$$X_2' = X_2\left(\frac{N_1}{N_2}\right)^2$$

$$X_2 = X_2'\left(\frac{N_2}{N_1}\right)^2 = 0.1992*\left(\frac{230}{2300}\right)^2 = .001992\Omega$$

٤ -٨ المفقودات والكفاءة Losses and Efficiency

٤ -٨ -١ المفقودات في المحولات

يوجد نوعان من الفقد في المحولات وهما فقد الحديد Iron loss وفقد النحاس Cupper loss ، وعادة فإن فقد الحديد ثابت القيمة ولا يعتمد على الحمل، أما فقد النحاس فيعتمد على الحمل حيث إنه يتناسب مع مربع التيار. ويمكن حساب الفقد الحديدي من تجربة اللاحمل، حيث القدرة المسحوبة في هذه التجربة والمتمثلة في قدرة اللاحمل P_o تساوي الفقد في الحديد بالإضافة إلى الفقد في ملفات الابتدائي، وحيث إن تيار اللاحمل غالبا ما يكون صغير، لذا يمكن إهمال الفقد النحاسي في هذه التجربة وبالتالي يكون الفقد الحديدي مساويا لقدرة اللاحمل.

٤□٥٠ $P_{iron}=P_o$

أيضا يمكن حساب الفقد النحاسي من تجربة القصر. ففي هذه التجربة يتم قصر الملف الثانوي وبالتالي فإن قدرة الخرج تساوي صفر، وبذلك تكون كل القدرة الداخلة في هذه الحالة عبارة عن فقد حديدي في قلب المحول وفقد نحاسي في الملفات. ويكون الفقد الحديدي في هذه الحالة مهمل نظرا لأنه يتناسب مع مربع الجهد والجهد عادة صغير جدا في هذه التجربة (٣إلي ٥٪) بالنسبة للجهد المقنن. لذلك يمكن أن نعتبر أن القدرة الداخلة كلها فقد نحاسي. فإذا كان تيار القصر مساويا لتيار الحمل الكامل فإن القدرة الداخلة تساوي فقد النحاس عند الحمل الكامل.

٤□٥١ $P_{cu}=P_{sc}$

أما إذا كان التيار المار في دائرة الملف الابتدائي عند القصر لا يساوي تيار الحمل الكامل فإن المفقد النحاسي لا يساوي قيمته عند الحمل الكامل ويمكن تحديده عند الحمل الكامل من العلاقات التالية:

٤□٥٢ $$P_{cu(sc)} = I_{sc}^2 R_{eq}$$

٤□٥٣ $$P_{cu(f.l)} = I_{f.l}^2 R_{eq}$$

٤□٥٤ $$P_{cu(f.l)} = P_{cu(sc)}\left(\frac{I_{f.l}}{I_{sc}}\right)^2$$

وبنفس الطريقة يمكن حساب الفقد النحاسي عند أي حمل بدلالة الفقد النحاسي عند الحمل الكامل.

حيث إن الفقد عند أي نسبة حمل تتناسب مع مربع نسبة الحمل.

$$P_{cu(x)} = x^2 P_{cu(f.l)}$$ ٤□٥٥

x تمثل نسبة التحميل على هذا المحول

٤ -٨ -٢ الكفاءة للمحولات

تحسب الكفاءة للمحول عادة بدلالة قدرة الخرج output power التي يحتاجها الحمل والمفقودات التي يستهلكها المحول، وتحسب الكفاءة من العلاقات التالية:

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{iron} + P_{cu}} x100$$ ٤□٥٦

P1=P2+losses
P2=P1-losse

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} x100$$ ٤□٥٧

حيث P٢ هي قدرة الحمل، P١ القدرة الداخلة للمحول. ويمكن حساب قدرة الحمل من المعادلة التالية:

$$P_2 = V_2 I_2 \cos\phi_2$$ ٤□٥٨

حيث cosφ٢ هو معامل القدرة للحمل Power factor.

بالتعويض عن قيمة P٢ من المعادلة ٤ -٥٨ في المعادلة ٤ -٥٦ يمكن الحصول على الكفاءة كدالة في متغيرات الحمل (الجهد والتيار ومعامل القدرة):

$$\eta = \frac{|V_2||I_2|\cos\phi_2}{|V_2||I_2|\cos\phi_2 + P_{iron} + |I_2|^2 R_{eq}} 100$$ ٤ ٥٩

مثال ٤ -٦ محول أحادي الوجه قدرته ٥٠٠ كيلوفولت أمبير، الفقد الحديدي ٢٥٠٠ وات والفقد النحاسي عند الحمل الكامل ٧٥٠٠ وات. احسب الكفاءة عند الحمل الكامل ثم عند نصف الحمل ومعامل قدرة متأخر ٠,٨.

