

تحديد المفاقيد ودرجات الحرارة الموضعية في تنك محول قوى

| | |
|-----------------------------|--------------------------------|
| مهندس/يسيم سامي يوسف | رئيس مجلس الإدارة |
| مهندس/ فوزي شحاتة | مدير قسم التطوير والبحث العلمي |
| مهندس/ محمد الغرباوي | مدير قسم تكنولوجيا المعلومات |
| مهندس/أسامة أحمد عبد العزيز | مهندس تصميم ميكانيكي |

1

ملخص البحث:

- عمل تجربة لقياس درجات الحرارة الموضعية ومنها حساب المفاقيد الموضعية طبقا لطريقة المعدل الابتدائي في ارتفاع درجة الحرارة.
- عمل نموذج لحساب المفاقيد الموضعية باستخدام طريقة العناصر المحددة.
- مقارنة النواتج بين الطريقتين بغرض التوصل لنموذج يمكن من خلاله حساب المفاقيد الموضعية وذلك نظرا لصعوبة إجراء التجربة بالمحولات.

2

نظام القياس:

1. قياس الفقد الموضعي
2. اختيار نظام القياس
3. حلقات تجريبية

3

1. قياس الفقد الموضعي

- معادلة انتشار الحرارة:

$$p = c \rho \frac{\partial \theta}{\partial t} + q$$

- حيث p هو الفقد في الطاقة, θ هي درجة حرارة الجسم, c السعة الحرارية, ρ كثافة المادة, و q هي الحرارة المتبددة في المناطق المحيطة بالجسم (النقط المعدنية حول النقطة المقاسة + الموائع المحيطة بالنقطة المقاسة).

4

1. قياس الفقد الموضوعي

- إذا تم اعتبار في الحالة الابتدائية عند $t = 0$ ان كل اجزاء الجسم والموائع المحيطة عند نفس درجة الحرارة, يمكن القول ان الحرارة المتبددة في الأجزاء المحيطة $q = 0$ وتصبح المعادلة:

$$p = c \rho \left[\frac{\partial \theta}{\partial t} \right]_{t=0}$$

- يمكن حساب الفقد في الحرارة من ارتفاع درجة الحرارة الابتدائي.

5

2. اختيار نظام القياس

- اختيار حساسات لقياس درجات الحرارة.
- وضع الحساسات بحيث تتصل بشكل جيد حراريا بنقطة القياس.
- قدرة الحساسات على القياس اللحظي لدرجة الحرارة (سعة حرارية مهملة)
- اختبار نظام القياس على شرائط من النحاس والألمونيوم حيث تم وضع نقطة الاتصال measurement junction في النقطة المرغوب قياس المفاقيد بها في حوض مياه درجة حرارته مستقرة ومعروفة. وتحتوي المزدوجات الحرارية على عيب أساسي وهو الإشارة الضعيفة نسبيا. على سبيل المثال, تبلغ حساسية المزدوجات الحرارية كونستانتان-نحاس (T-type) 43 ميكرو فولت/درجة مئوية. لقياس تغير $0.01 C$. تم استخدام نانوفولتميتر بدقة 1 نانوفولت.

6

2. اختيار نظام القياس

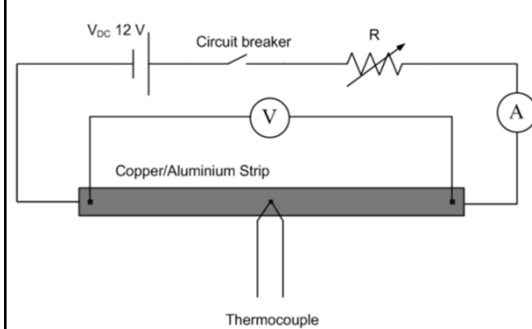


Figure 2. Measurement of losses on copper and aluminium strips

• تم تثبيت نقطة اتصال مزدوجة حرارية بمنتصف شريط نحاس وألمونيوم كما موضح بالشكل 2.

