 люд.;
- Доброславівка — 111 люд.;
- Журавне — 274 люд.;
- Попелівщина — 68 люд.;
- Ясенове — 349 люд.;
- Борзівщина — 16 люд [1].

Від 12 червня 2020 року, у відповідності з розпорядженням Кабінету Міністрів України № 723-р з назвою «Про визначення адміністративних центрів та

затвердження територій територіальних громад Сумської області», дане село входить в склад Черниччинської сільської громади [2].

Від 19 липня 2020 року, у результаті проявленої адміністративно-територіальної реформи і ліквідації як такого Охтирського району (1923-2020 р.р.), село Чернеччина увійшло до структури новоутвореного Охтирського району [3].



Рисунок 1.2. Розташування с. Чернеччина на карті відповідно України та Сумської області

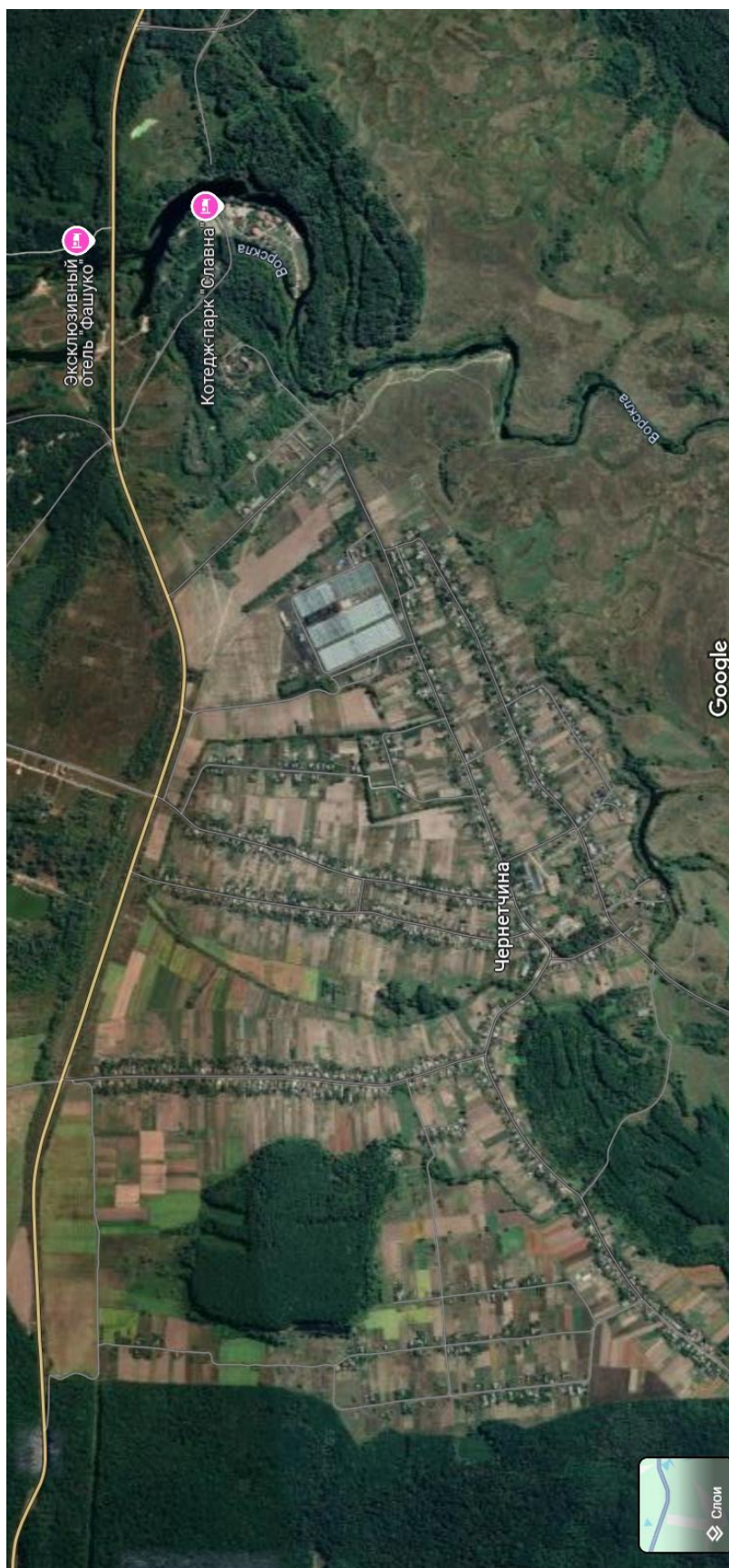


Рисунок 1.3. Село Чернетчина Охтирського району

Навіть не розглядаючи більш детально карту села, зображену на рисунку 1.3, є досить зрозумілим розташування великої кількості споживачів електричної енергії поряд з лісовими масивами та посадками. Більш детальний огляд таких територій буде здійснено окремо в розділі 3 даної роботи. Натомість, слід зауважити, що безпосереднє розташування споживачів електричної енергії поряд з лісовими насадженням означає і контакт ліній електропередач з даними масивами. Такі лінії електропередачі слугують для живлення споживачів електричною енергією.

В даній роботі розглядається можливість зменшення негативного впливу на систему електропостачання частини Охтирського району – села Чернеччини шляхом виявлення та знешкодження контакту повітряних ліній 10 кВ, що розташовані поруч з лісовими масивами.

Негативна дія описаного вище явища характеризується:

- погіршенням стану системи електропостачання в цілому;
- збільшенням негативного впливу на стан електропостачання;
- збільшенням негативного впливу на живі організми;
- збоями в передачі електричної енергії споживачам;
- високою пожежонебезпекою;
- частими виїздами ремонтних та обслуговуючих бригад на місця вимикання живлення через аварійні ситуації.
- інші.

Основними осередками представленого негативного впливу вважаються:

- подіння дерев та інших рослин та рослинних залишків на проводи лінії електропередачі та їх опори;
- контактування тварин, особливо птахів з лініями електропередачі, що межують безпосередньо з лісовими масивами та посадками;
- неможливість якісного та належного обслуговування ліній електропередачі відповідними бригадами через важку доступність до них;

- порівняно погана видимість, можливість просування дорогами загального сільського користування та інші.

Функція належного догляду за станом системи електропостачання покладається на райони електричних мереж. Окремо, слід зауважити контроль за насадженнями в лісовій місцевості, а також у посадках за лісовими господарствами, що є також державними структурами. Крім того, місцеві органи влади також ведуть контроль за порядком та дотриманням необхідних санітарних умов на всіх підвласних даній сільській раді територіях.

Однак, основна функція контролю за станом ліній електропередачі покладається на представників органів об'єднаної енергетичної системи. Мається на увазі указана вище структура – РЕМ, а також основний орган, що функціонує в обласному центрі – облэнерго. Така система контролю реалізується на всій території України. На території Сумської області даною установою є АТ СумиОблЕнерго.

