

## THE LUMINESCENCE PROPERTIES Zn/Mn PYROPHOSPHATE

*V. Boyko, O. Gomenyuk, S. Nedilko*

**Annotation.** *Luminescence properties of two valence metals anhydrous double phosphates  $Zn_{2-x}Mn_xP_2O_7$  ( $x = 0 \div 2$ ) have been investigated. It was shown that  $Mn^{2+}$  ions form three types of the emission centers where  $Mn^{2+}$  ion can be located, first in the regular octahedral oxygen environment, second, in defect octahedra that has oxygen vacancy, and third, – in the tetrahedral oxygen environment. Red emission with peak position near 690–700 nm is accompanied with the first type of luminescence centers; second type of the centers determines other red luminescence (peak position is near 730 nm) and third type of the centers originates “green” emission (peak position is about 450–470 nm).*

**Key words:** *luminescence centre, decay, trap, pyrophosphate.*

УДК 621.314.55(088.8)

## ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ТРАНСФОРМАТОР ІЗ ПЛАВНИМ РЕГУЛЮВАННЯМ СТРУМУ ЗВАРЮВАННЯ

*М. В. Брагіда, кандидат технічних наук  
І. С. Зубков, студент магістратури  
e-mail: nni.elektrik@gmail.com*

**Анотація.** *Наведено конструкцію зварювального трансформатора, запропоновано спосіб плавного регулювання струму зварювання, виконано розрахунки параметрів магнітопроводу для регулювання струму зварювання.*

**Ключові слова:** *зварювальний трансформатор, тороїд, магнітопровід, обмотка регулювання, первинна обмотка, вторинна обмотка.*

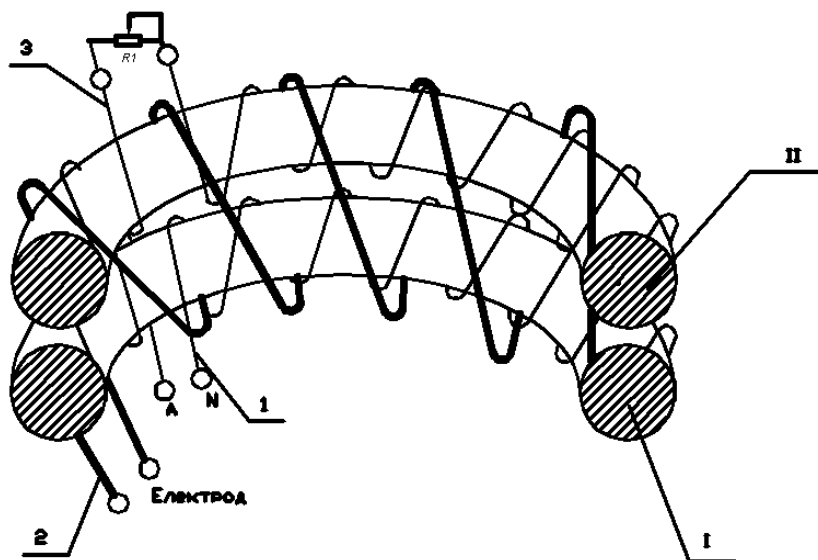
Зварювальні трансформатори, які широко використовують у виробництві, мають серйозні недоліки щодо регулювання величини струму зварювання. Традиційно таке регулювання здійснюється механічними механізмами, за допомогою яких змінюють величину проміжку у магнітопроводі або між його обмотками. Механічні механізми ненадійні та потребують більш ретельного технічного обслуговування (регулювання, змащення). До того ж, електрична суть регулювання величини струму зварювання полягає у збільшенні (максимальний струм) чи зменшенні (мінімальний струм) магнітного потоку розсіювання, тобто втратами електроенергії. Магнітні поля розсіювання, замикаючись через металеві частини транс-

форматора, породжують вихрові струми (струми Фуко), що нагрівають трансформатор.

**Мета досліджень** – обґрунтування конструкції зварювального трансформатора та параметрів системи регулювання струму зварювання.

**Матеріали та методика досліджень.** Конструкція трансформатора для зварювання з мінімальними магнітними потоками розсіювання, що підвищує його коефіцієнт корисної дії (ККД), зменшеними масою та габаритами, а також пристроєм плавного регулювання зварювального струму шляхом взаємокомпенсації складових магнітного потоку наведена на рис.1.

У трансформаторі для зварювання, який складається з основного кільцевого магнітопроводу I, на який намотана первинна обмотка 1, та другого кільцевого магнітопроводу II, на який намотана обмотка регулювання величини струму зварювання 3. Магнітопроводи зв'язані між собою вторинною обмоткою 2, яка намотана поверх первинної та регулювальної і є спільною для обох магнітопроводів. До виводів вторинної обмотки 2 приєднується зварювальний електрод. Виводи регулювальної обмотки 3 приєднані до пристрою, який дає змогу плавно змінювати струм в обмотці. Це можуть бути тиристорні регулятори, а також реостати.



