



УКРАЇНА

(19) UA (11) 28954 (13) U
(51) МПК
G07C 3/10 (2007.01)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИ

ДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІ

ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

видається під
відповідальність
власника
патенту

(54) УСТАНОВКА ДЛЯ ВИПРОБОВУВАННЯ ШУНТУВАЛЬНИХ РЕАКТОРІВ ВИСОКОЇ НАПРУГИ

1

2

(21) u200709993

(22) 06.09.2007

(24) 25.12.2007

(72) ГУМЕНЮК ОЛЕКСАНДР ІВАНОВИЧ, UA,
КАРПОВ ЮХИМ ОВДІЙОВИЧ, UA, РУБАНЕНКО
ОЛЕКСАНДР ЄВГЕНІЙОВИЧ, UA, ТАЛОВЕРЬЯ
ВОЛОДИМИР ЛЕОНІДОВИЧ, UA

(73) ВІННИЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ, UA

(56)

(57) Установа для випробовування шунтувальних реакторів високої напруги, що складається з вимикача, конденсатора та випробовуваного реактора, яка **відрізняється** тим, що введено джерело випрямленої напруги, допоміжний реактор, вимикач зарядного струму конденсатора,

загальну ємність, причому перший вивід джерела випрямленої напруги приєднаний до першого виводу вимикача зарядного струму конденсатора, другий вивід вимикача зарядного струму конденсатора приєднаний до першого виводу конденсатора та до першого виводу вимикача, а другий вивід вимикача приєднаний до першого виводу випробовуваного реактора і до першого виводу допоміжного реактора, а другий вивід випробовуваного реактора приєднаний до першого виводу загальної ємності, а другий вивід загальної ємності приєднаний до другого виводу джерела випрямленої напруги та до другого виводу конденсатора, та до другого виводу допоміжного реактора.

Корисна модель відноситься до області електротехніки і може бути використана для контролю стану ізоляції шунтувальних реакторів високої напруги.

Відомий прилад мегомметр, що використовується для випробовувань ізоляції шунтувальних реакторів високої напруги [Норми випробування електрообладнання. - Київ, 2002. - 156с.], який складається з генератора постійної напруги 2500В та логометричного вимірювального приладу опору ізоляції.

Недоліком даного приладу є те, що він не дозволяє визначити стан виткової ізоляції, а також те, що вимірювання здійснюються при постійній напрузі, яка набагато менша за робочу напругу цих реакторів.

Відома установа для вимірювань діелектричних втрат ізоляції [Норми випробування електрообладнання. - Київ, 2002. - 156с.], яка складається з джерела живлення змінною напругою до 10кВ і мостового вимірювального приладу.

Недоліками є те, що:

- випробувальна напруга не перевищує 10кВ, що значно менше робочої напруги реакторів;
- не визначається стан виткової ізоляції.

Відомо пристрій для контролю виткової ізоляції обмоток електричних машин та апаратів [Деклараційний патент №33736 А, Україна, М.Кл.⁷ G01R31/14, бюл. №1, 2001. Спосіб контролю виткової ізоляції обмоток електричних машин та апаратів і пристрій для його здійснення]. Цей пристрій містить регульоване джерело напруги, накопичувальний конденсатор, силовий ключ, першу клему для підключення об'єкту контролю, другу клему для підключення об'єкту контролю, дільник напруги, у якому перший вивід регульованого джерела напруги з'єднаний з першим виводом накопичувального конденсатора, першими виводом силового ключа, другий вивід якого з'єднаний з першою клемою для підключення об'єкту контролю і першого входу дільника напруги, другий вивід регульованого джерела напруги, з'єднаний з другим виводом накопичувального конденсатора, другою клемою для підключення об'єкту контролю і другим входом дільника напруги, що відрізняється тим, що введений АЦП, цифрова обчислювальна машина, блок пам'яті, монітор, і цифро-аналоговий перетворювач, при чому вхід АЦП з'єднаний з виводом подільника напруги, а його вихід з'єднаний з першим входом цифрової обчислювальної машини, другий вхід якої

(19) UA (11) 28954 (13) U

з'єднаний із блоком пам'яті, перший вхід цифрової обчислювальної машини з'єднаний з монітором, другий вхід - з входом цифро-аналогового перетворювача, вихід якого з'єднаний з керуючим входом силового ключа.

