

**УДК 620.179.16:621.315**

*О.І. Павленко, студент гр. ВВ-71мп*

**КПІ ім. Ігоря Сікорського**

## **УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ ФАРФОРОВИХ ІЗОЛЯТОРІВ**

**Анотація.** Запропоновано метод ультразвукової діагностики фарфорових ізоляторів.

**Ключові слова:** пористість, структуроскопія, ультразвуковий метод, класифікація методів, швидкість ультразвуку, неруйнівний метод, фарфоровий ізолятор, відбраковування ізоляторів, порогове значення.

### **ВСТУП**

Фарфорові ізолятори є важливим елементом енергетичних систем вони призначені для ізоляції та кріплення струмопровідних частин в електричних апаратах, підстанцій та комплектних розподільних пристроях електричних станцій. Руйнування та пошкодження фарфорових ізоляторів, що встановлюються у відкритих розподільчих пристроях змінного струму, приводять до серйозних аварій.

Одним з найбільш поширених дефектів фарфорових ізоляторів є відкрита мікроскопічна пористість. Оскільки волога може потрапляти вглиб зони відкритої мікроскопічної пористості цілком можлива втрата ізоляційних властивостей а також механічне пошкодження ізоляторів (можливий варіант росту макроскопічних тріщин за рахунок розширення льоду при замерзанні).

Більшість відмов фарфорових ізоляторів спричинені мікроскопічною пористістю(близько 80%). Для виявлення відкритої мікроскопічної мікропористості може використовуватися неруйнівний метод виявлення, а саме ультразвукова структуроскопія, що ґрунтується на розсіювання ультразвукових коливань в об'єкті контролю та вимірюванні швидкості поширення ультразвуку.Через наявність відкритої мікроскопічної пористості зменшується швидкість поширення ультразвукових коливань і завдяки цьому можна продіагностувати ізолятор на наявність мікропористості.

Відбраковування фарфорових ізоляторів відбувається на основі порівняння вимірної швидкості ультразвуку в окремому ізоляторі з наперед встановленим пороговим значенням швидкості. Порогове значення швидкості ультразвукових коливань уточнюється за допомогою методу фуксинової проби під тиском, який потребує руйнування доволі дорогого ізолятора[1].

### **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ. ФАРФОРОВІ ІЗОЛЯТОРИ ТА ПОРИСТІСТЬ**

Фарфор служить в галузі електрозабезпечення як зразковий спосіб. Ізолятори, виготовлені з цього матеріалу, успішно використовуються з найдавніших днів передачі та розподілу енергії, починаючи з ХІХ століття. Незважаючи на недоліки, такі як хрупкість (тобто легко руйнуються) і плотність) обидва з яких вимагають догляду під час обробки - інертність цієї неорганічної матеріалу надає величезну стабільність перед обличчям численних факторів навколишнього середовища, які можуть привести до деяких органічних матеріалів швидко погіршуються і зазнають невдачі.

Є багато постачальників порцелянових ізоляторів і, не дивно, існують також відмінності в матеріалах та технологічних процесах доступних продуктів. Для розподільних напруги низької міцності, порцеляновий склад на основі кварцу може працювати задовільно; для передачі напруги, навпаки, звичайно використовувати високоміцний фарфор на основі глинозему. Окрім відмінностей у складанні фарфору, існують також варіації в типі цементу, що використовується для прикріплення обладнання. Хоча порцелянові ізолятори повинні задовольняти певним рівномірним національним та міжнародним стандартам, вони, як правило, не можуть встановити тривалість використання цих ізоляторів. Зниження електричної та механічної міцності в фарфору широко вивчалось в минулому.

Недоліки внаслідок поширення за часом тріщин у фарфоровому тілі, збільшення напруги навколо кутів на ділянці шпильки, що призводить до проколу під час грозових розрядів, неправомірного фарфору та інше. Більшість з цих типів режимів відмов не видно, оскільки вони, як правило, виникають всередині з'єднання. Фарфорові ізолятори можуть бути пошкоджені під час зберігання, під час установки або через неправильну експлуатацію. Однак у більшості випадків число зламаних одиниць у рядку обмежується одним або двома.

