

ЗАХИСТ ВІД ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ В МЕРЕЖІ З ІЗОЛЬОВАНОЮ НЕЙТРАЛЛЮ

Базилевич М.В., Сабадаш І.О.

Державний університет "Львівська політехніка"

mik_tugai@yahoo

This paper is described the relay protection system. This system uses difference between calculated and measured zero sequence current. This system is oriented for use in electrical systems with isolated or compensated neutral.

Мережі 6,3-35 кВ в Україні експлуатуються з ізольованою або компенсованою нейтраллю. Існують багато систем захисту від замикань на землю в таких мережах. Їх будують, використовуючи декілька основних принципів [1]: вимірюють струм нульової послідовності основної частоти в усталеному режимі замикання на землю; вимірюють вищі гармонійні складові струму нульової послідовності в усталеному режимі; визначають напрям потужності нульової послідовності основної частоти; фіксують напрям потужності нульової послідовності в перехідному процесі; використовують метод накладання стороннього змінного струму.

Параметри пристроїв за чутливістю, селективністю, надійністю не задовільняють сучасні вимоги до релейного захисту [2]. За експлуатаційними параметрами найкращими є пристрої УСЗ-3, РТЗ-51, ПЗЗМ-1, "Імпульс". Їхні основні показники задовільні (3 бали за основними параметрами) і вимагають додаткових заходів при експлуатації: введення витримок часу 1-2 с, встановлення додаткових фільтрів високих частот. Їхня селективність і надійність залежить від багатьох факторів: співвідношення між сумарним емнісним струмом замикання на землю і власним емнісним струмом лінії; рівня вищих гармонійних складових; зміни емнісних струмів замикання і т.д. Крім того досі немає надійного захисту від замикань на землю в мережах з компенсованою нейтраллю.

Застосування сучасної обчислювальної техніки дає змогу створити ефективні захисти. Але механічне перенесення принципів побудови на цифрові системи не дозволяє повною мірою використати всі переваги сучасної обчислювальної техніки. Щоб скористатись всіма перевагами мікропроцесорних систем, необхідно застосовувати поряд із традиційними алгоритмами принципів нові. Для цього було змодельовано кабельну розподільчу мережу 6,3 кВ при однофазному замиканні на землю. Мережа складалась з трьох кабельних ліній довжиною 2, 2 і 5 км. Кожна з кабельних ліній імітувалась послідовним ввімкненням Г-подібних комірок. Г-подібні комірки моделювали поздовжні та поперечні параметри кабельної лінії протягом 1 км. Моделювались однофазне замикання на землю при наявності та відсутності трансформатора напруги; при виникненні замикання на початку, в середині та в кінці ліній різної довжини; при різних значеннях перехідного опору; при відсутності та наявності компенсації емнісних струмів ліній; при виникненні замикання в різні моменти часу.

У мережі з ізольованою нейтраллю найбільш надійно визначати пошкоджене приєднання за напрямом потужності нульової послідовності (що підтверджується і даними в [2]). Але при наявності трансформатора напруги нульової послідовності значно зростає рівень гармонійних складових і надійність методу знижується. У мережі з компенсованою нейтраллю (в режимі перекомпенсації) цей метод стає ненадійним. Моделювання підтвердило, що в мережах з компенсацією емнісних струмів практично всі існуючі пристрої захисту працюють ненадійно.

Крім того, на селективність роботи захистів, побудованих на традиційних принципах, впливає рівень гармонік, що залежить від параметрів трансформатора напруги і параметрів мережі: ступеню компенсації емнісних струмів і величини струму замикання на землю. Тобто традиційні принципи побудови захисту від замикань на землю не задовольняють сучасних вимог.

Дослідження показали, що захист повинен працювати при таких видах пошкоджень: постійне замикання на землю; дугове замикання на землю; однократний пробій ізоляції. У літературі [2] вказується доцільність використання для підвищення надійності не менше двох алгоритмів захисту. Аналіз результатів моделювання показав, що для істотного підвищення надійності захисту крім цього необхідно використовувати централізовані системи захисту. Аналіз інформації про напругу $3U_0$ і струми $3I_0$ всіх приєднань дозволяє більш успішно визначати пошкоджене приєднання. Бажано, щоб пристрій захисту міг працювати і в мережі з компенсацією емнісних струмів. Як вхідні сигнали слід використовувати напругу нульової послідовності $3U_0$ і струм нульової послідовності $3I_0$.

