



УКРАЇНА

(19) UA

(11) 54560

(13) C2

(51) 7 G01R31/12

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІОПИС  
ДО ПАТЕНТУ НА ВИНАХІД

## (54) СПОСІБ ОЦІНКИ СТУПЕНЯ ДЕФЕКТНОСТІ ІЗОЛЯЦІЇ ЕМАЛЬПРОВІДІВ

1

(21) 2000042307  
(22) 24 04 2000  
(24) 17 03 2003  
(46) 17 03 2003, Бюл. № 3, 2003 р.  
(72) Вакуленко Олександр Олексійович  
(73) ВІДКРИТЕ АКЦІОНЕРНЕ ТОВАРИСТВО  
"БАТРА"  
(56) SU 1839 240 A1, 30 12 1993  
Japanese Industrial Standard JIS C 3003-1984  
(57) Спосіб оцінки ступеня дефектності ізоляції емальпроводів, що полягає у випробуванні напругою фіксованої величини їх ділянок довжиною 1 м або 5 м, занурених у струмопровідну рідину для виявлення дефектів типу "точкові пошкодження", який відрізняється тим, що до ділянок емальпроводу довжиною  $(1,0 \pm 0,1)$  м прикладають плавно зростаючу змінну напругу промислової частоти, а фіксацію напруги пробують здійснюють в залежності від швидкості зміни струму витoku ізоляції з використанням диференціального пристрою або при

2

величинах  $(5,0 \pm 0,5)$  мА у випадку плавних іонізаційних процесів у місцях розташування дефектів, або по максимальній величині в момент різкого зростання струму пробую ізоляції, причому в результаті проведення цих багаторазових замірів отримують ряд дискретних величин мінімальних напруг пробую ізоляції, який після статистичної обробки за допомогою одержаних числових характеристик законів розподілу ймовірностей співставляють з математично описаними законами розподілу випадкових величин і попередньо встановленими п'ятьма рівнями порогової та номінальної електричної міцності ізоляції  $>200$  та  $>250$ ,  $>20$  та  $>200$ ,  $>20$  та  $>150$ ,  $>20$  та  $>100$ ,  $<20$  та  $<100$  кВ/мм, виходячи з яких здійснюють градацію ізоляції емальпроводу відповідно до її ступеня дефектності на бездефектну (теоретично), з низьким, середнім, високим та підвищеним ступенями дефектності

Винахід відноситься до випробувань електричної міцності ізоляції емальпроводів і може бути використаний при дослідженні впливу технологічних, експлуатаційних та ін. факторів на ізоляцію емальпроводів за допомогою оцінки ступеня її дефектності методами статистичного аналізу

Відомий стандартний метод випробування ізоляції емальпроводів на електричний пробій, у якому випробувальна напруга прикладається до зразка у вигляді скрутки двох провідників [1 ГОСТ 14340 7-74 Провода эмалированные круглые Метод испытания изоляции напряжением] Оскільки пробій ізоляції відбувається по схемі діелектрик-повітря-діелектрик, причому в самому діелектрику - по наявних дефектах, довжина іонізованого розрядного проміжку при пробіє може змінюватись в значних межах, що зумовлює відповідний розкид напруг пробую Тому ця методика може вважатись тільки оцінювальною з малим рівнем інформації про реальний стан дефектності ізоляції До того ж напруга пробую по величині досягає досить великих значень Відомий також спосіб випробування електричної міцності діелек-

тричних ділянок виробів зануренням у струмопровідну рідину, яка знаходиться у струмопровідній ванні [2 Роторная установка для испытаний изделий на электрическую прочность Часть 2 А с 1839240, МКІ<sup>7</sup> G01R31/12 / А И Бинзак, Б П Колесников, Е Н Аксенов, В Г Зюзьков, Л П Лыхина №4825021/21, Заявл 14 05 90, Оубл Бюл РФ №№47 - 48, 1993, с 118] Принципово розв'язуючи завдання точності заміру напруги пробую діелектричних ділянок виробів, рішення є занадто загальним, оскільки під виробом прийнято розуміти результат деяких технологічних дій, що стосовно емальпроводу має найменування бобіна (після нанесення ізоляції), котушка (після намотування) і т. ін., до того ж надає неповну інформацію щодо дефектності їх ізоляції, так як пробій буде відбуватись на місці найменшого опору на ділянці емальпроводу незалежно від довжини, не виявляючи інших дефектованих ділянок з більшою напругою пробую

