

МОДЕЛЮВАННЯ ГАЛЬМІВНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦИФРОВОГО ДИФЕРЕНЦІЙНОГО ЗАХИСТУ ТРАНСФОРМАТОРА З БЛОКУВАННЯМ ПО 5-Й ГАРМОНІЦІ

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

КПІ імені 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 електроустановок є правильне налаштування пристроїв релейного захисту у відповідності до визначених критичних точок їх характеристик.

Мета роботи. Розробити принципову схему модуля блокування від підвищення напруги на основі гармонійного аналізу наскрізного струму по 5-й гармоніці і дослідити його роботу у складі гальмівної характеристики.

Матеріали та результати дослідження. В даній статті запропонована інтегрована модель гальмівної характеристики диференційного захисту трансформатора, яка на відміну від моделі [1, 2] містить додатково ланцюг блокування по 5-й гармоніці. Уставка по 5-й гармоніці забезпечує стійку роботу диференційного захисту трансформатора в режимі підвищення напруги.

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

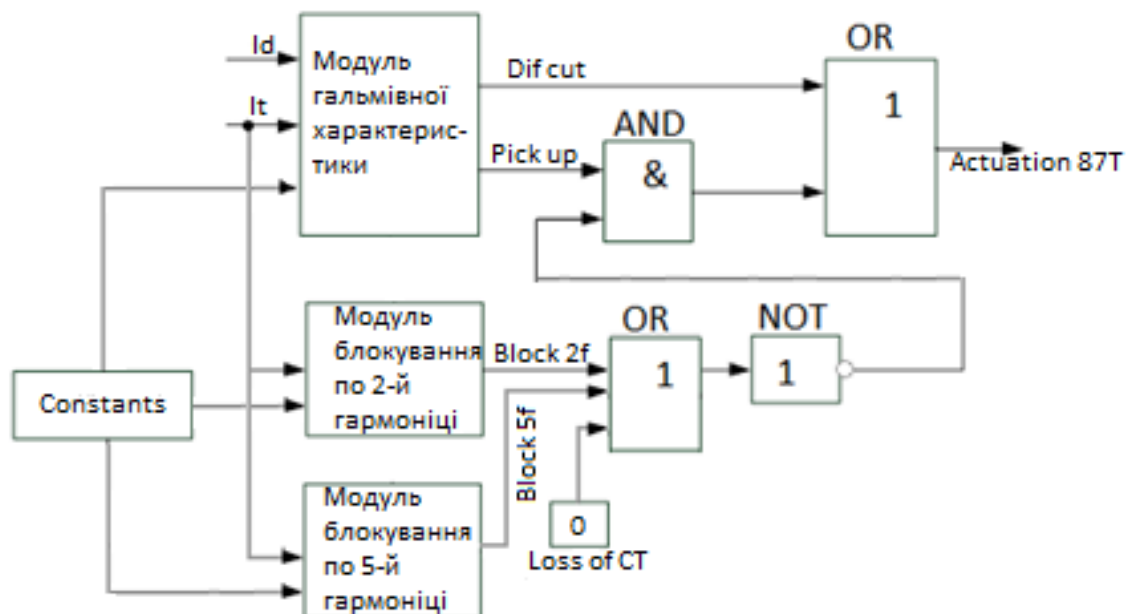


Рисунок 1 – Структурна схема цифрового диференційного захисту трансформатора

Для розробки моделі гальмівної характеристики був окремо виконаний розрахунок характерних точок характеристики пристрою Sepam 87T (Schneider

Electric) [3] для реалізації диференційного захисту силового трансформатора потужністю 16 МВА типу ТДН-16000/110.

Отримані наступні результати:

1. Мінімальний струм спрацювання захисту дорівнює $I_{ds}=0.3=30\%$.
2. Крутизна гальмівної характеристики $I_d/I_t=0.35=35\%$.
3. Крутизну гальмівної характеристики 2-ї похилої ділянки $I_d/I_{t2}=65\%$.
4. Точка зміни крутизни гальмівної характеристики $SLP = 2.5$.
5. Струм спрацювання диференційної відсічки $I_{dмакс} = 7I_{n1} = 562.289 \text{ A}$.
6. Уставка блокування по 2-й гармоніці $I_{2f}/I_{1f} = 15\%$.
7. Уставка блокування по 5-й гармоніці $I_{5f}/I_{1f} = 35\%$.

