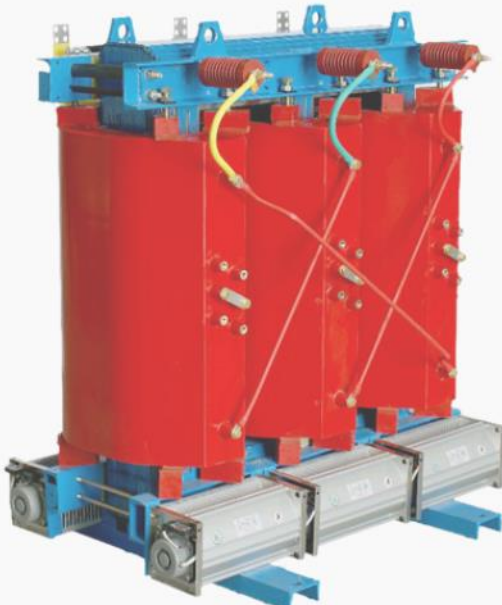




وزارة الكهرباء والطاقة الجديدة
المشركة القابضة لكهرباء مصر
شركة جنوب القاهرة لتوزيع الكهرباء
قطاع التدريب



المحوللات الكهربائية (تشخيص الأعطال وكيفية معالجتها)

المحتويات

- مقدمة ١
- الباب الأول : مفاهيم ومبادئ أساسية ٢
- تعريف المحول ٣
- وظيفة المحول في شبكات التوزيع ٣
- انواع المحولات وتقسيمتها ٥
- مبادئ كهرومغناطيسية ٨
- نظرية تشغيل المحول والدائرة المكافئة له ١١
- حسابات الـ P.U. و المعاوقة النسبية ١٤
- المفاهيم داخل المحول وانواعها ١٦
- الباب الثاني : مكونات المحول الاساسية وملحقاته ٢٠
- الاجزاء الفعالة ٢١
- القلب الحديدي ٢١
- ملفات الجهد المتوسط والمنخفض وطرق اللف والتوصيل ٢٦
- العوازل الداخلية ٣٧
- الاجزاء غير الفعالة والملحقات ٣٨
- الخزان الرئيسي ٣٨
- الخزان الاحتياطي ٣٩
- زيت المحول ٣٩
- عوازل الاختراق ٤٤
- مبيان مستوى الزيت ٤٥
- مبيان درجة الحرارة ٤٦
- ريش التبريد وأنواع التبريد ٤٦
- طبة أخذ العينة ٤٨
- مسمار التأريض ٤٩
- حلقات الرفع ٥٠
- أطراف تفريغ الجهد الزائد ٥٠

٥١	• عجلات
٥١	• مغير الجهد
٥٦	• البوخهلز
٥٨	• السيليكاجل
٦١	• الباب الثالث : العوامل المؤثرة على تشغيل المحول
٦٢	• تأثير درجة الحرارة
٦٢	• العوامل المؤثرة على اداء المحول
٦٣	• طرق تلافي تلك المؤثرات
٦٤	• الباب الرابع : المحول الجاف
٦٥	• الفروق الجوهرية بينه وبين المحول الزيتي
٦٦	• مميزات وعيوبه
٦٧	• طرق صيانتة
٦٨	• الباب الخامس: أختبارات المحول
٦٩	• أختبارات روتينية
٦٩	• أختبارات نوعية
٦٩	• أختبارات خاصة
٧٠	• أنواع الاختبارات الروتينية
٧٥	• الباب السادس : الأعطال الشائعة وطرق الصيانه للمحولات
٧٦	• بنود صيانة المحول
٧٧	• الأعطال الشائعة واسبابها
٧٩	• المراجع

المقدمة

المحول من أكثر عناصر الشبكة الكهربائية إنتشاراً وتنوعاً في أشكاله وأحجامه ووظائفه . فالشبكة الكهربائية بها العشرات من المولدات ، لكنها تحتوي على عشرات الآلاف من المحولات ، حيث لا تخلو محطة توليد أو محطة تحويل من هذه المحولات. و يتيح استخدام محولات القدرة ربط محطات التوليد وشبكات النقل و التوزيع بالأحمال المختلفة وتشغيلها على الجهود المناسبة وبالطبع لا ينافسه في هذا الانتشار الواسع داخل منظومة القوى الكهربائية سوى الكابلات والخطوط الهوائية ، إلا أن التنوع في حجم وشكل ووظيفة المحولات يجعل المحول من أهم عناصر الشبكة الكهربائية.

وقد مر على ظهور المحولات أكثر من مائة عام الآن حيث كان فاراداي أول من اكتشف في عام 1831 ظاهرة الحث المتبادل بين ملفين منفصلين ومتواجدين على قلب مغناطيسي واحد , وقام بقياس القوة الدافعة الكهربائية (Electric Motive Force) عملياً في أحد الملفين نتيجة مرور تيار متغير في الملف الآخر وظهرت لأول مرة في عام 1882 محولات مؤلفة من ملف أولي وحيد وعدة ملفات ثانوية بغية الحصول على قيم مختلفة للجهود الثانوية. وقد كان ظهور المحولات بنواة مغناطيسية مغلقة عام 1884 بداية لأي استخدام صناعي للمحولات في تحويل الطاقة الكهربائية إلى جهود عالية , ونقلها لمسافات بعيدة , وقد

كان أول من قام بهذه الخطوة الأخوان جون وإدوارد هوبكنسون, حيث قاما بصنع محولات بسيطة تتألف من صفائح فولاذية معزولة , ومن ملفين أحدها للجهود المنخفض والآخر للجهود العالي. وبعدها جاء العالم المجري "ويري" الذي كان أول من أطلق اسم المحولة (TRANSFORMER) على هذه الألات وابتكر فيما بعد فكرة توصيل المحولات على التوازي. أما بالنسبة للمحولات الثلاثية فقد كان العالم الروسي (دوليف-دوبروفولسكي) أول من اخترع المحولات الثلاثية في عام 1889.

ومن هنا تأتي أهمية دراسة المحولات الكهربائية والتعرف على جميع جوانبها ومكوناتها وطرق تشغيلها وصيانتها وسنستعرض في هذه المادة العلمية بشكل عام كل ما يخص المحولات وبشكل خاص محولات التوزيع الكهربيه بدأ من التركيب وحتى طرق الصيانة والحفاظ على المعده واكتشاف الاخطاء وكيفية معالجتها مروراً بالأسس العلمي التي تقوم عليها صناعة وتركيب وصيانة المحولات الكهربائية وكيفية الربط بين الاسلوب العلمي المنطقي في التحليل والتفكير والحياة العملية الواقعية التي يمكن من خلالها تطبيق هذه الاسس بالشكل السليم مع مراعاة الظروف المحيطه لبيئة العمل.

الباب الأول : مفاهيم ومبادئ أساسية

ما هو المحول الكهربى ؟

هو آلة كهربية استاتيكية (ليس به اجزاء متحركة) تعمل على نقل الطاقة الكهربائية وتتكون من ملفين منفصلين كهربيا متصلين مغناطيسيا عبر قلب حديدي و احدهما الابتدائي ومتصل بمصدر جهد متغير والآخر الثانوي ومتصل بالاحمال وأن كنت اعتبره حالة خاصة من الالات الكهربائية لانه بكل بساطة لا يعمل على تحويل الطاقة على سبيل المثال من طاقه حركية الى كهربية كما في المولد والعكس كما في الموتور او المحرك وإذا تأملنا قليلا في اسم المحول باللغة الانجليزية سنجد انه (Transformer) لغويا سنجد ان هذه الكلمة مقسمة لمقطعين اساسيين (Trans) وهي تعني تحويل (form) وهي تعني شكل او هيئة وهذا بالضبط ما يحدث في حالة المحول فيدخل له طاقة كهربية ويخرج منه ايضا طاقة كهربية ولكن الفرق الوحيد هو ان شكل تلك الطاقة يختلف بمعنى آخر إن الجهد والتيار المكونين الأساسيين للطاقة الكهربائية يختلفان في القيمة والاتجاه بين أطراف الدخول والخروج للمحول.

يعتمد المحول بشكل اساسي في نقل الطاقة الكهربائية على نظرية الحث المغناطيسي فتعباً لنظرية فاراداي عند مرور تيار كهربى في موصل مغلق يتولد حولة مجال مغناطيسي متناسباً مع شدة التيار المار به وعكس النظرية هو عند تعرض موصل لفيض مغناطيسي يتولد على اطرافه جهد كهربى وهذا بساطة هو ما يحدث في المحولات الكهربائية حيث يمر التيار الكهربى في الملف الابتدائي مولداً فيض مغناطيسي يمر في القلب الحديدي قاطعاً لفات الملف الثانوي والذي يتولد على اطرافه جهد كهربى ولكن هذه العلاقة بين الملفين تحكمها عدة اشياء سنتعرض لها فيما يلي؟

