

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧІ ЛІНІЙ 330 кВ ЗАСОБАМИ РЕЛЕЙНОГО ЗАХИСТУ

Данилевський О.В., магістрант, Тимохін О.В., к.т.н.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. У сучасних системах електропередачі, надійний захист ліній передачі є ключовим фактором для забезпечення безперебійного живлення споживачів. Одним із ключових елементів цього захисту є релейний захист, який дозволяє вчасно виявляти та ізолювати дефекти в лініях передачі, зберігаючи неперервний потік електроенергії. У цій статті розглядається застосування релейного захисту в лініях передачі напругою 330 кВ, зокрема його особливості та переваги.

Мета роботи. Об'єкт дослідження: електропередача ліній напругою 330 кВ. Предмет дослідження: забезпечення надійності ліній за допомогою релейного захисту.

Матеріали і результати досліджень. Завданням релейного захисту (далі РЗ) є визначення пошкодженої ділянки електричної системи, максимально швидко її відключити та подати сигнал про виникнення аномального режиму роботи [1]. Тобто, РЗ повинен реагувати на пошкодження(короткі замикання(далі КЗ) міжфазні або на землю), підвищений струм, зниження напруги, ненормальні режими(перевантаження обладнання, падіння частоти, збільшення напруги) [2].

Релейний захист поділяється на основний та резервний. Основний захист призначений для роботи зі всіма видами пошкоджень, або частини з них, в межах всього захищуваного елемента енергосистеми, із меншою витримкою часу ніж у інших встановлених захистів. Резервний призначений для резервування основного захисту на випадок відмови спрацювання, а також резервування суміжних елементів при відмові вимикачів суміжних елементів. Основними вимогами до релейного захисту є селективність, швидкодійність, чутливість та надійність [1].

Захисти ЛЕП мереж 330 кВ: типи комплектів захистів. Лінії номіналом 330 кВ є основними системоутворюючими мережами в ОЕС України [3]. Дані лінії можна прокласифікувати за наступними категоріями, а саме лінії: міжсистемного зв'язку, з'єднання з АЕС та споживачами першої категорії та загального призначення. Релейний захист на таких лініях встановлюється від міжфазних КЗ та КЗ на землю [4].

Перерахуємо РЗ, який використовують від міжфазних КЗ. Основними типами захисту використовують високочастотні захисти, поздовжні диференційні захисти, дистанційні захисти з високочастотним блокуванням; а для ліній загального користування додатково ступеневі дистанційні захисти. Для паралельних ЛЕП з двостороннім живленням(або кільцевим) додають захисти з контролем спрямування потужності в паралельній лінії, прискорені струмові захисти, прискорені дистанційні захисти. Резервними типами захисту є струмові відсічки без витримки часу, ступеневі дистанційні захисти [4].

Від КЗ на землю у якості основного та резервного захистів використовують ступеневі струмові скеровані або нескеровані захисти нульової послідовності [4].

1. *Високочастотні захисти ліній.* По обох кінцях ліній розміщують високочастотні (ВЧ) підкомплекти захисту, які складаються з релейної частини, ВЧ-передавача та ВЧ-приймача. При КЗ в мережі ВЧ-передавачі, запустившись, генерують сигнали в лінію. ВЧ-приймачі прийняту інформацію передають у логічну частину захисту. Релейна частина захисту при КЗ подає сигнал-команду на вимкнення вимикачів лінії або блокування роботи двох підкомплектів захисту [4].

Розглянемо на рис.1 з яких елементів складається кожен підкомплект [4]:

1. Загороджувач
2. Конденсатор зв'язку
3. Захисні пристрої
4. Фільтр приєднань
5. ВЧ-кабель
6. Блок приймач-передавач
7. Релейна частина

ВЧ-сигнали можуть використовувати частоти 40-500 кГц. Такий широкий діапазон пояснюється впливом атмосферних умов, коронування проводів, дугових замикання, атмосферних розрядів та вплив ВЧ-каналів сусідніх ЛЕП та радіоканалів. Для уникнення завад вибирається відповідна частота та рівень ВЧ-сигналів. При обриві ЛЕП або при виникненні трифазного КЗ виявляється основний недолік – пошкодження ВЧ-каналу [4].

