

**П. М. Баран,**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електроенергетики та систем управління,  
petro.m.baran@lpnu.ua

**В. П. Кідиба,**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електроенергетики та систем управління,  
viktor.p.kidyba@lpnu.ua

**Н. О. Равлик,**  
Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра електроенергетики та систем управління,  
nazar.o.ravlyk@lpnu.ua

## **ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СЕЛЕКТИВНОСТІ РОБОТИ ЗАХИСТІВ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ В СКЛАДНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ**

<http://doi.org/10.23939/>

© Петро Баран, Віктор Кідиба, Назар Равлик, 2023

Однією з актуальних проблем в складній електричній мережі з ізольованою (компенсованою) нейтраллю є селективне визначення пошкодженого елемента за однофазного замикання на землю (ОЗЗ). Для селективної та надійної роботи захистів від однофазних замикань на землю в складних мережах з ізольованою (компенсованою) нейтраллю крім інформації про струм нульової послідовності приєднання, інформації про фазні напруги та напругу нульової послідовності електричної мережі, потрібна інформація про спрацювання пристроїв захисту від ОЗЗ суміжних елементів.

В Україні для захисту електричних мереж з ізольованою та компенсованою нейтраллю від однофазних замикань на землю широко застосовують пристрої "Альтра", розроблені Інститутом Мікропроцесорних Систем Керування Об'єктами Електроенергетики. Це сучасні прилади, що забезпечують комплексний контроль ізоляції кожного з приєднань секції шин 6-35 кВ, формують сигнали на вимкнення аварійного приєднання секції шин після виникнення на ньому ОЗЗ, а також реєструють та запам'ятовують цифрограми аналогових та бінарних сигналів електроустановок в нормальних режимах та під час аварійних процесів.

Як показав досвід експлуатації, узгодити роботу пристроїв захистів від ОЗЗ послідовних ділянок електричної мережі тільки за струмом та напругою нульової послідовності немає можливості. Для забезпечення селективної роботи пристроїв релейного захисту від ОЗЗ в такій мережі їх роботу необхідно узгоджувати за часом та напрямком.

В деяких електричних мережах напругою 20 кВ, що останнім часом почали впроваджувати в електроенергетичних системах України, де передбачена можливість змінювати напрям живлення окремих розподільчих пунктів (РП), не завжди можна забезпечити селективність роботи пристроїв захисту від ОЗЗ лише вибором часу спрацювання та спрямуванням. Селективну роботу пристроїв захисту від ОЗЗ в таких мережах можна забезпечити за рахунок блокування їх роботи

під час виникнення ОЗЗ на кабелях живлення. Таке блокування можна здійснити, використовуючи бінарні сигнали від пристроїв захисту суміжних елементів.

*Ключові слова – електрична мережа, секція шин, релейний захист та автоматика, селективність роботи захисту, ступінь селективності, однофазне замикання на землю, напруга нульової послідовності, струм нульової послідовності, цифрові пристрої "Альтра", розподільчий пункт.*

### **Постановка проблеми**

Однією з проблем в електричній мережі з ізольованою (компенсованою) нейтраллю є селективне визначення пошкодженого елемента за однофазного замикання на землю. Розроблені методи та засоби, що вирішують дану проблему, наприклад [1, 2, 3]. Проблема селективного визначення пошкодженого елемента за ОЗЗ в електричній мережі з ізольованою (компенсованою) нейтраллю вирішена для радіальної мережі, наприклад, система шин (СШ), від якої відходять лінії електропередавання – кожна з цих ліній забезпечується селективним захистом від ОЗЗ. Для селективної та надійної роботи захистів від однофазних замикань на землю (ОЗЗ) в мережах з ізольованою (компенсованою) нейтраллю необхідна інформація про струми нульової послідовності приєднань та напругу нульової послідовності електричної мережі. Узгодити селективну роботу пристроїв захистів від ОЗЗ послідовних ділянок електричної мережі тільки за струмом та напругою нульової послідовності немає можливості. Також в електричних мережах напругою 20 кВ, що останнім часом почали впроваджувати в електроенергетичних системах України, де передбачена можливість змінювати джерело живлення окремих розподільчих пунктів електричної мережі, узгодити роботу пристроїв захистів від ОЗЗ тільки за струмом та напругою нульової послідовності також немає можливості.