Найбільш близьким до пропонованого способу оцінки ступеня дефектності ізоляції емальпроводів є технічне рішення, що полягає у випробуванні напругою фіксованої величини їх ділянок

(13) C2

(11) 54560

(19) UA

довжиною 1м або 5м, занурених у струмопровідну рідину для виявлення дефектів типу "точкові пошкодження" [3 Japanese Industrial Standard JIS C 3003 - 1984 Methods of Test for Enamelled Copper and Enamelled Aluminium Wires, p 6 Pin Hole]

Виявляючи явні дефекти, ця методика не дозволяє одержати достовірну інформацію про ступінь дефектності ізоляції емальпроводу, до того ж довжина зразка фіксується умовно, що також збільшує невизначеність в оцінці дефектності ізоляції

Мета винаходу полягає у виявленні і описі, а отже, у збільшенні достовірності інформації про реальну ступінь дефектності ізоляції емальпроводів

Поставлена мета досягається способом проведення багаторазових замірів напруг пробую ізоляції ділянок емальпроводів, встановленням нормативів електричної міцності ізоляції у відповідності з числовими характеристиками законів розподілу ймовірностей напруг пробую та якісною градацією ізоляції по ступенях дефектності. А саме, до ділянок емальпроводу довжиною  $(1,0 \pm 0,1)$ м прикладають нефіксовану, як у прототипу, а плавно зростаючу змінну напругу промислової частоти, причому фіксацію напруги пробую здійснюють в залежності від швидкості зміни струму витoku ізоляції з використанням диференціального пристрою при величинах  $(5,0 \pm 0,5)$ мА або значно більших, причому при якісній оцінці дефектності ізоляції кількість випробувань доводять до 25 разів, а при кількісній оцінці - до 50 або 100 разів, в результаті чого одержують ряд дискретних величин мінімальних напруг пробую ізоляції, який після статистичної обробки за допомогою одержаних числових характеристик законів розподілу ймовірностей співставляють з математично описаними законами розподілу випадкових величин і попередньо встановленими п'ятьма рівнями порогової та номінальної електричної міцності ізоляції  $>200$  та  $>250$ ,  $>20$  та  $>200$ ,  $>20$  та  $>150$ ,  $>20$  та  $>100$ ,  $<20$  та  $<100$ кВ/мм, виходячи з яких здійснюють градацію ізоляції емальпроводу відповідно до її ступеня дефектності на бездефектну (теоретично), з низьким, середнім, високим та підвищеним ступенями дефектності

На фіг 1, 2, 3 приведені гістограми відносних частот  $w$  значень напруг  $U$  (середніх значень в інтервалі  $\Delta U$ ), а на фіг 4, 5, 6 - статистичні функції розподілу  $F^*$  (сума відносних частот при значеннях  $U$  та менших),

де  $U$  - випадкова величина дискретного типу напруги пробую ізоляції (абсолютне або нормоване значення)

Запропонований спосіб оцінки ступеня дефектності ізоляції емальпроводів виконується наступним чином. Досліджуваній емальпровід розподіляється на ділянки довжиною  $(1,0 \pm 0,1)$ м довільної форми без пошкодження ізоляції, після чого утворені нормовані по довжині зразки занурюються у струмопровідну рідину, до кожного з яких через провідник емальпроводу і рідину послідовно прикладається не постійна, як у прототипу, а плавно зростаюча від нуля випробувальна напруга змінного струму промислової частоти, причому фіксація напруги пробую здійснюється

