

РУБАНЕНКО ОЛЕКСАНДР

Вінницький національний технічний університет

e-mail: rubanenkoae@ukr.net

РУБАНЕНКО ОЛЕНА

Вінницький національний технічний університет

e-mail: olenarubanenko@ukr.net

ПОГРАНИЧНИЙ БОГДАН

Вінницький національний технічний університет

e-mail: rubanenkoae@ukr.net

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДВІЙНИХ ЗАМКНЕНЬ НА ЗЕМЛЮ В МЕРЕЖАХ 10 КВ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ

Показники надійності систем електропостачання в цілому значною мірою визначаються рівнем надійності розподільних електричних мереж напругою 6-35 кВ. Аварійність в мережах напругою 6-35 кВ, працюючих в режимі з ізолюованою нейтраллю, часто пов'язана з внутрішніми перенапругами.

Однофазні замикання виникають, в місцях дефектів ізоляції кабельних ліній і устаткування підстанцій із-за старіння ізоляції, невиконання технології виготовлення ізоляційних конструкцій на заводах, не дотримання вимог інструкцій при монтажі і експлуатації устаткування, а також з причин механічних пошкоджень, які, інколи в момент їх появи, призводять лише до часткового зниження електричної міцності. Перевантаження ведуть до зародження дефектів.

В роботі наведено результати досліджень подвійних замкнень на землю в мережах 10 кВ з ізолюованою нейтраллю в пакеті прикладних програм "MATLAB".

Ключові слова: однофазне замикання на землю, вимикач, лінії електропередачі, симулювання, електромережа.

RUBANENKO OLEKSANDR, RUBANENKO OLENA, POHRANYCHNYI BOHDAN
Vinnitsia National Technical University

RESEARCH OF DOUBLE CLOSURES AT GROUND IN NETWORKS 10 KV WITH ISOLATED NEUTRAL

Reliability indicators of power supply systems as a whole are largely determined by the level of reliability of distribution electrical networks with a voltage of 6-35 kV. Emergency in networks with a voltage of 6-35 kV, operating in the mode with an isolated neutral, is often associated with internal overvoltages.

Single-phase short-circuits occur in places of defects in the insulation of cable lines and substation equipment due to the aging of the insulation, non-compliance with the manufacturing technology of insulating structures at factories, non-compliance with the requirements of the instructions during the installation and operation of the equipment, as well as due to mechanical damage, which, sometimes at the time of their appearance, lead to only a partial decrease in electrical strength. Overloads lead to defects.

Single-phase short-circuits in 10 kV networks that are not eliminated in time can lead to double earth faults. For protection in these networks, such protections as current cut-off, maximum current protection, current cut-off, zero-sequence current protection, current protections with blocking at minimum voltage are used. However, there are cases when there are cases of negative operation of such protections at a 10 kV substation during double earth faults. For example, a phase A short circuit occurred on the first line, which receives power from the buses of the investigated substation, and another short circuit (phase B) occurred on the second line. Instead of tripping the two damaged lines, the input circuit breaker tripped by mistake. This de-energized other (undamaged) lines that are fed from the same bus section as the damaged lines. Under such conditions, further studies of the currents in the lines during double circuits are required. For this, the use of the Matlab application program package is justified. This will significantly reduce the costs of physical modeling and verification of proposed proposals.

The paper presents the results of studies of double earth faults in 10 kV networks with an isolated neutral in the "MATLAB" program package.

Key words: single-phase ground fault, switch, power transmission lines, simulation, power network.

Постановка проблеми

У трифазних електричних мережах з ввідним вимикачем та лініями, що живляться від шин підстанції 10 кВ під час різних однофазних замкнень на двох лініях мають місце випадки неселективної роботи захисту ввідного вимикача, у випадку перевищення струмом ввідного вимикача уставки спрацювання струмового захисту, який діє на цей вимикач (рис.1) [1-3].

При цьому таке перевищення відбувається раніше, ніж складаються умови спрацювання струмових захистів які діють на відключення вимикачів ліній, що підключені до шин та ввідного вимикача [4-6]. Тому відбудеться вимкнення справної лінії ввідним вимикачем.