### **Мета та завдання дослідження**

Перед нами було поставлено задачу дослідити процеси в складній електричній мережі з ізольованою (компенсованою) нейтраллю під час виникнення в ній однофазних замикань на землю. Виявити особливості, які необхідно враховувати для розрахунку параметрів спрацювання пристроїв релейного захисту в такій мережі за однофазних замикань на землю.

### **Постановка задачі**

Розробити рекомендації щодо розрахунку параметрів спрацювання пристроїв релейного захисту від ОЗЗ (установок), які б забезпечували його селективну та надійну роботу в електричних мережах з ізольованою (компенсованою) нейтраллю складної конфігурації.

### **Виклад основного матеріалу**

Згідно ПУЕ [4] під час виникнення ОЗЗ в електричних мережах з ізольованою (компенсованою) нейтраллю захисти повинні діяти на сигнал або на вимкнення. В зв'язку з впровадженням цифрових технологій в пристрої РЗА вдалось суттєво покращити характеристики захистів, зокрема їх чутливість та селективність [5]. Тому в електричних мережах України захисти від ОЗЗ все частіше переводять з дією на вимкнення пошкодженої ділянки.

В Україні для захисту електричних мереж з ізольованою (компенсованою) нейтраллю від ОЗЗ широко застосовують пристрої "Альтра" [6], мікропроцесорні пристрої релейного захисту та автоматики серії РС83 [7], РЗЛ-01 [8].

Пристрої РЗЛ-01 і РС83 тільки починають впроваджуватись в енергосистемах України. Тому інформації про їх роботу під час виникнення ОЗЗ в електричній мережі, де вони вже встановлені, у відкритому доступі поки що немає. Пристрої "Альтра" розроблені Інститутом Мікропроцесорних Систем Керування Об'єктами Електроенергетики. На відміну від РЗЛ-01 і РС83 (застосовуються для захисту тільки одного приєднання), пристрої "Альтра" забезпечують комплексний контроль ізоляції

кожного з приєднань секції шин 6-35 кВ, формують сигнали на вимкнення аварійного приєднання секції шин після виникнення на ньому ОЗЗ, а також реєструють та запам'ятовують цифrogramи аналогових та бінарних сигналів електроустановок в нормальних режимах та під час аварійних процесів.

Алгоритм роботи пристрою оснований на аналізі координат режиму перехідного процесу в електричній мережі відразу після виникнення в ній ОЗЗ. Для цього здійснюється аналіз цифrogram напруги нульової послідовності, фазних напруг мережі та струмів нульової послідовності приєднань, охоплених пристроєм "Альтра". Такий підхід дозволяє ефективно застосовувати пристрої "Альтра" як в мережах з ізольованою, так і в мережах з компенсованою нейтраллю.

В процесі експлуатації пристроїв "Альтра" виявились проблеми в розрахунку параметрів їх спрацювання, особливо в складних мережах.

На основі досвіду експлуатації пристроїв "Альтра" в електричних мережах України, зокрема ПАО "Кіровоградобленерго", ПрАТ "Львівобленерго", "Хмельницькобленерго", "Закарпаттяобленерго" та на інших об'єктах енергосистем України – електричних станціях, ТЕЦ, підстанціях заводів тощо, були сформовані рекомендації щодо вибору параметрів спрацювання пристроїв "Альтра".

Як показав досвід експлуатації узгодити роботу пристроїв "Альтра" послідовних ділянок електричної мережі тільки за струмом та напругою нульової послідовності немає можливості.

Для забезпечення селективної роботи пристроїв "Альтра" в складній мережі необхідно узгоджувати їх роботу за часом та спрямуванням струму нульової послідовності. Розглянемо це на прикладі мережі, рис. 1.

