

ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Захист від однофазних замикань на землю в розподільних мережах напругою 6-35 кВ

студент групи ЕСМсп - 15
Михайловський А.О.

Науковий керівник:
доктор технічних наук,
професор кафедри ЕСС
Кутін В.М.

Актуальність роботи

Експлуатація розподільних мереж завжди супроводжується певними проблемами:

- забезпечення необхідного рівня надійності;
- безпека експлуатації цих мереж та повнота використання функціональних можливостей пристроїв захисту (пристрої автоматики і релейного захисту) при можливих аварійних ситуаціях.

Особливого загострення дані проблеми набули в сучасних умовах кризи експлуатації в енергопостачальних компаніях України, оскільки ресурс обладнання вже практично вичерпаний, а заміни та ремонти через дефіцит фінансування проводяться досить нестабільно.

Електроенергія – це товар, який має бути якісним, відповідати заданим параметрам і постачатися споживачу згідно категорії надійності електропостачання.

А найбільш ненадійним і аварійним елементом енергетичної системи є розподільна мережа повітряних ліній електропередач.

Тому, на даний момент, питання захисту розподільних мереж стоїть досить гостро. Оскільки, пошкодження мережі – це фінансові втрати, ризик ураження людей, погіршення якості електропостачання.

Мета роботи

Розуміння суті процесу виникнення однофазних замикань на землю в розподільних мережах 6-35 кВ.

Підвищення чутливості захисту від однофазних замикань на землю в розподільних мережах 6-35 кВ шляхом створення комбінованого методу неперервного контролю загального активного опору мережі відносно землі та струму нульової послідовності.

Розробка пристрою захисту в основі якого буде покладено комбінований метод захисту. Моделювання режиму роботи для визначення економічної ефективності від впровадження даного пристрою захисту від однофазних замикань на землю.

Задача і предмет дослідження

Основними задачами даної роботи є:

- дослідження основних методів та засобів захисту від ОЗЗ;
- ознайомлення з методами вдосконалення засобів захисту;
- створення комбіновано методу захисту та його математичне моделювання, приведення схем;
- розробка функціональної схеми запропонованого захисту;
- моделювання роботи пристрою захисту через визначення струму в реагуючому органі пристрою;
- проведення розрахунку для визначення економічної ефективності від впровадження даного захисту.

Предметом дослідження є:

- методи та засоби захисту розподільних мереж від однофазних замикань.

Основні причини виникнення пошкоджень

Встановлено що, основними причинами пошкодження є:

- перекриття ізоляції (спричиняються грозовими розрядами);
- пошкодження внаслідок аварій;
- дефекти виготовлення опор, проводів, ізоляторів;
- ожеледь або вітрові навантаження;
- перекриття ізоляції через птахів;
- невідповідність опор, проводів, ізоляторів кліматичним умовам;
- неправильний монтаж опор і проводів, недотримання термінів ремонту і заміни обладнання.



Ці причини тягнуть за собою певні наслідки:

- ослаблення або порушення механічної міцності опор;
- механічне пошкодження ізоляторів;
- обриви проводів;
- порушення цілісності опор та додаткових елементів;
- корозії і гниття металевих і дерев'яних частин.