Недоліками цього пристрою є низька випробувальна напруга і неможливість визначення стану головної ізоляції.

За прототип обрано установку для контролю ізоляції шунтувальних реакторів високої напруги [Испытание мощных трансформаторов и реакторов / Алексеенко Г.В., Ашрятов А.К., Веремей Е.А., Фрид Е.С. - М.: Энергия, 1978. - 520с. стр. 376-383], яка містить синхронний генератор, вихід якого приєднаний до вимикача випробувального трансформатора (в подальшому вимикач), а вихід цього вимикача приєднаний до первинної обмотки випробувального трансформатора типу ИОМ-500/500, вторинна обмотка якого приєднана до паралельно приєднаних батареї конденсаторів і реактора, який випробується.

Недоліком даної установки є те, що вона не придатна для випробовувань в умовах діючих електроустановок, де відсутня можливість монтажу генератора, проміжного трансформатора та батареї конденсаторів.

В основу корисної моделі поставлено задачу створення установки для випробовування шунтувальних реакторів високої напруги, в якій за рахунок введення нових елементів та зв'язків між ними досягається підвищення випробувальної напруги до величини повної розрахункової напруги як для головної, так і для виткової ізоляції, а як наслідок, є можливість більш об'єктивно оцінити технічний стан ізоляції реактора на даний момент часу і спрогнозувати його зміну стану в майбутньому, що дає можливість обґрунтовано й об'єктивно призначити заходи щодо технічного обслуговування й ремонту. Крім того, з'являється можливість контролювати не лише опір і діелектричні втрати в ізоляції, а і параметри часткових розрядів при напрузі, яка перевищує робочу, що дасть змогу запобігти виходу з ладу реактора.

Поставлена задача досягається тим, що в установку для випробовування шунтувальних реакторів високої напруги, яка складається з вимикача, конденсатора та випробовуваного реактора, введено джерело випрямленої напруги, допоміжний реактор, вимикач зарядного струму конденсатора, загальну ємність, причому перший вивід джерела випрямленої напруги приєднаний до першого виводу вимикача зарядного струму конденсатора, другий вивід вимикача зарядного струму конденсатора приєднаний до першого виводу конденсатора та до першого виводу вимикача, а другий вивід вимикача приєднаний до першого виводу випробовуваного реактора і до першого виводу допоміжного реактора, а другий вивід випробовуваного реактора приєднаний до першого виводу загальної ємності, а другий вивід загальної ємності приєднаний до другого виводу джерела випрямленої напруги та до другого

виводу конденсатора та до другого виводу допоміжного реактора.

На Фіг.1 зображена її структурна схема установки для випробовування шунтувальних реакторів високої напруги.

На Фіг.2 показана схема заміщення випробування реактора в режимі резонансу напруги складена на основі структурної схеми (Фіг.1).

На Фіг.3 наведена заступна схема для розрахунку перехідного процесу операторним методом в схемі випробування реактора в режимі резонансу напруги.

На Фіг.4 зображена спрощена заступна схема для розрахунку перехідного процесу методом вузлових потенціалів.

На Фіг.5 показаний графік зміни напруги на реакторі в часі.

На Фіг.6 наведений графік зміни струму через реактор в часі.

На Фіг.1 показані: 1 - джерело випрямленої напруги; 2 - вимикач зарядного струму конденсатора; 3 - вимикач; 4 - конденсатор, 5- випробовуваний реактор, 6 - допоміжний реактор, 7 - загальна ємність, що є сумарною ємністю підстанційного ошинування, реактора і вводу, причому перший вивід джерела випрямленої напруги 1 приєднаний до першого виводу вимикача зарядного струму конденсатора 2, другий вивід вимикача зарядного струму конденсатора 2 приєднаний до першого виводу вимикача 3 та до першого виводу конденсатора 4, а другий вивід вимикача 3 приєднаний до першого виводу випробовуваного реактора 5 і до першого виводу допоміжного реактора 6, а другий вивід випробовуваного реактора 5 приєднаний до першого виводу загальної ємності 7, а другий вивід загальної ємності 7 приєднаний до другого виводу джерела випрямленої напруги 1 та до другого виводу конденсатора 4 та до другого виводу допоміжного реактора 6.

