

Міністерство освіти і науки України
Криворізький національний університет
Електротехнічний факультет
Кафедра електричної інженерії

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

(рівень вищої освіти)

зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

На тему: «Дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції із впровадженням автоматизації процесу пошуку пошкодженої ділянки»

КНУ.МР.141.24.779-08

Виконав студент II курсу, групи СЕР-23м /Роман ЛІСНЯК/

141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»

«Системи електропостачання промислових підприємств,

міст та локальних об'єктів»

(шифр і назва спеціальності, освітньо-професійної програми)

Керівник:

к.т.н., доцент

_____ /Ігор СІНЧУК/

Нормоконтролер:

к.т.н., доцент

_____ /Ігор СІНЧУК/

Гарант ОПП:

к.т.н., доцент

_____ /Олексій МИХАЙЛЕНКО/

Кривий Ріг
2024 р.

Криворізький національний університет

Факультет: електротехнічний

Освітній рівень: магістр

Спеціальність: 141 - Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

ЛІСНЯК Роман Григорович

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи: Дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції із впровадженням автоматизації процесу пошуку пошкодженої ділянки

1. Термін подання студентом роботи: 09 грудня 2024 р.
2. Мета та завдання кваліфікаційної роботи: Метою є дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції із впровадженням автоматизації процесу пошуку пошкодженої ділянки
3. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які необхідно розробити) I. Аналіз існуючих методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції; II. Локаційні методи дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції; III. Оцінювання ефективності методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.
4. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) I. Аналіз існуючих методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції; II. Класифікація та аналіз методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції; III. Зовнішній вигляд пристроїв що використовуються для дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції; IV. Дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції; V. Обробка результатів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Ім'я, прізвище консультанта	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
I	Ігор СІНЧУК		
II	Ігор СІНЧУК		
III	Ігор СІНЧУК		

6. Календарний план

№	Етапи роботи	Термін
1	Загальна характеристика	10.09.24
2	Аналіз існуючих схем захисту повітряних ліній	12.10.24
3	Аналіз існуючих методів вимірювання при дослідженні електромагнітних процесів	19.10.24
4	Аналіз ефективності застосування локаційних методів дослідження	26.10.24
5	Вплив активного та ємнісного опорів	11.11.24
6	Вплив індуктивного опору	24.11.24
7	Аналіз результатів дослідження	30.11.24
8	Оцінювання ефективності методів дослідження	07.12.24

Дата видання завдання 02.09.2024 р.

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Роман ЛІСНЯК
(Ім'я, прізвище)

Керівник роботи _____
(підпис)

Ігор СІНЧУК
(Ім'я, прізвище)

РЕФЕРАТ

Метою роботи є дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.

Перший розділ роботи присвячений аналізу існуючих методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.

Другий розділ присвячений розгляду локаційних методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.

Третій розділ присвячено оцінюванню ефективності методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.

Ключові слова: АНАЛІЗ, МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ, ЕЛЕКТРОМАГНІТНІ ПРОЦЕСИ, МЕРЕЖА ЖИВЛЕННЯ, ПОРУШЕННЯ ІЗОЛЯЦІЇ.

Зміст

Вступ.....	7
Розділ 1. Аналіз існуючих методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	10
1.1. Загальна характеристика методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	10
1.2. Аналіз існуючих схем захисту повітряних ліній	15
1.3. Аналіз існуючих засобів вимірювання при дослідженні електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	17
1.4. Висновки	28
Розділ 2. Локаційні методи дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	30
2.1. Аналіз ефективності застосування локаційних методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	30
2.2. Вплив активного та ємнісного опору на дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	35
2.3. Вплив індуктивного опору на дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	45
2.4. Аналіз результатів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	48
2.5. Висновки	52
Розділ 3. Оцінювання ефективності методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.....	54
3.1. Обладнання для оцінювання ефективності методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	54

3.2. Результати дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції	56
3.3. Висновки	67
Висновки	68

Вступ

Системи електропостачання забезпечують живлення потужних промислових електроприймачів.

Для передавання електричної енергії на великі відстані зручно користуватись повітряними лініями електропередач.

Але виходячи з параметрів наявного електричного обладнання подібні системи мають бути забезпечені достатнім рівнем перевантажувальної здатності.

Виходячи з необхідності передавання електричної енергії великої потужності зазвичай створюють умови щодо підвищення амплітудного значення напруги живлення.

Нажаль, все це у сукупності а також певні умови експлуатації спричиняють необхідність приділяти більше уваги надійності роботи систем електропостачання.

Слід зазначити, що до найбільш ненадійних елементів системи електропостачання можна віднести повітряні лінії електропередач напругою 6-35 кВ.

Також можна стверджувати, що це й найбільш розповсюджені елементи енергетичних систем.

Найбільш поширеними аварійними ситуаціями при експлуатації повітряних ліній є короткі замикання на землю фазного дроту із можливим його ушкодженням.

Особливо небезпечним є обрив фазного дроту, що може супроводжуватись виникненням витоків на землю.

Найбільш поширеним режимом аварійної ситуації з виникненням

короткого замикання на повітряних лініях є однофазні замикання на землю повітряного дроту.

При цьому виникає аварійний режим, що припиняється дією систем автоматики.

Швидкодіючі засоби захисту забезпечують вимкнення пошкодженої ділянки.

При цьому повторне ввімкнення не можливе до повного усунення недоліків на ушкодженій ділянці.

Лінія що зазнала аварійного відключення має бути перевірена, а зауваження щодо працездатності обладнання мають бути усунені.

Тому дуже важливим є визначення місця ушкодження повітряної лінії з метою подальшого швидкого усунення аварійної ситуації.

Слід зазначити, що однофазні замикання на землю на повітряних лініях електропередач не завжди спричиняють аварійне вимкнення усієї мережі електропостачання.

Подібні ситуації створюють умови виникнення режимів роботи у несиметричних режимах.

Також виникає небезпечне поле розсіювання струмів витоку навколо пошкодженої ділянки.

Автоматизація процесу пошуку місця ушкодження дротів живлення повітряної лінії підвищує рівень надійності, а також безпеки, та поліпшує умови експлуатації мережі.

Для цього використовуються пристрої пошуку місць ушкодження дроту та визначення стану короткого замикання у мережі.

Індикаційні та пошукові завдання мають бути визначені за допомогою розрахункових функцій, що складаються за певним методологічним

підходом.

Перевага надається локаційним методам визначення ушкодження на відстані.

На точність визначення за локаційним методом впливає характер навантаження мережі.

Індуктивний та ємнісний опори суттєво впливають на розрахункові значення при автоматизації процесу відшукування ушкодженої ділянки та відстані до неї.

Тому подібні прояви мають усуватись за допомогою застосування спеціальних схем щодо вимірювань.

Ефективність роботи автоматизованої системи має бути перевірена за допомогою проведених дослідів.

Дослідження показують, що використання локаційного методу із застосуванням сучасного обладнання дозволяє підвищити ефективність роботи систем захисту.

Розділ 1. Аналіз існуючих методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

1.1. Загальна характеристика методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

Виходячи з режиму роботи нейтралі, можна розділити електричні лінії напруги живлення на глухо заземлені, а також заземлені через реактор або резистор.

Як показують дослідження, основним видом пошкоджень при роботі таких ліній є однофазні замикання на землю.

Особливу небезпеку складають прояви таких аварійних ситуацій коли живлення здійснюється від трифазної мережі, оскільки при цьому доволі часто системи захисту не здійснюють аварійного відключення пошкодженої ділянки, адже параметри спрацьовування налаштовуються за показниками трифазної системи, при цьому силове обладнання продовжує роботу у неповнофазному режимі.

Для цих режимів характерними є прояви несиметрії параметрів мережі живлення.

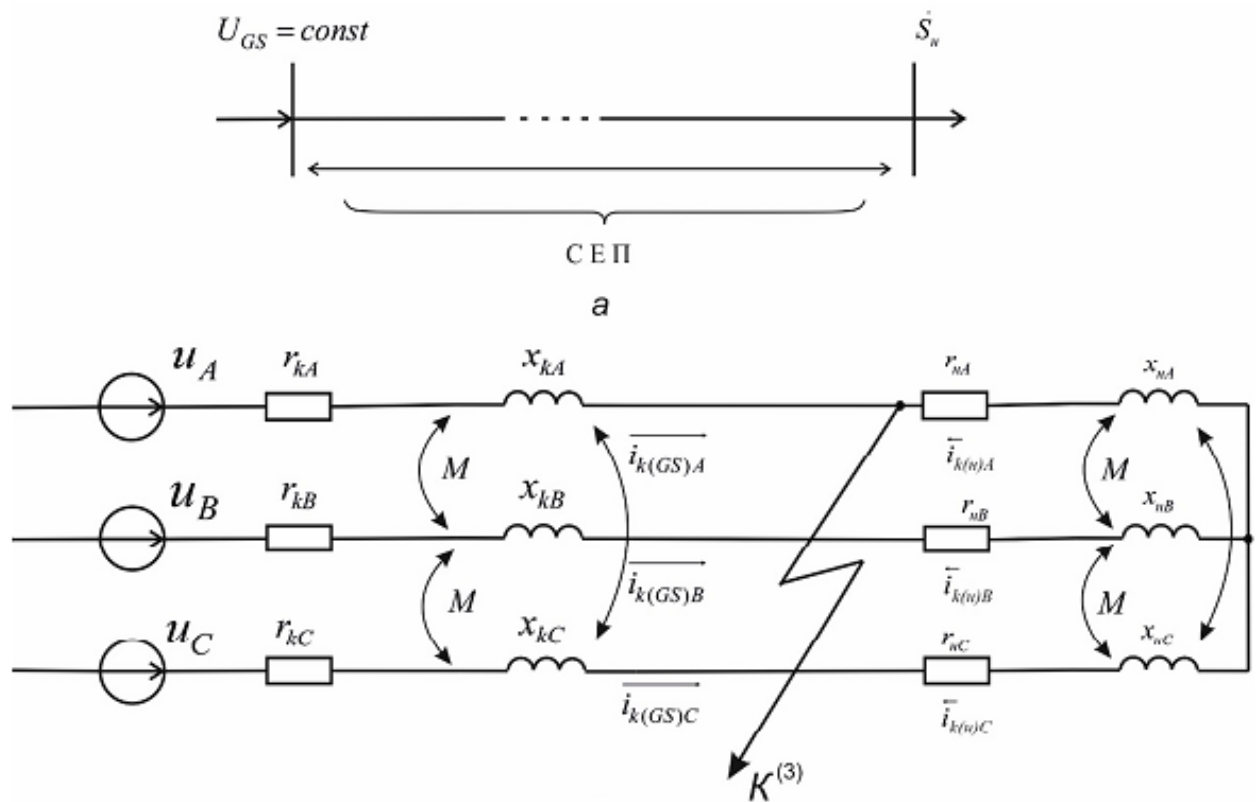


Рисунок 1.1 – Прояви аварійних ситуацій коли живлення здійснюється від трифазної мережі

Лінійна напруга при цьому залишається незмінною, а фазна зменшується до нуля.

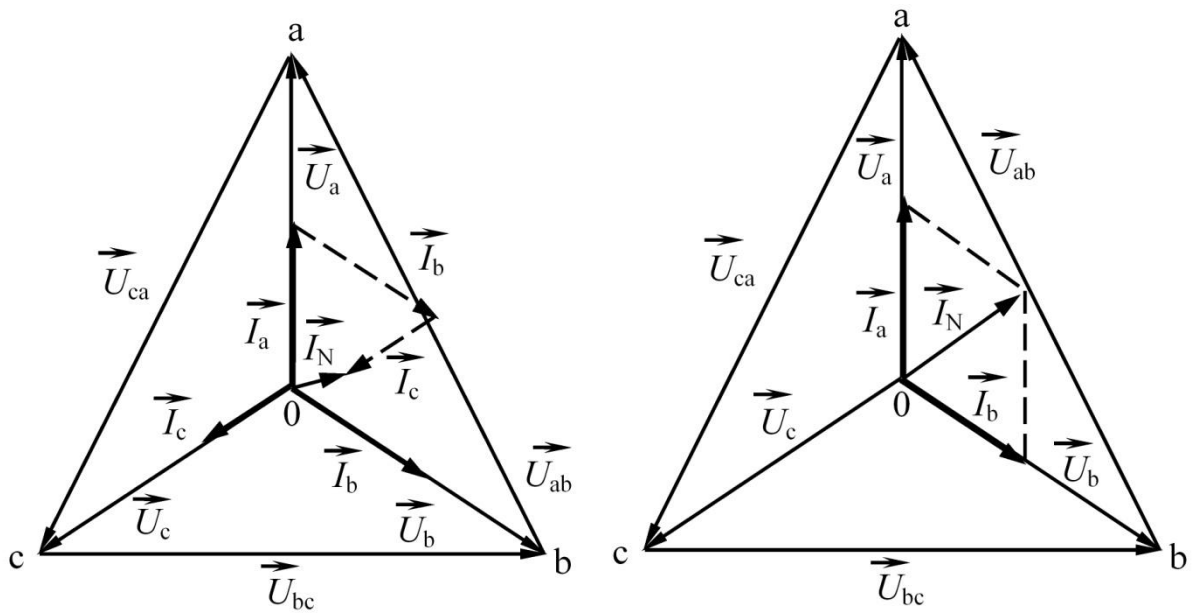


Рисунок 1.2 – Прояви несиметрії параметрів мережі живлення

Типові схеми мережі живлення можна представити згідно наведеної схеми.

