

ДОСЛІДЖЕННЯ ПОДВІЙНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ ЗАМКНЕНЬ НА ЗЕМЛЮ ТА ЗАХИСТІВ ВІД НИХ В РОЗПОДІЛЬНИХ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖАХ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Аналіз видів пошкоджень та захистів ліній електропередач розподільних електричних мереж, свідчить про те, що серед інших, в електричних розподільних мережах 10-35 кВ, що працюють з ізольованою нейтраллю, трапляються подвійні замикання на землю. Під час подвійних замикань на землю в розподільних мережах, що працюють з ізольованою нейтраллю інколи трапляється неселективне відключення ввідного вимикача на трансформаторних підстанціях 110/10 кВ. Однією з причин помилкових відключень ввідного вимикача може бути спрацьовування швидкодіючого логічного захисту шин.

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

Abstract

Analysis of the types of damage and protection of power lines of distribution electrical networks shows that, among others, in 10-35 kV electrical distribution networks operating with isolated neutral, there are double earth faults. During double earth faults in distribution networks operating with isolated neutral, non-selective tripping of the input switch at 110/10 kV transformer substations sometimes occurs. One of the reasons for erroneous tripping of the input switch may be the operation of high-speed logic bus protection.

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

Вступ

В наш час в розподільних електричних мережах України експлуатується лінії електропередач (ЛЕП) 6-110 кВ, серед яких понад 400 тис. км ліній електропередачі номінальною напругою 6-35 кВ, що становить приблизно 42% [1] від загальної протяжності всіх електричних мереж. Частина з цих ЛЕП знаходяться в експлуатації понад 50 років. Вони морально та фізично застаріли. Так, понад 40% ЛЕП потребують капітального ремонту, реконструкції або заміни, а електрообладнання багатьох підстанцій відпрацювало паспортний ресурс.

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); безперервність електропостачання; допустимий опір контуру заземлення підстанції; безпеку персоналу і електроустаткування при однофазних замиканнях.

Головними причинами замикань на землю є: в повітряних мережах: ушкодження 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 перенапругами 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.

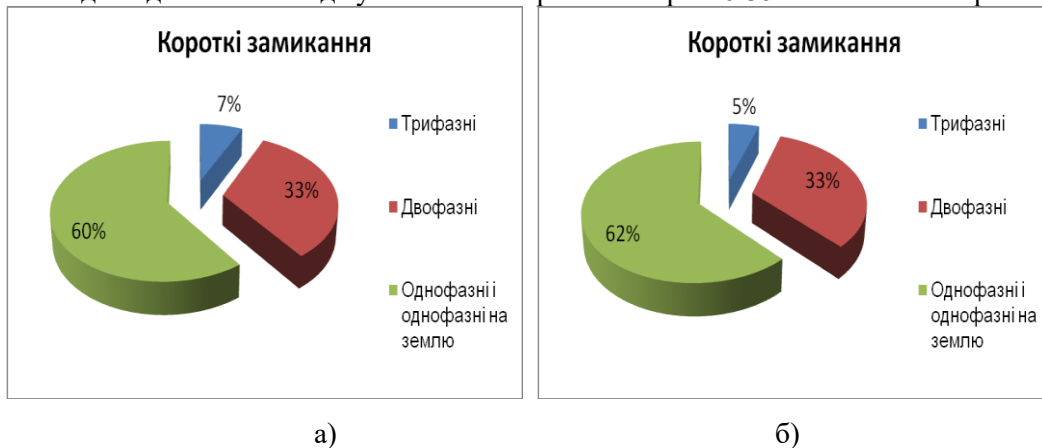


Рис. 1. Пошкоджуваність мереж 6-10 кВ (а) 35 кВ (б).

Однак крім зазначених на рис. 1 замикань в мережах 6-35 кВ мають місце і подвійні замикання на землю [4]. Аналіз результатів експлуатації свідчить про те, що не завжди існуючий релейний захист ЛЕП 10 кВ селективно відключає лінії на яких однофазні замкнення на землю у випадку подвійних замкнень. Натомість захист дає команду на відключення ввідного вимикача.

Для захисту ЛЕП 10-35 кВ, які працюють з ізольованою нейтраллю використовуються такі релейні захисти: струмова відсічка, максимальний струмовий захист, струмовий захист нульової послідовності та ін [2-8]. 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.

Розглянемо спрощену схему підстанції 110/10 кВ.(рис. 2).

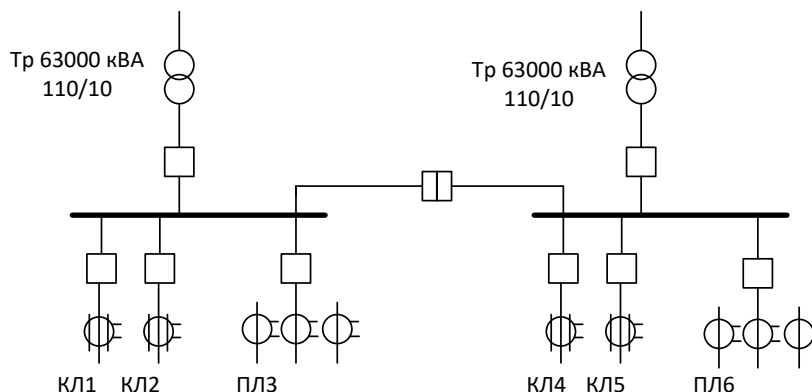


Рис. 2 – Первинна схема підстанції з секціонованою системою збірних шин.

На рис. 2 також показаний фрагмент схеми мережі 10 кВ, яка працює з ізольованою нейтраллю.

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

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

де $I_{0\Sigma}$ – сумарний струм нульової послідовності; $I_{\text{озз с.з}}$ – 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 $I_{\text{озз с.з}}$ визначається за формулою (2):

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

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

Висновки

1. Під час подвійних замикань на землю в розподільних мережах, що працюють з ізольованою нейтраллю (наприклад, 10 кВ) інколи трапляється неселективне відключення ввідного вимикача на трансформаторних підстанціях 110/10 кВ. Однією з причин помилкових відключень ввідного вимикача може бути спрацювання швидкодіючого логічного захисту шин.

2. Уникнути таких спрацювань можливо шляхом збільшення часу спрацювання захисту, який діє на відключення ввідного вимикача.

3. Потрібні подальші дослідження кожного випадку неселективних відключень ввідних вимикачів під час подвійних замикань на землю в електричних мережах 10 кВ з ізольованою нейтраллю.

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

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

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

- [5] Шабад М. А. Защита от однофазных замыканий на землю в сетях 6-35 кВ / М.А. Шабад – М.: НТФ "Энергопресс", Энергетик", 2007. – 64 с
- [6] Цапенко Е.Ф. Замыкание на землю в сетях 6-35кВ/ Е.Ф. Цапенко – М.: Энергоиздат, 1986. – 128 с.
- [7] 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.
- [8] 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.
- [9] Kehinde Olusuyi, Ayodele Sunday Oluwole, Temitope Adefarati, Adedayo Kayode Babarinde, A Fault Analysis of 11kv Distribution System (A Case Study of Ado Ekiti Electrical Power Distribution District) // American Journal of Electrical Power and Energy Systems Volume 3, Issue 2, March 2014, Pages: 27-36.

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

Гулько Ірина Олександрівна – кандидат технічних наук, старший викладач кафедри ЕСС Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: iryna_hunko@ukr.net

Гасич Владислав Володимирович – студент групи ЕС-20м, 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