

ПРИСТРІЙ ЗАХИСТУ ВІД ОДНОФАЗНИХ ЗАМИКАНЬ НА ЗЕМЛЮ З АВТОМАТИЧНОЮ КОМПЕНСАЦІЄЮ ПОЧАТКОВИХ НЕБАЛАНСІВ ТРАНСФОРМАТОРІВ СТРУМУ НУЛЬОВОЇ ПОСЛІДОВНОСТІ

Староверов К. С., Лавионок А. В.

Донецький національний технічний університет
kstaroverov@hotmail.com

The device of protection from single-phase short circuits on ground with automatic indemnification initial not of balances of transformers of a current of a zero sequence is developed

Характеристики сучасних захистів від однофазних замикань на землю багато в чому залежать від якості використовуваних трансформаторів струму нульової послідовності (ТСНП). Погрішності трансформаторів струму нульової послідовності приводять до помилкових спрацьовувань пристроїв захисту й обумовлені багатьма факторами, причому основним є струми початкового небалансу ТСНП [1].

На рисунку 1 приведений магнітний ланцюг трансформатора струму нульової послідовності, де первинними обмотками є жили кабелю, у яких протікають струми i'_A , i'_B та i'_C . Цими струмами створюються магнітні потоки (Φ_A , Φ_B , Φ_C). Частина магнітного потоку, створеного кожним зі струмів, замикається по повітрю (потоки розсіювання Φ_A^P , Φ_B^P , Φ_C^P), а частина по сердечнику (Φ_A' , Φ_B' , Φ_C'). Потоки, що замикаються по сердечнику, визначають ЕДС у вторинній обмотці ТСНП. Щодо реальних трансформаторів ТСНП відносини між потоками розсіювання і потоків, що замикаються по сердечнику, різні для різних фаз. Причому ці відносини залежать від конструкції ТСНП і положення силових жил у вікні трансформатора. Неоднаковість часткою потоків розсіювання для різних фаз приводить до появи несиметрії потоків, що замикаються по сердечнику і відповідно до появи ЕДС у вторинній обмотці ТСНП при відсутності струмів нульової послідовності у кабелі, що захищається. З урахуванням цього можна записати вираз для визначення потоків

$$\begin{cases} \Phi_A'(t) = (1 - k_A^{ТНП}) \cdot \Phi_A(t) \\ \Phi_B'(t) = (1 - k_B^{ТНП}) \cdot \Phi_B(t), \\ \Phi_C'(t) = (1 - k_C^{ТНП}) \cdot \Phi_C(t) \end{cases} \quad (1)$$

де $k_A^{ТНП}$, $k_B^{ТНП}$, $k_C^{ТНП}$ - деякі постійні величини для кожної з фаз, що залежать від конструкції ТСНП і положення відповідної жили у вікні трансформатора, і теоретично можуть знаходитися у межах від 0 до 1.

Положення жил кабелю у вікні ТСНП є випадковими. Однак, за умови надійного кріплення ТСНП в корпусі комутаційного апарата, частка потоку розсіювання для кожної з фаз є незмінною при експлуатації. Зміни можливі при проведенні ремонту комутаційного апарата, наприклад, при заміні ТСНП.

Передатна функція трансформатора струму з урахуванням неоднакових потоків розсіювання буде виглядати так

$$U_{ТСНП}^{НГ}(p) = \frac{k_{ТСНП} \cdot P}{T_{ТСНП} \cdot p + 1} \cdot I_{ТСНП}^{ВХ}(p) - \frac{k_{ТСНП} \cdot P}{T_{ТСНП} \cdot p + 1} \cdot (k_A^{ТСНП} \cdot I_A'(p) + k_B^{ТСНП} \cdot I_B'(p) + k_C^{ТСНП} \cdot I_C'(p)) \quad (2)$$

де $k_{ТСНП}$, $T_{ТСНП}$ - параметри ТСНП, $I_{ТСНП}^{ВХ}(p)$ - зображення струму нульової послідовності, а $I_{A-C}'(p)$ - зображення струмів фаз.