• استخدام قاطع دائرة كهربائية (circuit breaker) لتطبيق جهد تيار مستمر للشرائط فجأة، مع استخدام مقاومات لتغيير التيار في الدائرة.

7

2. اختيار نظام القياس

Table 1 – Measured losses in copper and aluminium conductors

| Conductor | Current, A | Measured initial slope, °C/s | Total losses, W | | Ratio (1)/(2) |
|------------------------------|------------|------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|
| | | | Temperature-time method (1) | Wattmeter (2) | |
| Cu 1,0 x 15 mm ² | 81,5 | 0,143 | 6,64 | 6,83 | 0,97 |
| Cu 5,6 x 4,0 mm ² | 98,3 | 0,098 | 6,80 | 6,80 | 1,00 |
| Al 2,0 x 15 mm ² | 80,8 | 0,088 | 5,71 | 5,51 | 1,04 |

• جاءت النواتج متطابقة مما يدل على مناسبة المزدوجات الحرارية كحساسات والنانوفولتمتر كأداة لقياس الفقد الموضعي.

• وهنا يجب التأكيد على أن المفاقيد المقاسة كانت موزعة بشكل متجانس (uniform) متجانس بداخل الجسم الساخن (موصلات النحاس/الألمونيوم) ولكن هذه ليست الحالة في حالة المفاقيد الناتجة من التيارات الدوامية (eddy currents) بالمواد المغناطيسية.

8

3. حلقات تجريبية

- عندما تكون مصادر الحرارة غير موزعة بشكل متجانس، ستحدث أخطاء في المفايد المقاسة إذا لم يكتمل قياس الارتفاع في درجة الحرارة قبل انتقال درجة حرارة من أو إلى النقطة المقاسة من المناطق المحيطة والمختلفة في درجات الحرارة.
- يمكن تقدير الأخطاء في هذه الحالات عن طريق التحليل التجريبي والعددي لنقل الحرارة على شكل هندسي بسيط.
- تم عمل حلقة تجريبية من الصلب المغناطيسي محاطة بموصل نحاسي لعمل تجربة لحساب أخطاء القياس المحتملة.

9

3. حلقات تجريبية

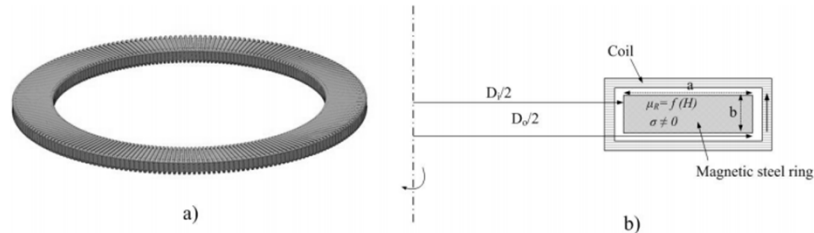


Figure 3. Experimental ring a) 3D view and b) 2D model with dimension description

- تتكون الحلقة كما هو مبين في الشكل 3 من حلقة قطرها الداخلي 325 مم ، وقطرها الخارجي القياس 385 مم وسمك 8 مم.
- يتم حث الملف حول الحلقة عن طريق مصدر للتيار ذو دالة جيبيية (sinusoidal current source) بتردد 50 هرتز.
- الموصلية الكهربائية للصلب المغناطيسي $610 * 6,56$ سيمنز/متر (عند درجة حرارة 20 درجة مئوية)

10

3. حلقات تجريبية

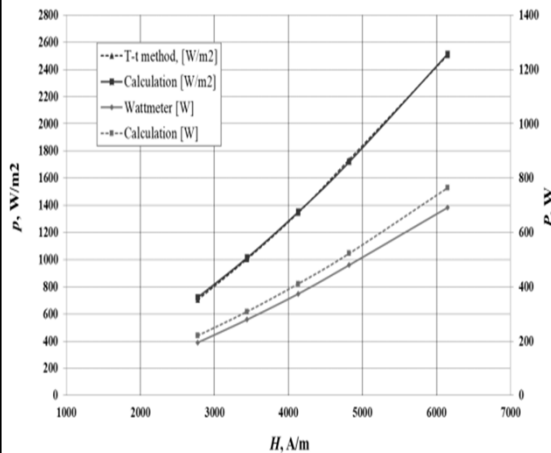


Figure 4. Comparison of loss measurement methods and calculation

• تم مقارنة النواتج المقاسة بطريقة الإرتفاع الإبتدائي للحرارة والواتميتر مع النواتج المحسوبة بإستخدام الأداة العددية .MagNet

