

# ЗНИЖЕННЯ РІВНЯ РАДІОЗАВАД ВИСОКОВОЛЬТНИХ ЛІНІЙНИХ ІЗОЛЯТОРІВ

Бржезицький В.О., д.т.н., проф., Лапоша М.Ю., аспірант, Ярмоцик Є.С., студент

*КПІ ім. Ігоря Сікорського, кафедра техніки і електрофізики високих напруг*

**Вступ.** Високовольтні ізолятори є невід'ємними елементами ліній електропередачі, що в процесі експлуатації піддаються одночасному впливу електричних і механічних навантажень при зміні оточуючих зовнішніх умов. Щоб ізолятор був надійним протягом багатьох років повинні бути детально опрацьовані методи конструювання, фізико-механічні та електрофізичні характеристики високовольтних ізоляторів, у тому числі за допомогою розрахунку картини дії електричного поля [1].

У високовольтних лінійних тарілчастих ізоляторах ізоляційна (як правило, скляна) деталь і цементно-піщана зв'язка (ЦПЗ) знаходяться під електричним навантаженням. Фізичний стан ЦПЗ характеризується різним вмістом повітря (пористістю), що призводить до значного коливання електричної провідності зв'язки, яка, в свою чергу, впливає на внутрішню електричну міцність ізолятора, роблячи зв'язку вразливою до впливу сильного електричного поля [2].

Питанню підвищення технічних характеристик ізоляторів, їх надійності в процесі експлуатації приділяється значна увага в наукових роботах [3].

У зв'язку з підвищенням вимог до допустимого рівня радіозавад ізоляторів [4] виникає необхідність подальших досліджень електричних характеристик ізоляторів, вдосконалення їх конструкцій, розвитку існуючих та розробки нових методологічних основ їх розрахунку.

**Мета роботи:** визначення електричних характеристик високовольтного ізолятора при зміні конструкції його елементів.

**Матеріали та результати досліджень.**

При дослідженні було використано високовольтний лінійний ізолятор типу ПС120Б [5], який зображено на рис. 1.

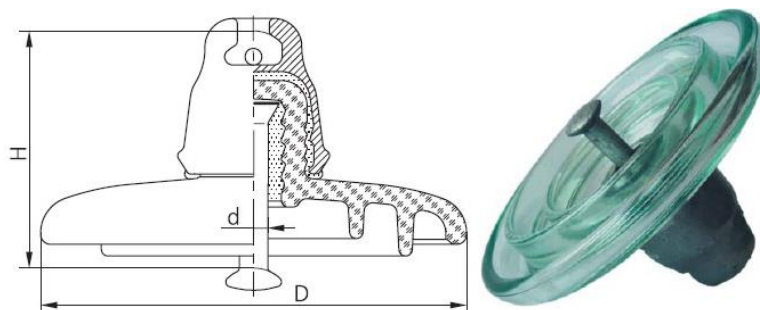


Рисунок 1 – Високовольтний лінійний ізолятор типу ПС120Б, де  $H = 127$  мм;  $D = 255$  мм;  $d = 16$  мм [5]

Для дослідження високовольтного ізолятора даного типу на допустимий рівень радіозавад на стандартизованій частоті 1 МГц було використано

розроблену кафедрою ТЕВН НТУУ «КПІ» установку для випробування ізоляторів на допустимий рівень радіозавад [4].

В результаті отримано графік залежності рівня радіозавад від випробувальної напруги, який представлений на рис. 2.

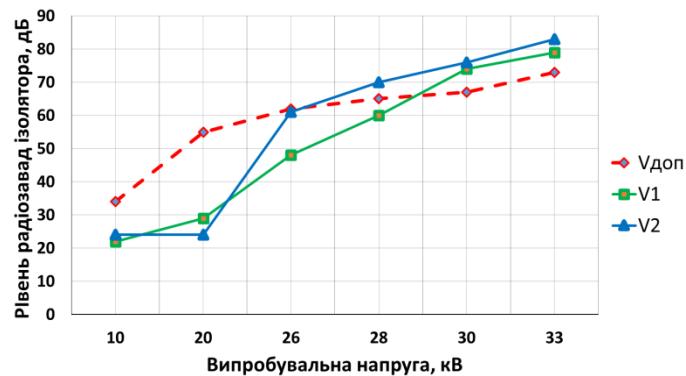


Рисунок 2 – Залежність рівня радіозавад від випробувальної напруги ізолятора, де  $V_1$ ,  $V_2$  – рівні радіозавад двох зразків ізолятора;  $V_{\text{доп}}$  – допустимий рівень радіозавад

З графіка рис. 2 видно, що при збільшенні напруги понад  $U_{\text{випр}} = 20$  кВ спостерігається різке збільшення рівня радіозавад, який перевищує допустиме значення в діапазоні  $U_{\text{випр}} > 26,4$  кВ. Проведений детальний аналіз показав, що в ЦПЗ у області верхньої частини стрижня ізолятора при підвищенні напруги понад 20 кВ відбувається інтенсивний розвиток часткових розрядів (ЧР), який спричинений певним вмістом повітря та пористістю ЦПЗ.