Пропонується захист, що вільний від більшості недоліків традиційних систем. Захист використовує відмінність між теоретичним значенням струму $3I_{0T}$ і вимірним $3I_{0B}$ у пошкодженому приєднанні (в непошкоджених приєднаннях різниця між $3I_{0T}$ і $3I_{0B}$ визначається тільки похибкою вимірювання $3I_{0B}$, $3U_0$ і емності лінії). Алгоритм роботи захисту подано на рис 1. Вводиться миттєві

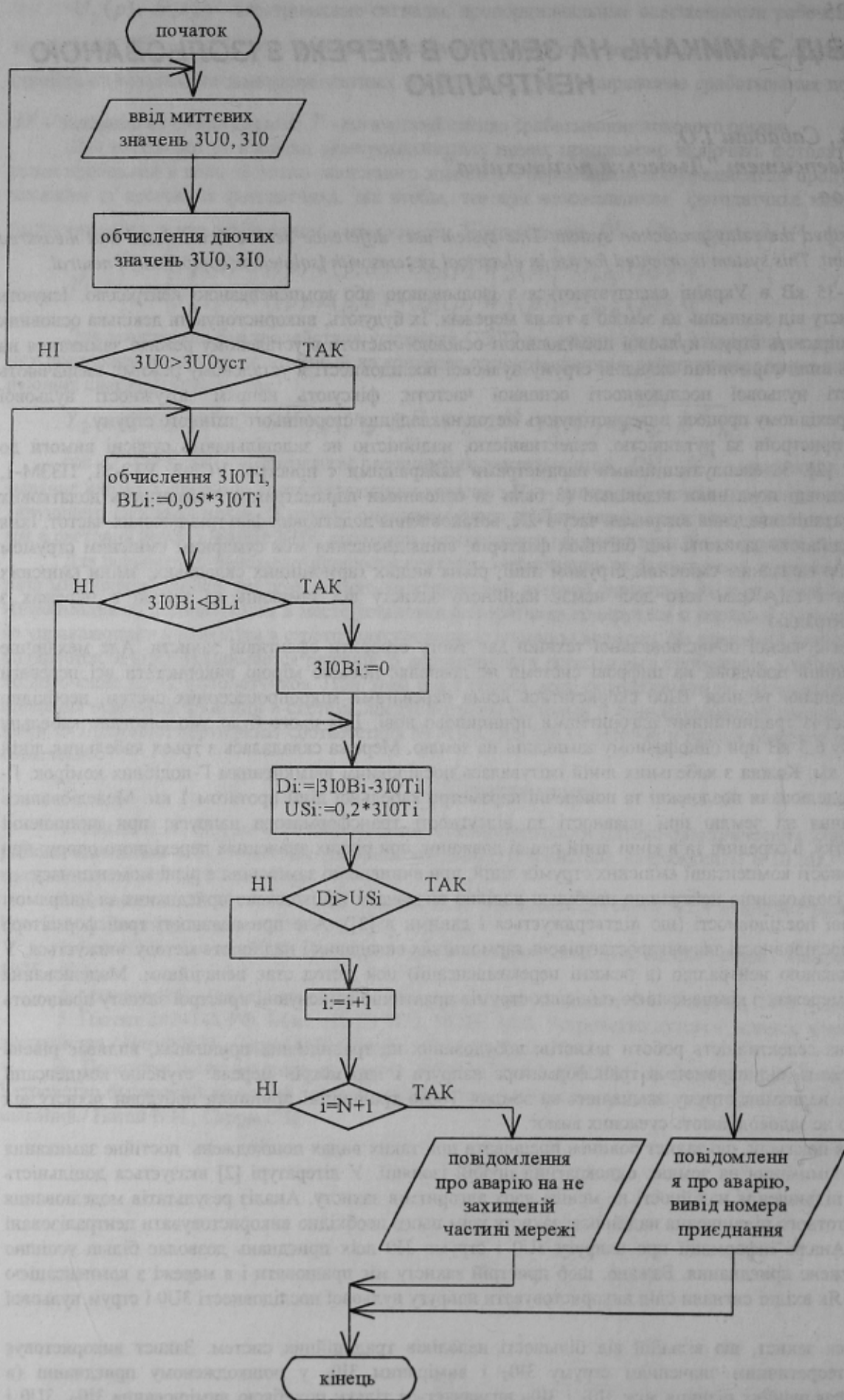


Рисунок 1 - Блок-схема алгоритму релейного захисту. N - кількість приєднань. i - номер приєднання. U_s , BL , D - проміжні величини. $3I0B$, $3I0T$ - виміряне та теоретичне значення струмів нульової послідовності

