

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПОРНОГО РЕБРИСТОГО ІЗОЛЯТОРА

Запропонована математична модель опорного ребристого ізолятора з врахуванням механічних і теплових чинників.

The mathematical model of the supporting ribbed insulator is offered taking into account mechanical and thermal factors.

Ключові слова: математична модель опорного ребристого ізолятора, коаксіальна система чугун-цемент-фарфор, концентратори механічних напруг.

Опорні ізолятори із внутрішньою арматурою використовуються в комплектних екранованих струмопроводах для з'єднання генератора і трансформатора в єдиний блок електричних станцій.

Пропонується математична модель опорного ізолятора із внутрішньою арматурою, яка аналогічна наведеній в [1]. При посадці одного циліндра в інший з натягом коліві напруги в внутрішньому циліндрі є стискаючими, а в зовнішньому – розтягуючими. Епюри розподілу механічних напруг, які виникають після посадки, представлені на рис. 1.

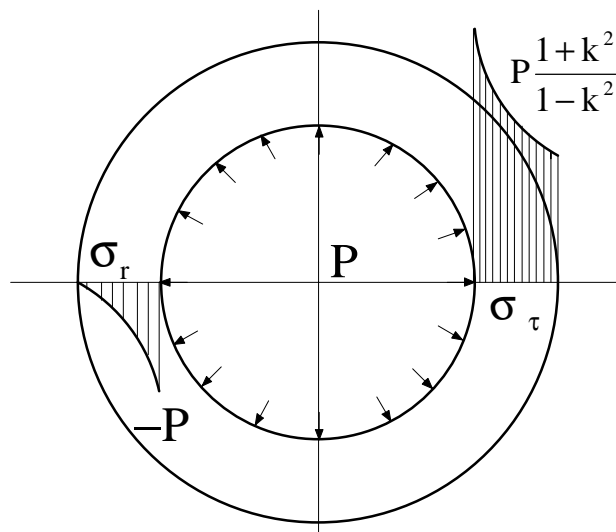


Рис. 1 Епюри розподілу механічних напруг в ізоляторі ІОР

Опорний ізолятор, як складний циліндр при зміні температури внутрішнього чавунного циліндру внаслідок теплових втрат від струму короткого замикання ОКЗ в струмопроводі створює в зовнішньому фарфоровому циліндрі додаткові розтягуючі коліві і стискаючі радіальні напруги (див. рис. 1). Ці напруги описуються за формулами:

$$s_r = \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 - \frac{r_2^2}{r^2} \right) p, \quad (1)$$

$$s_t = \frac{r_1^2}{r_2^2 - r_1^2} \left(1 + \frac{r_2^2}{r^2} \right) p, \quad (2)$$

$$u = \frac{1-m}{E} \cdot \frac{r_1^2 p}{r_2^2 - r_1^2} r + \frac{1+m}{E} \cdot \frac{r_1^2 r_2^2}{r_2^2 - r_1^2} p \cdot \frac{1}{r}. \quad (3)$$

Напруга σ_r всюди стискаюча, а s_t – розтягуюча. Найбільші величини s_r і s_t будуть біля внутрішньої поверхні циліндра при $r = r_1$:

$$s_{r(r=r_1)} = -p; \quad (4)$$

$$s_{t(r=r_1)} = \frac{1+k^2}{1-k^2} \cdot p, \quad (5)$$

де $k = r_1 / r_2$.

Радіальний зсув біля внутрішньої поверхні фарфору (збільшення внутрішнього радіуса)

$$u = \frac{r_1}{E} \cdot \left(\frac{1+k^2}{1-k^2} + m \right) \cdot p. \quad (6)$$

Відомо [1], що фарфоровий циліндр з товстою стінкою не витримує внутрішнього тиску більшого за величину $\frac{[s]}{2}$. Підстановка цього критерію в формулу (5) дає величину співвідношення

$$s_{t_{крит}}(r=r_1) = \frac{1+k^2}{1-k^2} \cdot \frac{s_{t_{крит}}}{2},$$

або $\frac{1+k^2}{1-k^2} \leq 2$, а $k \leq 0,57731$.