ما هو الغرض من وضع المحولات فى الشبكة الكهربائية؟

قبل ان نجيب عن هذا السؤال يجب ان نعلم انه يتم انتاج الطاقة الكهربائية على جهود متوسطة تتراوح من 11 الى 30 ك.ف. وهذا لاسباب اقتصادية وفيزيائية حيث لايمكن الانتاج على جهود صغيرة لان هذا سيزيد من حجم الموصلات وسيزيد من العزم المطلوب للتوليد وبالتالي الوقود اما اذا انتجنا على جهود كبيرة سنزيد من حجم العزل وسيزداد ايضا وزن الالة وبالتالي الوقود اللازم لادارتها لذلك ولاسباب اقتصادية يتم الانتاج على جهود متوسطة.

ولكن ما المشكلة لنقل الطاقة الكهربائية على تلك الجهود المتوسطة ولايضاح ذلك نستعرض المثال التالي

مثال:-

محطة توليد بها 4 وحدات 3 فاز كل وحدة قدرتها 500 م.ف.أ. وجهد التوليد لكل فاز 20 ك.ف. لحساب التيار لكل خط يكون كالتالي:-

$$I_{per\ phase} = \frac{S}{3 * V_{per\ phase}}$$

$$I_{per\ phase} = \frac{4 * 500}{3 * 20} = 33.3\ KA$$

في حالة التوصيل دلتا

$$I_{per\ line} = I_{per\ phase} * \sqrt{3} = 57.7\ KA$$

واذا علمنا ان كل مم² الألمنيوم يحمل تصميميا 1 امبير فإذا إستخدمنا كابلات مساحة مقطعها 400 مم² فسنحتاج تقريبا الى 1500 كابل لنقل تلك الطاقة مما يعني تكلفة عالية جدا ولكن ليس هذا كل شيء فمن الجانب الكهربائي أيضا عند ارتفاع التيار يرتفع معه الانخفاض في الجهد وترتفع معه المفاقد أيضا حيث:-

$$P_{losses} = R * I^2$$

$$\Delta V = Z * I$$

حيث :-

P_{losses} : المفاقد في الخط R : مقاومة الخط I : تيار الخط

ΔV : الانخفاض في الجهد Z : معاوقة الخط

وبالتالي يلزم منا خفض هذا التيار بقدر الإمكان مع الحفاظ على الطاقة المنقولة والآلة الوحيدة التي تقوم بذلك هي المحول لانه يقوم برفع الجهد وخفض التيار مع الحفاظ على الطاقة الكهربائية المنقولة لان كفاءته عالية جدا تصل الى 99%.

ومما سبق نخلص الى انه لولا وجود المحولات ما كان هناك اي شبكات كهربية واسعة الانتشار لأنه عندها لا يمكن رفع الجهد وبالتالي لا يمكن نقله لمسافات طويلة دون فقد او انخفاض في الجهد كبير وتكلفة عالية جدا يستحيل معها انشاء الشبكة ومن جانب آخر الشبكات ذات الجهد المتغير هي الاكثر انتشاراً لأنه لا يمكن استخدام المحولات مع شبكات الجهد المستمر وبالتالي يصعب معها رفع الجهد للجهود العالية وان كانت ظهرت في الأونة الاخيرة حلول أخرى للنقل بالتيار المستمر مع تطور دوائر التوحيد التي تعمل مع الجهود العالية ولكن هذا ليس بموضوعنا الاساسي لنخوض به .