• يظهر الشكل 4 المقارنة بين المفاقد الكلية بالوات والمفاقد السطحية الموضعية ب الوات/ متر2 بالمفاقد المحسوبة من الحسابات الغير خطية الكهرومغناطيسية.

11

3. حلقات تجريبية

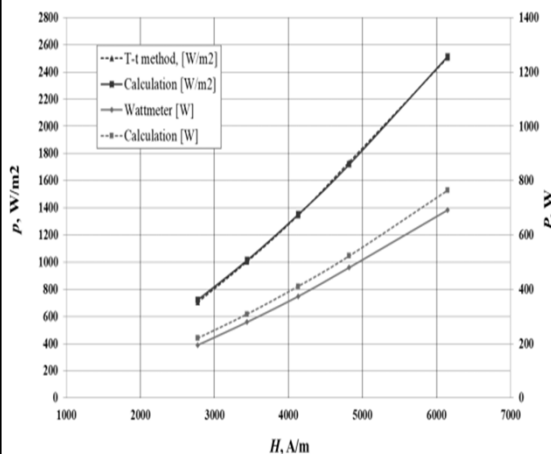


Figure 4. Comparison of loss measurement methods and calculation

• في حالة المفاقد الموضعية نجد أن الفرق بين القيم المقاسة والقيم المحسوبة على حلقة الصلب المغناطيسي أقل من 3%.

• وبذلك يمكن استنتاج قابلية طريقة قياس الفقد الموضعي المقدمة للتطبيق. وعلى الرغم من الانتشار الغير متجانس للمفاقد مع عمق الصلب المغناطيسي, يمكن تحديد المفاقد الموضعية السطحية(وات/ متر2) بدقة عالية.

12

النموذج التجريبي والحسابي:

1. نموذج لارتفاع الحرارة الموضعي الزائد
2. عمل نموذج حسابي للظاهرة الحرارية الكهرومغناطيسية في FEM

13

1. نموذج لارتفاع الحرارة الموضعي الزائد

- عمل نموذج تجريبي بسيط يتكون من طور واحد (single phase) لاختبار الفقد الموضعي العالي وارتفاع الحرارة المترتب عليه.
- عمل التنك من الصلب المغناطيسي (الكربوني) عدا جنب واحد واسع تم صنعه من صلب غير مغناطيسي.
- تصميم نظام تبريد بحيث يمكن التحكم والمحافظة على درجة حرارة الزيت بداخل التنك عند درجة الحرارة المعتادة في محولات الجهد.
- تم تثبيت المزدوجات الحرارية على التنك من أجل تحديد المفاقد ودرجات الحرارة الموضعية على سطح التنك. تم توضيح المزدوجات الحرارية على التنك في شكل 7.