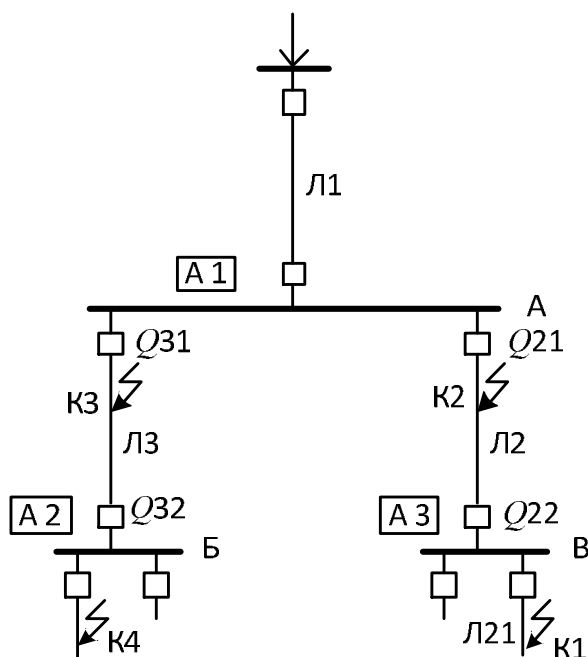


Рис. 1. Фрагмент складної мережі

Так, після виникнення ОЗЗ в місці К1 (рис. 1) напруга нульової послідовності  $3U_0$  з'являється як на шинах підстанції "А", так і на шинах підстанцій "Б" та "В". Тому спрацюють максимальні пускові органи напруги нульової послідовності  $3U_0$  всіх пристроїв "Альтра", розміщених в цій мережі. Струм замикання до місця виникнення ОЗЗ буде протікати по лінії Л2 та дещо більший – по лінії Л21 (додаються струми нульової послідовності, обумовлені ємністю ввімкненого на даний момент до шин підстанції "В" іншого обладнання). Кількісно розрізнити ці струми за величиною та вибрати різні уставки за струмом спрацювання для пристроїв А1 та А3 проблематично, а в деяких

### Забезпечення селективності роботи захистів від однофазних замикань на землю...

режимах неможливо. Так, у випадку увімкненої до шин "В" тільки ліній Л2 та Л21 струми нульової послідовності по лініях Л2 та Л21 під час ОЗЗ в місці К1 будуть майже однаковими.

Для узгодження роботи пристроїв також не можна використати критерій спрямованості – струм нульової послідовності для обох пристроїв А1 та А3 під час замикання в точці К1 протікає від шин в лінію. Таким чином, ці два захисти (А1 та А3) для забезпечення їх селективної роботи можна узгодити лише за часом спрацювання.

Як і для максимальних струмових захистів від міжфазних к.з., вибір часу спрацювання пристроїв від ОЗЗ починають для найбільш віддаленого від джерела живлення пристрою – пристрою, встановленого на підстанції "Б" – А2 та пристрою, встановленого на підстанції "В" – А3.

Як показав досвід, вимкати приєднання з ОЗЗ потрібно після виникнення стійкого ОЗЗ, або після виникнення підряд трьох – чотирьох часткових пробоїв. Визначальним для вибору часу спрацювання є саме другий режим. З досвіду цей час можна задавати в межах 0,1 – 0,3 с. Такий вибір витримки часу також дає змогу відвести роботу захисту після хитань в системі, викликаних вимкненням зовнішніх міжфазних к.з., оперативних комутаціях в електричній мережі тощо.

Час спрацювання пристрою захисту наступного елемента (ближчого до джерела живлення) вибирають на ступінь селективності більшим. Так, для схеми рис. 1 час спрацювання пристрою А1 вибирають більшим з двох умов

$$t_{с.з.А1} = \max \begin{cases} t_{с.з.А2} + \Delta t; \\ t_{с.з.А3} + \Delta t, \end{cases} \quad (1)$$

де  $t_{с.з.А2}$ ,  $t_{с.з.А3}$  – часи спрацювання пристроїв А2 та А3 відповідно;  $\Delta t$  – ступінь селективності.

Величина ступені селективності  $\Delta t$  визначається з наступних міркувань.