Таким чином, збірка ізоляторів повинна бути здатна підтримувати лінію як механічно, так і електрично. Підвісні ізолятори, як правило, піддаються середньодобові навантаження, які представляють лише частку (близько 20 відсотків) їх Механічного та електричного тиску (М & Е). Таким чином, існує значний запас надійності, коли ізолятор є новим. Однак ця різниця зменшиться, оскільки ізолятор старіє під час служби.

Багато комунальних послуг мають керамічні ізолятори у своїх системах, які в даний час перевищують нормально "прийнятне життя" 30 років. Ці ізолятори можуть продовжувати функціонувати протягом багатьох років. Тим не менш, логічно, що комунальні підприємства хотіли б мати інформацію про те, коли це ідеальний час для їх заміни, щоб планувати стратегії підтримки, спрямовані на мінімізацію переривань. Крім того, розумно очікувати, що комунальні підприємства зможуть отримати зразки цих ізоляторів з їх мереж, під час циклів технічного обслуговування, які потім можуть бути розглянуті та оцінені для цієї мети.

Одним із можливих підходів для оцінки стану цих ізоляторів було б порівняння механічної міцності ізоляторів, виставлених на полі, після багатьох років експлуатації до їхньої міцності, коли вони були новими (або в момент придбання). Однак, слід враховувати, що при застосуванні цього підходу, оскільки ізолятори зазвичай зберігають на відкритому повітрі протягом значних періодів перед установкою. Тому існує можливість того, що ці ізолятори, коли вони встановлені, вже не настільки міцні, як у їхньому новому стані. Що стосується електричних властивостей, то поверхневий та насипний аспекти корпусу ізолятора важливі.

Поверхневий опір може бути зменшений через такі чинники, як забруднення повітрям, ерозія глазурі, шорсткість поверхні, а також

накопичення побічних продуктів апаратної корозії. За винятком першого фактору, який можна пом'якшити шляхом природного очищення, решта джерел електричної деградації можуть призвести до постійного зменшення поверхневої резистентності. Це вплине на продуктивність ізолятора в забруднених умовах.

## **ІНШІ ДЕФЕКТИ ТА УЛЬТРАЗВУКОВИЙ МЕТОД КОНТРОЛЮ**

Отже, дефектами фарфорового тіла ізолятора, що обумовлені технологічними факторами виготовлення, є: відкрита мікроскопічна пористість (ВМП), як поверхнева так і об'ємна; засмічувальна макроскопічна пористість (ЗМАП); порушення складу маси (ПСМ); випалювальна макроскопічна пористість (ВМАП); та місцеві дефекти (МД), що представляють собою окремі макроскопічні тріщини та порожнини. Детальну класифікацію можна побачити на рисунку 1.

Акустичний метод заснований на залежностях параметрів поширення хвиль на властивостях середовища, де розповсюджуються хвилі. У разі твердого тіла вони залежать від упругих властивостей матеріалу, а також від його структурного складу. Ультразвуковий метод широко застосовувався в дефектоскопії. Виявлення розривів середовища здійснюється шляхом введення пучка хвиль у досліджуваний матеріал, а потім запису його відображення від границі. Серед можливих застосувань ультразвукового методу, також еластометрія. На основі експериментальних визначених значень швидкості ультразвукові хвилі, а також відомий матеріал щільності, можна отримати модуль Юнга  $E$  та Відношення Пуассона [1]

$$E = \rho c_T^2 \cdot (3c_L^2 - 4p_T^2) / (c_T^2 - c_T^2) \quad (1.1)$$

$$E = (c_L^2 - 2c_T^2) / 2(c_T^2 - c_T^2) \quad (1.2)$$

Цей ефект може бути описано зниженням модуля пружності. Пористість змінює пружний модуль Юнга матеріалу, і, як слід, зменшує продольні швидкість  $c_L$  як а також поперечну  $c_T$ . Було доведено, що швидкість розповсюдження ультразвукових хвиль лінійно зменшується з зростанням вмісту пористості [2]. Додатковий ультразвуковий параметр, який зазначено вище, дозволяє оцінити ступінь процесів старіння в керамічному матеріалі, цю і є затуханням.