Указаними структурними підрозділами має здійснюватися не лише контроль за станом та дотриманням необхідних умов поряд з лініями електропередачі, указаними вище. Даними структурами обов'язково має реалізовуватися функція оголошення щодо проведення ремонтних та обслуговуючих робіт на території району електропостачання, попереджень, рекомендацій тощо (рисунок 1.4).

Виконання будь-яких операцій щодо ремонту, обслуговування або відновлення ліній електропередачі відбувається у строгій відповідності з графіками, розробленими відповідними відділами. На кожен з бригад є окремо визначені наряди та розроблені рафіки у відповідності з сіткою проведення тих чи інших технологічних операцій. Тому, функції контролю за виконанням даних робіт покладено на вищі органи державної структури, а попередження щодо виконання даних операцій, які мають надходити до споживачів, публікуються на офіційному сайті постачальника електричної енергії, а також відповідних сайтах територіальної громади або міських сайтах.



Рисунок 1.4. Виконання функцій попередження споживачів електричної енергії АТ СумиОблЕнерго

Серед представлених на рисунку 1.4. оголошень найбільш частими є оголошення щодо аварійних або планових відключень електричної енергії. Пов'язано це впродовж уже понад 2,5 років з важкою ситуацією в енергетичній системі усієї країни вцілому. Тому, виконання функцій оголошення щодо відключень як по причині аварійних ситуацій, так і планово, є досить важливим елементом в інформуванні споживачів електричної енергії кожного з районів електропостачання країни.

## РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ТА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Збитки, що завдаються устаткуванню по передачі і розподілу електричної енергії в різних регіонах, вважаються невіддільними від ерозії, що відбуваються внаслідок стихійних й штучних лих, що впливають на регулярне електропостачання електричної мережі й типове споживання електричної енергії користувачами. Тому, дослідження у галузі технологій з прогнозування ризиків відмов обладнання в передачі й розподілі електричної енергії за різних лих вважаються все більш важливими з метою підвищення надійності електромережі [4].

Електромережа вважається складною мережевою системою й проблему з управління каскадними лихами відносять до проблеми з управління ризиками для складної системи. Аварійні ж системи електромереж стикаються із кількома труднощами в моменти каскадних катастроф:

- поганий зв'язок;
- низька ситуаційна інформованість;
- недостатнє резервне живлення;
- розподіл ресурсів;
- складні взаємозалежності;
- логістичні обмеження;
- оповіщення громадськості.

Повільні реагування вважаються ризиками в ризиках критично важливих операцій та водночас перешкодою в швидкому розгортанню ресурсів — все це вважають наслідками цих проблем. Пошук в існуючих проблем для аварійної системи електромережі з метою покращення аварійних можливостей вважається суттєвим засобом по зниженню ризиків відмови і суттєвою проблемою для практичної значимості [5].

Від усунення давніх проблем для аварійної системи в електричній мережі залежать:

- підвищення готовності;
- зниження ризиків;
- стійкість;
- розподіл ресурсів;
- громадська безпека.

Одним зі способів по зниженню серйозності катастроф і визначенню пріоритетів по інвестиціям в уразливих регіонах є усунення вразливості обладнання, а також старої інфраструктури і недостатніх для сучасних вимог якості і надійності методів обслуговування. Більшість з існуючих досліджень по потенціалу реагування на надзвичайні ситуації показують індикатори по оцінці потенціалу реагування для надзвичайних ситуацій із позитивної точки зору, а вже потім ними оцінюються потенціали з реагування по надзвичайним ситуаціям за рахунок комплексних показників і ваг з метою виявлення і покращення проблем із потенціалом [4-5].

В моменти по виборах найкращого параметру з метою діагностики збоїв по реагуванню на стихійні лиха у електромережах серед основних критеріїв визначають:

- точність;
- надійність;
- швидкість;
- ефективність;
- значимість ознак;
- інтерпретованість;
- масштабованість;
- обмеження ресурсів;
- аналіз чутливості.

Цілями визначається максимізація з точності, підтримки стабільності і забезпечення по прийняттю рішень в режимі реального часу в моменти катастрофічних ситуацій.



Рисунок 2.1. Вплив зарослих лісів та посадок на стан ліній електропередачі

Президентськими комісіями багатьох країн світу по захисту критичної інфраструктури у своїх звітах указано, що енергетична система, як ключової слабкої ланки в планах по запобіганню катастрофам, вважається однією із восьми критичних інфраструктур в національній безпеці. Після ушкоджень катастрофами її ланцюгові реакції серйозно вплинуть на соціальну економіку.

Ліси, що є осередком для диких тварин й джерелом кисню, води, а також ліків, продовольства, екосистемних послуг і економічних вигод, стають під загрозою для різних катастроф. Основними з руйнівних факторів вважаються ушкодження шкідниками і лісові пожежі [6].

Масові ризики, яким піддається система електропостачання, мають бути знешкоджені в найкоротші терміни. Мається на увазі, реагування на аварійні

ситуації в системі електропостачання. Обрані для аналізу райони піддаються різного роду аварійним ситуаціям. Однак, лісиста місцевість, перш за все, є осередком падіння деревини на опори ліній електропередачі та безпосередньо на провідники. Тому, знешкодження аварійної ситуації має відбуватися якомога швидше.



Рисунок 2.2. Знешкодження аварійних ситуацій при контактуванні зарослих масивів з лініями електропередачі

### РОЗДІЛ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ СИСТЕМИ

Представлений в розділі 1 район електропостачання – частина Охтирського району, село Чернеччина. В тому ж розділі в загальному розумінні показано вигляд району електропостачання з карт – рисунки 1.1 та 1.3. Більш детально даний район є можливість зобразити нижче на рисунках 3.1 та 3.2.

Такі зображення району електропостачання – рисунки 3.1 та 3.2 є досить доцільними з точки зору аналізу завантаження району споживачами електричної енергії поруч з густо засадженими лісовими масивами та посадками.

Згідно статті 19 ЗУ «Про електроенергетику», що відображається в редакції від 16.10.1997 р. № 575/97-ВР указано, що у охоронних зонах для електричних мереж і, обов'язково, інших особливо важливих об'єктів в електроенергетиці діє ряд обмежень, що передбачений законодавством України по використанню земель. Для прикладу, розміщення споруд і інших об'єктів у охоронних зонах для наявних електричних й теплових мереж без здійснень різного виду передбачених нормативно-технічною документацією технічних заходів з безпеки не є допустимим.

