

تقليل خسائر اللاحمل للمحولات الكهربائية بزيادة عدد لفات ملفي الادخال والايخراج

¹رياض نومان مظلوم , ²نريمان خالد هاشم

¹رئيس مهندسين , ²مهندس

^{1,2} شركة ديالى للصناعات الكهربائية العامة . العراق ، ديالى

E-mail; eng_riyadh@yahoo.com

1 - المقدمة:

تعد صناعة المحولات الكهربائية من الصناعات المهمة عالمياً إذ يتم إنتاج ملايين المحولات سنوياً لسد احتياجات شبكات الكهرباء والمجالات الصناعية الأخرى مثل محولات الصهر ومحولات الحماية الكاثودية. يبلغ معدل سعر محولة التوزيع (10) آلاف دولار تقريباً، وإذا ما قورن بعدد المحولات الكهربائية الموجودة في الشبكة الكهربائية فستبلغ لشبكة العراق عدة مليارات من الدولارات مما يعطي أهمية كبرى لهذا القطاع ومشاكله. إن كفاءة أداء المحول الكهربائي تعتمد على الخسائر المصاحبة لعمل المحول الكهربائي بنوعيه الحمل (النحاسية) واللاحمل (الحديدية) لذا فإن أي خفض في تلك القيمتين سيحسن بالتالي من كفاءة عمل المحول الكهربائي إن الخسائر المصاحبة لعمل المحولة بنوعيه الحمل واللاحمل تعد كلف إضافية على كلفة المحولة الابتدائية (الشراء) وقد أعدت المراكز البحثية معادلة لحساب الكلفة الكلية للمحول متضمنة الكلف الإضافية الناتجة عن الخسائر في الطاقة المصاحبة لعمل المحول وهي معتمدة من قبل وزارة الكهرباء العراقية (D-26) وتكون الكلفة الكلية كالآتي:

$$\text{كلفة المحولة الكلية} = \text{كلفة الشراء} + (\text{كلفة (خسائر الحمل + خسائر اللاحمل)}) * (\text{أيام العمل})^{(1)} (2)$$

$$\text{كلفة المحولة الكلية} = \text{سعر الشراء} + (\$) 1800 * \text{مقدار خسائر اللاحمل} + (\$) 600 * \text{مقدار خسائر الحمل}$$

يلاحظ من المعادلة أعلاه إن الكلفة الإضافية لخسائر اللاحمل هي (3) أضعاف الكلفة الإضافية لخسائر الحمل بسبب أن قيمتها ثابتة وغير متأثرة بتيار الحمل بينما خسائر الحمل تزداد بصورة طردية مع زيادة تيار الحمل. إن تقليل قيمة الخسائر النحاسية أو الحديدية للمحول الكهربائي له عدة ميزات وهي كالآتي :

1- بالنسبة للمصنع تفيد في مجال المنافسة مع الشركات الأخرى وكذلك تحسين مواصفات المنتج

2- بالنسبة لشركات الكهرباء تفيد في تقليل كلفة إنتاج وتوزيع الطاقة.

3- تقليل الخسائر يقلل من عملية التلوث الجوي.

إن فائدة تقليل الخسائر تشمل فقرة إضافية وهي تقليل التلوث البيئي، إذ أن إنتاج الطاقة الكهربائية يكون على الأغلب ناتجاً عن عملية احتراق الوقود الأحفوري المنتجة لغاز ثنائي أكسيد الكربون المسبب لعملية الاحتباس الحراري.

يهدف البحث الى تقليل مقدار خسائر اللاحمل للمحولات المنتجة في شركة ديالى للصناعات الكهربائية بسبب ارتفاع قيمتها وأسباب ذلك عديدة منها ما هو تصنيعي والآخر بسبب المادة المستخدمة في التصنيع لذا تطلب إيجاد طريقة لتقليل هذه القيمة المؤثرة في كفاءة المحول وقدرته على المنافسة التجارية مع منتجات الشركات الأخرى.

2- نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية

نتيجة للاستهلاك العالي للطاقة الكهربائية بدأ بناء محطات توليد كبيرة تكون بعيدة عن أماكن الاستهلاك مما تتطلب مد خطوط طويلة لنقل الطاقة الكهربائية إلى محطات الاستهلاك، وقد وجد أن نقل التيار الكهربائي (I) تصاحبه خسارة كبيرة في الطاقة بسبب مقاومة الموصلات (R) وقيمة هذه الخسارة (P) حسب المعادلة الآتية⁽²⁾:

$$P = I^2 * R \quad \text{----- (1)}$$

والمعادلة تظهر زيادة كبيرة في الخسارة بزيادة التيار المنقول، إذ يظهر في المعادلة مرفوع إلى قيمة تربيعية وهذا سيجعل قيمة الخسارة مضاعفة عدة مرات عكس زيادة قيمة المقاومة أو الفولتية مما تتطلب البحث عن طريقة لتقليل هذه الخسائر عن طريق تقليل قيمة التيار لكن مع الحفاظ على قيمة الطاقة المنقولة، وقد استغلت المعادلة الآتية التي تربط الطاقة بمعاملتي الفولتية والتيار لتصنيع جهاز لهذا الغرض وحسب المعادلة الآتية⁽²⁾

$$P = V * I \quad \text{----- (2)}$$

حيث أن:

P: القدرة I : التيار V : الفولتية R: المقاومة

لذا تم البحث عن آلة تقوم بخفض قيمة التيار وزيادة قيمة الفولتية لأقصى حد ممكن ليتم اختراع أول محول كهربائي لهذا الغرض باستخدام ظاهرة الحث الكهرومغناطيسي، وبذلك أمكن نقل الطاقة الكهربائية إلى مسافات بعيدة جداً بأقل خسارة ممكنة، إذ تم نصب محولات رافعة للفولتية خافضة للتيار عند محطات التوليد ومحولات خافضة للفولتية رافعة للتيار عند أماكن الاستهلاك .

