

АНАЛІЗ ПОШКОДЖЕНЬ ЕЛЕКТРИЧНИХ МЕРЕЖ 10-110 кВ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В роботі досліджено пошкоджуваність повітряних ліній електропередачі 10-110 кВ, трансформаторних підстанцій та розподільних пунктів, розглянуто методи розрахунку процесів в електричних мережах під час пошкоджень.

Ключові слова: лінії, пошкодження, підстанція.

Abstract

The damage of overhead transmission lines 10-110 kV, transformer substations and distribution points is investigated, the methods of calculation of processes in electric networks during damages are considered.

Key words: lines, damage, substation.

ВСТУП

У трифазних електричних мережах можливі пошкодження електрообладнання і складні режими роботи. Причини виходу з ладу електрообладнання можуть бути різними, серед них пошкодження ізоляції, розрив проводів та кабелів, помилки персоналу при перемиканнях, що призводять до короткого замикання фаз між собою або на "землю".

При короткому замиканні в замкнутому контурі з'являється великий струм, збільшується падіння напруги на елементах обладнання, це призводить загального падіння напруги в усіх точках мережі і порушення роботи споживачів. Складні режими роботи електричних мереж виникають, як правило, в результаті аварій або післяаварійних відключень обладнання, при перевантаженнях і відхиленнях напруги від номінальних значень. І хоча ці режими впродовж деякого часу вважаються допустимими, вони створюють передумови для різного роду пошкоджень електрообладнання та проблеми в роботі електромереж.

Для забезпечення нормальних умов роботи електричних мереж і попередження розвитку аварій необхідно швидко реагувати на зміну режиму роботи електричної мережі, миттєво відключити пошкоджене обладнання від справного і при необхідності включити резервне джерело живлення споживачів. Ці функції і виконують пристрої релейного захисту і автоматики.

Проте бувають такі складні пошкодження за яких пристрої релейного захисту спрацьовують не вірно або взагалі не спрацьовують. Згідно з інформацією [1, 2] та згідно до інформації, наданої персоналом служби релейного захисту був випадок, коли при короткому замиканні на шинах 10 кВ підстанції на одній фазі та короткому замиканні на фідері 10 кВ іншої фази, що рівносильно двофазному короткому замиканні (фази замкнулись через землю), а захист фідера не спрацював. Це призвело до пошкодження обладнання розподільних електричних мереж.

Отже, актуальною задачею є задача дослідження струмів та напруг при двох одночасних замкненнях в ЛЕП, що дозволить надалі використати отримані результати для налаштування пристроїв релейного захисту та автоматики.

Отже, мета роботи полягає у дослідженні методів розрахунку струмів та напруг при двох одночасних коротких замиканнях.

Для досягнення мети роботи поставлені та розв'язані наступні наукові задачі досліджень:

- виконати аналіз вітчизняних та іноземних джерел в питанні причин пошкодження обладнання електричних мереж 10-110 кВ;
- дослідити процеси в електричних мережах 10-110 кВ під час подвійних замкнень;
- проаналізувати метод симетричних складових для визначання струмів і напруг при двох одночасних КЗ;
- виконати розрахунок параметрів режиму при подвійному замиканні;

1 Аналіз пошкоджень електричних мереж 10-110 кВ

Основною задачею електроенергетики є живлення споживачів електроенергією високої якості в необхідній кількості. Навіть при якісному проектуванні, будівництві та експлуатації ПЛЕП виникає ряд випадкових процесів, які стають причиною перерв в електропостачанні споживачів або зниженні якості електроенергії. Під непередбачуваними випадковими процесами розуміють не тільки технологічні порушення, а також природні фактори, такі як сильний вітер, дощ, різкі коливання температури навколишнього середовища.

Так аналіз іноземних джерел свідчить про те, що кількість відмов ПЛЕП набагато вище нормативного значення. Це пов'язано з тим, що елементи ПЛЕП експлуатуються більше 35-40 років [3]. Основні причини відмов та їх представлені на діаграмах рис. 1.

