

ПОГОДЖЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК СТРУМОВИХ ЗАХИСТІВ НА ОСНОВІ ЦИФРОВИХ ТА ІНДУКЦІЙНИХ РЕЛЕ

Хлистов В.М., ст. викл., Попов К.В., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра автоматизації енергосистем

Вступ. В мережах України інтенсивно впроваджуються цифрові пристрої захисту. Виникає ситуація коли в мережах одночасно функціонують пристрої захисту різних поколінь: мікропроцесорні засоби (5 покоління) і традиційні (3, 4 покоління). Погодження їх характеристик спрацювання є необхідною і актуальною задачею для забезпечення надійності та селективності спрацювання суміжних захистів із принципово різною елементною базою.

Мета роботи. Погодження характеристики спрацювання максимального струмового захисту (МСЗ) цифрового пристрою SEPAM з характеристикою спрацювання індукційного реле РТ-80 для забезпечення селективної дії суміжних захистів.

Матеріали і результати досліджень. В статті розглядаються питання погодження залежних характеристик спрацювання захистів суміжних ліній, на яких встановлені: цифрове реле (SEPAM 41) та індукційне реле (РТ 80).

Істотне зниження часу вимкнення КЗ досягається шляхом використання струмових захистів із зворотньоозалежними від струму часострумовими характеристиками. При одному й тому ж значенні струму КЗ, що проходить через два суміжних захисти з різними струмами спрацювання, ці захисти мають різний час спрацювання через різну кратність струму в їх вимірювальних органах.

Використання зворотньоозалежних часострумових характеристик реле, в порівнянні з незалежними, дозволяє значно краще узгодити час дії віддаленого релейного захисту з попереднім захисним пристроєм. Переваги зворотньоозалежних часострумових характеристик максимальних струмових захистів пояснюють широке використання цих характеристик в мікропроцесорних реле.

При використанні будь-яких струмових захистів із зворотньоозалежними часострумовими характеристиками їх узгодження традиційно будуються за допомогою графіків в осях координат «струм-час», де ординати представляють час, а абсциси – струм.

Часострумові характеристики різних типів мають різну ступінь крутизни. Для сімейства характеристик SEPAM за стандартом МЕК час спрацювання обчислюється за формулою [1]:

$$t_{c.з} = \frac{TMS * k}{I_*^\alpha - 1} - \frac{T}{\beta} \quad (1)$$

У формулі (1) постійні коефіцієнти α , β , k визначають крутизну залежних часострумових характеристик і мають такі значення для «стандартної» характеристики: $k = 0,14$; $\alpha = 0,02$; $\beta = 2,97$.

Коефіцієнт T дозволяє вибрати криву, що проходить через певну точку $(I_*, t_{c.3})$. Значення T дорівнює часу спрацювання захисту $t_{c.3}$ при струмі КЗ, що перевищує уставку в 10 разів: при $I_* = 10$ час спрацювання $t_{c.3} = T$.

Для розрахунку «часового» коефіцієнта T використовується вираз:

$$T = \frac{t_{c.3}(I_*) * (I_*^\alpha - 1) * \beta}{k} \quad (2)$$

В момент КЗ час спрацювання захисту при певному типі характеристики, відомому $I_{c.3}$ і обраному за виразом (2) коефіцієнта T визначається автоматично за виразом:

$$t = \frac{k}{I_*^\alpha - 1} * \frac{T}{\beta} \quad (3)$$

Замість коефіцієнта T застосуємо «коефіцієнт прискорення» TMS , який дорівнює відношенню T/β . Тоді формули (2) і (3) матимуть вид:

$$TMS = \frac{t_{c.3}(I_*) * (I_*^\alpha - 1)}{k} \quad (4)$$

Розглянемо конкретний випадок процедури погодження характеристик, коли на нижчерозташованій лінії Л1 встановлений захист на основі індукційного реле РТ-80 зі зворотньою залежною часо-струмовою характеристикою і відомими уставками (рис. 1), а на вищерозташованій лінії Л2 необхідно вибрати зворотньо-залежну характеристику максимального струмового захисту на основі цифрового реле SEPAM.

Прийmemo, що первинний струм спрацювання захисту 2 відомий і складає $I_{c.3} = 120$ А. Термінали SEPAM дозволяють вибрати одну із 16 зворотньо-залежних часо-струмових характеристик.