الحل cosφ=٠,٨ Pcu(f.l.)=٧٥٠٠ W Piron =٢٥٠٠W KVA=٥٠٠

P٢=٥٠٠*١٠٠٠*٠,٨=٤٠٠٠٠٠ W

$$\eta = \frac{P_2}{P_2 + P_{iron} + P_{cu}} x100 = \frac{400000}{400000 + 7500 + 2500} x100 = 97.56\%$$

At half load

$P_{2(1/2)} = 1/2 * 500 * 10^3 * 0.8 = 200000\ W$

$P_{cu(x)} = x^2 P_{cu(f.l)}$

$P_{cu(1/2)} = (1/2)^2 * 7500 = 1875\ W$

$$\eta = \frac{P_{2(1/2)}}{P_{2(1/2)} + P_{iron} + P_{cu(1/2)}} x100 = \frac{200000}{200000 + 1875 + 2500} x100 = 97.86\%$$

مثال ٤ -٧ احسب معامل التنظيم والكفاءة للمحول الموجود في مثال ٤ -٥ وذلك عند معامل قدرة متأخر ٠,٨.

وبالتالي يمكن كتابة معامل التنظيم كدالة في ثوابت المحول منسوبة إلى الثانوي حسب المعادلة التالية:

$$(PVR) = \left\{ \frac{I_2(R_{eq2}\cos\phi_2 + X_{eq2}\sin\phi_2)}{V_2} + \frac{1}{2}\left(\frac{I_2(X_{eq2}\cos\phi_2 - R_{eq2}\sin\phi_2)}{V_2} \right)^2 \right\} 100\ \%$$

٤٢-٤

الحل:

$V_2 = 230\ V \quad P_i = 2250\ W \quad R_{eq2} = 0.00173\Omega \quad X_{eq2} = 0.00398\Omega$

$I_2 = 500 * 10^3 / 230 = 2174\ A$

$\cos\phi_2 = 0.8 \Rightarrow \phi_2 = \cos^{-1}(0.8) = 36.87^\circ$

Thus, substituting in Equation ٢-٤٢, we get

$$(PVR) = \left\{ \frac{2174(0.00173(0.8) + 0.00398(0.6))}{230} + \frac{1}{2}\left(\frac{2174(0.00398(0.8) - 0.00173(0.6))}{230} \right)^2 \right\} 100$$

$$= 3.64\%$$

Also, substituting in Equation ٤-٥٩, we get

$$\eta = \frac{230 * 2174 * 0.8}{230 * 2174 * 0.8 + 2250 + |2174|^2 * 0.00173} * 100 = 97.46\%$$

٤ -٩ المحول الذاتي Auto-transformer

المحول الذاتي هو جهاز مفيد جدا في بعض الاستخدامات نظرا لبساطته وانخفاض ثمنه مقارنة مع المحول العادي. وهو يعتمد في نظرية تشغيله عل نفس نظرية المحول ذي الملفين ولكن يستخدم فيه ملف واحد فقط ويمثل هذا الملف كله الملف الابتدائي أو الثانوي ويمثل جزء فقط من هذا الملف ذاته الملف الآخر كما هو موضح في شكل ٤ -١٩. ويمكن أن يكون المحول محول خفض كما في الشكل أو محول رفع كما في شكل ٤ -٢٠. ويعتمد ذلك على طريقة التوصيل.

يمثل الملف AB في شكل ٤ -١٩ الملف الابتدائي وعدد لفاته هي (N_1) بينما يمثل الملف BC الملف الثانوي وعدد لفاته (N_2) ويكون نسبة الجهد كما في المحول ذي الملفين.

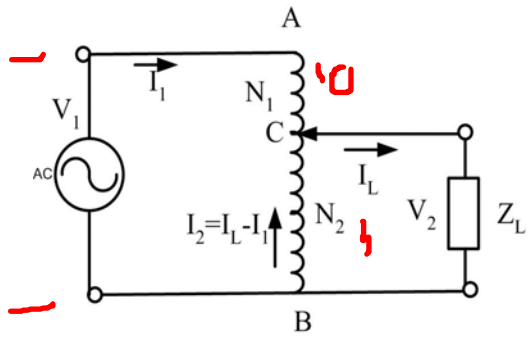
ونحصل عليها بمساواة الأمبير فولت الداخل مع الأمبير فولت الخارج. وهي كالتالي:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_L}{I_1}$$ ٦٠ ٥