У зв'язку з цим було проведено дослідження електричного поля високовольтного лінійного ізолятора (рис. 1) за допомогою його моделювання в програмному пакеті Comsol Multiphysics [6], в якому розраховувалась віссиметрична задача розподілу потенціалу методом кінцевих елементів.

Розрахункова модель ізолятора в Comsol Multiphysics представлена на рис. 3, де 1 – стрижень ізолятора; 2 – бітумна замазка; 3 – цементно-піщана зв'язка; 4 – скляна ізоляційна деталь; 5 – шапка ізолятора.

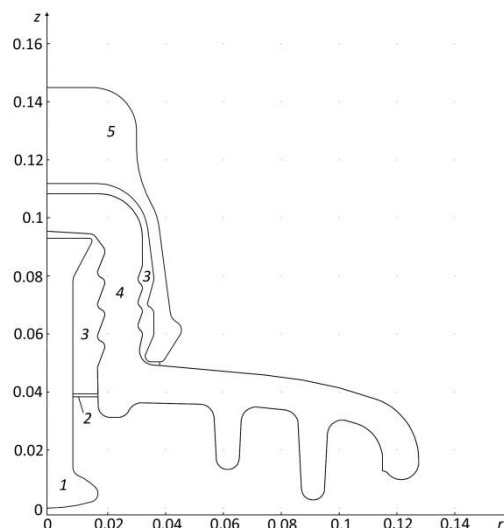


Рисунок 3 – Розрахункова модель ізолятора в Comsol Multiphysics

При розрахунках були прийняті наступні дані [3, 7]:

- для бітумної замазки – відносна діелектрична проникність  $\epsilon = 2.75$ , електропровідність  $\sigma = 3.16 \times 10^{-14}$  См/м;
- для цементно-піщаної зв'язки – відносна діелектрична проникність  $\epsilon = 10$ ; електропровідність  $\sigma = 2 \times 10^{-8}$  См/м;
- для скляної ізоляційної деталі – відносна діелектрична проникність  $\epsilon = 5.87$ ; електропровідність  $\sigma = 7.36 \times 10^{-15}$  См/м;
- прикладена напруга до ізолятора 10 кВ частоти 50 Гц.

В результаті отримано розподіл напруженості електричного поля ізолятора, який представлено на рис. 4.