Аналіз літературних джерел

В [3-7] наведено дані про пошкодження ліній електропередач розподільних електричних мереж. Питанням експлуатації розподільних електричних мереж, що працюють з ізолюованою нейтраллю присвячені роботи відомих авторів [3, 8, 9].

На рис. 2 показані результати аналізу пошкоджуваності розподільних електричних мереж. Основна кількість пошкоджень припадає на однофазні і однофазні КЗ на землю, що складають в основному 60 % від загальної кількості. 33 % пошкоджень розподільних ліній електропередач є двофазні КЗ і найменша кількість пошкоджень 5-7% припадає на трифазні КЗ.



Рис. 1. Пошкодження лінії



Рис. 2. Розподіл замкнень в розподільних електричних мережах -10 – 35 кВ

Метою роботи є: дослідження причин помилкових спрацьовувань релейного захисту ліній електропередач 10 кВ під час подвійних замкнень на землю за допомогою ППП “Matlab”.

Виклад основного матеріалу

За допомогою ППП “Matlab” побудовано модель трифазної мережі 110/10 кВ. До шини 10 кВ приєднано три лінії, на яких встановлено вимикачі, Q1, Q2, Q3. Ввідний вимикач позначається QВВ. Навантаження ліній 600, 500, 400 кВт, відповідно до ліній 1-3. Модель симулює однофазні короткі замикання на лініях з першим (лінія 1) та другим вимикачем (лінія 2). Під час симуляції КЗ в заданий час відбувається перехідний процес, модель дозволяє аналізувати параметри цього процесу, розглянути процеси в певний період часу. За допомогою моделей вимірювальних приладів та елементу “Scope” можемо досліджувати графік струму та напруги в потрібний момент часу в досліджуваному вузлу схеми. Наприклад, встановивши, після ввідного вимикача, трифазний вимірюючий пристрій, що з’єднаний з елементом “Scope” модель дозволяє отримати осцилограму струму (рис. 3). Схема мережі показана на рис. 4 Розглянемо рис. 3, “Scope” побудував осцилограму трифазного струму (жовта лінія – фаза А, синя – фаза В, помаранчева – фаза С)

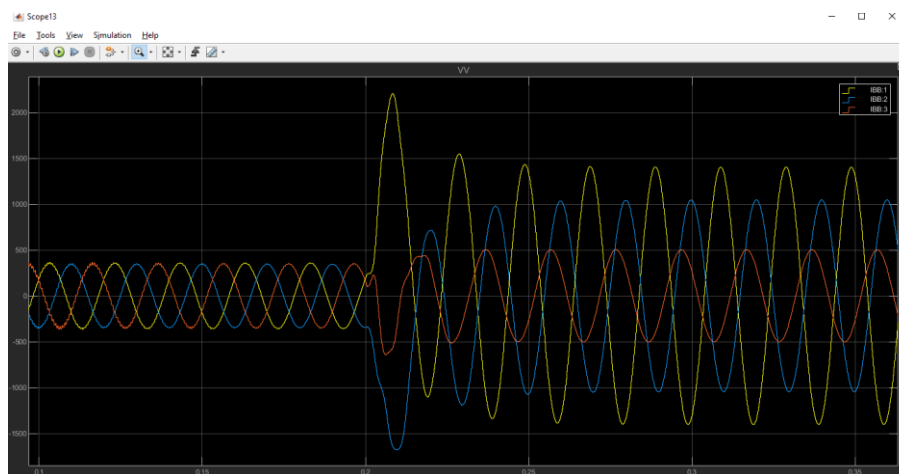


Рис. 3. Осцилограма струму отримана за допомогою “Scope”

