

РЕАЛІЗАЦІЯ ДВОЗОННОГО ЗАХИСТУ ФІДЕРІВ ТЯГОВИХ ПІДСТАНЦІЙ ПОСТІЙНОГО СТРУМУ 3,3 КВ НА МІКРОПРОЦЕСОРНОМУ КОМПЛЕКТІ

Представив д.т.н., професор Гетьман Г.К.

Побудова та реалізація захисту для тягової мережі постійного струму має специфічний характер. З недавніх часів у якості захисту фідерів 3,3 кВ почали використовувати мікропроцесорні комплекси, що мають в собі можливість налаштування величин уставок для різних типів захисту, витримки часу та ін.. Комплекти мікропроцесорних захистів встановлюються на кожний фідер живлячої мережі. При відсутності таких комплексів захист виконують звичайним способом, основними елементами якого є швидкодіючий вимикач (ШВ) та релієференційний шунт (РДШ).

Історично та технічно склалося так, що на фідерах з великими струмами з'явилася необхідність використання по два швидкодіючих вимикача (ШВ1 і ШВ2), які підключені послідовно. Для зменшення хибних відключень комутаційних апаратів на фідерах контактної мережі (КМ) використовують, так звані, двозонний струмовий захист. Реалізація такого захисту має такий принцип: на шунті, найближчого до живлячих шин ШВ1 зменшують пакет пластин, що перетворює вимикач на датчик максимальних струмів.

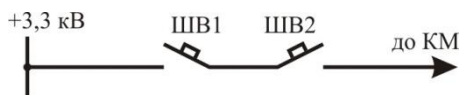


Рис. 1. Підключення швидкодіючих вимикачів

Уставку вибирають за умовами максимального струмового захисту (МТЗ):

$$K_3 \cdot I_{н.макс} \leq I_{у.МСЗ} \leq I_{к.мін} / K_ч,$$

де $K_ч$ - коефіцієнт чутливості = 1,25;

K_3 - коефіцієнт запасу = 1,15 – 1,25.

Вимикач ШВ2 вибирають з повним пакетом пластин шунта, що налаштовують на уставку струмової відсічки (СВ):

$$I_{у.СВ} \geq K_3 \cdot I_{н.макс},$$

де K_3 - коефіцієнт запасу вибирають 1,15-1,25.

Отриману уставку перевіряють на умову:

$$I_{у.СВ} \leq (1,6 - 1,7) \cdot I_{к.мін}.$$

Обидва швидкодіючі вимикачі заблоковані контактами, що забезпечує відключення двох вимикачів майже одночасно. Вимикач ШВ1 відключається з тріхи збільшеним часом спрацьовування при малих струмах коротких замикань, а ШВ2, відбудований від великих струмів навантаження, захищає тільки головну частину фідера, підвищуючи швидкодію при відключенні великих струмів к.з. За принципом це являє собою сполучення максимального захисту з струмовою відсічкою, причому відсічка виконана на максимальному імпульсному захисті. Якщо швидкодіючий вимикач має силовий виток розмагнічування, то він автоматично відключає менші струми за більший час. Таким чином в двозонному захисті вимикач ШВ1 використовується як максимальний струмовий захист (МСЗ) з витримкою часу, а вимикач ШВ2 як струмова відсічка (СВ) без витримки часу. Струмова відсічка виконана на максимальному імпульсному захисті, який реагує на величину і швидкість зростання струму.

З появою нових швидкодіючих вимикачів вітчизняного та закордонного виробництва (ВАБ-206, Gerapid-4207) для захисту фідерів КМ їх встановлюють в поодинокому виконанні, пояснюючи таке встановлення більш потужною дугогасильною камерою. Саме з ними додатково встановлюють мікропроцесорний захист, що має можливість реалізувати декілька різних захистів. Мікропроцесорний захист фідерів постійного струму ЦЗАФ-3,3 включає наступні захисти:

- максимальний струмовий захист (МСЗ);
- дистанційний захист (ДЗ);
- захист по швидкості наростання струму (ЗШНС);
- захист по приросту струму (ЗПС).

Мікропроцесорний захист вимірює тільки такі параметри, як струм і напруга. Всі інші параметри (опір, швидкість зміни струму) мікропроцесорний захист програмно розраховує. На-

явність функції осцилографування аварійних відключень (запис певного періоду в момент аварії) дозволяє аналізувати роботу захисту. Для аналізу необхідно мати данні короткого замикання на початку і в кінці ділянки, яку захищає ЦЗАФ-3,3. Знаючи миттєві значення струму, напруги і алгоритм по якому ЦЗАФ-3,3 розраховує інші параметри можна побудувати графіки зміни цих параметрів у часі. На рис. 2 показана осцилограма близького короткого замикання.