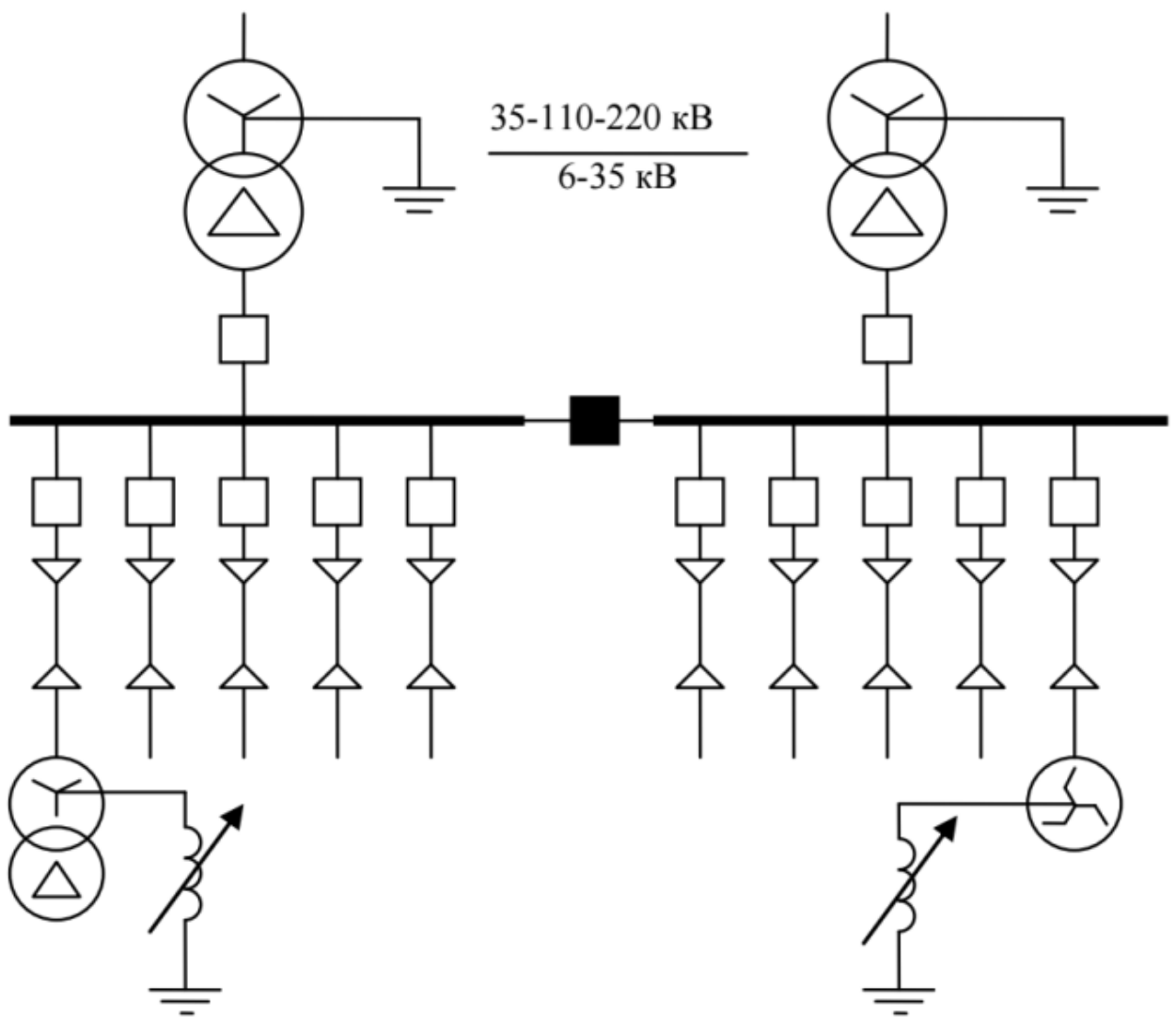


Рисунок 1.3 – Типове схемне рішення мережі живлення

Мережа живлення складається з двох джерел електричної енергії у вигляді силових трансформаторів.

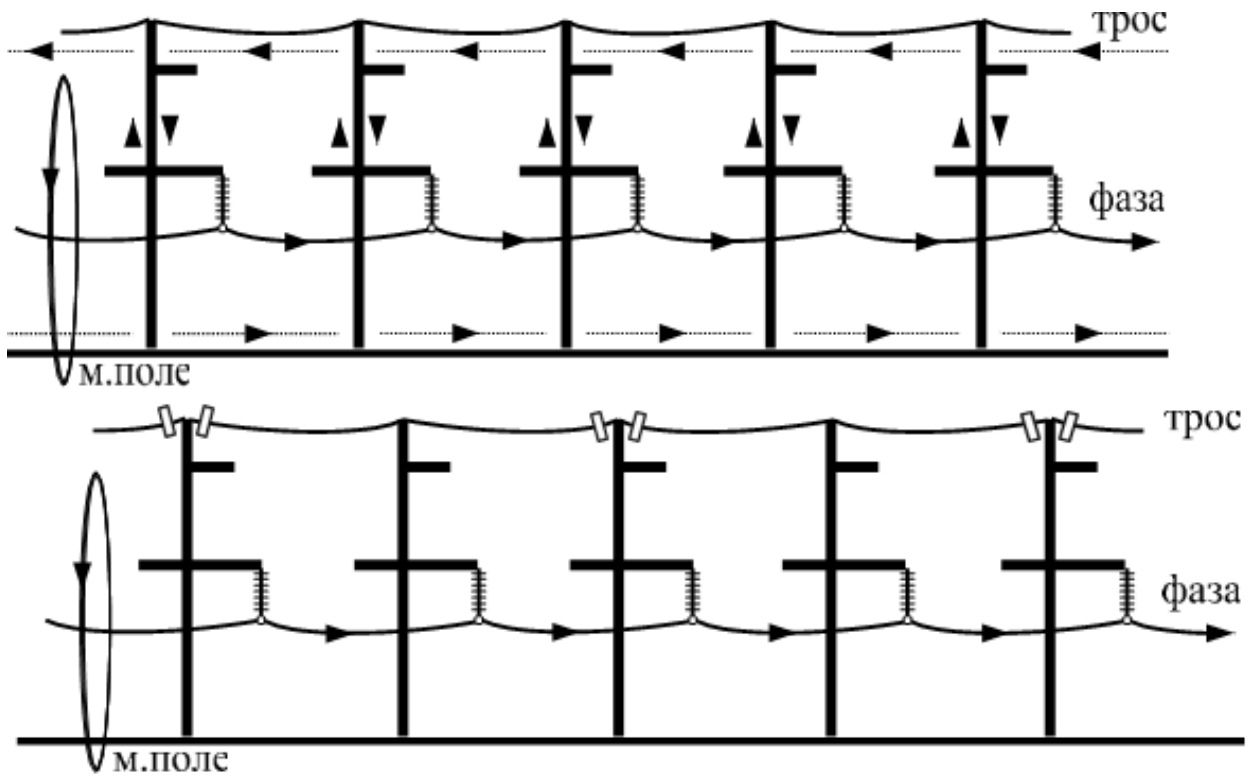


Рисунок 1.4 – Прояви аварійних ситуацій коли живлення здійснюється від трифазної мережі

1.2. Аналіз існуючих схем захисту повітряних ліній

Для захисту повітряних ліній необхідно використовувати спеціальні схеми.

Така схема для визначення стану повітряної лінії працює у почерговому режимі.

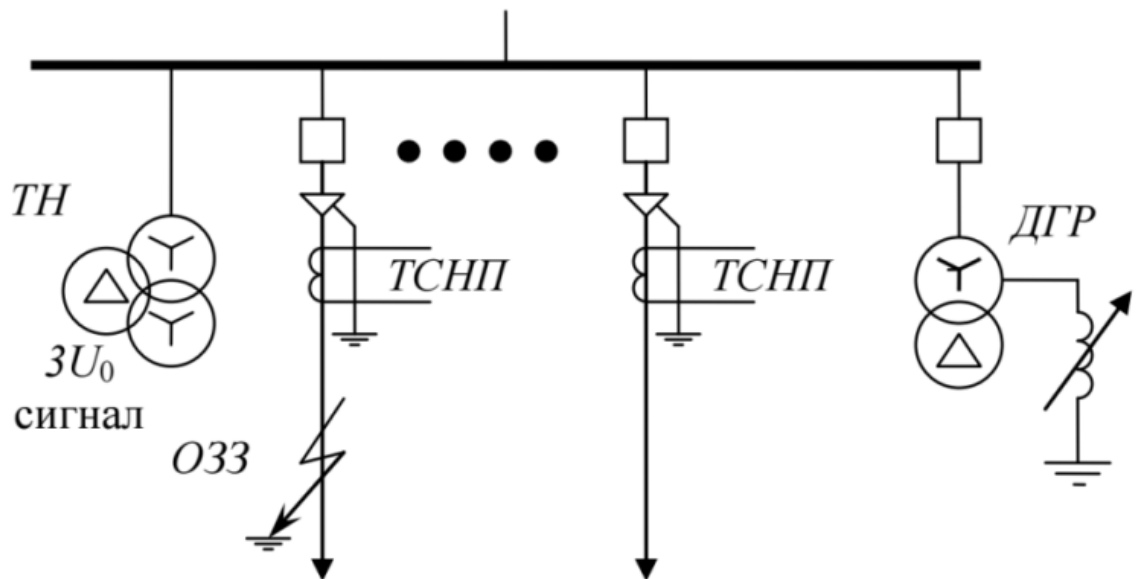


Рисунок 1.5 – Схема для визначення стану повітряної лінії що працює у почерговому режимі

Для неперервного контролю використовуються пристрої визначення опору ізоляції.

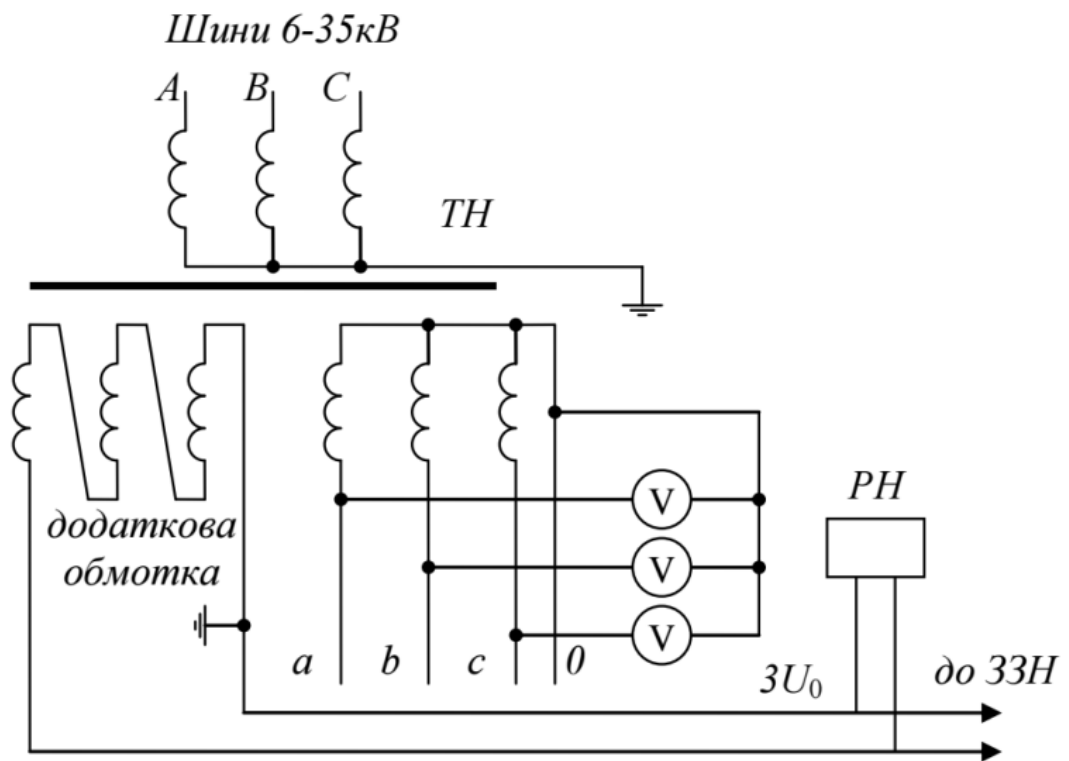


Рисунок 1.6 – Схема для неперервного контролю що використовується з пристроями визначення опору ізоляції

1.3. Аналіз існуючих засобів вимірювання при дослідженні електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

Розглянемо статичні засоби вимірювання опору ізоляції повітряної лінії.



Рисунок 1.7 – Статичні засоби вимірювання опору ізоляції повітряної лінії

Розглянемо графічне представлення розподілу потенціалів при однофазних замиканнях.

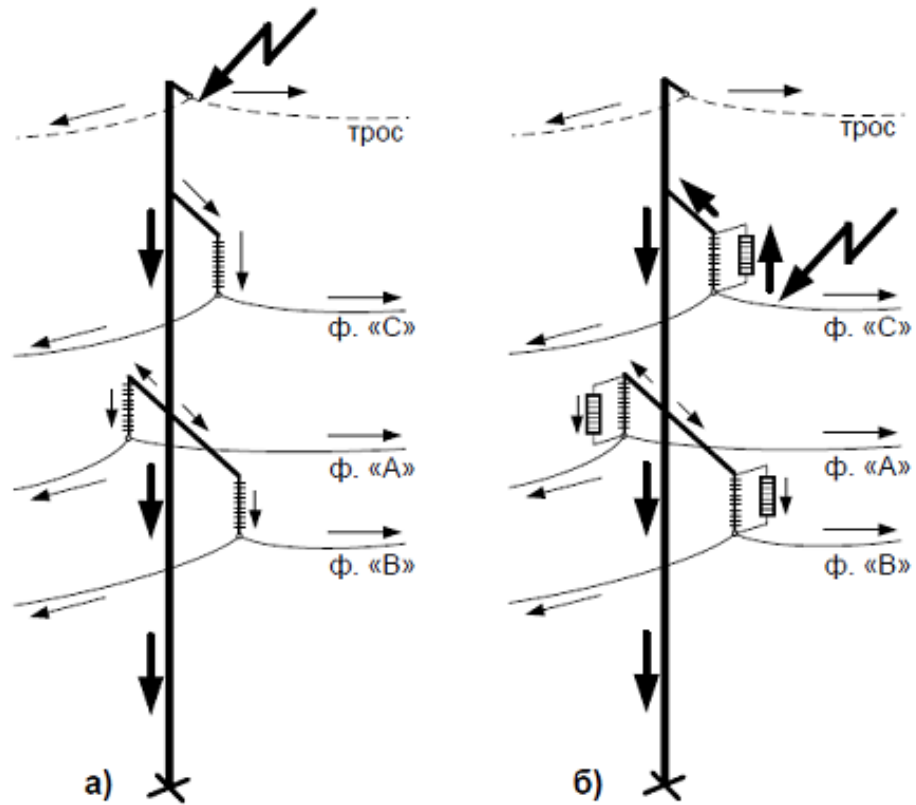


Рисунок 1.8 – Графічне представлення розподілу потенціалів при однофазних замиканнях



Рисунок 1.9 – Статичні засоби вимірювання опору ізоляції повітряної лінії та графічне представлення розподілу потенціалів при однофазних замиканнях

На опорах можуть бути встановлені спеціальні фіксатори.