Тобто зображення напруги на виході ТСНП обумовленої струмами початкового небалансу визначається з виразу 3

$$U_{ТСНП}^{НЕБ}(p) = \frac{k_{ТСНП} \cdot P}{T_{ТСНП} \cdot p + 1} \cdot (k_A^{ТСНП} \cdot I_A'(p) + k_B^{ТСНП} \cdot I_B'(p) + k_C^{ТСНП} \cdot I_C'(p)) + \quad (3)$$

Тобто для того, щоб знизити вплив струмів первинного небалансу ТСНП на погрішності визначення величин струму однофазних замикань на землю, напруга на виході ТСНП коректується відповідно до виразу 4

$$U_{ТСНП}(p) = W_{ТСНП}(p) I_{ТСНП}^{ВХ}(p) + U_{ТСНП}^{НЕБ}(p) \quad (4)$$

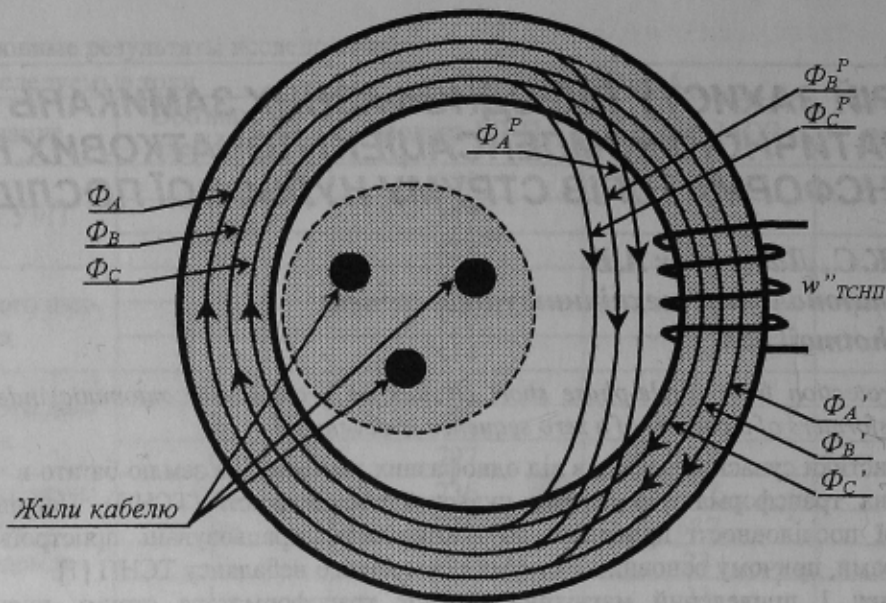


Рисунок 1 – Магнітний ланцюг трансформатора струму нульової послідовності

Для еквівалентного струму початкового небалансу дійсний вираз

$$I_{ТСНП}^{НЕБ}(p) = k_A^{ТСНП} \cdot I_A'(p) + k_B^{ТСНП} \cdot I_B'(p) + k_C^{ТСНП} \cdot I_C'(p) \quad (5)$$

Миттєві значення струмів у жилах кабелю зв'язані між собою наступним співвідношенням

$$i_A'(t) + i_B'(t) + i_C'(t) = i_{OЗЗ}(t) \quad (6)$$

Звідси, нехтуючи значенням струму замикання (величина якого мала в порівнянні зі струмом у силових жилах кабелю), отриманий вираз 7

$$i_{ТСНП}^{НЕБ}(t) = k_A' \cdot i_A'(t) + k_B' \cdot i_B'(t), \quad (7)$$

$$\text{де } k_A' = k_A^{ТСНП} - k_C^{ТСНП}, \quad k_B' = k_B^{ТСНП} - k_C^{ТСНП}.$$

Вираз 7 дозволяє визначити миттєві значення еквівалентного первинного струму небалансу ТСНП, як функцію від струмів двох фаз. При цьому необхідно визначити постійні коефіцієнти k_A' і k_B' . Дані коефіцієнти повинні бути визначені після установки трансформатора струму нульової послідовності або ремонту комутаційного апарату і зв'язаного з цим зсуву жил у вікні трансформатора ТСНП. Ці коефіцієнти можна визначити при відсутності замикання в мережі при наявності струму в силових жилах.