Для захисту 2 спочатку обираємо «стандартну» характеристику, де $\alpha = 0,02$, $k = 0,14$. Кратність струму I_* визначається по відношенню до уставки спрацювання $I_{c.3} = 120$ А.

За розрахунковий струм через захист 2 приймається сума струмів: максимальне значення струму при КЗ на початку попередньої лінії 1 (200 А) плюс струм навантаження непошкоджених попередніх ліній (20 А).

Таким чином:

$$I_{*2} = \frac{220 \text{ А}}{120 \text{ А}} = 1,8$$

Час спрацювання захисту 1 при КЗ на початку захищеної лінії ($I_{к.макс} = 200$ А і $I_{*1} = 2,5$) визначається за типовою характеристикою реле РТ-80 і дорівнює $t_{c.3.1} = 0,8$ с (рис. 1, б). Приймаючи ступінь селективності $\Delta t = 0,5$ с, отримаємо для терміналу SEPAM час спрацювання $t_{c.3.2} = 0,8 + 0,5 = 1,3$ с при $I_* = 1,8$. Вибираємо коефіцієнт TMS для стандартної характеристики захисту 2 за виразом:

$$TMS = \frac{t_{c.3.2}(I_*^{0,02} - 1)}{k} = \frac{1,3(1,8^{0,02} - 1)}{0,14} = 0,1$$

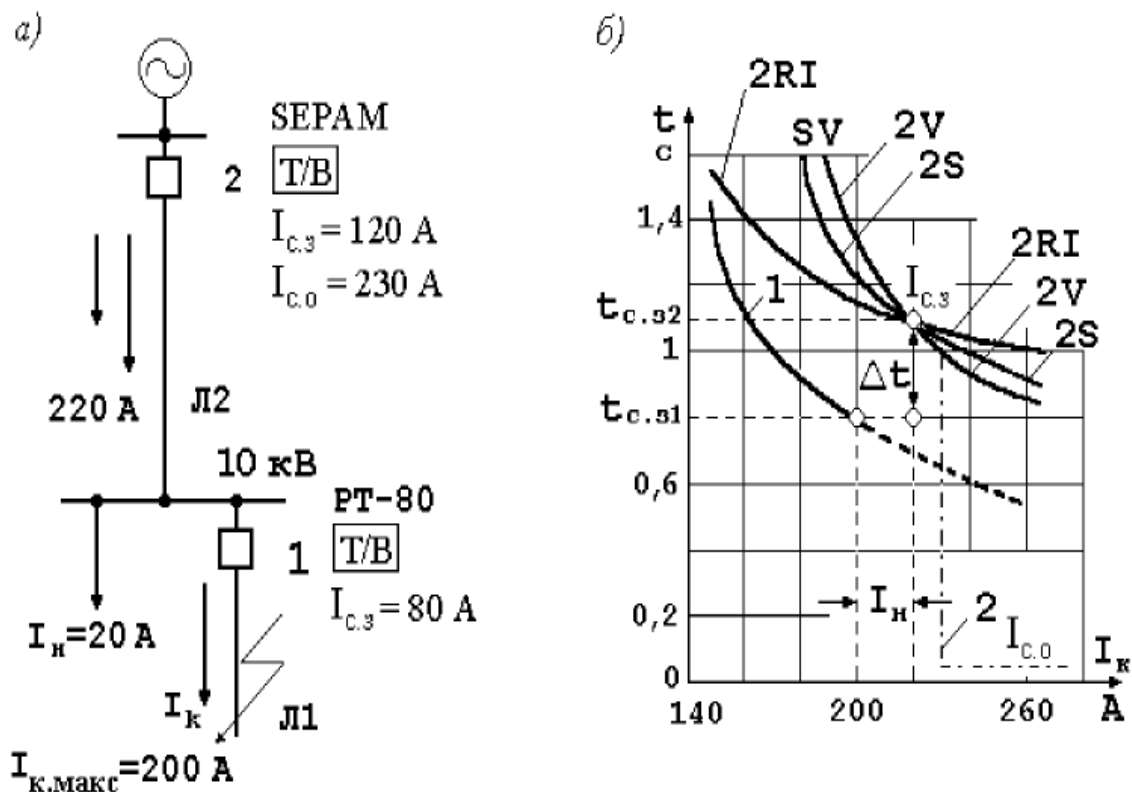


Рисунок 1 – Узгодження характеристик реле SEPAM і дискового індукційного реле PT80