значення напруги $3U_0$ і струмів $3I_{0B}$ кожного приєднання й обчислюються діючі значення $3U_0$ і $3I_0$. Для підвищення швидкодії діючі значення $3U_0$ і $3I_0$ обчислюються при кожному введенні миттєвих значень. N - кількість приєднань, i - номер приєднання. Реалізація алгоритму починається при $3U_0 > 3U_{0уст}$ ($3U_{0уст}$ - значення уставки напруги нульової послідовності). Для збільшення надійності роботи захисту фіксується відносне відхилення $3I_{0T}$ від $3I_{0B}$ за формулою:

$$\Delta = \left| \frac{3I_{0B} - 3I_{0T}}{3I_{0T}} \right| \quad (1)$$

Визначається, чи відносне відхилення Δ більше порогового значення. Це зроблено для того, щоб похибки вимірювання $3I_{0B}$, обчислення $3I_{0T}$ не впливали на роботу пристрою. Порогове значення обчислюється за формулою:

$$D = 0,3 \cdot 3I_{0T} \quad (2)$$

Після спрощення отримаємо рівняння спрацювання захисту:

$$|3I_{0B} - 3I_{0T}| > 0,3 \cdot 3I_{0T} \quad (3)$$

Виконання рівності (3) перевіряється для кожного приєднання і фіксується номер приєднання, якщо рівність виконується.

Теоретичне значення струму $3I_{0T}$ визначається за формулою:

$$3I_{0T} = 3U_0 \cdot \omega \cdot C \quad (4)$$

де C - ємність однієї фази приєднання відносно землі;

ω - кутова частота, 314 рад/с.

Якщо рівність (3) не виконується, значить приєднання не пошкоджене і перевіряється виконання рівності (3) для наступного приєднання. Для підвищення надійності роботи захисту вводиться додаткове блокування за принципом:

$$\text{якщо } 3I_{0B} < 0,05 \cdot 3I_{0T} \text{ то } 3I_{0B} = 0 \quad (5)$$

Таке блокування дозволяє уникнути неправильної роботи захисту при появі "віртуальної землі" - появі напруги $3U_0$ при ввімкненні трансформатора без навантаження (до шин з відімкнутими приєднаннями).

Якщо для всіх приєднань виконується рівність (3), то робиться висновок про замикання на землю на лінії живлення шин чи на ділянці мережі, що не захищена пристроєм. Якщо фіксується приєднання, для якого рівність (3) не виконується, то воно визначається як пошкоджене і його номер виводиться на дисплей.

Як додаткові у мережі з ізолюваною нейтраллю використовуються такі алгоритми фіксації пошкодженого приєднання:

за напрямом потужності нульової послідовності;

за найбільшим струмом $3I_{0B}$.

Захист, що діє за цим принципом, можна використати в мережі, де застосовується компенсація ємнісних струмів замикання на землю. Алгоритм роботи залишається такий самий.

На рис. 2 показано роботу захисту при замиканні мережі з компенсацією ємнісних струмів. З огляду на результати моделювання роботи мережі це один із найважливіших режимів для роботи захисту. Для обчислення діючих значень $3I_{0B}$ і $3U_0$ необхідний час 20 мс. Момент фіксації пошкодженого приєднання показаний.

Перевагами захисту є:

селективність при роботі в мережах з ізолюваною чи компенсованою нейтраллю;

побудова за централізованою схемою;

використання діючих значень напруг і струмів нульової послідовності, що сприяє підвищенню завадозахищеності і надійності роботи;

надійність роботи захисту не залежить від кількості ввімкнених приєднань та співвідношення їхніх ємностей відносно землі;

його можна використовувати для захисту частини мережі;

захист працює при зміні перехідного опору в місці замикання від 0 Ом до 100 кОм;

при використанні додаткових алгоритмів не потребує використання трансформатора напруги.

Недоліками запропонованого захисту є:

необхідність вводити інформацію про значення ємностей кожного приєднання відносно землі;

ймовірність неспрацювання захисту при короткочасному пробіі ізоляції, (хоч він і фіксує пробій ізоляції, при умові, що той триває не менше 2 мс).

Висновки:

1. Використання нових алгоритмів, що реалізуються на базі мікропроцесорної техніки, дозволяє створити високонадійні захисти для мереж з ізолюваною (компенсованою) нейтраллю.
2. Необхідно створювати централізовані системи захисту.

3. Використання мікропроцесорних систем дозволяє реалізувати декілька алгоритмів захисту в одному пристрої.