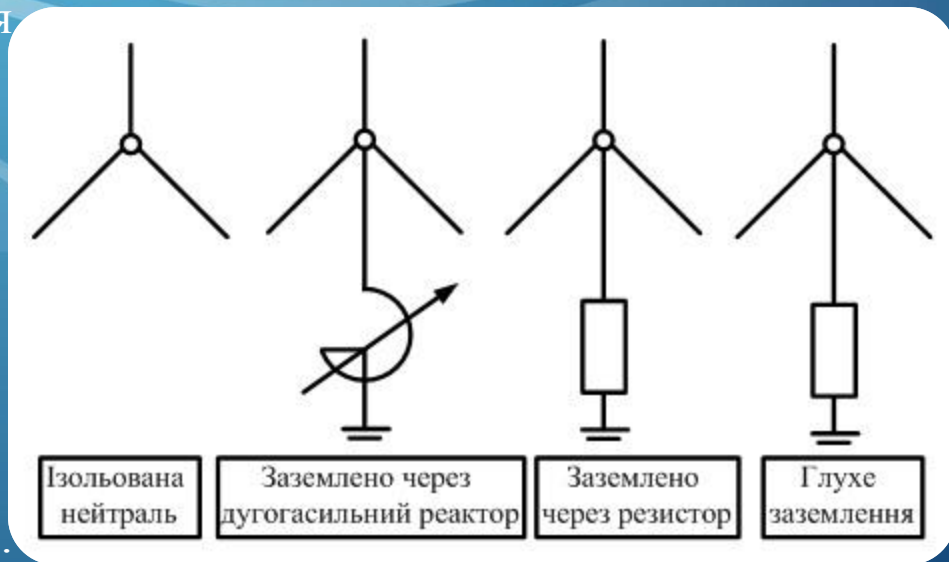
Вибір режиму заземлення нейтралі

В мережі 6–35 кВ є виключно важливим питанням при проектуванні і експлуатації (реконструкції) спосіб заземлення нейтралі. Режим заземлення нейтралі в мережі 6–35 кВ визначає:

- струм в місці пошкодження і перенапруги на непошкоджених фазах при однофазному замиканні;
- схему побудови релейного захисту від замикань на землю;
- рівень ізоляції електрообладнання;
- вибір ОПН для захисту від перенапруг;
- безперебійність електропостачання;
- допустимий опір контуру заземлення підстанції;
- безпеку персоналу і електроустаткування при однофазних замиканнях.

Таким чином, очевидно, що режим заземлення нейтралі впливає на значне число технічних рішень, які реалізуються в конкретній мережі. У мережах середньої напруги застосовуються чотири режими заземлення нейтралі (рис.1.2):

- ізольована (незаземлена);
- заземлена через дугогасильний реактор;
- заземлена через резистор (низькоомний або багатоомний);
- глухозаземлена (в Україні не застосовується).



ізолювана заземлено через дугогасильний реактор заземлено через резистор заземлено безпосередньо

Визначення струмів нульової послідовності на окремих лініях

$$i_{01} = \frac{U_M \omega (C_2 + C_3)}{\sqrt{r_{033}^2 \omega^2 C_M^2 + 1}} \left[\sin(\omega t + \varphi + \psi) - \frac{\cos(\varphi - \psi)}{\omega r_{033} C_M} e^{\frac{t}{r_{033} C_M}} \right];$$

$$i_{02} = \frac{U_M \omega C_2}{\sqrt{r_{033}^2 \omega^2 C_M^2 + 1}} \left[\sin(\omega t + \varphi + \psi) - \frac{\cos(\varphi - \psi)}{\omega r_{033} C_M} e^{\frac{t}{r_{033} C_M}} \right];$$

$$i_{03} = \frac{U_M \omega C_3}{\sqrt{r_{033}^2 \omega^2 C_M^2 + 1}} \left[\sin(\omega t + \varphi + \psi) - \frac{\cos(\varphi - \psi)}{\omega r_{033} C_M} e^{\frac{t}{r_{033} C_M}} \right];$$

$$i_3 = \frac{3U_M C_m}{\sqrt{r_{033}^2 \omega^2 C_M^2 + 1}} \left[\sin(\omega t + \varphi + \psi) - \frac{\cos(\varphi - \psi)}{\omega r_{033} C_M} e^{\frac{t}{r_{033} C_M}} \right];$$

$$U_N = \frac{U_M}{\sqrt{r_{033}^2 \omega^2 C_M^2 + 1}} \left[\sin(\omega t + \varphi + \psi) - \sin(\varphi - \psi) e^{\frac{t}{r_{033} C_M}} \right],$$

де $C_M = 3(C_1 + C_2 + C_3)$; $\psi = -\arctg(1/r_{033}\omega C_M)$; $\psi' = \arctg(\omega C_M r_{033})$.

З системи рівнянь видно, що перехідні струми нульової послідовності як в пошкоджених, так і непошкоджених лініях залежать від перехідного опору в місці ОЗЗ на землю і дають можливість оцінити вплив аперіодичної складової струму і напруги на вибір установки спрацювання захисту.