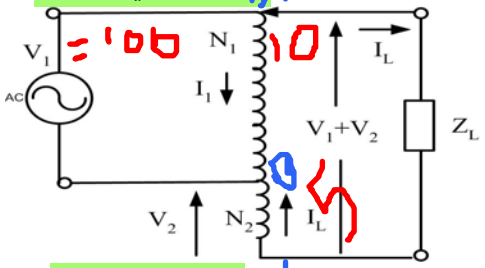
ويكون التيار في الملف الثانوي هو:

$$I_2 = I_L - I_1$$ ٦١ ٤

مميزات المحول الذاتي أنه يعطي جهد متغير. وذلك بتغير موضع النقطة C وبذلك يمكن تغيير عدد لفات الثانوي للحصول على جهد يتراوح من صفر وحتى جهد الابتدائي أو أكبر منه كما في المحول الذاتي الرافع شكل ٤ -٢٠. ويسمى المحول الذاتي المتغير القيمة لجهد الثانوي فارياك "Variac". ويستخدم هذا النوع من المحولات في المختبرات وأجهزة بدأ الحركة عندما يكون نسبة التحويل المطلوبة في حدود من ١ : ٢,٥ أي الجهد الثانوي والابتدائي متقاربين. ويتميز هذا النوع عن المحول ذي الملفين بصغر حجمه لنفس القدرة وذلك لتوفير النحاس المستخدم في الملفات ولكن من عيوب هذا المحول أن العزل الكهربي بين المنبع والحمل غير متوفر نظرا لاستخدام ملف واحد بين الدخل والخرج. ولذلك لا يفضل أيضا استخدامه بنسبة تحويل كبيرة حيث يسبب خطورة وإمكانية حدوث قصر بين ملفات الجهد العالي والمخفض وذلك لنفس السبب. وهذا على العكس تماما كما في المحول ذي الملفين.



شكل ٤ -١٩ محول ذاتي خافض



شكل ٤ -٢٠ محول ذاتي رافع

آلات التيار المستمر والمحولات

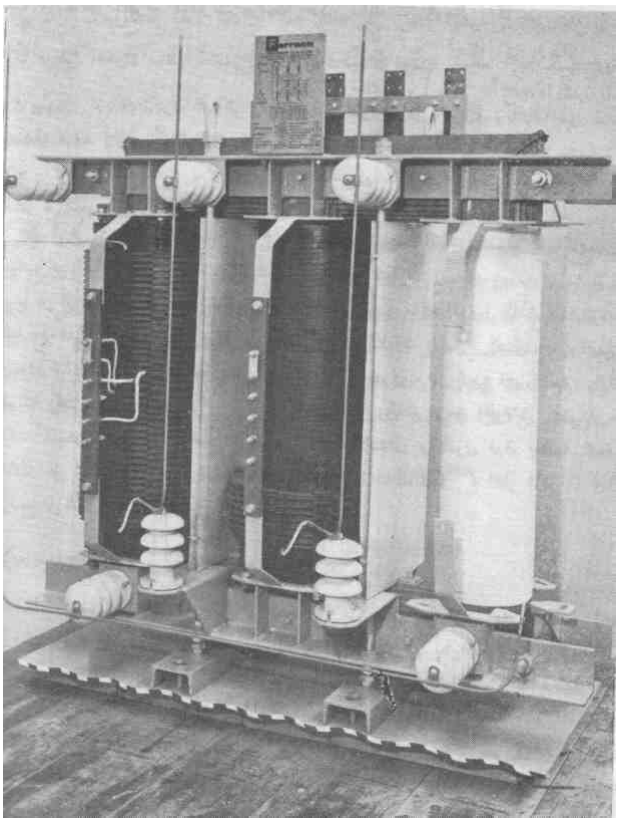
المحولات ثلاثية الأوجه

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

المحولات ثلاثية الأوجه Three Phase Transformers

٥ -١ التركيب وفكرة العمل

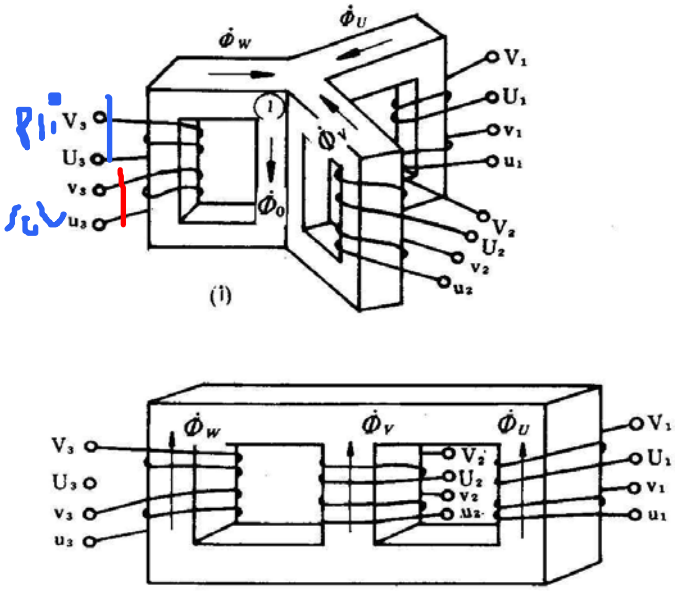
تنقل القدرة الكهربية عبر خطوط نقل في صورة ثلاثة أوجه. وخلال نقل القدرة الكهربية من محطات التوليد إلى الاستهلاك يتم رفع الجهد لاعتبارات اقتصادية وعند الاستهلاك يتم خفض الجهد مرة أخرى إلى جهد التوزيع. وعملية التحويل هذه للجهد تتم باستخدام إما ثلاثة محولات متماثلة كل منها ذي وجه واحد وتوصل معا بطريقة خاصة أو عن طريق استخدام محول واحد ثلاثي الأوجه (three phase transformer) ويفضل هذا الأخير نظرا لأن حجمه وكذلك ثمنه أقل من حجم ثلاثة محولات لها نفس القدرة الكلية. ويوضح شكل ٥ -١ محول ذو ثلاثة أوجه، وثلاثة أفرع بقدرة ٥٠٠ كيلو فولت أمبير. من النوع ذي القلب الملفوف. حيث تنقسم المحولات الثلاثية الأوجه إلى نوعين، كما هو الحال في المحولات الأحادية، وهما النوع القلبي والنوع الهيكلي (القشري).



