

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЗВАРЮВАЛЬНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

**М. В. БРАГІДА**, кандидат технічних наук, доцент  
*Національний університет біоресурсів  
і природокористування України*  
e-mail: nni.elektrik@qmail.com

**Анотація.** Зварювальні трансформатори потребують удосконалення системи регулювання струму зварювання. У більшості з них регулювання здійснюється зміною повітряного проміжку в магнітопроводі (розсіювання магнітного потоку). При такому способі регулювання параметри магнітопроводу розраховують на мінімальний струм зварювання, отже, масогабаритні показники завищені. До того ж, є ненадійна механічна система регулювання, яка потребує додаткової уваги.

Метою дослідження є визначення меж та режимів роботи зварювального трансформатора з плавним регулюванням струму зварювання, описаного в [4]. У лабораторних умовах проведено дослідження основних характеристик та виявлено деякі закономірності регулювання в насичених магнітних системах.

Важливим виявився той факт, що регулювання в бік зменшення струму зварювання здійснюється до певної величини. Подальше збільшення струму регулювання веде до збільшення струму зварювання.

**Ключові слова:** зварювальний трансформатор, тороїд, магнітопровід, обмотка регулювання струму зварювання, первинна обмотка, вторинна обмотка, регулювальна характеристика, характеристика короткого замикання

**Актуальність.** Зварювальні трансформатори потребують удосконалення системи регулювання струму зварювання. Нині для цього існує кілька різних способів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** У попередніх працях [2, ст.131–135; 3, ст. 96–99] розглянуто методику визначення параметрів системи регулювання струму зварювання, а саме: параметри магнітопроводу та кількість витків обмотки регулювання.

Лабораторні дослідження показали, що обмоткою, яка розміщується на магнітопроводі регулювання, можна регулювати струм зварювання в бік його зменшення. Це означає, що розрахунок його параметрів виконується на максимально допустимий струм зварювання  $I_{2\max}$ .

$$X_{\text{дп}} = \omega L_{\text{дп}} \approx \frac{U_2}{I_{2\text{max}}} \quad (1)$$

Тоді індуктивний опір його зменшиться, а отже, зменшаться його масогабаритні показники. Це важливо, адже у зварювальних трансформаторах класичного виконання, де струм зварювання регулюється зміною величини повітряного проміжку магнітопроводу, мінімальна його величина буде при відсутньому повітряному проміжку. Індуктивний опір, згідно з (1) буде більший, а отже, розміри його збільшаться.

**Мета дослідження** – визначення меж та режимів роботи зварювального трансформатора, а також експериментальна перевірка електромагнітних процесів у трансформаторі і обґрунтування прийнятого діапазону регулювання струму зварювання.

**Матеріали і методи дослідження.** Лабораторні дослідження показали також обмеженість діапазону регулювання струму за умови, що вся вторинна обмотка охоплює магнітопровід регулювання. Це пояснюється великою напруженістю магнітного поля (насичення сталі). Максимальним струмом зварювання задаємося і він визначається й залежить від параметрів магнітопроводу регулювання [2, ст.131–135]. МРС магнітопроводу та напруженість його магнітного поля зв'язані виразом:

$$I_{2\text{max}} \cdot W_2 = H_p \cdot l_p \quad (2)$$

де  $I_{2\text{max}}$  – максимальний струм зварювання, А;  
 $W_2$  – кількість витків вторинної обмотки, вит;  
 $H_p$  – напруженість магнітного поля магнітопроводу регулювання, А/вит;  
 $l_p$  – середня довжина кола магнітопроводу, м.

При великих струмах зварювання 200÷250 А та кількості витків 60÷80, діаметрі трансформатора 250 мм напруженість поля сягає 18000÷25000 А/м. Діапазон регулювання струму буде незначним навіть при збільшенні числа витків обмотки регулювання.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Доцільно вторинну обмотку виконати розподіленою, тобто частина обмотки мотається безпосередньо по основному магнітопроводу, а друга її частина охоплює як основний магнітопровід, так і магнітопровід регулювання. Тоді вираз (2) матиме вигляд

$$I_{2\text{max}} \cdot W_{2\text{ф}} = H_p \cdot l_p \quad (3)$$

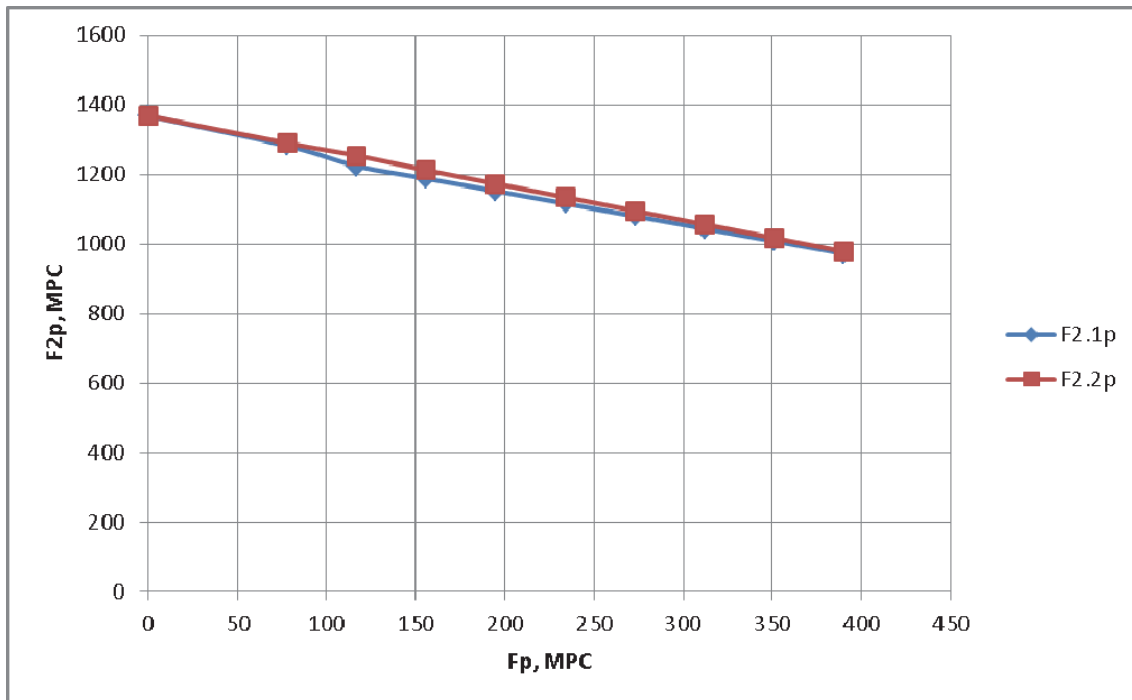
де  $W_{2\text{ф}}$  – кількість витків вторинної обмотки, що охоплюють магнітопровід регулювання, вит.

Збільшаться габарити (висота) магнітопроводу, а отже, зростуть його магнітні можливості.

Проведені лабораторні дослідження показали, що у насичених системах магнітопроводів для визначення струму зварювання можна скористатися виразом

$$I_2 = \frac{I_{2max} \cdot W_{2p} - I_p \cdot W_p}{W_{2p}} \quad (4)$$

Похибка становить до 2,5% у бік завищення у насичених магнітопроводах (рис. 1), а в слабонасичених (рис. 2) вона зростає до 5% теж у бік завищення. На графіку (рис. 2) характерна точка, коли крива, отримана дослідним шляхом та розрахункова перетинаються.