Запропонована установка працює так: при подачі зарядного струму від джерела випрямленої напруги 1 через замкнений контакт вимикача випрямленої напруги 2 та через конденсатор 4, конденсатор 4 буде заряджатись доти, доки не зарядиться. В конденсаторі 4 відбувається накопичення електричної енергії. Вимикач 3 в цей час - вимкнутий.

По закінченню процесу накопичення електричної енергії (декілька хвилин) в конденсаторі 4, вимикач зарядного струму конденсатора 2 вмикається. Лише після цього вмикається вимикач 3. Енергія від конденсатора 4 переходить до випробовуваного реактора 5, допоміжного реактора 6 та загальної ємності 7. Загальна ємність 7 заряджається, а потім розряджається на індуктивність випробовуваного реактора 5 та на індуктивність допоміжного реактора 6. В електричному колі загальної ємності 7 та випробовуваного реактора 5 та допоміжного реактора 6 виникають автоколивання, які затухають. Схожі автоколивання виникають і в другому контурі, а саме між конденсатором 4 та допоміжним реактором 6.

Як приклад розглянемо можливість використання запропонованої установки для випробувань реактора РОДЦ 110000/750. Приймаємо:

- $L=6\text{Гн}$ - індуктивність випробовуваного реактора 5 РОДЦ 110000/750;

- $L_1=45\text{мкГн}$ - індуктивність допоміжного реактора 6;

- $C=7500\text{пФ}$ - загальна ємність 7;

- $C_1=100\text{мкФ}$ - ємність конденсатора 4;

- $U_{1\text{ макс}}=5,5\text{кВ}$ - напруга джерела випрямленої напруги 1,

- $U_{\text{макс}}=635\text{кВ}$ - напруга на випробовуваному реакторі 5 під час випробувань.

Енергія, запасена в ємності підключеної до цього вводу.

$$Q_1=(U^2 \cdot C)/2 \quad (1)$$

де U - напруга, яка дорівнює амплітудному значенню фазної напруги.

$$U_{\text{макс}}=787\sqrt{2}/\sqrt{3}=635\text{кВ} \quad (2)$$

де C - ємність ошинування й устаткування, підключеного до нього.

Після обриву струму в контурі "індуктивність L реактора - ємність C " виникнуть коливання з кутовою швидкістю ω

$$\omega \cdot L = 1/\omega \cdot C \quad (3)$$

Індуктивність реактора дорівнює 6Гн.

Кутова швидкість ω при частоті (грозових та комутаційних перенапруг) 750Гц

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot f = 4720 \text{ 1/с.} \quad (4)$$

тоді:

$$C = 1/\omega^2 \cdot L = 7,5 \text{ 10-9Ф,} \quad (5)$$

$$Q_1 = U^2 \cdot C / 2 = 1520 \text{ Дж.} \quad (6)$$

За таких умов індуктивність реактора L_1 має бути

$$L_1 = 1/\omega^2 \cdot C = 45 \text{ мкГн.} \quad (7)$$

Тоді при ємності 1000мкФ зарядна напруга повинна бути

$$U_{1\text{ макс}} = \sqrt{2Q_1/C_1} = 1,75 \text{ кВ.} \quad (8)$$

а при ємності 100мкФ зарядна напруга повинна бути $U_{1\text{ макс}}=5,5\text{кВ}$. При цьому індуктивність реактора повинна бути 45мГн.

Схема заміщення для випробування реактора в режимі резонансу напруги, для отримання залежності струму і напруги на реакторі наведена на фігурі 2. Схема заміщення для операторного метода розрахунку наведена на фігурі 3. Початкова умова для даної розрахункової схеми

$$U_{C1(0)} = E \quad (9)$$

Заземлимо один з вузлів, тобто приймемо його потенціал таким, що дорівнює нулю (фігура 4) $\varphi_2=0$.

