

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАМИКАНЬ В МЕРЕЖАХ 6-35 кВ ТА РЕЛЕЙНИЙ ЗАХИСТ ВІД НИХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Найуразливішим елементом електричної мережі при дії внутрішніх перенапружень є повітряні лінії, зокрема місця з'єднання їх один з одним і з іншими елементами мережі. Тому значна доля ушкоджень пов'язана з перенапруженнями при однофазних замиканнях на землю в повітряних лініях класом напруги 10-35 кВ (за даними - 62 % числа ушкоджень).

Ключові слова: розподільні електричні мережі, подвійні замкнення на землю, максимальний струмовий захист, струмовий захист нульової послідовності, селективність струмових захистів.

Abstract

he most vulnerable element of the electrical network under the influence of internal overvoltages are overhead lines, in particular, the places of their connection with each other and with other elements of the network. Therefore, a significant share of damage is associated with overvoltages during single-phase earth faults in overhead lines with a voltage class of 10-35 kV (according to data - 62% of the number of damages).

Keywords: *electrical distribution networks, double earth faults, maximum current protection, zero-sequence current protection, selectivity of current protections.*

Вступ

Короткочасні режими електричних розподільних мереж обумовлені, як правило виникненням і наступною ліквідацією коротких замикань (КЗ), пофазних відключень і увімкненням вимикачів і інших комутаційних пристроїв.

Виникають режими складного пошкодження (одночасні КЗ і розрив фаз), наприклад, в числі однофазного автоматичного повторного включення, яка застосовується на лініях середньої напруги при однофазних КЗ, а також при автоматичному шунтуванні різних фаз установки поперечно емісного компенсатора при КЗ поблизу місця її установки.

Показники надійності систем електропостачання в цілому значною мірою визначаються рівнем надійності розподільних електричних мереж напругою 6-35 кВ. За даними різних літературних джерел аварійність в мережах напругою 6-35 кВ є дуже високою [1].

В мережах цих класів напруг застосовуються різні способи заземлення нейтралі, які впливають на надійність та безпеку експлуатації мереж, адже спосіб заземлення нейтралі мережі визначає: струм в місці пошкодження і перенапруги на непошкоджених фазах при однофазному замиканні; схему побудови релейного захисту від замикань на землю; рівень ізоляції електрообладнання; вибір апаратів для захисту від грозових і комутаційних перенапруг (обмежувачів перенапруг); безперебійність електропостачання; допустимий опір контуру заземлення підстанції; безпеку персоналу і електроустаткування при однофазних замиканнях.

Головними причинами замикань на землю є: в повітряних мережах: пошкодження опор ліній, перекриття і ушкодження ізоляції на опорах, ушкодження кабельних муфт під час переходу повітряних ліній в кабельні; в кабельних мережах ушкодження ізоляції на підстанціях, ушкодження кінцевих і сполучних муфт, ушкодження при земляних роботах в районі траси кабелю, ушкодження в кабелях.

Найуразливішим елементом електричної мережі при дії внутрішніх перенапруг є кабелі, зокрема місця з'єднання їх один з одним, кабельні муфти.

Багато пошкоджень кабельних ліній пов'язані з перенапруженнями під час однофазних замикань на землю в кабельних мережах (за даними - 77 % від загальної кількості пошкоджень).

З досвіду експлуатації мереж 6-10 кВ відомі неодноразові випадки замкнень в декількох місцях. Відомі випадки одночасного пробою в 4-5 точках ліній. По-перше, наявність пробоїв ізоляції під робочою напругою вказує на недостатньо високий рівень ізоляції. По-друге, наявність багатомісних пробоїв свідчить про існування перенапруг. Таким чином, незважаючи на значні запаси ізоляції, аварійність мереж напругою 6-35 кВ досить висока. Тому дослідження пошкоджуваності в цих мережах і засобів захисту мереж від них в наш час актуальною задачею.

Результати досліджень.

Результати досліджень пошкоджуваності електричних мереж 6-35 кВ показані на рис. 1.