за допомогою диференціального пристрою, який реагує на швидкість зміни струму, або при досягненні струмом витoku ізоляції нормованої величини  $(5 \pm 0,5)$ мА при плавних іонізаційних процесах у місцях розташування дефектів, або відразу - при різкому зростанні струму пробую ізоляції, при цьому кількість зразків повинна відповідати статистичним нормативам одержання достовірної інформації при такого роду випробуваннях, а величина струму витoku ізоляції та довжина відрізків емальпроводу вибрані оптимальними при меншому струмі зростатимуть вимоги до точності його заміру диференціальним пристроєм, а при збільшенні - в місцях дефектів зростає вклад випадкових процесів відриву мікроділянок ізоляції, що супроводжуються скачками струму, при збільшенні довжини зразка збільшується частота появи одної певної напруги пробую, величина якої перебуває у зворотній залежності від довжини, а при зменшенні довжини - різко зростає необхідність збільшення кількості випробувань для отримання тієї ж інформації про дефектність емальпроводу, що й при довжині  $(1,0 \pm 0,1)$ м

Отже, в результаті багаторазових замірів одержується ряд дискретних випадкових величин мінімальних напруг пробую ізоляції, нормованих до одиниці довжини емальпроводу, який після застосування методів статистичної обробки містить інформацію про ймовірність існування ділянок емальпроводу з певними значеннями напруг пробую, в тому числі нижчими від нормативних або попередньо встановлених, а тому дає можливість здійснити якісну градацію ізоляції емальпроводу у відповідності з, наприклад, п'ятьма ступенями дефектності бездефектна, з низьким, середнім, високим та підвищеним ступенями. Слід підкреслити, що заміряна напруга пробую однозначно відповідає електричній міцності ізоляції в місці пробую

Технічне рішення згідно запропонованого способу зумовлюється особливістю формування ізоляції емальпроводів, при якому вона наноситься на провідник шар за шаром в рідкому стані з наступним кабіруванням та затвердженням. В ідеальному випадку внаслідок дії сил поверхневого натягу шарування ізоляції було б центричним, а її товщина однаковою в перерізі по всій довжині зразка. Тому при запропонованому способі випробування розподіл напруг пробую ізоляції, як величин випадкових, відбувався б по нормальному закону, причому розкид значень залежав би тільки від апаратного виконання схеми випробування

Однак, реальна ізоляція емальпроводу має нерівномірність товщини плівки як по довжині, так і по колу провідника внаслідок відмінностей від оптимального крайового кута змочування рідкого діелектрика при емальюванні, неоднорідність через наявність в товщі діелектрика включень повітря або інших газів, в результаті чого в цих дефектованих місцях зменшується напруга пробую ізоляції, різко зростає напруженість електричного поля і виникають "часткові розряди", які також послаблюють ізоляцію. З іншого боку, відчутно збільшує дефектність ізоляції стан поверхні про-

відника, наявність на ній забруднень, окислених місць, тріщин та ін., оскільки будь-яка неоднорідність поверхні змінює силу поверхневого натягу рідкого діелектрика, що приводить, як правило, до значного зменшення товщини ізоляції в цьому місці, утворення кратерів, ділянок без ізоляції [4. Пешков И.Б. Обмоточные провода Учебное пособие для вузов - М Энергоатомиздат, 1983 - 352 с., ил.]

Таким чином, в результаті проведення випробувань ізоляції реального емальпроводу на електричний пробій згідно пропонованого способу можливі п'ять варіантів розподілу випадкових значень напруг пробою  $U$ , які дають можливість оцінити ступінь дефектності його ізоляції за допомогою числових характеристик законів розподілу ймовірностей випадкових величин математичного сподівання  $M(U)$ , моди  $m$ , медіани  $\mu$ ,

асиметрії  $S_k$ , ексцесу  $\varepsilon$ , статистичної (інтегральної) функції розподілу  $F^*(U)$  та співставити з математично описаними законами розподілу випадкових величин (Шарльє, з рівномірною густиною, нормальним), застосувавши критерій узгодженості Колмогорова для інтегральної функції розподілу [5. Данко П.Е., Попов А.Г., Кожевникова Т.Я. Высшая математика в упражнениях и задачах Ч. II Учеб. пособие для студентов вузов - 3-е изд., перераб. и доп. - М Высшая школа, 1980 - 365 с., ил.] А саме