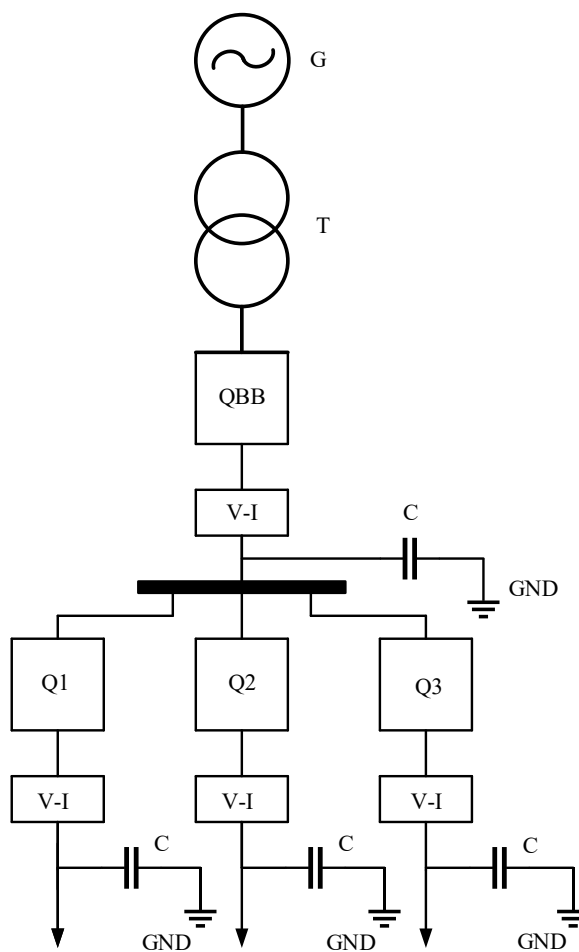


Рис. 4. Схема мережі побудована в "Matlab"

Проводимо симуляцію КЗ фази А першої лінії і КЗ фази В другої лінії в момент часу 0,2 с. Максимальне значення на фазі А, першої лінії становить 2300 А, а на фазі В, другої лінії 1905 А. На ввідному вимикачі ці ж значення були рівні 2206 А і 1680 А відповідно. Значення в режимі КЗ зросли в 30 - 40 разів.

Розраховані значення уставок МСЗ для фази А першої лінії, фази В другої лінії та для ввідного вимикача наведені в таблиці 1

Таблиця 1

Розраховані значення уставок МСЗ

	Значення МСЗ, А
фаза А	300,3
фаза В	264,5
ввідний вимикач	1322,75

Для наглядності побудовано графік коефіцієнтів К (рис. 5), що показують у скільки разів струм замкнення більший за струм МСЗ.

З графіку видно, що перевищення струму в пошкодженій ЛЕП над уставкою МСЗ цієї ЛЕП, під час подвійних замкнень, може відбуватися раніше, на 0,004 с, ніж зростання струму у ввідному вимикачі для певних значень параметрів ЛЕП та КЗ.

Тому необхідно задати затримку по спрацюванні ввідного вимикача, аби він не вимкнув непошкоджені лінії. За допомогою графіку бачимо, яке значення часу затримки в роботі МСЗ потрібно задати (з врахуванням часу ступені селективності, для забезпечення безпомилкової роботи захисту. Ступінь селективності за часом МСЗ враховує час роботи вимикачів та похибки реле часу.

Відповідно до графіку час затримки рівний 0,05 с, оскільки перехідний процес закінчується і настає ustalений режим КЗ.