**Рис. 1. Конструкційне виконання зварювального трансформатора**

Магнітопровід II доцільно розміщувати на магнітопроводі I, прийнявши зовнішні та внутрішні діаметри однаковими. Поліпшується тепловий режим за тривалої роботи пристрою. Плавно змінюючи струм в обмотці регулювання (змінним опором або електронними пристроями регулювання) змінюємо величину індуктивного опору вторинної обмотки, а отже, отримаємо діапазон плавного регулювання зварювального струму.

На рис. 2 наведена принципова електрична схема пристрою.

Зварювальний трансформатор працює так. До первинної обмотки 1 від електричної мережі подається напруга. По ній буде протікати струм, намагнічуючи магнітопровід I. У вторинній обмотці 2 буде наводитись електрорушійна сила (ЕРС). При замиканні кінців обмотки через зварю-

вальний електрод буде протікати струм, величина якого буде обмежуватись індуктивним опором, що створює магнітопровід II. Магнітний потік магнітопроводу II буде наводити в обмотці регулювання 3 ЕРС. При замиканні її на змінний опір або інший елемент, що дозволяє змінювати величину струму, в ній буде протікати струм, який можна плавно регулювати. Цей струм створює складову магнітного потоку, яка взаємодіє з основним магнітним потоком магнітопроводу II, змінюючи таким чином індуктивний опір обмотки 3 в бік його зменшення. Струм зварювання при цьому збільшиться.

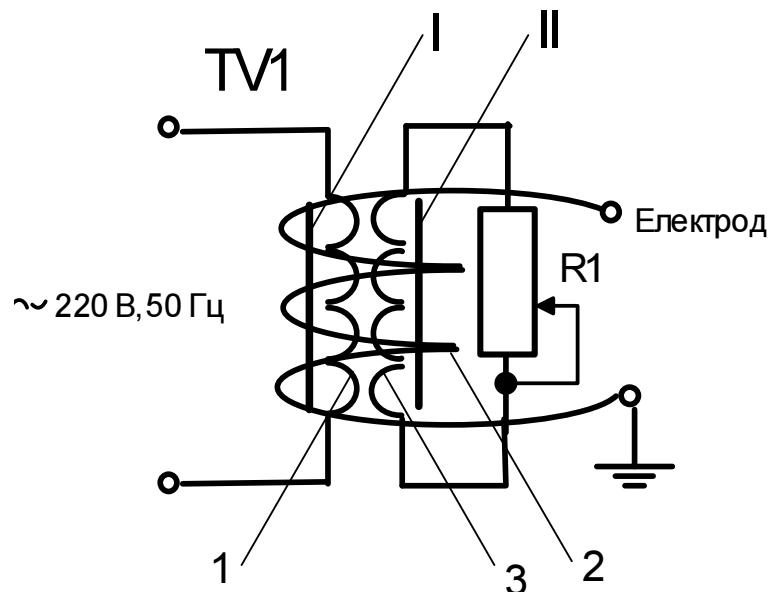


Рис. 2. Принципова електрична схема зварювального трансформатора

**Результати досліджень.** Мінімальний зварювальний струм має забезпечити магнітопровід II, який охоплюється вторинною обмоткою трансформатора. Вторинна обмотка трансформатора, при розімкненій обмотці регулювання, навантажена на індуктивний опір. Величину падіння напруги на цьому опорі знайдемо з рівняння напруг вторинної обмотки.

$$U_2 = I_{2min} \cdot Z_{2тр} + I_{2min} \cdot r_{ел} + I_{2min} \cdot Z_{тор} + U_d, \quad (1)$$

де  $Z_{2тр}$  – опір вторинної обмотки трансформатора, Ом, знаходимо з дослідів короткого замикання;

$Z_{2тр} = 0,0884$  Ом;  $r_{ел}$  – опір електрода, Ом; для електрода діаметром 2 мм  $r_{ел} = 0,013$  Ом;

$Z_{тор}$  – повний опір магнітопроводу II, Ом;

$U_d$  – напруга зварювальної дуги, В;  $U_d = 20 \dots 25$  В.

$$U_{тор} = I_{2min} \cdot Z_{тор} = U_2 - I_{2min} \cdot Z_{2тр} - I_{2min} \cdot r_{ел} - U_d. \quad (2)$$

Струм зварювання, протікаючи по вторинній обмотці, у магнітопроводі II створює магнітний потік  $\Phi_p$ . Величину індуктивного опору цього магнітопроводу, а відповідно, і його товщину  $h_p$ , знайдемо наступним чином.