- ізоляція бездефектна (теоретично)  $S_k = 0$ ,  $\varepsilon$

$= 0$ ,  $M(U) = m$ , порогова та номінальна електрична міцність ізоляції при значеннях функції розподілу  $F^*(U) = 0,1$  та  $F^*(U) = 0,75$ , відповідно  $E_{пор}(0,1) > 200$ кВ/мм,  $E_{ном}(0,75) > 250$ кВ/мм,

- ізоляція з низьким ступенем дефектності  $S_k$

$< 0$ ,  $\varepsilon \geq 0$  або  $\varepsilon < 0$ ,  $M > M(U)$ ,  $E_{пор}(0,1) > 20$ кВ/мм,

$E_{ном}(0,75) > 200$ кВ/мм (додаток, фіг 1 та 4).

- ізоляція з середнім ступенем дефектності, у якій закон розподілу напруг пробою рівномірний або має один чи два слабвиражені максимуми

а)  $S_k \approx 0$ ,  $\varepsilon < 0$ ,

б)  $S_k > 0$  і  $S_k < 0$  одночасно (об'єднання двох випадкових незалежних функцій), або  $S_k > 0$  і  $S_k \approx 0$ , або  $S_k \approx 0$  і  $S_k < 0$ ,  $\varepsilon < 0$ ,

причому для кожного з цих випадків  $M = M(U)$ ,  $E_{пор}(0,1) > 20$ кВ/мм,  $E_{ном}(0,75) > 150$ кВ/мм (додаток, фіг 2 та 5),

- ізоляція з високим ступенем дефектності  $S_k$

$> 0$ ,  $\varepsilon > 0$  або  $\varepsilon < 0$ ,  $M < M(U)$ ,  $E_{пор}(0,1) > 20$ кВ/мм,

$E_{ном}(0,75) > 100$ кВ/мм (додаток, фіг 3 та 6),

- ізоляція з підвищеним ступенем дефектності

$S_k > 0$ ,  $\varepsilon > 0$ ,  $M = M(U)$ ,  $E_{пор}(0,1) < 20$ кВ/мм,

$E_{ном}(0,75) < 100$ кВ/мм (додаток, фіг 3 та 6), крайнім випадком є нормальний закон розподілу ( $S_k \approx 0$ ,  $\varepsilon \approx 0$ ) з гранично малими значеннями напруг пробою ізоляції ( $0 - 0,2$ кВ)  $E_{пор}(0,1) \approx 0$ ,  $E_{ном}(0,75) < 20$ кВ/мм

В залежності від поставленої мети при оцінці ступеня дефектності емальпроводу згідно пропонованого способу кількість випробувальних зразків може різнитись. При якісній оцінці достатньо випробувати 25шт зразків. Для більшості випадків кількісної оцінки ступеня дефектності ізоляції випробування 50-ти шт зразків забезпечить високу достовірність інформації про неї. Однак, при дослідженні емальпроводу з двома максимумами на диференціальній функції розподілу кількість зразків слід збільшити до 100шт і вважати її сумою двох систем випадкових незалежних величин.

Приклади конкретного виконання способу. На прикладах реальних емальпроводів Rd-Cu-W200-L-0,315 DIN 46416 (t 6) у вихідному стані та Gr 1 - 0,30 IEC 317 - 8 після термообробки на старіння ізоляції покажемо, як із статистичних таблиць розподілу напруг пробою ізоляції цих емальпроводів, отриманих після випробувань за пропонованим способом, провівши необхідні розрахунки, можна одержати достовірну інформацію про найбільш ймовірні значення напруг пробою, нормовані до довжини емальпроводу, співставити результати випробувань з математично описаними законами розподілу випадкових величин (в основному Шарльє, а також з рівномірною густиною і нормальним), причому, як найбільш прийнятний, використано критерій узгодженості Колмогорова, віднести ці результати до встановлених нормативів електричної міцності ізоляції і, остаточно, до конкретної групи дефектності.

