

ЛОГІЧНИЙ МАКСИМАЛЬНИЙ СТРУМОВИЙ ЗАХИСТ

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

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. Цифрові пристрої в техніці релейного захисту енергосистем дозволили застосовувати алгоритми, що підвищують ефективність дії захисту. Функція логічної селективності дозволяє значно зменшити витримку часу локалізації пошкодження, що збільшує ефективність максимального струмового захисту (МСЗ), який знаходиться ближче до джерела живлення. Це зумовлено тим, що витримки часу дії часових МСЗ по мірі наближення до джерела живлення накопичуються і зростають.

Мета роботи. Дослідити дію принципу логічної селективності в побудові максимального струмового захисту на прикладі терміналів SEPAM.

Матеріали дослідження. Логічну селективність можна застосовувати як при радіальних, так і при замкнутих схемах електропостачання. Всі струмові термінали SEPAM мають спеціальні входи і виходи для прийому та передачі сигналів логічного блокування захистів. Необхідно відмітити, що апаратна підтримка функції логічної селективності має таймер з витримкою в 200 мс, який запускається після спрацювання логічного чи часового захисту. Якщо через цей час вимикач не вимкнеться з будь-якої причини, то сигнал логічного блокування зніметься з наступного захисту і той, в свою чергу, відразу ж видасть команду на вимкнення свого вимикача. Для прийому сигналу AL логічного блокування в терміналах SEPAM застосовується логічний вхід I13, а для видачі сигналів блокування використовуються вихідні реле O3 і O14 [1]. Схемна реалізація функції логічної селективності для радіальної схеми електропостачання приведена на рис. 1. При КЗ в точці А струм КЗ протікає тільки через трансформатор струму ТА1 захисту А1. Захист А1, не отримавши сигналу логічного блокування від попередніх захистів, спрацьовує з мінімальною витримкою часу.

При КЗ в точці Б струм КЗ протікає через трансформатори струму ТА1 і ТА3 захистів А1 і А3. Захист А3, не отримавши сигналу логічного блокування від попереднього захисту А4, спрацьовує з мінімальною витримкою часу. В свою чергу захист А3 видає сигнал логічного блокування захисту А1. При відмові вимикача Q3 термінал А3 знімає сигнал логічного блокування з терміналу А1, який без витримки часу подає сигнал на вимкнення вимикача Q1.

При КЗ в точці В струм КЗ протікає через трансформатори струму захистів А1, А2 і А4. В захисті електродвигуна А4 відсутній вхід логічного очікування, і захист А4 спрацьовує з максимальною витримкою часу (100 мс), яка відлаштована від кидка аперіодичної складової пускового струму двигуна. Захист А4 видає сигнал логічного блокування захисту А3, а захист А3 видає сигнал логічного блокування захисту А1. При відмові вимикача Q4 з витримкою часу $t = 200$ мс сигнал логічного блокування знімається з терміналу А3. Після цього термінал А3 без витримки часу видасть сигнал на вимкнення вимикача Q3.

