

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАЛЕЖНОСТІ ПОХИБКИ ВИЗНАЧЕННЯ ВІДСТАНІ ДО ДЕФЕКТУ ІЗОЛЯЦІЇ

По відношенню до об'єктів технічного призначення, термін «надійність» означає властивість об'єкта зберігати протягом певного часу в обумовлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати задані функції у встановлених режимах і умовах використання, технічного обслуговування, ремонтів, зберігання та транспортування. У відношенні до таких об'єктів, у т.ч. електрообладнання, надійність роботи значною мірою залежить від їх технічного стану.

Анотація. Дана стаття присвячена дослідженню визначення точної відстані до дефекту ізоляції в електроенергетичних системах, зокрема замикання на землю. Представлена математична модель лінії для визначення параметрів режиму з урахуванням параметрів замикання на землю, а також детально розглянуто вплив приєднання із несиметричним навантаженням на похибку визначення відстані до дефекту ізоляції. Досліджено вплив значення опору дефекту на точність визначення відстані до дефекту ізоляції.

Визначення точної відстані до дефекту ізоляції, зокрема замикання на землю, в електроенергетичних системах є важливою складовою для забезпечення надійності електропостачання [1]. Похибки у визначенні цього параметра можуть призвести до невірних оцінок та непередбачуваних наслідків, включаючи аварійні ситуації та втрати енергії.

Зокрема, замикання на землю може викликати серйозні наслідки, такі як перерви в електропостачанні та пошкодження обладнання. Точне визначення відстані до цього дефекту дозволяє оперативно реагувати на виникнення проблем, уникати небезпек та забезпечити безперебійну роботу системи.

Розглянемо математичну модель лінії для визначення параметрів режиму в залежності від параметрів замикання на землю.

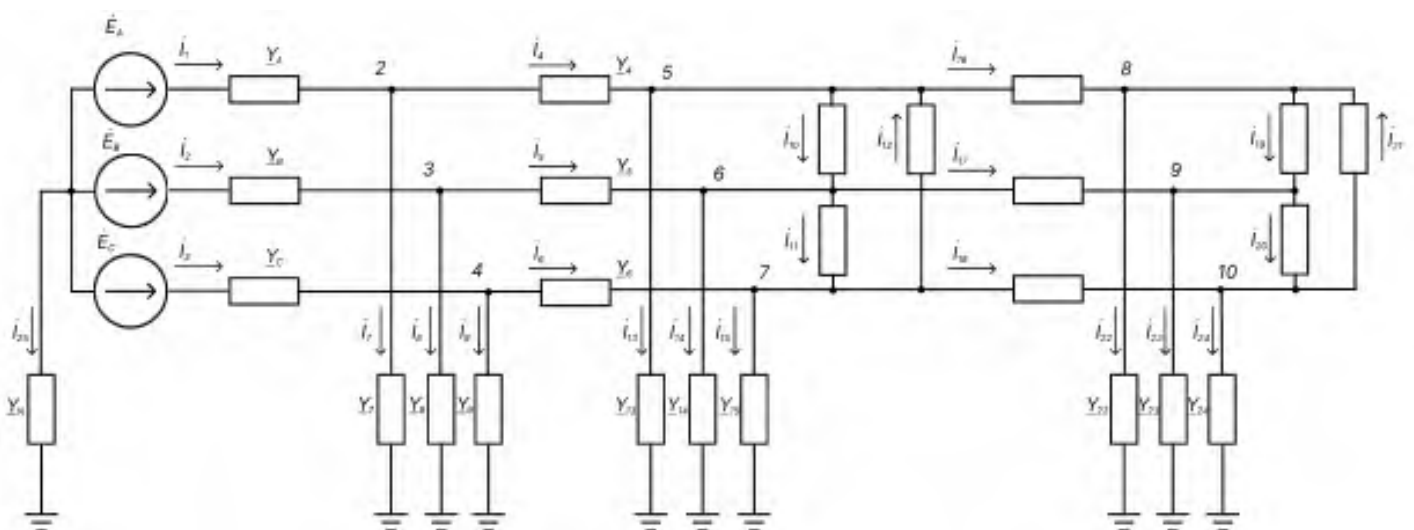


Рисунок 1 - Схема для дослідження похибки визначення відстані до дефекту ізоляції в трифазній електричній мережі [2]

Приєднання із несиметричним навантаженням. Приєднання із несиметричним навантаженням може призвести до похибки визначення відстані до дефекту ізоляції (замикання на землю). Це пов'язано з тим, що несиметричне навантаження створює різницю потенціалів між фазами, що може спотворити результати вимірювань.

