

ОСНОВНИЙ ЗАХИСТ ТРАНСФОРМАТОРІВ НА ОСНОВІ УЗАГАЛЬНЕНОЇ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ

Дмитренко О.О., к.т.н., доцент, Потапов В.С., магістрант
КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Силові трансформатори є дуже дорогими і надзвичайно важливими компонентами електроенергетичних систем (ЕЕС). Самі по собі трансформатори і автотрансформатори конструктивно вельми надійні завдяки відсутності у них рухомих або обертових частин. Але, незважаючи на це, в процесі експлуатації можливі й практично мають місце їх пошкодження і порушення нормальних режимів роботи. Тому трансформатори і автотрансформатори повинні оснащуватися відповідної релейного захистом.

Мета роботи. Розглянути основні підходи до реалізації захистів силового трансформатору. Виконати аналіз одного з сучасних підходів до побудови сучасного основного захисту трансформатору.

Матеріали і результати дослідження. Згідно ПУЕ [1], трансформатор потребує наступні види захистів:

- захист від внутрішніх пошкоджень для трансформаторів менше 4 МВА - максимальний захист і струмове відсічення, для трансформаторів більшої потужності - диференційний захист;
- захист від пошкодження всередині бака трансформатора або РПН - газовий захист трансформатора та пристрої РПН з дією на сигнал і відключення;
- захист від зовнішніх коротких замикань (КЗ) - максимальний захист з блокуванням за напругою або без неї. Вона ж використовується як резервна захист трансформаторів від внутрішніх пошкоджень;
- захист від однофазних КЗ на сторонах трансформатора з глухозаземленою нейтраллю;
- захист від перевантаження з дією на сигнал. У ряді випадків, на підстанціях (ПС) без обслуговуючого персоналу, захист від перевантаження виконується з дією на розвантаження або на відключення.

Крім безпосередньо захистів, потрібні додаткові струмові органи, наприклад для автоматики охолодження, блокування РПН.

Виходячи з переліченого вище, всі захисти трансформаторів можна розділити на дві групи: основні та резервні захисти.

Основні захищають трансформатор від внутрішніх пошкоджень та ненормальних режимів в самому трансформаторі або на його ошиновках.

Резервні захищають обмотки трансформатора від надструмів зовнішніх КЗ при пошкодженнях на приєднання прилеглої мережі, а також по можливості резервують основні захисти трансформатора [2].

Зазвичай, у якості основного захисту трансформаторів використовується диференційний захист (ДЗ). Такий захист призначений для захисту від КЗ між фазами, на землю і від виткових замикань. Принцип дії ДЗ заснований на порівнянні величин і напрямку струмів до і після елемента, який захищається.

Завданням при проектуванні захисту є урівноваження вторинних струмів в плечах захисту так, щоб струм в реле був відсутній і ДЗ не працювала при навантаженні і зовнішніх КЗ (рис. 1, а). При КЗ в трансформаторі (рис. 1, б), якщо $I_p > I_{c.p.}$ - реле спрацює і відключить трансформатор [3].

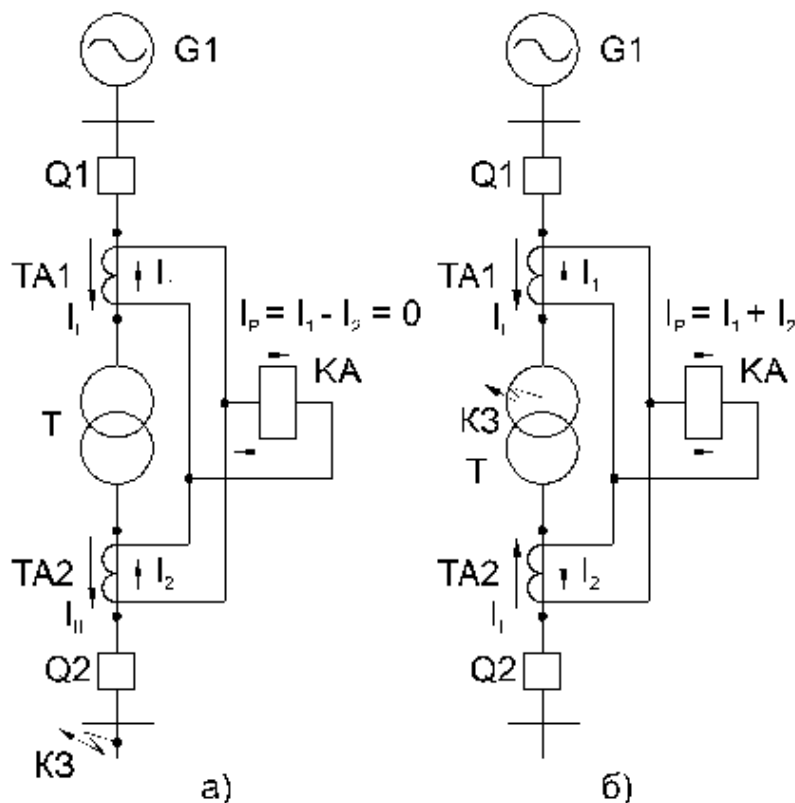


Рисунок 1 – Особливості ДЗ трансформаторів.