3- نظرية عمل المحول الكهربائي

يتكون المحول الكهربائي من أجزاء رئيسية تتمثل بملف الإدخال وملف الإخراج والقلب الحديدي التي تكون الجزء الفعال الذي يقوم بعمل المحولة من الناحية الكهربائية والمغناطيسية مع أجزاء إضافية أخرى مثل الخزان والزيت وعوازل التوصيل.

فعند تسليط فرق جهد على طرفي الملف الابتدائي فسيمر تيار من خلاله يصاحبه مجال مغناطيسي، وبما أن قابلية الحديد أفضل من الهواء بمئات المرات لاحتواء وإمرار الفيض المغناطيسي فإن خطوط الفيض ستمر خلال القلب الحديدي مكونة دورة متكاملة تأثر بالجهة المقابلة بالملف الثانوي بحيث يقطع عدد لفاته عمودياً حائلاً قوة دافعة كهربائية تؤدي إلى مرور تيار كهربائي وكما في الشكل رقم (1) الذي يوضح دائرة المحول البسيط.

إن عمل المحول يتطلب أن تكون دالة الفولتية والتيار متغيرة مع الزمن (AC Power) وبالتالي دالة الفيض (Ø) تكون أيضاً متغيرة مع الزمن (t) لتوليد القوة الدافعة الكهربائية (E) (قانون لنز)⁽³⁾ لذا:

$$E = - N d\Phi / dt \quad \text{----- (3)} \quad \text{عدد لفات الملف : N}$$

وبقسمة المعادلة لطرفي المحولة الابتدائي والثانوي (2&1) وافترض E=V نحصل⁽²⁾

$$V_1/V_2=N_1/N_2 \quad \text{----- (4)}$$

والمعادلة أعلاه تستخدم في التصميم لغرض تحديد عدد اللفات (N) في كل من الملفين الأولي والثانوي (1&2) ويدعى المقدار (V_1/V_2) بنسبة التحويل. وعلى اعتبار المحولة مثالية وتساوي القدرة الظاهرية بجهتي المحول ينتج⁽²⁾

$$V_1/V_2=I_2/I_1 \text{ ----- (5)}$$

من الشكل (1) يلاحظ عدم اتصال الملفين الابتدائي (المرتبطة بالمصدر) والثانوي (المرتبطة بالحمل) ومع ذلك يتولد فرق فولتية بالملف الثانوي بالحث الناتج عن المجال المغناطيسي الناتج عن الفيض المغناطيسي المار في القلب الحديدي. يستخدم الحديد في تصنيع القلب الحديدي للمحول لان نفاذيته افضل من الهواء⁽³⁾ فالقلب هنا عامل مساعد ومحسن لعملية التحويل التي تجري بكاملها في الملفات إن استخدام الحديد في تصنيع القلب للمحولات أظهر وجود خسائر في الطاقة ناتجة عن خواص الحديد لمقاومة الفيض المغناطيسي المار من خلاله أي عاقبة لعملية التمغنط وفقدانها ولكون الحديد مادة موصلة يستحث فيه تيار كهربائي مسببا خسائر أخرى في الطاقة⁽³⁾ وكما سيتم تبيان لاحقاً في الفقرة (5) الخاصة بالخسائر الحديدية.

4- خسائر نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية

كما أشرنا سابقاً إلى وجود خسارة في الطاقة الكهربائية في أسلاك النقل التي تقوم بنقل التيار الكهربائي من محطات الإنتاج إلى محطات التوزيع ومن ثم إلى المستهلك والتي تم تقليلها لحددها الأدنى باستخدام المحولات الكهربائية الرافعة عند محطات توليد الطاقة الكهربائية التي تقوم برفع قيمة الفولتية ونقل قيمة التيار ومن ثم استخدام محولات خافضة عند أماكن الاستهلاك حيث تقوم بخفض الفولتية ورفع قيمة التيار مع الحفاظ على قيمة الطاقة بأقل خسارة ممكنة.

إن عمل المحولات الكهربائية يكون مصحوب بخسارة في الطاقة تقسم لنوعين:

4-1- النوع الأول يدعى بالخسائر النحاسية (خسائر الحمل) وينتج عن مقاومة الموصلات الخاصة بالملفات نتيجة مرور التيار وتكون قيمتها متغيرة مع قيمة التيار المسحوب من المحول وقيمتها تساوي⁽²⁾:

$$\text{Load Losses} = (I^2 * R)_{LV} + (I^2 * R)_{HV} \text{ ----- (6)}$$

$$R = \rho * Ls/A \text{ ----- (7)}$$

ρ : المقاومة النوعية للنحاس LS: طول الموصل A: مساحة مقطع الموصل

HV : الفولتية العالية LV : الفولتية الواطئة

4-2- النوع الثاني فيدعى بالخسائر الحديدية (خسائر اللاحمل) وتقسّم إلى خسائر هسترة وخسائر التيارات الدوامة وتتميز هذه الخسائر بكونها ثابتة المقدار حتى عند وجود حمل على المحول (أي تيار الحمل صفر). وبسبب استمرارية وثبوت قيمة الخسائر الحديدية فإن الدوائر المختصة في شبكات الكهرباء تجعل كلفة الخسائر الحديدية ثلاث أضعاف الخسائر النحاسية⁽¹⁾ (D-26) .

إن قيمة خسائر النقل والتوزيع أعلاه تمثل نسبة كبيرة من مجموع الطاقة الكهربائية المنتجة وقيمة هذه الخسارة تبلغ مئات ملايين من الدولارات لذا فإن المراكز البحثية وشركات الكهرباء تحاول قدر الإمكان تقليل هذه الخسارة الى حددها الأدنى.