Напруги і зсуви біля зовнішньої поверхні циліндра при $r = r_2$:

$$s_{r(r=r_2)} = 0; \quad (7)$$

$$s_{t(r=r_2)} = \frac{2k^2}{1-k^2} \cdot p; \quad (8)$$

$$u_{r=r_2} = \frac{r_2}{E} \cdot \frac{2k^2}{1-k^2} \cdot p. \quad (9)$$

Епюри механічних напруг, наведені на рис. 1, змінюються за гіперболічним законом. Найнебезпечнішою для руйнування є точка, яка знаходиться біля внутрішньої поверхні фарфорового циліндра.

Колові напруги від внутрішнього тиску будуть складатись з напругами від посадки у фарфорі і відніматись від них у внутрішньому чавунному циліндрі. Радіальні напруги від внутрішнього тиску і тиску посадки складаються в обох циліндрах.

Сумарні епюри напруг після прикладання тиску мають вигляд, представлений на рис. 1. Характерним тут є стрибок в епюрі s_t і перелом в епюрі s_r на радіусі контакту циліндрів. Відомо [2], що фарфор має значно меншу міцність на розтягування, ніж на стискування, тому радіально - аксіальні тріщини виникають від внутрішнього тиску

$$p \leq \frac{|s_t|}{2},$$

як це показано в [2].

Аналіз формули (5) показує, що конструктивний параметр $\Omega = \frac{1+k^2}{1-k^2}$ є визначальним для умов руйнування фарфорового тіла опорного ребристого ізолятора із внутрішньою арматурою.

Для визначення діапазону змін цього параметра в реально існуючих ізоляторах були виміряні відповідні геометричні розміри r_1, r_2, r_3 .

Величини TK_1 [2] для сірого чавуну (сталі) $TK_{11} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/град}$, цементної зв'язки $TK_{12} = 12 \cdot 10^{-6} \text{ 1/град}$ дозволяють дійти висновку, що чавун і цементна зв'язка є однорідним матеріалом за цим параметром. Для умов нашої задачі це дозволяє перейти до двоциліндрової моделі опорного ізолятора, у якого внутрішній циліндр має радіус $r_{екв} = r_1 + r_2$, а зовнішній відповідно r_3 .

Для такої моделі визначені експериментально величини $k = r_{екв} / r_3$ і побудована залежність $\Omega = f(k)$, яка представлена графічно на рис. 2 і в таблиці 1.

Таблиця 1

Дані для побудови залежності $\Omega = f(k)$

k	0,95	0,9	0,85	0,8	0,75	0,7	0,65	0,6	0,55
Ω	19,5	9,5	6,2	4,55	3,57	2,9	2,46	2,12	1,86

