

## **ЗАХИСТ ЕЛЕКТРОПРИЛАДІВ ВІД ПЕРЕНАПРУГ**

Вінницький національний технічний університет

### **Анотація**

*Захист електроприладів від перенапруг, є одною з найважливіших завдань сучасної енергетики. Проблема захисту електрообладнання від неякісного напруги в мережі існує практично на будь-якому підприємстві, особливо при роботі від джерел трифазного напруги. Крім зниження і підвищення напруги на всіх трьох фазах, істотно небезпеку становить так званий "перекіс фаз" - випадок, коли напруги на фазах мають різну величину, що призводить до перегріву обмоток двигунів або трансформаторів і виходу їх з ладу. Дуже часто зустрічається і обрив однієї фази.*

**Ключові слова:** перенапруга, повітряна лінія, модель.

### **Abstract**

*Protecting electrical appliances from overvoltages is one of the most important tasks of modern power engineering. The problem of protecting electrical equipment from poor-quality voltage in the network exists in virtually any enterprise, especially when working from sources of three-phase voltage. In addition to reducing and increasing the voltage in all three phases, the so-called "phase shift" is a significant danger - the case when the voltage at the phases is different in size, which leads to overheating of the windings of motors or transformers and their failure. Very often there is a breakdown of one phase.*

**Keywords:** overvoltage, airline, model.

### **Вступ**

На сьогодні актуальною для експлуатаційного персоналу електричних мереж є проблема перенапруг, що виникають на обладнанні. Розрізняють внутрішні та зовнішні перенапруги. Внутрішні перенапруги можуть виникати внаслідок комутацій силового обладнання ненавантажених електропередач на ін. Зовнішні перенапруги — це прямі чи непрямі удари блискавки.

Якщо обладнання підстанцій захищено від прямих ударів блискавки системою блискавковідводів та ОПН чи розрядниками, то лінії електропередач мають грозозахисний трос по всій довжині лише для ліній 110 кВ і вище. В мережах 35 кВ грозозахисний трос застосовується на лініях з металевими опорами, що живлять відповідальних споживачів. Основним захистом від грозових перенапруг для мереж 10(6), 35 кВ можна, з деяким наближенням, вважати АПВ. Але АПВ лише повторно вмикає відключену ЛЕП внаслідок дії РЗА. В цьому випадку фронт грозової перенапруги спричиняє перекриття ізоляції на лінії і може досягати підстанції.

Одним з шляхів усунення перенапруг в ЛЕП є встановлення ОПН на кожній з опор. Але такі заходи збільшують вартість будівництва нових ЛЕП та реконструкцію існуючих в кілька разів.

### **Результати дослідження**

В роботі проведено аналіз індукованих перенапруг в ЛЕП, що виникають внаслідок грозових розрядів, та запропоновано місця встановлення засобів захисту. Для аналізу обираємо модель лінії 35 кВ.

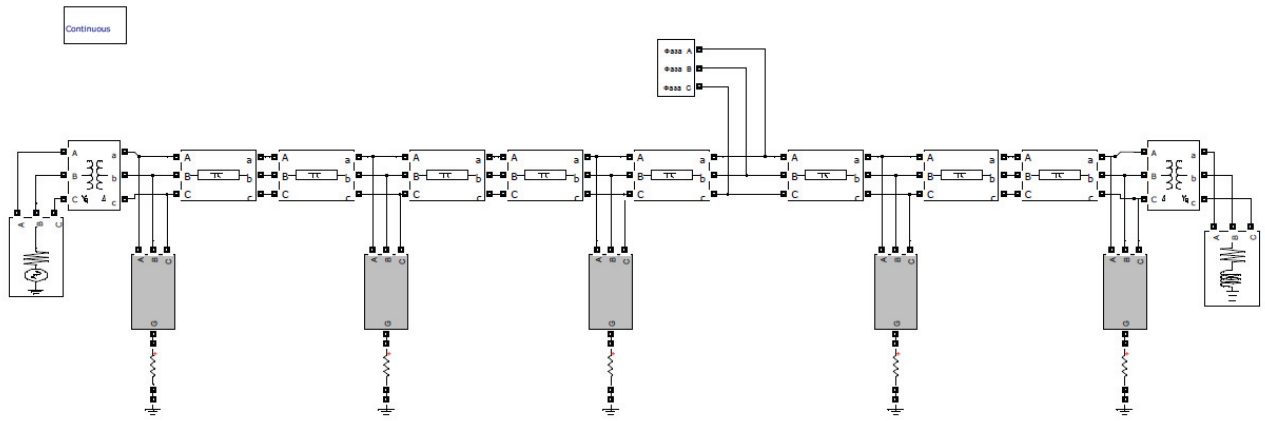


Рис.1 Модель ПЛ лінії 35 кВ

На основі реєстрації форми хвилі струму блискавки в реальних умовах, дослідниками запропоновані різні їх апроксимації. До останнього часу найпоширенішою є біекспоненціальна апроксимація Брюса–Голда