Похибка визначення відстані до дефекту ізоляції залежить від декількох факторів, включаючи:

- Рівень несиметричного навантаження – чим вищий рівень несиметричного навантаження, тим більшою буде похибка.
- Розташування дефекту ізоляції – дефект, розташований ближче до джерела несиметричного навантаження, призведе до більшої похибки.
- Тип приєднання – приєднання з несиметричним навантаженням, що має низький рівень заземлення, призведе до більшої похибки.

Щоб зменшити похибку визначення відстані до дефекту ізоляції в мережах із несиметричним навантаженням, слід застосовувати спеціальні методики вимірювання. Наприклад, можна використовувати метод балансування несиметричного навантаження або метод вимірювання ємнісної провідності між фазами.

Згідно з Рис.1 навантаження задається провідностями Y_{19} , Y_{20} , Y_{21} . При симетричному навантаженні де відстань до дефекту $b = 0.1$ отримана похибка:

$$\begin{cases} \frac{1}{Y_{b_i}} = 3.341609 + j \cdot 1.080187 \\ Y_{i14} = \frac{1}{0.1}; db_1 = 0.739 \end{cases}$$

Несиметричне навантаження:

$$Y_{21} = 0.99 \cdot Y_{19}$$

$b = 0.5$:

$$\begin{cases} \frac{1}{Y_{b_i}} = 3.3426 + j \cdot 0.7708 \\ Y_{i14} = \frac{1}{0.1}; \end{cases}$$

Таблиця 1 – Залежність похибки визначення відстані від фази лінії, опір якої відрізняється від інших двох фаз. Відстань до замикання $b = 0.5$

Між якими фазами опір збільшений	Результати розрахунку активного опору лінії до місця дефекту (замикання), Ом	Похибка визначення відстані, %
Симетричне навантаження $Z_{AC} = Z_{BC} = Z_{AB}$	16.4065	2.75
$Z_{AC} (1.05)$	16.4367	2.85
$Z_{BC} (1.05)$	16.3599	2.6
$Z_{AB} (1.05)$	16.4437	2.87

Таблиця 2 – Залежність похибки визначення відстані від фази лінії, опір якої відрізняється від інших двох фаз. Відстань до замикання $b = 0.9$

Між якими фазами опір збільшений	Результати розрахунку активного опору лінії до місця дефекту (замикання), Ом	Похибка визначення відстані, %
Симетричне навантаження $Z_{AC} = Z_{BC} = Z_{AB}$	29.6302	5.24
$Z_{AC} (1.05)$	29.6937	5.44
$Z_{BC} (1.05)$	29.5482	4.97
$Z_{AB} (1.05)$	29.706	5.48

Отож, можемо помітити що, несиметрія навантаження впливає на точність визначення відстані замикання на землю. Похибка, що виникає, залежить від значення несиметрії та від фази навантаження лінії в якій виникла несиметрія.

Вплив значення опору дефекту: Опір дефекту в фазі В задається $Y_{i14} = \frac{1}{0.1} + 0.5 \cdot 0.000127 \cdot i$. Тож, враховуючи попередні розрахунки, складемо таблицю:

Таблиця 3 – значення опору та похибки визначення відстані до дефекту ізоляції

b, в.о	0.1	$R_{\text{деф}}, \text{Ом}$	%
0.1	0.739 %	3.7435	2.036
0.5	2.73 %	16.811	4.053
0.9	5.238 %	30.0388	6.55

Згідно результатів, можемо спостерігати що, зі збільшенням відстані до дефекту значення опору дефекту та похибка визначення відстані до дефекту ізоляції збільшуються. Це можемо підтвердити графіком залежності похибки визначення відстані замикання на землю від опору дефекту.