Слід зазначити що ця формула не є універсальною, і для деяких матеріалів не можуть бути застосовна. Для кожного матеріалу необхідно визначати свої константи, що будуть використовуватися в формулах. Виявлення внутрішньої мікроскопічної пористості здійснюється методом ультразвукової структуроскопії за швидкістю поширення ультразвуку на змонтованому обладнанні (при цьому напруга має бути відключена) або в контрольованому середовищі перед монтажем.

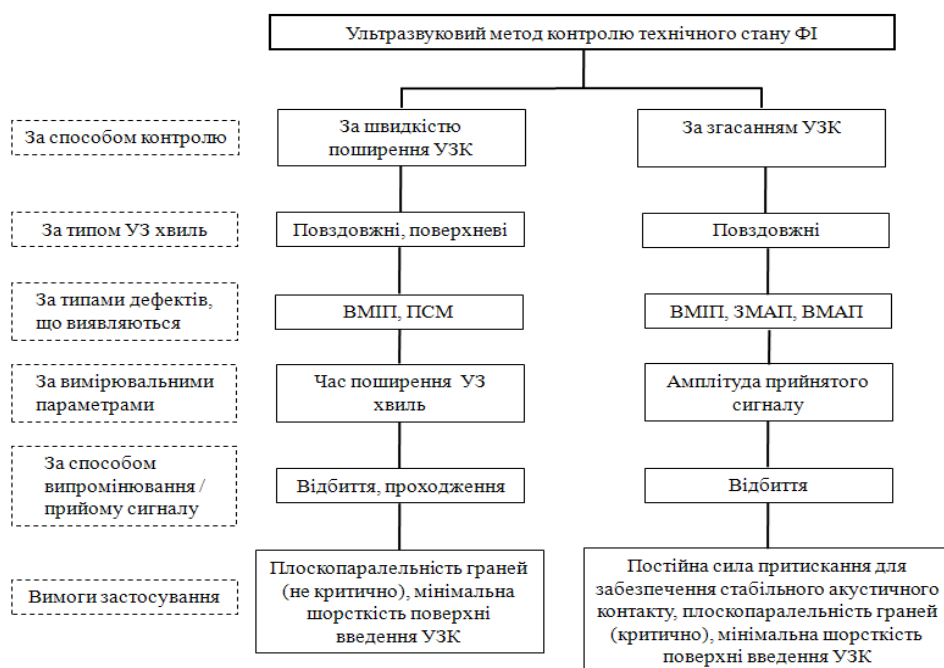


Рис. 1. Параметри ультразвукової структуроскопії фарфорових ізоляторів

## ВИСНОВКИ

Отже, можна зробити висновок, що основним методом виявлення внутрішньої мікроскопічної пористості є неруйнівний метод ультразвукової структуроскопії. Використання, наприклад методу фуксинової проби приводить до значних до значних матеріальних витрат адже ізолятори мають відносно високу собівартість. С проведеного дослідження методу ультразвукової структуроскопії можна зробити висновок, що використання даного методу, який не потребує використання руйнівних методів контролю має суттєві переваги над іншими способами контролю, діагностики та відбракування ізоляторів, а отже є досить вигідним рішенням у сфері застосування фарфорових ізоляторів.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Галаган Р.М. Система визуализации и обработки сигналов ультразвуковой дефектоскопии / Р.М. Галаган, С.В. Грузин.
2. Образовательные, научные и инженерные приложения в среде LabView и технологии National Instruments: труды VIII МНПК: тезисы докл. – Москва: РУДН, 2009. – С. 48-50.
3. Интернет ресурс <https://studfiles.net/preview/2629602/page:2/>
4. Бальшин М.Ю. Зависимость механических свойств порошковых материалов от пористости и предельные свойства пористых металлокерамических материалов / М.Ю. Бальшин // Докл. АН СССР. – 1949. – Т.67, №5. – С. 831-834.

*Наук. керівник – д.т.н., доц. Єременко В.С.*