5- الخسائر الحديدية

إن الخسائر الحديدية تتألف من جزأين رئيسيين هما:

5-1- خسائر الهسترة (P_h) تمثل مساحة حلقة الهسترة قيمة خسارة الهسترة (P_h) (الناتجة عن وجود تخلفية في المغناطيسية عند زوال المؤثر) (4) وتتأثر قيمتها بقيمة الذبذبة ونوعية المادة، لذا فإن التطوير في هذا المجال كان في البحث عن مادة ذات حلقة هسترة بمساحة صغيرة فالمادة المثالية تكون ذات علاقة خطية بين شدة الفيض المسلط (H) وكثافة الفيض المغناطيسي (B) للوصول إلى نقطة التشبع. أما المواد في الواقع فإن تصرفها يختلف فان تسليط شدة فيض لا تماثلها زيادة مماثلة في كثافة الفيض وتختلف بزيادة هذه الشدة وعند إزالة الشدة المؤثرة، وان وصلت للصفر فإن هناك قيمة متبقية من الكثافة المغناطيسية في المادة هذا التخلف في الكثافة هو المسبب لهذه الخسارة وكما مبين في الشكل رقم (2) والمعادلة التالية تمثل قيمة الخسارة (2) (5) (6) .

$$P_h = K_1 * f * (B_{max})^n * V_x \quad \text{-----} \quad (8)$$

$n=1.6$ for distribution transformer

K_1 : معامل خاص بكل مادة f ذبذبة المنظومة B : كثافة الفيض المغناطيسي V_x : الحجم.

5-2- خسائر التيارات الدوامة (P_e) إذ تستحث تيارات في القلب الحديدي الذي يتصرف كموصل تعتمد قيمة هذه الخسارة على مربع قيمتي التذبذب وسمك شرائح الحديد الكهربائي لذا فان التطوير لتقليل هذه الخسائر عن طريق تقليل سمك الحديد الكهربائي وتكوين القلب من شرائح مركبة معزولة تمنع نمو التيار والشكل رقم (3) بين هذه العملية والمعادلة التالية تمثل هذه الخسارة (2) (5) (6)

$$P_e = K_2 * f^2 * B_{max}^2 * t^2 \quad \text{-----} \quad (10)$$

K_2 : معامل خاص بالمادة (t) سمك المادة.

ويمكن حساب قيم الخسارتين أعلاه من خلال حساب الخسائر الحديدية الكلية عند ترددين مختلفين حيث (P_i) تمثل الخسائر الحديدية الكلية (2) (5) (6)

$$P_i = P_h + P_e \quad \text{-----} \quad (11)$$

وبما أن (k_1) ثابت والحجم ثابت (نفس القلب في الحالتين) وكذلك كثافة الفيض ثابتة (تغيير الفولتية مع التردد) فيعوض عنها جميعا بالثابت (a) في معادلة خسائر الهسترة (2) فتكون:

$$P_h = a * f \quad \text{-----} \quad (12)$$

وكذلك فإن (k_2) ثابت والسمك ثابت (نفس القلب في الحالتين) وكذلك كثافة الفيض ثابتة (تغيير الفولتية مع التردد) فيعوض عنها جميعا بالثابت (b) في معادلة خسائر التيارات الدوامة (2) فتكون:

$$P_e = f^2 * b \quad \text{-----} \quad (13)$$

وبتعويض قيمتي خسائر الهسترة والتيارات الدوامة في معادلة الخسائر الكلية ينتج:

$$P_i = a * f + b * f^2 \quad \text{-----} \quad (14)$$

$$P_i/f = a + b*f \quad \text{---} \quad (15)$$

إذ أن (B_{max}) ثابتة وتأخذ من الجدول رقم (1) وقيمتها التصميمية لمحولات شركة ديالى (1.773). ولغرض الحفاظ على قيمتها يتم تغيير الفولتية المستخدمة في الفحص الأول حيث يسלט عند الفحص (كما سيتم شرحه لاحقاً) فولتية التجهيز (V_1) وتبلغ 416v عند تردد 50Hz (f_1) وتحسب الخسارة الكلية وكذلك تحسب عند التردد الثاني 60Hz (f_2) مع حساب (V_2) التي سيتم تسليطها في الفحص الثاني حسب المعادلة الآتية والناتجة عن قسمة معادلة الفيض المغناطيسي لترددين مختلفين (7)

$$V_1/V_2 = f_1/f_2 \quad \rightarrow \quad V_2 = (f_2/f_1) * V_1 \quad \text{-----} \quad (16)$$

إذ يتم تعويض قيمتي الخسارة (P_i) والتي يتم قراءتها من جهاز القدرة المربوط مع المحول اثناء فحص (Open Circuit) عند الترددتين المختلفين في المعادلة رقم (16) فنتج لدينا معادلتين بمجهولين فقط هما ($a \& b$) وتعويض قيمتي ($f_1 \& f_2$) في المعادلتين الناتجتين يتم حساب ($a \& b$) وتعويضهما في معادلتنا ($P_h \& P_e$) يمكن حساب تلك الخسارتين.

إن الفائدة من حساب تلك الخسارتين هو للأغراض البحثية لتطوير نوع المادة أو العازل وأحياناً يمكن الاستفادة من ذلك لتحديد أسباب فشل القلب الحديدي من ناحية ارتفاع إحدى الخسارتين عن الحد المقرر التي تكون (5) (6):

$$P_e = P_h = 0.5 P_i \quad \text{for cold rolled steel}$$

$$P_e = 0.3 P_i, \quad P_h = 0.7 P_i \quad \text{for hot rolled steel}$$

6- تقليل خسائر اللاحمل (الحديدية) عن طريق تقليل كثافة الفيض المغناطيسي

لقد أشرنا سابقاً إلى طرق تقليل الخسائر الحديدية (7) وهي :

1- عن طريق تقليل سمك الشرائح الحديدية المكونة للقلب الحديدي لتقليل خسائر التيارات الدوامية

2- تحسين المواد المكونة للقلب وطرق تصنيعها لتقليل خسائر الهسترة

لكن في هذا البحث سنقوم بتناول طريقة أخرى تم تجربتها على العديد من أنواع المحولات وبكمية تبلغ آلاف المحولات ولكافة السعات.