Зони розрахованої гальмівної характеристики мають наступний вигляд:

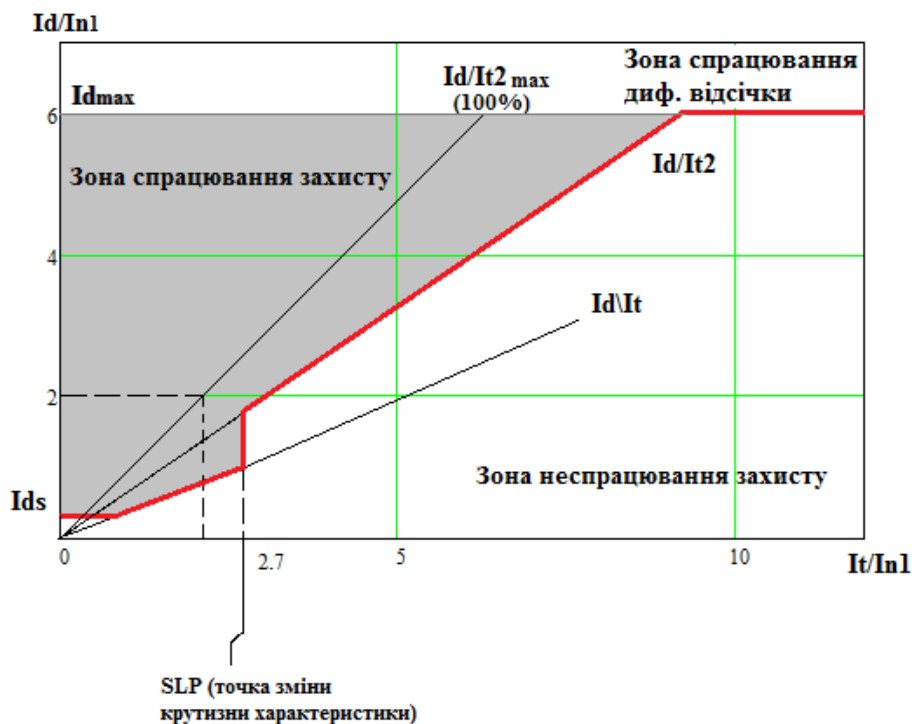


Рисунок 2 – Гальмівна характеристика диференційного захисту

Для дослідження диференційного захисту трансформатора змодельємо його гальмівну характеристику, яка характеризує зони адаптивної уставки. В статті [1] представлена функціональна схема моделі гальмівної характеристики з модулем блокування по 2-й гармоніці. Але при підвищенні напруги можливе її хибне спрацювання. Тому у відповідності до структурної схеми (рис. 1) будуємо в середовищі Matlab модель (рис. 3) з модулем блокування від підвищення напруги на основі гармонійного аналізу наскрізного струму по 5-й гармоніці. Вхідними параметрами моделі є сигнали диференційного I_d та гальмівного I_t струмів захисту, а також ряд констант: номінальний струм трансформатора $I_{ном}=80.327 \text{ A}$ і точки гальмівної характеристики – $I_{ds}=0.3$; $I_d/I_{t1}=0.35$; $I_d/I_{t2}=0,65$; $SLP=2.5$, $I_{dмакс}=7 I_{ном}$, які були розраховані окремо.

На рис. 3 зафіксований індикаторами випадок блокування спрацювання захисту, якщо поточна координата диференційного струму потрапляє в зону спрацювання гальмівної характеристики: диференційний струм $I_d=131.44$ А, гальмівний струм $I_t=176.72$ А, адаптивна уставка $I_{ds}=1.43=114.87$ А. Модуль гальмівної характеристики спрацював: вихідний сигнал модуля гальмівної характеристики Pick up – логічна “1”, але результуючий вихідний сигнал диференційного захисту відсутній – Actuation of 87T – логічний “0”. Це означає наступне: при подачі на вхід блоку фільтрів тестового сигналу 250 Гц спрацював модуль блокування по 5-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.

