

Міністерство освіти і науки України

Криворізький національний університет

Електротехнічний факультет

Пояснювальна записка

**до кваліфікаційної роботи бакалавра
за спеціальністю 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка**

ТЕМА РОБОТИ:

**Підвищення надійності роботи систем електропостачання шляхом
точності визначення місць ушкодження в високовольтних лініях
електропередач**

Виконав: студент групи ЗЕЕМ-21ск

Нікіта ПОНОМАРЕНКО

Керівник випускної роботи _____ д.е.н., проф. Тетяна БЕРІДЗЕ

Нормо контролер _____ д.е.н., проф. Тетяна БЕРІДЗЕ

Декан ЕТФ _____ к.т.н., доц. Владислав ФЕДОТОВ

Гарант освітньої програми _____ к.т.н., доц. Ігор ПЕРЕСУНЬКО

Кривий Ріг 2024 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: бакалавр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ПОНОМАРЕНКО Нікіта Владиславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Підвищення надійності роботи систем електропостачання шляхом точності визначення місць ушкодження в високовольтних лініях електропередач

1. Термін подання студентом роботи: 10 червня 2024 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є автоматизація процесу визначення місця пошкодження шляхом застосування локаційних методів пошуку місця пошкодження
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Стан проблеми і задачі дослідження; II. Застосування локаційних методів для визначення місць пошкоджень в розподільній електричній мережі напругою 6-35 кВ; III. Оцінювання ефективності застосування локаційного методу для пошуку місця пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Аналіз існуючих методів і засобів захисту розподільних повітряних мереж напругою 6-35кВ; II. Класифікація та аналіз методів ВМП в РМ; III. Зовнішній вигляд пристроїв що використовуються для ВМП в РМ; IV. Дослідження імпульсних реакцій на навантаження; V. Структурна схема програми комп'ютерної обробки рефлекторам.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Тетяна БЕРІДЗЕ		
II	Тетяна БЕРІДЗЕ		
III	Тетяна БЕРІДЗЕ		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Загальна характеристика об'єкта дослідження	10.05.24
2	Аналіз існуючих методів і засобів захисту розподільних повітряних мереж	12.05.24
3	Аналіз існуючих методів і засобів пошуку пошкодження	19.05.24
4	Дослідження ефективності використання локаційного вимірювання	26.05.24
5	Вплив величини активного та ємнісного навантаження	31.05.24
6	Вплив величини індуктивного навантаження	04.06.24
7	Методи розшифрування рефлекторам	07.06.24
8	Результати застосування локаційного методу для пошуку	

Дата видання завдання 29.04.2024 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Нікіта ПОНОМАРЕНКО
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Тетяна БЕРІДЗЕ
(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Метою роботи є автоматизація процесу визначення місця пошкодження мережі.

Перший розділ роботи присвячений аналізу розподільних електричних мереж напругою 6-35 кВ, визначено основні види пошкоджень. Проведено дослідження ефективності застосування сучасних засобів пошуку місць пошкодження.

Другий розділ присвячений дослідженню можливості застосування локаційних методів в розподільних мережах напругою 6-35 кВ. Визначено діагностичні ознаки неоднорідностей різних типів.

Третій розділ присвячено оцінюванню ефективності застосування локаційних методів для пошуку місць пошкодження в розподільних мережах.

Ключові слова: РОЗПОДІЛЬЧА МЕРЕЖА, ПОШКОДЖЕННЯ МЕРЕЖІ, ПОШУК МІСЦЯ ПОШКОДЖЕННЯ, ЛОКАЦІЙНИЙ МЕТОД.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Стан проблеми і задачі дослідження.....	10
1.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження.....	10
1.2. Аналіз існуючих методів і засобів захисту розподільних повітряних мереж напругою 6-35 кВ від пошкоджень	14
1.3. Аналіз існуючих методів і засобів пошуку пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ	16
1.4. Висновки	23
Розділ 2. Застосування локаційних методів для визначення місць пошкоджень в розподільній електричній мережі напругою 6-35 кВ	24
2.1. Дослідження ефективності використання локаційного вимірювання на лініях з деревоподібною топологією напругою 6-35 кВ для визначення місця обриву проводу	24
2.2. Вплив величини активного та ємнісного навантаження на форму відбитого імпульсу	28
2.3. Вплив величини індуктивного навантаження на форму відбитого імпульсу та дослідження імпульсної реакції реальних трансформаторів... ..	36
2.4. Методи розшифрування рефлекторам	40
2.5. Висновки	44
Розділ 3. Оцінювання ефективності застосування локаційного методу для пошуку місця пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ.....	46
3.1. Обладнання для застосування локаційного методу для пошуку місця пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ.....	46
3.2. Результати застосування локаційного методу для пошуку місця пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ.....	48

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		5

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вступ

Актуальність роботи. Повітряні лінії електропередач є важливими елементами структур електропостачання. Надійність та виключення режимів їх аварійного функціонування є важливою задачею для сучасних електроенергетиків.