Рисунок 1.10 – Спеціальні фіксатори вимірювання опору ізоляції повітряної лінії що встановлюються на опорах

Таке застосування дозволяє визначитись щодо індикації аварійного режиму.



Рисунок 1.11 – Спеціальні фіксатори що інформують про пошкодження ізоляції повітряної лінії та встановлюються на опорах



Рисунок 1.12 – Спеціальні фіксатори що інформують про режим короткого замикання повітряної лінії та встановлюються на опорах

Індикатори приєднуються до спеціальної схеми.



Рисунок 1.13 – Спеціальні фіксатори що інформують про режим короткого замикання повітряної лінії й приєднуються до спеціальної схеми та встановлюються на опорах

Більш глибоке розуміння аварійного процесу дозволяє створити діагностичні системи.



Рисунок 1.14 – Діагностичні системи щодо визначення режимів короткого замикання повітряної лінії

Розширеними функціями буде мати система безпосереднього моніторингу параметрів мережі живлення.

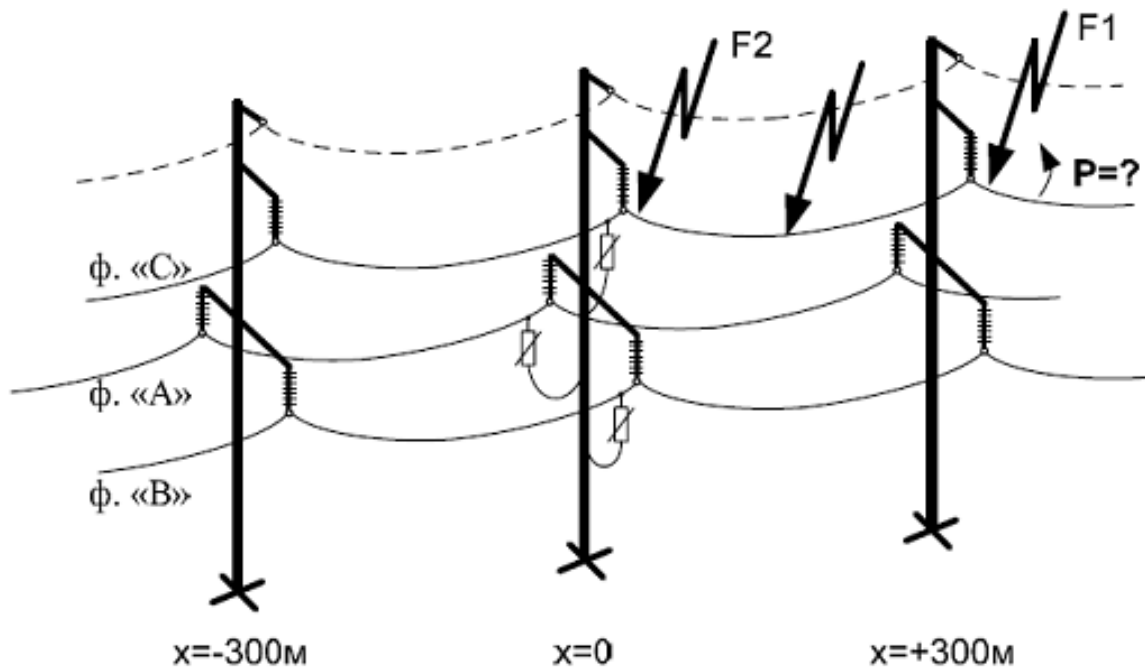


Рисунок 1.15 – Діагностичні системи щодо визначення режимів короткого замикання повітряної лінії та проведення безпосереднього моніторингу параметрів мережі живлення

Наведемо приклад.

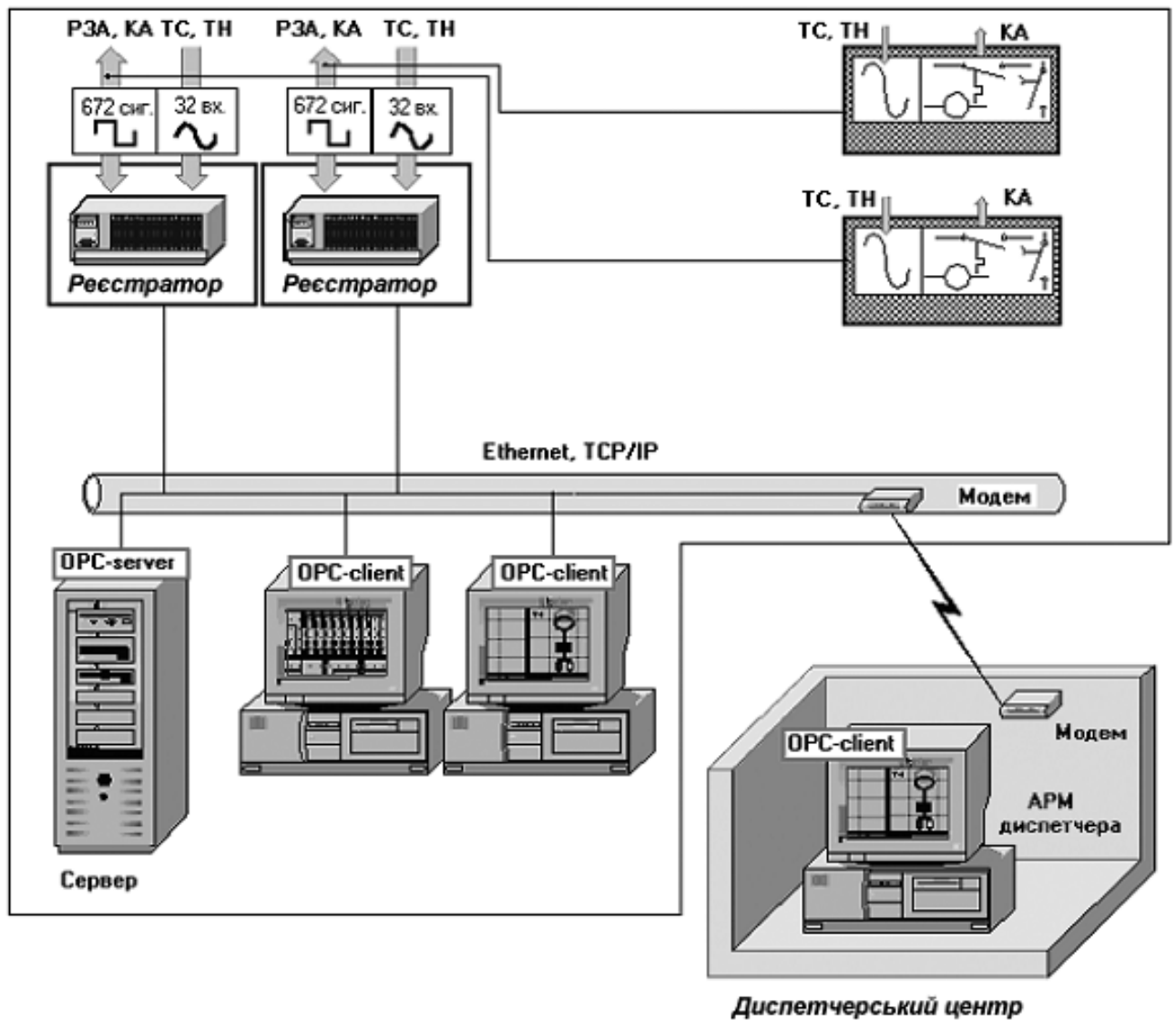


Рисунок 1.16 – Діагностичні системи щодо безпосереднього моніторингу параметрів повітряної лінії

Представимо перехідні процеси у мережі живлення при діагностуванні випадку однофазного замикання.

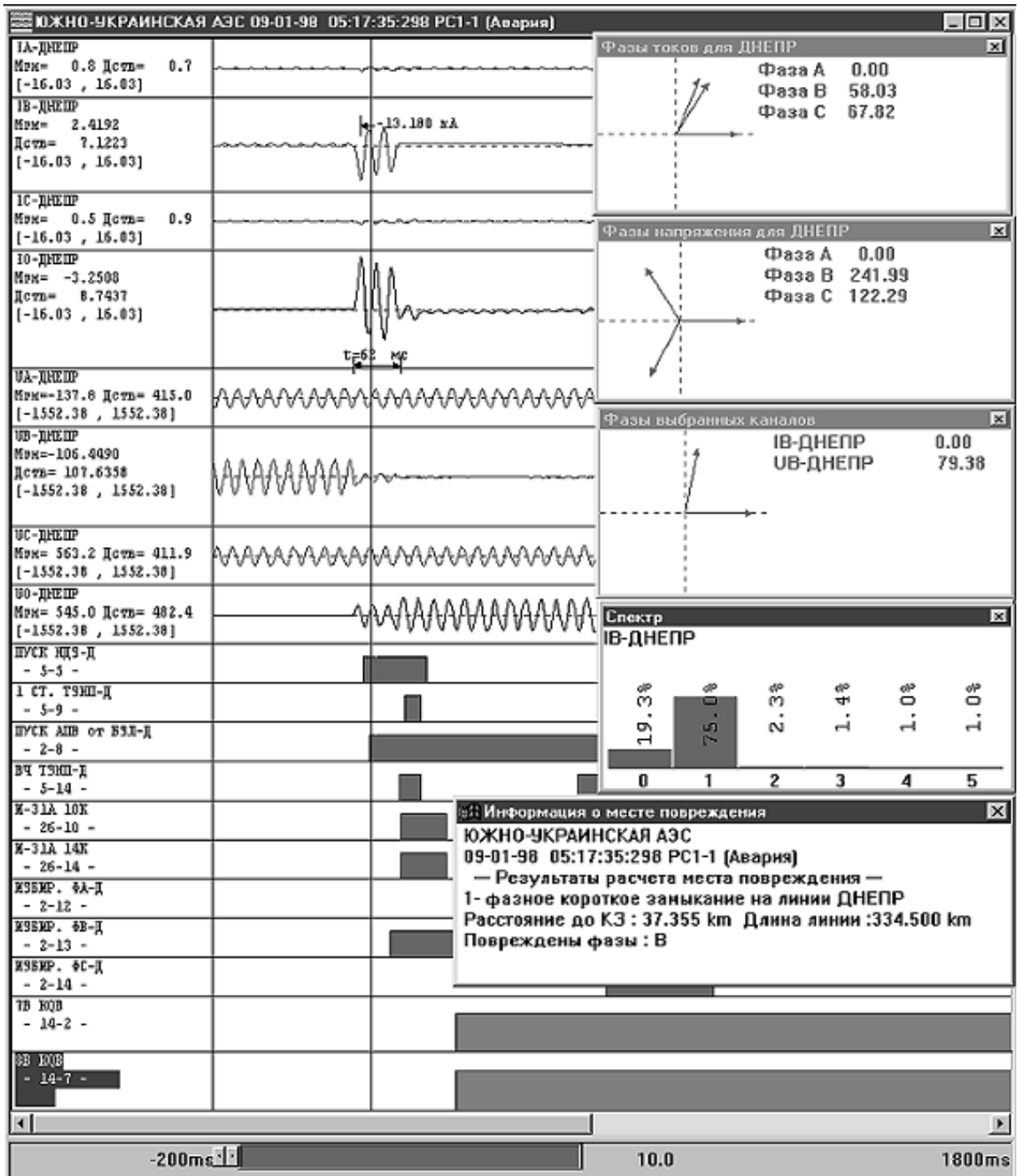


Рисунок 1.17 – Перехідні процеси у мережі живлення при діагностуванні випадку однофазного замикання

1.4. Висновки

Виходячи з необхідності передавання електричної енергії великої потужності зазвичай створюють умови щодо підвищення амплітудного значення напруги живлення.

Нажаль, все це у сукупності а також певні умови експлуатації спричиняють необхідність приділяти більше уваги надійності роботи систем електропостачання.

Слід зазначити, що до найбільш ненадійних елементів системи електропостачання можна віднести повітряні лінії електропередач напругою 6-35 кВ.

Також можна стверджувати, що це є й найбільш розповсюджені елементи енергетичних систем.

Найбільш поширеними аварійними ситуаціями при експлуатації повітряних ліній є короткі замикання на землю фазного дроту із можливим його ушкодженням.

Особливо небезпечним є обрив фазного дроту, що може супроводжуватись виникненням витоків на землю.

Найбільш поширеним режимом аварійної ситуації з виникненням короткого замикання на повітряних лініях є однофазні замикання на землю повітряного дроту.

При цьому виникає аварійний режим, що припиняється дією систем автоматики.

Швидкодіючі засоби захисту забезпечують вимкнення пошкодженої ділянки.

При цьому повторне ввімкнення не можливе до повного усунення

недоліків на ушкодженій ділянці.

Розділ 2. Локаційні методи дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

2.1. Аналіз ефективності застосування локаційних методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

У системах розподілення та генерації важливу інформацію можна винести з конструктивних особливостей ділянки розподільчої мережі живлення.