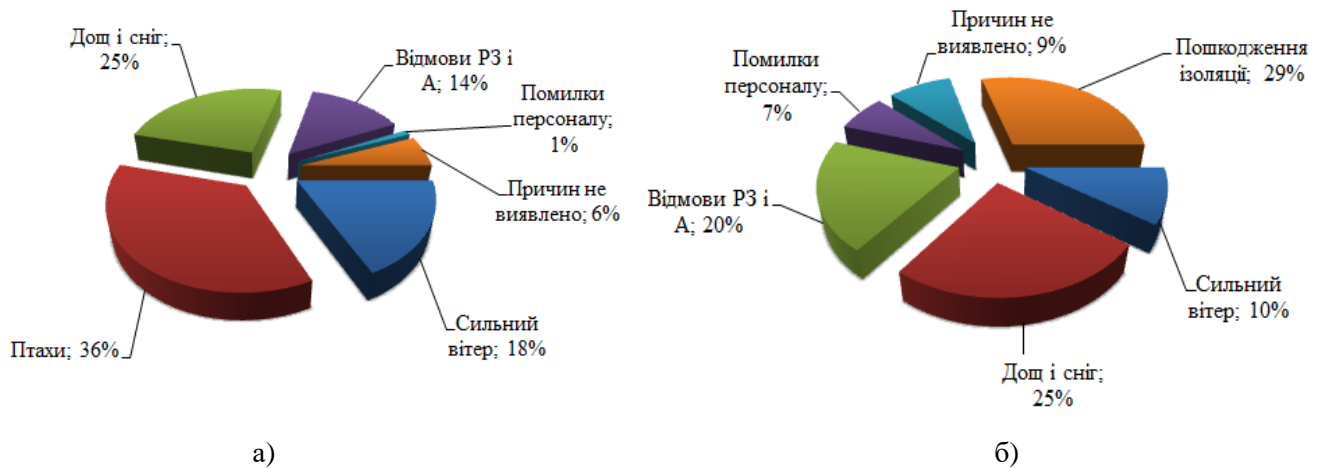


Рисунок 1 – Причини відмов ПЛЕП 35-110 кВ:
а) лінії електропередачі 110 кВ, б) лінії електропередачі 35 кВ

Відповідно до [3] основною причиною, що викликає різке збільшення пошкоджуваності високовольтних ліній, є старіння матеріалу конструкції опор, проводів, арматур і ізоляторів. Лінії електропередачі піддаються старінню й зношуванню від корозії. По кількості відмов на першому місці стоять проводи (52% з урахуванням грозових перенапруг і 37% без їх врахування), на другому місці ізолятори (відповідно 31% і 23%), на третьому місці опори (13% і 9%), на четвертому – арматура (4% і 3%). Грозові перенапруги становлять 28%. 3. По вазі відмов, що приводять до серйозних наслідків для ліній електропередачі (більші витрати на відновлення й недовідпуску електроенергії) на першому місці стоять опори, потім провідники, арматура, ізоляція [3].

Окрім того, мають місце пошкодження та відмови оливних вимикачів (майже 60 % від всіх несправностей електрообладнання розподільних підстанцій), відмови роз'єднувачів, відокремлювачів та короткозамикачів, пошкодження опорно-стрижневих ізоляторів та ін.

В табл. 1 показані основні причини пошкодження обладнання РП.

Таблиця 1 – Кількість пошкоджень і відмов роз'єднувачів, відокремлювачів, короткозамикачів (100 апаратів на рік)

Причина пошкодження	Роз'єднувач	Відокремлювач	Короткозамикач	Роз'єднувач	Відокремлювач	Короткозамикач
	Напруга 35 кВ			Напруга 110 кВ		
	2	3	4	5	6	7
1						
Перекриття опорних ізоляторів	0,8	0,8	0,3	0,8	0,05	0,01
Пошкодження опорних ізоляторів	0,7	1	1	0,25	0,4	0,2
Пошкодження контактів	0,15	0,1	-	0,1	-	-

Продовження таблиці 1

1	2	3	4	5	6	7
Дефект приводу	0,05	0,2	0,2	0,02	0,1	0,1
Дефекти пружинних та передаточних механізмів, обмерзання механізмів та контактів	-	0,3	0,05	-	0,1	0,02
1	2	3	4	5	6	7
Пошкодження ізоляційних вставок	-	-	-	-	-	0,07
Інші	0,1	0,2	0,2	0,1	0,15	0,12
Разом відмов	1,8	2,6	1,75	0,45	0,8	0,52
Зокрема з пошкодженням обладнання	1,7	2,2	1,6	0,4	0,6	0,4

Дослідження пошкоджуваності трансформаторних підстанцій та розподільних пунктів

Частка відмов електрообладнання ТП і РП становить всього 8,25 % від загальної кількості відмов. Ці відмови спричиняють великі матеріальні витрати (на ремонт та заміну пошкодженого обладнання), збитків, викликаних перервою в електропостачанні. Спрацьовування запобіжників призводять до відключення трансформаторів та до знеструмлення споживачів. Часто важко з'ясувати причину перегорання плавкої вставки запобіжника (наприклад, під час нестійкого короткого замикання або самоусувного короткого замикання) [4].

