

ВИМОГИ ДО ШВИДКОДІЇ ЗАХИСНИХ АПАРАТІВ В ЕЛЕКТРИЧНИХ КОЛАХ РУХОМОГО СКЛАДУ ЗАЛІЗНИЦЬ

Дубинець Л.В., д.т.н., проф., Зорічев А.В., Карзова О.О., Маренич О.Л., к.т.н., доц., Устименко Д.В., к.т.н. Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна, Україна, 49010, Дніпропетровськ, вул. Ак. Лазаряна, 2, "ДПТ", кафедра "Автоматизований електропривод" тел. (056) 373-15-47, факс (056) 247-18-66, e-mail: dnuzt@diit.edu.ua

У статті розглянуті питання швидкодії апаратів захисту електричних кіл рухомого складу залізниць від струмів короткого замикання. Наведені рекомендації щодо бажаних чисельних значень часу спрацювання захисних апаратів.

В статье рассмотрены вопросы быстрей действия аппаратов защиты электрических цепей подвижного состава железных дорог от токов короткого замыкания. Приведены рекомендации относительно желательных численных значений времени срабатывания аппаратов защиты.

ВСТУП

На діючому рухомому складі залізниць питання захисту обладнання від коротких замикань (КЗ) та перевантажень в основному вирішено. На електрорухомому складі (ЕРС) постійного струму при повному КЗ, наприклад у випадку перекидання дуги з найближчого струмоприймача до щіткотримача тягового двигуна на землю, зростання струму визначається тільки параметрами тягової мережі і живлячої підстанції. Швидкість його зростання у цьому випадку досягає 20-30 кА. Захист у таких випадках забезпечується швидкодіючим вимикачем, який безпосередньо реагує на струм КЗ, як тільки останній досягає значення уставки, і розриває коло, яке з'єднує струмоприймачі з тяговими двигунами. Швидкодія цих вимикачів така, що коло розривається до того, як струм КЗ досягне сталого значення.

На ЕРС змінного струму основним апаратом для захисту від КЗ є головний вимикач, після відключення якого розривається з'єднання первинної обмотки тягового трансформатора із струмоприймачами. Швидкодіючі вимикачі, головні вимикачі та інші захисні апарати, які передбачені заводами-виробниками рухомого складу в основному виконують своє призначення при захисті кіл локомотивів.

Але в деяких випадках, наприклад при створенні загальних електричних силових кіл електровоза і пасажирських вагонів, недостатньо уваги приділяється питанню швидкодії апаратів, які захищають ці кола від струмів КЗ.

В деяких випадках при вирішенні питань захисту електричних кіл рухомого складу залізниць недостатньо уваги приділяється питанню швидкодії апаратів, які захищають ці кола від струмів короткого замикання. Наприклад, захист від струмів КЗ кіл опалення пасажирських вагонів, які живляться від спеціальної обмотки тягового трансформатора електровозів типу ЧС8, здійснюється з допомогою головного вимикача електровозу, номінальний час спрацювання якого 0,04 с. Сигнал на розмикання головного вимикача (ГВ) електровоза подається через два проміжних якірних реле, номінальний час спрацювання кожного з яких 0,02 с (рис. 1).

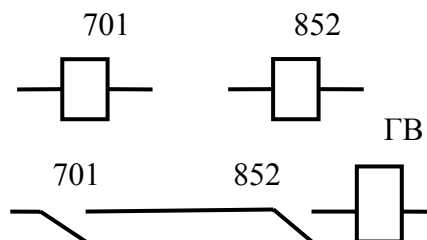


Рис. 1. Котушки та контакти проміжних реле, що подають сигнал на відключення ГВ:
701, 852 – проміжні реле, ГВ – головний вимикач

Отримання сигналу на спрацювання реле 701 (702) та 852 показано на рис. 2.

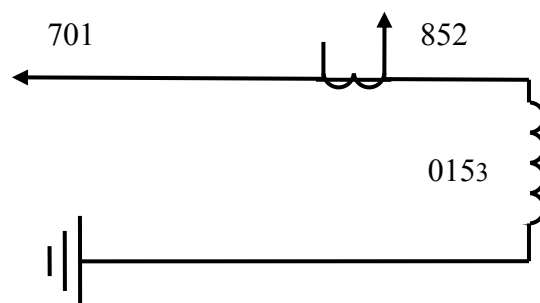


Рис. 2. Схема живлення опалення пасажирських вагонів від електровозу ЧС8

015₃ – вторинна обмотка тягового трансформатора, від якої живляться печі опалення пасажирських вагонів. При перевантаженнях та КЗ у колах опалення сигнал поступає на котушки проміжних реле (див. рис. 1), які розривають свої контакти у колі котушки ГВ, головний вимикач розмикає коло живлення електровозу.