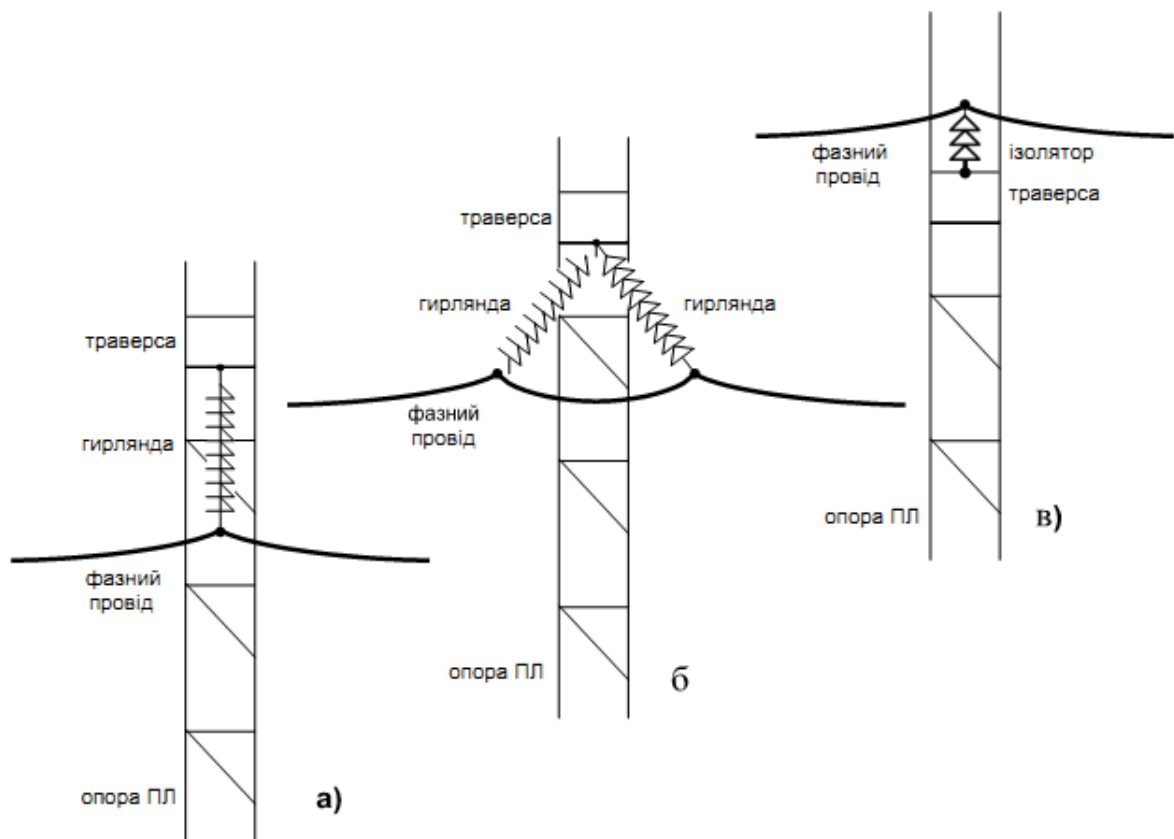


Рисунок 2.1 – Конструктивних особливостей ділянки розподільчої мережі живлення

Важливим є визначення діапазону вимірювань.

$$D > (1,1?1,2) L_{\text{л}} \quad \dots \quad (2.1)$$

Виходячи з діапазону вимірювань встановлюється тривалість імпульсів.

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

де $K(\omega)$ – коефіцієнт передачі.

Розглянемо форму імпульсів.

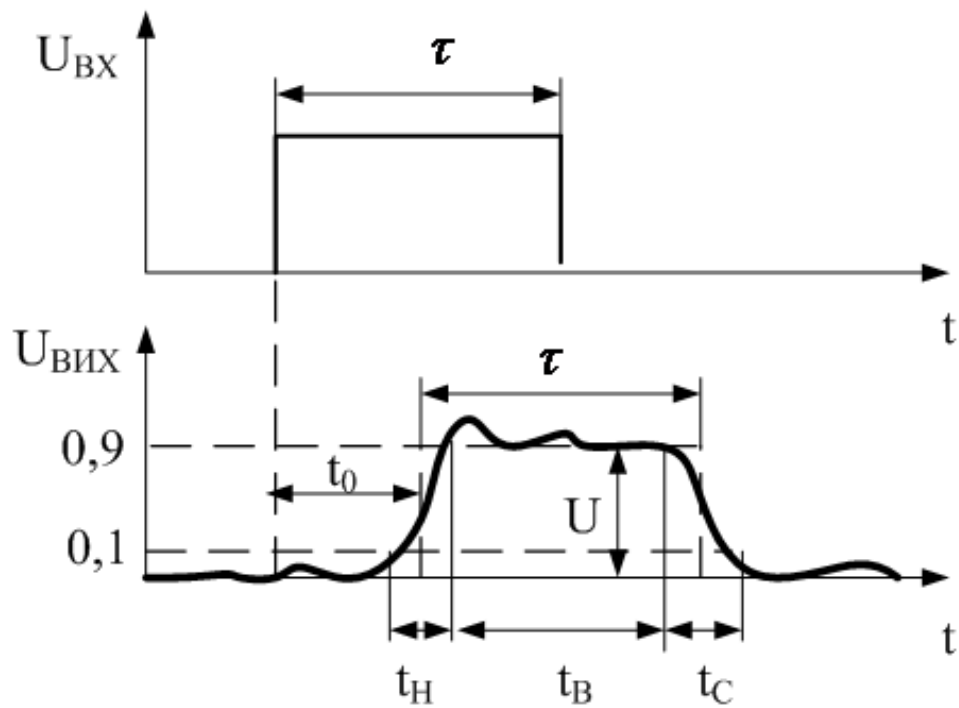


Рисунок 2.2 – Розглянута форма імпульсів

де $U_{ВХ}, U_{ВІХ}$ – вхідні та вихідні напруги;

t_H, t_B, t_C – час наростання імпульсів, час імпульсів вище за рівень $0,9U$, час спадання імпульсів.

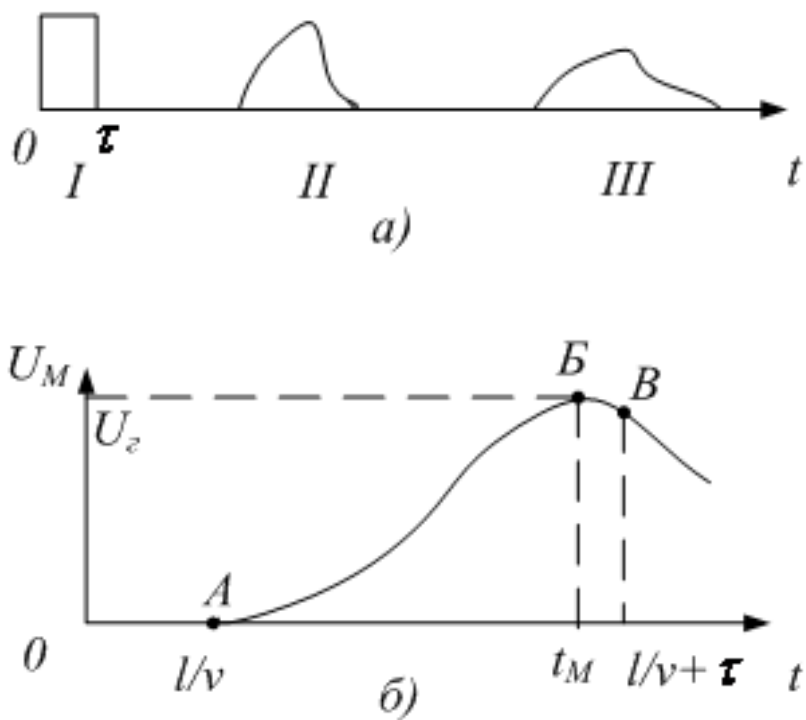


Рисунок 2.3 – Розглянута форма послідовності імпульсів

Розподільча здатність:

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

де v – швидкість імпульсів.

$$v = k_{ук} c;$$

c – швидкість світла.

Тоді для вимірювань можна застосувати серію імпульсів різної форми та послідовності.

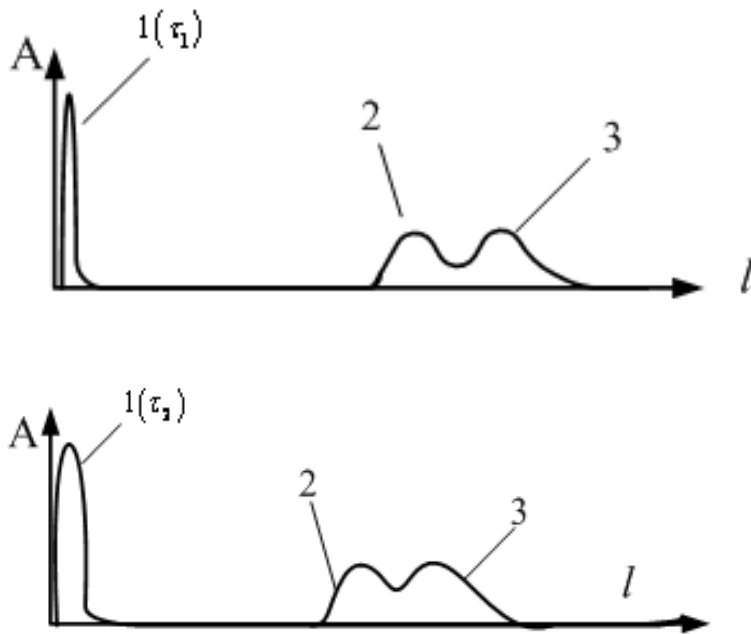


Рисунок 2.4 – Розглянута форма послідовності імпульсів

2.2. Вплив активного та ємнісного опору на дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

При зондуванні імпульсного сигналу важливим є отримати необхідну площу відбиття сигналу.

Неоднорідність сигналу може бути визначена:

$$N = \frac{B_2}{B_1} = \frac{Z_H - Z_B}{Z_H + Z_B}, \quad (2.4)$$

де Z_H – опір навантаження;

Z_{XB} – хвильовий опір лінії.

Діагностична структура може бути представлена:

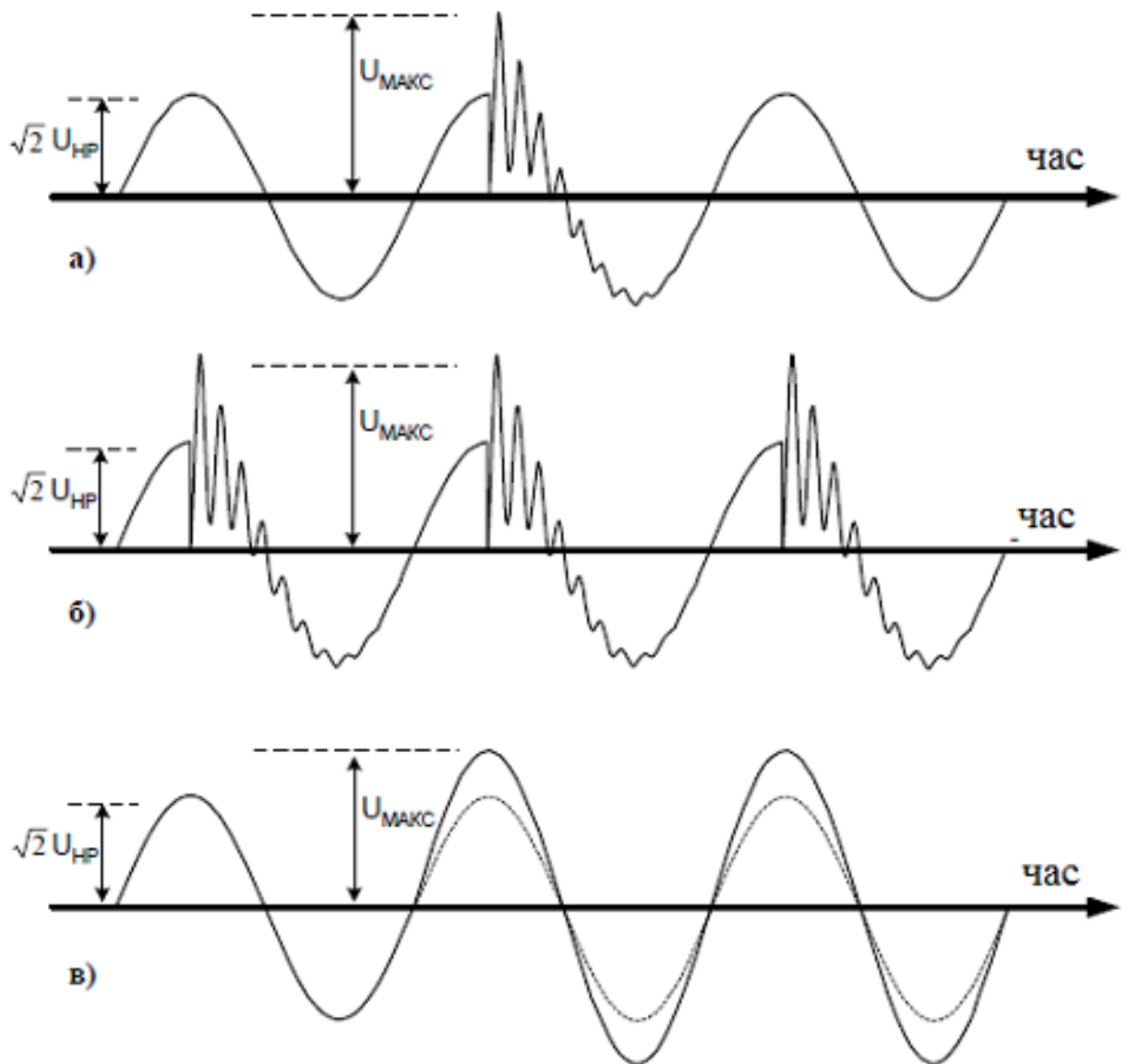


Рисунок 2.5 – Діагностична структура та представлена форма імпульсу відгуку при зондуванні імпульсного сигналу

На рис. 2.5. представлена схема діагностичної структури представлення форми імпульсу відгуку при зондуванні імпульсного сигналу.