Пусковими органами пристроїв "Альтра" є максимальні органи напруги нульової послідовності. Після селективного вимкнення ділянки з ОЗЗ, наприклад, вимкнення лінії Л21 пристроєм А3 після виникнення ОЗЗ в місці К1, напруга нульової послідовності на шинах всіх підстанцій електрично зв'язаної мережі відразу не зникає (рис. 2 б).

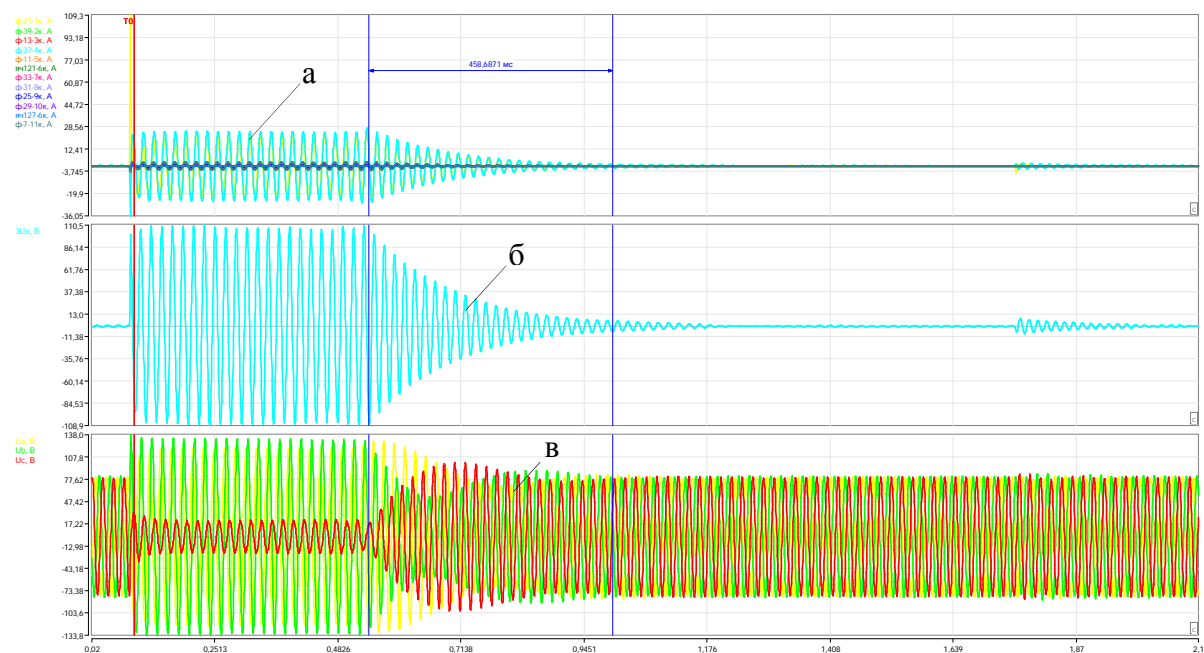


Рис. 2. Осцилограми за виникнення ОЗЗ та його вимкнення:

а) струми нульової послідовності приєднань; б) напруга нульової послідовності; в) фазні напруги СШ

Як видно з рис. 2 б, після вимкнення приєднання з ОЗЗ, напруга нульової послідовності зменшується до напруги повернення вимірного органу (4 В) за час 0,458 с. Тому ступінь селективності для пристроїв "Альтра" послідовних ділянок електричної мережі, які діють на вимкнення, повинна бути не менше 0,5 с.

Для зменшення значення ступені селективності можна збільшити напругу спрацювання вимірного органу захисту, але є небезпека пропустити початковий момент виникнення ОЗЗ, що може привести до неспрацювання пристрою "Альтра" після виникнення пошкодження в мережі.

Зменшення звичення ступені селективності можна досягти також за рахунок збільшення напруги повернення пускового органу пристрою після виникнення ОЗЗ пристрою "Альтра", розміщеного ближче до джерела живлення.

