

УДК 620.1(088.8)

Качалін В.І., Дяківський С.І., Юр'єв Р.С.
ДУ “Львівська політехніка”, ГНДЛ-90, кафедра ХТС

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ГАРТУВАННЯ СКЛЯНИХ ДЕТАЛЕЙ ПІДВІСНИХ ВИСОКОВОЛЬТНИХ ІЗОЛЯТОРІВ

© Качалін В.І., Дяківський С.І., Юр'єв Р.С., 2000

У статті наведені методика визначення ступеня гартування скляних деталей підвісних високовольтних ізоляторів, експериментально отримана крива залежності, за допомогою якої можна визначити ступінь гартування в складеталях, виготовлених із скла складу № 7 або близьких до нього, результати визначення ступеня гартування скляних деталей високовольтних підвісних ізоляторів типу ПС-60Б виготовлення Львівського ізоляторного, Слов'янського та Южно-Уральського арматурно-ізоляторного заводів.

У наш час практично всі високовольтні лінії електропередачі в Україні використовують підвісні високовольтні ізолятори із загартованого скла. Його механічна і електрична міцності забезпечила можливість створення ізоляторів, призначених для високих електромеханічних навантажень – 120, 160, 210, 300, 400 кН і більше.

Основною вимогою, яка пред'являється до ізоляторів, є забезпечення експлуатаційної надійності ПЛ.

Аналізом встановлено, що виведення з ладу скляних ізоляторів в основному зумовлено технологічними факторами їх виготовлення. Відомо, що показники міцності і термостійкості скляних ізоляторів, які є одними із основних складових їхньої надійності, залежать від залишкових напруг, які утворились внаслідок гартування. Тому стає необхідним визначення ступеня гартування ізоляційних деталей на різних стадіях виробництва, а також під час їхньої експлуатації.

У теперішній час у практиці використовують два методи вимірювання гартувальних напруг у склі: оптичний і механічний.

Оптичний метод полягає у вимірюванні за допомогою кварцових клинів значення подвійного променезаломлення плоскополяризованого світла при проходженні його через пластину, виготовлену із загартованого скла із залишковими напругами. Для застосування цього методу необхідний полярископ-поляриметр [1].

Відомий також механічний метод визначення гартувальних напруг у склі, суть якого полягає в тому, що напруження розраховують за значенням прогину пластини при послідовному стравлюванні шарів однієї із поверхонь скла за допомогою дії на неї плавикової кислоти [2].

Однак за допомогою цих методів можна визначити залишкові напруги тільки в плоских скляних пластинах, для скловиробів складної конфігурації, якими є скляні деталі ізоляторів, вони стають непридатними. Крім того, через нерівномірну товщину виробу і відмін-

ності технологічних режимів гартування в ізолюючих деталях ізоляторів у різних місцях утворюються неоднакові за значенням гартувальні напруги, що дуже ускладнює можливість визначення їх значення прямими методами.

Відомо, що під час руйнування загартованого скла кількість новоутворених поверхонь залежить від значення накопиченої потенціальної енергії, яке є тим вищим, чим вищий ступінь його гартування. На базі цього був розроблений метод, який передбачає приблизне визначення ступеня гартування скла довільної форми за розмірами осколків, які утворились при його руйнуванні [3].

За цим методом для визначення ступеня гартування беруть нерозсіпаний уламок зруйнованого скла розмірами приблизно 3×3 см і підраховують кількість осколків, які приходяться на одиницю площі. Так, наприклад, якщо кількість осколків становить близько 5 шт./см², то це відповідає напрузі, вираженій через різницю ходу променів, приблизно 1036 нм/см або 1.85 пор/см (1 порядок ≈540 нм).

Одним із недоліків цього методу є те, що він дозволяє лише досить наближено оцінювати ступінь гартування і то при невеликих його значеннях. При високих ступенях гартування (більше 2,5 пор/см) цей спосіб стає неприйнятним через складність і неточність підрахунку.

Під час проведених досліджень був запропонований новий метод встановлення ступеня гартування скла складної форми за допомогою визначення водопоглинання його уламків, які утворились при руйнуванні. Його суть полягає в тому, що під час руйнування масивного загартованого скла утворюються великі нерозсіпані уламки, які щільно вкриті тріщинами, об'єм яких є тим більший, чим вищий ступінь гартування. Оскільки тріщини представляють собою капіляри, то вони здатні поглинати воду, причому кількість поглинутої води буде пропорційна об'єму тріщин. Тому внаслідок руйнування зразків скла з різними відомими ступенями гартування і визначення водопоглинання утворених уламків можна знайти експериментальну залежність між значенням водопоглинання і ступенем гартування [4, 5].

Метою цієї роботи було визначення ступеня гартування складних деталей підвісних високовольтних ізоляторів із застосуванням методу водопоглинання.

Об'єктом досліджень було вибрано підвісні високовольтні ізолятори типу ПС-60Б складу скла № 7 Львівського ізоляторного заводу (табл. 1).

