

МОДЕЛЮВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРИСТРОЮ ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА RET 650 З БЛОКУВАННЯМ ПО 2-й ГАРМОНІЦІ

Хлистов В.М., ст. викл., Рокицький Р.О., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Важливим елементом електричної мережі будь-якого класу напруги є силовий трансформатор. Від його надійної роботи залежить надійність роботи електричної системи в цілому. Суттєвим для безвідмовної роботи трансформаторів є правильне налаштування пристроїв релейного захисту у відповідності до визначених критичних точок їх характеристик.

Мета роботи. Розробити принципову схему модуля блокування кидка струму намагнічування на основі гармонійного аналізу наскрізного струму по 2-й гармоніці і дослідити його роботу у складі гальмівної характеристики.

Матеріали та результати дослідження. В даній роботі запропонована інтегрована модель гальмівної характеристики диференційного захисту трансформатора, яка на відміну від моделі [1] містить додатково ланцюг блокування по 2-й гармоніці на основі пристрою RET 650 (ABB) [2]. Модель гальмівної характеристики дозволить гнучко налаштовувати уставки диференційного захисту в різних режимах роботи трансформатора та мережі.

На рис. 1 подана спрощена структурна схема цифрового диференційного захисту трансформатора.

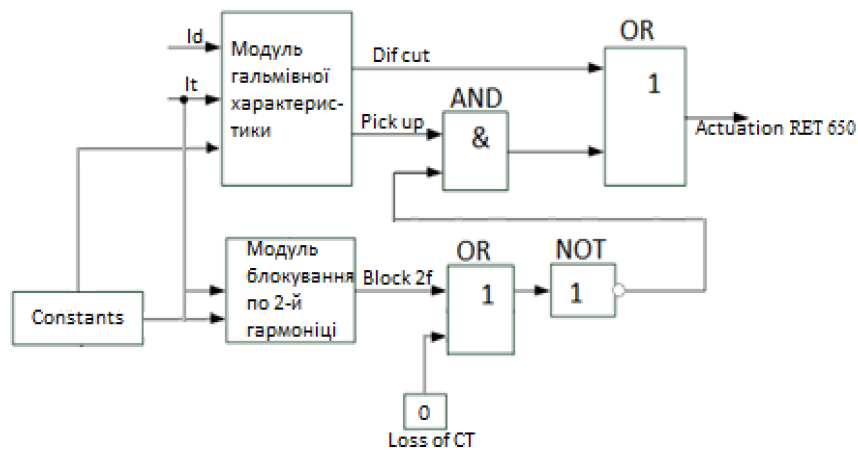


Рисунок 1 – Структурна схема цифрового диференційного захисту трансформатора

Для вибору уставок спрацювання цифрового диференційного захисту трансформатора на базі RET 650 необхідний розрахунок наступних параметрів:

- мінімальної уставки I_{dmin} ;
- крутизни гальмівної характеристики першої похилої ділянки $tg\alpha$;
- крутизни гальмівної характеристики другої похилої ділянки $tg\beta$;
- точки зміни крутизни I_2, I_3 ;
- струму спрацювання диференційної відсічки $I_{dmax} (\geq 5I_{n1})$.

Розрахунок координат гальмівної характеристики проведемо для пристрою RET 650 [2], що використовується для захисту силового трансформатора ТДН-16000/110.

Для визначення кутів нахилу ділянок характеристики гальмування використовуємо методику [2]. Для всіх режимів зовнішнього к.з. знайдемо відносні значення гальмівних і диференційних струмів. Отримані значення у вигляді точок відобразимо на гальмівній площині. Кути нахилів гальмівної характеристики виберемо так, щоб всі точки опинилися в нижній частині характеристики, що відповідає режиму неспрацювання захисту.

Режим зовнішнього трифазного короткого замикання на стороні ВН.

$$I_{нб} = (2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0 + 0,02) \cdot 12580 = 2768 A;$$

$$I_{диф*} = \frac{1,5 \cdot 2768}{839,782} = 4,94;$$

$$I_{гальм*} = \frac{12580}{839,782} = 14,98.$$

Режим зовнішнього трифазного короткого замикання на стороні НН.