У відповідності до пункту 5 у Правилах з охорони електричних мереж, які затверджено Постановою Кабінету Міністрів України 04.03.1997 р. № 209 охоронними зонами електричних мереж встановлено:

вздовж повітряних ліній електропередач – в якості земельної ділянки й повітряного простору, що обмежені вертикальними площинами, які віддалено по обидві зі сторін лінії з крайніх проводів при умові невідхиленого для їхнього положення на відстані:

для повітряних ліній напругою відповідно

2 м. - до 1 кВ

10 м. - до 20 кВ

15 м. - 35 кВ

20 м. - ПО кВ

25 м. - 150, 220 кВ

30 м. - 330, 400, 500, +/- 400 кВ

40 м. - 750 кВ;

вздовж переходу повітряних ліній електропередач по водоймам (річкам, каналам, озерам та іншим) – в вигляді визначеного повітряного простору по поверхні водоймищ, що є обмеженим вертикальними площинами. Такі площини мають бути віддаленими по обидві зі сторін лінії з крайніх проводів при умові невідхилення їх положень для судноплавних водоймищ і на відстані 100 метрів, у несудноплавних – в відстані, передбачені для встановлень охоронних зон вздовж ПЛ електропередачі, які проходять по суші.

Внаслідок цього, згідно з указаним Законом, кожен з видів насаджень має бути огороженим окремо від ліній електропередачі. Такий вид розмежування маєтєся на увазі не в прямому сенсі – розмежування парканом, а з визначеними у законодавстві, нормативах та правилах – відстанять рослин від ліній електропередачі.

В черговий раз, підтверджуючи актуальність представленого дослідження, стає зрозумілим за умови аналізу рисунків 3.1 та 3.2, що розташування споживачів електричної енергії є досить близьким до лісових масивів, посадок, водоймих тощо. Крім того, згідно з представленою аналогією не складно перерахувати основні об'єкти системи електропостачання для району електропостання, що межуть з даними природніми об'єктами:

- лінії електропередачі;
- трансформаторні підстанції;
- засоби освітлення, сигналізації та інші.



Рисунок 3.1. Частина с. Чернечина Охтирського району

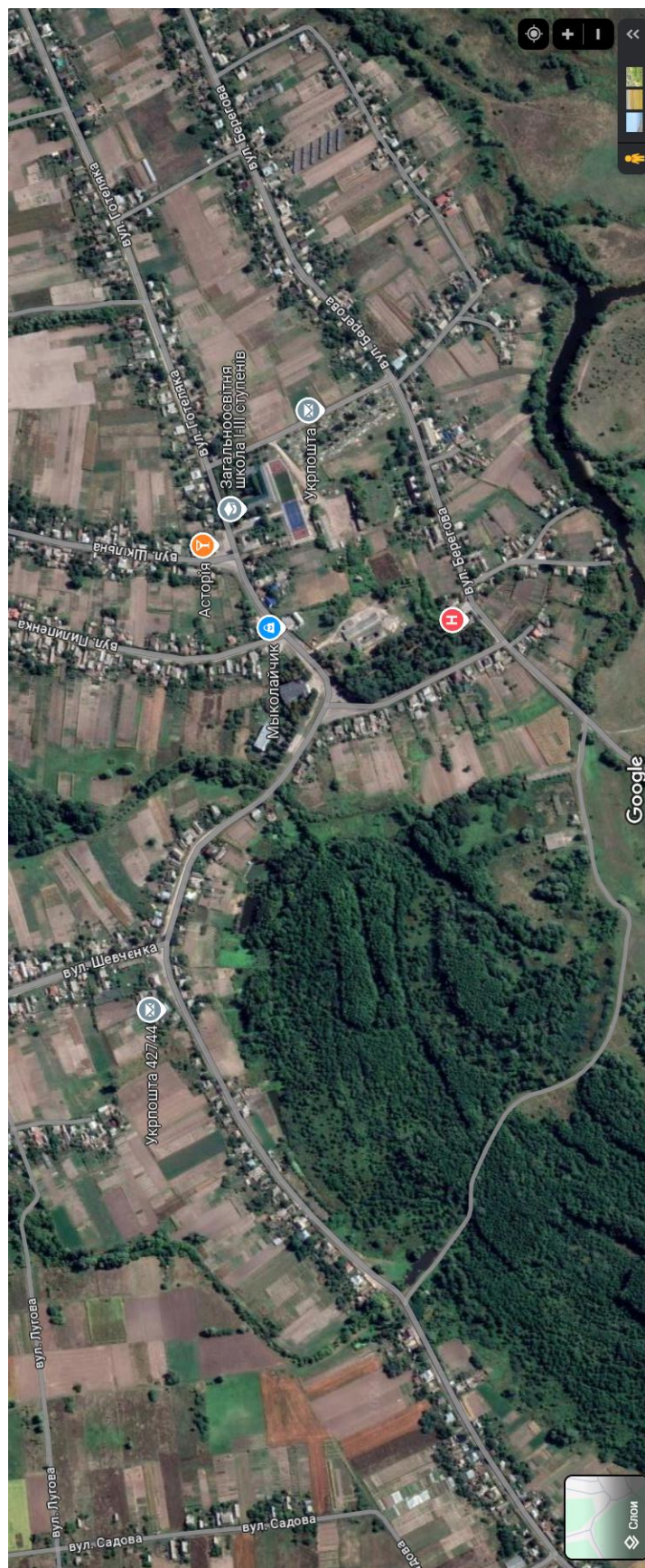


Рисунок 3.2. Частина с. Чернеччина Охтирського району

Вздовж повітряних ліній електропередач по периметру трансформаторних підстанцій, а також розподільчих пунктів й пристроїв, які знаходяться в лісових і інших зелених територіях, прокладаються просіки у відповідності з:

- в насадженнях для низькорослих порід деревини, що визначені висотою до 4 м, - шириною, що є не меншою за відстань між розташованими крайніми проводами для конкретної повітряної лінії електропередач плюс 6 м. Останнім числовим значенням визначено розподіл по 3 м. для кожного з боків від крайніх до гілок дерев проводів. При умові проходжень повітряних ліній електропередач по території фруктових садів із насадженням з висотою, що становить показник до 4 м, - прокладання просіки не є обов'язковим;
- в насадженнях із висотою, що складає понад 4 м, - завширшки має бути відстань не меншою за відстань між визначеними крайніми проводами, а також плюс відстань, яка дорівнюватиме середній висоті для існуючого виду насадження в основного лісового масиву по кожних з боків від крайнього проводу для повітряної лінії електропередач. Слід підкреслити, що окремі дерева чи їх групи, що ростуть по краям просіки, підлягатимуть вирубці у визначеному порядку, який трактується: якщо їх висота перевищуватиме відстань згідно з горизонталлю від гілок дерев і аж до проводів для повітряної лінії електропередач;
- в міських і районних парках, а також скверах і лісопарках, протиерозійних і приполонинних, байрачних лісах, у також особливо цінних лісових масивів, лісах для визначених степових, лісостепових і гірських районів, що мають важливі значення з метою захисту навколишнього середовища, у лісах для населених пунктів і лісових зон округів для санітарної охорони лікувально-оздоровчої території необхідним є забезпечення такої ширини просіки, аби відстань від проводами під час найбільших відхилень до гілок дерев за горизонталлю була не меншою за 2 м. для повітряних ліній зі ступенем напруги

20 кВ, 3 м. відповідно для ступеня напруги 35 - 110 кВ, 4 метри - 150 - 220 кВ, 5 метрів, тощо;

- 330 - 500 кВ, 8 метрів - 750 кВ.