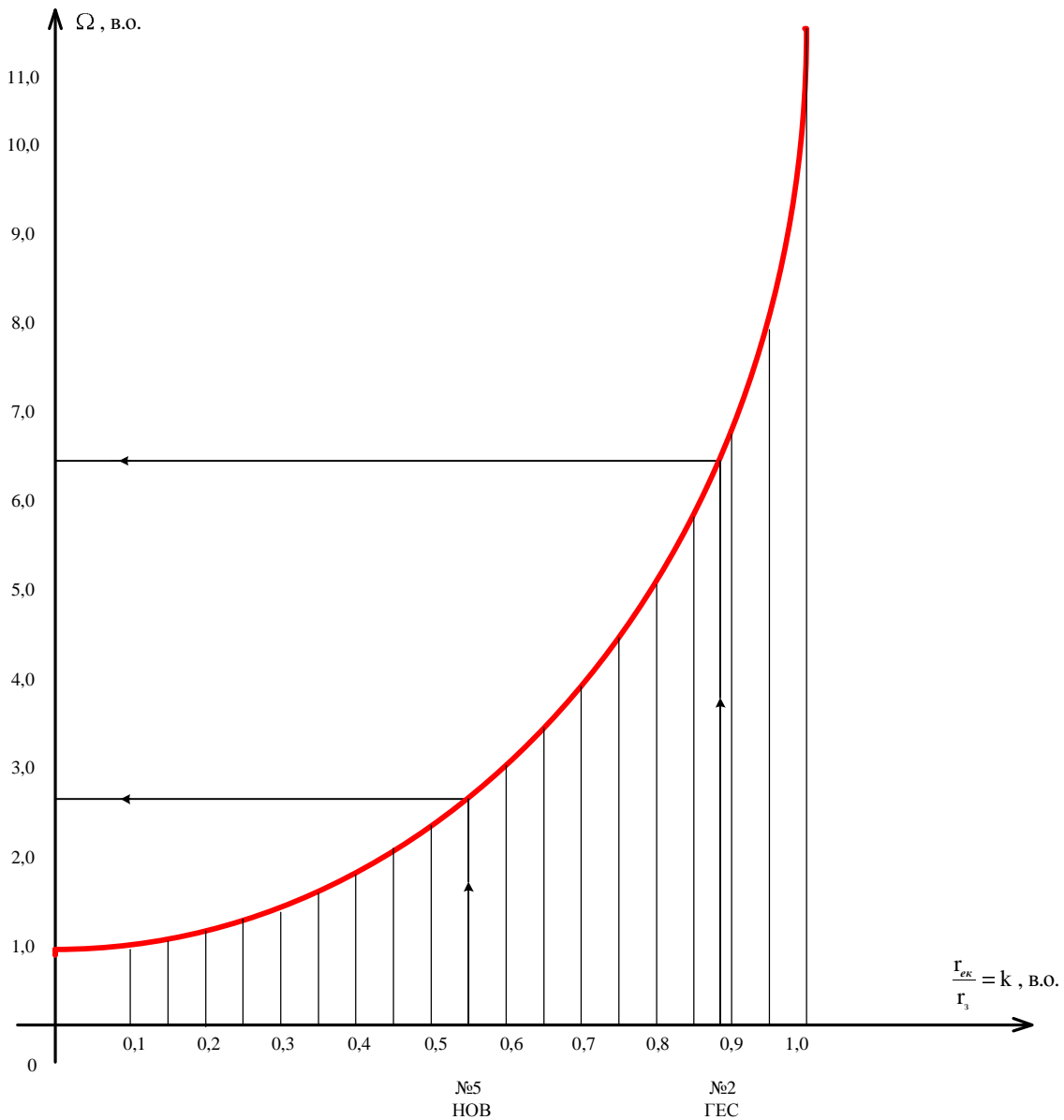


Рис. 2 Залежність $\Omega = f(k)$

Внутрішній тиск в ізоляторі виникає внаслідок «теплого удару», який відповідає умовам проходження по струмопроводу струму короткого замикання.

Відомо [3], що температура алюмінієвих і мідних шин може зрости в цьому процесі до 200°C і 300°C відповідно.

В експериментальних дослідженнях до внутрішньої арматури ізолятора короткочасно прикладався нагрівальний пристрій з температурою поверхні 200°C.

Звичайно, температурне поле в циліндрах осесиметричне і постійне аксіально. За цих умов можна вважати, що поперечні перерізи залишаються плоскими і деформація $S_z = const$. При нагріванні ізоляторів типу ИОР – 10 – 750 III УХЛ2 з внутрішнім діаметром $2r_1 = 75\text{мм}$ і зовнішнім $2r_2 = 90\text{мм}$ до температури внутрішньої поверхні $T_1 = 200^\circ\text{C}$, а зовнішньої $T_2 = 20^\circ\text{C}$ температурні напруги в фарфорі можна визначити вважаючи, що по товщині стінки температура змінюється за лінійним законом. В розрахунках приймаємо такі характеристики фарфору:

$$E = 0,5 \cdot 10^6 \frac{\text{кг}}{\text{см}^2} \text{ – модуль пружності;}$$

$$a = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ – температурний коефіцієнт лінійного розширення;}$$

$$m = 0,3 \text{ – коефіцієнт Пуасона.}$$

Перевищення температури внутрішньої поверхні над зовнішньою становить 180°C.

Визначимо тангенціальну і аксіальну напруги біля внутрішньої поверхні фарфорового циліндра за формулою

$$S_{t(r=r_1)} = S_{z(r=r_1)} = \frac{E a T}{3(1-m)(r_2 - r_1)} \left[3r_1 - \frac{2(r_2^3 - r_1^3)}{r_2^2 - r_1^2} \right]. \quad (10)$$

Для ізолятора типу ИОР – 10 – 750 III УХЛ2 $S_t = S_z = -684 \frac{\text{кВ}}{\text{см}^2}$.