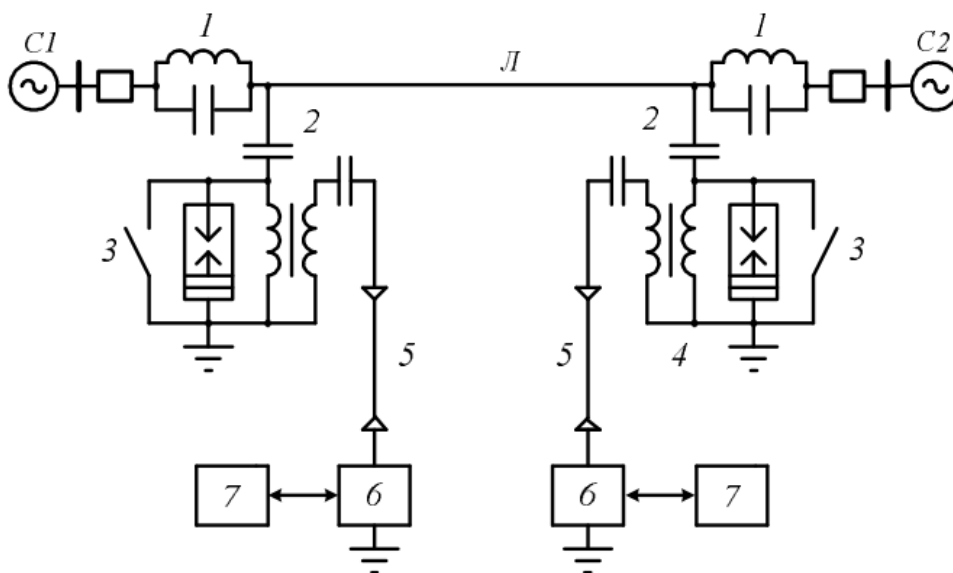


Рисунок 1 – Схема організації високочастотного каналу

2. *Поздовжні диференційні захисти.* Захист заснований на принципі порівняння значень та фаз струмів на початку та в кінці лінії. Для порівняння вторинні обмотки трансформаторів струму по обидва боки лінії з'єднуються між собою проводами, як показано на рис. 2. За цими проводами постійно циркулюють вторинні струми I_1 та I_2 . Для виконання диференціального захисту

паралельно трансформаторам струму (диференційно) підключають вимірювальний орган струму [2].

Струм в обмотці цього органу завжди дорівнюватиме геометричній сумі струмів, що приходять від обох трансформаторів струму (ТА1, ТА2). При нормальній роботі, а також зовнішньому КЗ (точка К1 на рис. 2, а) вторинні струми рівні за значенням $I_1 = I_2$ і направлені в ОТ зустрічно. Струм в обмотці ОТ $I_p = I_1 + I_2 = 0$ і ОТ не приходить в дію. При КЗ в зоні, що захищається (точка К2 на Рис.2, б) вторинні струми в обмотці ОТ збігатимуться по фазі і, отже, сумуватимуться: $I_p = I_1 + I_2 \neq 0$. Якщо $I_p > I_c$ орган струму спрацює і через вихідний орган ВО подіє на відключення вимикачів лінії [2].

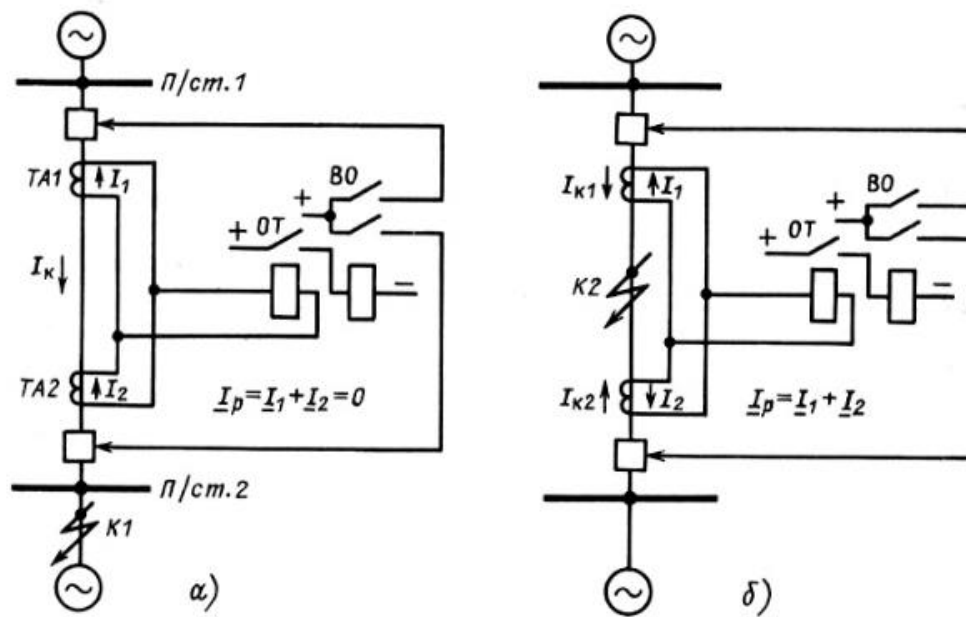


Рисунок 2 – Принцип виконання поздовжнього диференціального захисту лінії і проходження струму в органі струму при зовнішньому КЗ (а) і при КЗ в зоні (б), що захищається

Таким чином, диференціальний поздовжній захист з постійно циркулюючими струмами в обмотці органу струму реагує на повний струм КЗ в зоні, що захищається (ділянка лінії, укладена між трансформаторами струму ТА1 і ТА2), забезпечуючи при цьому миттєве відключення пошкодженої лінії [2].