У момент часу, коли струм однієї з фаз, на якій установлений трансформатор струму, дорівнює нулю, можна визначити один з коефіцієнтів. Наприклад, для фази А у момент часу $t_1 - i_A'(t_1) = 0$, тоді

$$k_B' = \frac{i_{ТСНП}^{НЕБ}(t_1)}{i_B'(t_1)}. \quad (8)$$

Аналогічно для другої фази у момент часу $t_2 - i_B'(t_2) = 0$, тоді

$$k_A' = \frac{i_{ТСНП}^{НЕБ}(t_2)}{i_A'(t_2)}. \quad (9)$$

Тобто коефіцієнти для компенсації початкових небалансів ТСНП відповідно до виразу 7 можуть бути визначені в моменти переходу струму фаз через нуль при наявності струму в жилах, охоплених ТСНП відповідно до виразів 8 і 9. Є можливість автоматичного визначення коефіцієнтів k_A' і k_B' (для пристроїв захисту необхідно використовувати спеціальний режим роботи). Після чого отримані коефіцієнти використовуються в основному режимі роботи пристрою захисту, із здійсненням захисту лінії від ОЗЗ з автоматичною компенсацією початкових небалансів.

З урахуванням цього був розроблений селективний пристрій захисту від однофазних замикань на землю, в якому здійснюється компенсація миттєвих значень початкових небалансів ТСНП, і передбачений режим автоматичного визначення коефіцієнтів. Функціональна схема такого пристрою зображена на рисунку 2.

Розроблений пристрій виконує функції селективного захисту вздовж фідера підземної високовольтної електричної мережі. Пристрій має основний та допоміжний блоки захисту, які встановлюються на протилежних кінцях участка електричної мережі що захищається. Обидва блоки пристрою реалізовані на базі однокристальних мікроконтролерів, алгоритм роботи яких передбачує автоматичну компенсацію початкових небалансів трансформаторів струму нульової послідовності у відповідності до виразу 4.

Пристрій захисту може бути переведений до режиму настройки, у якому автоматично, у відповідності до виразів 8 та 9 здійснюється визначення коефіцієнтів для компенсації початкових небалансів ТСНП. Визначення коефіцієнтів для компенсації початкових небалансів проводиться при відсутності ОЗЗ у зоні дії захисту.