Після виникнення ОЗЗ в місці К1, рис. 1 запускаються пристрої А1 та А3. Оскільки пристрій А3 знаходиться ближче до місця аварії, то він діє на вимкнення лінії Л21 зі своєю витримкою часу. Після цього напруга нульової послідовності в мережі відразу не зникає, вона зменшується за аперіодичним законом. Тому пристрій А1 на підстанції А відразу не повертається у вихідний стан і він може подіяти на вимкнення лінії Л2, але це буде неселективна дія (пошкодження вже ліквідоване пристроєм А3). Щоб пристрій А1 швидше повернувся у вихідний стан після вимкнення зовнішнього ОЗЗ, передбачена можливість динамічної зміни коефіцієнта повернення пускового органу за напругою нульової послідовності. В конфігурації цього пристрою записаний додатковий коефіцієнт повернення, що вводиться в дію після його спрацювання. Після введення додаткового коефіцієнта повернення перераховується напруга повернення за  $3U_0$  – вона стає більшою і пристрій А1 швидше повернеться у вихідний стан після спрацювання та не відбудеться неселективне спрацювання. Після повернення пристрою у вихідний стан автоматично встановлюється перший (основний) коефіцієнт повернення вимірного органу за напругою  $3U_0$ .

В складних електричних мережах не завжди можна забезпечити селективність роботи пристроїв "Альтра" вибором часу спрацювання та спрямуванням. Розглянемо одну з таких мереж напругою 20 кВ, що останнім часом почали впроваджувати в електроенергетичних системах України (рис. 3). Розподільчі пункти РП-1, РП-2, РП-3 живляться від підстанцій ПС-1 та ПС-2. Для схеми нормальної експлуатації РП-1 живиться від підстанції ПС-1, РП-3 – від підстанції ПС-2, а РП-2 – транзитом від РП-3. Можливе живлення розподільчого пункту РП-2 від підстанції ПС-1 через РП-1 (вимкнений 2Q3, увімкнений 2Q1). Також можливе живлення розподільчого пункту РП-1 транзитом від РП-2 (вимкнений 1Q1, увімкнений 2Q1). Така схема електричної мережі дозволяє підвищити надійність електропостачання споживачів.

На розподільчих пунктах РП-1, РП-2, РП-3 встановлені пристрої захисту А1, А2, А3, призначені для захисту приєднань РП від ОЗЗ.

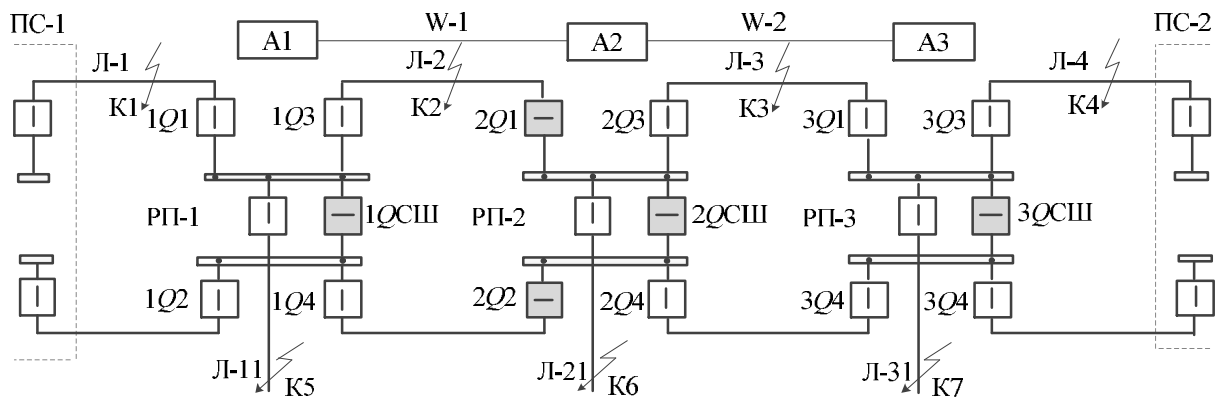


Рис. 3. Схема нормальної експлуатації електричної мережі

### Забезпечення селективності роботи захистів від однофазних замикань на землю...

В такій мережі не можна забезпечити селективну роботу пристроїв "Альтра" під час ОЗЗ на лініях, по яких здійснюється живлення розподільчих пунктів РП-1, РП-2, РП-3 вибором відповідних часів спрацювання. Якщо забезпечувати селективність вибором відповідних часів спрацювання пристроїв "Альтра", то необхідно виконати взаємовиключні умови:

– замикання в місці К1 – живлення всіх РП здійснюється від підстанції ПС-2 (вимкнений 1Q1, увімкнені 1Q3, 2Q1, 2Q3, 3Q1, 3Q3) – повинно бути виконана умова

$$t_{A3} > t_{A2} > t_{A1},$$

де  $t_{A1}$ ,  $t_{A2}$ ,  $t_{A3}$  – часи спрацювання відповідно пристроїв А1, А2, А3;

– замикання в місці К4 – живлення всіх РП здійснюється від підстанції ПС-1 (вимкнений 3Q3, увімкнені 1Q1, 1Q3, 2Q1, 2Q3, 3Q1) – повинно бути виконана протилежна умова

$$t_{A3} < t_{A2} < t_{A1}.$$

Селективну роботу пристроїв захисту в таких мережах можна здійснити за рахунок блокування їх роботи під час виникнення ОЗЗ на кабелях живлення. Таке блокування можна здійснити, використовуючи вихідні бінарні сигнали пристроїв захисту. Для передачі бінарних сигналів між пристроями А1 та А2 необхідно встановити лінію зв'язку (провідну або безпровідну) W-1. Таку саму лінію зв'язку (W-2) необхідно встановити між пристроями А2 та А3.

Розглянемо, яким чином працюватимуть пристрої захисту А2 та А3 під час ОЗЗ на лінії Л-3 в місці К3. Пристрій А3 визначить, що ОЗЗ є в напрямку лінії Л-3 та замкне контакт відповідного вихідного реле 3KL3. Пристрій А2 визначить, що ОЗЗ є в напрямку тієї ж лінії Л-3 та замкне контакт вихідного реле 2KL3. Зі сторони пристрою А3 сигнал на вимкнення вимикача 3Q1 буде у випадку замкненого стану контакту власного реле 3KL3 та замкненого положення контакту 2KL3, переданого від пристрою А2 на бінарний вхід пристрою А3. Подібним чином працює і пристрій А2 та діє на вимкнення вимикача 2Q3. Схема кіл вимкнення лінії Л-3 з ОЗЗ наведена на рис. 4 а.

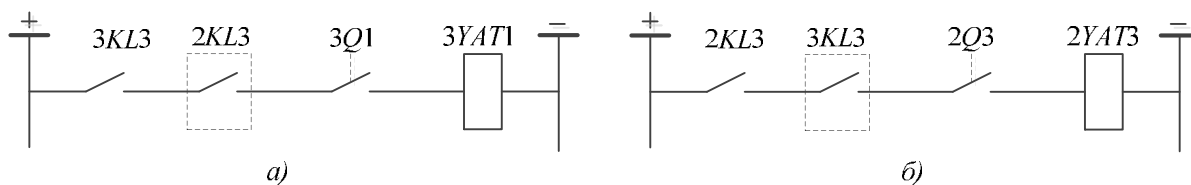


Рис. 4. Схема управління вимикачами а) РП-3, б) РП-2

У випадку ОЗЗ на приєднаннях до СШ РП, наприклад, на лінії Л-31 в місці К7, пристрої захисту будуть працювати наступним чином. Пристрій А3 подіє на вимкнення лінії Л-31 з ОЗЗ. Пристрій А2 на РП-2 визначить, що ОЗЗ в напрямку лінії Л-3, замкне контакт вихідного реле 2KL3 (рис. 4 б), але контакт 3KL3 залишиться в розімкненому стані і вимикач 2Q3 не вимкнеться. Таким чином, буде забезпечене селективне вимкнення приєднання з ОЗЗ.

#### Висновки:

1. Встановлено, що селективне вимкнення пошкодженої ділянки електричної мережі за ОЗЗ з мінімальною витримкою часу суттєво зменшує час дії перенапруг на елементи електричної мережі, що в свою чергу економить ресурс ізоляційних характеристик обладнання.

2. Доведено, що для зменшення величини ступені селективності часу спрацювання можна використати динамічну зміну коефіцієнта повернення вимірного органа за напругою нульової послідовності.