14

1. نموذج لارتفاع الحرارة الموضعي الزائد

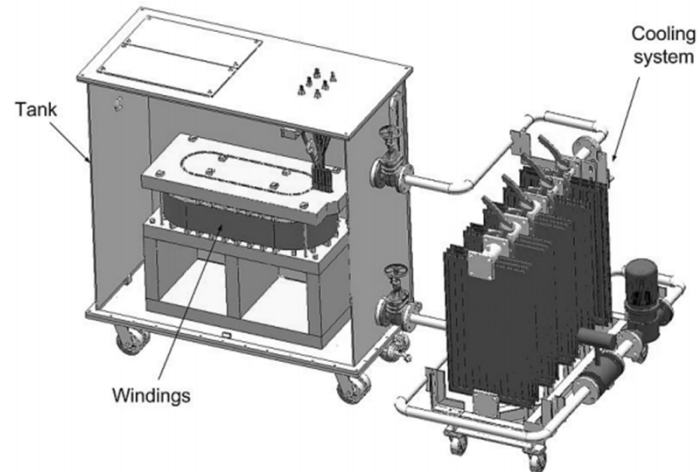


Figure 5. Experimental model for tank local overheating

15

1. نموذج لارتفاع الحرارة الموضعي الزائد

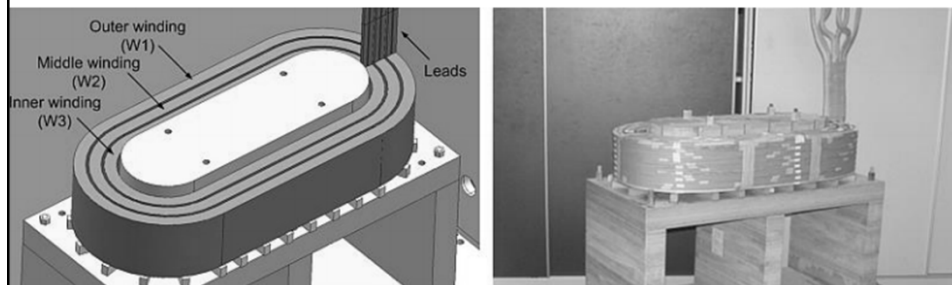


Figure 6. Windings used in experimental model

16

1. نموذج لارتفاع الحرارة الموضعي الزائد

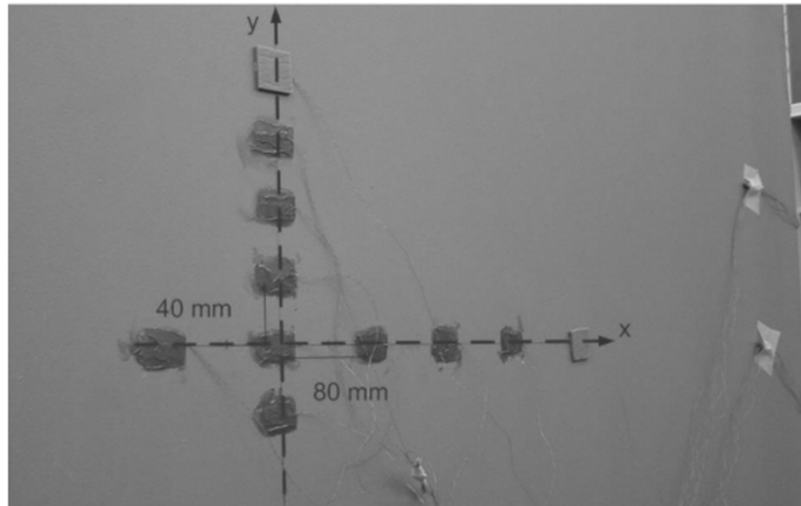


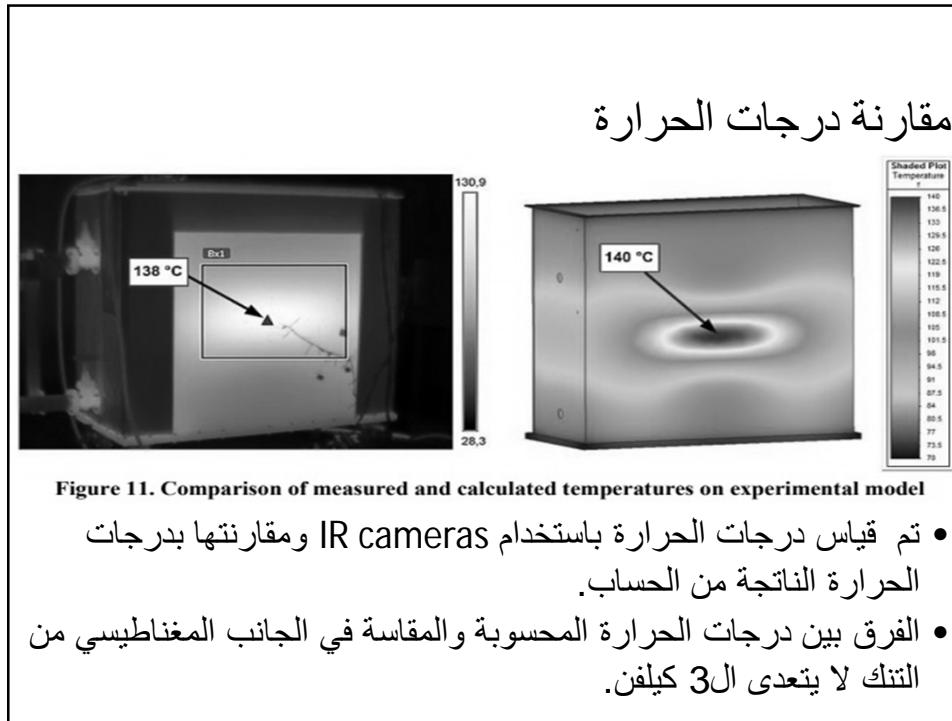
Figure 7. Thermocouples fixed on tank surface