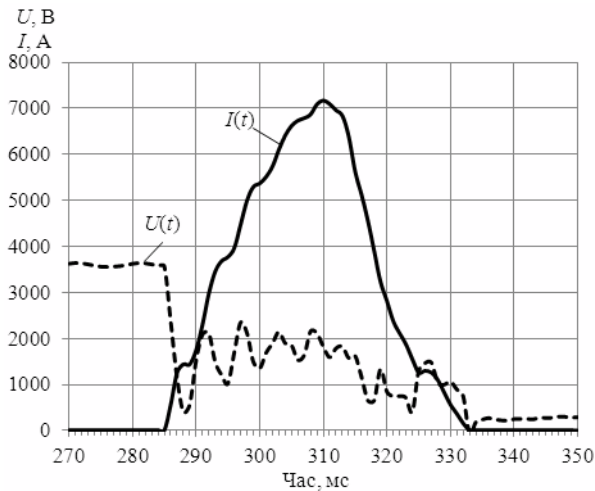


Рис. 2. Миттєві значення струму і напруги при к.з. біля підстанції. Відстань до к.з – 0,9км. Спрацював МСЗ ЦЗАФ-3,3 з уставкою 2800 А

Це типова форма струму і напруги к.з. біля підстанції. Коливальний процес на приєднанні обумовлено ємністю фільтр-пристрою та індуктивністю ділянки контактної мережі. Чим далі місце короткого замикання від підстанції, тим менша амплітуда коливань і форма зміни струму наближається до експоненти (рис. 4). На рис. 3 представлено близьке к.з. зі значеннями струму і напруги, з якими оперує процесор і для наочності там же зображена швидкість зміни струму di/dt , обчислена по алгоритму ЦЗАФ-3,3 у кА/с.

Для програмування захисту по збільшенню струму необхідно вказати інтервал часу, між яким порівнюються величини струму. Виходячи з крутості наростання струму близького к.з. цей інтервал повинен лежати в межах одиниць мілісекунд. Як видно з рис.3 період коливань лежить у межах 5-8 мс. Вибравши такий інтервал можна потрапити на ділянки з невеликою різницею в значеннях, коли просто не виконається умова спрацьовування. Якщо зменшити інтервал часу, то захист стає захистом по швидкості наростання струму. З огляду на те, що в тяговій мережі є робочі режими з великою швидкістю наростання струму (проїзд повітря-

ного проміжку, відрив струмоприймача, пуск електропоїзда) – помилкових спрацьовувань не уникнути.

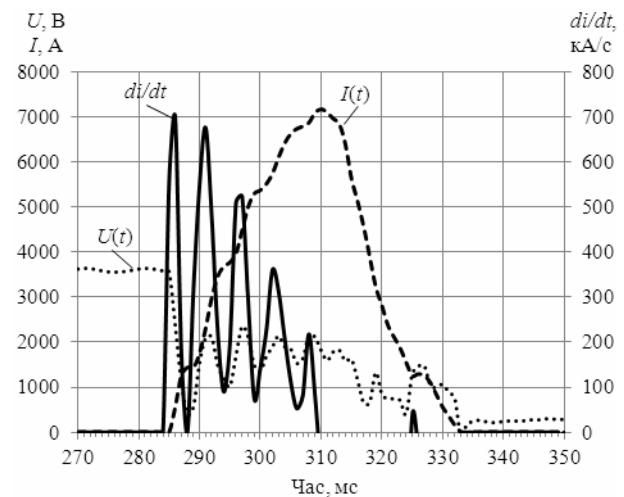


Рис. 3. Розрахована швидкість зміни струму di/dt , обчислена по алгоритму ЦЗАФ-3,3 в кА/с.

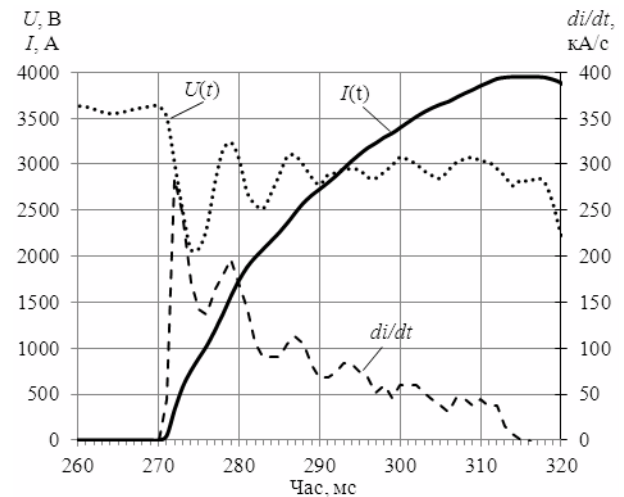


Рис. 4. Осцилограми короткого замикання біля поста секціонування. Спрацював МСЗ ЦЗАФ з уставкою 2800 А. Відстань до к.з = 8,9 км

Побудувавши графік зміни розрахованого опору при к.з. (рис. 5), можна зробити такі висновки:

- 1) Завдяки великій амплітуді у перший напівперіод коливань напруги розрахований опір швидко зменшується. Швидкість зменшення опору більше швидкості зростання струму.
- 2) Завдяки тому, що зміна струму співпадає по фазі з зміною напруги (рис. 4 інтервал 270-290 мс), коливання опору згладжуються і не мають великої амплітуди.
- 3) Захист по опору з великою чутливістю може визначити к.з. в кінці зони захисту.