3. Показано, що селективну роботи пристроїв "Альтра" в складних електричних мережах можна здійснити за рахунок блокування їх роботи під час виникнення ОЗЗ на кабелях живлення.

### Перспективи

Врахування викладених рекомендацій щодо вибору параметрів спрацювання (уставок) цифрових захистів від однофазних замикань на землю в мережах з ізолюваною та компенсованою нейтраллю дозволить суттєво покращити селективність їх роботи, особливо в електричних мережах складної конфігурації. Деякі рекомендації вибору уставок спрацювання запропоновані для пристроїв «Альтра», що встановлені в електричних мережах «Одесаобленерго». В перспективі можливе їх впровадження в інших енергосистемах.

### Список літератури

1. Wahlroos A., Altonen J., "Compensated networks and admittance based earth-fault protection", seminar "Methods and techniques for earth fault detection, indication and location", arranged by Kaunas University of Technology and Aalto University, 15th February, 2011. URL: [https://library.e.abb.com/public/509d776e7bdcc425c1257847004468f4/Compensared%20networks%20and%20admittance%20based%20earth%20fault%20protection\\_techpub\\_757370\\_ENa.pdf](https://library.e.abb.com/public/509d776e7bdcc425c1257847004468f4/Compensared%20networks%20and%20admittance%20based%20earth%20fault%20protection_techpub_757370_ENa.pdf).
2. Wahlroos A., Altonen J. et al., "Application of novel cumulative phasor sum measurement for earth-fault protection in compensated MV-networks", 22nd International Conference on Electricity Distribution – CIRED, Stockholm, 10-13 June 2013. URL: [https://library.e.abb.com/public/ea8b2f4cb1f2767c1257bc6001e1b84/CIRED2013\\_0607.pdf](https://library.e.abb.com/public/ea8b2f4cb1f2767c1257bc6001e1b84/CIRED2013_0607.pdf).
3. Ю. Л. Саєнко, А. С. Попов. Дослідження режимів роботи захистів від однофазних замикань на землю у мережі з ізолюваною нейтраллю за умови існування ферорезонансних процесів. Вісник Вінницького політехнічного інституту. — 2015. — № 4. — С. 61—69.
4. Правила улаштування електроустановок. Четверте видання, перероблене й доповнене – Х.: Вид-во "Форт", 2011. – 736 с.
5. Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Навч. посіб. – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 504 с.
6. Базилевич М.В., Божик Р.С., Сабадаш І.О. Мікропроцесорна інформаційно-діагностувальна система "Альтра" для селективного визначення присіднання з уземленою фазою. Енергетика і електрифікація. Київ, 2003. – № 7. – с. 91 – 95.
7. <https://rzasystems.com/product-category/ustrojstva-relejnoj-zashhity-i-avtomatiki-uk/mikroprotsessornye-ustrojstva-relejnoj-zashhity-i-avtomatiki-rza-serii-rs83-uk/>.
8. <https://releis.ua/ua/products/relay-protection-automation/rzl-01>.

### References

1. Wahlroos A., Altonen J., "Compensated networks and admittance based earth-fault protection", seminar "Methods and techniques for earth fault detection, indication and location", arranged by Kaunas University of Technology and Aalto University, 15th February, 2011. URL: [https://library.e.abb.com/public/509d776e7bdcc425c1257847004468f4/Compensared%20networks%20and%20admittance%20based%20earth%20fault%20protection\\_techpub\\_757370\\_ENa.pdf](https://library.e.abb.com/public/509d776e7bdcc425c1257847004468f4/Compensared%20networks%20and%20admittance%20based%20earth%20fault%20protection_techpub_757370_ENa.pdf).
2. Wahlroos A., Altonen J. et al., "Application of novel cumulative phasor sum measurement for earth-fault protection in compensated MV-networks", 22nd International Conference on Electricity Distribution – CIRED, Stockholm, 10-13 June 2013. URL: [https://library.e.abb.com/public/ea8b2f4cb1f2767c1257bc6001e1b84/CIRED2013\\_0607.pdf](https://library.e.abb.com/public/ea8b2f4cb1f2767c1257bc6001e1b84/CIRED2013_0607.pdf).
3. YU. L. Sayenko, A. S. Popov. Doslidzhennya rezhymiv roboty zakhystiv vid odnofaznykh zamykan' na zemlyu u merezhi z izol'ovanoju neytrallyu za umovy isnuvannya ferorezonansnykh protsesiv. Visnyk Vinnyts'koho politekhnichnoho instytutu. — 2015. — № 4. — S. 61—69.
4. Pravyla ulashtuvannya elektroustanovok. Chetverte vydannya, pereroblene y dopovnene – KH.: Vyd-vo "Fort", 2011. – 736 s.
5. Kidyba V.P. Releynyy zakhyst elektroenerhetychnykh system: Navch. posib. – L'viv: Vydavnytstvo L'vivs'koyi politekhniky, 2015. – 504 s.