Одним із вартісних елементів електрообладнання ТП є силовий трансформатор. Основні причини пошкодження силових трансформаторів – це пошкодження шпильок, перемикачів (ПБЗ), обмоток. Більшість відмов в роботі трансформаторів викликана пошкодженням контактних з'єднань, які виникають через порушення цілісності та щільності контакту. Це призводить до перегорання шини, наконечника кабелю, шпильок трансформатора, високовольтних ввідів [4]. Приклади таких пошкоджень показані на рис. 2

Результати аналізу пошкоджень трансформаторних підстанцій 10/0,4 кВ на досліджуваному РЕМ наведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Причини пошкоджень ТП і РП напругою 10/0,4 кВ

Причина пошкодження	Кількість пошкоджень, од.	Відношення до загальної кількості пошкоджень, %
Перекриття рубильника	2	11,12
Перегорання високовольтних запобіжників	7	22,22
Пробій прохідних ізоляторів	1	0
Потрапляння води на обладнання	3	0
Пошкодження контактних з'єднань на шпильках трансформатора	3	11,12
Замикання в обмотках трансформатора	2	11,12
Інші причини	4	44,42



Рисунок 2 – Пошкодження вимірвальних трансформаторів напруги

Дослідження методів розрахунку процесів в електричних мережах під час пошкоджень

Сучасна електроенергетична система характеризується великою складністю як системоутворюючих, так і розподільчих мереж. При управлінні функціонуванням мереж необхідно знати такі параметри усталених режимів електричних мереж як струми і потоки потужностей, напруги у вузлах мережі, втрати потужності в елементах електричних мереж. Розрахунки параметрів усталених режимів зазвичай виконуються автоматично з допомогою ЕОМ, однак найчастіше для інженерної оцінки параметрів режиму потрібні і ручні розрахунки.

Розрахунок параметрів складно-замкнених мереж виконується на основі наступних основних методів [5].

Метод перетворення – призначений для еквівалентування (спрощення) мережі, зведення мережі до одноконтурної або розімкненої. Параметри спрощеної мережі розраховуються з використанням відомих методів, а потім необхідно виконати зворотнє перетворення мережі до початкового стану. При використанні методу перетворення застосовуються прийоми розносу навантажень по кінцях ділянки мережі, об'єднання кінцевих джерел живлення і навантажень, перетворення пасивних частин схем електричної мережі. Метод перетворення повинен застосовуватися з дотриманням умови незмінності параметрів усталеного режиму мережі, зовнішньої по відношенню до частини, що перетворюється. Крім того, при використанні прийомів перетворення необхідно обумовлювати заздалегідь всі прийняті припущення.

Метод контурних струмів – призначений для розрахунку струмів (перетікань без врахування втрат) в вітках схеми. Суть методу полягає в складанні та вирішенні системи контурних рівнянь і визначенні на їх основі параметрів режиму. Система контурних рівнянь може бути записана у формі струмів або потужностей. Кількість незалежних контурних рівнянь відповідає числу незалежних контурів схеми. Складання контурних рівнянь базується на використанні I і II законів Кірхгофа.

Метод рівнянь вузлових напруг – дозволяє точно визначити напруги в вузлах схеми при заданих струмах навантаження. Суть методу полягає в складанні та вирішенні системи рівнянь вузлових напруг і визначенні на їх основі параметрів усталених режимів електричних мереж. Число незалежних комплексних рівнянь вузлових напруг дорівнює числу вузлів мережі без балансуєчого вузла (n-1).

Метод коефіцієнтів розподілу – використовується для багаторазових розрахунків потокорозподілу (потокорозподілу без втрат) для одної мережі. Цей метод призначений для розрахунку усталеного режиму електричних мереж, в яких справедливий принцип накладення. Метод передбачає попереднє визначення коефіцієнтів розподілу мережі, які змінюються при зміні схеми заміщення мережі або її параметрів, і тому ефективний при численних розрахунках усталеного режиму мережі з незмінною схемою заміщення і змінним навантаженнями вузлів. Метод базується на використанні принципу накладення і тому при розрахунку реальних електричних мереж вимагає попереднього врахування шунтів схеми заміщення у вигляді додаткових навантажень у вузлах.