Рівняння для визначення потенціалу в першому вузлі

$$\varphi_1(p) \cdot \left(\frac{1}{L_1 p + R_1} + \frac{1}{R_2 + L_2 p} + \frac{1}{C_2 p} + C_1 p \right) = \frac{U_{C1(0)} C_1 p}{p} \quad (10)$$

Спрощене рівняння

$$\varphi_1(p) \cdot \left(\frac{1}{L_1 p + R_1} + \frac{C_2 p}{R_2 + L_2 p + R_2 C_2 p + 1} + C_1 p \right) = U_{C1(0)} C_1 p \quad (11)$$

Після перетворення:

$$\varphi_1(p) \cdot \frac{C_2 L_2 p^2 + C_2 L_2 p + 1 + L_1 C_2 p^2 + C_2 R_1 p + C_1 C_2 L_1 L_2 p^4 + \dots}{(L_1 p + R_1)(C_2 L_2 p^2 + C_2 R_2 p + 1)} + \dots$$

$$\dots + \frac{C_1 C_2 (L_1 R_2 + L_2 R_1) p^3 + C_1 (L_1 + C_2 R_1 R_2) p^2 + C_1 R_1 p}{(L_1 p + R_1)(C_2 L_2 p^2 + C_2 R_2 p + 1)} = U_{C1(0)} C_1$$

$$\varphi_1(p) \frac{C_1 C_2 L_1 L_2 p^4 + C_1 C_2 (L_1 R_2 + L_2 R_1) p^3 + [C_2 (L_1 + L_2) + C_1 (L_1 + C_2 R_1 R_2)] p^2}{C_1 C_2 L_1 L_2 p^3 + L_1 C_2 R_2 p^2 + L_1 p + C_2 L_2 R_1 p^2 + C_2 R_2 p + R_1} \dots$$

$$\dots \frac{(L_1 C_2 + C_2 R_2 + C_1 R_1) p + 1}{(L_1 p + R_1)(C_2 L_2 p^2 + C_2 R_2 p + 1)} = U_{C1(0)} C_1$$

Вираз для потенціалу в точці 1:

$$\varphi_1(p) = \frac{U_{C1(0)} (L_1 p + R_1) (L_2 C_2 p^2 + C_2 R_2 p + 1)}{C_1 C_2 L_1 L_2 p^4 + C_1 L_1 C_2 R_2 p^3 + C_1 C_2 R_1 L_2 p^3 + C_1 C_2 R_1 R_2 p^2 + L_2 C_2 p^2 + C_2 L_2 p^2 + \dots}$$

$$\dots \frac{C_1 L_1 p^2 + C_1 R_1 p + C_2 R_2 p + C_2 R_1 p + 1}{(L_1 p + R_1)(C_2 L_2 p^2 + C_2 R_2 p + 1)}$$

З урахуванням числових значень:

$$\varphi_1(p) = 7 \cdot 10^6 \cdot \frac{1122 p^3 + 22627 p^2 + 2.5 \cdot 10^7 p + 5 \cdot 10^8}{12342 p^4 + 248897 p^3 + 9 \cdot 10^{10} p^2 + 2.05 \cdot 10^{10} p + 2 \cdot 10^{15}}$$

Струм який протікає через реактор, тобто струм $I_3(p)$:

$$I_3(p) = \frac{\varphi_1(p)}{R_2 + L_2 p + \frac{1}{C_2 p}} \quad (16)$$

$$I_3(p) = \varphi_1(p) \cdot \frac{C_2 p}{C_2 L_2 p^2 + C_2 R_2 p + 1} \quad (17)$$

Напруга на реакторі:

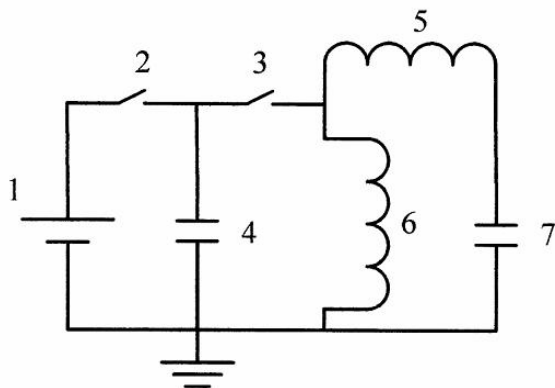
$$U_p(p) = I_3(p) \cdot (R_2 + L_2 p) \quad (18)$$