إن موجة الفيض المغناطيسي (\emptyset) هي موجة جيبيه تتغير بزاوية مقدارها (wt) وعند تطبيق قانون لنز ينتج (3) (5).

$$V = N d\emptyset / dt$$

$$= N d(\emptyset \sin(wt)) \quad \text{where} \quad d(\sin(wt)) = w \cos(wt)$$

$$= N * \emptyset * 2\pi f \quad \text{where} \quad wt = 2\pi f \quad \& \quad \cos(wt) = 1 \text{ at } (wt=0)$$

$$= (2\pi f / \sqrt{2}) * (B / A_c) * f \quad \text{where} \quad V = V_{\max} / \sqrt{2} \quad \& \quad B = \emptyset / A_c$$

وبإعادة ترتيب المعادلة تكون كالآتي:

$$B = (V / N) / (4.44 A_c f) \quad \text{-----} \quad (17)$$

AC : مساحة مقطع القلب الحديدي

ونلاحظ في المعادلة أعلاه إن كثافة الفيض المغناطيسي (B) تتناسب طردياً مع (V/N) ككل (عكسياً مع N وطردياً مع V) وعكسياً مع (AC) بثبوت (f) وبذلك يستطيع المصمم تغيير قيمة كثافة الفيض بتغيير أحد تلك العوامل مع ملاحظة أن تغييرها مرتبط بعوامل أخرى في تصميم المحول نفسه مثل قيمة الخسائر النحاسية وفولتية المعاوقة. ولأن (V & f) ثابتة لا تتغير للشبكة و (AC) ثابتة (أبعاد المحول والقوالب) لذا قمنا بتغيير قيمة (N) لتغيير قيمة (B) والتي بالتالي ستغير قيمة الخسائر الحديدية (P_i) ككل، إذ أن تغيير قيمة (B) سيغير قيمة خسائر التيارات الدوامية (P_e) وخسائر الهسترة (P_h) لأنها ترتبط بعلاقة طردية مع ذلك المقدارين كما مبين في المعادلات السابقة (2) (5) (6).

$$P_h = K_1 * f * (B_{\max})^n * V_x$$

$$n=1.6 \text{ for distribution transformer}$$

$$P_e = K_2 * f^2 * B_{\max}^2 * t^2$$

$$P_i = P_h + P_e$$

لقد قمنا من خلال بحثنا بزيادة عدد لفات ملفي الإدخال والإخراج (N) مما قلل قيمة (V/N) والذي أدى إلى تقليل قيمة كثافة الفيض المغناطيسي (B) التي هي متساوية لجانب المحول وبالتالي قلت قيمة خسائر التيارات الدوامية (P_e) وخسائر الهسترة (P_h) وبالتالي الخسائر الحديدية ككل.

8- الحسابات النظرية

سيتم أخذ المحولة (250 KVA) تحويل (11/0.416 KV) كمثال على عملية التطوير التي أجريت في معمل محولات التوزيع في شركة ديالى للصناعات الكهربائية العامة وباقي المحولات التي أجري عليها التطوير تعتمد نفس الطريقة الحسابية وكما يأتي:

1- الحسابات قبل التطوير

1-1 المعطيات لمحولة سعة 250 KVA

| V ₁ | V ₂ | N ₁ | N ₂ | f | Ac*2*0.96 |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----|--------------------------|
| 1100 | 240 | 110 | 24 | 50 | 254.02(cm ²) |
| 0 | | 0 | | | |

Ac تمثل مساحة المقطع للقلب الحديدي الشكل رقم (4) ويتم حسابها

$$Ac = T * W \text{ ----- (18)}$$

ولمحولات 250 KVA فان W= 210mm & T= 63mm

لمحولات (Wound core) تضاعف قيمة Ac لان المساحة الفعالة تتكون من القلبين المتلاصقين وتضرب المساحة الناتجة في معامل الفراغ (0,96).

2-1 من المعطيات أعلاه يتم حساب قيمة كثافة الفيض المغناطيسي (B) حسب المعادلة (17) (3)

$$Tesla = 10^4 Go = (V/N) / (4.44 Ac f)$$

B =

$$= (240/24) * 10^4 / (4.44 * 254.02 * 50) = 1.773 \text{ Tesla}$$

3-1 من الجدول رقم G10(1) يتم اخذ قيمة (W/kg=1.95) & (VA/kg =9.95) المقابلة ل (B=1.773)

4-1 يتم حساب خسائر اللاحمل للمحولة حيث إن (m) تمثل كتلة القلب الحديدي kg (8)

$$P = m * (w/kg) \text{ ----- (19)}$$

ويتم حساب كتلة القلب الحديدي (m) عن طريق المعادلة:

$$m = Vx * d \text{ ----- (20)}$$

Vx : حجم القلب الحديدي d : كثافة الحديد الكهربائي وقيمتها (7.65kg/cm³)

إن حجم القلب الحديدي يحسب حسب شكل القلب ففي نوع wound يحسب من الشكل الاسطواني الذي يمثل أول عملية إنتاجية قبل كبسه ليأخذ الشكل الرباعي.

$$Vx = \pi * (do^2 - di^2) * W * S.P \text{ ----- (21)}$$

S.P : معامل الفراغ وقيمته (0,96) كتلة القلب الحديدي (m) لمحولة 250KVA = 329Kg

$$= 329 * 1.95 = 641.5$$

P watt

5-1 حساب تيار اللاحمل باستخدام المعادلة التالية (8)

$$I = (m * (VA/kg) / kva * 10^3) * I_{LV} \text{ ----- (22)}$$

$$=(329*9.95/250*10^3)*347=4.5A$$

إن الخسائر التي تم حسابها يتم إضافة نسبة 15% من تلك الخسائر بسبب الخسائر الناتجة عن تجميع الجزء الفعال لتصبح الخسائر الحديدية الكلية (WG) كما في الجدول رقم (2) ونتائج الحسابات كما في الجدول رقم (2) حيث (f=50&V2=240) لجميع المحولات.