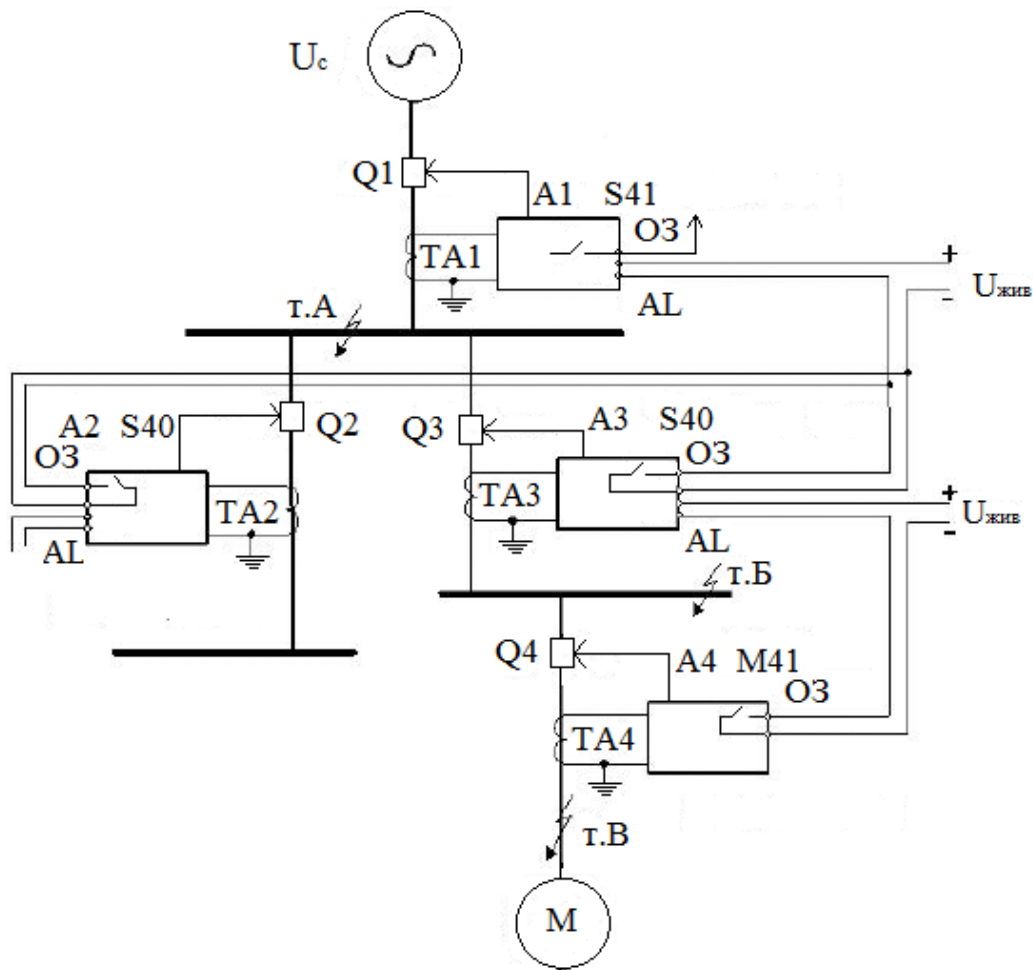


Рисунок 1 – Схема виконання логічної селективності в радіальній схемі електропостачання

При відмові вимикача Q3 через $t=200$ мс знімається сигнал логічного блокування з терміналу A1, і термінал A1 без витримки часу подасть сигнал на вимкнення вимикача Q1. Сигнал логічного блокування в терміналах SEPAM формується при запуску логічного МСЗ, а знімається після вимкнення вимикача як логічним, так і часовим МСЗ, або через 200 мс при відмові вимикача. Таким чином, максимальний час вимкнення вимикача Q1 при відмові вимикачів Q3 і Q4 складе 500 мс.

В даній статті поданий конкретний розрахунок уставок максимального струмового захисту на основі логічної селективності для схеми рис.2.

По заданому значенню струму КЗ на шинах 6,3 кВ ($I_{КЗ}^{(3)}=5000$ А) розрахуємо відповідні струми КЗ в схемі.

1. Визначимо опір системи:

$$z_c \approx x_c = \frac{E_c}{\sqrt{3} \cdot I_{КЗ}^{(3)}} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot 5000} \approx 0,73 \text{ Ом}$$

2. Визначимо опір трансформатора ТР1, приведений до ВН:

$$z_{ТР} = u_k \frac{U_{ВН}^2}{100 \cdot S_{ТР}} = 5 \frac{(6,3)^2}{100 \cdot 0,63} = 3,2 \text{ Ом}$$

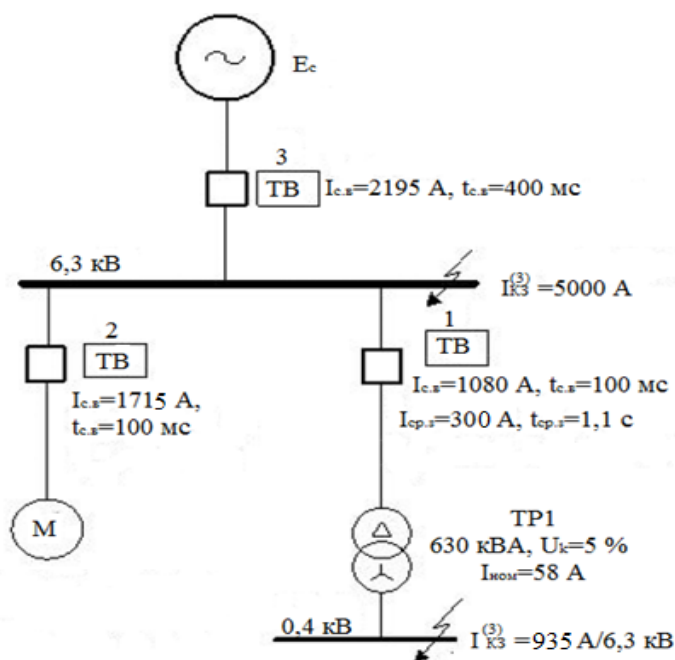


Рисунок 2 – Розрахункова схема ділянки мережі

3. Визначимо струм трифазного КЗ за трансформатором TP1 (приведений до сторони ВН):

$$I_{K3}^{(3)} = \frac{E_c}{\sqrt{3} \cdot (z_c + z_{TP})} = \frac{6300}{\sqrt{3} \cdot (0,73 + 3,2)} \approx 935 \text{ A}$$

4. Визначимо номінальний струм трансформатора TP1 (сторона 6,3 кВ):

$$I_{ном. TP1} = \frac{S_{TP1}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном}} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,3} \approx 58 \text{ A}$$