$$I_{нб} = (2 \cdot 1 \cdot 0,1 + 0 + 0,02) \cdot 7540 = 1658,8 A;$$

$$I_{диф*} = \frac{1,5 \cdot 1658,8}{839,782} = 2,96;$$

$$I_{гальм*} = \frac{7540}{839,782} = 8,98.$$

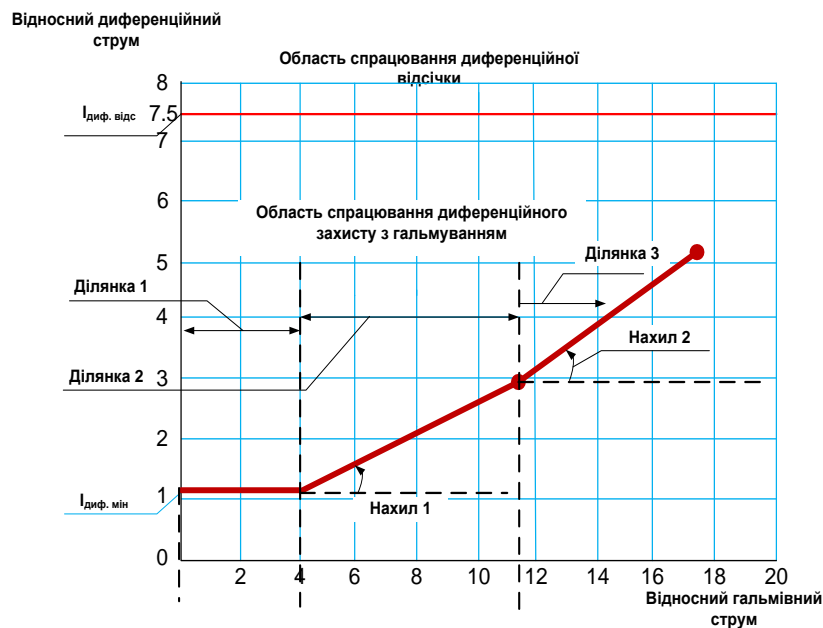


Рисунок 2 – Гальмівна характеристика диференційного захисту

Графічний аналіз характерних точок гальмівної характеристики (рис. 2), проведений в програмному комплексі Mathcad , визначив наступні значення уставок:

- уставку гальмівного струму, що відповідає переходу на другу ділянку більшого коефіцієнта гальмування – $I_{t2} = 4$;
- уставку гальмівного струму, що відповідає переходу на третю ділянку більшого коефіцієнта гальмування – $I_{t3} = 7.5$;
- уставку тангенса кута нахилу першої похилої ділянки – $\text{tg}\alpha = 0.24$;
- уставку другої похилої ділянки, що відповідає високим кратностям струмів к.з. і веде до насичення трансформаторів струму – $\text{tg}\beta = 0.33$.

Знайдемо відносний струм диференційної відсічки:

$$I_{\text{диф.відс}} = 1.5 \cdot 5 \cdot \frac{I}{I_{\text{НОМ.ОБ}}} = 7,5$$

Приймаємо до установки $I_{\text{диф.відс}} = 7.5$

Отже, математична модель зони спрацювання гальмівної відсоткової характеристики диференційного захисту трансформатора може бути представлена наступним чином:

$$\begin{aligned} I_{d*} &\geq I_{\text{ДИФ.МИН}}, I_{t*} \leq I_{t2}; \\ I_{d*} &\geq I_{t*} \text{tg}\alpha, I_{t2} < I_{t*} \leq I_{t3}; \\ I_{d*} &\geq I_{t*} \text{tg}\beta, I_{t3} < I_{t*} \leq I_{d*} / \text{tg}\beta; \\ I_{d*} &\geq I_{\text{дмакс}*}, I_{t*} > 0, \end{aligned}$$

де I_{d*} , I_{t*} - відносні значення диференційного та гальмівного струмів захисту.

Для дослідження диференційного захисту трансформатора на базі RET650 змодельємо його гальмівну характеристику. Функціональна схема розробленої стандартними блоками в середовищі Matlab моделі гальмівної характеристики подана на рис. 3.

Вхідними параметрами моделі є сигнали диференційного I_{dif} та гальмівного I_t струмів захисту, а також масив констант: номінальний струм трансформатора $I_{\text{НОМ}}=839,97$ А і характерні точки характеристики – $I_{\text{дмін}}=1$, $I_d/I_{t1}=0.24$, $I_d/I_{t2}=0.33$, $I_{t2}=4$, $I_{\text{диф.відс}}=7.5 I_{\text{НОМ}}$, які розраховані вище.