1- الحسابات بعد التطوير

1-2 زيادة عدد لفات الواطي (N2) لفة واحدة ليصبح عددها 25 بدلا من 24، وعدد لفات العالي تحسب بالمعادلة رقم (4)

$$N1=V1*N2/V2=11000*25/240=1145$$

2-2 حساب قيمة كثافة الفيض المغناطيسي الجديدة معادلة (17)

$$B = (V/ N)/ (4.44 Ac f) \\ = (240/25)*10^4/(4.44*254.02*50) = 1.702 \text{ Tesla}$$

3-2 من الجدول رقم (4) G10 يتم اخذ قيمة (W/kg=1.7) & (VA/kg =5.7) المقابلة ل (B=1.702)

4-2 يتم حساب خسائر اللاحمل للمحولة المعادلة (19) (8)

$$P_i = m*(w/kg)$$

$$P_i = 329*1.7 = 559.3 \text{ watt}$$

5-2 حساب تيار اللاحمل باستخدام المعادلة (20) (8)

$$I = (m * (VA/kg)/kva*10^3)*ILV = (329*5.7/250*10^3)*347=2.6A$$

والجدول رقم (3) يوضح النتائج لكافة المحولات التي اجري لها عملية التطوير علما بان المعطيات (m & VA) بقيت ثابتة والتغيير بالمعطيات شمل (N1&N2).

9 - الجانب العملي

إن ملف المحول الكهربائي يتكون من جزأين هما:

A- ملف الفولتية الواطئة ويكون الموصل فيه عبارة عن شريط نحاسي غير معزول ذو مساحة مقطع كبيرة تناسب قيمة التيار الكبيرة المارة خلاله وتمثل كل لفة طبقة من طبقات الملف وتعزل كل طبقة عن الطبقة السابقة والتالية بورق عزل خاص.

B- ملف الفولتية العالية ويكون فيه الموصل عبارة عن سلك معزول ذو مساحة مقطع أصغر بكثير من موصل الواطي كون التيار المار خلاله أقل بكثير وتتكون طبقة اللف الواحدة هنا من عدة لفات من الموصل.

إن عملية التطوير من الجانب العملي شملت إضافة لفة التي تمثل طبقة إلى نهاية الملف الواطي ليصبح عدد اللفات 25 بدلاً من 24 لفة، أما بالنسبة للملف العالي فقد تم إضافة طبقة إلى نهاية الملف تحوي على اللفات المضافة للملف والبالغة 47 لفة بواقع 43 لفة أضيفت للنهائية و 2 او 1 لفة واحد لكل توصيلة خارجية (Tap Leading) والشكلين (5) و (6) يوضحان عملية إضافة اللفات لكلا الملفين الواطي والعالي (LV&HV) ومن الشكلين نلاحظ المخارج المتعددة في الملف العالي (Taps Leading) التي تستخدم لإضافة وإلغاء عدد من لفات من خلال إيصال هذه التوصيلات إلى مغير التفرعات (Tap Changer) الذي يقوم بدوره بعملية قصر لإلغاء عدد من اللفات لغرض المحافظة على قيمة

الفولتية الخارجة في حال حصول تغير في قيمة الفولتية الداخلة، فعند حالة التحويل المقنن (Rated) 11/0,416kv سيقوم المغير بتوصيل النقطتين (T3&T6) لاغياً لللفات التي بين النقطتين.

C- يتم فحص خسائر اللاحمل (الحديدية) عملياً بتسليط نفس فولتية الواطي التصميمية للمحولة (0.416v) - لمحولات التوزيع النمطية- من جهة الفولتية الواطئة وتترك جهة الفولتية العالية مفتوحة (تيار العالي صفر) وتسجل بعدها القراءات الخاصة بالقدرة والتيار الخسارة وكما في الشكل رقم (7) الذي يمثل دائرة ربط المحولة لمحطة الفحص حيث سينقسم التيار لمركبتين الأولى تيار المغنطة ($I_0 \sin \theta$) والثاني تيار الخسائر ($I_0 \cos \theta$) إن قيمة الخسارة الناتجة عن ملف الفولتية الواطئة تهمل لأن قيمة مقاومة ملف الواطي تكون قليلة جداً⁽²⁾ ويلاحظ أن القراءات العملية للخسائر تختلف نوعاً ما عن الحسابات النظرية بسبب الخسائر الإضافية الناتجة عن عمليات التشكيل والتجميع.

10- النتائج والمناقشة

- 1- من النتائج في جدول المقارنة رقم (3) نلاحظ انخفاض قيمة الخسائر الحديدية (P_i) بمقدار ملحوظ أدى إلى تحسين المواصفة الخاصة بالمحولة وتحقيق وفر بالطاقة الكهربائية المنتجة.
- 2- إن البحث استغل العلاقات والمعادلات الرياضية لتحقيق تطوير بالمنتج وحقق نجاحاً علمياً وعملياً.
- 3- من خلال المقارنة بين الخسائر للحالتين قبل وبعد التطوير (1&2) كما في الجدول رقم (3) نلاحظ وجود فرق ملحوظ في كمية الطاقة الموفرة بعد التطوير يتناسب مع سعة المحولة.
- 4- توجد أنواع عدة من الحديد الكهربائي المستعمل في تصنيع المحولات ($t=0.3\text{mm}$) يميز بالرمز G والرقم الذي يليه (10,9,8) يميز نوعيته وتزداد خسائره بزيادة الرقم حيث أن (G8) أفضل من (G10) من ناحية قلة الخسائر، إذ يمكن أيضاً تقليل خسائر الحمل بتغيير المادة لكن مع أخذ الفرق السعري للمادتين، إذ أن المادة يرتفع سعرها مع انخفاض قيمة (G).
- 5- إن الخسائر العملية تكون أكبر من النظرية وخاصة في نوع القلب الحديدي نوع (Wound core) لوجود عمليات تشكيل متعددة عكس محولات نوع (Stack core) لذا فإن الدقة في عمليات التجميع وتقليل الإجهادات الجانبية على القلب سيؤدي بالتالي إلى تقليل خسائر اللاحمل للمحولة.