Результати експериментів двох типів ізоляторів наведені в таблиці 1.

Всі ізолятори типу ИОР – 10 – 750 III УХЛ2 з Г1 – Т1 і Г2 – Т2 Новодністровської ГАЕС розкололись тепловим ударом з утворенням аксиально радіальної тріщини по всій висоті ізоляторів. Ізолятори другого типу ИОР – 10 – 750 витримали тепловий удар без руйнування.

Таким чином експериментально встановлено, що параметр подібності конструкції ізоляторів Ω еквівалентний коефіцієнту підсилення тангенціальних напруг S_t на внутрішній поверхні фарфорового циліндра і може бути критерієм для вибору надійного типу ізоляторів для КЕТ.

1. Встановлена аналогія конструкції опорного ребристого ізолятора з товстостінними коаксіальними циліндрами, які з натягом посаджені один в другий.

2. Побудована математична модель ізолятора ИОР, яка дозволила запропонувати критерій для геометричних співвідношень конструкції $\Omega \leq 2$, або $k = \frac{r_1}{r_2} \leq 0,6$ з урахуванням ОДЗ $p \leq \frac{|S|}{2}$.

Накладання на криву $\Omega = f(k)$ величин $k_1 = 0,6$ і $k_2 = 0,8$ показує, що ізолятори другого типу ИОР – 10 – 750 I УХЛ2 не повинні лопати при теплофізичних випробуваннях нових ізоляторів, що і підтверджено експериментально.

Література

1. Писаренко Г.С. Сопротивление материалов. – Киев: ГИТЛ УССР, 1963. – 790с.
2. Собчук В. С. Импульсный метод профилактических испытаний штыревых изоляторов. Автореферат диссертации, Киев, 1983. – 16с.
3. Собчук В. С. Пашенко В.Н. Координация параметров изоляции электрообладнання і пристроїв технічної діагностики Вісник ВПІ, 1995, №3, с. 41 – 43.

Надійшла 21.9.2011 р.

УДК 621.322

І.В. ТРОЦИШИН, О.П. ВОЙТЮК
Хмельницький національний університет

ЦАП І АЦП НОВОГО ПОКОЛІННЯ НА ПРИНЦИПАХ КВАНТОВОЇ ТЕОРІЇ ВИМІРЮВАЛЬНОГО ПЕРЕТВОРЕННЯ: ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТА ПОРІВНЯННЯ

В статті розглянуто методологію побудови ЦАП і АЦП на принципах Квантової теорії вимірювань (вимірювального перетворення), які відкривають принципові нові можливості одночасного збільшення роздільної здатності вимірювальних шкал та досягнення максимальної швидкодії. Вперше наглядно показано на прикладі ієрархічної структури, що використовуювані у сучасній техніці ЦАП і АЦП двійкового типу, мають найгірші показники кількості поділок на шкалі від кількості зразкових елементів (подільників). Приведено результати досягнення покращення роздільної здатності за однакової кількості однакових резисторів у 10-100 разів, у порівнянні із класичними двійковими.

In the article the methodology of the DAC and ADC on the principles of quantum theory of measurement (measuring conversion), which open new opportunities for fundamental simultaneous increase in the resolution of measurement scales and maximize performance. For the first time vividly illustrated by the hierarchical structures used in modern technology DAC and ADC binary type, have the worst number of divisions on the scale of the number of model elements (dividers). The results of achieving better resolution for the same number of identical resistors of 10-100 times compared to classical binary.

Ключові слова: Квантова теорія вимірювань, ЦАП, АЦП, Атенюатор-подільник Троцишина, методологія покращення характеристик перетворення.

Вступ

Ефективність будь-якого виробництва, особливо в приладобудуванні, значною мірою визначається якістю вимірювальних приладів. Особливо важливим це питання є у військовій та космічній галузях, нанотехнологіях, де вказані параметри визначають кінцевий результат. Якщо ще до середини ХХ ст. превалювали механічні вимірювальні прилади із візуальним відліком результату вимірювання, то в даний час у вимірювальній техніці використовуються переважно електронні прилади. Вимірювальну інформацію такі прилади отримують від первинних перетворювачів датчиків, заснованих на різних фізичних принципах