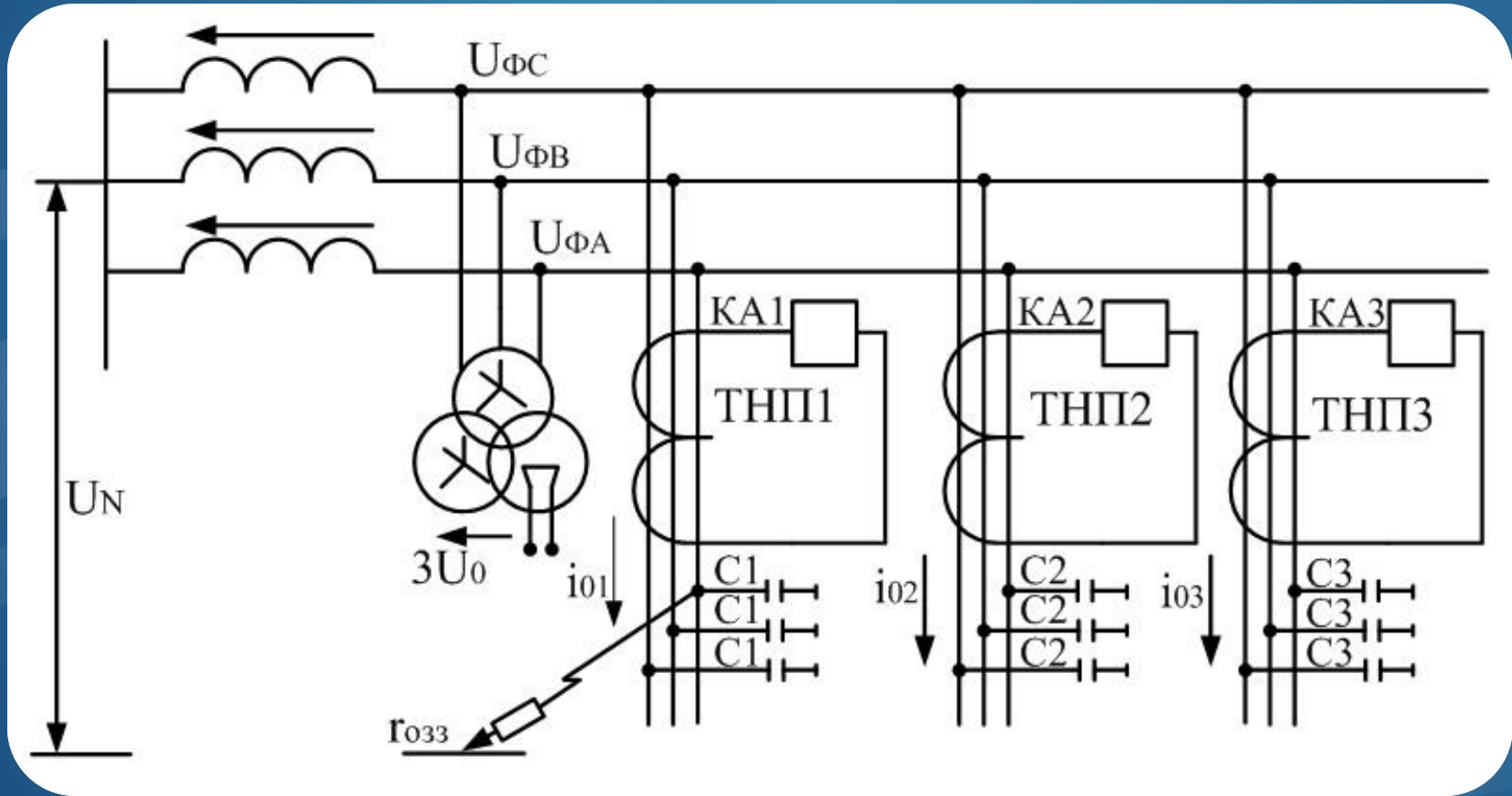
Селективність дії захисту забезпечується шляхом відстроювання струму спрацювання від власного ємнісного струму лінії, яка захищається, тобто:

$$I_{с.з.} = k_{\text{від.}} 3I_{\text{ол}}^{(1)} = k_{\text{від.}} 3\omega C_{\text{л}} U_{\varphi},$$