Приклад 1

Емальпровід Rd-Cu-W200-L-0,315 DIN 46416 (t 6)

Зовнішній діаметр (0,336 - 0,352), мм 0,346 - 0,347

Діаметр провідника (0,315  $\pm$  0,004), мм 0,316

Діаметральна товщина ізоляції (0,017 - 0,041), мм 0,030 - 0,031

Статистична таблиця розподілу напруг пробою ізоляції емальпроводу за пропонованим способом (крок  $h = 0,3$ кВ, кількість зразків  $n = 100$ )

Таблиця 1

U, кВ	0-0,3	0,3-0,6	0,6-0,9	0,9-1,2	1,2-1,5	1,5-1,8	1,8-2,1	2,1-2,4	2,4-2,7	2,7-3,0	3,0-3,3	3,3-3,6	3,6-3,9
$n_u$	0	2	4	3	1	4	5	9	9	12	33	18	0

Проведемо математичне моделювання одержаних експериментальних даних, використовуючи серединне в інтервалі зміни напруг пробою

ржаних експериментальних даних, використовуючи серединне в інтервалі зміни напруг пробою

значення за змінну  $x$  [0,45, 0,75, 1,05, 1,35, 1,65], а також змінну  $T$  [1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11], зв'язану з  $x$  залежністю  $x = 0,3 * T + 0,15$ . В результаті обчислень матимемо наступне [5]

Математичне сподівання  $M(x) = 2,68$ , мода

$m \approx 3,15 > M(x)$ , дисперсія  $D(T) = 6,85$ , середнє квадратичне відхилення  $\sigma(x) = 0,79$

Початкові моменти  $\alpha_1 = \sum w * T = 8,44$ ,

$\alpha_2 = \sum w * T^2 = 78,08$ ,

$\alpha_3 = \sum w * T^3 = 751,60$ ,

$\alpha_4 = \sum w * T^4 = 7402,88$ ,

де  $w$  - частота випадкової величини  $x$

Центральні моменти  $\mu_3(T) = \alpha_3 - 3\alpha_1\alpha_2 + 2\alpha_1^3 = -22,96$ ,

$\mu_3(x) = \kappa^3 * \mu_3(T) = 0,3^3 * \mu_3(T) = -0,62$ ,

$\mu_4(T) = \alpha_4 - 4\alpha_1\alpha_3 + 6\alpha_1^2\alpha_2 - 3\alpha_1^4 = 177,70$ ,

$\mu_4(x) = \kappa^4 * \mu_4(T) = 0,3^4 * \mu_4(T) = 1,44$

Асиметрія  $S_k = \mu_3(x) / \sigma^3(x) = -1,26 < 0$

Екссес  $\epsilon = \mu_4(x) / \sigma^4(x) - 3 = 0,7 > 0$

Виходячи з наявної асиметрії введемо допущення, що розподіл напруг пробою підлягає закону Шарп'є з частотою  $w_s$  [5]

$w_s = [h / \sigma(x)] * z_y * s$ ,

де  $z_y = (2\pi)^{1/2} * \exp(-y^2 / 2)$ ,

$y = [x - M(x)] / \sigma(x)$ ,

$S = 1 + S_k(y^3 - 3y) / 6 + \epsilon(y^4 - 6y^2 + 3) / 24$ ,

а для підтвердження гіпотези використаємо критерій узгодженості Колмогорова, обчисливши відповідні статистичну функцію розподілу  $F^*(x)$  та теоретичну (інтегральну) функцію розподілу  $F(x)$