При виникненні коротких замикань та пошкодженнях елементів системи енергоживлення виникають надвисокі струми, що можуть стати причиною пошкоджень.

Завдяки своєчасному виявленню ушкоджень можна запобігти поширенню аварійної ситуації та зберегти обладнання та працездатність системи електропостачання.

У роботі розглядаються види аварійних ситуацій які виникають у одно або більше фазних мережах живлення промислового обладнання підприємств та споживачів.

Системи автоматичного визначення місць пошкодження мають пріоритетне спрямування.

Завдяки впровадженню автоматичного врегулювання визначення та локалізації місць ушкодження кабелю живлячої мережі можна практично унеможливити аварійні спрацьовування захисного обладнання із втратою осередку живлення.

Також слід зазначити що подібні системи забезпечують захист та безпечну експлуатацію для обслуговуючого подібні лінії електропостачання персоналу.

У роботі проведено ряд аналітичних розрахунків по визначенню вихідних технологічних чинників порушення цілісності живлячих дротів електромережі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На практиці було розроблено аналітичну модель за допомогою якої здійснено перевірку запропонованих методів розрахунків та отримано графічні та аналітичні залежності у порівнянні з розрахунковими параметрами.

У першому розділі проаналізовані структури електричних мереж живлення напругою 6-35 кВ.

Було зроблено хронологічну визначеність щодо видів пошкоджень дротів електричних мереж.

Також розглянуті сучасні системи щодо захисту працюючого обладнання.

Виділено той момент що ефективність систем захисту залежить від спроможності точно визначити місця ушкодження живлячих дротів систем електропостачання.

У другому розділі розглянуто заходи щодо локалізації місць ушкодження дротів.

Визначено передмови створення діагностичного обладнання та засновано основні принципи та діючі алгоритми роботи таких систем у структурі живлячої мережі.

Зазначений підхід дозволяє виокремити основні складові сигналів діагностування, що дає можливість робити вибірку щодо основних складових за параметрами.

У проектуємій системі ефективно використовувати неоднорідності різних типів.

У третьому розділі було проведено розрахунки щодо визначення ефективності запропонованого методу діагностування параметрів у використовуваній системі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином локаційні методи що застосовані у розглянутій роботі по визначенню місць ушкодження показують свою ефективність у застосуванні до розподільчих мереж живлення та електроспоживання систем електропостачання.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						9
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Розділ 1. Стан проблеми і задачі дослідження

1.1. Загальна характеристика об'єкта дослідження

Розглянемо роботу електричних мереж.

Виділимо наступні види:

- Мережі з глухозаземленою нейтраллю;
- Заземлені через дугогасні реактори;
- Заземлені через резистори;
- Ізольовані мережі.

Ця класифікація відповідає міжнародним стандартам [1] та стандартам України [2,3].

Відповідність стандартам і нормам дозволяє забезпечити надійність роботи.

Система електропостачання може працювати навіть при однофазному замиканні на землю.

Таким чином зменшується недовідпуск електроенергії у разі виникнення пошкоджень мережі.

Оскільки однофазні замикання є най розповсюдженими і складають 65-85% від загальної кількості пошкоджень у електричних мережах [4].

При цьому споживачі не відчувають ушкодження та продовжують працювати.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Розділ 1	<i>Лім.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Розробив</i>	ПономаренкоНВ						10	14
<i>Перевірів</i>	Берідзе Т.М.							
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>	Берідзе Т.М.							
<i>Затвердив</i>	ПересунькоІ.І.					КНУ ЗЕЕМ-21ск		

Розглянемо дію однофазних замикань на землю у пошкодженій електромережі.

Рисунок 1.1 – Принцип однофазних замикань на землю у пошкодженій електромережі з ізольованою нейтраллю

Розглянемо векторні діаграми напруги при однофазних замикань на землю у пошкодженій електромережі з ізольованою нейтраллю.