Просіки в повітряних лініях електропередач, що проходять по лісовим масивам і іншим зеленим зонам, мають триматись в пожежобезпечному стані у відповідності з силами того підрозділа, в віданні якого перебувають дані лінії.

Розчищення просіки здійснюється енергопідприємствами, в віданні яких перебуває повітряна лінія електропередачі. В разі взаємних домовленостей, - підприємствами, організаціями, приватними особами, в власності й користуванні яких наявні дані лісові масиви, а також парки, заповідники, сади і інші багаторічні насадження, у відповідності із порядком, що є визначеним енергопідприємством.

В разі процесу самочинної посадки підприємствам чи приватним особам деревини й інших видів багаторічного насадження у охоронній зоні для електричних мереж роботи із приведення в належний стан просік виконують з врахуванням затрат цих підприємств або фізичних чи юридичних осіб.

Виконання різного роду заходів щодо підвищення надійності системи електропостачання шляхом зменшення вірогідності виходу з ладу повітряної лінії виконуються різними способами. Проте, одним із ключових та сучасних методів вважається масове та поодинокі встановлення спеціального електротехнологічного обладнання. Мова іде про використання реклоузерів (рисунок 3.3.). В даному випадку розглянуто можливість встановлення такого обладнання саме для ліній 10 кВ.

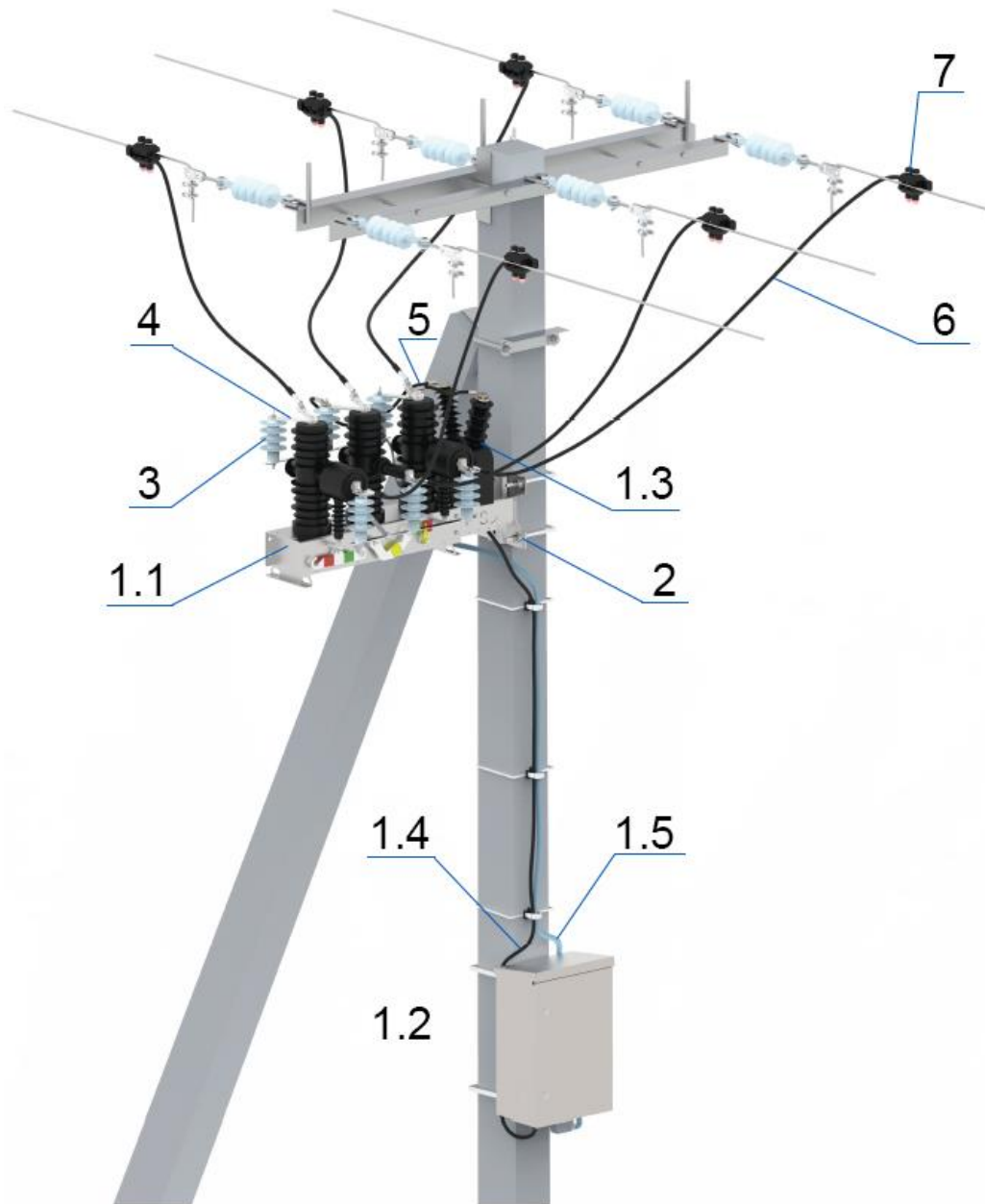


Рисунок 3.3. Комплект обладнання та структурних елементів для установки реклоузера 10 кВ SiAR12. 1 - Автореклоузер AR12: 1.1 - комутаційний модуль; 1.2 – шафа для керування та захисту; 1.3 - трансформатор для власних потреб VT10/0,22-300; 1.4 - контрольний з'єднувальний кабель; 1.5 - кабель оперативного живлення трансформатора власних потреб; 2 - кронштейн для вакуумного вимикача та трансформатора; 3 – обмежувач перенапруг класу ДН; 4 - комплект шин ОПН; 5 - кабель підключення трансформатора; 6 - Шлейф СІП-3-20 1x95 мм<sup>2</sup> для під'єднання комутаційного модулю до кіл високої напруги; 7 - односторонній зажим NTD 28401

Основні функціональні можливості реклоузерів:

- відокремлення пошкоджених ділянок, а також збереження живлення на не пошкоджених ділянках з урахуванням часострумкових уставок;
- забезпечення дотримань по номінальним параметрам мережі в інтервалах напруги, частоти;
- обмеження перетікань потужності в показниках, визначених понад нормовані величини у автоматичному режимі, що реалізується як без втручання людини у процес відновлень режиму після процесу ліквідації аварійної ситуації;
- пружинним механізмом приводу здійснюється ввімкнення або вимкнення під напругою оперативною штангою;
- вимірювання струму – за рахунок використання в конструкції трансформаторів струму;
- підвищена ізоляція;
- відкрите розташування полюсів – забезпечення відсутності ризиків дугових розрядів у корпусі;
- ремонтпридатність.