3. Дистанційні захисти з високочастотним блокуванням. Дистанційним захистом визначається опір (або відстань - дистанція) до місця КЗ, і залежно від цього захист спрацьовує із меншою чи більшою витримкою часу. Слід уточнити, що сучасні дистанційні захисти, що мають ступінчасті характеристики часу, не вимірюють щоразу при КЗ значення зазначеного вище опору на затискачах вимірювального органу і не встановлюють залежно від цього більшу або меншу витримку часу, а лише контролюють зону, в якій відбулося пошкодження. Час спрацьовування захисту при КЗ у будь-якій точці зони, що розглядається, залишається незмінним. Кожна захист виконується багатоступінчастою, причому при КЗ в першій зоні, що охоплює 80-85% довжини лінії, що захищається, час спрацьовування захисту не більше 0,15 с. Для другої зони, що

виходить за межі лінії, що захищається, витримка часу на ступінь вище і коливається в межах 0,4-0,6 с. При КЗ у третій зоні витримка часу ще більше збільшується і вибирається як і, як спрямованих струмових захистів [4].

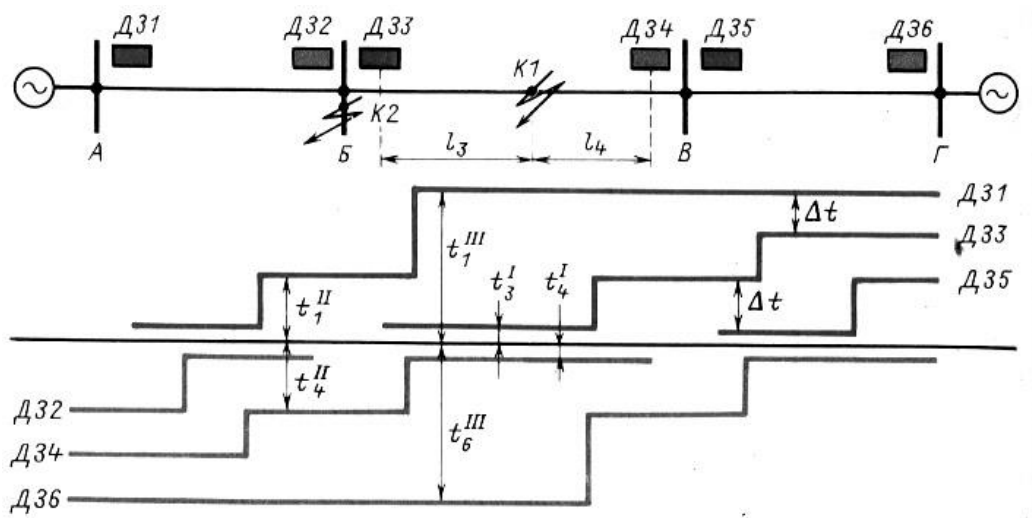


Рисунок 3 – Захист ділянки мережі дистанційними захистами та характеристики витримок часу цих захистів

На рис.3 показано ділянку мережі з двостороннім живленням та наведено узгоджені характеристики витримок часу дистанційних захистів (ДЗ). При КЗ, наприклад, у точці К1 – першій зоні дії захисту ДЗ3 і ДЗ4 – вони спрацюють з мінімальним часом відповідно t_3^I і t_4^I . Захист ДЗ1 і ДЗ6 також придуть у дію, але для них пошкодження перебуватиме в III зоні, і вони можуть спрацювати як резервні з часом t_1^{III} і t_6^{III} тільки у разі відмови у відключенні лінії БВ власними захистами [4].

При КЗ у точці К2 (шини Б) воно усувається дією захисту ДЗ1 та ДЗ4 з часом t_1^{II} та t_4^{II} [4].

Висновки. Релейний захист ліній 330 кВ відіграє ключову роль у забезпеченні надійності та стабільності систем електропередачі. Його ефективність у виявленні та ізоляції дефектів робить його невід'ємною частиною сучасних енергетичних систем. З впровадженням новітніх технологій, таких як цифрові релейні захисти та автоматизовані системи керування, можна забезпечити ще вищу надійність та швидкість реакції релейного захисту, зробивши сучасні електроенергетичні системи ще безпечнішими та ефективнішими.

Перелік посилань

1. Неклепаев Б. Н. – Электрична частина електростанцій та підстанцій: Підручник для ВНЗ – 2-е вид., перероб. і доп. – Енергоатомвидат, 1986.
2. Чернобровов Н. В. – Релейний захист. Навчальний посібник для технікумів. Вид.5-е, перероб. І доп. «Енергія», 1985.
3. Черкашина В.В. – Структурування повітряних ліній електропередачі в умовах неповноти інформації / В.В. Черкашина. — Харків, Факт, 2016
4. Кідиба В.П. – Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів:Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013.