За законом повного струму, середня напруженість магнітного поля

$$H = \frac{I_{2min} \cdot \omega}{2\pi R}, \quad (3)$$

де  $R$  – радіус середньої магнітної лінії магнітопроводу II, м.

$$R = \frac{R_1 + R_2}{2}, \quad (4)$$

де  $R_1$  – внутрішній радіус кільця магнітопроводу м;

$R_2$  – зовнішній радіус кільця магнітопроводу м;

Знаючи марку сталі (2411 – холоднокатана ізотропна, легована кремнієм 2,8÷4,8%. Питомі втрати в сталі при магнітній індукції 1,5 Тл, для частоти 50 Гц ( $P_{1,5/50}$ ) становлять 1,3 Вт/кг), по кривій намагнічування знаходимо величину магнітної індукції  $B$ .

Оскільки вторинна обмотка виконана мідним проводом великого перерізу, то падінням активної складової напруги можна знехтувати. З деякими припущеннями можна вважати, що падіння напруги на магнітопроводі II рівне

$$U_{top} = I_{2min} \cdot \omega L = I_{2min} \cdot 2\pi f L, \quad (5)$$

де  $f$  – частота змінного струму, Гц;  $f = 50$  Гц;

$L$  – індуктивність обмотки регулювання, Гн.

Згідно з [1], індуктивність для кільцевого магнітопроводу визначається з виразу:

$$L = \frac{\omega^2 \mu_0 h}{2\pi} \cdot \ln \frac{R_2}{R_1}, \quad (6)$$

де  $h$  – висота магнітопроводу II, м;

$R_1$  – внутрішній радіус кільця магнітопроводу, м;

$R_2$  – зовнішній радіус кільця магнітопроводу, м.

Величину  $\mu_0$  виразимо через величини магнітної індукції  $B$  та напруженості магнітного поля  $H$  згідно з таблицею намагнічування сталі [3].

Тоді висота тороїда

$$h = \frac{(U_2 - I_{2min} \cdot Z_{2тр} - I_{2min} \cdot r_{ел} - U_d) \cdot H}{f \cdot \omega^2 \cdot B \cdot \ln \frac{R_2}{R_1} \cdot I_{2min}}. \quad (7)$$

Діаметри магнітопроводу II, виходячи з конструкційної доцільності, приймаємо рівними діаметрам магнітопроводу I.

Вихідні дані для розрахунку:

- напруга вторинної обмотки –  $U_2 = 60$  В;
- мінімальний струм зварювання  $I_{2min} = 60$  А;
- максимальний струм зварювання  $I_{2man} = 120$  А;
- напруга горіння дуги  $U_d = 20 \dots 25$  В;
- зовнішній та внутрішній діаметри магнітопроводу  $d_3 = 0,246$  м,  $d_в = 0,162$  м;
- кількість витків вторинної обмотки  $\omega = 96$  витків;
- опір електрода  $r_{ел} = 0,013$  Ом;

Підставивши їх у (7), отримаємо товщину кільця магнітопроводу II;  $h = 15,7 \cdot 10^{-3}$  м. Площа поперечного перерізу  $S_{II} = 6,6 \cdot 10^{-4}$  м<sup>2</sup>, що в 7,4 раза менше від основного магнітопроводу.

## Висновки

1. Запропоновано конструкцію зварювального трансформатора з плавним регулюванням величини струму зварювання.

2. Наведено методику розрахунку параметрів магнітопроводу для плавного регулювання струму зварювання.

### **Список літератури**

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – М. : Высшая школа, 1973. – 750 с.
2. Вольдек А. И. Электрические машины : учеб. для студ. высш. техн. учеб. заведений / А. И. Вольдек [2-е изд., перераб. и доп.]. – Л. : Энергия, 1974. – 840 с.
3. Гольберг О. Д. Проектирование электрических машин : учеб. для втузов / О. Д. Гольберг, Я. С. Гурин, И. С. Свириденко. – М. : Высш. шк., 1984. – 431 с.
4. Пат. 72397 України МПК Н 01 F 30/06/ Трансформатор для зварювання / Васьковський Ю. М., Брагіда М. В., Чуенко Р. М., Брагіда Є. М. ; заявник і патентовласник Національний університет біоресурсів і природокористування України. – № 201014661 ; заявл. 06. 12. 10 ; опубл. 27. 08 12, Бюл. № 16.

### **СВАРОЧНЫЙ ТРАНСФОРМАТОР С ПЛАВНЫМ РЕГУЛИРОВАНИЕМ СВАРОЧНОГО ТОКА**

***М. В. Брагида, И. С. Зубков***

***Аннотация.** Приведена конструкция сварочного трансформатора, предложен способ плавного регулирования сварочного тока, выполнен расчет параметров магнитопровода.*

***Ключевые слова:** сварочный трансформатор, тороид, магнитопровод, обмотка регулирования, первичная обмотка, вторичная обмотка.*

### **THE WELDING TRANSFORMER WITH SMOOTH REGULATING OF A WELDING CURRENT**

***M. Bragida, I. Zubkov***

***Annotation.** The design of the welding transformer is resulted, the way of smooth regulating of a welding current is offered, calculation of parameters of a magnetic circuit is executed.*

***Key words:** the welding transformer, ring magnetic, circuit magnetic, regulating winding, primary winding, the secondary winding.*