Серед каналів зв'язку наявними є:

- GSM;
- GPRS;
- LAN;
- 433 МГц.

Відповідність усіх параметрів телемеханіки для реклоузерів контролюється міжнародним стандартом ІЕС 62271-111 (рисунок 3.4).

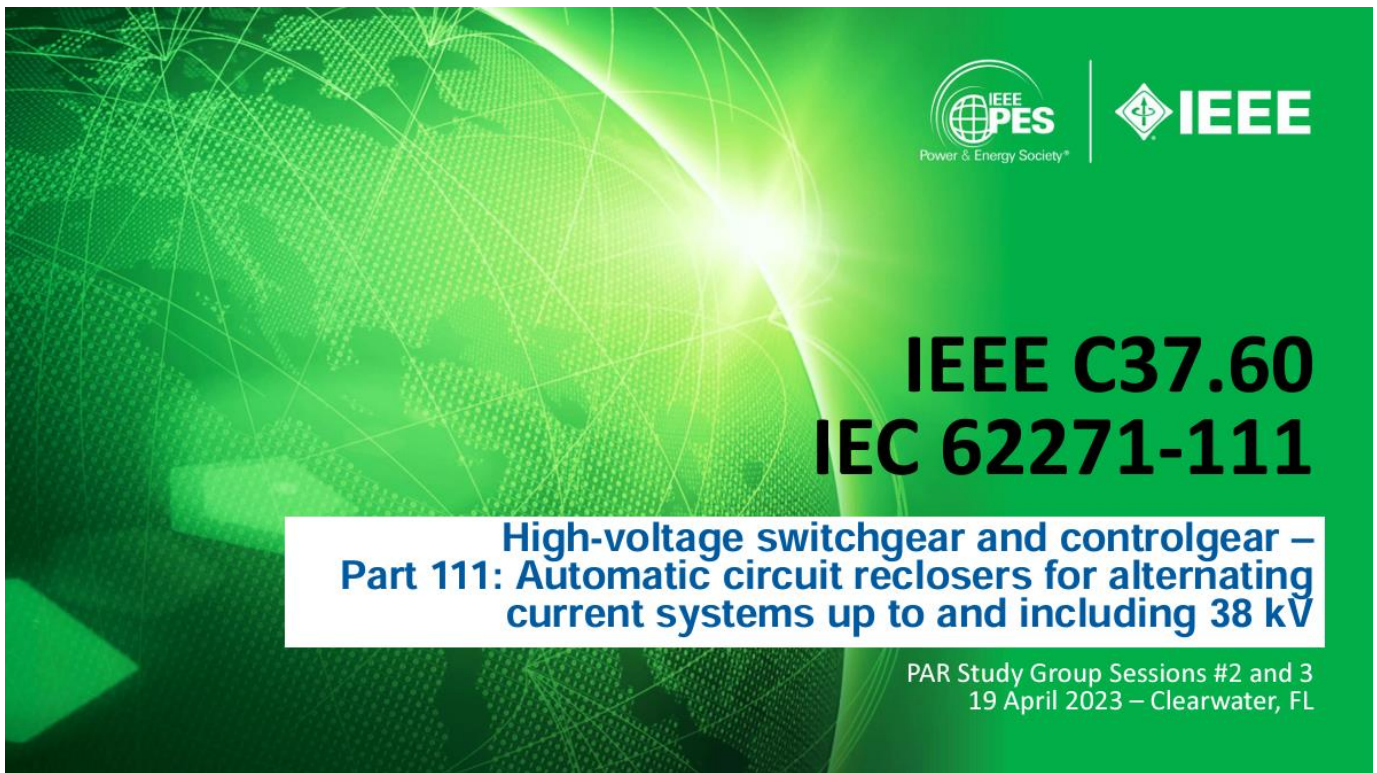


Рисунок 3.4. ДСТУ ІЕС 62271-111:2016. Пристрої контрольні розподільчі високовольтні. Частина 111. Пристрої автоматичного повторного включення та аварійні вимикачі для систем змінного струму до 38 кВ

Функціонально реклозером здійснюються одночасно:

- моніторинг;
- керування;
- функції по захисту;
- зберігання даних і зв'язок.

Якщо говорити безпосередньо про моніторинг, то під даною функцією мається на увазі контроль за справністю схеми керування, контроль VS:

- контроль по датчикам напруги;
- контроль по трансформаторам власних потреб, працюючих в режимах вимірювання напруги.

Під функціональними можливостями контролю також мається на увазі:

- блокування автоматичного повторного включення;
- можливість здійснення керування як автоматичного, так і ручного.

Серед функцій поточного контролю наявні:

- лінійні значення по струмам і напрузі, а також напрямок протікань струмів;
- вихідна напруга РТ;
- частота;
- напрямок струмів для лінійних та фазних значень напруги;
- показник повної потужності та коефіцієнту потужності;
- активна і та реактивна потужність;
- запис спожитої електричної енергії;
- струм і напруга для прямої послідовності;
- струм і напруга для зворотної послідовності;
- напруга для нульової послідовності;
- стан бінарних вводу/виводу.