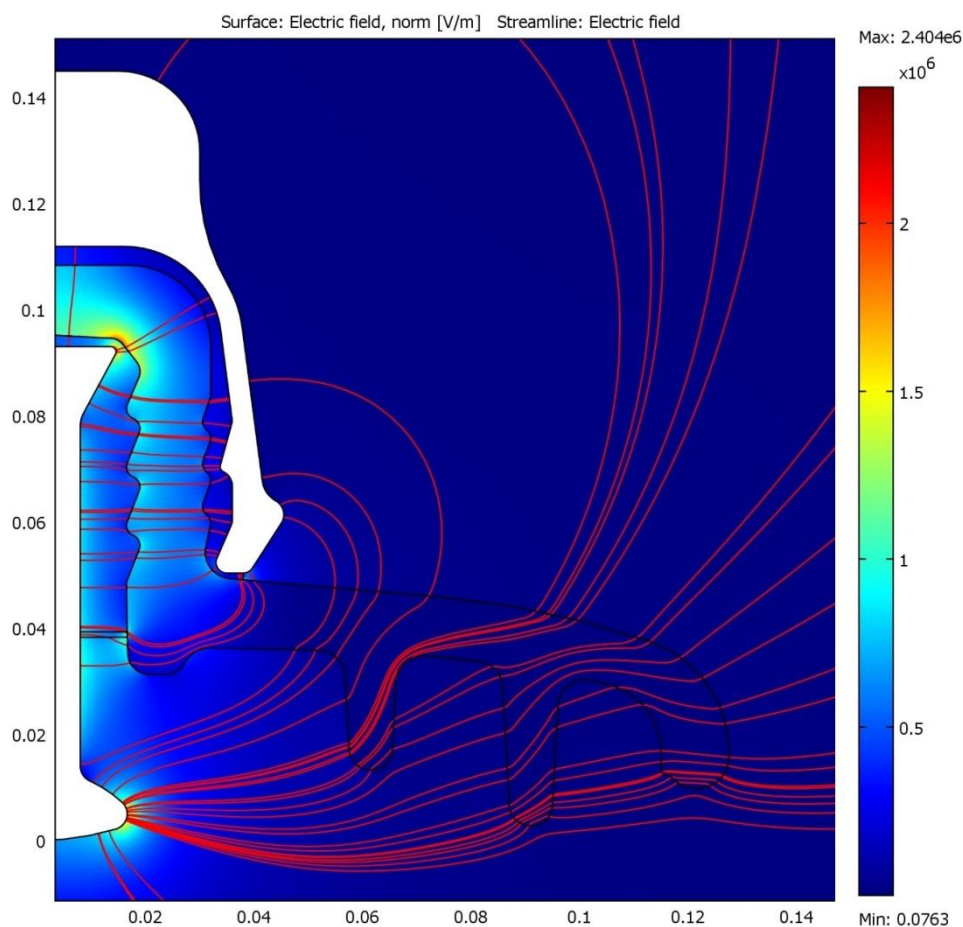


Рисунок 4 – Розподіл напруженості електричного поля ізолятора

Виявлено, що найбільш напруженою в ізоляторі є область заокруглення стрижня ізолятора, де максимально проявляється дія ЧР. Розрахункова напруженість в області заокруглення стрижня ізолятора становить  $E = 23,7$  кВ/см (амплітудне значення) при діючій нарузі на ізоляторі 10 кВ (середньоквадратичне значення).

Для даного типу ізолятора було проведено ряд розрахунків напруженості електричного поля при зміні радіуса заокруглення стрижня від 1 до 5 мм. Отримані результати представлені на рис. 5, на якому зображено графік залежності максимальної напруженості електричного поля від радіуса заокруглення стрижня ізолятора.

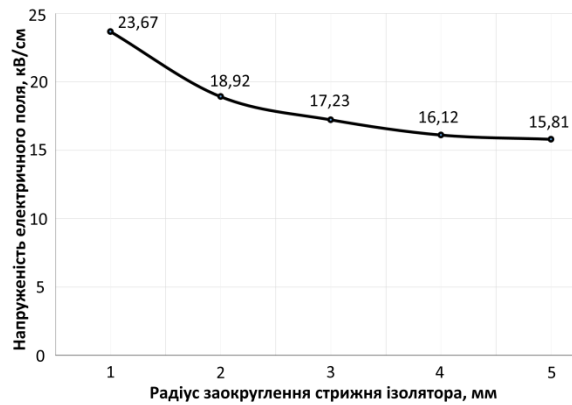


Рисунок 5 – Залежність максимальної напруженості електричного поля від радіусу заокруглення стрижня ізолятора

З графіка рис. 5 видно, що при збільшенні радіуса заокруглення стрижня від 1 до 5 мм максимальна напруженість електричного поля в ізоляторі буде зменшуватися і складе  $E = 15,81$  кВ/см при радіусі заокруглення 5 мм. Слід відзначити, що при збільшенні радіуса заокруглення стрижня може відбуватися зменшення механічної міцності ізолятора, що потребує проведення додаткових досліджень.

### Висновки

1. Дослідження електричного поля ізолятора показало, що найбільше значення напруженості електричного поля відноситься до верхньої частини стрижня ізолятора.

2. Одержано залежність рівня радіозавад від випробувальної напруги, з якої видно, що при збільшенні напруги більше 20 кВ спостерігається різке збільшення рівня радіозавад, що перевищує допустиме значення в діапазоні  $U_{\text{випр}} > 26,4$  кВ.

3. Запропоновано проводити виготовлення стрижня із збільшеним радіусом заокруглення, в результаті чого очікується зменшення напруженості електричного поля, а також зниження рівня радіозавад лінійних ізоляторів.

### Перелік посилань

1. ДСТУ ІЕС 60383-1. Ізолятори для повітряних ліній на номінальну напругу понад 1000 В. Частина 1. Елементи керамічних і скляних ізоляторів для систем змінного струму. Методи випробування та критерії приймання.–К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 46с.
2. Михайлов Д. И. Изоляторы высокого напряжения: учеб. пособие / Д. И. Михайлов. - Новочеркасск: НПИ, 1977. - 85 с., ил.
3. Кім Є. Д. Методологічні основи удосконалення високовольтних лінійних ізоляторів та методів їх випробувань: дис. ... д-ра наук: 05.09.13 / Є. Д. Кім. – Х., 2003. – 410 с.
4. Бржезицький В.О., Гаран Я.О., Лапоша М.Ю. Розробка установки для випробування високовольтних ізоляторів на допустимий рівень радіозавад // Журнал «Технологічний аудит та резерви виробництва». – Харків, 2016. – № 1/1(27). – с. 37 – 41.
5. ГОСТ 27661. Изоляторы линейные подвесные тарельчатые. Типы, параметры и размеры, 1988. – 11 с.
6. Офіційний сайт COMSOL Multiphysics [Електронний ресурс]. – режим доступу: <http://www.comsol.com/>.
7. Справочник по электротехническим материалам: в 3-х т. / Под. ред. Ю.В. Корицкого и др. – 3-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – Т. 2. – 464 с.