На рис. 3 зафіксований індикаторами випадок блокування спрацювання захисту, якщо поточна координата диференційного струму потрапляє в зону спрацювання гальмівної характеристики: $I_{\text{dif}}= 2410$ А, $I_t=1340$ А, адаптивна уставка $I_{\text{дс}}=2.88$. Модуль гальмівної характеристики спрацював: вихідний сигнал модуля гальмівної характеристики Pick up – логічна “1”, але результуючий вихідний сигнал диференційного захисту відсутній – Actuation of RET 650 – логічний “0”. Це означає наступне: при подачі на вхід блоку фільтрів тестового сигналу 100 Гц спрацював модуль блокування по 2-й гармоніці, який зняв сигнал логічної “1” зі входу вихідної схеми співпадіння “Г”, що заблокувало проходження сигналу спрацювання модуля гальмівної характеристики на вихідний елемент «АБО» диференційного захисту трансформатора, тобто на вимкнення трансформатора.

При подачі на вхід блоку фільтрів тестового сигналу 50 Гц з амплітудою рівною амплітуді сигналу 100 Гц не спрацьовує модуль блокування по 2-й гармоніці, тому подається дозвільний сигнал логічної “1” на вхід вихідної схеми співпадіння “1”, що не блокує проходження сигналу спрацювання модуля гальмівної характеристики на вихідний елемент «АБО» диференційного захисту трансформатора, тобто захист діє на вимкнення трансформатора – результуючий вихідний сигнал Actuation of RET 650 – логічна “1”.

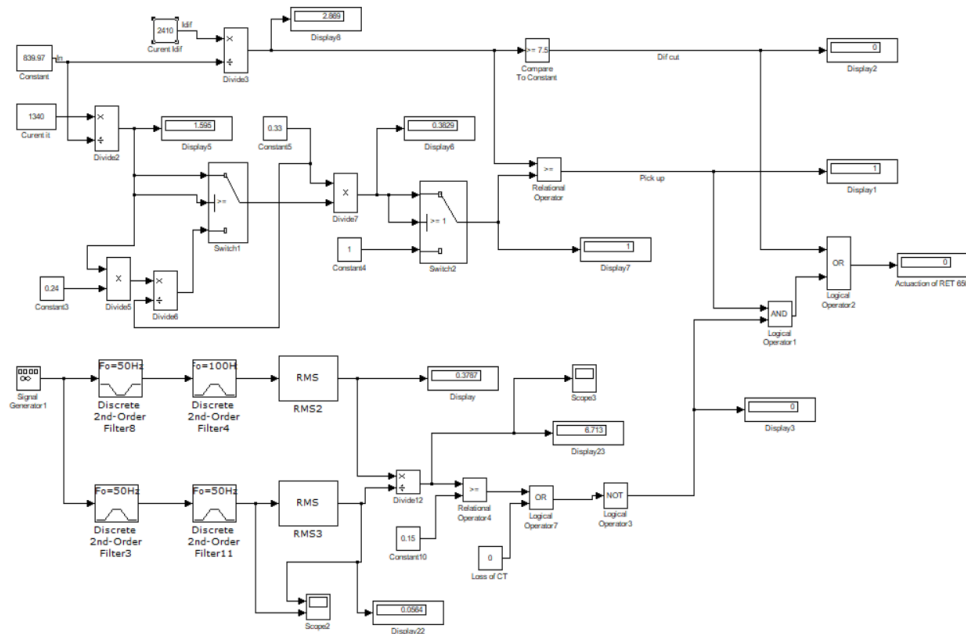


Рисунок 3 – Функціональна схема моделі гальмівної характеристики з модулем блокуванням від кидка струму намагнічування

Модуль блокування по 2-й гармоніці реалізований на базі цифрових фільтрів. Filter 8 блокує проходження сигналу основної гармоніки (50 Гц), а Filter 4 пропускає сигнал 2-ї гармоніки (100 Гц). Якщо рівень 2-ї гармоніки в наскрізному струмі буде меншим заданої уставки, то модуль блокування не буде діяти і захист подасть сигнал управління на вимкнення трансформатора

Висновки. На відміну від [1] в даній статті розроблений та інтегрований в модель гальмівної характеристики диференційного захисту трансформатора модуль блокування захисту від кидка струму намагнічування на основі гармонійного аналізу наскрізного струму по 2-й гармоніці. Запропоновану інтегровану модель гальмівної характеристики можна використовувати на стадіях проектування та експлуатації пристроїв цифрового диференційного захисту трансформатора для перевірки їх роботи, вибору бажаної форми гальмівної характеристики і уточнення уставок блокування та спрацювання тощо.

Перелік посилань

1. Хлистов В.М., Шелевер І.І. Моделювання гальмівної характеристики пристрою диференційного захисту трансформатора RET-650//В кн.:Доповіді за матеріалами Міжнародн. наук.-техн. конф. Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики. – Київ: Політехніка, 2013. – с. 75-78.
2. Інструкція по використанню мікропроцесорного захисту RET650.–ABB, 2012.–144 с.