المصادر:

- 1) S. Corhodzic, A. Kalam (-); Assessment of Distribution Transformer using Loss Capitalization Formulae,(), Victoria University of Technology, Melbourne, Australia. (P 3,3.)
- 2) B.L. THERAJA A.K. THERAJA (2005): Electrical Technology V1& V2 , S. CHND ,G.B.(P16 ,16 ,1123,1123, 1143,1143,1126).
- 3) James H.Harlow,(2006),Standard Hand book of Electric Power Transformer Engineering , Marcel Dekker.Inc,USA.(P 14,17,18)
- 4) Wm.T Melyman (2004): Transformer and Inductor Design Handbook, Marcel Dekker.Inc, USA.(P 29).
- 5) S.V. Kulkarni S.A. Khaparde (2004): Transformer engineering Design and practice, Marcel Dekker.Inc, USA.(P43.43,43, 11,11,47,12,43) .
- 6) BEST Transformer Corporation, 2011, BEST Transformer Test procedures, Turkey.(P 5,7,8,8).
- 7) Martin J. Heathcote (2007): J&P Transformer Book, Elsevier, G.B.(P 4, 42).

8) Mitsubishi electric Corporation (1981): Design standard – Distribution Transformer, Japan. (P4/34,5/34, 4/34,5/34)

جدول رقم (1):

الخواص المغناطيسية للحديد الكهربائي نوع (G10) بدلالة كثافة الفيض المغناطيسي (B) (Kilo Gauss) حسب المواصفة اليابانية (Mitsubishi electric Corporation) وعند ترددين مختلفين

| Kilo Gauss | 50 HZ | | 60 HZ | | Kilo Gauss | 50 HZ | | 60 HZ | |
|------------|-------|-------|-------|-------|------------|-------|-------|-------|-------|
| | W/kg | VA/kg | W/kg | VA/kg | | W/kg | VA/kg | W/kg | VA/kg |
| 20.4 | | | | | 16.9 | 1.65 | 5.24 | 2.19 | 6.39 |
| 20.3 | | | | | 16.8 | 1.62 | 4.92 | 2.15 | 5.99 |
| 20.2 | | | | | 16.7 | 1.60 | 4.64 | 2.11 | 5.62 |
| 20.1 | | | | | 16.6 | 1.57 | 4.38 | 2.08 | 5.29 |
| 20.0 | | | | | 16.5 | 1.54 | 4.14 | 2.04 | 5.00 |
| 19.9 | | | | | 16.4 | 1.51 | 3.93 | 2.00 | 4.73 |
| 19.8 | | | | | 16.3 | 1.49 | 3.74 | 1.97 | 4.49 |
| 19.7 | | | | | 16.2 | 1.46 | 3.56 | 1.94 | 4.26 |
| 19.6 | | | | | 16.1 | 1.44 | 3.40 | 1.90 | 4.06 |
| 19.5 | | | | | 16.0 | 1.41 | 3.26 | 1.87 | 3.88 |
| 19.4 | | | | | 15.9 | 1.39 | 3.12 | 1.84 | 3.72 |
| 19.3 | | | | | 15.8 | 1.37 | 3.00 | 1.81 | 3.56 |
| 19.2 | | | | | 15.7 | 1.34 | 2.89 | 1.78 | 3.42 |
| 19.1 | | | | | 15.6 | 1.32 | 2.78 | 1.75 | 3.29 |
| 19.0 | 2.66 | 44.15 | 3.39 | 57.31 | 15.5 | 1.30 | 2.68 | 1.72 | 3.18 |
| 18.9 | 2.59 | 38.24 | 3.31 | 49.52 | 15.4 | 1.28 | 2.59 | 1.70 | 3.07 |
| 18.8 | 2.52 | 33.27 | 3.24 | 43.00 | 15.3 | 1.26 | 2.51 | 1.67 | 2.97 |
| 18.7 | 2.45 | 29.09 | 3.16 | 37.51 | 15.2 | 1.24 | 2.43 | 1.64 | 2.87 |
| 18.6 | 2.39 | 25.56 | 3.09 | 32.87 | 15.1 | 1.22 | 2.36 | 1.61 | 2.79 |
| 18.5 | 2.33 | 22.56 | 3.02 | 28.93 | 15.0 | 1.20 | 2.29 | 1.59 | 2.71 |
| 18.4 | 2.27 | 20.00 | 2.95 | 25.58 | 14.9 | 1.18 | 2.22 | 1.56 | 2.63 |
| 18.3 | 2.22 | 17.81 | 2.89 | 22.71 | 14.8 | 1.16 | 2.16 | 1.54 | 2.56 |
| 18.2 | 2.17 | 15.92 | 2.83 | 20.25 | 14.7 | 1.14 | 2.10 | 1.51 | 2.49 |
| 18.1 | 2.12 | 14.30 | 2.77 | 18.13 | 14.6 | 1.12 | 2.05 | 1.49 | 2.43 |
| 18.0 | 2.07 | 12.89 | 2.71 | 16.29 | 14.5 | 1.10 | 1.99 | 1.46 | 2.37 |
| 17.9 | 2.02 | 11.67 | 2.65 | 14.70 | 14.4 | 1.08 | 1.94 | 1.44 | 2.32 |
| 17.8 | 1.98 | 10.61 | 2.60 | 13.32 | 14.3 | 1.06 | 1.89 | 1.42 | 2.26 |
| 17.7 | 1.94 | 9.68 | 2.55 | 12.11 | 14.2 | 1.04 | 1.84 | 1.39 | 2.21 |
| 17.6 | 1.90 | 8.86 | 2.50 | 11.05 | 14.1 | 1.02 | 1.79 | 1.37 | 2.17 |
| 17.5 | 1.86 | 8.14 | 2.45 | 10.12 | 14.0 | 1.01 | 1.75 | 1.35 | 2.12 |
| 17.4 | 1.82 | 7.50 | 2.40 | 9.30 | 13.9 | 0.99 | 1.70 | 1.33 | 2.07 |
| 17.3 | 1.79 | 6.94 | 2.36 | 8.57 | 13.8 | 0.97 | 1.66 | 1.30 | 2.03 |
| 17.2 | 1.75 | 6.44 | 2.31 | 7.93 | 13.7 | 0.95 | 1.61 | 1.28 | 1.98 |
| 17.1 | 1.72 | 6.00 | 2.27 | 7.36 | 13.6 | 0.93 | 1.57 | 1.26 | 1.94 |
| 17.0 | 1.69 | 5.60 | 2.23 | 6.85 | 13.5 | 0.92 | 1.52 | 1.24 | 1.90 |