هل يصلح اي محول للعمل على اي جهد ؟

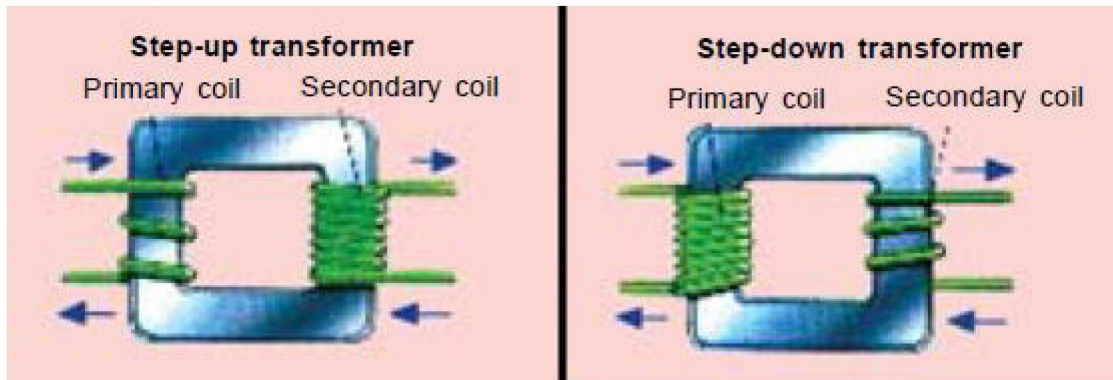
من الناحية النظرية فإذا كان قدرة المحول مثلاً 100 ك. ف. أ. ويعمل على جهد 1000 ف. و تيار 100 أمبير لا يمكن ان يعمل على جهد 100 فولت و تيار 1000 أمبير لان الموصل المصمم منه الملفات لن يتحمل تلك الزيادة في التيار وبالعكس ايضاً لا يمكن ان يعمل على جهد 10000 فولت و تيار 10 أمبير لان العزل الداخلي للمحول لن يتحمل تلك الزيادة في الجهد وسينهال ويتلف المحول لذلك يجب الالتزام بالقيم المقننة للجهد والتيار.

أنواع المحول وتقسيمتها

أولاً من حيث وظيفة التحويل :-

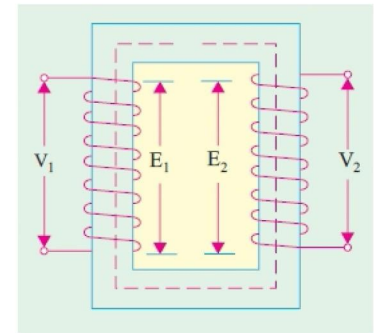
* محولات رفع الجهد

* محولات خفض الجهد

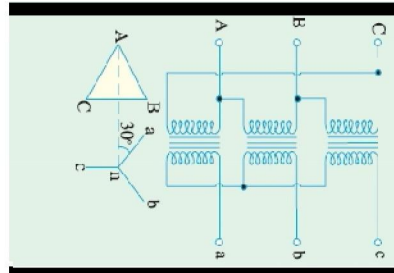


ثانياً من حيث عدد الفازات (الوجوه) :-

* أحادي الوجه



* ثلاثي الوجه



ثالثا من حيث الوظيفة المؤداة :-

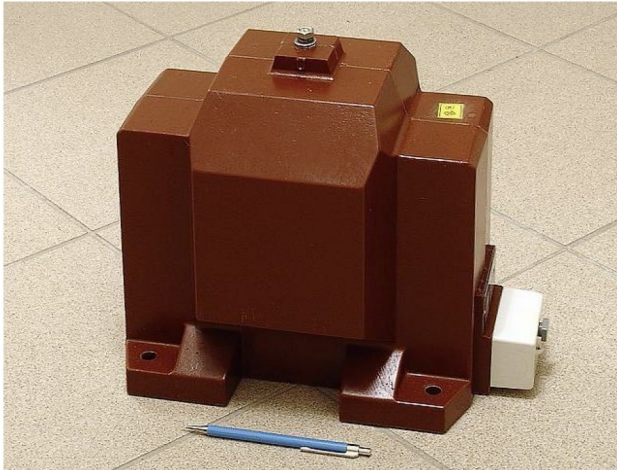
* محولات توزيع



* محولات قدرة



* محولات جهد



* محولات تيار



* محولات ذات ترددات عالية (تستخدم في الإتصالات)



من حيث موقع العمل:-

* محولات خارجية

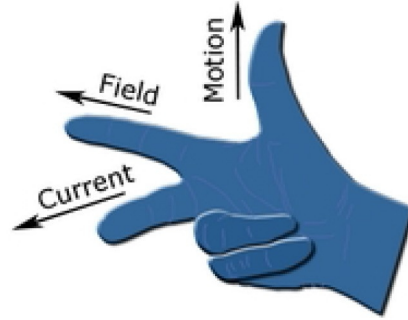
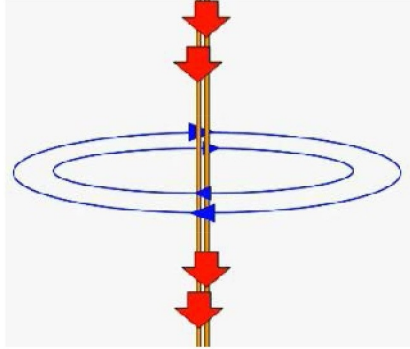