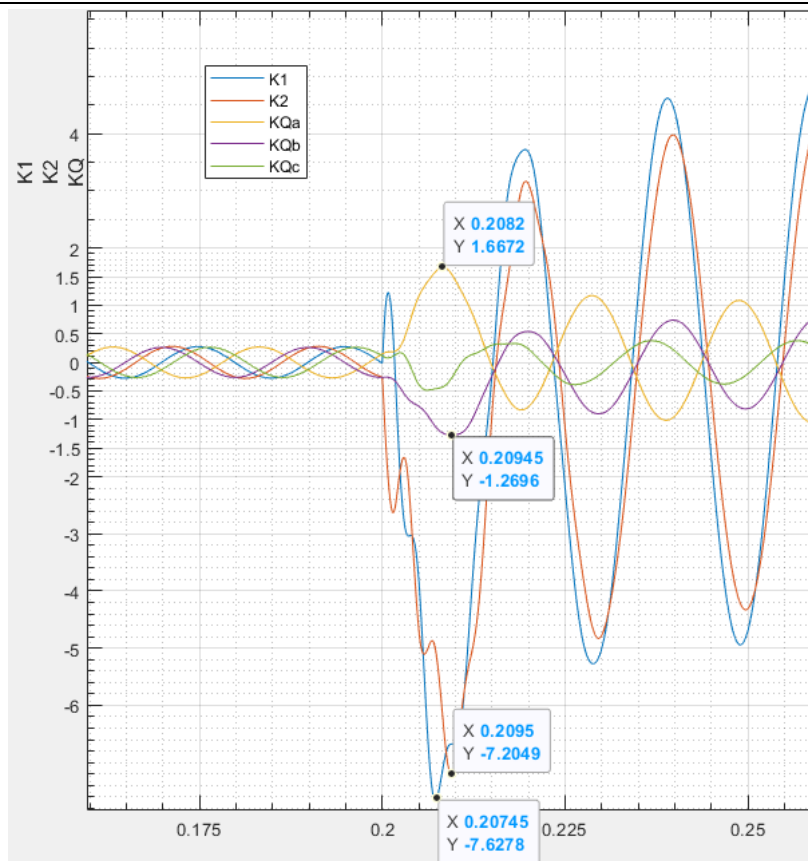


Рис. 5. Графік коефіцієнтів K1, K2, KQ(a, b, c) в залежності від часу

Висновки

За допомогою ППП “Matlab” побудовано модель трифазної мережі 110/10кВ. До шини 10 кВ приєднано три лінії, на яких встановлено вимикачі, Q1, Q2, Q3. Ввідний вимикач позначається QВВ. Навантаження ліній 600, 500, 400 кВт, відповідно до ліній 1-3. Модель симулює однофазні короткі замикання на лініях з першим (лінія 1) та другим вимикачем (лінія 2).

За результатами аналізу подвійних замкнень в ЛЕП перевищення струму в пошкодженій ЛЕП над уставкою МСЗ цієї ЛЕП, під час подвійних замкнень, може відбуватися раніше, на 0,004 с ніж зростання струму у ввідному вимикачі для певних значень параметрів ЛЕП та КЗ.

За результатами розрахунків параметрів МСЗ розглянутої в роботі ЛЕП 10 кВ визначено, що струм спрацювання дорівнює 300 А, а МСЗ, яка діє на ввідний вимикач підстанції до якої приєднана досліджувана ЛЕП 10 кВ, дорівнює 1323 А. Для розглянутих прикладів спрацювання МСЗ лінії в першому випадку відбудеться селективно, а в другому випадку захист спрацює неправильно. Спочатку відключиться ввідний вимикач, а потім фідерний вимикач. Відключення ввідного вимикача викликає знеструмлення не лише пошкоджених ліній, а і справних ліній.

Отже, умови забезпечення селективної роботи МСЗ ЛЕП для досліджуваного варіанту ЛЕП не завжди забезпечуються. Для зменшення помилкових відключень ЛЕП 10 кВ, необхідно так збільшити час спрацювання МСЗ, що діє на ввідний вимикач на підстанціях на стороні 10 кВ, щоб ввідний вимикач 10 кВ спрацював пізніше, ніж будь який з фідерних вимикачів досліджуваної підстанції.

Література

1. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: навч. посібник / В.П. Кідиба. – Львів: Видавництво "Львівської політехніки", 2015. – 504 с.
2. Пат. 73067 UA, МПК H02H 3/24. Пристрій захисту електричної розподільної мережі з ізолюваною або компенсованою нейтраллю від обриву проводу в фазі [Текст] / М. В. Кутіна (Україна). – № u201202350 ; заявл. 28.02.2012 ; опубл. 10.09.2012, Бюл. № 17. – 8 с.
3. В. М. Кутін і О. О. Шпачук, «Вдосконалення захисту від однофазних замикань на землю обмотки статора синхронного генератора», Вісник ВПІ, вип. 1, с. 105–108, Листоп. 2010.
4. Методи і засоби захисту від обриву проводу та пошук місця пошкодження в розподільній мережі зі складною топологією напругою 6–35 кВ [Текст] : монографія / П. Д. Лежнюк, М. В. Кутіна. — Вінниця : ВНТУ, 2014. — 154 с. — ISBN 978–966–641–561–8.
5. Пограничний Б. П. «Дослідження струмів в розподільних електричних мережах 10 кВ,» в Матеріали LI Науково-технічна конференція підрозділів Вінницького національного технічного університету (2021), Вінниця, 2021. [Електронний ресурс] : [веб-сайт]. Режим доступу:

<https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2022>.