Рисунок 1.2 – Представлення векторної діаграми напруги при однофазних замикань на землю у пошкодженій електромережі з ізольованою нейтраллю

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

З векторної діаграми напруги при однофазних замикань на землю у пошкодженій електромережі з ізольованою нейтраллю можна бачити що рівні непошкоджених ліній мають вищу амплітуду ніж ті що пошкоджені і перебувають у роботі.

Для обмеження струмів короткого замикання у місцях пошкодження електричних мереж можна використовувати дугогасний реактор (ДГР) при заземленні нейтралі силового трансформатору.

Розглянемо схему підключення та принцип дії дугогасного реактору який підключено до мережі.

Рисунок 1.3 – Типова схема підключення та принцип дії дугогасного реактору який підключено до мережі

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Розглянемо принцип гасіння дуги при компенсуванні ємнісної та індуктивної складової струмів.

Рисунок 1.4 – Принцип гасіння дуги при компенсуванні ємнісної та індуктивної складової струмів при однофазних замикань на землю у пошкодженій електромережі з ізолюваною нейтраллю

Компенсування струму замикання на землю при [8] передбачено у випадку:

- при 6кВ – 30А;
- при 10кВ – 20А;
- при 15-20кВ – 15А;
- при 35кВ – 10А.

Якщо значення буде меншим то відбудеться автогасіння без виникнення загорання.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

1.2. Аналіз існуючих методів і засобів захисту розподільних повітряних мереж напругою 6-35 кВ від пошкоджень

Важливим є наявність систем вимірювання та забезпечення ними відповідних ліній електропередач.

У трансформаторній підстанції або розподільчому пункті система вимірювання має стандартний вигляд.

Рисунок 1.5 – Схема підключення у трансформаторній підстанції або розподільчому пункті системи вимірювання

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

Рисунок 1.6 – Схема підключення вимірювальних пристроїв до трансформаторів напруги

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

1.3. Аналіз існуючих методів і засобів пошуку пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ

Існуючі варіанти захисних та контрольно-вимірювальних пристроїв представлені широким асортиментом.

Рисунок 1.7 – Варіанти захисних та контрольно-вимірювальних пристроїв пошуку ОЗЗ

Принцип їх дії базується на тому що виконується аналіз електромагнітних полів уздовж лінії.

Розглянемо яким чином відбувається розподіл електромагнітних полів уздовж лінії електропередач.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Рисунок 1.8 – Розподіл струмів нульової послідовності при однофазному замиканні на землю уздовж лінії електропередач

Також застосовують фіксатори режиму короткого замикання на землю у мережі.

а) б)
Рисунок 1.9 – Фіксатори режиму короткого замикання на землю у мережі

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Встановлення фіксаторів значно звужує пошук місця ушкодження дротів лінії електропередач.

Також можна використовувати індикатори режиму короткого замикання.

а)

б)

Рисунок 1.10 – Індикатори режиму короткого замикання на землю у мережі

Також може бути різновид індикаторів режиму короткого замикання на землю у мережі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

б)

в)

Рисунок 1.11 – Різновид індикаторів режиму короткого замикання на землю у мережі

а)

б)

Рисунок 1.12 – Різновид індикаторів режиму короткого замикання на землю у мережі

Розглянемо схему підключення індикаторів режиму короткого замикання на землю до мережі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Рисунок 1.13 – Підключення індикаторів режиму короткого замикання на землю до мережі [15]

На основі цього можна виділити систему діагностування подібного типу.

Рисунок 1.14 – Система діагностики режимів короткого замикання на землю [16]

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розглянемо систему моніторингу.

Як приклад подібних систем можна розглянути наступну діагностичну систему.

Рисунок 1.16 – Приклад діагностичної системи

Принцип дії системи спрацьовування розглянемо на моделі та наведемо графіки роботи.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Рисунок 1.17 – Принцип дії системи спрацьовування захисту та графіки її роботи на прикладі моделі

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

1.4. Висновки

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

Розділ 2. Застосування локаційних методів для визначення місць пошкоджень в розподільній електричній мережі напругою 6-35 кВ

2.1. Дослідження ефективності використання локаційного вимірювання на лініях з деревоподібною топологією напругою 6-35 кВ для визначення місця обриву проводу

Розглянемо питання відшукування пошкоджених ділянок живлячої лінії електропередач.

Сутність питання буде зведено до номенклатури кабельної лінії а також параметрів ділянки мережі живлення.

Локалізація зазначених пошкоджень можлива у межах відповідної топології.

Наведемо стандартну конфігурацію лінії електропередач мережі живлення.