Вдосконаленням систем релейного захисту силового трансформатору займається ряд вчених з багатьох країн. Більшість цих досліджень направлена на підвищення чутливості диференційного захисту. Існує кілька шляхів зменшення струмів небалансу, що, в свою чергу, приводить до збільшення чутливості:

1. Зменшення струму небалансу, викликаного невідповідністю поточної відпайки РПН з заданою «0»-ю в пристрої захисту. Проблема вирішується шляхом моніторингу поточної відпайки РПН та вже реалізована в деяких пристроях захисту.
2. Зменшення струму небалансу, викликаного невідповідністю характеристик трансформаторів струму зі сторін ВН, НН (СН). Є дуже багато способів зменшення цієї складової небалансу. Дослідження проводяться за двома напрямками. Перших направлений на підвищення чутливості захисту за рахунок покращення ефективності вимірювальних трансформаторів струму. Це, наприклад, використання спеціальних трансформаторів струму з зазором, які мають більшу лінійну ділянку, особливо в перехідних режимах. Хоча, найбільш сучасним підходом використання котушок Роговського або оптичних трансформаторів

струму. Другий напрям – підвищення ефективності вимірювальних органів самого захисту.

3. Зменшення струму небалансу, викликаного появою пускового струму трансформатору.

Саме останній проблемі присвячено ряд досліджень [4]. Запропонована нова схема основного захисту трансформатора, заснована на поєднанні узагальненої фундаментальної потужності і рівняння різниці петель.

На думку вчених, невід'ємною проблемою ДЗ трансформаторів є необхідність розрізнити пусковий струм і струм короткого замикання. В даний час для запобігання неправильної роботи пускового струму використовується метод обмеження другої гармоніки. Але статистичні дані показують, що метод стикається з ризиком неправильної роботи.

Для вирішення проблеми були глибоко вивчені основні захисти трансформаторів, на які не впливає пусковий струм. Виходячи з цього були запропоновані деякі нові критерії, наприклад, принцип, заснований на рівнянні петлі трансформатора в різних умовах експлуатації (в тому числі в умовах пускового стану, стану відмови і стану навантаження).

На основі проведених досліджень, їх аналізу і практичних експериментів згідно виконаних розрахунків була запропонована нова схема основного захисту трансформатора, яка об'єднує узагальнену фундаментальну потужність і різниця рівняння фундаментальної петлі. Блок-схема методу показана на рис. 2.

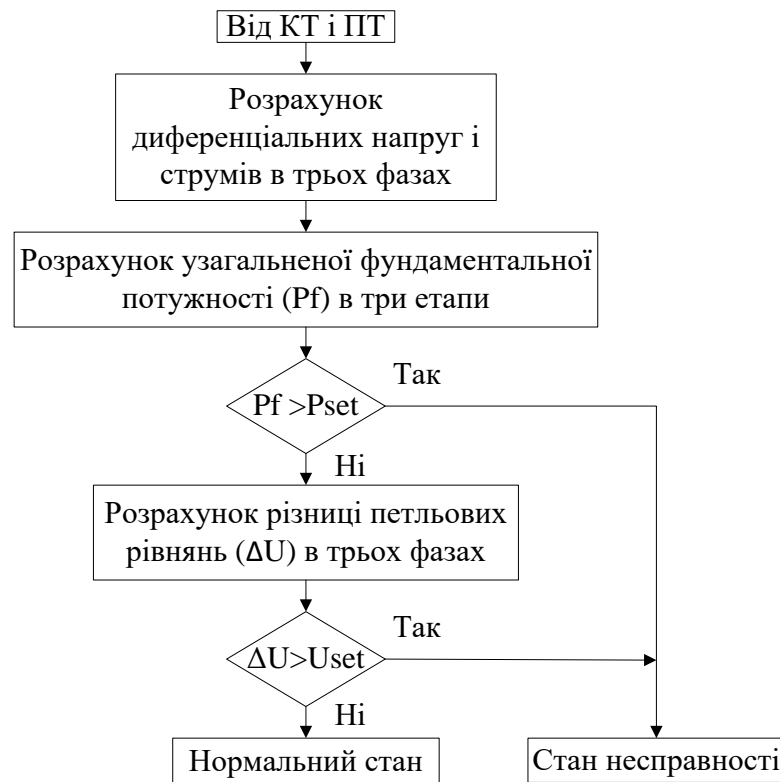


Рисунок 2 – Блок-схема основного захисту трансформатору з узагальненою фундаментальною потужністю

Щоб дослідити роботу запропонованого принципу, проводяться численні експерименти на трансформаторі в різних умовах. В експериментах робочі умови трансформатора включають нормальний стан навантаження, пусковий стан і стан внутрішньої відмови. Типи несправностей включають в себе міжфазне з'єднання, міжфазне заземлення та коротке замикання між витками.

На підставі проведеного аналізу результатів експериментів [4] можна побачити, що ефективність захисту на основі узагальненої фундаментальної потужності перевершує захист, заснований на різниці рівняння основний петлі і обмеження другої гармоніки.

Результати експерименту показують, що схема має високу надійність і чутливість.

Висновки. 1. В якості основного захисту трансформаторів зазвичай використовують диференційний захист, основною проблемою якого є необхідність розрізнити пусковий струм і струм короткого замикання.

2. Вирішенням основної проблеми диференційного захисту можна вважати використання схеми основного захисту, яка заснована на комбінації узагальненої фундаментальної потужності і різниці рівняння фундаментальної петлі.

Перелік посилань

1. Правила улаштування електроустановок.- К.: Міненерговугілля України, 2017
2. Сучасні засоби релейного захисту та автоматики електромереж / Гловацький В.Г., Пономарьов І.В. - Енерномашвін 2003 - с. 217
3. Конспект лекцій з релейного захисту [Електронний ресурс] – Режим доступу: <http://www.aes.pp.ua/91.htm> – Назва з екрана.
4. Study on a New Transformer Main Protection Scheme / Xue Wang, Zengping Wang - The Proceedings of International Conference on Smart Grid and Clean Energy Technologies 2011 - №12 - с. 648-655.