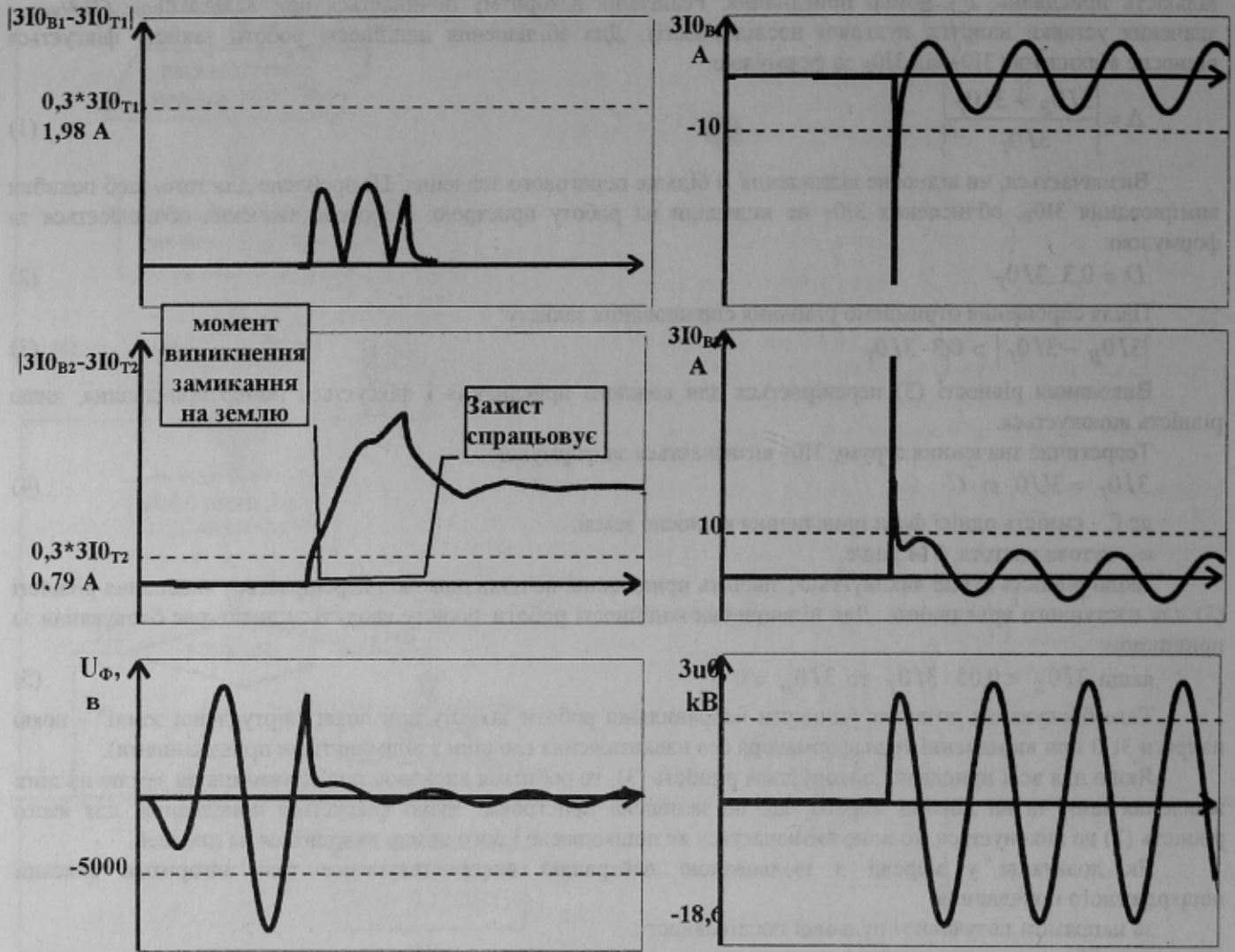


Рисунок 2 - Наведено результати моделювання роботи системи захисту. $3U_0$, U_{ϕ} - напруга нульової послідовності і фазна напруга відповідно. $3I_{0B1}$, $3I_{0B2}$ - виміряні значення струмів нульової послідовності не пошкодженого та пошкодженого приєднань. $3I_{0T1}$, $3I_{0T2}$ - теоретичні значення струмів нульової послідовності не пошкодженого та пошкодженого приєднань. Умови моделювання: мережа з компенсацією ємнісних струмів (в режимі перекомпенсації). Опір в місці замикання на землю - 100 Ом. Напруга нульової послідовності знімається з трансформатора напруги. Замикання виникає при куті фазної напруги 80°

ЛІТЕРАТУРА

1. Андреев В.А. Релейная защита и автоматика систем электроснабжения: Учеб. для вузов по спец. "Электроснабжение". 3-е изд. - М.: Высш. школа, 1991.
2. Борухман В.А. Об эксплуатации селективных защит от замыканий на землю в сетях 6-10 кВ и мероприятия по их совершенствованию // Энергетик. - 2000. - С.20-22.