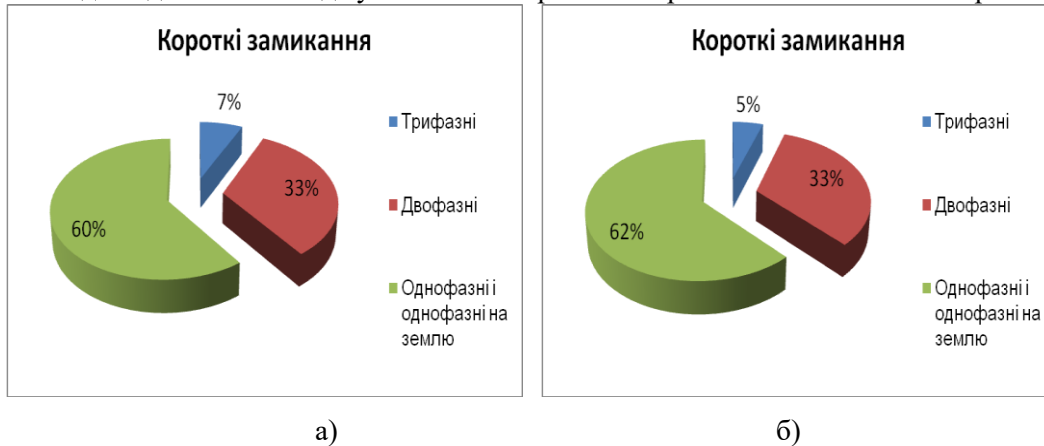


Рис. 1. Пошкоджуваність мереж 6-10 кВ (а) 35 кВ (б).

У мережах 6–10 кВ з ізолюваною нейтраллю (у тому числі і з нейтраллю, заземленою через дугогасильний реактор) мають бути передбачені пристрої релейного захисту від багатозначних замикань і однофазних замикань на землю.

Максимальний струмовий направлений захист в поєднанні з ненаправленим забезпечують селективність спрацювання в мережі, що складається з ланцюжка одинарних ліній в простій кільцевій мережі з одностороннім живленням або з діагональними лініями, які з'єднують джерело живлення з іншими підстанціями. Даний захист застосовується як основний переважно в кільцевих мережах з однією точкою живлення до 35 кВ, якщо витримки часу не перевищують допустимі величини. В мережах з іншими напругами він використовується в основному як резервний. Вимоги до чутливості такі ж самі як ненаправленого струму захисту[2].

Для захисту ЛЕП 10-35 кВ, які працюють з ізолюваною нейтраллю використовуються такі релейні захисти: струмова відсічка, максимальний струмовий захист, струмовий захист нульової послідовності та ін [3–8]. Селективність МСЗ досягається за допомогою витримки часу, а СВ - вибором струму спрацювання. Струм спрацювання СВ відбудовують від струму КЗ в кінці зони дії. Зона дії СВ без витримки часу за умови забезпечення селективності не повинна виходити за межі захищеного елемента. Зона дії СВ з витримкою часу виходить за межі об'єкта, що захищає елемент і за умовою селективності повинна відбудовуватися від кінця зони дії СВ суміжної ділянки по струму і за часом. МСЗ відбудовують від максимального струму навантаження приєднання. МСЗ повинна бути узгоджена з струмовими захистами попередніх приєднань по струму і за часом. Узгодження по струму полягає в тому, що струм спрацювання повинен бути більше струму спрацювання попередніх приєднань з урахуванням струму навантаження. Узгодження по часу полягає в тому, що час спрацювання МСЗ має бути більше часу спрацювання МСЗ попередніх приєднань.

У розподільчих мережах часто застосовують одну секціоновану систему збірних шин. Кожна секція при цьому отримує живлення від різних джерел живлення через ввідні вимикачі ВВ1 і ВВ2. У нормальному положенні ВВ відключений. При зникненні живлення від одного джерела відбувається перемикання знеструмленої секції на сусідню за допомогою АВР. На ВВ і СВ застосовують такі струмові захисти: - МСЗ; - СВ з витримкою часу.

Для швидкого відключення КЗ на шинах 6-10 кВ застосовується логічний захист шин. Робота ЛЗШ заснована на прискоренні МСЗ ввідного вимикача при відсутності пуску МСЗ будь-якого з приєднань, що відходять від шин, в тому числі МСЗ секційного вимикача. Прискорення МСЗ секційного вимикача виконують при відсутності пуску МСЗ будь-якого з приєднань, що відходять від першої або другої секції збірних шин.