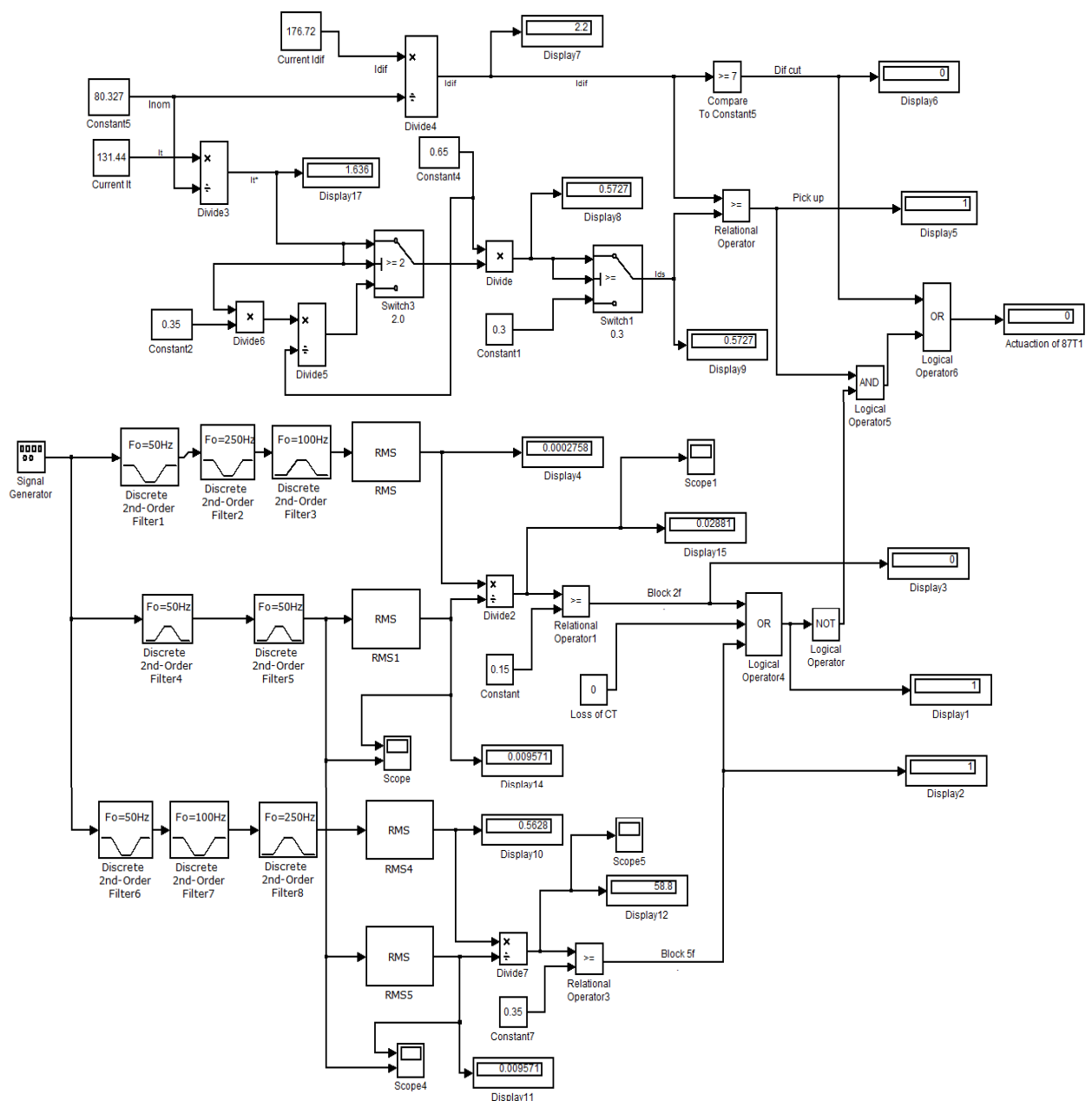


Рисунок 3 – Функціональна схема моделі диференційного захисту трансформатора з блокування від підвищення напруги

При подачі на вхід блоку фільтрів тестового сигналу 50 Гц з амплітудою рівною амплітуді сигналу 250 Гц не спрацьовують модулі блокування по 5-й та 2-й гармонікам, тому подається дозвільний сигнал логічної “1” на вхід вихідної схеми співпадіння “Г”, 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 87T – логічна “1”.

При подачі на вхід блоку фільтрів тестового сигналу 100 Гц з амплітудою рівною амплітуді попереднього сигналу 50 Гц спрацьовує модуль блокування по 2-й гармоніці, тому знімається дозвільний сигнал логічної “1” на вході вихідної схеми співпадіння “Г”, що блокує проходження сигналу спрацювання модуля гальмівної характеристики на вихідний елемент «АБО» диференційного захисту трансформатора, тобто захист не діє на вимкнення трансформатора – результуючий вихідний сигнал Actuation of 87T – логічний “0”, як і на рис.3.

Модуль блокування по 5-й гармоніці реалізований на базі цифрових фільтрів. Filter 6 блокує проходження сигналу основної гармоніки (50 Гц), Filter 7 – сигналу 2-ї гармоніки (100 Гц), а Filter 8 пропускає сигнал 5-ї гармоніки (250 Гц). Якщо рівень 5-ї гармоніки в наскрізному струмі буде меншим встановленої уставки ($I_{5f}/I_{1f} = 0.35$), то в такому випадку модуль блокування не буде ліяти і захист подасть сигнал управління на вимкнення трансформатора.

У випадку, коли диференційний струм буде меншим за уставку $I_{ds} = 1.43$ при заданому $I_f = 176.72$ А (зовнішнє к.з.), захист взагалі не буде реагувати, незалежно від значення 5-ї гармоніки в гальмівному (наскрізному) струмі I_f (сигнали Pickup – “0” та Actuation of 87T – “0”).

Висновки. На відміну від [1, 2] в даній статті розроблений та введений в модель гальмівної характеристики диференційного захисту трансформатора модуль блокування захисту при підвищенні напруги на основі гармонійного аналізу наскрізного струму по 5-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 та уточнення уставок блокування та спрацювання тощо.

Перелік посилань

1. Хлистов В.М., Давидов Д.О. Моделювання гальмівної характеристики цифрового диференційного захисту силового трансформатора з блокуванням від кидка струму намагнічування//Доповіді за матеріалами міжнар. наук.-техн. конф. Сучасні проблеми електроенергетехніки та автоматики. – Київ : НТУУ “КПІ” – Політехніка, 2011. - с. 63-66.
2. Яндутьський О.С., Марченко А.А., Хлистов В.М. Моделювання мікропроцесорного диференційного захисту трансформатора// Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2014, №3. с. 99-103.
3. Методика расчета уставок дифференциальной защиты трансформаторов. Seram T87. Выпуск №9. – Shneider Electric, 2007. – 16 с.