$$U_p(t) = 64 \cdot 10^6 e^{-10t} \cdot \cos(27 \cdot 10^4 t) + 24 \cdot 10^{-10} t e^{-10t} \cdot \sin(27 \cdot 10^4 t) - 20 \cdot 10^4 e^{-83 \cdot 10^3 t} \cdot \cos(15 \cdot 10^3 t) - 26 \cdot 10^3 e^{-83 \cdot 10^3 t} \cdot \sin(15 \cdot 10^3 t)$$

$$I_3(t) = -29 e^{-10t} \cdot \cos(27 \cdot 10^4 t) + 39 e^{-10t} \cdot \sin(27 \cdot 10^4 t) + 29 e^{-83 \cdot 10^3 t} \cdot \cos(15 \cdot 10^3 t) - 2.2 e^{-83 \cdot 10^3 t} \cdot \sin(15 \cdot 10^3 t)$$

Графіки цих функцій в залежності від часу наведені на фігурах 5, 6.

66.



Фиг. 1

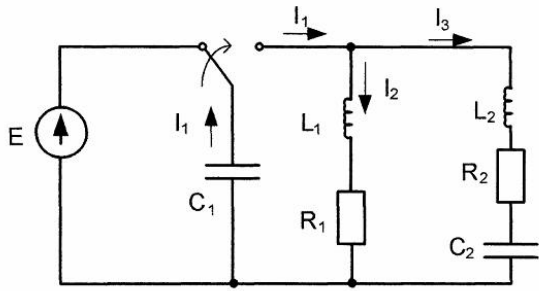


Fig. 2

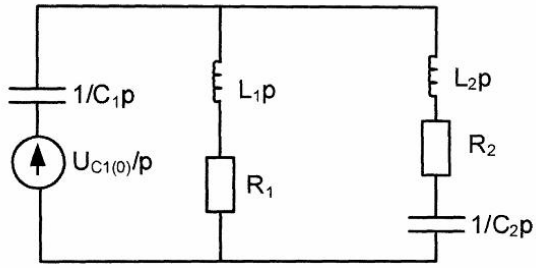


Fig. 3

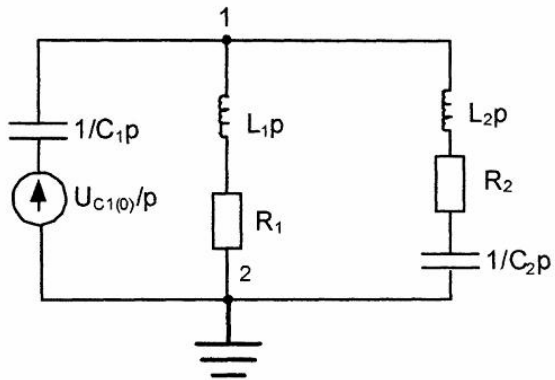


Fig. 4

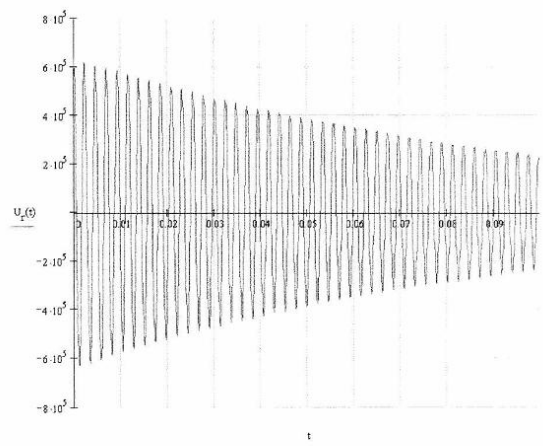


Fig. 5

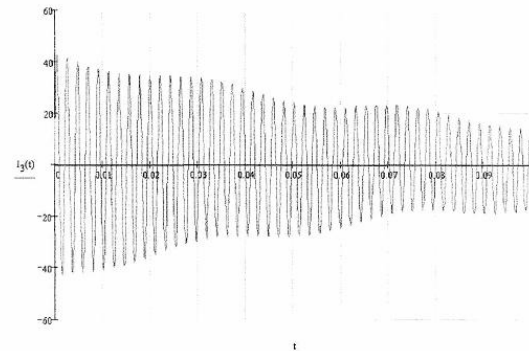


Fig. 6