Рисунок 2.1 – Схема розподільчої мережі повітряної лінії магістралі

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07							
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>	Розділ 2				<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>	
<i>Розробив</i>	ПономаренкоНВ										24	22
<i>Перевірів</i>	Берідзе Т.М.											
<i>Реценз.</i>												
<i>Н. Контр.</i>	Берідзе Т.М.											
<i>Затвердив</i>	Пересунько І.І.				КНУ ЗЕЕМ-21ск							

При розгляді повітряної лінії слід враховувати межі можливості зондування електромагнітних спотворень.

Можливості щодо визначення межі можна здійснювати виходячи з рівняння:

$$D > (1,1 \div 1,2) L_{л.} \quad (2.1)$$

Тут буде враховано діапазон вимірювання який не перевищуватиме зазначених 10 – 20 % довжини лінії.

Ефективність цього методу залежатиме від наявності випадкових перешкод що впливатиме на цифровий сигнал та його накопичення у сегменті [28].

Важливим моментом є точність визначення тривалості імпульсу при зондуванні.

Вибір тривалості імпульсу при зондуванні можна зробити на основі відповідної смуги частот [23]:

$$S_0(\omega) = S_3(\omega) \cdot K(\omega), \quad (2.2)$$

де $K(\omega)$ – коефіцієнт передач по ділянці хвильового каналу лінії.

Зазначимо яким чином відбуваються спотворення сигналу на прикладі сигнального імпульсу.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Рисунок 3.2 – Спотворення форми сигналу на прикладі сигнального імпульсу

Серія імпульсів що розглядається може бути представлена у прямокутній формі.

Рисунок 2.3 – Серія імпульсів що розглядається та представлена у прямокутній формі

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Роздільна здатність:

$$S = \tau v, \quad (2.3)$$

де v – швидкість поширення імпульсу в лінії даної конструкції. У свою чергу

$$v = k_{\text{ук}} c;$$

c – швидкість світла.

Відповідно до розглянутого виразу представимо серію імпульсів що розглядається та представлена у прямокутній формі [31].

а)

б)

Рисунок 2.4 – Серія імпульсів що розглядається та представлена у прямокутній формі

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

2.2. Вплив величини активного та ємнісного навантаження на форму відбитого імпульсу

Проведемо теоретичні засади щодо визначення необхідних показників у відповідності до визначених навантажень мережі живлення лінії електропередач.

Контроль відповідно до лічильної здатності відповідно до серії імпульсів буде здійснюватись згідно зазначеної методики.

Зондувальний сигнал про місце виникнення неоднорідної структури буде відбиватись.

Відношення напруги або струму у кінці лінії $U^{(0)}_{зв} = B_2$ до напруги або струму $U^{(0)}_{пр} = B_1$ називається коефіцієнтом відбиття [36]

$$N = \frac{B_2}{B_1} = \frac{Z_H - Z_B}{Z_H + Z_B}, \quad (3.4)$$

де Z_H – опір навантаження;

Z_{XB} – хвильовий опір лінії.

Розглянемо реалізацію зазначених методів при виконанні поставленої задачі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Рисунок 2.5 – Схема реалізації зазначених методів при виконанні поставленої задачі пошуку пошкодженої ділянки лінії електропередач мережі живлення

Розглянемо яким чином впливає вид навантаження при пошуку пошкодженої ділянки лінії електропередач мережі живлення.

Рисунок 2.6 – Схема заміщення при пошуку пошкодженої ділянки лінії електропередач мережі живлення у залежності від діючого навантаження

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		29

Результати роботи зазначеної системи при пошуку пошкодженої ділянки лінії електропередач мережі живлення у залежності від діючого навантаження можна розглянути на прикладі характеру змодельованих сигналів повітряної лінії у зоні дії смуги пропускання при відбиванні сигналу серії імпульсів прямокутної форми.

Рисунок 2.7 – Залежність характеру форми змодельованих сигналів повітряної лінії у зоні дії смуги пропускання при відбиванні сигналу серії імпульсів прямокутної форми

Відповідні графіки коефіцієнтів відбиття сигналів повітряної лінії у зоні дії смуги пропускання при відбиванні сигналу серії імпульсів прямокутної форми залежатимуть від використовуваного навантаження мережі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.8 – Відповідні графіки коефіцієнтів відбиття сигналів повітряної лінії у зоні дії смуги пропускання при відбиванні сигналу серії імпульсів прямокутної форми у залежності від використовуваного навантаження мережі

Залежність характеру форми змодельованих сигналів повітряної лінії у зоні дії смуги пропускання при відбиванні сигналу серії імпульсів прямокутної форми також буде залежати від використовуваного навантаження мережі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.9 – Залежність характеру форми змодельованих сигналів повітряної лінії у зоні дії смуги пропускання при відбиванні сигналу серії імпульсів прямокутної форми у залежності від використовуваного навантаження мережі

Розглянемо реалізацію схематичного рішення щодо зазначеної методики визначення місць ушкодження.

Рисунок 2.10 – Реалізацію схематичного рішення щодо зазначеної методики визначення місць ушкодження

Відобразимо порівняння сигналів при вирішенні завдання визначення місць ушкодження.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.11 – Залежність характеру форми змодельованих сигналів повітряної лінії у зоні дії смуги пропускання при відбиванні сигналу серії імпульсів прямокутної форми у залежності від використовуваного навантаження мережі при порівнянні сигналів

Для здійснення моделювання розглянутих режимів скористаємось схемою заміщення лінії електропередач з врахуванням її параметрів на ділянці ушкодження.

Рисунок 2.12 – Схема заміщення лінії електропередач з врахуванням її параметрів на ділянці ушкодження

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Тоді опір на ділянці ушкодження:

$$Z_{\epsilon.н.} = \sqrt{R_{\epsilon.н.}^2 + \left(\omega L_{\epsilon.н.} - \frac{1}{\omega C_{\epsilon.н.}}\right)^2}, \quad (2.5)$$

де ω – кутова частота.

Отримані результати при моделюванні представимо у вигляді порівняння сигналів.

Рисунок 2.13 – Залежність характеру форми змодельованих сигналів повітряної лінії у зоні дії смуги пропускання при відбиванні сигналу серії імпульсів прямокутної форми у залежності від виду навантаження мережі живлення

Залишимо рівняння щодо визначення результуючого опору хвильового розподілу [30]:

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$K_{\text{відб.}} = \frac{\frac{Z_{\text{XB}}}{2} - Z_{\text{XB}}}{\frac{Z_{\text{XB}}}{2} + Z_{\text{XB}}} = -\frac{1}{3}; \quad (2.6)$$

$$K_{\text{пер}} = \frac{2 \cdot \frac{Z_{\text{XB}}}{2}}{\frac{Z_{\text{XB}}}{2} + Z_{\text{XB}}} = \frac{2}{3}. \quad (2.7)$$

Відповідно до схеми заміщення представимо схему повітряної лінії та спектр сигналів що отримані при моделюванні електромагнітних процесів при визначені місць ушкодження.

Рисунок 2.14 – Схема повітряної лінії та спектр сигналів що отримані при моделюванні електромагнітних процесів при визначені місць ушкодження

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

2.3. Вплив величини індуктивного навантаження на форму відбитого імпульсу та дослідження імпульсної реакції реальних трансформаторів

Лінії електропередач що мають велику протяжність володіють достатнім значенням індуктивного опору який слід враховувати при розрахунках.

Складемо схему заміщення ділянки лінії електропередач з еквівалентним індуктивним опором.

Рисунок 2.15 – Схема заміщення ділянки лінії електропередач з еквівалентним індуктивним опором

a) – опір втрат увімкнений паралельно з індуктивністю; *б)* – опір втрат увімкнений послідовно з індуктивністю

Розглянемо спотворення які виникають у серії прямокутних імпульсів при врахуванні опору індуктивного навантаження повітряної лінії електропередач мережі живлення.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.16 – Спотворення форми сигналу які виникають у серії прямокутних імпульсів при врахуванні опору індуктивного навантаження повітряної лінії електропередач мережі живлення

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						37
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Рисунок 2.17 – Спотворення форми сигналу які виникають у серії прямокутних імпульсів при врахуванні опору індуктивного навантаження повітряної лінії електропередач мережі живлення

Можна бачити що зі зростанням потужності викривлення та спотворення сигналу зменшуються.

Такий прояв можна пояснити впливом значення індуктивного опору живлячих трансформаторів на мережу живлення та лінії електропередач,

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вслід чого при подальшому зростанні потужності визначення викривлень ускладнюється унаслідок їх незначних відхилень від базового сигналу серії імпульсів.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.4. Методи розшифрування рефлекторам

Для забезпечення працездатності системи виявлення ушкоджень слід розглянути базові ознаки що виникають у топології схеми електропостачання при виникненні ділянок короткого замикання.

На практиці це проводиться шляхом створення штучних режимів короткого замикання відокремлених ділянок лінії електропередач з послідовною фіксацією вимірюваних сигналів відповідно із зазначенням їх розташування у топології схеми.

Рисунок 2.18 – Реалізація спостережень щодо викривлення форми серії імпульсів шляхом створення штучних режимів короткого замикання відокремлених ділянок лінії електропередач з послідовною фіксацією вимірюваних сигналів відповідно із зазначенням їх розташування у топології схеми

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Похибку відсторонення форми серії імпульсів шляхом створення штучних режимів короткого замикання відокремлених ділянок лінії електропередач з послідовною фіксацією вимірюваних сигналів відповідно із зазначенням їх розташування у топології схеми можна визначити:

$$dl = \frac{\Delta l}{l_{\text{д}}} 100\% ; \quad (2.8)$$

де Δl – абсолютна величина похибки;

$$\Delta l = l_{\text{д}} - l_{\text{п}} ;$$

$l_{\text{д}}$ – дійсне значення відстані до місця обриву;

$l_{\text{п}}$ – значення відстані до місця обриву, визначене за допомогою приладу.

Зведемо представлену форму у вигляді обчислень сигналів.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1 – Відносна похибка при визначенні відстані до місця пошкодження за допомогою приладу РЕЙС-105Р

Похибка вимірювань не перевищує 1%; максимальна похибка 0,31%.

Застосуємо різниці значення при спостереженні щодо викривлення форми серії імпульсів шляхом створення штучних режимів короткого замикання відокремлених ділянок лінії електропередач з послідовною фіксацією вимірюваних сигналів відповідно із зазначенням їх розташування у топології схеми

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.19 – Реалізація спостережень щодо викривлення форми серії імпульсів шляхом створення штучних режимів короткого замикання відокремлених ділянок лінії електропередач з послідовною фіксацією вимірюваних сигналів відповідно із зазначенням їх розташування у топології схеми із застосуванням різницевих значень

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

2.5. Висновки

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Розділ 3. Оцінювання ефективності застосування локаційного методу для пошуку місця пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ

3.1. Обладнання для застосування локаційного методу для пошуку місця пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ

Для виявлення місць ушкодження лінії електропередач використовується діагностичне обладнання.

Так можна розглянути на практиці роботу щодо визначення місць ушкодження за допомогою приладу РЕЙС – 105Р (рис.3.1).

Рисунок 3.1 – Комплект приладу РЕЙС-105Р

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07			
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дат</i>				
<i>Розробив</i>		ПономаренкоНВ			Розділ 3	<i>Літ.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листів</i>
<i>Перевірів</i>		Берідзе Т.М.				46	11	
<i>Реценз.</i>						КНУ ЗЕЕМ-21ск		
<i>Н. Контр.</i>		Берідзе Т.М.						
<i>Затвердив</i>		Пересунько І.І.						

Роботу зазначеного приладу описує рівняння щодо визначення амплітудних значень [33-36]:

$$U_{в.с.} = E_{п.с.} k_{сх.} k_{н.} k_{з.}, \quad (3.1)$$

де $U_{в.с.}$ – значення амплітуди відбитого сигналу;

$E_{п.с.}$ – значення амплітуди посланого сигналу;

$k_{сх.}$ – коефіцієнт схеми;

$k_{н.}$ – коефіцієнт неоднорідності (пошкодження);

$k_{з.}$ – коефіцієнт затухання.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3.2. Результати застосування локаційного методу для пошуку місця пошкодження в розподільних мережах напругою 6-35 кВ

Розглянемо результати роботи приладу РЕЙС-105Р при визначені місць ушкодження.

|

а)

б)

Рисунок 3.2 – Результати роботи приладу РЕЙС-105Р при визначені місць ушкодження

Вимірювана інформація також відображається на екрані у вигляді відповідної графічної реалізації.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

Рисунок 3.3 – Вимірювана інформація що відображається на екрані у вигляді відповідної графічної реалізації

Вимірювана інформація що відображається на екрані у вигляді відповідної графічної реалізації може бути перетворена відповідно до зазначеного алгоритму пошуку.

Рисунок 3.4 – Вимірювана інформація що відображається на екрані у вигляді відповідної графічної реалізації до перетворення Фур'є

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Рисунок 3.5 – Вимірювана інформація що відображається на екрані у вигляді відповідної графічної реалізації після перетворення Фур'є

Рисунок 3.6 – Алгоритм пошуку

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Час обробки сигналу можна визначити як комбінацію відокремлених операцій.

$$t_{\text{ВМП}} = t_{\text{ПЛ}} + t_{\text{ПД}} + t_{\text{МП}}, \quad (3.2)$$

$$t_{\text{ВМП}} = l_{\text{ДЖ-L}_d} + 0,5L_d \left(\frac{1}{Va} + \frac{t_{\text{ВИМ}}}{l'} \right) + mt_{\text{ВИМ}} + 0,5t_{\text{ВИМ}}s, \quad (3.3)$$

де L_d – довжина ділянки, на якій є пошкодження.

