

ЮГА Д. О.

ЛЕСЬКО В. О.

ЮХИМЧУК М. С.

АНАЛІЗ ВПЛИВУ АТМОСФЕРНИХ ПЕРЕНАПРУГ НА НАДІЙНІСТЬ ПОВІТРЯНИХ ЛІНІЙ ЕЛЕКТРОПЕРЕДАЧ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі проаналізовано вплив атмосферних перенапруг повітряних ліній електропередач середнього та високого класів напруги. Дослідження показало основні типи можливих аварійних ситуацій на лініях напругою 10-110 кВ спричинених грозовим розрядом та методи і заходи для запобігання цим аваріям. Результати досліджень представлені у вигляді таблиць. Дане дослідження може мати практичне застосування при ремонті та експлуатації ПЛ 10-110 кВ.

Ключові слова: атмосферні перенапруги, повітряні лінії, ізоляція, блискавкозахист, надійність електропостачання, ОПН, пробій.

Abstract

The study analyzes the impact of atmospheric overvoltages on overhead power lines of medium and high voltage classes. The research identified the main types of possible fault situations on 10-110 kV lines caused by lightning discharges, as well as methods and measures to prevent these faults. The results are presented in tabular form. This study has practical applications in the maintenance and operation of 10-110 kV overhead power lines.

Keywords: atmospheric overvoltages, overhead power lines, insulation, lightning protection, power supply reliability, surge arresters, breakdown.

Вступ

Забезпечення надійного електропостачання є стратегічним завданням енергетичної галузі, особливо в умовах зростання навантаження на мережі та ускладнення кліматичних умов. Серед факторів, що значною мірою впливають на безперебійну роботу повітряних ліній електропередач (ПЛ), важливе місце займають атмосферні перенапруги. Такі перенапруги переважно виникають у результаті грозових явищ і можуть призводити до значних ушкоджень електрообладнання, зокрема ізоляції, а також викликати короткі замикання, аварійні зупинки ліній і, як наслідок, економічні збитки.

Аналіз дослідження

Метою дослідження було проаналізувати характер впливу атмосферної перенапруги на повітряні лінії електропередач середньої (10-35 кВ) та високої (110 кВ) напруги.

Дослідження показало можливі випадки аварії пов'язаних з даним явищем, заходи для запобігання аварійним ситуаціям та найбільш вразливі елементи ПЛ. Оцінювалась ефективність застосування обмежувачів перенапруг (ОПН), грозозахисних тросів, покращеного заземлення.

Було порівняно частість аварій у різних регіонах України та сформульовано техніко-економічні рекомендації щодо впровадження захисту. Результати досліджень наведено в таблицях.

Таблиця 1 - Найпоширеніші типи ушкоджень внаслідок атмосферних перенапруг

Тип ушкодження	Згадки у звітах (%)	Найхарактерніші напруги (кВ)	Типові наслідки
Пробій ізоляції	42%	>250	Вихід із ладу ізоляторів, аварійне вимкнення
Вихід з ладу ОПН	28%	>200	Зниження грозозахисту, пробій обладнання
Коротке замикання на опорах	18%	>150	Обрив лінії, автоматичне вимкнення
Пробій ввідних ізоляторів на ПС	12%	>300	Втрата електроспоживання частини мережі

Таблиця 2 - Параметри змодельованої перенапруги при грозовому імпульсі

Змодельований пробій	Амплітуда струму блискавки (кА)	Індукована напруга на ПЛ (кВ)	Ймовірність пробою без ОПН (%)	Ймовірність пробою з ОПН (%)
Удар блискавки на відстані 10 м	75	± 280	85	12
Удар блискавки в захисний трос	100	±190	62	8
Удар блискавки поблизу трансформатора	90	±320	95	15

Таблиця 3 - Ефективність різних заходів захисту

Захід захисту	Середнє зниження імовірності пробою (%)	Орієнтовна вартість 1 км ПЛ (тис. грн)	Рекомендований клас напруги (кВ)
Обмежувач перенапруг (ОПН)	75-90	18-25	10-110
Грозозахисні троси	60-80	10-15	35-110
Поглиблене заземлення	40-60	8-12	10-35

Ізолятори підвищеної міцності	25-35	5-8	10-35
-------------------------------	-------	-----	-------

Таблиця 4 - Аварійність у різних регіонах

Показник	Південний регіон	Північний регіон
Середня кількість аварій на 100 км/рік	3,6	1,2

У зв'язку з цим актуальними є наступні практичні рекомендації:

1. Установлювати ОПН у всіх нових ПЛ 10–110 кВ.
2. Переглянути стандарти щодо регулярного вимірювання опору заземлення в діючих лініях.
3. У регіонах із високою грозовою активністю (згідно з результатами дослідження - на півдні країни) обов'язкове використання тросового захисту на лініях 110 кВ.
4. Проводити періодичну діагностику стану ізоляторів, особливо на старих ділянках мережі.