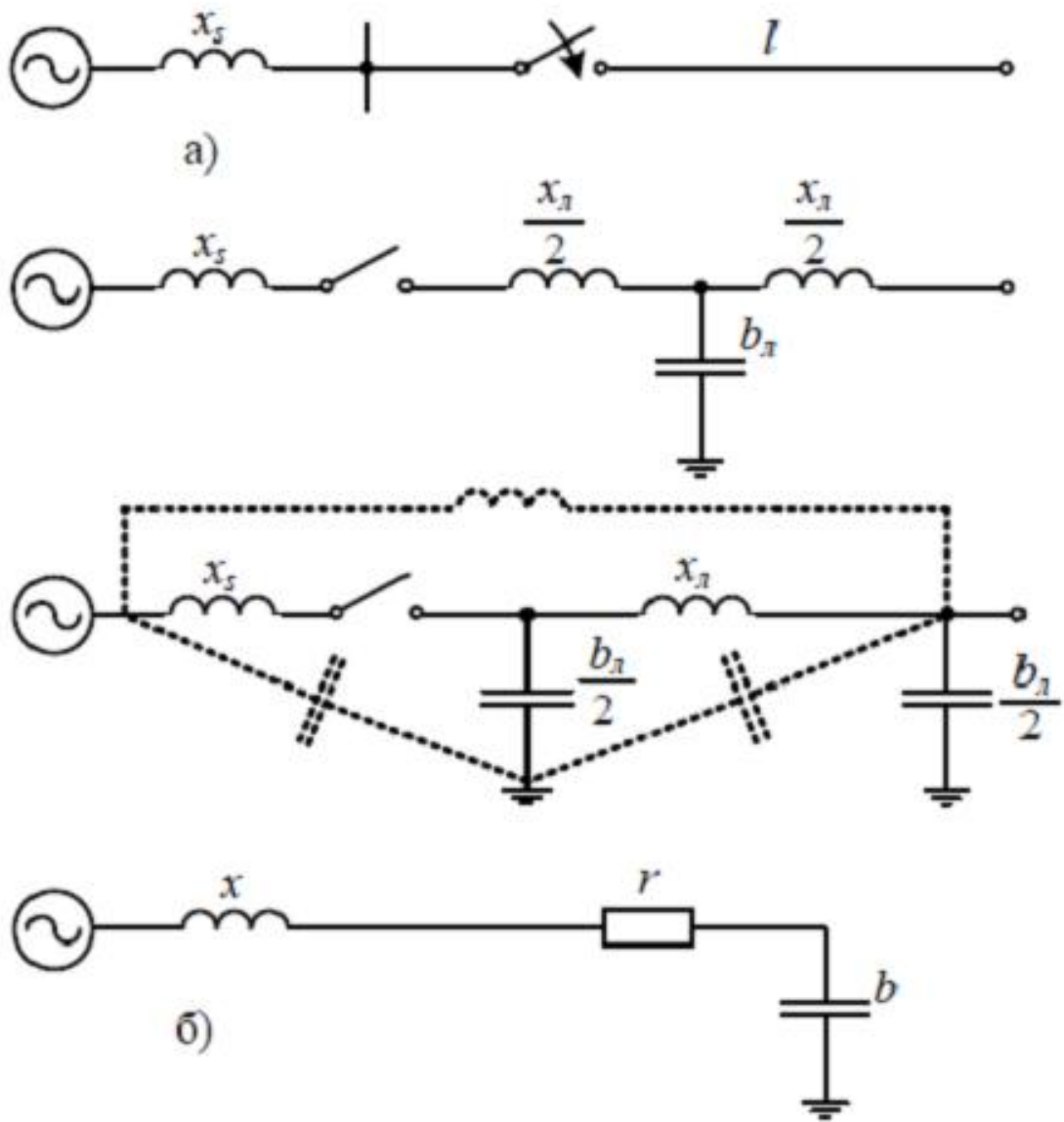


Рисунок 2.6 – Діагностична структура що представлена схемою заміщення

a – коли ємність ввімкнена паралельно; *б* – коли індуктивний опір ввімкнено послідовно

Результати досліджень можна представити у графіках відповідних величин.

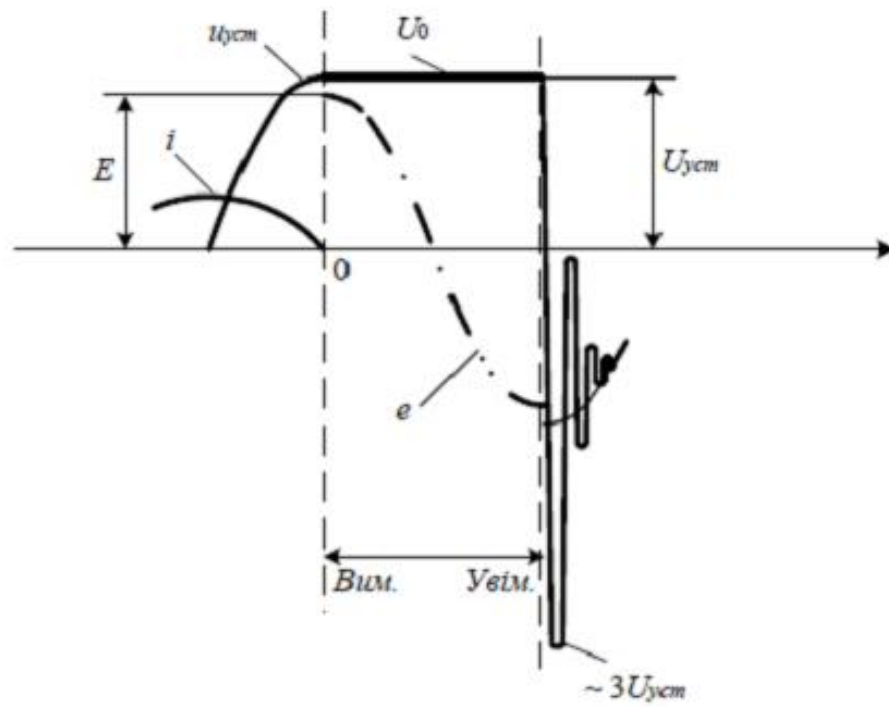


Рисунок 2.7 – Розглянута форма послідовності імпульсів що представлена формою імпульсів відгуку при зондуванні імпульсного сигналу

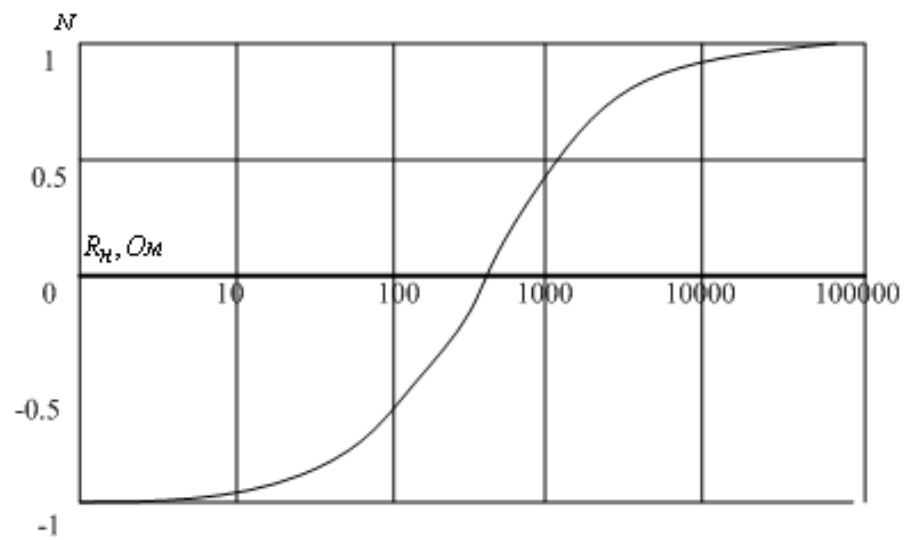


Рисунок 2.8 – Зміна коефіцієнту відбиття розглянутої форми послідовності імпульсів що представлена формою імпульсів відгуку при зондуванні імпульсного сигналу

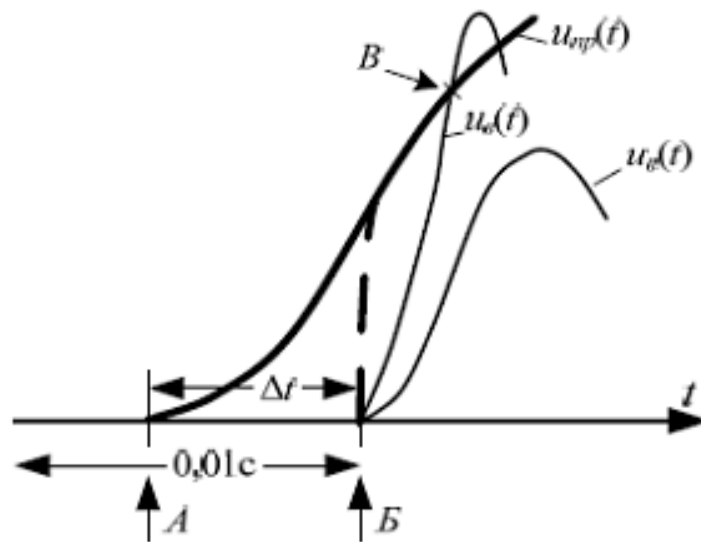


Рисунок 3.9 – Розглянута форма послідовності імпульсів що представлена формою імпульсів відгуку при зондуванні імпульсного сигналу

Розглянемо реалізацію схеми діагностичного пристрою.

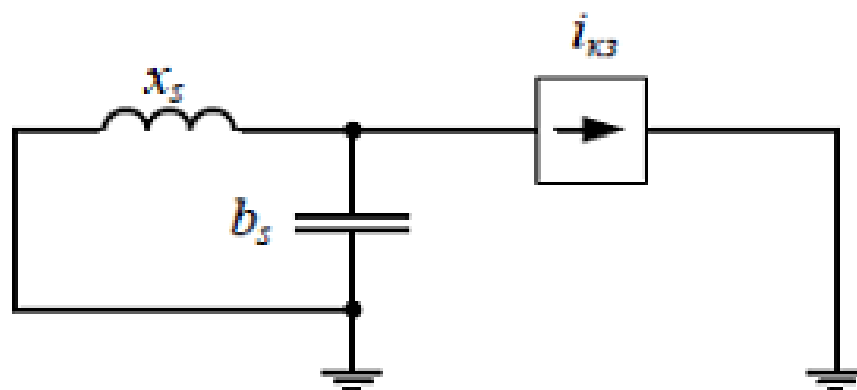


Рисунок 2.10 – Реалізація схеми діагностичного пристрою

При подібній реалізації можна отримати наступні графіки сигналів у повітряній лінії.

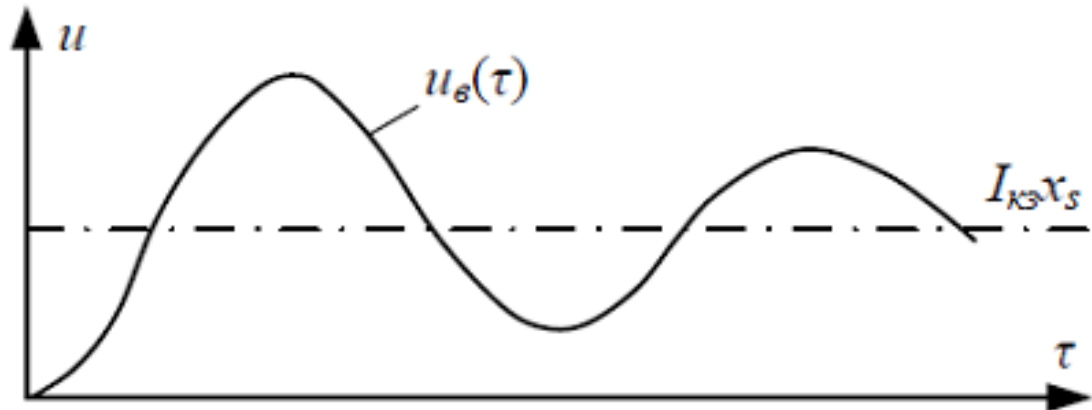


Рисунок 2.11 – Розглянута форма послідовності імпульсів що представлена формою імпульсів відгуку при зондуванні імпульсного сигналу за смугою пропускання

Схема заміщення повітряної лінії може бути представлена простими ланками.

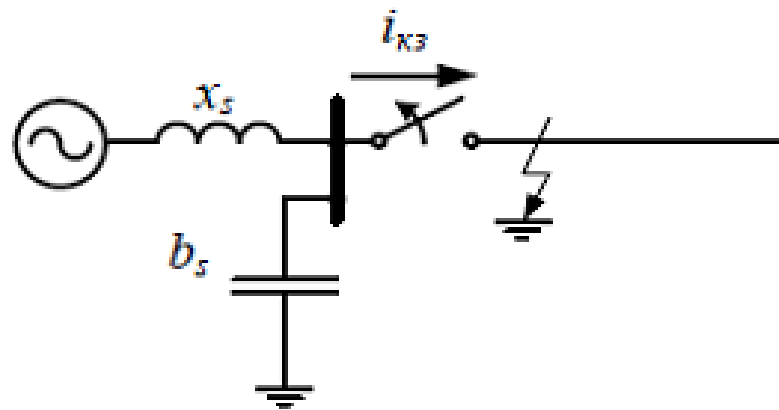


Рисунок 2.12 – Схема заміщення повітряної лінії що представлена простими ланками

Відповідно до схеми заміщення визначимо:

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

де ω – кутова частота.

Наведемо графіки сигналів відбиття у повітряній лінії при діагностуванні.