Метод розрізання контурів. Метод призначений для розрахунків параметрів усталених режимів складно-замкнених електричних мереж. Суть методу полягає в приведенні складно-замкненої мережі до вигляду розімкненої та розрахунку параметрів розімкненої мережі. Простота алгоритму розрахунку розімкненої мережі дозволяє використовувати метод розрізання контурів для розрахунків вручну параметрів режиму мереж невеликого обсягу, з допомогою ЕОМ – мереж великої складності.

Електричні мережі 6-10 кВ це не лише мережі енергопостачальних компаній обленерго, а мережі власних потреб атомних електричних станцій, які виробляють більшу частину електроенергії в Україні. Отже від надійної їх експлуатації залежить і надійність електричних станцій. Тому актуальним є дослідження особливостей експлуатації цих мереж та важливим є ознайомлення майбутніх спеціалістів з процесами, які відбуваються в них [6].

Висновки

Аналіз вітчизняних та іноземних літературних джерел свідчить про, те що в мережах 10-110 кВ, експлуатується обладнання, що вичерпало свій ресурс. Кількість аварій та пошкоджень обладнання зростає. Найчастіше виходять з ладу повітряні лінії електропередачі. Відмови в роботі пристроїв релейного захисту та автоматики становлять майже 20 % пошкоджень ЛЕП .

Відомо, що під час однофазних замикань на землю струми замкнень в фазах залежать від ємнісних струмів фаз на землю, тому під час подвійних замикань на землю в мережах з ізолюваною нейтраллю релейні захисти, які реагують на зростання струмів несиметрії, а саме струми нульової послідовності, не завжди спрацьовують або працюють помилково.

Отже дослідження струмів на напруг під час двох одночасних КЗ є актуальною задачею.

Література

1. [Выбор параметров настройки устройств РЗА](http://arhiv.rzta.ru/rza.communityhost.ru/thread/thread_mid724392800thread_start11.htm). Компенсация емкостных токов в сетях 10 кВ [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://arhiv.rzta.ru/rza.communityhost.ru/thread/thread_mid724392800thread_start11.htm.

2. Кідиба, В. П. Релейний захист електроенергетичних систем: навч. посіб. / В. П. Кідиба. – Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. – 504 с.

3. Тошходжаева М.И., Анализ повреждений линий электропередач 35-220 кВ на примере Согдийской электрической сети / М.И.Тошходжаева // Вестник Чувашского университета. – 2016. – № 1. – С. 105-111.

4. Лежнюк П.Д. Оптимізація режимів електричних мереж з відновлюваними джерелами електроенергії: монографія / П.Д. Лежнюк, О.Є. Рубаненко, І.О. Гунько – Вінниця: ВНТУ, 2017. – 164 с. – ISBN 978-966-641-717-9.

5. Ананичева С. С., Мызин А.Л., Методы анализа и расчета замкнутых электрических сетей: Учебное пособие / С. С. Ананичева, А.Л. Мызин. 4-е изд., исправл. Екатеринбург: УрФУ, 2012. 94 с.

6. Лежнюк П.Д., Особливості підготовки фахівців – електриків у ВНТУ / П.Д. Лежнюк, О.Є. Рубаненко, В.О. Лесько, О.О. Рубаненко // Вісник Хмельницького національного технічного університету. – 2020. – № 2. – С. 219-228.

Рубаненко Олександр Євгенійович – к.т.н., професор, професор кафедри електричних станцій і систем, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: rubanenkae@ukr.net.

Гуцько Ірина Олександрівна — канд. техн. наук, старший викладач кафедри електричних станцій та систем, Вінницький національний технічний університет

Цимбалюк Олександр Анатолійович – магістрант, Вінницький національний технічний університет, Вінниця e-mail: sasha.zimbal@gmail.com.

Rubanenko Aleksandr E. – Cand. Sci (Tech.), Associate Professor, Department of power plants and systems, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: rubanenkae@ukr.net.

Hunko Iryna Oleksandrivna – Ph.D., Senior Lecturer of electrical stations and systems department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, email : iryna_hunko@ukr.net

Tsybalyuk Aleksandr Anatoliiovych - undergraduate, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia e-mail: sasha.zimbal@gmail.com .