Висновки

Атмосферні перенапруги становлять одну з основних загроз для ізоляції повітряних ліній, особливо в мережах середньої (10–35 кВ) та високої (110 кВ) напруги. Найбільш поширеним типом пошкоджень є пробій ізоляції, який трапляється у понад 40% аварійних ситуацій. Також, результати дослідження показали, що індуковані грозові імпульси здатні створювати напруги до 300–320 кВ навіть без прямого удару блискавки. У разі відсутності захисту ймовірність пробою ізоляції досягає 85–95%.

Найефективнішими технічними заходами захисту є комбіноване застосування обмежувачів перенапруг (ОПН), грозозахисних тросів та поглиблених систем заземлення. Вони дозволяють знизити ймовірність пошкоджень щонайменше на 70–80%. Аналіз регіональної статистики показали, що у південних регіонах з підвищеною грозовою активністю кількість аварій на 100 км лінії значно перевищує аналогічний показник у північних регіонах (3,6 проти 1,2 випадків на рік).

Економічно доцільним є впровадження захисних заходів на ділянках з підвищеною аварійністю, особливо в старих лініях без сучасного грозозахисту. Впровадження навіть базових рішень – таких як ОПН та покращене заземлення – може суттєво зменшити технічні та фінансові втрати.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Вовчинський В. О., Кирик В. В. Грозові електростанції як перспективний напрямок альтернативної енергетики. *Ukrainian Journal of Scientific and Educational Innovations*. 2020. Вип. 16. С. 55–59. URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/2663-4139/article/view/7168/7152>

2. Дривецький С. І., Шевченко С. Ю. Вплив ударів блискавки на повітряні лінії електропередачі. *Енергоефективність та енергетична безпека електроенергетичних систем. Тези доповідей*. Харків: НТУ «ХПІ», 2019. С. 92. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/3fac2056-5a36-48f7-953d-bc62f346fb39/content>

3. Кирисов І. Г. Аналіз впливу грозових перенапруг на повітряні лінії електричних мереж України. *Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит*. 2019. № 2. С. 3-9. URL: http://www.irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?I21DBN=LINK&P21DBN=UJRN&Z21ID=&S21REF=10&S21CNR=20&S21STN=1&S21FMT=ASP_meta&C21COM=S&2_S21P03=FILE=&2_S21STR=ece_e_2019_2_3

4. Литвиненко В. І., Гончар С. П. Захист електричних мереж від перенапруг: навчальний посібник. Харків: ХНУРЕ, 2020. 112 с.

5. Собчук, В. С. Перенапруги і блискавкозахист в електричних системах [Текст] : навч. посіб. / В. С. Собчук, Н. В. Собчук, О. Б. Бурикін. Вінницький національний технічний університет. Вінниця: ВНТУ, 2010. 145 с.

Юга Денис Олександрович — студент групи 1ЕСМ-23б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: denysyuha@gmail.com

Лесько Владислав Олександрович — к.т.н. доц. кафедри ЕСС e-mail: Leskovlad@ukr.net

Юхимчук Марія Сергіївна — д.т.н. професор кафедри Комп'ютерних систем управління, e-mail: umcmasha@gmail.com

Науковий керівник: **Лесько Владислав Олександрович** — к.т.н. доц. кафедри ЕСС, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Yuha Denys Oleksandrovysh — student of group 1ESM-23b, Faculty of Power Engineering and Electromechanics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: denysyuha@gmail.com

Lesko Vladyslav Oleksandrovysh — phd in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Systems and Networks, e-mail: Leskovlad@ukr.net

Yukhymchuk Mariia Serhiivna — Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Computer Control Systems, e-mail: umcmasha@gmail.com

Scientific supervisor: **Lesko Vladyslav Oleksandrovysh** — phd in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Electrical Systems and Networks, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia