

ДОСЛІДЖЕННЯ МЕХАНІЧНИХ НАПРУЖЕНЬ У ВИСОКОВОЛЬТНОМУ ЛІНІЙНОМУ ІЗОЛЯТОРІ

Бржезицький В.О., д.т.н., проф., Лапоша М.Ю., аспірант, Євдокимов О.І., студент

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

Вступ. Лінійний підвісний ізолятор являє собою систему, що складається з чавунної шапки, сталевого стрижня, ізоляційної деталі (як правило, скляної) та цементно-піщаної зв'язки (ЦПЗ). Найбільш відповідальним елементом ізолятора є силовий вузол, який в значній мірі визначає працездатність, електромеханічні характеристики, надійність і довговічність в експлуатації високовольтних підвісних ізоляторів [1].

При застосуванні до ізолятора механічного навантаження, тобто розтягуючого зусилля, в його силовому вузлі відбувається розподіл механічних напружень, який залежить від конфігурації та фізико-механічних властивостей складових елементів високовольтного ізолятора [2].

Питанню дослідження механічних характеристик ізоляторів, вдосконаленню їх конструкцій, розвитку існуючих та розробки нових методик проектування силових вузлів ізоляторів приділяється значна увага в наукових роботах [2, 3].

В роботі [4] запропоновано проводити виготовлення стрижня лінійних ізоляторів із збільшеним радіусом заокруглення, що призведе до певного ослаблення механічної міцності конструкції ізолятора.

В зв'язку з цим виникає задача розрахунку та визначення характеру розподілу механічних напружень в областях силового вузла високовольтного ізолятора при модернізації конструкції його стрижня.

Мета роботи: розрахунок механічних напружень у високовольтному ізоляторі при проведенні модернізації його елементів.

Матеріали та результати досліджень.

При дослідженні було використано високовольтний лінійний ізолятор типу ПС120Б [5]. Результати дослідження [4] показують, що при збільшенні радіуса заокруглення конічної частини стрижня ізолятора від 1 до 5 мм максимальна напруженість електричного поля в ізоляторі суттєво зменшується з 23,57 кВ/см до 15,81 кВ/см. При цьому повинні збільшуватись механічні напруження у силовому вузлі ізолятора.

Тому виникає питання дослідження розподілу механічних напружень в силовому вузлі ізолятора при збільшенні радіуса заокругленні стрижня від 1 до 5 мм. Для цього проводимо моделювання в розрахунковому модулі «Structural Mechanics Module», який входить в програмний пакет Comsol Multiphysics [6].

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

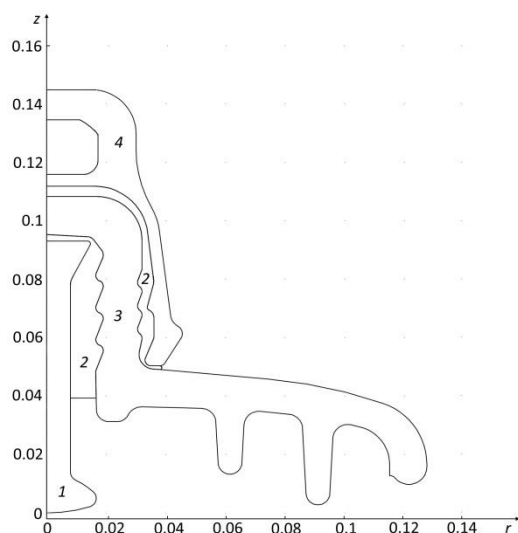


Рисунок 1 – Розрахункова модель ізолятора в Comsol Multiphysics

При розрахунках були задані фізичні параметри елементів ізолятора, які були вибрані з бібліотеки пакету Comsol Multiphysics відповідно [2, 6]:

- для стрижня ізолятора – сталь марки Ст45;
- для цементно-піщаної зв’язки – бетон марки М500;
- для скляної ізоляційної деталі – скло сорту № 7;
- для шапки ізолятора – чавун марки ВЧ50.

Також задані граничні умови, у тому числі значення лінійного навантаження $F = 120$ кН, яке прикладено до нижньої частини стрижня ізолятора за ГОСТ 27661 [5].