**Рис. 1. Залежність МРС вторинної обмотки  $F_{2p}$  від МРС обмотки регулювання  $F_2$**

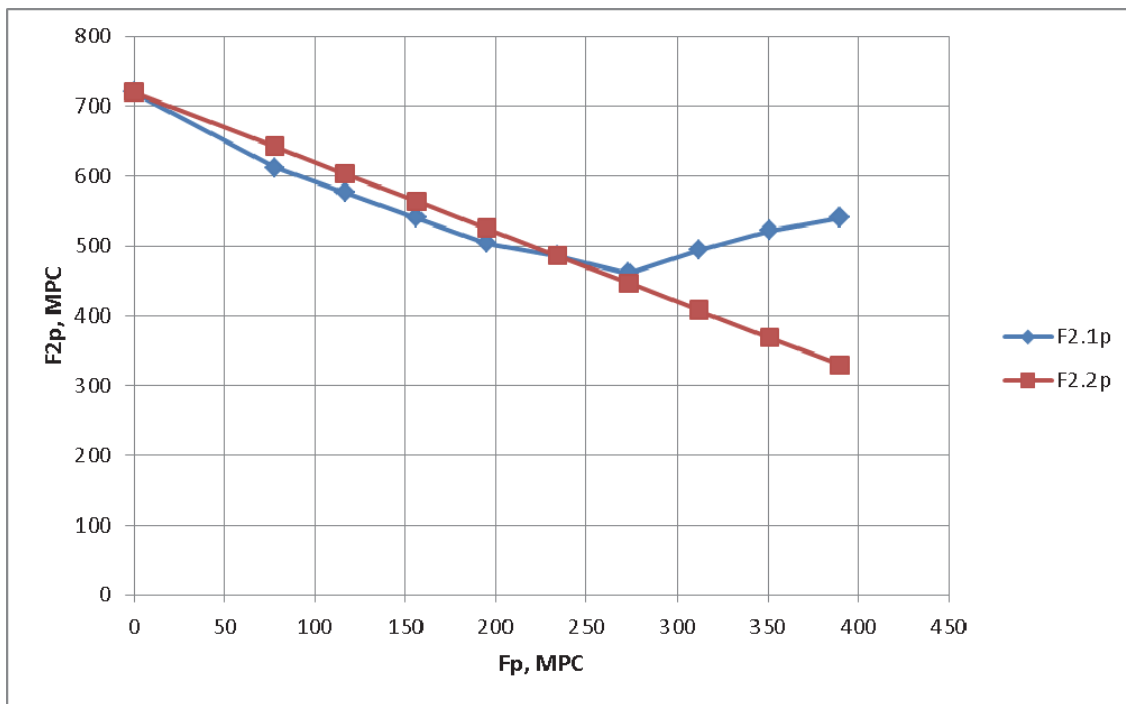
$F_{2.1p}$  – дослідні значення;  $F_{2.2p}$  – розрахункові значення

Це точка ентропії магнітного поля даного магнітопроводу. Подальше збільшення струму регулювання веде до збільшення струму первинної (вторинної) обмотки. Ефективне регулювання струму можна здійснювати тільки до цього значення.

Це підтверджує і регульовальна характеристика зварювального трансформатора (рис. 3). Регульовальна характеристика – залежність струму первинної (вторинної) обмотки трансформатора від струму регулювання при постійній напрузі.

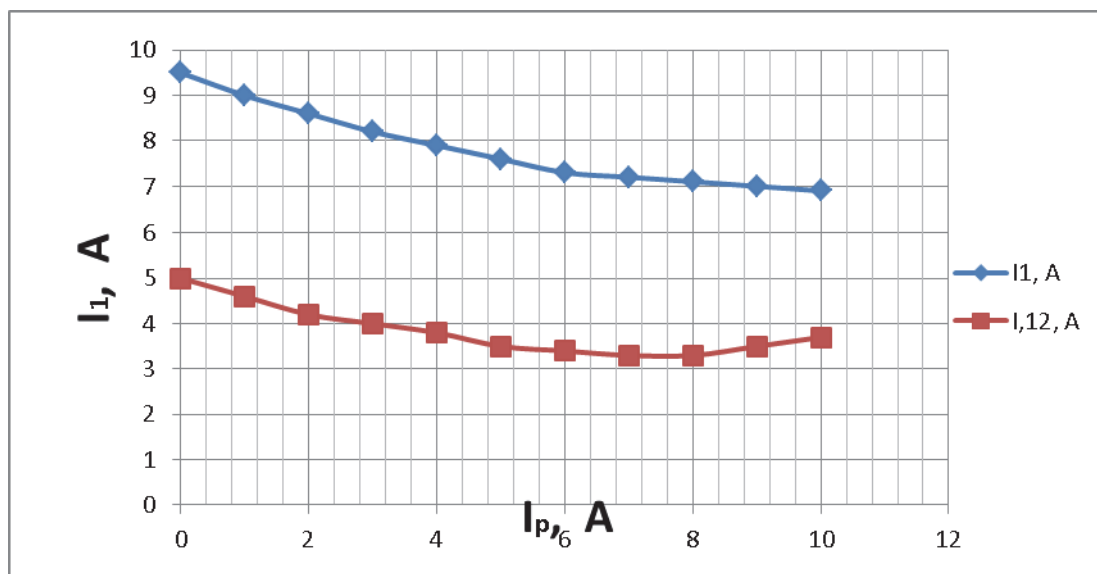
Характеристики при різних напругах наведені на рис. 3.

Якщо сталь магнітопроводу регулювання струму зварювання насичена, то зі збільшенням струму регулювання струм у первинній обмотці зменшується практично лінійно (рис. 3, верхня крива). При меншому насиченні сталі (нижня крива) характеристика має мінімальне значення до якого зменшується струм первинної обмотки при збільшенні струму в обмотці регулювання. Подальше збільшення струму регулювання приводить до збільшення струму первинної обмотки.