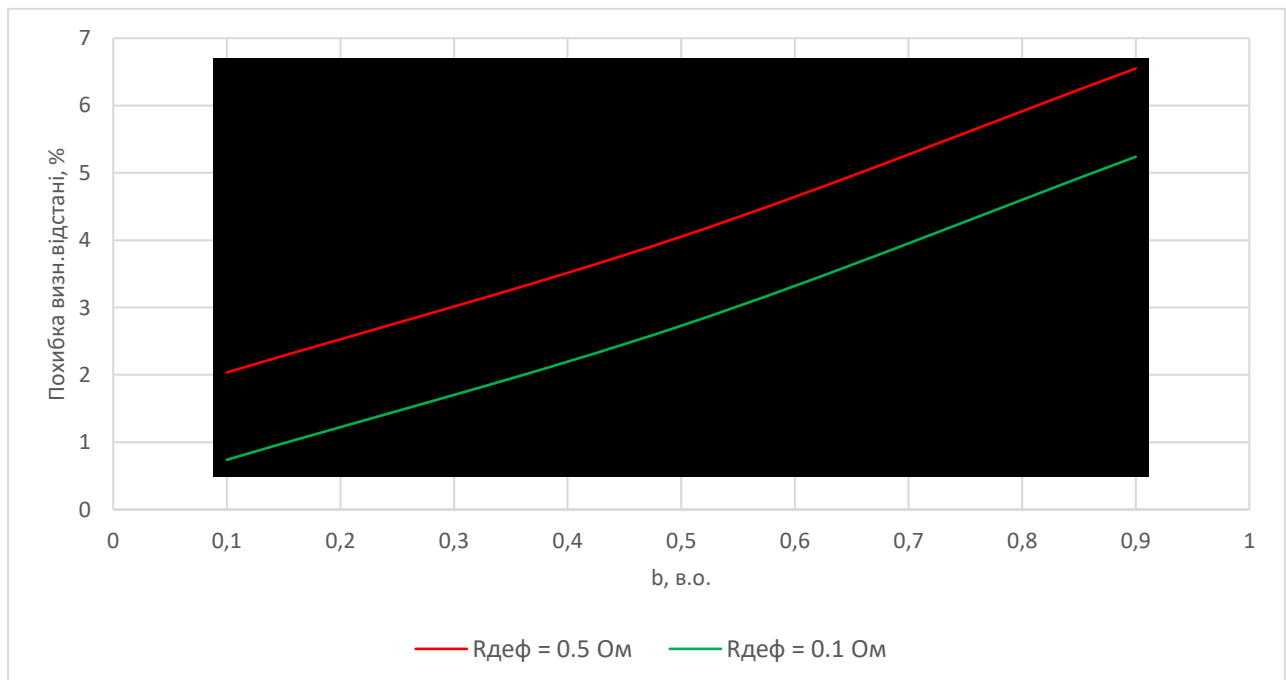


Рисунок 2 – графік залежності похибки від опору дефекту

Висновки. В роботі розглянуто залежність похибки визначення місця до дефекту ізоляції.

Встановлено, що похибка визначення відстані до місця замикання на землю зростає у разі збільшення опору в місці замикання, а також похибка залежить від рівня несиметрії навантаження та лінії живлення.

Рекомендується проведення подальших експериментальних досліджень для більш детального вивчення залежності похибки визначення відстані до дефекту ізоляції від різних факторів.

Список використаних літератури

1. Войцехівський В. М., Клочко О. М. Інженерія електромереж: Підручник. 2-ге вид., виправл. і доп. К.: Київ. нац. ун-т електротехніки і зв'язку ім. акад. В. М. Попова, 2016. 752 с.

2. Сопель М.Ф., Гребченко М.В., Максимчук В.Ф., Пилипенко Ю.В. Визначення місця однофазного замикання на землю в умовах електромагнітного впливу на повітряних лініях сигналізації, централізації та блокування залізниць. Вісник національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Електротехніка та електроенергетика. 2023. № 3 (269). С. 175-107. DOI: 10.31685/2307-9210.2023.269.1.107

References

1. Voytsekhivskiy V. M., Klochko O. M. Power Engineering: Textbook. 2nd ed., revised and enlarged. Kyiv: Kyiv National University of Electrical Engineering and Communication named after Academician V. M. Popov, 2016. 752 p.

2. Sompel, M.F., Grebchenko, M.V., Maksimchuk, V.F., & Pylypenko, Yu.V. (2023). Determination of the location of a single-phase ground fault in the presence of electromagnetic interference on overhead signaling, centralization, and blocking lines of railways. Visnyk of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Electrical Engineering and Power Engineering, 3(269), 175-107. DOI: 10.31685/2307-9210.2023.269.1.107