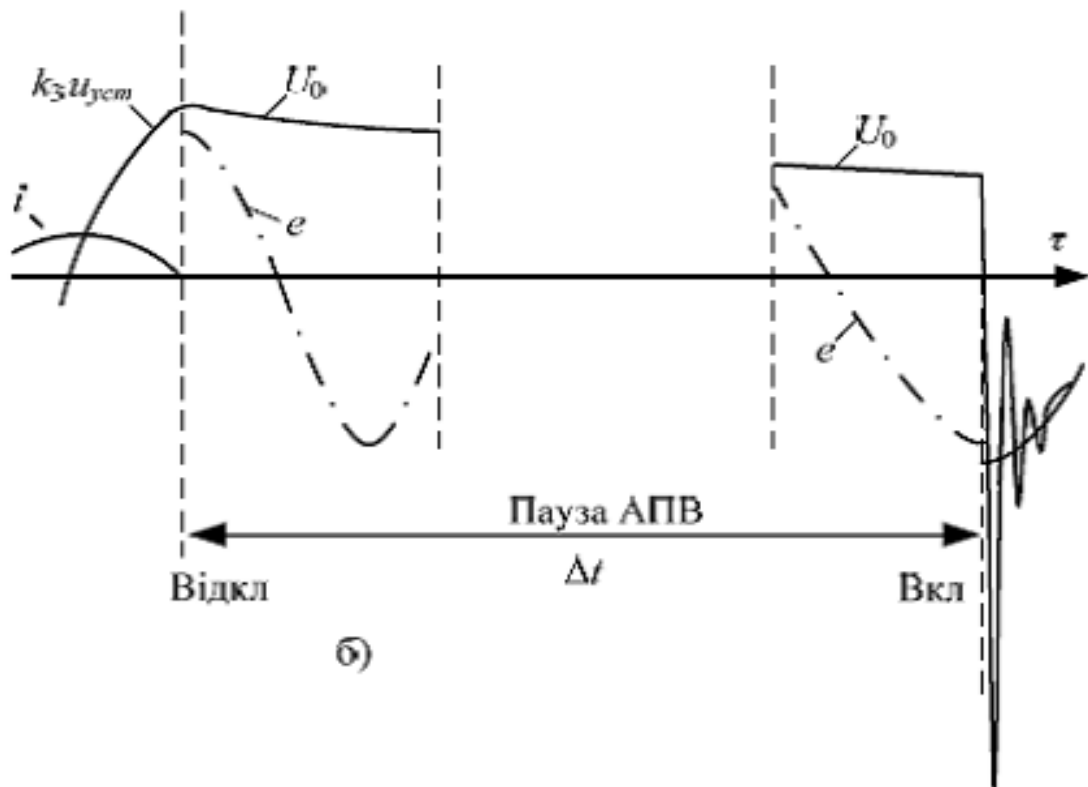


Рисунок 2.13 – Графіки сигналів відбиття у повітряній лінії при діагностуванні зондуванні імпульсного сигналу за смугою пропускання

Розглянемо рівняння:

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

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

Отримані графіки представимо у вигляді:

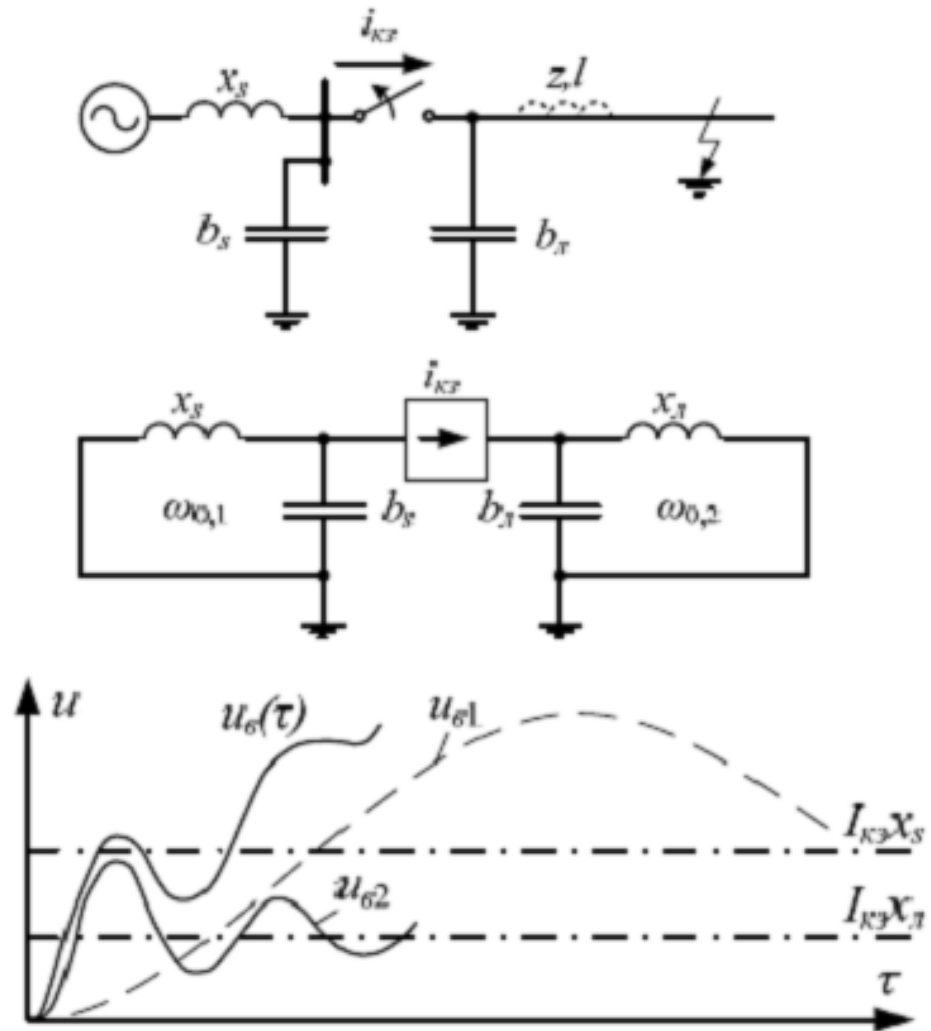


Рисунок 2.14 – Графіки сигналів відбиття у повітряній лінії при діагностуванні зондуванні імпульсного сигналу за смугою пропускання

2.3. Вплив індуктивного опору на дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

Індуктивність повітряної лінії суттєво впливає на значення опорів при діагностуванні.

Схеми заміщення при врахуванні індуктивного опору мережі живлення можна представити:

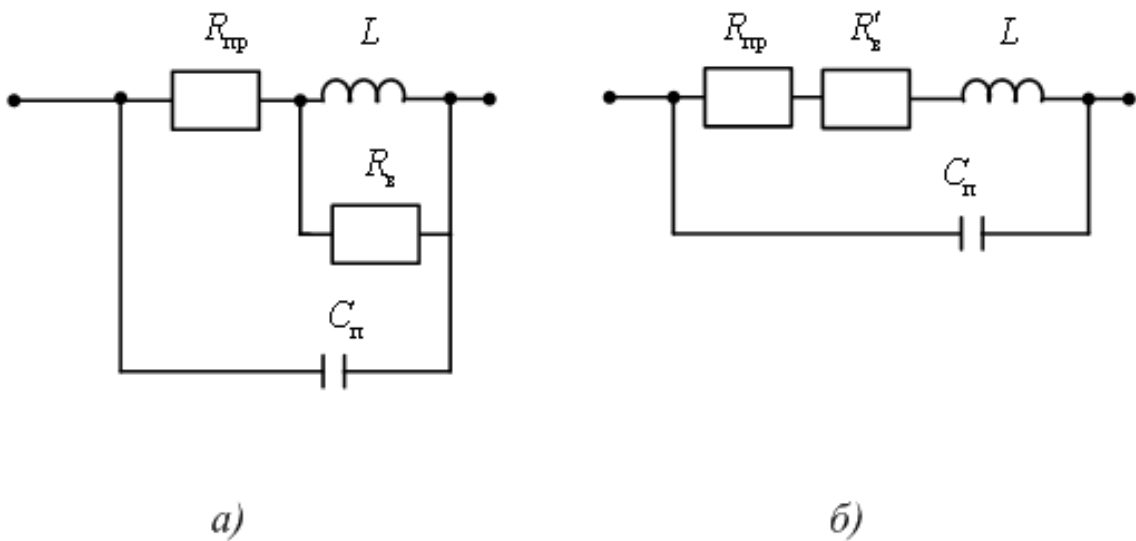


Рисунок 2.15 – Схеми заміщення при врахуванні індуктивного опору мережі живлення

a) – опори при паралельному ввімкненні; *б)* – опори при послідовному ввімкненні

Наведемо графіки сигналів відбиття у повітряній лінії при діагностуванні.

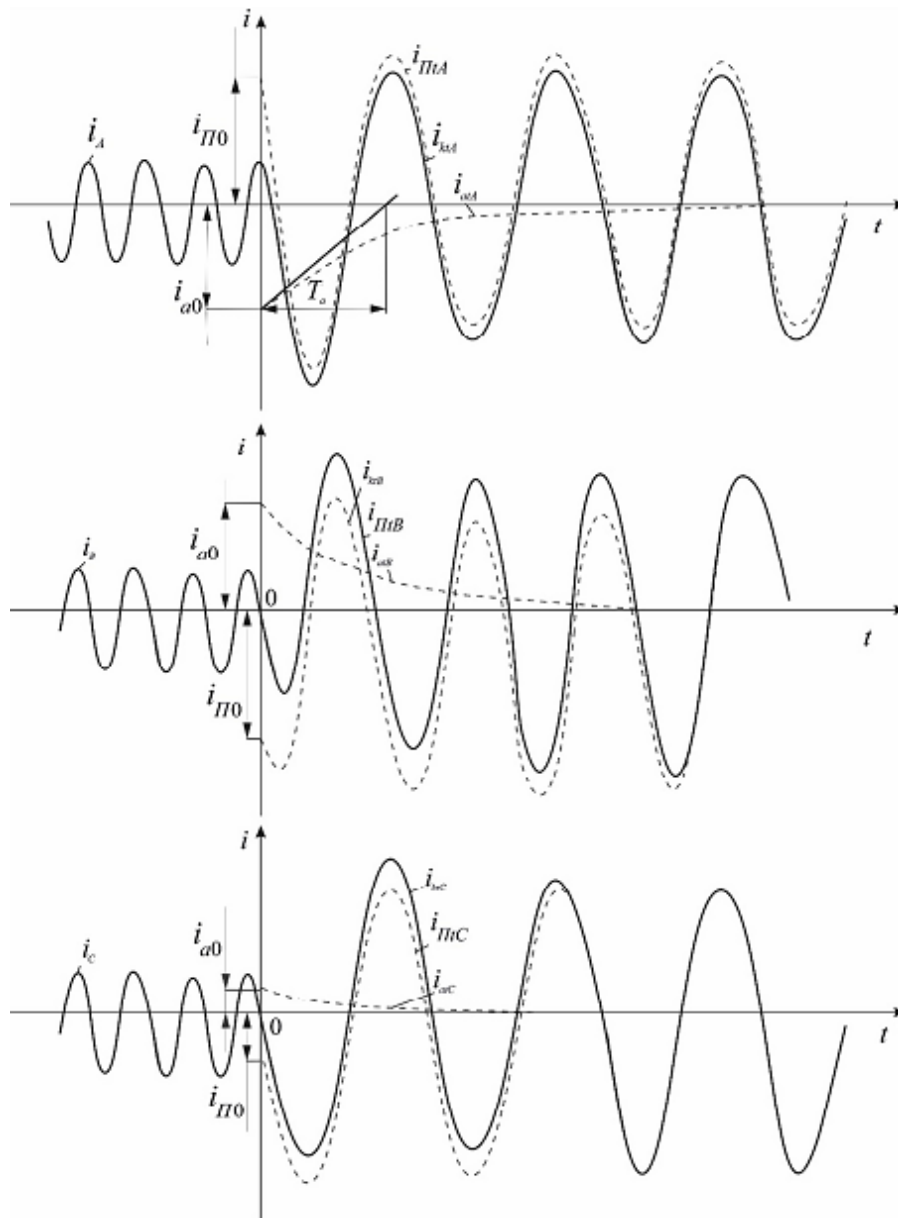


Рисунок 2.16 – Розглянута форма послідовності імпульсів що представлена формою імпульсів відгуку при зондуванні імпульсного сигналу за смугою пропускання при врахуванні індуктивного опору мережі живлення

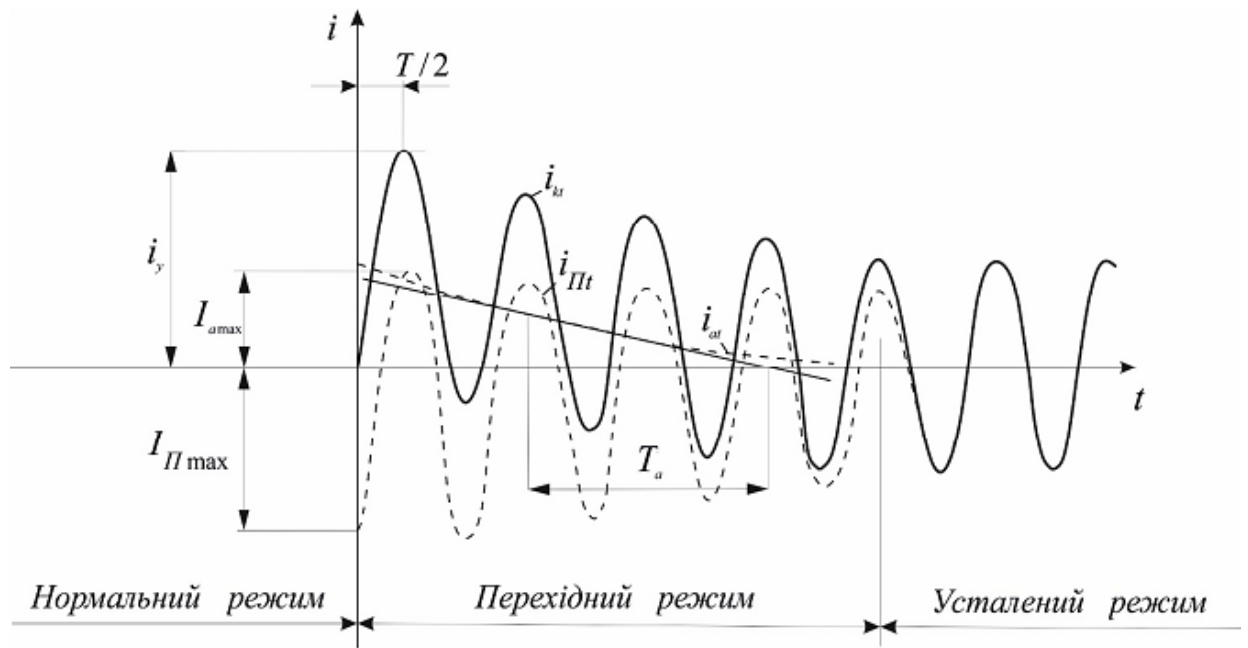


Рисунок 2.17 – Розглянута форма послідовності імпульсів що представлена формою імпульсів відгуку при зондуванні імпульсного сигналу за смугою пропускання при врахуванні індуктивного опору мережі живлення

2.4. Аналіз результатів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

При впровадженні систем діагностування важливим є збереження отриманої інформації.

Така інформація може використовуватись у подальшому для аналізу режимів роботи.

Тому графіки отриманих процесів мають бути представлені у цифровому форматі.