Чутливість захисту від однофазних замикань визначається при внутрішньому замиканні на землю за формулою (1):

$$k_{\text{ч}} = \frac{I_{0\Sigma}}{I_{033 \text{ с.з}}}, \quad (1)$$

де $I_{0\Sigma}$ – сумарний струм нульової послідовності; $I_{033 \text{ с.з}}$ – струм спрацювання захисту від однофазних замкнень на землю.

Якщо коефіцієнт чутливості захисту $k_{\text{ч}}$ менше 1,25, то необхідно застосування спрямованого захисту.

Первинний струм спрацювання спрямованого захисту від однофазних замикань на землю $I_{033 \text{ с.з}}$ визначається за формулою (2):

$$I_{033 \text{ с.з}} = k_{\text{від}} \cdot I_{\text{нб}} \cdot k_{\text{пов}}, \quad (2)$$

де $k_{\text{від}}$ – коефіцієнт відведення; $I_{\text{нб}}$ – струм небалансу; $k_{\text{пов}}$ – коефіцієнт повернення.

Струмовий направлений захист - це струмовий ненаправлений захист, обладнаний органом напряду потужності В розподільчих мережах до 35 кВ захист виконується двофазним і є основним захистом від багатофазних КЗ В мережах з глухо заземленою нейтраллю він використовується як захист від багатофазних КЗ.

Диференційні струмові захисти ЛЕП – це захисти з абсолютною селективністю (реагують на пошкодження тільки тієї лінії електропередачі, що захищають), в яких використовують принцип порівняння струмів початку та кінця лінії, що захищають.

Висновки

1. За результатами досліджень виявлено, що основним видом пошкоджень є однофазні замкнення на землю струми яких можуть змінюватися в процесі експлуатації можуть виникати помилки в роботі існуючих захистів.

2. Проведений аналіз видів РЗА РЕМ доведено, що в РЕМ 6-35 кВ з ізольованою нейтраллю найчастіше використовується МСЗ який може не селективно спрацьовуватиме.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

[1] Коломієць Владислав. Дослідження режимів роботи нейтралі розподільних електричних мереж 6-35 кВ на основі квазі-фізичного моделювання. / Владислав Коломієць – Харків, Харківський національний технічний університет сільського господарства ім. Петра Василенка, 2020. – 33 с. Режим доступу: <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B5-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf> та <https://events.pstu.edu/konkurs-energy/wp-content/uploads/sites/2/2019/03/%D0%9D%D0%B0%D0%B4%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B5-%D0%B5%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf>

[2] Кідиба В.П. Релейний захист електроенергетичних систем: Підручник. – Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2013. – 533 с.

[3] Кутін В. М. Релейний захист електричних станцій: Навчальний посібник / В. М. Кутін, О. Є. Рубаненко, В. М. Лагутін. – Вінниця: ВНТУ, 2007. – 110 с.

[4] Рубаненко О. Є. Релейний захист та автоматика двотрансформаторної підстанції: Навчальний посібник / О. Є. Рубаненко, В. М. Лагутін – Вінниця: ВНТУ, 2005. – 124 с.

[5] Кідиба В. П. Релейний захист електроенергетичних систем: Навчальний посібник / В. П. Кідиба – Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 504 с.

[6] Шабад М. А. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ / М.А. Шабад – М.: НТФ "Энергопресс", Энергетик", 2007. – 64 с

[7] Цапенко Е.Ф. Замыкание на землю в сетях 6-35кВ/ Е.Ф. Цапенко – М.: Энергоиздат, 1986. – 128 с.

[8] Борухман В.А. Об эксплуатации селективных защит от замыканий на землю в сетях 6–10 кВ и мероприятиях по их совершенствованию // Энергетик. – 2000. – №1. – С. 20–22.

[9] Титенков С.С., Пугачев А.А. Режимы заземления нейтрали в сетях 6– 35 кВ и организация релейной защиты от однофазных замыканий на землю // Энергоэксперт. – 2010. – №2. – С. 36–43.

Рубаненко Александр Євгенійович – кандидат технічних наук, професор, кафедра ЕСС Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rubanenkoae@ukr.net

Гасич Владислав Володимирович – випускник факультету ФЕЕЕМ, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: gasich.vlad5@gmail.com

Науковий керівник: **Рубаненко Александр Євгенійович** — кандидат технічних наук, професор, кафедра ЕСС Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: rubanenkoae@ukr.net