Максимальний тривало допустимий струм (з урахуванням 5% перевантаження) складе:

$$I_{макс. доп. TP1} = 1,05 I_{ном. TP1} = 1,05 \cdot 58 = 61 \text{ A.}$$

5. Визначимо уставку для струмової відсічки захисту 1 трансформатора TP1 за умовами відлаштування від струму трифазного КЗ на шинах 0,4 кВ та від кидка струму намагнічування трансформатора:

$$I_{с.в.1} = k_{зал} \cdot I_{K3}^{(3)} = 1,15 \cdot 940 \approx 1080 \text{ A}$$

$$I_{с.в.2} = k_{зал} \cdot I_{ном} \cdot k_{бр} = 1,15 \cdot 61 \cdot 7,05 \approx 495 \text{ A} ; I_{с.в.1} > I_{с.в.2}.$$

Остаточно вибираємо струм спрацювання відсічки: $I_{с.в.} = I_{с.в.1} = 1080 \text{ A}$. Для забезпечення селективності дії захисту час спрацювання відсічки вибираємо $t_{с.в.} = 100 \text{ мс}$. Вибираємо струм спрацювання МСЗ (захист 1) за умовою відлаштування від максимального струму навантаження трансформатора TP1 з урахуванням самозапуску узагальненого навантаження в мережі напругою вище 1000 В:

$$I_{ср.з.} \geq 4 I_{макс. доп. TP1} ;$$

$$I_{ср.з.} = k_{отс} \cdot 4 \cdot I_{макс. доп. TP1} / k_B = 1,15 \cdot 4 \cdot 61 / 0,93 = 300 \text{ A}$$

Час спрацювання МСЗ визначається часом спрацювання попереднього захисту на автоматичному вимикачеві (або захисту дальнього резервування) в мережі 0,4 кВ плюс ступінь селективності за часом $\Delta t = 0,3$ с. Припустимо, що отриманий час складає $t_{ср.з.} = 1,1$ с.

6. Визначимо номінальний струм двигуна М (потужність $P_{ном} = 2$ МВт з коефіцієнтом пуску $k_{пуск} = 6$; $\cos\varphi = 0,86$; $\eta = 92,5\%$), що живиться від шин 6,3 кВ:

$$I_{ном.дв} = \frac{P_{н.дв}}{\sqrt{3} \cdot U_{ном} \cdot \cos\varphi \cdot \eta} = \frac{630}{\sqrt{3} \cdot 6,3 \cdot 0,86 \cdot 0,93} \approx 230 \text{ А}$$

7. Вибираємо значення уставки струму спрацювання відсічки (захист 2) за умовою відлаштування від пускового струму електродвигуна М:

$$I_{с.в} = k_{отс} \cdot k_{пуск} \cdot I_{ном.дв} / k_B = 1,15 \cdot 6 \cdot 230 / 0,93 \approx 1715 \text{ А}$$

Для відлаштування захисту від аперіодичної складової кидка пускового струму електродвигуна М час спрацювання відсічки вибираємо рівним

$$t_{с.в.} = 100 \text{ мс.}$$

8. Вибираємо уставку для МСЗ (захист 3) за умовою КЗ в двигуні М:

$$I_{с.в.} = [k_{ост} \cdot (I_{с.в.2} + I_{макс.доп.ТР1.})] / k_B = [1,15 \cdot (1715 + 61)] / 0,93 \approx 2195 \text{ А}$$

Уставка за часом для МСЗ з незалежною характеристикою (захист 3):

$$t_{с.в.} = t_{с.в.пр} + \Delta t = 100 + 300 = 400 \text{ мс,}$$

де: $t_{с.в.пр} = 0,1$ с – максимальний час спрацювання попередніх захистів, $\Delta t = 0,3$ с – ступінь селективності. Для реалізації функції логічної селективності уставку спрацювання захисту 3 вибираємо рівною $t_{с.в.} = 150$ мс. Ця уставка забезпечує відлаштування від пуску струмових відсічок попередніх захистів.

Таким чином, при КЗ на шинах 6,3 кВ захист 3, не отримуючи сигналу логічного блокування, спрацьовує з витримкою часу $t = 150$ мс, а не через $t = 400$ мс, як це було б у випадку часової селективності. Режим логічної селективності підвищив швидкодію захисту, зменшив час вимкнення пошкодження, що важливо у випадках близьких КЗ, які супроводжуються протіканням великих струмів.

Висновки. Застосування функції логічної селективності дозволяє зменшити час вимкнення пошкоджень, що підвищує ефективність максимального струмового захисту, який знаходиться ближче до джерела живлення. Логічну селективність можна застосовувати як при радіальних, так і при замкнутих схемах електропостачання. Зменшення витримки часу вимкнення КЗ підвищує ресурс працездатності обладнання і, при певних обставинах, дає можливість зменшити переріз проводів.

Перелік посилань

1. Методика расчета уставок защит Sepam. Выпуск №3. – Shneider Electric, 2006. – 73 с.