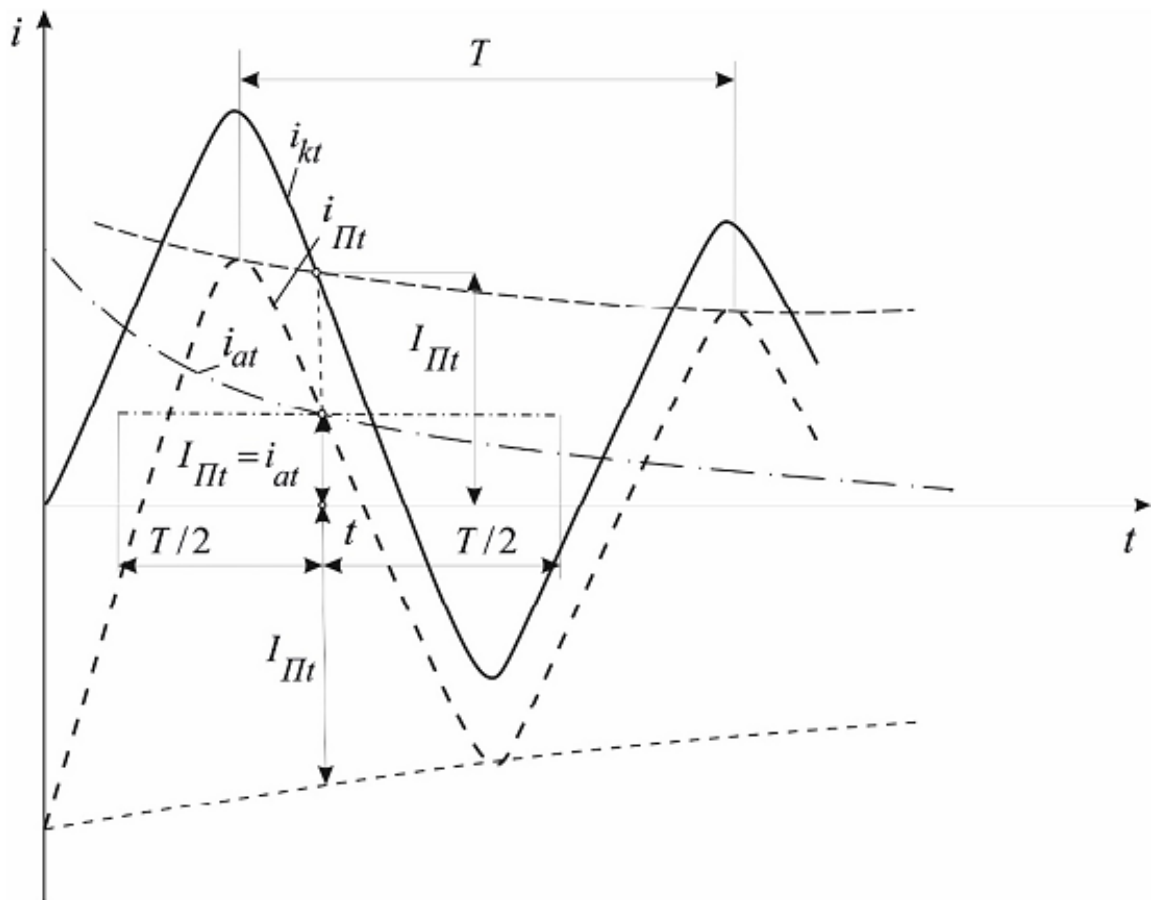


Рисунок 2.18 – Розглянута форма послідовності імпульсів що представлена формою імпульсів відгуку при зондуванні імпульсного сигналу за смугою пропускання при врахуванні індуктивного опору мережі живлення з визначенням похибки вимірювань при діагностуванні

При цьому необхідні визначення похибки вимірювань при діагностуванні:

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

де Δl – абсолютна похибка;

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

$l_{\text{д.}}$ – відстань до місця пошкодження;

$l_{\text{п.}}$ – відстань до місця пошкодження, визначена засобом вимірювання.

Представимо результати розрахунків.

Таблиця 2.1 – Визначені похибки вимірювань при діагностуванні

Контрольні точки	Дійсна довжина лінії, м	Довжина лінії за показами приладу, м	Δl , м	dl , %
1-2	7	7	0	0
2-3	7	7,02	-0,02	-0,286
2-4	17,5	17,6	-0,04	-0,229
4-5	4	3,99	0,01	0,25
4-6	10	9,9	0,031	0,31
4-7	49	49,2	-0,11	-0,224

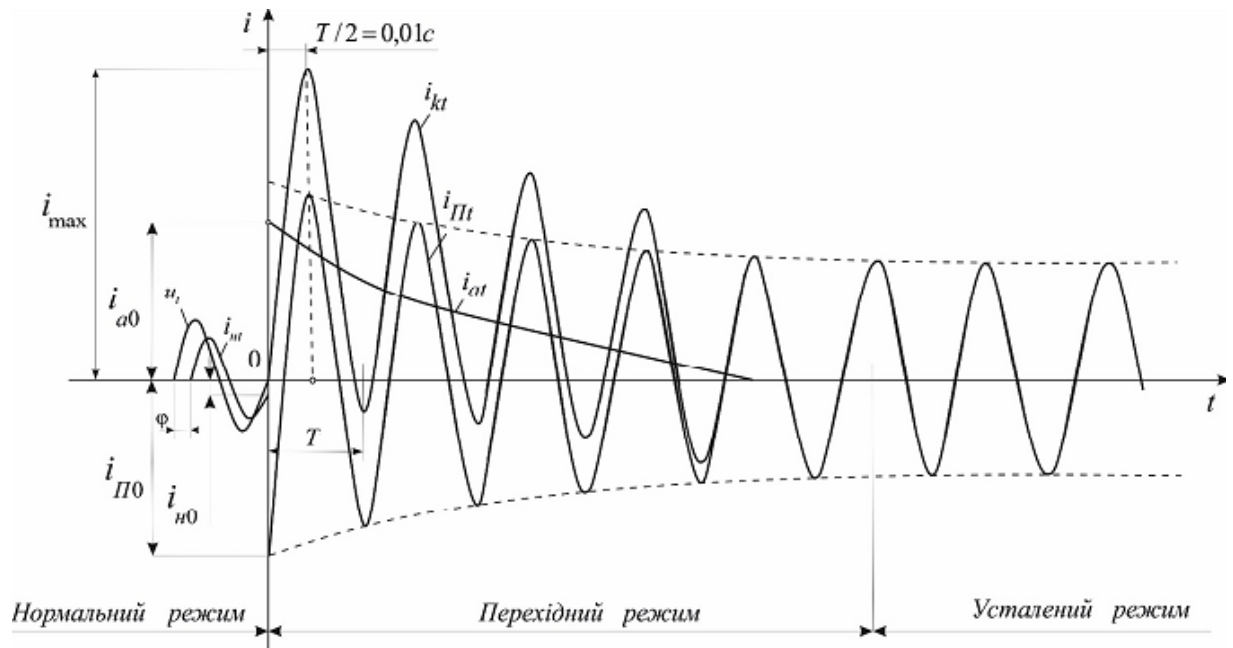


Рисунок 2.19 – Розглянута форма послідовності імпульсів що представлена формою імпульсів відгуку при зондуванні імпульсного сигналу за смугою пропускання при врахуванні індуктивного опору мережі живлення з визначенням похибки вимірювань при діагностуванні

2.5. Висновки

Лінія що зазнала аварійного відключення має бути перевірена, а зауваження щодо працездатності обладнання мають бути усунені.

Тому дуже важливим є визначення місця ушкодження повітряної лінії з метою подальшого швидкого усунення аварійної ситуації.

Слід зазначити, що однофазні замикання на землю на повітряних лініях електропередач не завжди спричиняють аварійне вимкнення усієї мережі електропостачання.

Подібні ситуації створюють умови виникнення режимів роботи у несиметричних режимах.

Також виникає небезпечне поле розсіювання струмів витоку навколо пошкодженої ділянки.

Автоматизація процесу пошуку місця ушкодження дротів живлення повітряної лінії підвищує рівень надійності, а також безпеки, та поліпшує умови експлуатації мережі.

Для цього використовуються пристрої пошуку місць ушкодження дроту та визначення стану короткого замикання у мережі.

Індикаційні та пошукові завдання мають бути визначені за допомогою розрахункових функцій, що складаються за певним методологічним підходом.

Перевага надається локаційним методам визначення ушкодження на відстані.

На точність визначення за локаційним методом впливає характер навантаження мережі.

Індуктивний та ємнісний опори суттєво впливають на розрахункові

значення при автоматизації процесу відшукування ушкодженої ділянки та відстані до неї.

Тому подібні прояви мають усуватись за допомогою застосування спеціальних схем щодо вимірювань.

Розділ 3. Оцінювання ефективності методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

3.1. Обладнання для оцінювання ефективності методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

Реалізація системи діагностування виконується із використанням сучасного вимірювального обладнання.

При локалізації місця ушкодження система реагує згідно програми навчання.

Це прискорює процес визначення омичного опору у лінії електропередач.



Рисунок 3.1 – Реалізація системи діагностування що виконується

Представимо розрахунковий вираз:

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

де $U_{в.с.}$ – амплітудне значення сигналів;

$E_{п.с.}$ – значення сигналів;

$k_{сх.}$ – схемний коефіцієнт;

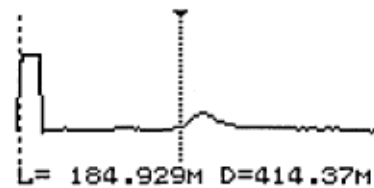
$k_{н.}$ – коефіцієнт ступеню ушкодження;

$k_{з.}$ – коефіцієнт затухання.

3.2. Результати дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції

Результати роботи діагностичного комплексу по визначенню місця ушкодження можна представити у вигляді імпульсної функції відбиття сигналу.

Укорочення	Настройки
Діапазон	Пам'ять
Зонд	Режим
Розтяжка	Комп'ютер
Курсори	Калібровка
Підсилення	Інформація
Зміщення	Параметри
Усереднення	Виключення



а)

б)

Рисунок 3.2 – Результати роботи діагностичного комплексу по визначенню місця ушкодження що представлені у вигляді імпульсної функції відбиття сигналу

Представимо моніторинг подібних параметрів на прикладі практичної задачі.

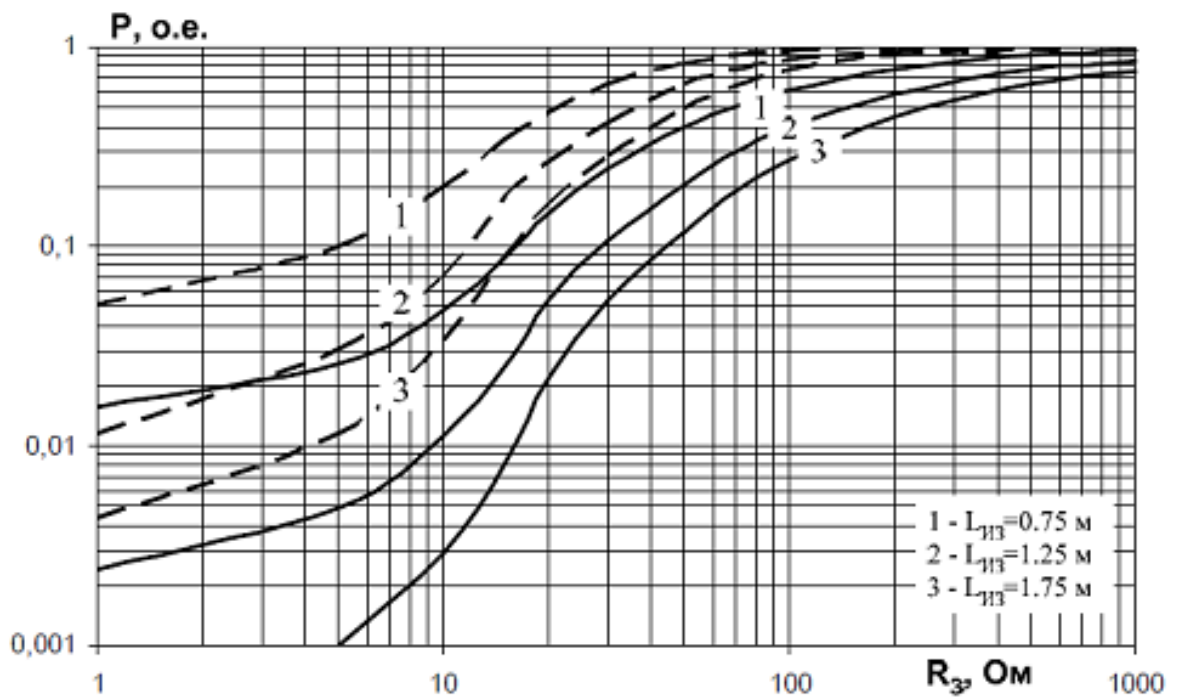


Рисунок 3.3 – Моніторинг параметрів повітряної лінії на прикладі практичної задачі по визначенню місця ушкодження що представлені у вигляді імпульсної функції відбиття сигналу