В результаті проведених розрахунків отримано розподіл механічних напружень ізолятора, який представлено на рис. 2.

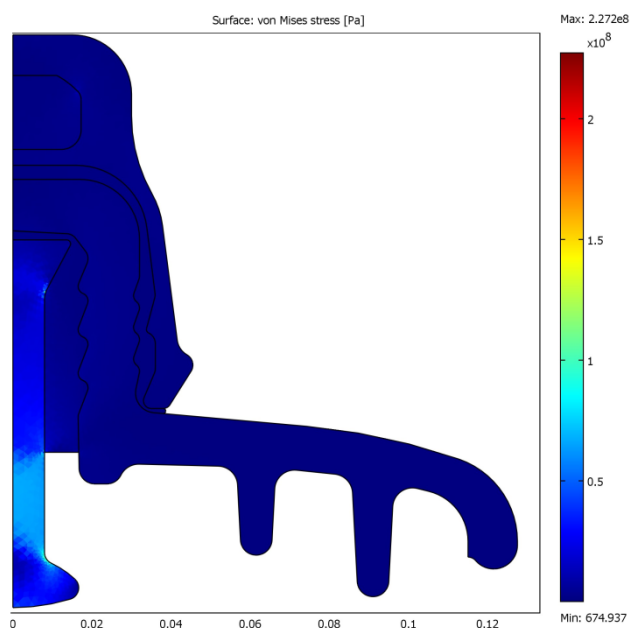


Рисунок 2 – Розподіл механічних напружень в силовому вузлі ізолятора

При проведенні серії розрахунків із зміною радіуса заокруглення стрижня від 1 до 5 мм були отримані значення максимальних механічних напружень

стиснення F_p в ЦПЗ в області конусного розширення стрижня силового вузла ізолятора, які наведені в табл. 1.

Таблиця 1 – Максимальні значення механічних напружень стиснення F_p в ЦПЗ силового вузла ізолятора

№	Радіус заокруглення стрижня r , мм	Розрахункове максимальне напруження F_p , МПа
1	1,0	6,34
2	2,0	6,33
3	3,0	7,04
4	4,0	6,68
5	5,0	6,73

Із даних табл. 1 видно, що при збільшенні радіуса заокруглення стрижня від 1 до 3 мм значення механічних напружень в силовому вузлі ізолятора будуть збільшуватись до 11 % і становитимуть $F_p \sim 7$ МПа при $r = 3$ мм, що не перевищує допустиме значення $F_{\text{доп}} = 66$ МПа [3]. Разом з тим, деяке несуттєве зменшення F_p для $r = 4,0$ мм або $5,0$ мм пояснюється дискретністю вибору сітки розбиття елементів в Comsol Multiphysics.

Висновки

1. Дослідження механічних напружень в силовому вузлі ізолятора при заокругленні стрижня від 1 до 5 мм з використанням розрахункового модуля «Structural Mechanics Module» дозволяє визначити максимальні значення напружень у цементно-піщаній зв'язці ізолятора.

2. Одержано розподіл внутрішніх механічних напружень ізолятора, з якого видно, що найбільш напруженою в ізоляторі є область конусного розширення стрижня ізолятора, де максимальна розрахункова напруженість стиснення ЦПЗ становить $F_p \sim 7$ МПа при $r = 3$ мм.

3. Проведена перевірка пропозиції виготовлення стрижня із збільшеним радіусом заокруглення показує, що очікуване збільшення механічних зусиль в силовому вузлі ізолятора складає 11 % і знаходиться в межах допустимого.

Перелік посилань

1. ДСТУ 2203. Ізолятори лінійні підвісні тарілчасті. Загальні технічні умови. – К.: Держстандарт України, 1993. – 27 с.
2. 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.
3. Злаказов А. Б. Разработка методики проектирования силовых узлов подвесных изоляторов: дис. ... к-та наук: 05.09.02, 01.02.06 / А. Б. Злаказов. – М., 1991. – 135 с.
4. Бржезицький В. О., Лапоша М. Ю., Абрамчук Ю. В. Удосконалення високовольтних лінійних ізоляторів // Доповіді за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених, аспірантів і студентів. Сучасні проблеми електроенерготехніки та автоматики. – Київ: «Політехніка», 2016. – с. – .
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/>.