

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОГО МІСЦЯ ВСТАНОВЛЕННЯ ОПН

Кирик В.В., д.т.н., проф., Абдулаєв С.А., магістрант

КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра електричних мереж і систем

Вступ. Однією з актуальних задач в електроенергетиці є захист електротехнічного обладнання від розряду блискавки, яка може спричинити значні перенапруги в лініях електропередавання, що в свою чергу призводить до прямих перекриттів ізоляції.

Мета роботи. Дослідження оптимального місця встановлення ОПН для захисту повітряних ліній електропередавання 6-35 кВ від розрядів блискавки.

Матеріали та результати дослідження. Якщо розряд блискавки виникає біля лінії електропередавання, то в ній можуть виникнути індуковані перенапруги. Дані перенапруги характеризуються тим, що в момент удару блискавки на проводах лінії накопичується заряд досить великої щільності, який у вигляді електромагнітних хвиль поширюється вздовж лінії та наводить ЕРС в різних її контурах. Ізоляція вимикачів, трансформаторів та інших апаратів зазнає значних перенапруг. Процес виникнення індукованих перенапруг в лінії електропередавання зображено на рис. 1.

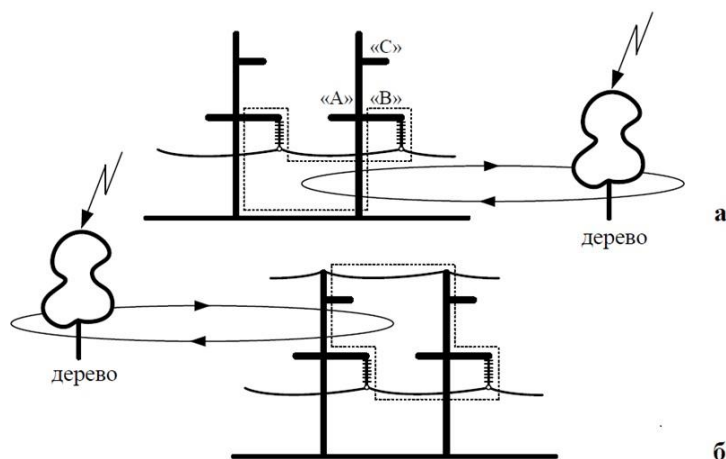


Рисунок 1 – Виникнення індукованих перенапруг: а – для лінії без тросу; б – для лінії з тросом

Одним з основних засобів захисту повітряних ліній електропередавання є використання грозозахисних тросів. Однак для ліній 6-35 кВ даний захист є неефективний внаслідок низької імпульсної міцності ізоляції 6-35 кВ. Тому дані лінії будуються без грозозахисних тросів.

Останнім часом для захисту повітряних ліній 6-35 кВ застосовують нелінійні обмежувачі перенапруг (ОПН). Основними частинами конструкції ОПН є варистори, зовнішня ізоляція та фланці. Принцип роботи ОПН базується на нелінійній вольтамперній характеристиці варисторів, тобто нелінійної залежності струму від напруги. В нормальному режимі роботи, при дії на ОПН фазної робочої напруги, в варисторах проходить струм провідності, який має значення долі міліампера. Виникнення перенапруг призводить до різкого

збільшення струму в варисторах, а утворена енергія перенапруг у вигляді тепла розсіюється в ОПН. Незважаючи на ряд переваг ОПН, а саме: мала вага, простота, надійність, більш глибоке обмеження перенапруг, є деякі недоліки, одним з найбільш важливим серед яких є значна вартість даного пристрою. Тому, для зменшення витрат на установку ОПН, необхідно визначити найбільш оптимальні місця їх встановлення.

Для дослідження обрана ділянка лінії напругою 35 кВ, що складається з 9 прогонів та 10 опор, загальною протяжністю 1,8 км. Для створення моделі ділянки використано програмний пакет Matlab/Simulink. Для живлення лінії використовується підстанція з трансформатором ТДН-16000/110. Кожний прогін лінії має довжину 200 м і складається з трьох фазних проводів. Між провідниками цієї ділянки лінії, а також землею існують взаємні індуктивні та ємнісні зв'язки.

Наведена напруга в лінії, викликана розрядом блискавки, визначається за формулою [2]:

$$u_0(t) = \frac{U_0}{\eta} \cdot \left[e^{\frac{t}{\tau_1}} - e^{\frac{t}{\tau_2}} \right],$$

де U_0 – значення амплітуди індукованої перенапруги в лінії, кВ; η – коригуючий коефіцієнт амплітуди хвилі; τ_1 та τ_2 – постійні часу, обумовлені часом наростання та спадання хвилі струму блискавки.

Для прикладу, при моделюванні розряду блискавки, що відбувається біля п'ятого прогону лінії без ОПН, ми будемо мати графік розподілу напруги вздовж ЛЕП, зображений на рис 2.