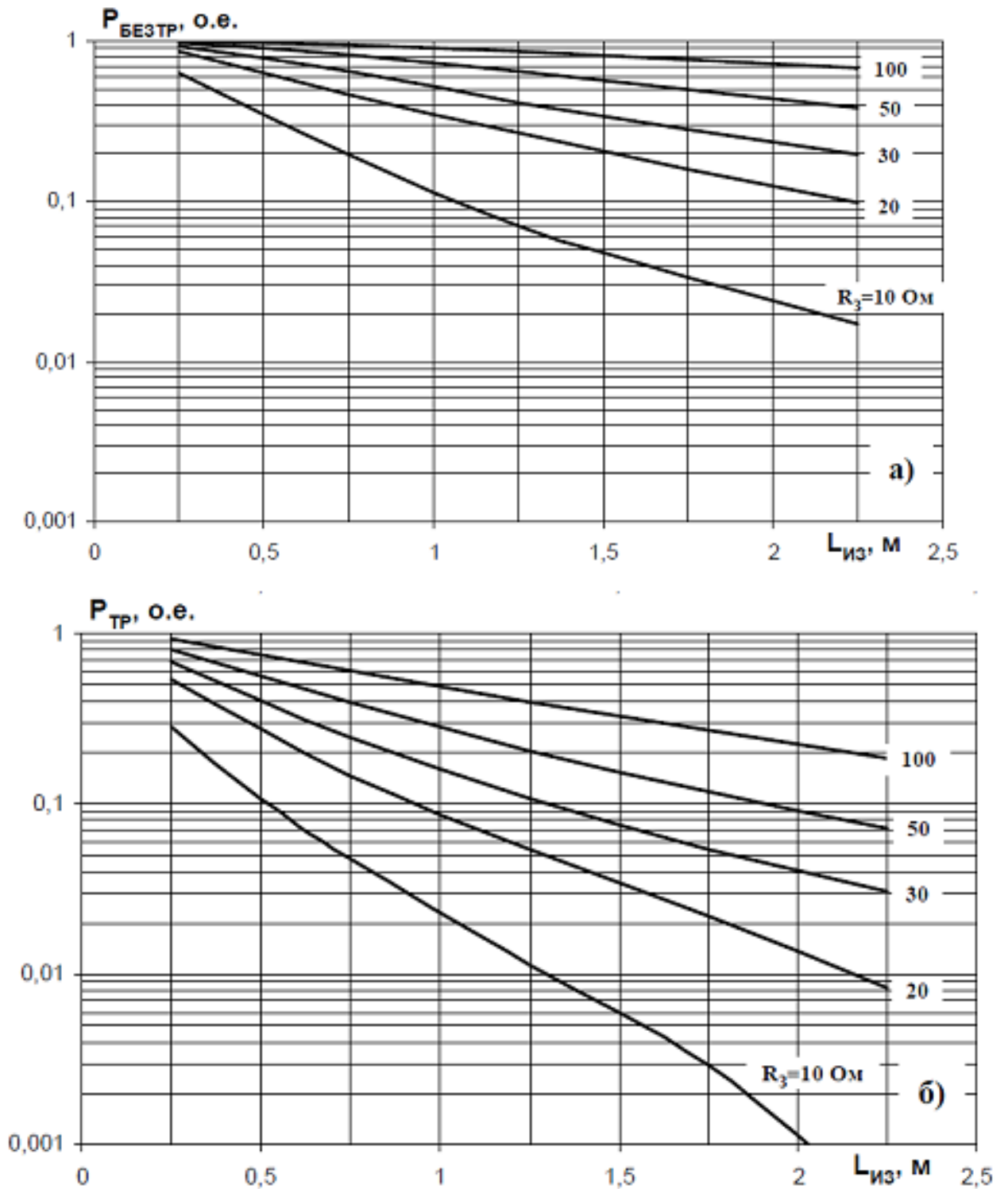


Рисунок 3.4 – Моніторинг параметрів повітряної лінії на прикладі практичної задачі по визначенню місця ушкодження що представлені у вигляді імпульсної функції відбиття сигналу розкладеної за смугою пропускання

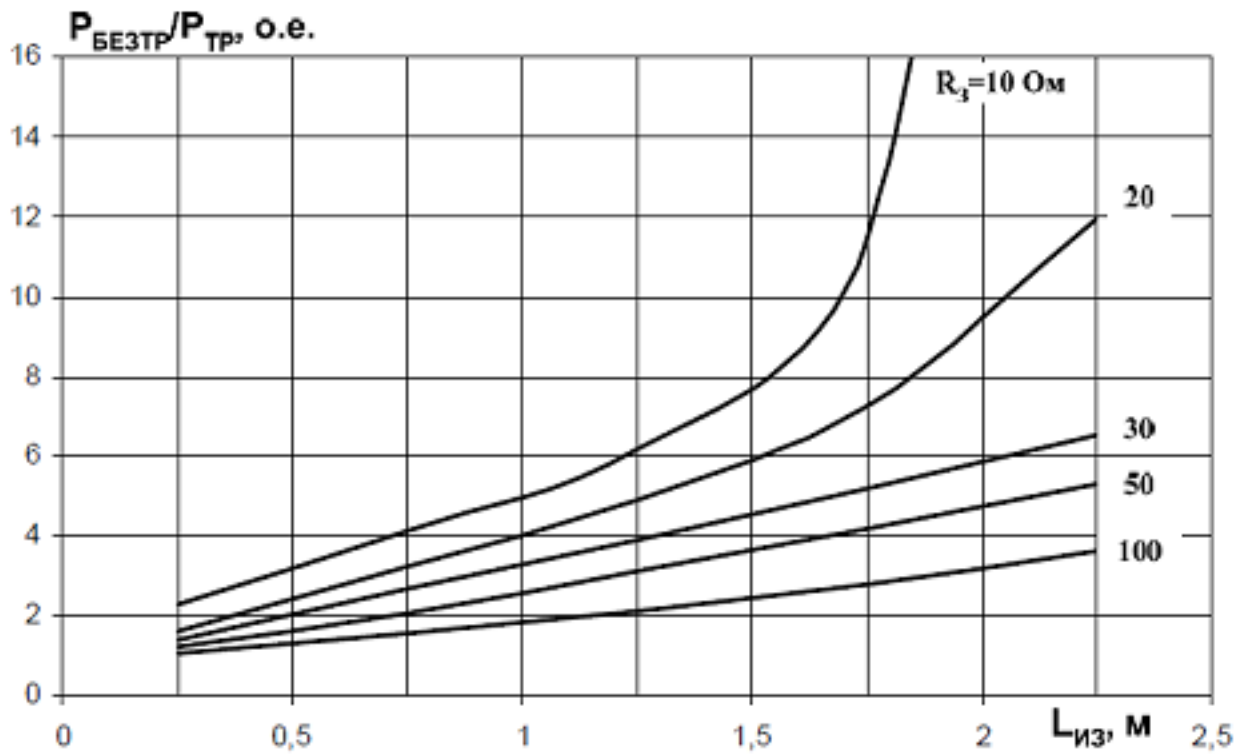


Рисунок 3.5 – Моніторинг параметрів повітряної лінії на прикладі практичної задачі по визначенню місця ушкодження що представлені у вигляді імпульсної функції відбиття сигналу розкладеної за смугою пропускання

Представимо алгоритм пошуку пошкодженої ділянки лінії електропередач.



Рисунок 3.6 – Алгоритм моніторингу параметрів повітряної лінії на прикладі практичної задачі по визначенню місця ушкодження для представлення результатів у вигляді імпульсної функції відбиття сигналу розкладеної за смугою пропускання

Час, що необхідно мати для проведення дослідження.

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

де $t_{\text{ПЛ}}$ – час пошуку пошкодження,

$$t_{\text{ПЛ}} = 0,5t_{\text{ВИМ}}s;$$

$t_{\text{ВИМ}}$ – час вимірювання сигналів;

s – кількість ліній;

$t_{\text{ПД}}$ – час пошуку ділянки,

$$t_{\text{ПД}} = \left(\frac{t_{\text{ВИМ}}}{l'} + \frac{1}{Va} \right) l_{\text{ДЖ-}L_{\text{д}}} + mt_{\text{ВИМ}};$$

l' – довжина ділянки;

Va – швидкість;

$l_{\text{ДЖ-}L_{\text{д}}}$ – відстань між ділянками;

m – кількість гілок;

$t_{\text{МП}}$ – час визначення пошкодження

$$t_{\text{МП}} = 0,5L_{\text{д}} \left(\frac{1}{Va} + \frac{t_{\text{ВИМ}}}{l'} \right), \text{ тобто,}$$

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

де $L_{\text{д}}$ – довжина ділянки.

Представимо ділянку лінії електропередач.

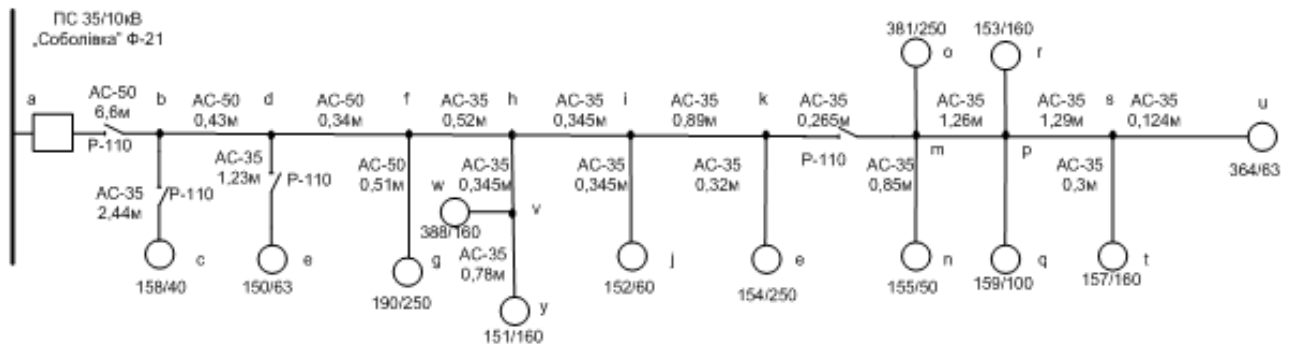


Рисунок 3.7 – Представлена ділянка лінії електропередач

Розрахункові коефіцієнти:

$$k_i = \frac{t_{\bar{G}_i}}{t_{\text{ПЛ}_\text{ЛМ}}} \mathbf{10} P_i ; \quad (3.4)$$

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

де n – кількість ділянок.

Витрати складатимуть:

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

де B_n – питомі витрати;

$\delta \Delta W_{\text{п}} = \omega_{\text{ОЗЗ}} \delta \Delta W$ – зведені витрати;

$\omega_{\text{ОЗЗ}}$ – частота відмов;

B_c – приведені витрати.

Таблиця 3.1 – Результати моніторингу параметрів повітряної лінії на прикладі практичної задачі по визначенню місця ушкодження

№ пошкодженої ділянки	$l_{ДЖ}-L_{п}$, км	Кількість відгалужень у вузлі	Довжина ділянки, $L_{Д}$, м	Ймовірність пошкодження ділянки P_i	Час пошуку пошкодження $t_{МП}$, год	Критерій ефективності k_i пошуку ОЗЗ	Відношення частоти відмов при базовому та запропонованому варіантах $\frac{\omega_{бі}}{\omega_{ЛМ}}$	Відповідно, час пошуку пошкодження в базовому та запропонованому варіантах $\frac{t_{ПЛБ}}{t_{ПЛ_ЛМ}}$
ab	0	0	6,6	0,358	1,95	13,62	8,25/7,65	7,18/6,166
bc	6,6	2	2,44	0,132	2,76	7,28	3,05/2,46	7,99/6,166
bd	6,6	0	0,43	0,023	2,05	0,943	0,53/0,498	7,28/6,166
de	7,03	2	1,23	0,066	2,565	3,38	1,53/1,426	7,79/6,166
df	7,03	0	0,34	0,018	2,14	0,707	0,425/0,394	7,39/6,166
fg	7,37	2	0,51	0,027	2,47	1,33	0,637/0,591	7,7/6,166
fh	7,37	2	0,52	0,028	2,48	1,38	0,65/0,603	7,71/6,166
hi	7,89	2	0,345	0,018	2,55	0,918	0,431/0,4	7,78/6,166
ij	7,89	2	0,345	0,018	2,55	0,918	0,43/0,4	7,78/6,166
ik	8,235	2	0,89	0,048	2,57	2,46	1,11/1,03	7,78/6,166
kl	9,125	2	0,32	0,017	2,96	0,97	0,4/0,37	8,09/6,166
km	9,391	2	0,265	0,014	2,914	0,815	0,33/0,307	8,14/6,166
mo	9,39	3	0	0,005	2,97	0,297	0,125/0,116	8,2/6,16
mn	9,39	3	0,85	0,005	2,97	0,297	0,125/0,116	8,2/6,16
mp	10,65	0	1,26	0,068	3,27	4,44	1,57/1,46	8,5/6,16
pr	10,65	3	0	0,005	3,57	0,357	0,125/0,116	8,8/6,16
pq	10,65	3	0	0,005	3,57	0,357	0,125/0,116	8,8/6,16
ps	10,65	3	1,29	0,005	3,57	0,357	0,125/0,116	8,8/6,16
st	11,94	3	0,3	0,016	3,66	1,17	0,375/0,348	8,89/6,16
su	11,94	3	0,124	0,014	3,66	1,02	0,323/0,3	8,89/6,16
hv	7,37	2	0,345	0,018	2,42	0,87	0,43/0,4	7,65/6,16
vx	7,715	0	0,07	0,038	2,4	1,824	0,875/0,812	7,63/6,16
xy	8,415	2	0,08	0,043	2,62	2,25	1,0/0,928	7,85/6,16

Встановлені витрати складатимуть:

$$\delta \Delta W_{\pi} = \omega_{033} \left(\sum_{i=1}^6 W_{6_i} - \sum_{i=1}^6 W_{\text{ЛМ}_i} \right) = 0,85 \cdot 10717,4 = 9109,79$$

Приведені витрати складатимуть:

$$\begin{aligned} B_c &= E_{\text{н}} k_i + B_i = E_{\text{н}} \left(k_{\text{PЗ}} + \frac{k_{\text{ВМП}i}}{N} \right) + B_i = 0,15 \left(21710 + \frac{55000}{100} \right) + 1500 = \\ &= 4830 \approx 5000 \end{aligned}$$

де $k_{\text{PЗ}i}$ – коефіцієнт простою,

$$k_{\text{PЗ}} = 21710 \text{ Грн};$$

$k_{\text{ВМП}i}$ – коефіцієнт вартості,

$$k_{\text{ВМП}} = 55000 \text{ Грн};$$

N – кількість ліній,

$$N = 100;$$

B_i – поточні витрати,

$$B_i = 1500 \text{ Грн};$$

$E_{\text{н}} = 0,15$ – коефіцієнт ефективності.

А отже, річні витрати складатимуть:

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

3.3. Висновки

Ефективність роботи автоматизованої системи має бути перевірена за допомогою проведених дослідів.

Дослідження показують, що використання локаційного методу із застосуванням сучасного обладнання дозволяє підвищити ефективність роботи систем захисту.

Висновки

Метою роботи є дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.

Перший розділ роботи присвячений аналізу існуючих методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.

Другий розділ присвячений розгляду локаційних методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.

Третій розділ присвячено оцінюванню ефективності методів дослідження електромагнітних процесів у мережі живлення при порушенні ізоляції.