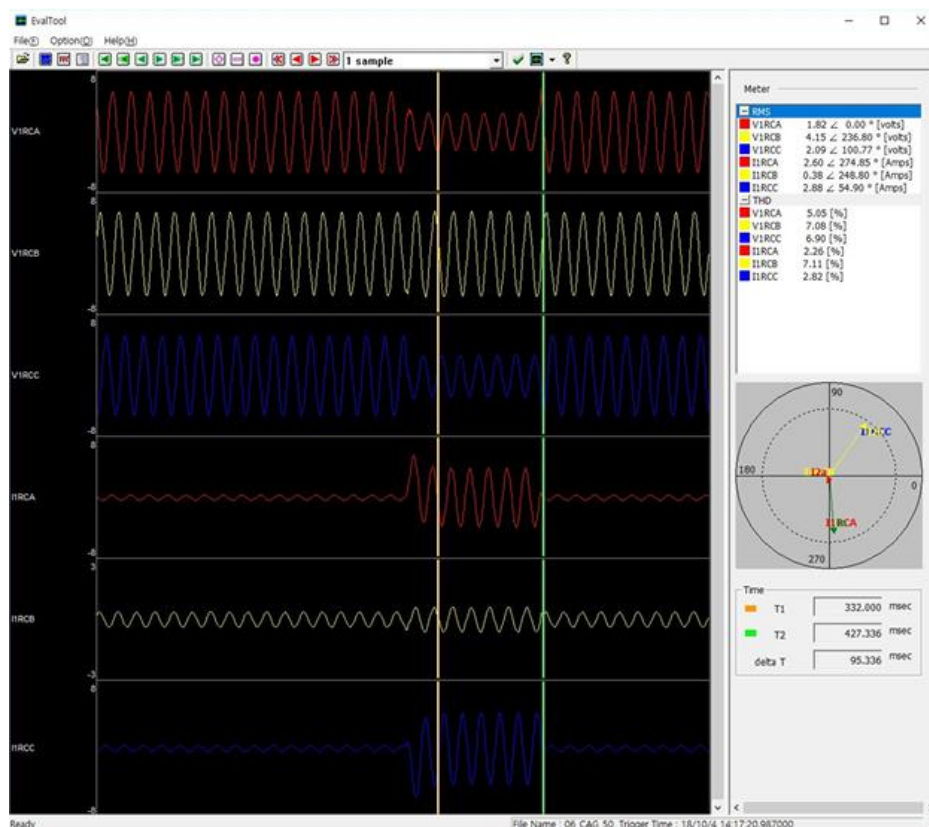


Рисунок 3.5. Відображення основних параметрів системи

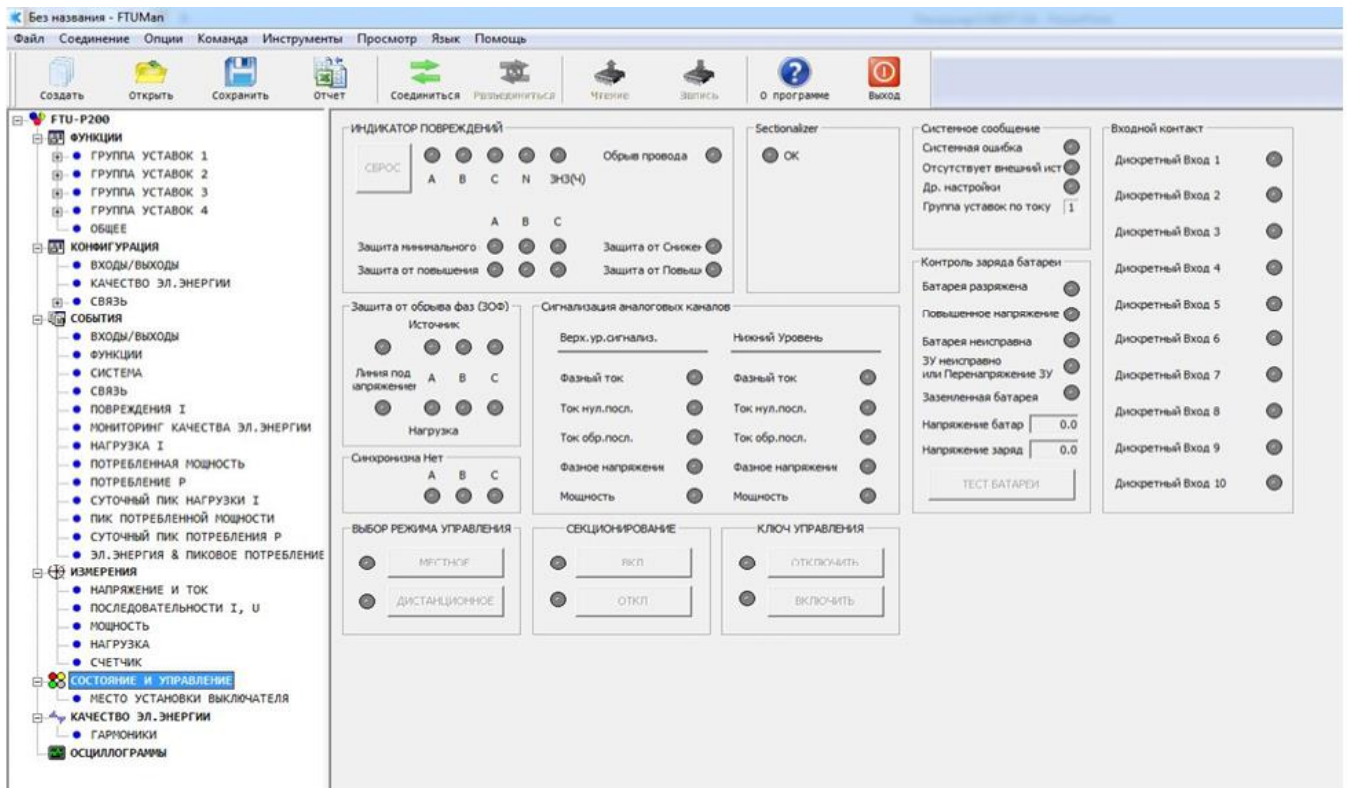


Рисунок 3.6. Програмне забезпечення з метою під'єднання комп'ютерів

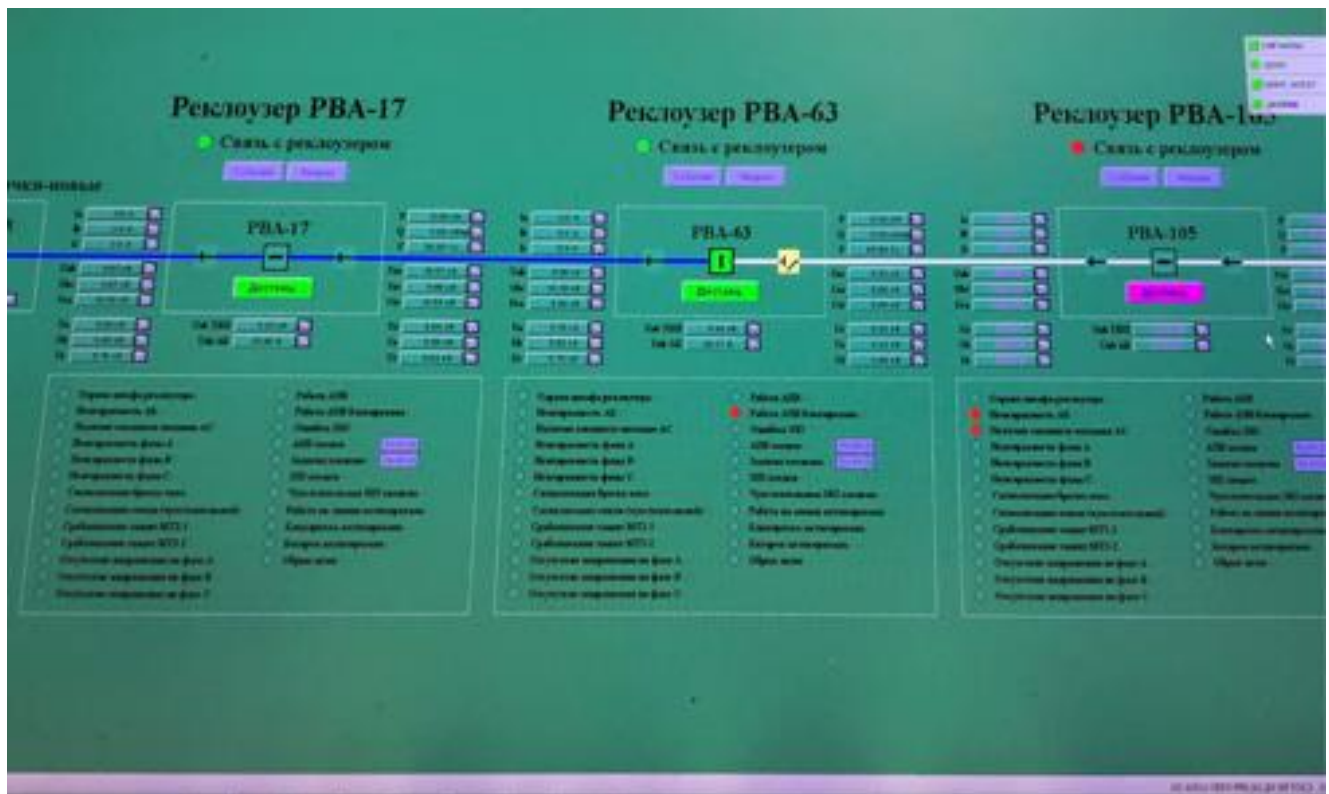


Рисунок 3.7. Відображення даних з кількох реклоузерів на одному комп'ютері

В результаті, комплекс заходів щодо підтримання надійності в функціонуванні електричної мережі для указанного району електропостачання є можливість реалізувати за рахунок використання реклоузерів. Таке технологічне рішення дає можливість:

- зменшення затрат на контроль за перебігом процесу електропостачання споживачів на окремо визначених ділянках системи електропостачання;

- пришвидшення процесу виявлення несправності окремих точок в системі електропостачання;

- покращення рівня безпеки як для людини та живих організмів, так і вірогідності аварійних ситуацій внаслідок певних попередніх несправностей або критичних ситуацій;

- автоматизації процесів передачі, контролю, забезпечення безпеки та виявлення несправностей в системі електропостачання.

## РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Система енергопостачання - цілий комплекс установ та структурних підрозділів по забезпеченню безперебійного та якісного постачання споживачів електричною енергією. В залежності від району, є ті чи інші види робіт, які проводяться в електроустановках. До таких видів робіт у системі електропостачання району, що розглядається, - частині міста Тростянець, віднесемо:

- ремонтні роботи;
- обслуговування;
- монтаж та налагодження;
- сертифікація;
- перевірка.

Такі види робіт є одними з ключових в таких структурних частинах району, як трансформаторні підстанції і лінії електропередачі. Визначено, що значна частина ліній електропередачі уже не відповідає вимогам, які ставляться відповідним законодавством, а також стандартами та нормами, а тому роботи по їх реконструкції або заміні є актуальними. Наприклад, в силу свого віку, опора уже втрачає певні свої характеристики, що є основними для її безпечного та якісного функціонування. Крім того, у зв'язку із подіями цього року, багато систем електропостачання зазнали аварійних ситуацій або взагалі не підлягають відновленню. Тому, актуальність робіт в системі електропостачання регіону, який розглядається, стає ще більшою.

Якісне обслуговування системи електропостачання базується на користуванні сучасними засобами та інструментами, а також методикою проведення тих чи інших видів робіт з електроенергетичними установками системи.

Тому, у даному розділі пропонується розглянути негативний вплив на людину монтажних, ремонтних, налагоджувальних або обслуговуючих робіт в установках електропостачання району, який розглядається.

Серед головних ризиків для здоров'я людини слід виділити такі:

- дія електричного струму;
- магнітні поля;