Таблиця 2

$x$	0,45	0,75	1,05	1,35	1,65	1,95	2,25	2,55	2,85	3,15	3,45
$w$	0,02	0,04	0,03	0,01	0,04	0,05	0,09	0,09	0,12	0,33	0,18
$w_s$	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02	0,05	0,10	0,15	0,18	0,17	0,13
$F^*(x)$	0,02	0,06	0,09	0,10	0,14	0,19	0,28	0,37	0,49	0,82	1,00
$F(x)$	0,01	0,03	0,06	0,09	0,11	0,16	0,26	0,41	0,59	0,76	0,89
$ F^* - F $	0,01	0,03	0,03	0,01	0,03	0,03	0,02	0,04	0,10	0,06	0,11

Згідно критерію узгодженості Колмогорова обчислимо  $\lambda = D * (n)^{1/2} = \max |F^*(x) - F(x)| * (n)^{1/2} = 0,11 * (100)^{1/2} = 1,1$ . Тоді ймовірність  $P(\lambda) = P(1,1) \approx 0,18 > 0,05$  вказує на правдивість гіпотези про розподіл Шарп'є

Медіану  $\mu$  знаходимо з визначення  $F^*(x) = 0,5$  при  $x = \mu = 2,85 > M(x)$

Визначимо порогову та номінальну електричну міцність ізоляції, використавши значення функції  $F^*(x) = 0,10$  та  $F^*(x) = 0,75$ , відповідно. Оскільки  $E_{пор}(0,1)$ , кВ/мм 81 - 84 ( $>20$ кВ/мм) та  $E_{ном}(0,75)$ , кВ/мм 207 - 214 ( $>200$ кВ/мм), то згідно запропонованого критерію дефектності ізоляції досліджуваній емальпроводу Rd-Cu-W200-L-0,315 DIN 46416 (t 6) слід віднести до групи з низьким ступенем дефектності

Приклад 2

Емальпровод Gr1-0,30 IEC 317-8

Зовнішній діаметр (н/6 0,334), мм, 0,332 - 0,333

Діаметр провідника (0,300  $\pm$  0,004), мм 0,301

Діаметральна товщина ізоляції (н/м 0,019), мм 0,031 - 0,032

З емальпроводу було виготовлено 150 шт зразків довжиною 1м, після чого їх піддано термообробці на старіння ізоляції згідно режиму температура 260°C, загальний час дії - 10 діб, середовище - повітря. Тривалість теплового старіння ізоляції визначалась по зростанню її ступеня дефектності у відповідності з запропонованим способом

Статистична таблиця розподілу напруг пробою ізоляції емальпроводу за запропонованим способом (крок  $h = 0,1$  кВ, кількість зразків  $n = 50$ )

Таблиця 1

$U$ , кВ	0,1-0,2	0,2-0,3	0,3-0,4	0,4-0,5	0,5-0,6	0,6-0,7	0,7-0,8	0,8-0,9
----------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------	---------

$n_u$	0	17	19	8	3	2	1	0
-------	---	----	----	---	---	---	---	---

Проведемо математичне моделювання одержаних експериментальних даних, використовуючи серединне в інтервалі зміни напруг пробою значення за змінну  $x$  [0,25, 0,35, 0,45, 0,65, 0,75], а також змінну  $T$  [1, 2, 3, 4, 5, 6], зв'язану з  $x$  залежністю  $x = 0,1 * T + 0,15$

В результаті обчислень матимемо наступне [5]

Математичне сподівання  $M(x) = 0,36$ , мода

$M \approx 0,35 \approx M(x)$ , дисперсія  $D(T) = 1,40$ ,

середнє квадратичне відхилення  $\sigma(x) = 0,12$

Початкові моменти  $\alpha_1 = \sum w * T = 2,14$ ,

$\alpha_2 = \sum w * T^2 = 5,98$ ,

$\alpha_3 = \sum w * T^3 = 20,86$ ,

$\alpha_4 = \sum w * T^4 = 85,66$ , де  $w$  - частота випадкової величини  $x$

Центральні моменти  $\mu_3(T) = \alpha_3 - 3\alpha_1\alpha_2 + 2\alpha_1^3 = 2,07$ ,