6. Пат. 154159 UA, МПК G02J 3/24. Спосіб оптимального керування режимами розподільних електричних мереж з розосередженим генеруванням [Текст] / П. Д. Лежнюк, О. Є. Рубаненко, О. О. Рубаненко, І. О. Гунько. – № а 2022 04464 ; заявл. 28.11.2022 ; опубл. 18.10.2023, Бюл. № 42. – 12 с.

7. Тептя В. В. Електромеханічні перехідні процеси в електроенергетичних системах: електронний конспект лекцій комбінованого (локального та мережного) використання / В. В. Тептя, В. В. Кулик. – Вінниця: ВНТУ, 2021. – 183 с.

8. Методи і засоби захисту від обриву проводу та пошук місця пошкодження в розподільній мережі зі складною топологією напругою 6–35 кВ [Текст] : монографія / П. Д. Лежнюк, М. В. Кутіна. — Вінниця : ВНТУ, 2014. — 154 с. – ISBN 978–966–641–561–8.

9. Кідиба В.П., Шелепетень Т.М. Захист ліній електропередавання. – Львів, в-во Нац. ун-ту "Львівська політехніка", 2004 – 185 с.

10. ABB PROTECTION APPLICATION HANDBOOK BOOK №6. BA THS / BU Transmission Systems and Substations LEC Support Programme - 356 p.

References

1. Kidiba V.P. Relay protection of electric power systems: training. manual / V.P. Kidiba – Lviv: Lviv Polytechnic Publishing House, 2015. – 504 p.

2. Pat. 73067 UA, IPC H02H 3/24. Device for the protection of the electric distribution network with an isolated or compensated neutral against a wire break in the phase [Text] / M. V. Kutina (Ukraine). – No. u201202350; statement 28.02.2012; published 10.09.2012, Bull. No. 17. – 8 p.

3. М. Кутін і О. О. Шпачук, «Vdoskonalennia zakhystu vid odnofaznykh zamykan na zemliu obmotky statora synkhronnoho heneratora», Visnyk VPI, vyp. 1, s. 105–108, Lystop. 2010.

4. Methods and means of protection against wire breakage and finding the place of damage in a distribution network with a complex topology of voltage 6–35 kV [Text]: monograph / P. D. Lezhniuk, M. V. Kutina. — Vinnytsia: VNTU, 2014. — 154 p. – ISBN 978–966–641–561–8.

5. Pogranichnyi B. P. "Investigation of currents in 10 kV distribution electric networks," in Materials LI Scientific and technical conference of divisions of Vinnytsia National Technical University (2021), Vinnytsia, 2021. [Electronic resource] : [website]. Access mode: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-feeem/all-feeem-2022>.

6. Pat. 154159 UA, IPC G02J 3/24. The method of optimal control of the modes of distribution electric networks with distributed generation [Text] / P. D. Lezhniuk, O. E. Rubanenko, O. O. Rubanenko, I. O. Gunko. – No. a 2022 04464; statement 28.11.2022; published 18.10.2023, Bul. No. 42. – 12 p.

7. V. V. Teptya Electromechanical transient processes in electric power systems: electronic lecture notes of combined (local and network) use / V. V. Teptya, V. V. Kulyk. – Vinnytsia: VNTU, 2021. – 183 p.

8. Methods and means of protection against wire breakage and finding the place of damage in a distribution network with a complex topology of voltage 6–35 kV [Text]: monograph / P. D. Lezhnyuk, M. V. Kutina. — Vinnytsia: VNTU, 2014. — 154 p. – ISBN 978–966–641–561–8.

9. Kidiba V.P., Shelepeten T.M. Protection of power transmission lines. - Lviv, in the National Lviv Polytechnic University, 2004 – 185 p.

10. ABB PROTECTION APPLICATION HANDBOOK BOOK №6. BA THS / BU Transmission Systems and Substations LEC Support Programme - 356 p.