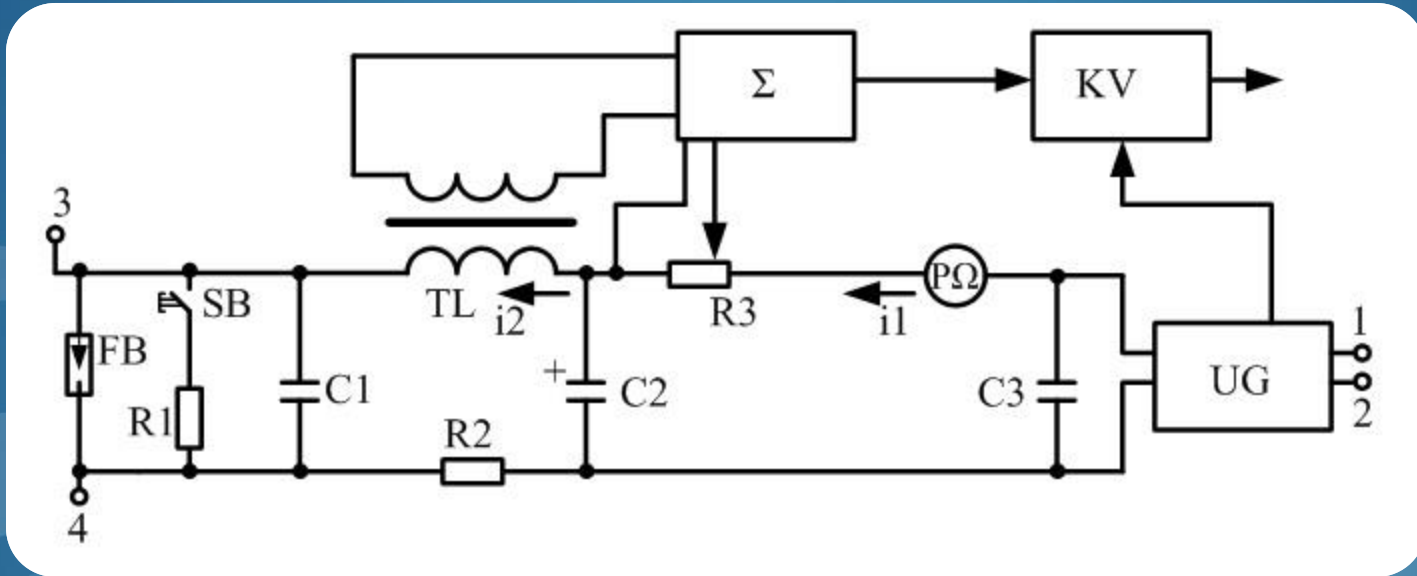
де $C_{\text{л}}$ – ємність фази лінії відносно землі.

При цьому коефіцієнт відстроювання $k_{\text{від.}} = 4 \div 5$ визначається кидком ємнісного струму, а для захисту з витримкою часу з урахуванням дуги, яка переміщується, $k_{\text{від.}} = 2,0 \div 2,5$.

Розрахункова схема для визначення струмів нульової послідовності окремих приєднань