شكل ٥ -١ محول ثلاثي الأوجه من النوع القلبي

٥ -١ -١ النوع القلبي: Core type

يوضح شكل ٥ -٢ محول قلبي ثلاثي الأوجه، ويحتوي على ملف ابتدائي وملف ثانوي لكل وجه وملفوفين معا على نفس الساق، حيث ترمز الأحرف الكبيرة V-U لبداية ونهاية الملف الابتدائي، أما الأحرف الصغيرة v-u فترمز لبداية ونهاية الملف الثانوي. وتوصل الملفات للثلاثة أوجه بطرق خاصة سوف تعرض في الفقرة القادمة. أما نظرية التشغيل وكذلك الدائرة المكافئة والاختبارات فهي نفسها كما في حالة المحول الأحادي الوجه مع مراعاة علاقات الجهد والتيار في حالة الثلاثة أوجه.

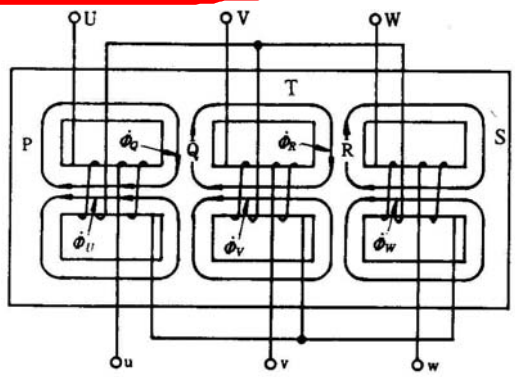


(ب)

شكل ٥ -٢ النوع القلبي

٥ -١ -٢ النوع الهيكلي (القشري): Shell type

يبين شكل ٥ -٣ النوع الهيكلي لمحول ثلاثي الأوجه، حيث تلف ملفات الابتدائي والثانوي لكل وجه في القشرة الداخلية، وبالتالي فهو يشبه ثلاثة محولات أحادية من هذا النوع مرتبة في صف واحد.



شكل ٥ -٣ النوع الهيكلي

٥ -٢ توصيل الملفات

توجد طرق كثيرة لتوصيل الملفات الابتدائية والملفات الثانوية وذلك للحصول على خواص تشغيل تلبي احتياجات الحمل الذي يعمل عليه المحول، ويمكن تلخيص أهم الطرق الشائعة لتوصيل المحولات ثلاثية الأوجه كالتالي:

-توصيل الابتدائي نجمة - الثانوي نجمة	Y-Y	Star-Star
- توصيل الابتدائي دلتا – الثانوي دلتا	Δ-Δ	Delta-Delta
- توصيل الابتدائي نجمة – الثانوي دلتا	Y-Δ	Star-Delta
- توصيل الابتدائي دلتا – الثانوي نجمة	Δ-Y	Delta-Star

٥ -٢ -١ توصيل نجمة - نجمة Y-Y

يوضح شكل ٥ -٤ طريقة التوصيل نجمة - نجمة، حيث توصل ملفات الابتدائي على شكل Y وتوصل ملفات الثانوي أيضا على شكل Y. في هذا النوع من التوصيل، لا يوجد مسار مغلق للتوافقية الثالثة في التيار (Third-harmonic) حيث إن نقطة التعادل معزولة، وبالتالي يحتوي تيار المغنطة على التوافقية الثالثة بالإضافة إلى الموجة الأساسية، ويعمل هذا على تشوه شكل موجة الجهد مما ينتج عنه ضجيج يؤثر على خطوط الاتصالات. ولهذا السبب لا يستخدم هذا النوع من التوصيل إلا في حالات خاصة.