6. Bazylevych M.V., Bozhyk R.S., Sabadash I.O. Mikroprotsesorna informatsiyno-diahnostival'na systema "Al'tra" dlya selektyvnoho vyznachennya pryednannya z uzemlenoyu fazoyu. Enerhetyka i elektryfikatsiya. Kyiv, 2003. – № 7. – s. 91 – 95.

7. <https://rzasystems.com/product-category/ustrojstva-relejnoj-zashhity-i-avtomatiki-uk/mikroprotsessornye-ustrojstva-relejnoj-zashhity-i-avtomatiki-rza-serii-rs83-uk/>.

8. <https://reلسis.ua/ua/products/relay-protection-automation/rzl-01>.

**Petro Baran,**

Lviv Polytechnic National University,  
Department of Electric Power Engineering and Control Systems,  
petro.m.baran@lpnu.ua

**Viktor Kidyba,**

Lviv Polytechnic National University,  
Department of Electric Power Engineering and Control Systems,  
viktor.p.kidyba@lpnu.ua

**Nazar Ravlyk**

Lviv Polytechnic National University,  
Department of Electric Power Engineering and Control Systems,  
nazar.o.ravlyk@lpnu.ua

## **ENSURING THE SELECTIVITY OF PROTECTION AGAINST SINGLE-PHASE GROUND FAULTS IN COMPLEX ELECTRICAL NETWORKS**

© Baran P., Kidyba V., Ravlyk N., 2023

**One of the current issues in a complex electrical network with isolated (compensated) neutral is the selective identification of the damaged element during a single-phase-to-ground fault (SPGF). In order to achieve selective and reliable operation of protections against SPGFs in complex networks with isolated (compensated) neutral, besides information about the zero-sequence current and connection, information about phase voltages, zero-sequence voltage of the electrical network, and the operation of protection devices against adjacent SPGFs is necessary.**

**In Ukraine, devices called "Altra" developed by the Institute of Microprocessor Systems for Object Control in Power Engineering are widely used for the protection of electrical networks with isolated and compensated neutral against SPGFs. These modern devices provide comprehensive insulation monitoring of each connection of the bus section at 6-35 kV, generate signals for disconnecting the faulty connection of the bus section after the occurrence of SPGF on it, and also record and store digitized analog and binary signals of power installations in normal and emergency conditions.**

**As operational experience has shown, it is not possible to coordinate the operation of SPGF protection devices in consecutive sections of the electrical network based solely on zero-sequence current and voltage. To ensure the selective operation of relay protection devices against SPGFs in such a network, their operation needs to be coordinated in terms of time and direction.**

**In some 20 kV voltage electrical networks recently introduced in the power systems of Ukraine, where the possibility of changing the power supply direction to individual distribution points (DPs) is provided, it is not always possible to ensure the selectivity of SPGF protection devices solely by selecting the operation time and direction. Selective operation of SPGF protection devices in such networks can be achieved by blocking their operation during SPGFs on power cables. Such blocking can be implemented using binary signals from protection devices of adjacent elements.**

**Keywords: electrical network, bus section, relay protection and automation, protection selectivity, degree of selectivity, single-phase-to-ground fault, zero-sequence voltage, zero-sequence current, Altra digital devices, distribution point.**