Для побудови «стандартної» часострумової характеристики реле SEPAM захисту 2 розраховуються значення $t_{c.3.2}$ для декількох довільних значень I_* при обраному $TMS = 0,1$ за формулою:

$$t_{c.3} = \frac{TMS \cdot k}{I_*^\alpha - 1} = \frac{0,1 \cdot 0,14}{I_*^{0,02} - 1}$$

Результати розрахунків наступні:

при $I_* = 1,5$ (180 A) – $t_{c.3.2} = 1,7$ с; 1,7 (200 A) – 1,3 с; 2,0 (240 A) – 1,0 с; 2,5 (300 A) – 0,75 с; 3,0 (360 A) – 0,6 с.

«Стандартна» характеристика захисту 2 (2S) показана на рис. 1. Для порівняння побудуємо на тому ж графіку «дуже залежну» характеристику захисту 2V, для якої $\alpha = 1$, а $k = 13,5$. Вибираємо значення коефіцієнта TMS за виразом:

$$TMS = \frac{1,3(1,8^1 - 1)}{13,5} = 0,07.$$

Розрахуємо точки цієї кривої: при $I_* = 1,5$ (180 A) – $t_{c.3.2} = 1,9$ с.

Далі аналогічно: 1,7 (200 A) – 1,35 с; 2,0 (240 A) – 0,9 с; 2,5 (300 A) – 0,6 с; 3,0 (360 A) – 0,47 с.

Характеристика 2V забезпечує більш швидке вимкнення близьких КЗ на захищасій лінії Л2. Однак, це не буде мати суттєвого значення, якщо в захист 2 ввести струмову відсічку.

Для порівняння на рис. 1 також побудована крива RI – характеристика захисту 2 (2RI), яка визначена за формулою:

$$t = \frac{1}{0,339 - 0,236 \cdot I_*^{-1}} \cdot \frac{T}{3,1706}$$

Недоліком кривої 2RI є то, що вона при малих значеннях струмів КЗ небезпечно зближується з кривою 1, а це може визвати хибну, неселективну дію вищерозташованого захисту 2.

При погодженні характеристик бажано враховувати точність трансформаторів струму (ТС) захисту 1 і розрахувати їх похибки при тому ж розрахунковому струму, при якому визначався час спрацювання захисту 1.

В нашому випадку це струм КЗ на початку попередньої лінії 1 (200 А). Струмова похибка трансформатора струму не повинна перевищувати 10%. Збільшення похибки трансформатора струму викликає зменшення струму в реле і, як наслідок, збільшення часу спрацювання залежного захисту 1, що може призвести до неселективного вимкнення лінії Л2.

Відомо, що термічний вплив струму КЗ прямо пропорційний часу його проходження. Мінімум допустимий переріз проводів лінії за умовою термічної стійкості при КЗ визначається відомим виразом [2]:

$$S_{\min} = \frac{I_{\text{к.макс}}}{C} \cdot \sqrt{t_{\text{вим}}},$$

де $C = 69,5$.

Відмітимо, що цифрові реле дозволяють прискорити час $t_{\text{вим}}$ вимкнення КЗ за рахунок точності роботи і наявності «прискорення» захисту після АПВ лінії (що неможливо для електромеханічного реле РТ-80). Зменшення витримки часу МСЗ за умовою селективності підвищує ресурс термічної стійкості і, при певних обставинах, надає можливість застосування проводів меншого перерізу.

Висновки. Погодження характеристик спрацювання суміжних струмових захистів забезпечує селективність їх роботи, виключає їх хибне спрацювання в межах всього струмового діапазону, що підвищує надійність роботи основних та резервних захистів елементів мережі.

Перелік посилань

1. Методика расчета уставок защит Sepam. Sepam T87. Выпуск №3. – Shneider Electric, 2006. – 16 с.
2. Электрическая часть электростанций и подстанций /под. ред. Неклепаева Б.Н. – М.: Энергия, 1988. – 456 с.