$$i_0(t) = \frac{I_M}{\eta} \left[ e^{-\frac{t}{\tau_1}} - e^{-\frac{t}{\tau_2}} \right].$$

Знайти величину індукованої перенапруги можна таким виразом

$$U_0 = \frac{1}{2} k I_M \ln \left[ \frac{h + h_a + \sqrt{(h + h_a)^2 + S^2}}{h - h_a + \sqrt{(h - h_a)^2 + S^2}} \right],$$

де  $k$  — коефіцієнт пропорційності;  $I_M$  — значення струму розряду блискавки, кА;  $h$  — висота між нижньою точкою розряду блискавки та землею, м;  $h_a$  — середня висота підвішування проводу, м;  $S$  — відстань між точкою проєкції розряду на землю та трасою лінії;  $\tau_1$  та  $\tau_2$  — постійні часу, обумовлені часом наростання та спадання хвилі струму блискавки.

Використовуючи попередні вирази, формуємо формулу залежності амплітуди індукованої в лінії перенапруги від часу:

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

де  $U_0$  — амплітудне значення індукованої перенапруги в лінії;  $\eta$  — коригувальний коефіцієнт амплітуди хвилі.

Коригувальний коефіцієнт  $\eta$  визначається так:

$$\eta = e^{-\frac{\tau_\phi}{\tau_1}}.$$

Постійні часу  $\tau_1$  та  $\tau_2$ , обумовлені часом наростання та спадання хвилі струму блискавки і розраховуються на підставі таких виразів:

$$\tau_1 = \frac{\tau_\phi - \tau_{xв}}{\ln(0,5)} ;$$

$$\tau_2 = \frac{\tau_\phi}{5} ,$$

де  $\tau_\phi$  — час фронту хвилі;  $\tau_{xв}$  — час імпульсу хвилі.

Таблиця 1 -Значення коефіцієнтів в біекспоненціальній моделі струму блискавки

Параметри імпульсу струму	$\tau_1$ , мкс	$\tau_2$ , мкс	$\eta$
1,2/50 мкс	70,4	0,24	0,983
8/40 мкс	46,2	1,6	0,841
10/350 мкс	490,5	2	0,98

Беремо значення струму блискавки рівним  $I_m = 30$  кА, що найбільш характерно для території України. Відстань від точки удару блискавки до ЛЕП  $S = 50$  м. Параметри імпульсу струму блискавки — 8/40 мкс.

Для аналізу впливу місця установки ОПН виконано моделювання таких варіантів:

1. ОПН на ЛЕП відсутні (рис. 2);
2. ОПН встановлено на всіх опорах ЛЕП (рис. 3).

На графіках синім, зеленим та червоним кольорами позначено значення амплітуди індукованої напруги для фаз *A, B, C*, відповідно.

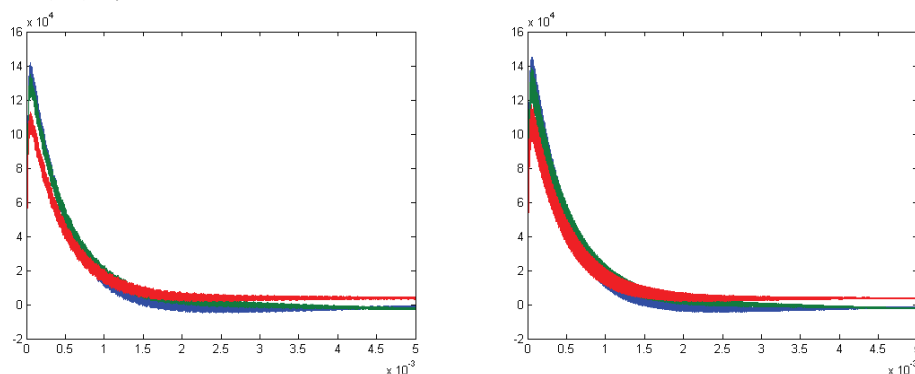


Рис. 2. Графіки амплітуди індукованої напруги на середній (зліва) та останній опорі (справа) для варіанта № 1