Таблиця 1

**Склад скла № 7 скляних деталей
високовольтних ізоляторів**

Оксиди	Вміст оксидів у мас. %
SiO ₂	72,2
Al ₂ O ₃	2,4
Fe ₂ O ₃	0,1
CaO	7,6
MgO	3,6
Na ₂ O	9,8
K ₂ O	4,0
SO ₃	0,3

Для знаходження залежності між значенням водопоглинання і ступенем гартування були взяті круглі скляні зразки завтовшки 15–16 мм, виготовлені із скла складу № 7 з додержанням технологічних режимів виробництва ізолюючих деталей високовольтних підвісних ізоляторів. У зразках попередньо були зрізані і відполіровані дві протилежні сторони, що є необхідним при вимірюванні в них гартувальних напруг оптичним методом.

Потім зразки підлягали гартуванню на лабораторній гартувальній установці за такою методикою: зразки нагрівали до температури гартування $(710 \pm 10)^\circ\text{C}$ протягом часу, в розрахунку 1 хв на 1 мм товщини, з подальшим охолодженням повітрям кімнатної температури, яке нагніталось вентилятором під тиском від 20 до 140 мм вод.ст.

Ступінь гартування в зразках вимірювали оптичним методом за допомогою полярископа-поляриметра ПКС-56. Після вимірювання гартувальних напруг зразки руйнувались на лабораторній установці для випробовувань скловиробів на механічний удар, після чого відбирали уламки масою 90...300 г, які аналізували на значення водопоглинання.

Аналіз проводили так: відібрані уламки зразків поміщали в поліетиленовий пакет і зважували на технічній вазі з точністю до другого знака після коми. Після зважування уламки поміщали у ванну з водою кімнатної температури, де їх витримували протягом десяти хвилин. Далі, після протирання вологою тканиною, зразки знову зважували в тому ж поліетиленовому пакеті. За різницею мас уламків визначали їх водопоглинання, яке розраховували за формулою (1) [6]

$$W = \frac{P_2 - P_1}{P_1} \cdot 100\% \quad , \quad (1)$$

де P_1 – маса сухих уламків зруйнованого скла, г; P_2 – маса уламків, насичених водою, г.

Результати вимірювань наведені в табл.2.

За цими результатами була побудована крива залежності водопоглинання зразка від ступеня його гартування, яка зображена на рисунку. Ця крива була отримана внаслідок апроксимації експериментальних даних поліномом другого порядку. Поліномні коефіцієнти, розраховані за методом найменших квадратів за допомогою програми GRAPHER V1.50 (GOLDEN SOFTWARE Inc., 1987), наведені в табл.3.

Таблиця 2

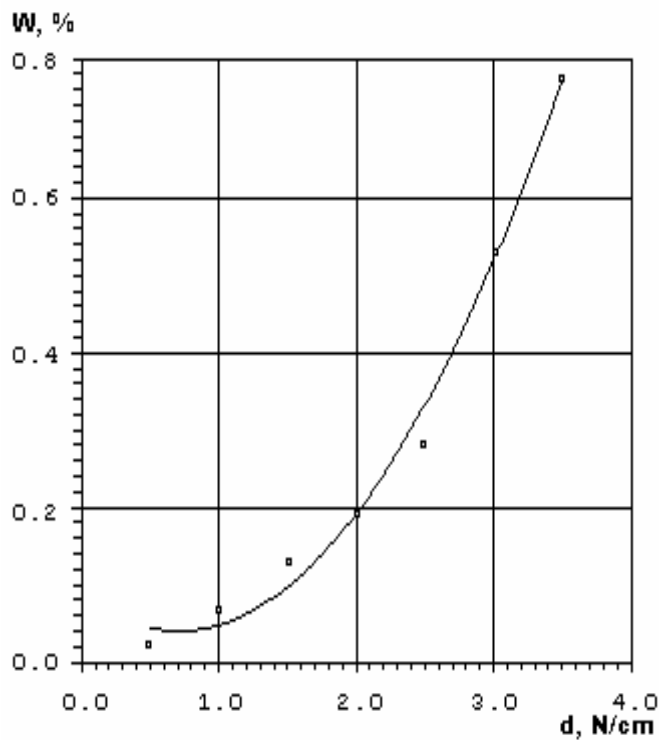
**Залежність водопоглинання уламків
скляних ізоляторів складу скла № 7
від їхнього ступеня гартування**

Ступінь гартування, N/cm	Водопоглинання %
0.5	0.02
1.0	0.07
1.5	0.13
2.0	0.19
2.5	0.28
3.0	0.53
3.5	0.76

Таблиця 3

**Поліномні коефіцієнти розраховані
кривої залежності (рис.1)**

Степені	Поліномні коефіцієнти
0	0.0857
1	- 0.1288
2	0.0910



Залежність водопоглинання улаmkів від ступеня їхнього гартування.

товленими Львівським ізоляторним (ЛІЗ), Слов'янським (САІЗ) та Южно-Уральським арматурно-ізоляторним (ЮУАІЗ) заводами.

Результати вимірювань наведені в табл.4.