- надмірний шум;
- вібрації високої амплітуди;
- контактування із обладнанням високої температури, що нагрівається як по причині робіт із ним, так і внаслідок роботи в несправному стані;
- робота із небезпечними речовинами, такими, як мастило;
- зварювальні та інші види робіт, що характеризуються одразу і дією електричного струму, і підвищеними температурами, і шумом, і магнітним полем, і вібраціями;
- роботи високої тяжкості - транспортування, установка та затяжка/складання обладнання.

Слід відмітити, що перераховані небезпеки є постійними внаслідок роботи з електроустановкою. Кожна з них проявляється по-різному, однак основними з наслідків для здоров'я людини є:

- погіршення розумової та фізичної діяльності;
- алергії;
- опіки;
- головний біль;
- погіршення роботи органів чуття;
- нервові розлади та захворювання нервової системи;
- захворювання серцево-судинної системи;
- втрата активності чи сил.

Як бачимо, велика кількість негативних наслідків, що є далеко не повністю перерахованими, дає цілком об'єктивне висвітлення небезпеки при роботі з установками в системі постачання споживачів якісною електричною енергією.

Однак, за правильного підходу до забезпечення безпеки для людини, що контактує з таким видом обладнання, є можливість уникнення такого виду проявів дії

електричного струму на здоров'я людини. До основних способів, щоб запобігти прояву такого впливу, відносяться:

- використання перчаток;
- використання захисних окулярів;
- використання спец. одягу;
- використання обладнання, що є більш безпечним для користування;
- додаткові засоби захисту.

За умови такого підходу є реальна можливість зменшити вплив на людину негативного впливу електроенергетичних установок, ліній електропередач, та пристроїв, що обслуговуються в системі електропостачання.

## РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ РОЗРАХУНКИ ТА ПОКАЗНИКИ ПРОЕКТУ

З метою контролю за системою електропостачання села Чернеччина є доцільність приведення техніко-економічних показників, специфіка яких полягає в належному догляді за системою та її умовами функціонування.

Розрахунок затрат для стратегії по належному догляду за системою електропостачання здійснимо за такою схемою:

Структура капіталовкладень  $K$  ділиться на три основні елементи:

$$K = K_{об} + K_{бмр} + K_{ін}, \quad (1)$$

де:  $K_{об}$  – капіталовкладення на придбання устаткування;

$K_{бмр}$  – капіталовкладення на виконання будівельно-монтажних робіт;

$K_{ін}$  – капіталовкладення на інші види робіт, що не передбачені в  $K_{об}$  та  $K_{бмр}$ .

Розглянемо більш детально кожен із даних складових по певному переліку позицій.

Витрати  $K_{об}$  включають вартість:

- обладнання, яке потребуватиме монтажні роботи (попередні складання, встановлення й налагоджень);

- обладнання, яким не передбачено монтаж;

- необхідні КВП та інструмент.