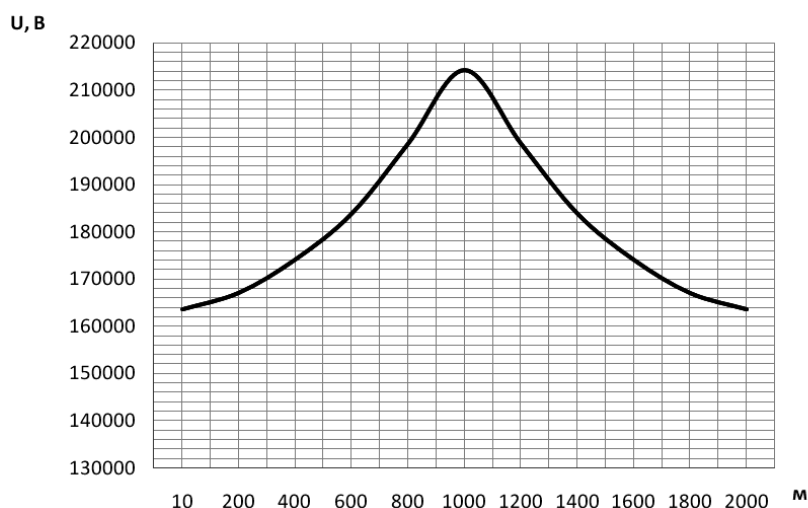


Рисунок 2 – Розподіл напруги по трасі ЛЕП без встановлення ОПН при розряді блискавки в районі 5 опори

З наведеного графіку ми можемо побачити, що максимальний імпульс напруги на лінії без ОПН значно перевищує максимально допустиме значення 200 кВ [3]. Це може призвести до порушення нормального режиму роботи лінії.

При моделюванні розряду блискавки, що відбувається біля п'ятого прогону лінії зі встановленням ОПН на 1, 5 та 10 опорах, ми матимемо графік розподілу напруги, зображений на рис.3.

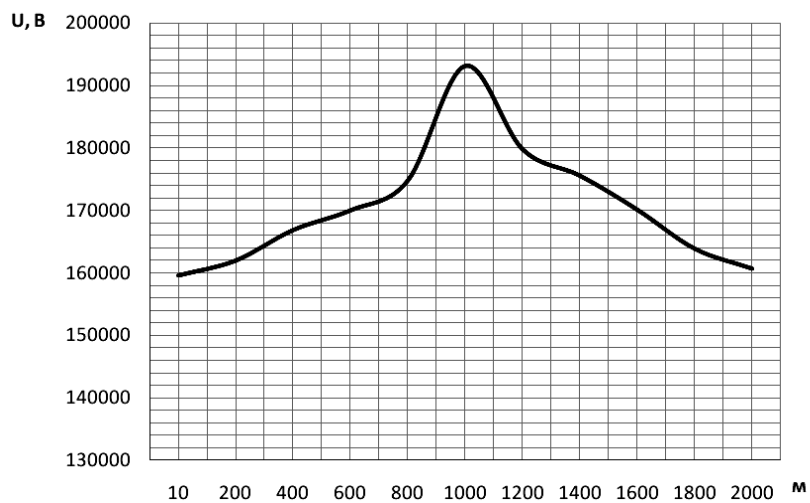


Рисунок 3 – Розподіл напруги по трасі ЛЕП при встановленні ОПН на 1, 5 та 10 опорах

Як видно з графіка при встановленні ОПН на 1, 5 та 10 опорах ми отримуємо максимальний імпульс, рівний 193,1 кВ. Даний імпульс напруги не перевищує допустиме значення і тому немає імовірності виникнення негативних наслідків при ударі блискавки.

Висновки. Врахування індукованих перенапруг є необхідним при проектуванні систем захисту ліній електропередавання. В мережах 6-35 кВ грозові перенапруги можуть бути причиною виникнення пошкодження ізоляції обладнання та лінії. В залежності від струму блискавки, індуковані перенапруги можуть досягати 300 кВ і вище, що є набагато вищим максимальної розрядної напруги ізоляції розподільчих повітряних ліній. Встановлення ОПН на лініях електропередавання дозволяє знизити індуктивні перенапруги до допустимих меж. Дослідженнями встановлено, що зона захисту ОПН складає близько 600 м. Тому найбільш оптимальним є встановлення ОПН для ліній 35 кВ через 4-5 опор.

Перелік посилань

1. Александров Г. Н. Молния и молниезащита / Г. Н. Александров; [отв. Ред. В. Н. Козлов]; Ин-т электрофизики и электроэнергетики РАН. – М.: Наука, 2008. – 274 с. – ISBN 978-5-02-036613-8.
2. Гольдштейн В. Г., Халилов Ф. Х., Бобров В. П. Перенапряжения и защита от них в электрических сетях 35-220 кВ. Самара. Издательство Самарского Государственного Технического Университета, 2001.
3. ГОСТ 1516.3 «Электрооборудование переменного тока на напряжение от 1 до 750 кВ. Требования к электрической прочности изоляции». Пояснительная записка. Технический отчет ВЭИ №7025-3500, 1994.