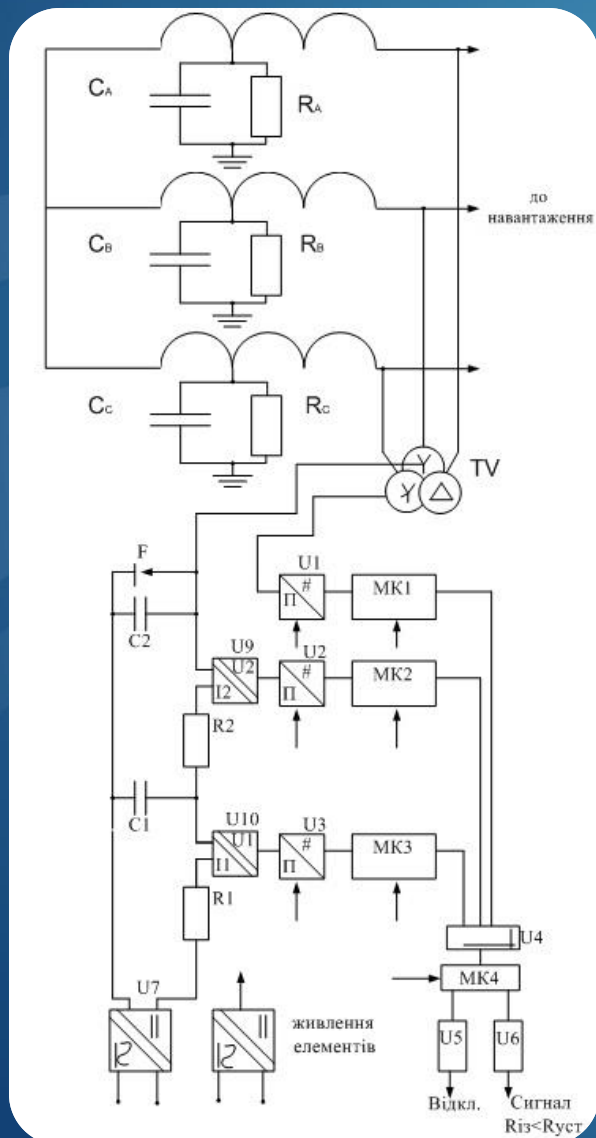
Принципова схема пристрою



Блок складається з джерела живлення UG з двома рівнями напруги: 140 В для накладання на контрольовану мережу і 12 В для живлення виконавчого органу (реле KV). Проміжний трансформатор TL призначений для передачі імпульсу від розрядника конденсатора C2 при виникненні повітряних замикань на землю. Омметр PΩ необхідний для візуального нагляду за значенням активного опору фаз мережі відносно землі. Коло R1 – SB дозволяє перевірити справність елементів пристрою. Суматор сумує сигнали, які знімаються з вторинної обмотки трансформатора TL і резистора R3, і подає сигнал, пропорційний цій сумі, на вхід реле KV.

Підключають пристрій при обезструмленій мережі високої напруги: затискач 3 приєднують до нейтральної точки високовольної обмотки вимірювального трансформатора типу НТМІ, а затискач 4 – до землі; на вхід 1,2, подають напругу 220 В. Прилад повинен спрацьовувати від струму заряду конденсатора C2(KV), таким чином контролюється справність основних елементів схеми.

Розробка функціональної схеми захисту



Запропонована схема працює наступним чином. За нормальних умов функціонування ізоляція розподільної мережі напругою 6-35 кВ має високий рівень параметрів і струми, що протікають через сенсори пристрою захисту (R_1, R_2), рівні між собою. При виникненні замикання на землю в перший момент напруга на попередньо зарядженому конденсаторі C_1 змінюватися не буде, відповідно, не змінюватиметься і струм, що протікає через резистор R_1 . У той же час на струм, що протікає через резистор R_2 , накладатиметься струм розряду конденсатора, максимальне значення якого буде зворотно пропорційним величині перехідного опору в місці замикання на землю.

Після визначення величини струму замикання в програмі МК відбувається порівняння його з уставкою й при її перевищенні формується сигнал, який після перетворення надходить до пристроїв керування вимикачами на відкритих розподільних пристроях.

$U_1 - U_3$ – аналогово-цифрові перетворювачі; U_4 – мультіплексор; U_5, U_6 – підсилювачі вихідних сигналів; U_7 – джерело накладеного постійного струму; U_8 – джерело живлення мікроконтролерів, аналогово-цифрових перетворювачів та інших напівпровідникових елементів; МК1-МК4 – мікроконтролери; F – розрядник; C_1 – розрядний конденсатор; C_2 – конденсатор для зменшення впливу напруги нульової послідовності при виникненні однофазного замикання на землю; R_1 і R_2 – резистори..