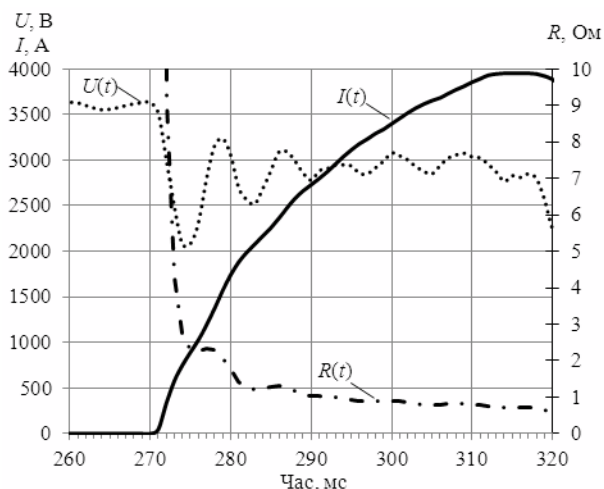


Рис. 5. Розраховані значення опору по алгоритму ЦЗАФ-3,3 при к.з. біля ПСК

Як було зазначено вище, швидкодіючі вимикачі автоматично забезпечують селективність захисту тому, що відключають менші струми за більший час. При використанні мікропроцесорних захистів селективність забезпечується програмуванням витримки часу для різних захистів. МСЗ прямої дії в ЦЗАФ-3,3 виконана без можливості програмування витримки часу. Тому для виконання двозонного захисту на ЦЗАФ-3,3 найбільш доцільно в якості токової відсічки використовувати МСЗ, а для захисту всієї зони – захист по опору.

Струм уставки струмової відсічки визначають за виразом:

$$I_y \leq K_{\text{від}} \cdot I_{\text{к.мін}},$$

де $I_{\text{к.мін}}$ – розрахований мінімальний струм зони захисту;

$K_{\text{від}}$ – коефіцієнт відстроювання (1,25 ÷ 1,35).

Отриману уставку перевіряють на умову:

$$I_y \geq (1,1 - 1,3) \cdot I_{\text{н.макс}}.$$

Для вибору уставки ДЗ необхідно розрахувати опір зони захисту. Оскільки захист реагує на зменшення величини, то слід вибирати місце к.з. з найбільшим опором кола замикання. Тобто для розрахунку уставки ДЗ користуємось схемою для розрахунку параметрів МСЗ. Докладніше про розрахунки приведено в [2].

Уставку захисту по опору вибирають по співвідношенню:

$$R_y = K_{\text{від}} \cdot R_e,$$

де R_e – еквівалентний опір кола к.з., дорівнює сумі опорів підстанції, контактної мережі, рейок, живлячих та відсмоктуючих фідерів;

$K_{\text{від}}$ – коефіцієнт відстроювання (1,3 ÷ 1,5).

Уставку перевіряють по співвідношенню:

$$R_y < U_{\text{н.мін}} / (I_{\text{н.макс}} \cdot K_3),$$

де $I_{\text{н.макс}}$ – максимальне навантаження фідера;

$U_{\text{н.мін}}$ – напруга на шинах підстанції при максимальному навантаженню (можна приймати $U_{\text{н.мін}} = 3000$ В);

K_3 – коефіцієнт запасу ($K_3 = 1,1$).

Мікропроцесорний захист використовує миттєві значення струму і напруги і дозволяє з великою точністю задавати уставки захистів.

Налаштовуючи захист МСЗ мікропроцесорного комплексу ЦЗАФ-3,3 як струмову відсічку, а ДЗ в якості основного захисту, можна змінити селективність.

В результаті проведених досліджень та розрахунків можна зазначити, що захист тягової мережі постійного струму потребує удосконалення, як зі сторони технічного виконання, так і аналітичного розрахунку.

При удосконаленні методів розрахунку струмів коротких замикань та алгоритмів розрахунку уставок можна досягти покращеної селективності захисту, зменшення кількості хибних спрацьовувань вимикачів, що в результаті впливає на надійність електропостачання тягової мережі постійного струму.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Векслер М.И. Защита тяговой сети постоянного тока от токов короткого замыкания [Текст] / М.И. Векслер – М.: Транспорт, 1976. – 120 с.
2. Руководящие указания по релейной защите систем тягового электроснабжения. Защита тяговых сетей постоянного тока 3,3 кВ. Департамент электрификации и электроснабжения [Текст] / - М.: «ТРАНСИЗДАТ», 2005. – 216 с.
3. Устройство цифровых защит и автоматики фидеров ЦЗАФ-3,3. Руководство по эксплуатации. 1СР.251.208-01РЭ.

Ключові слова: постійний стум, тягове електропостачання, коротке замикання.

Ключевые слова: постоянный ток, тяговое электроснабжение, короткое замыкание.

Keywords: direct current, traction power supply, short circuit.