Таким чином, сумарний час ($t_{\text{сум}}$) від моменту виникнення КЗ до розмикання кола головним вимикачем складає:

$$t_{\text{сум}} = (0.04 + 2 \cdot 0.02) = 0.08 \text{ с.}$$

Відомо, що перехідний процес при раптовому КЗ на затискачах вторинної обмотки трансформатора середньої потужності, до яких можна віднести розглядаємий варіант, продовжується 3-4 періоду [1]. Зміна струму при цьому показана на рис. 3. На цьому рисунку величина $i_{\text{К}}$ – це струм КЗ; $i_{\text{К,у}}$ – усталена складо-

ва струму КЗ; $i_{1к,в}$ – вільна складова струму КЗ; $I_{1к,уд}$ – ударний струм КЗ; φ_k – кут, на який струм відстає по фазі від напруги в усталеному режимі.

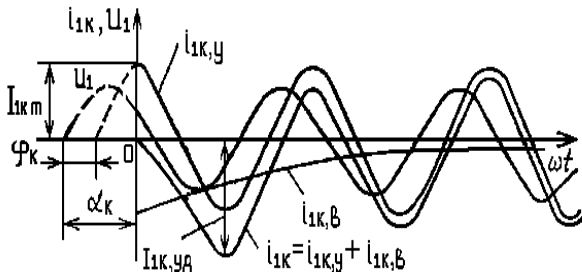


Рис. 3. Графік зміни струму раптового КЗ на затискачах вторинної обмотки трансформатора

Схема заміщення трансформатора при раптовому КЗ у колі обмотки опалення показана на рис. 4.

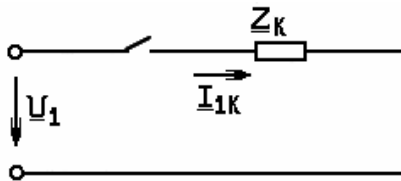


Рис. 4. Схема заміщення трансформатора при раптовому КЗ

Усталений струм КЗ змінюється по косинусоїді, тому період зміни цього струму дорівнює 0,02 с (частота струму 50 Гц). Тобто, при КЗ на затискачах обмотки опалення, наприклад, при пробі "на корпус" у високовольтному міжвагонному з'єднанні, у колі живлення опалення вагонів через чотири періода зміни встановлюється усталений струм КЗ.

Значення усталеного струму КЗ у обмотці опалення визначається із виразу:

$$I_{1к,у} = I_{ном} \cdot \frac{100}{u_k}, \quad (2)$$

де $I_{ном}$ – діюче значення номінального струму у обмотці опалення, u_k – напруга КЗ, %.

У нашому випадку $u_k = 5\%$.

$$I_{ном} = \frac{P_{опал}}{U_{опал}}, \quad (3)$$

де $P_{опал}$ – потужність обмотки опалення тягового трансформатора електровоза ЧС8, $U_{опал} = 3000$ В – напруга обмотки опалення.

В числах:

$$I_{ном} = \frac{1500 \cdot 10^3 \text{ ВА}}{3000 \text{ В}} = 500 \text{ А},$$

$$I_{1к,у} = 500 \cdot \frac{100}{5} = 10000 \text{ А}.$$

Амплітуда усталеного струму:

$$I_{1к,макс} \sqrt{2} \cdot 10000 = 14000 \text{ А}.$$

Ударний струм $I_{1к,уд}$ (див. рис. 3) дорівнює:

$$I_{1к,уд} = k \cdot I_{1к,макс}, \quad (4)$$

де k – коефіцієнт, що показує, у скільки разів ударний струм КЗ більше амплітуди усталеного струму КЗ. У нашому випадку значення k можна прийняти 1,5 [1].

Тоді:

$$I_{1к,уд} = 1.5 \cdot 14000 = 21000 \text{ А}.$$

Таким чином, до розмикання кола опалення головним вимикачем у колі протікає струм, значно більше ніж $I_{1к,у} = 10000$ А.

При вмиканні на КЗ електропневматичного контактора 710, який призначений тільки для оперативних комутацій номінального навантаження 500 А, відбувається не тільки різке збільшення струму через його силові контакти, а й збільшення перехідного опору $R_{пер}$ контактів через послаблення контактного тиску, яке викликається значними електродинамічними силами. Теплова енергія, яка при цьому виділяється у місці контакту

($\int_0^{i_{к,у}} i^2 \cdot R_{пер} dt$, де i – миттєвий

струм КЗ), різко зростає. Це об'єктивно може привести до розплавлення та зварювання контактів контактору 710, що й має місце на практиці.

ВИСНОВОК

Доцільно значно зменшити в порівнянні з 0,08 с час спрацювання захисної апаратури. Бажано, щоб цей час був менший часу, який відповідає півперіоду зміни струму, тобто менший 0,01с.

ЛІТЕРАТУРА

- [1] Б.Ф. Токарев. Электрические машины. М. Энергоатомиздат, 1990 г.
- [2] Б.Н. Тихменев, Л.М. Трахтман. Подвижной состав электрифицированных железных дорог. М. Транспорт, 1980.

Надійшла 27.03.2007