Отримана крива є універсальною для загартованих зразків однакової товщини, виготовлених із скла складу № 7, оскільки згідно з рівнянням (2) [7]

$$\nu = \frac{6 \cdot V \cdot \sigma^2}{E}, \quad (2)$$

де ν – сумарна енергія деформації, накопичена в зразку; V – питомий об'єм тріщин у незруйнованому склі, з якого виготовлено зразок; σ – ступінь гартування; E – модуль Юнга, який є однако-вим для зразків одного складу; енергія деформації, відповідальна за ступінь руйнування загартованого скла, за всіх інших однакових умов залежить лише від ступеня гартування.

Використовуючи знайдену залежність, були визначені за методом водопоглинання ступеня гартування, окремо в тарілці і головці, підвісних високовольтних ізоляторів типу ПС-60Б, виго-

Таблиця 4

Ступені гартування скляних деталей високовольтних ізоляторів, визначені за методом водопоглинання

Ізолятори ПС-60Б виготовлення	Водопоглинання, %		Ступінь гартування, N/cm	
	головка	тарілка	головка	тарілка
ЛІЗ	0,424	0,170	2,8	1,9
САІЗ	0,123	0,049	1,7	1,0
ЮУАІЗ	0,360	0,150	2,6	1,8

Аналізуючи отримані дані, можна зробити такі висновки:

1) Ступінь гартування в головці і тарілці одної і тої ж ізоляційної деталі має різне значення.

2) Ступінь гартування в головці ізолюючої деталі ізолятора ПС-60Б виготовленого на ЛІЗ, на 32 % вищий, ніж у тарілці. Для САІЗ – на 41 %; ЮУАІЗ – на 31 %.

3) Ступінь гартування в головці ізолюючої деталі ізолятора ПС-60Б виготовлення ЛІЗ, на 39 % вищий, ніж у головці деталі виготовлення САІЗ і на 7 % виготовлення ЮУАІЗ.

4) Ступінь гартування в тарілці ізолюючої деталі ізолятора ПС-60Б виготовлення ЛІЗ вищий від ступенів гартування в тарілці деталей ізоляторів виготовлення САІЗ на 47 % і ЮУАІЗ на 5 %.

Отже, застосування цього методу водопоглинання дає змогу з високою точністю оцінювати ступінь гартування в будь-якій точці загартованої ізоляційної деталі підвісних високовольтних ізоляторів і таким способом оцінювати їхню якість.

1. Казанский М.С. Измерение напряжений в листовых закаленных и отжженных стеклах // *Стекольная промышленность*. 1940. № 5. С.15–19. 2. Богуславский И.А. Высокопрочные закаленные стекла. М., 1969. 3. Loodin Olaf. *Sprechsaal fur Keramik, Glass, Email, Silikate* // 17-71.104. Jahrgang. S.709–726. 4. АС 1347011 СССР. Способ определения степени закалки стеклянных изделий сложной формы / В.И.Качалин, С.И.Дякивский, Коринкевич С.В. и др. // *Открытия. Изобрет.* 1987. № 4. 5. Дяківський С.І., Качалін В.І, Василюк М.С. Метод оцінки напруг у загартованих скляних виробах складної конфігурації // *Вісн. Львів. політехн. ін-ту*. 1991. № 250. С.98–100. 6. Воробьев В.А. *Лабораторный практикум по общему курсу строительных материалов* // Гос. изд. лит. по строительным материалам. М. 1955. С.11–12. 7. Barson J.M. *Fracture of Tempered Glass* // *J. Amer. Ceram. Soc.* 1969. 51. № 12. P.75–78.

УДК 621.3.018.3

Кенс Ю.А.

ДУ “Львівська політехніка”, кафедра ЕМС

ВИЩІ ГАРМОНІКИ У БАГАТОФАЗНІЙ ЕЛЕКТРОМЕРЕЖІ БЕЗ НУЛЬОВОГО ПРОВОДУ

© Кенс Ю.А., 2000

Розглянуто розрахунок та аналіз вищих гармонік у багатофазних електричних мережах без нульового проводу в загальному випадку – нелінійне та несиметричне навантаження живиться від несиметричної ЕРС з вищими гармоніками

В Україні та інших країнах СНД електромережі 6...35 кВ працюють, як правило, без нульового проводу - з малими струмами замикань на землю. За таких умов виникають певні особливості в режимах роботи трифазного нелінійного навантаження. Особливості спектрів струмів у багатофазній електричній мережі з нульовим проводом і нелінійним навантаженням розглянуті в [1]. Коли нелінійне навантаження живиться від багатофазної мережі без нульового проводу, фазні напруги і струми навантаження всіх фаз взаємно залежні між собою, а тому залежні і їх гармонічні спектри.

У відомих публікаціях [2–4] розглянуті однофазні електромережі або багатофазні з нульовим проводом, від яких живиться нелінійне навантаження. У [5] розглянуто багатофазні системи без гармонічного аналізу отриманих результатів.

Доцільність визначення загальних особливостей спектрів, зокрема фазних напруг на нелінійному навантаженні зумовлена, наприклад, необхідністю аналізу режимів роботи захистів конденсаторних батарей 6...35 кВ від пошкоджень окремих конденсаторів [6], а також захистів потужних синхронних генераторів від виткових коротких замикань обмотки статора [7, 8].