Знаходимо капіталовкладення:

$$K_{об} = \sum n, \text{ грн} \quad (2)$$

$$K_{об} = 181000 + 6520 + 8650 = 196170 \text{ грн}$$

Капіталовкладення для виконання будівельно-монтажних робіт  $K_{\text{бмр}}$  включають:

- витрати в будівництво нових, розширення, реконструкції й технічного переозброєння постійної і тимчасової будівель та споруд;
- монтаж конструкцій і обладнання;
- спорудження інфраструктури та комунікацій.

$$K_{\text{бмр}} = \frac{K_{\text{об}}}{3}, \text{ грн} \quad (3)$$

$$K_{\text{бмр}} = \frac{196170}{3} = 65390 \text{ грн}$$

Інші витрати  $K_{\text{ін}}$  включають вартість:

- проведення науково-дослідної роботи;
- виконання проектно-вишукувальної роботи;
- здійснення технічного та авторського контролю за будівництвом;
- підготовку персоналу об'єкту будівництва.

$$K_{\text{ін}} = \frac{K_{\text{об}}}{7} \cdot 100, \text{ грн} \quad (4)$$

$$K_{\text{ін}} = \frac{196170}{7} \cdot 100 = 28024 \text{ грн}$$

Знаходимо загальну суму капіталовкладень:

$$K = 196170 + 65390 + 28024 = 289\,584 \text{ грн}$$

## ВИСНОВКИ

В даній роботі розглянуто одне з важливих питань функціонування системи електропостачання окремої частини – села Чернеччина Охтирського району. Актуальність питання досить обширно висвітлена у першому розділі роботи. Указано, що за рахунок підвищення надійності функціонування системи є можливість покращення її ефективності. З цим пов'язані:

- менша кількість відмов;
- менша кількість аварійних ситуацій;
- порівняно менші затрати на виїзди ремонтних та обслуговуючих бригад;
- вдосконалення системи електропостачання в цілому;
- покращення безпеки як для людини, так і для навколишнього середовища та стану системи.

Встановлено взаємозалежність виконання функціональних завдань різними структурними органами щодо виконання ремонтних робіт, а також попередження споживачів електричної енергії щодо виконання таких робіт, відключення електричної енергії, тощо.

У другому розділі на прикладі закордонного досвіду та відповідних статей проаналізовано некоректні та несучасні підходи в виявленні аварійних ситуацій в системі електропостачання, пов'язаних з функціонуванням системи в лісовій місцевості, посадках, поблизу водойм і т. п.

У третьому розділі роботи, базуючись на міжнародних нормах та стандартах, висвітлено залежну систему організації підходів щодо нормування відстаней в лісовій місцевості та посадках з лініями електропередачі та опорами, по яких їх прокладено. Також указано вектори відповідальності, яка несеться за організацію даних робіт відповідними структурами, у тому числі в разі порушень таких норм або самовільного насадження рослин, тощо.

В такий спосіб встановлено, що організація передачі електричної енергії є можливою у тому числі і поруч з лісовою місцевістю, але, обов'язково, за умови виконання усіх норм та правил щодо відстані лісу від ліній електропередачі.

Як варіант автоматизованого контролю за перебігом процесу передачі електричної енергії розглянуто функціональні особливості реклоузерів. Перераховано їхні основні можливості та переваги і розглянуто можливість їх функціонування в системі електропостачання указанного району.

Отже, виконання усіх належних норм та правил є можливим лише за умови якісного функціонування системи у відповідності з міжнародними стандартами.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Чернечина (Охтирський район). Електронний ресурс. URL: [uk.wikipedia.org/wiki/Чернечина\\_\(Охтирський\\_район\)](http://uk.wikipedia.org/wiki/Чернечина_(Охтирський_район))
2. Розпорядження Кабінету Міністрів України № 723-р «Про визначення адміністративних центрів та затвердження територій територіальних громад Сумської області». [kmu.gov.ua](http://kmu.gov.ua)
3. Постанова Верховної Ради України від 17 липня 2020 року № 807-ІХ «Про утворення та ліквідацію районів»
4. Liu, J., Xu, Z., Fan, W., Wang, Y., & Mo, W. (2024). The combination mode of forest and SVM for power network disaster response failure identification. *Comput. Electr. Eng.*, 117, 109255. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109255>
5. Zhang, H., Zhang, S., Cheng, H., Li, Z., Gu, Q., & Tian, X. (2022). Boosting the power grid resilience under typhoon disasters by coordinated scheduling of wind energy and conventional generators. *Renewable Energy*. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.10.004>
6. Liu, J., Xu, Z., Fan, W., Wang, Y., & Mo, W. (2024). The combination mode of forest and SVM for power network disaster response failure identification. *Comput. Electr. Eng.*, 117, 109255. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2024.109255>
7. ДСТУ 2980-95 Культури лісові. Терміни та визначення
8. Akıncı, H. (2022). Assessment of rainfall-induced landslide susceptibility in Artvin, Turkey using machine learning techniques. *Journal of African Earth Sciences*. <https://doi.org/10.1016/j.jafrearsci.2022.104535>
9. ДСТУ 7173:2010 Захист довкілля. Лісові ділянки вздовж залізничних і автомобільних доріг та у смугах їх відведення захисні. Норми виділення
10. Bjànes, A., Fuente, R.D., & Mena, P. (2021). A deep learning ensemble model for wildfire susceptibility mapping. *Ecol. Informatics*, 65, 101397. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2021.101397>

11. Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів.
12. Chen, W., Peng, J., Hong, H., Shahabi, H., Pradhan, B., Liu, J., Zhu, A., Pei, X., & Duan, Z. (2018). Landslide susceptibility modelling using GIS-based machine learning techniques for Chongren County, Jiangxi Province, China. *The Science of the total environment*, 626, 1121-1135 . <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.01.124>
13. Jas, K., & Dodagoudar, G.R. (2023). Explainable machine learning model for liquefaction potential assessment of soils using XGBoost-SHAP. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*. <https://doi.org/10.1016/j.soildyn.2022.107662>
14. НАПБ А.01.001–2014 Правила пожежної безпеки в Україні.
15. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
16. ДБН В.1.2-7–2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Пожежна безпека.
17. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту.
18. Madadkhani, S., & Ikonnikova, S. (2023). Toward high-resolution projection of electricity prices: A machine learning approach to quantifying the effects of high fuel and CO2 prices. *Energy Economics*. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.107241>
19. Zhang, W., & Dai, Y. (2024). A multiscale electricity theft detection model based on feature engineering. *Big Data Res.*, 36, 100457. <https://doi.org/10.1016/j.bdr.2024.100457>
20. Охоронні зони повітряних ліній електропередач. Електронний ресурс. URL: <https://pol-otg.gov.ua/news/1596778491/>
21. Сучасні рішення захисту повітряних ліній та приклади їх застосування в Україні. Електронний ресурс. URL: [www.iec-expo.com.ua/download/2023/kongres/12.30.pdf](http://www.iec-expo.com.ua/download/2023/kongres/12.30.pdf)