Структурна схема пристрою захисту

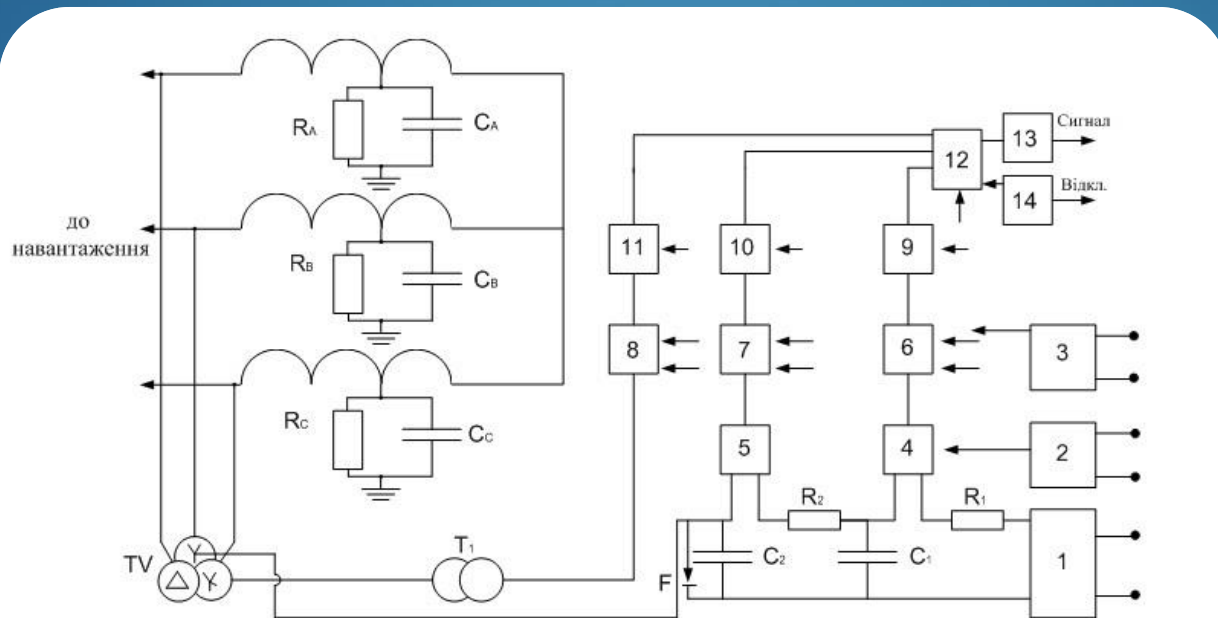


Рис. – Структурна схема пристрою захисту: R_A , R_B , R_C – активний опір ізоляції РМ відносно землі; C_A , C_B , C_C – ємність ізоляції РМ відносно землі; TV – трансформатор напруги; T_1 – проміжний трансформатор.

- Під час нормальної експлуатації, коли ізоляція електричної мережі не має пошкоджень, струм, що накладається на мережу, незначний. У випадку поступового зниження рівня ізоляції мережі поступово буде зростати і струм через резистори R_1 і R_2 , який накладається на мережу. У разі симетричного зниження рівня ізоляції нижче допустимого значення захист спрацьовує на сигнал. У випадку виникнення раптового замикання на землю відбувається розряд попередньо зарядженого конденсатора C_1 і струм розряду конденсатора зворотно пропорційний опорю в місці замикання.

Розрахунок економічної ефективності захисту від ОЗЗ

Середні витрати часу на ремонт:

$$t_p = \frac{1}{\omega} (\omega_{оп}^0 \tau_{оп} + \omega_{д}^0 \tau_{д} + \omega_{ІЗ}^0 \tau_{ІЗ} + \omega_{сп}^0 \tau_{сп} + \omega_{ІІ}^0 \tau_{ІІ}),$$

Середній час відновлення

$$t_{срб} = \frac{\sum_{i=1}^7 \omega_{і6} t_{і6}}{\omega_6} = \frac{717,5}{82,125} = 8,73; t_{срІВС} = \frac{\sum_{i=1}^7 \omega_{іВС} t_{іВС}}{\omega_{ІВС}} = \frac{609,75}{76,12} = 8,02.$$

Середній час безвідмовної роботи

$$T_{сб} = \omega_{сб}^{-1} = 0,012 \cdot 8760 = 106,66; T_{сІВС} = \omega_{сІВС}^{-1} = 0,0131 \cdot 8760 = 114,94.$$

Коефіцієнт готовності РМ відповідно:

$$K_{Г6} = \frac{T_{сб}}{T_{сб} + t_{срб}} = \frac{106,66}{106,66 + 8,73} = 0,924; K_{ГІВС} = \frac{114,94}{114,94 + 8,0} = 0,934;$$

$$\Delta K_{Г} = \frac{K_{ГІВС} - K_{Г6}}{K_{Г6}} \cdot 100\% = \frac{0,934 - 0,924}{0,924} \cdot 100 = 1,08\%.$$