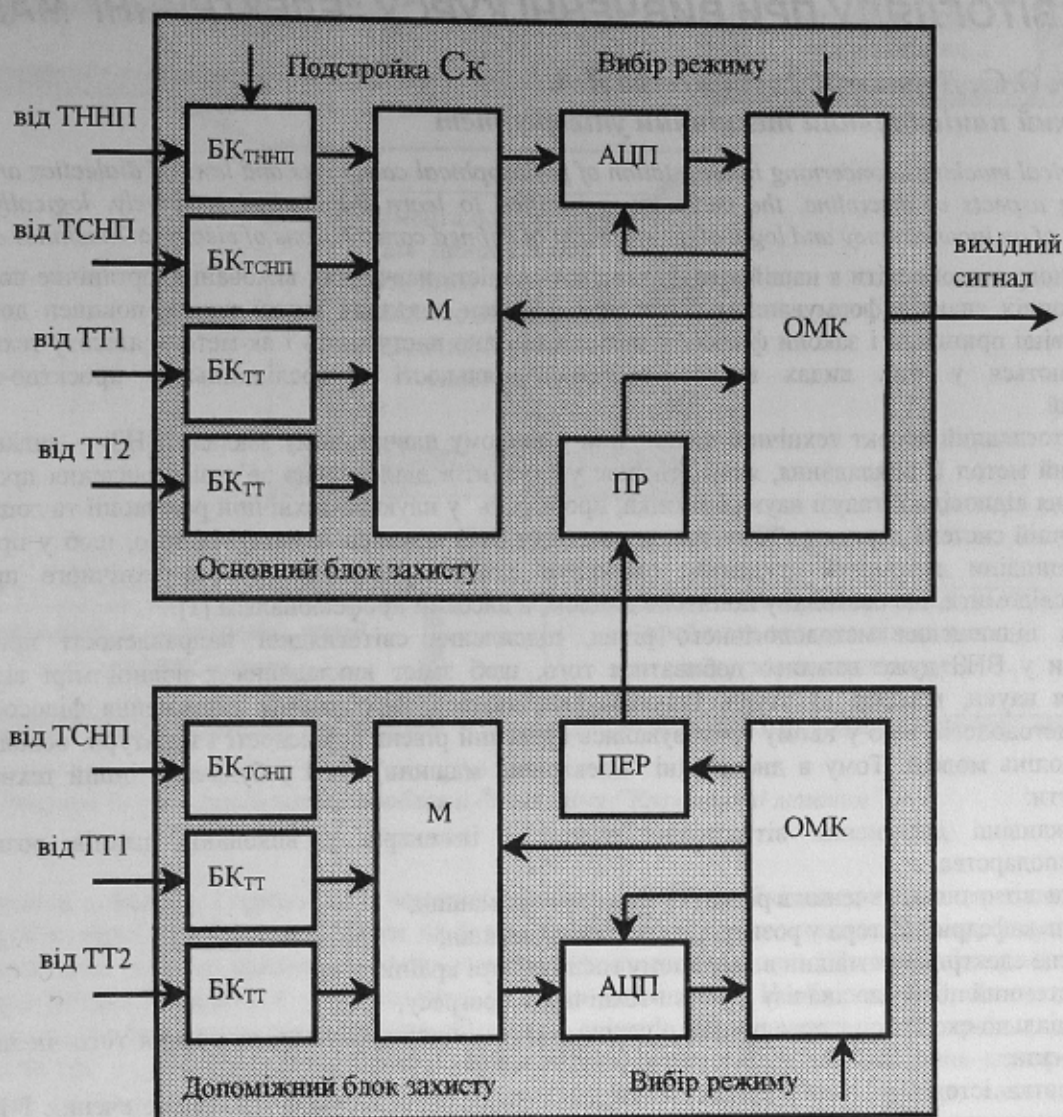


Рисунок 2 – Функціональна схема пристрою захисту від ОЗЗ

Висновки:

1. Для зменшення впливання на роботу пристрою захисту від однофазних замикань на землю початкових небалансів трансформаторів струму нульової послідовності необхідно вживати компенсацію миттєвих значень цих небалансів.
2. Компенсацію миттєвих значень землю початкових небалансів трансформаторів струму нульової послідовності можливо проводити у відповідності до виразу 4.
3. Постійні коефіцієнти, необхідні для компенсації початкових небалансів ТСНП можна знайти у відповідності до виразів 8 та 9.
4. Розроблено пристрій захисту від однофазних замикань на землю на базі однокристальних мікроконтролерів с компенсацією початкових небалансів ТСНП, який дозволяє в автоматичному режимі знайти необхідні постійні коефіцієнти при відсутності однофазних замикань на землю у зоні захисту пристрою

ЛІТЕРАТУРА

1. Сирота И.М. Трансформаторы и фильтры напряжения и тока нулевой последовательности. - Киев, Наукова думка, 1983. - 268 с.