جدول رقم (2) يوضح الحسابات قبل التطوير

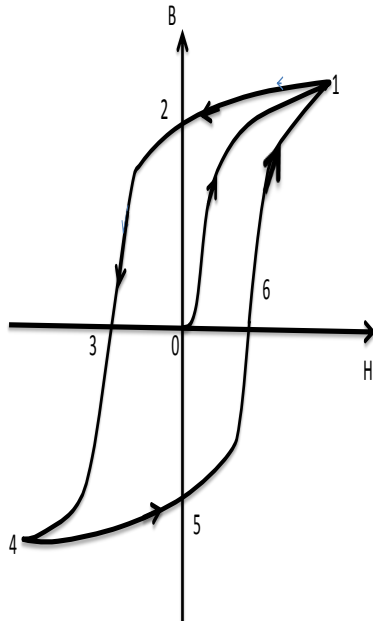
| KVA/11 | 100 | 250 | 400 | 630 | 1000 |
|---------------------------------|-----------------------|----------------------|----------------------|------------------------|-----------------------|
| Ac*0.96cm ² m(kg) | 87.312*2 179.7 | 127.01*2 329 | 161.28*2 468.9 | 202.18*2 657.5 | 253.44*2 877 |
| N2 N1(T3) | 36 1650 | 24 1100 | 19 916 | 15 733 | 12 596 |
| B W/kg VA/kg | 17200 1.75 6.44 | 17730 1.95 9.9 | 17640 1.92 9.2 | 17800 1.98 10.61 | 17780 1.96 10.5 |
| P WG= P+0.15P | 313.3 360.5 | 641 737.8 | 900.3 1035.5 | 1337 1538 | 1720 1987 |

جدول رقم (3) يوضح النتائج بعد عملية التطوير

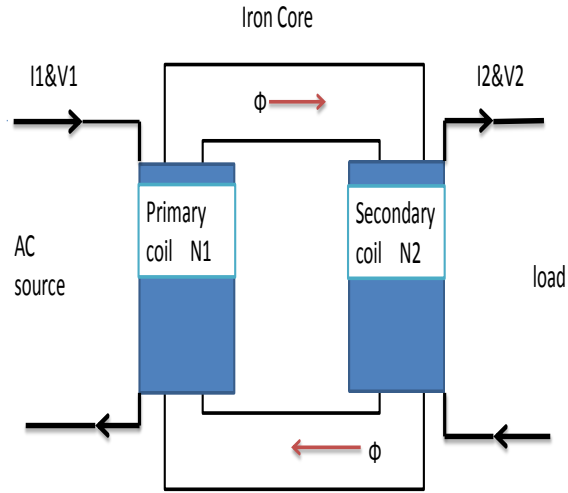
| KVA/11 | 100 | 250 | 400 | 630 | 1000 |
|--------------------|----------------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Ac *0.96 | 87.312*2 | 127.01*2 | 161.28*2 | 202.18*2 | 253.44*2 |
| N2 N1(T3) | 38 1724 | 25 1145 | 20 916 | 16 733 | 13 596 |
| B W/kg VA/kg | 16293 1.5 3.75 | 17002 1.7 5.7 | 16758 1.61 4.45 | 16710 1.61 4.64 | 16406 1.52 3.74 |
| P WG=P+0.15P | 269.5 309.9 | 559 642.8 | 754 868 | 1058 1217.5 | 1333 1501.9 |

جدول رقم (4) يوضح مقدار التوفير بالخسائر الحديدية بعد التطوير

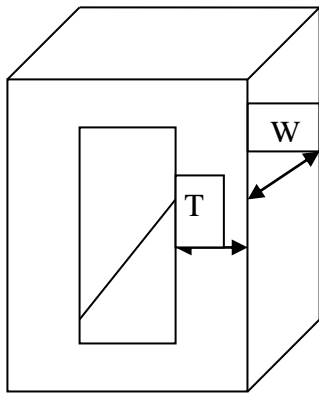
| KVA/11 | 100 | 250 | 400 | 630 | 1000 |
|---|----------------|--------------|-----------------|----------------|----------------|
| Before (1) P WG= P+0.15P | 313.3 360.5 | 641 737.8 | 900.3 1035.5 | 1337 1538 | 1720 1987 |
| After (2) P WG=P+0.15P | 269.5 309.9 | 559 642.8 | 754 868 | 1058 1217.5 | 1333 1501.9 |
| التوفير بالطاقة (Watt) WG (الخسائر الحديدية) | 50.6 | 95 | 167.5 | 320.5 | 485.1 |



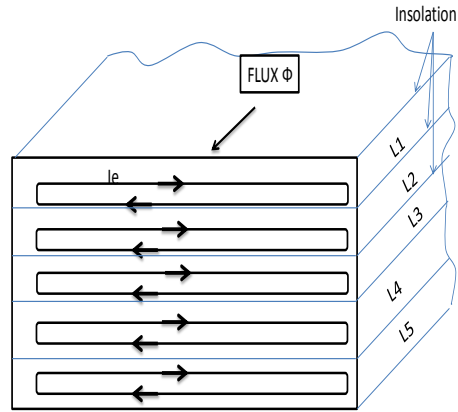
شكل رقم (2) يوضح حلقة الهسترة للمواد المغناطيسية