Коефіцієнт простою:

$$K_{ПР6} = 1 - K_{Г6} = 1 - 0,924 = 0,076; K_{ПР6ІВС} = 1 - K_{ГІВС} = 1 - 0,934 = 0,066;$$

$$\Delta K_{Г} = \frac{K_{ПР6} - K_{ПР6ІВС}}{K_{ПР6}} \cdot 100\% = \frac{0,076 - 0,066}{0,076} \cdot 100 = 19,6\%.$$

Коефіцієнт технічного використання:

$$\Delta K_{ТВ} = \frac{K_{ТВ6} - K_{ТВІВС}}{K_{ТВ6}} \cdot 100\% = 1,45\%.$$

Коефіцієнт оперативної готовності:

$$K_{ОГ6} = K_{Г6} R_6(t) = 0,924 \exp \left[-1 \cdot \frac{82,125}{8760} \right] = 0,91538;$$

$$K_{ОГІВС} = K_{ГІВС} R_{ІВС}(t) = 0,934 \exp \left[-1 \cdot \frac{76,12}{8760} \right] = 0,92592;$$

$$\Delta K_{ОГ} = \frac{K_{ОГІВС} - K_{ОГ6}}{K_{ОГ6}} \cdot 100\% = \frac{0,92593 - 0,91538}{0,91538} \cdot 100 = 1,15\%.$$

$$\nabla K^L = \frac{K^{ІВС} - K^{ІВС}}{K^{ІВС} - K^{ІВС}} \cdot 100\% = \frac{0,01e}{0,01e - 0,00e} \cdot 100 = 10^9 e_0^0.$$

$$K^{ІВС} = 1 - K^{ІВС} = 1 - 0,01e = 0,01e; K^{ІВС} = 1 - K^{ІВС} = 1 - 0,01e = 0,01e.$$

ВИСНОВКИ

Результатом проведених досліджень є розвиток теорії і практики побудови методів і засобів захисту від однофазних замикань на землю в СЕП з повітряними лініями електропередач напругою 6-35 кВ в напрямку підвищення чутливості, швидкодії і надійності засобу релейного захисту.

В роботі виконано аналіз такого виду пошкодження як ОЗЗ, та існуючих засобів від цього виду пошкодження.

На основі отриманих результатів аналізу запропоновано комбінований метод виявлення ОЗЗ на ранній стадії розвитку пошкодження, який ґрунтується на принципі накладання постійного струму на ізоляцію розподільної мережі та використання енергії попередньо зарядженого конденсатора та врахування ємності мережі та напруги нульової послідовності. Це дозволяє відстежувати динамічну характеристику параметрів ізоляції відносно землі.

Побудована математична модель для визначення струму в реагуючому органі, аналіз якої дозволяє оптимізувати параметри спрацювання пристрою захисту на вимикання пропонується обирати виходячи з максимального значення перехідного опору в місці замикання на землю. Для перехідного опору 100 кОм уставка спрацювання становить 0,001 А. В разі дії захисту на сигнал пропонується використовувати розрахункові значення мінімального опору ізоляції мережі відносно землі згідно з діючими Правилами технічної експлуатації.

Запропоновано принципові схеми захисту, алгоритми роботи, а також розглянуто особливості програми функціонування для двох виконаних пристрою захисту, що реалізують послідовну та паралельну обробку сигналів контрольованих параметрів. Під час розробки програмного забезпечення для мікроконтролерів використано отримані залежності, отримані експериментальним шляхом, що дозволяє скоротити час, необхідний для перетворення сигналів і підвищити швидкодію захисту.

Запропоновано методику визначення ефективності використання засобів захисту від ОЗЗ. Результати розрахунків показали, що виявлення ОЗЗ на ранній стадії виникнення пошкодження дозволяє підвищити коефіцієнт готовності на 1,08%, технічного використання на 1,45%, оперативної готовності на 1,15%, коефіцієнт простою зменшується на 20%.

Дякую за увагу!

Доповідь
закінчена.