$\mu_3(x) = \kappa^3 * \mu_3(T) = 0,1^3 * \mu_3(T) = 0,0021$ ,

$\mu_4(T) = \alpha_4 - 4\alpha_1\alpha_3 + 6\alpha_1^2\alpha_2 - 3\alpha_1^4 = 8,5$ ,

$\mu_4(x) = \kappa^4 * \mu_4(T) = 0,1^4 * \mu_4(T) = 0,0009$

Асиметрія  $S_k = \mu_3(x) / \sigma^3(x) = 1,22 > 0$

Екссес  $\epsilon = \mu_4(x) / \sigma^4(x) - 3 = 1,34 > 0$

Виходячи з наявної асиметрії введемо допущення, що розподіл напруг пробою підлягає закону Шарп'є з частотою  $w_s$  [5]  $w_s = [h / \sigma(x)] * z_y * s$ ,

де  $z_y = (2\pi)^{1/2} * \exp(-y^2 / 2)$ ,  $y = [x - M(x)] / \sigma(x)$ ,

$S = 1 + S_k(y^3 - 3y) / 6 + \epsilon(y^4 - 6y^2 + 3) / 24$ ,

а для підтвердження гіпотези використаємо критерій узгодженості Колмогорова, обчисливши відповідні статистичну функцію розподілу  $F^*(x)$  та теоретичну (інтегральну) функцію розподілу  $F(x)$

Таблиця 2

x	0,25	0,35	0,45	0,55	0,65	0,75
w	0,34	0,38	0,16	0,06	0,04	0,02
w <sub>s</sub>	0,29	0,41	0,16	0,05	0,04	0,02
F*(x)	0,34	0,72	0,88	0,94	0,98	1,00

Продовження таблиці 2

F(x)	0,29	0,70	0,86	0,91	0,95	0,97
F*-F	0,05	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03

Згідно критерію узгодженості Колмогорова обчислимо  $\lambda = D * (n)^{1/2} = \max |F^*(X) - F(x)| * (n)^{1/2} = 0,05 * (50)^{1/2} = 0,35$ . Тоді ймовірність  $P(\lambda) = P(0,35) \approx 0,9997 \approx 1 \gg 0,05$  вказує на правдивість гіпотези про розподіл Шарльє

Медіану  $\mu$  знаходимо з визначення  $F^*(x) = 0,5$  при  $x = \mu \approx 0,3 < M(x)$

Визначимо порогову та номінальну електричну міцність ізоляції, використавши значення функції  $F^*(x) = 0,10$  та  $F^*(x) = 0,75$ , відповідно. Оскільки  $E_{пор}(0,1)$ , кВ/мм 12 - 13 (<20кВ/мм) та  $E_{ном}(0,75)$ , кВ/мм 22 - 23 (<<100кВ/мм), то згідно пропонованого критерію дефектності ізоляції досліджуваній емальпровід Gr1 - 0,30 ІЕС 317-8 після термічного старіння слід віднести до групи з підвищеним ступенем дефектності

Таким чином, запропонований спосіб дає мо-

жливність виявляти і описувати зміни в ізоляції, а отже, збільшувати достовірність інформації про ступінь дефектності ізоляції емальпроводів як у вихідному стані, так і після дії різних факторів

Використання пропонованого способу оцінки ступеня дефектності ізоляції емальпроводів, як інструмента дослідження, може забезпечити наступний технічний результат

- поліпшення якісних показників ізоляції емальпроводів, технологічний процес виготовлення яких передбачатиме можливість коригування цих показників, одержаних як результат контрольних операцій, у відповідності з встановленими законами розподілу напруг пробкою,

- запобігання значним пошкодженням ізоляції при намотувальних операціях шляхом настроювання технологічного процесу за результатами випробувань,

- розширення можливостей опису реального стану ізоляції емальпроводів при дослідженнях дії на них різних факторів,

- отримання достовірної інформації про найбільш ймовірні значення напруг пробкою ізоляції, нормовані до одиниці довжини емальпроводу,

- замір реальної електричної міцності ізоляції в місцях розташування дефектів