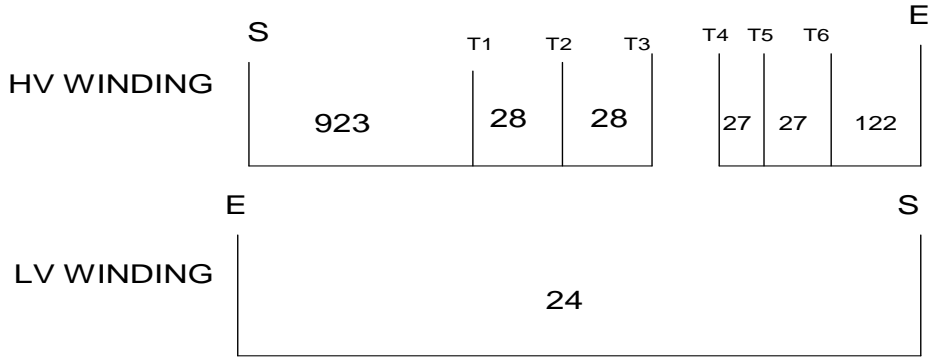
شكل رقم (1) يمثل دائرة المحول الكهربائي البسيط



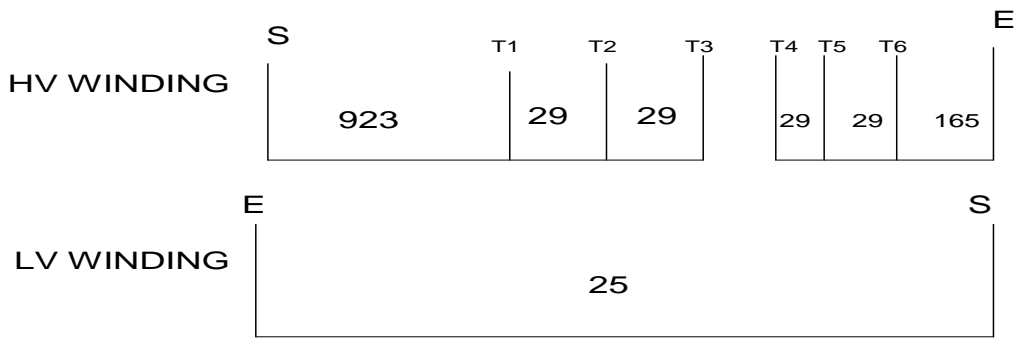
شكل رقم (4): يوضح شكل القلب الحديدي (WUND CORE)



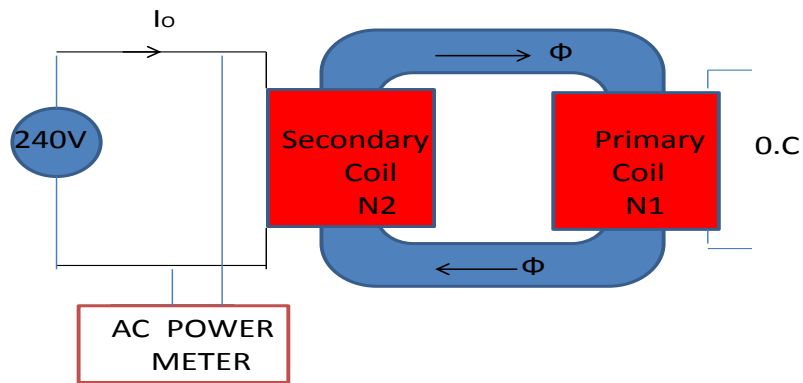
شكل رقم (3): يوضح تشكيل القلب الحديدي على شكل شرائح معزولة



الشكل رقم (5): يوضح أعداد اللفات لجزئي الملف (LV&HV) قبل التطوير



الشكل رقم (6) يوضح أعداد اللفات لجزئي الملف (LV&HV) بعد التطوير



الشكل رقم (7) يوضح منظومة فحص الخسائر الحديدية عمليا

Reduce no- load losses of Electrical Transformers By Increasing The Number Turns Of Coils

Riyadh Noman Madhloom- Nariman Khalid Hashim
Chief Engineer – Engineer

Diyala General Company For Electric Industries
E-mail; eng_ Riyadh@yahoo.com

ABSTRACT:- Accompanied transmission and distribution process of electric power several types of losses in power first is called the transport losses resulting from resistance transport wires result the passage of the current and the second the result of the work of electrical transformers and it divided into two categories called a loss of load result of resistance wire electrical coils and the second no- load losses resulting from the use of iron in the transmission of magnetic flux between transformers coil which are divided into two main sections hysteric losses and eddy currents losses

The specialists have treated all losses problems above through the use of transformers to reduce energy transmission losses (decreasing current and increasing voltages) and reduce thickness of Iron strip to reduce losses of eddy currents and improve the material and processing methods to reduce the hysteric's losses

In this situation the product integrated with a problem is caused by high no-load losses and can not change the iron core material or specifications (thickness or sectional area), adversely affecting the ability to compete with other companies where the value added to the price of the transformer as a result of the energy losses be \$ 1800 per kilowatt for no-load losses and \$ 600 per kilowatt of load losses

For the reasons above, the researchers detected a theory scientific study based on the following equation

$$B = (V / N) / (4.44 A_c f)$$

This equation linking number of windings (N) and operating voltage (V), as well as sectional area of the iron core (Ac) and frequency system (f) and the magnetic flux density (B) which is associated with no-load losses positive relationship

To change the value of the flux density by the above equation can only by changing the values of (N & Ac) because the values (V & f) of the electric grid constants

So the researchers increased the number of windings (N) to reduce the value of the flux density (B) to reduce no-load losses without changing the value of sectional area (Ac) because the change requires changing the entire production moulds

It was conducted laboratory tests of (Diala General Company for Electrical Industries) that showed that no-load losses for transformers produced after the development of a lower than 150 watts for transformers previously produced