**Рис. 2. Залежність MPC вторинної обмотки  $F_{2p}$  від MPC обмотки регулювання  $F_2$**

$F_{2.1p}$  – дослідні значення;  $F_{2.2p}$  – розрахункові значення



**Рис. 3. Регульовальні характеристики зварювального трансформатора**

$I_1$  – при напрузі 100 В;  $I_{1,2}$  – при напрузі 85 В

Для неї теж характерне значення мінімуму при певних струмах регулювання. У слабонасичених магнітопроводах ця точка проявляється при менших значеннях струму регулювання, у насичених – при більших, а для ненасичених характерне збільшення струму первинної (вторинної) обмотки при збільшенні струму регулювання.

Заслужують на увагу характеристики короткого замикання. У такого типу зварювальних трансформаторів маємо сімейство характеристик короткого замикання, які залежать від струму регулювання.

Якщо обмотка регулювання розімкнена, то залежність  $U_1=f(I_1)$  при короткозамкненій вторинній обмотці має виражений індуктивний опір (рис. 4). Явно виражене насичення магнітопроводу регулювання струму зварювання.

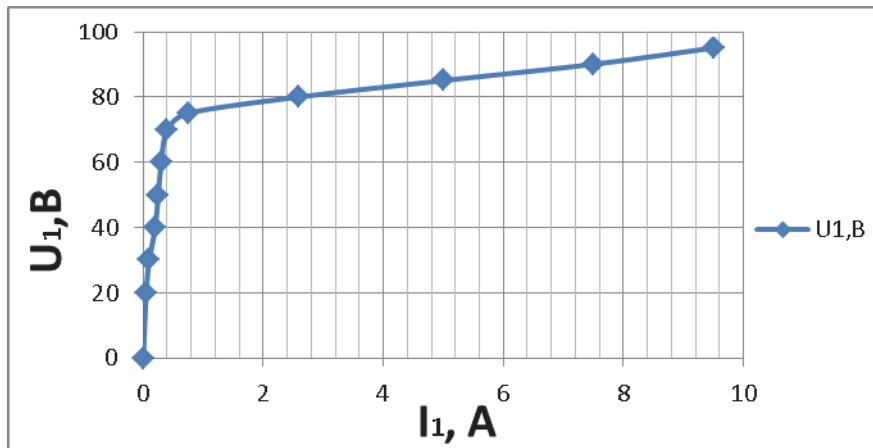


Рис. 4. Характеристика короткого замикання при  $I_p = 0$ .

При замиканні обмотки регулювання струму зварювання на опір маємо сімейство характеристик з меншим насиченням сталі магнітопроводу (рис. 5), а при певному струмі регулювання можна отримати майже лінійну характеристику.

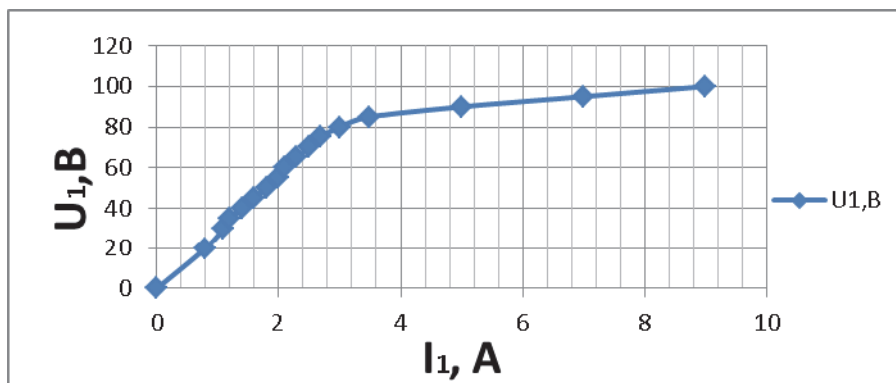


Рис. 5. Характеристика короткого замикання при  $I_p = 10 A$ .

### Висновки і перспективи

1. У насичених магнітопроводах електромагнітне регулювання струму можливе в бік зменшення. Ефективність діапазону регулювання обмежується певним значенням МРС магнітопроводу.
2. Значення цієї МРС визначається дослідним шляхом.