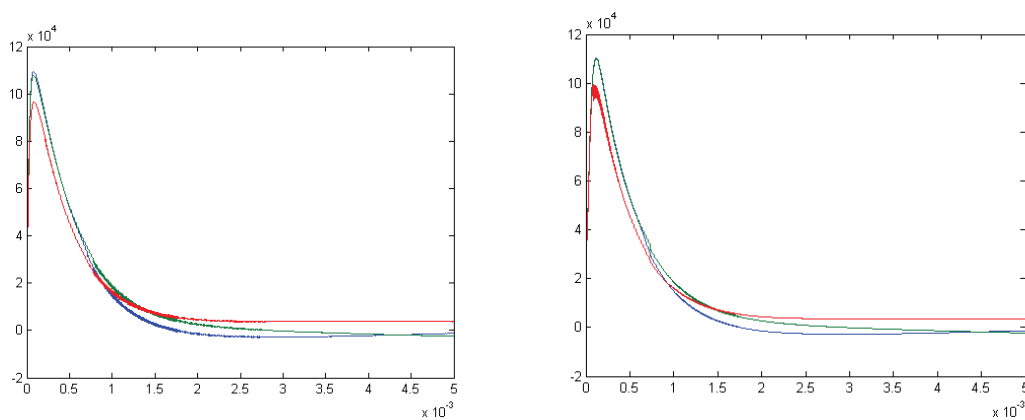


Рис. 3. Графіки амплітуди індукованої напруги на середній (зліва) та останній опорі (справа) для варіанта № 2

Підставивши відповідні значення виявимо, що найбільше зниження наведеної напруги спостерігається у разі встановлення ОПН на кожній з опор ЛЕП. Очевидно, що найкращим способом захисту лінії є встановлення ОПН на всіх опорах. Варіант установки лише на крайніх опорах не забезпечує зниження амплітудного значення напруги до допустимого рівня.

### Висновки

Встановлення нелінійних обмежувачів перенапруг через одну опору ЛЕП 35 кВ дозволяє ефективно зменшити наведену напругу. Захист ПЛЛ від перенапруг є дуже важливим завданням в сучасній енергетиці.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Comparison of Lightning with Public Domain HEMP Waveforms on the Surface of an Aircraft / R. L. Gardner, L. Baker, C. E. Baum, D. J. Andersh // 6th EMC Symposium. — Zurich, 1985.
2. Golde R. H. Lightning / R. H. Golde. — London : Academic Press Inc, 1977, vol. I & 2/
3. Jones R. D. On the Use of Tailored Return-Stroke Current Representation to Simplify the Analysis of Lightning Effect on Systems / R. D. Jones // IEEE Trans. On EMC, 1977.
4. Bruce C. E. Journal of IEE / C. E. Bruce, R. H. Golde. — 1941. — V. 88. — P. 487—520.
5. Calculation on Induced Over-voltage on Low-voltage Overhead Lines / Ping Liu, Xiao Yi, Xu Wang, Yongling Lu, Jianhui Yu, Wenjun Zhou // IEEE Power Engin. and Autom. Conf. (PEAM) (8—9 Sept. 2011). — 2011. — Vol. 2. — Pp. 68—72.
6. Техника высоких напряжений : учеб. пос. для вузов / [Александров Г. Н., Иванов В. Л., Кадомская К. П., и др.] ; под ред. Костенко М. В. — М. : Высш. школа, 1973. — 528 с.
7. Перенапряжение в сетях 6–35 кВ / Ф. А. Гиндуллин, В. Г. Гольдштейн, А. А. Дульзон, Ф. Х. Халилов. — М. : Энергоатомиздат, 1989. — 192 с. : ил.

**Богдан Володимирович Чумак** – студент групи 3е-15б, факультет електроенергетики та електромеханіки, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail:3e15b.chumak@gmial.com.

Науковий керівник: **Сергій Михайлович Левицький** – кандидат технічних наук, доцент кафедри електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

**Bogdan V. Chumak** – Power and Electrical Engineering Department, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail:3e15b.chumak@gmial.com.

Supervisor: **Sergey M. Levitsky** – Cand. Sc. (Eng), associate Professor of electrical power consumption and power management, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.