Досліджувана ділянка лінії електропередач представляється у вигляді однолінійної схеми.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.7 – Однолінійна схема лінії електропередач

Ефективність роботи приладу РЕЙС-105Р за зазначеним принципом визначається коефіцієнтом локаційного пошуку.

$$k_i = \frac{t_{\sigma_i}}{t_{\text{ПЛ_ЛМ}}} 10P_i; \quad (3.4)$$

$$k_{et} = \frac{\sum_{i=1}^n k_i}{n}, \quad (3.5)$$

де n – кількість ділянок мережі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Економічна складова зазначеного методу має враховувати витрати на закупівлю, встановлення та налагодження роботи обладнання.

$$E_p = B_n \delta \Delta W_{\text{л}} - B_c ; \quad (3.6)$$

Ефективність роботи обладнання РЕЙС-105Р характеризують відносні значення та критерії пошуку.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

Таблиця 3.1 – Визначення ефективності застосування комплексу засобів реалізації локаційного методу в порівнянні з базовим варіантом

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Таким чином остаточний ефект можна оцінити за рахунок загального значення витрат.

$$\delta\Delta W_{\text{л}} = \omega_{\text{ОЗЗ}} \left(\sum_{i=1}^6 W_{\text{б}_i} - \sum_{i=1}^6 W_{\text{ЛМ}_i} \right) = 0,85 \cdot 10717,4 = 9109,79.$$

Або за рахунок приведених витрат.

$$B_c = E_{\text{н}} k_i + B_i = E_{\text{н}} \left(k_{\text{РЗ}_i} + \frac{k_{\text{ВМП}_i}}{N} \right) + B_i = 0,15 \left(21710 + \frac{55000}{100} \right) + 1500 = 4830 \approx 5000$$

Або за рахунок річних витрат у кошторисі.

$$E_{\text{р}} = 0,7 \cdot 9109,79 - 5000 = 1376,85 \text{ грн.}$$

Проведені розрахунки вказують на ефективність впровадження методів відшукування місць ушкодження у структури систем електропостачання з повітряними лініями електропередач та розробкою діагностичного комплексу

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

на базі представлених варіантів подібних структур.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Висновки

Повітряні лінії електропередач є важливими елементами структур електропостачання. Надійність та виключення режимів їх аварійного функціонування є важливою задачею для сучасних електроенергетиків.

При виникненні коротких замикань та пошкодженнях елементів системи енергоживлення виникають надвисокі струми, що можуть стати причиною пошкоджень.

Завдяки своєчасному виявленню ушкоджень можна запобігти поширенню аварійної ситуації та зберегти обладнання та працездатність системи електропостачання.

У роботі розглядаються види аварійних ситуацій які виникають у одно або більше фазних мережах живлення промислового обладнання підприємств та споживачів.

Системи автоматичного визначення місць пошкодження мають пріоритетне спрямування.

Завдяки впровадженню автоматичного врегулювання визначення та локалізації місць ушкодження кабелю живлячої мережі можна практично унеможливити аварійні спрацьовування захисного обладнання із втратою осередку живлення.

Також слід зазначити що подібні системи забезпечують захист та безпечну експлуатацію для обслуговуючого подібні лінії електропостачання персоналу.

У роботі проведено ряд аналітичних розрахунків по визначенню вихідних технологічних чинників порушення цілісності живлячих дротів електромережі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

На практиці було розроблено аналітичну модель за допомогою якої здійснено перевірку запропонованих методів розрахунків та отримано графічні та аналітичні залежності у порівнянні з розрахунковими параметрами.

У першому розділі проаналізовані структури електричних мереж живлення напругою 6-35 кВ.

Було зроблено хронологічну визначеність щодо видів пошкоджень дротів електричних мереж.

Також розглянуті сучасні системи щодо захисту працюючого обладнання.

Виділено той момент що ефективність систем захисту залежить від спроможності точно визначити місця ушкодження живлячих дротів систем електропостачання.

У другому розділі розглянуто заходи щодо локалізації місць ушкодження дротів.

Визначено передмови створення діагностичного обладнання та засновано основні принципи та діючі алгоритми роботи таких систем у структурі живлячої мережі.

Зазначений підхід дозволяє виокремити основні складові сигналів діагностування, що дає можливість робити вибірку щодо основних складових за параметрами.

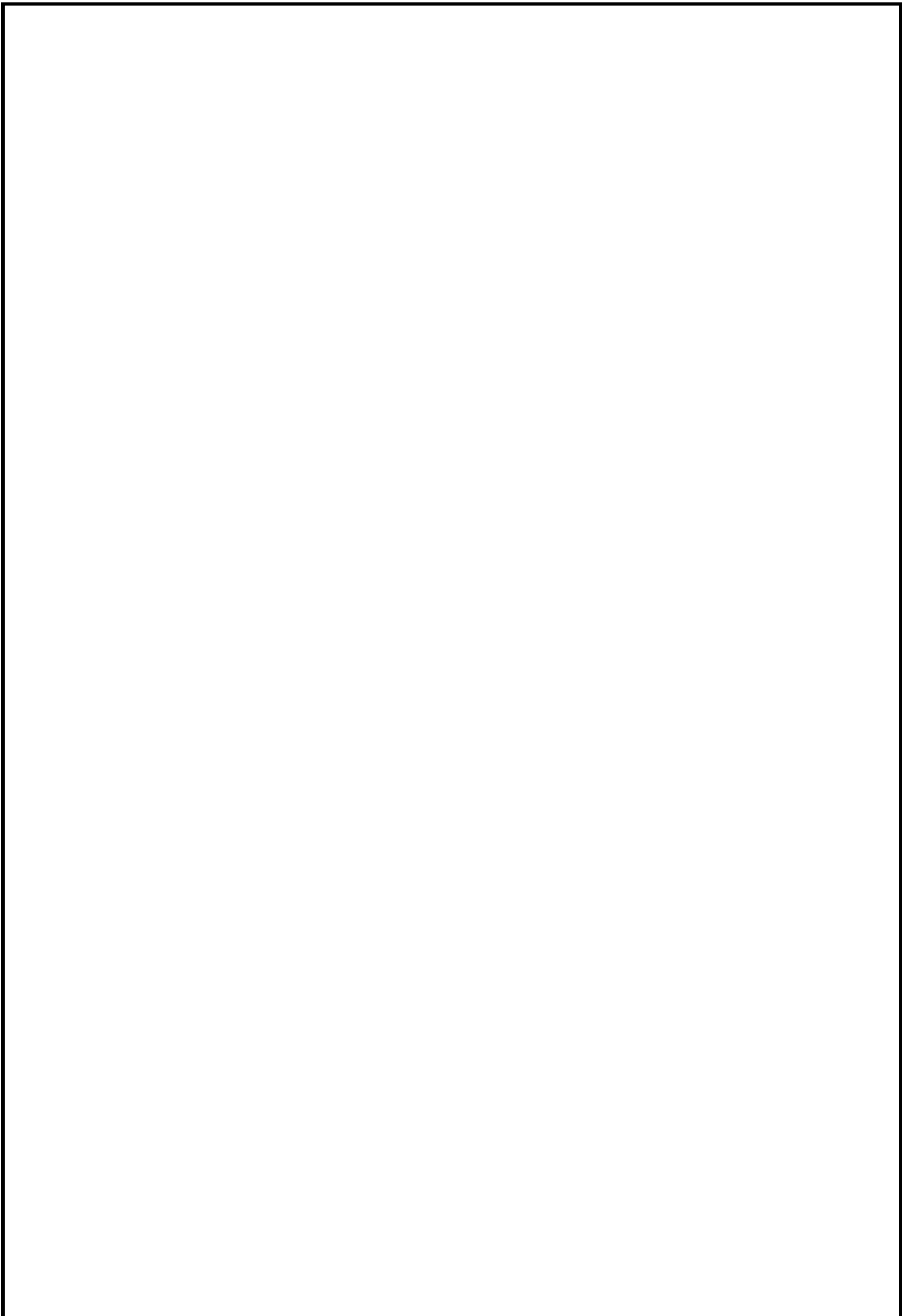
У проектуємій системі ефективно використовувати неоднорідності різних типів.

У третьому розділі було проведено розрахунки щодо визначення ефективності запропонованого методу діагностування параметрів у використовуваній системі.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		58

Таким чином локаційні методи що застосовані у розглянутій роботі по визначенню місць ушкодження показують свою ефективність у застосуванні до розподільчих мереж живлення та електроспоживання систем електропостачання.

					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59



					ЕТФ.КНУ.РБ.141.24.305-07	
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		