### Список літератури

1. Бессонов Л. А. Теоретические основы электротехники / Л. А. Бессонов. – М. : Высшая школа, 1973. – 750 с.
2. Брагіда М. В. Зварювальний трансформатор із плавним регулюванням струму зварювання / М. В Брагіда, І. С. Зубков // Науковий вісник НУБіП України. – 2015. – Вип. 224. – С.131–135.
3. Брагіда М. В. Розрахунок параметрів обмотки регулювання струму зварювання / М. В Брагіда, І. С. Зубков // Науковий вісник НУБіП України. – 2016. – Вип. 252. – С. 96–99.
4. Пат. 72397 України МПК Н 01 F 30/06/ Трансформатор для зварювання / Васьковський Ю. М., Брагіда М. В., Чуєнко 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.

### References

1. Bessonov, L. A. (1973). Teoretichni osnovy elektrotechniki [Theoretical bases electrical engineers]. Moscow, Russia: Vishcha shkola, 750.
2. Bragida, M. V., Zubkov, I. S. (2015). Svarochnyi transformator z plavnym rehulyuvannyam strumu zvaruvannya [The welding transformer with smooth regulating of a welding current] Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy, 224, 131–135.
3. Bragida, M. V., Zubkov, I. S. (2016). Rozrakhunok parametriv obmotky rehuliuвання strumu zvarivannya [Calculation of welding current regulation winding parameters] Naukovyi visnyk NUBiP Ukrainy, 252, 96–99.
4. Vaskovskyi, Ju. M., Bragida, M. V., Chuenko R. M., Bragida E. M. (2012). The transformer for welding. Patent of Ukraine for useful model. H 01 F 30/06. № 72397; declared 06.12.2010; published 27.08.2012, № 16.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СВАРОЧНОГО ТРАНСФОРМАТОРА

**М. В. Брагіда**

**Аннотация.** Сварочные трансформаторы требуют усовершенствования системы регулирования тока сваривания. Регулирование осуществляется изменением воздушного зазора в магнитопроводе (рассеивание магнитного потока). При таком способе регулирования параметры магнитопровода рассчитывают на минимальный ток сваривания, а значит, массогабаритные показатели завышены.

Целью исследования есть определение границ и режимов работы сварочного трансформатора с плавным регулированием тока сваривания, описанного в [4]. Проведены исследования характеристик и определены закономерности регулирования в насыщенных магнитных системах.

**Ключевые слова:** сварочный трансформатор, тороид, магнитопровод, обмотка регулирования, вторичная обмотка, первичная обмотка, регулировочная характеристика, характеристика короткого замыкания

## EXPERIMENTAL STUDY ON THE WELDING TRANSFORMER MODES

M. V. Bragida

**Abstract.** *Welding transformers require the improvement of the welding current control system. Regulation is carried out by changing the air gap in the magnetic circuit (magnetic flux dissipation). With this method of regulation, the parameters of the magnetic circuit are calculated for the minimum welding current, and hence the mass-dimensional parameters are overestimated.*

*The purpose of the study is to determine the boundaries and operating modes of a welding transformer with a smooth regulation of the welding current described in [4]. The study of characteristics has been carried out, and the regularities of regulation in saturated magnetic systems have been determined.*

**Keywords:** *welding transformer, toroid, magnetic core, regulation winding, secondary winding, primary winding, control characteristic, short circuit characteristic*

УДК 631.3:621.1

## МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ ВОДОНАПІРНОЇ БАШТИ З ВИКОРИСТАННЯМ НАГРІВАЛЬНИХ КАБЕЛІВ

**В. Є. ВАСИЛЕНКОВ**, кандидат технічних наук  
E-mail: wasil14@ukr.net

**Анотація.** *Визначено особливості визначення й розрахунку температурного режиму водонапірної башти за негативних температур навколишнього повітря на прикладі дослідження теплового потоку через циліндричну стінку. Застосування даного методу в технологічному процесі баштової системи водопостачання в сільській місцевості дозволяє визначати тепловий баланс водонапірної башти, що дасть змогу визначати час охолодження води у водонапірній башті до самого моменту замерзання.*

*Показано графіки залежності товщини льоду, що утворився на внутрішній стінці водонапірної ємкості башти, від часу. Встановлено взаємозв'язки величини товщини льоду від конструктивно-режимних параметрів роботи водонапірної вежі, що забезпечують її працездатність за негативних температур навколишнього повітря і коли порушується робота систем автоматичного регулювання рівня води (датчиків рівнів), знижується корисний об'єм башти і, зрештою, відбувається її механічне руйнування.*

---

© В.Є. Василенков, 2017