17

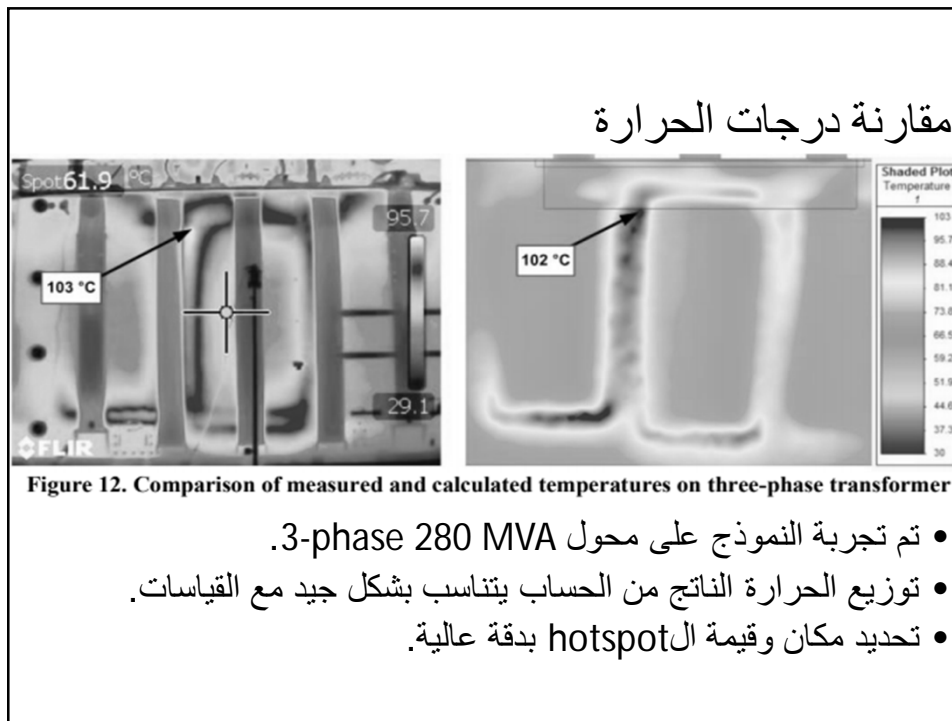
2. عمل نموذج حسابي للظاهرة الحرارية الكهرومغناطيسية في FEM

- تم حساب المفاقيد في تنك المحول الصلب عدديا باستخدام برنامج Infolytica's MagNet.
- في حساب المفاقيد للصلب المغناطيسي, كانت قيمة الموصلية الكهربائية $6 \times 10^4, 5$, بينما تساوي $1,3 \times 10^6$ للصلب الغير مغناطيسي. تم معالجة ال nonlinearities باستخدام نيوتن-رافسون linearization model.

18



19



20

الاستنتاج

- استطاع البحث تقديم طريقة نمذجة لحساب درجات الحرارة بدقة في محولات الجهد.