* محولات داخلية



مبادئ كهرومغناطيسية

كان في البداية في المحركات الصغيرة يستخدم مغناطيس دائم للحصول على مجال مغناطيسي ولكن هذا غير مجدي بالمرّة فبعد أن أثبت فاراداي أن أي تيار يمر في سلك كهربى فإنه ينشأ حوله مجال مغناطيسي يشبه تماما المجال المغناطيسي الذى ينشأ حول مغناطيس عادى ، ويكون اتجاه هذا المجال المغناطيسي محددًا حسب قاعدة فليمنج لليد اليمنى



ومن هنا ظهر مصطلح **الكهرومغناطيسية** ، ويعنى أن الكهرباء و المغناطيس لهما علاقات وتأثيرات متبادلة ومتشابهة و تعرف تلك الطاقة المغناطيسية بالقوة الدافعة المغناطيسية (MMF).

القوة الدافعة المغناطيسية (MMF)

وضع العلماء بعد ذلك عدة قوانين وعلاقات تحكم عمل هذا المجال المغناطيسي الناشئ بسبب مرور تيار كهربى ، منها أنه إذا مر تيار كهربى I في ملف عدد لفاته N فستنشأ قوة دافعة مغناطيسية $Magneto$ Motive Force (MMF) قيمتها تقدر $Ampere-Turn$

$$MMF = N.I$$

وهذه القوة الدافعة هي التى تدفع خطوط الفيض فى القلب الحديدي

وكلما كانت المسافة L التى تدفع بها ال MMF خطوط الفيض قصيرة كلما كانت شدة المجال H أكبر ويعبر عنها بالمعادلة:-

$$H = \frac{MMF}{l} = \frac{NI}{l}$$

ويمكن وضعه على الصورة التالية :

$$N.I = H.L$$

ولكي نصل الى علاقة بين الفيض المغناطيسي والمجال المغناطيسي سنستعرض المعادلات الآتية:-

$$B = \frac{\phi}{A}$$

$$B = \mu H$$

حيث μ هو معامل النفاذية المغناطيسية

B قيمة كثافة الفيض

H قيمة شدة المجال

ϕ الفيض المغناطيسي

A مساحة مقطع القلب

و يمكن تعميم مبدأ التشابه بين الدوائر الكهربائية والمغناطيسية إذا اعتبرنا أن القوة الدافعة المغناطيسية MMF تشبه القوة الدافعة الكهربائية EMF والفيض يشبه التيار ، والممانعة تشبه المقاومة . وستجد أن هناك فعلاً تشابه بين العلاقات في كل مجال

$$\phi = \frac{mmf}{\zeta} = \frac{N.I}{\zeta} \quad \text{Magnetic}$$

$$I = \frac{emf}{R} = \frac{V}{R} \quad \text{Electric}$$

ولكن يجب ان نسأل كيف يمكن ان نحصل على جهد كهربى من المجال المغناطيسى ولهذا سنستعرض المعادلات الآتية التي تحكم هذه العلاقة

$$e_1 = \frac{d\lambda_1}{dt} = N_1 \frac{d\phi}{dt}$$

حيث	λ	الفيض المتشابك
	ϕ	الفيض
	N_1	عدد لفات الملف الابتدائي

$$\phi = \phi_{\max} \sin \omega t$$

$$\therefore e_1 = N_1 \frac{d\phi}{dt} = \omega N_1 \phi_{\max} \cos \omega t$$

$$E_1 = \frac{2\pi}{\sqrt{2}} f N_1 \phi_{\max} = 4.44 f N_1 \phi_{\max}$$

$$\phi_{\max} = \frac{V_1}{4.44 f N_1}$$

$$e_2 = N_2 \frac{d\phi}{dt}$$

$$\therefore \frac{e_1}{e_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

حيث ان

e_1 جهد الملف الابتدائي

جهد الملف الابتدائي (R.M.S.)	E_1
أقصى قيمة للفيض	$\Phi_{\max}$
عدد لفات الابتدائي	N_1
عدد لفات الثانوي	N_2
التردد	F
جهد الملف الثانوي	e_2

كيف يعمل المحول؟

أولاً في حالة اللاحمل:-

عند توصيل جهد المصدر بالملف الابتدائي فإن تيار صغير يسحب من المصدر وهذا التيار الصغير يسمى (excitation current) وقد جاءت هذه التسمية لأن التيار يقوم بإثارة الملف الابتدائي لينشأ الفيض المغناطيسي من هذا الفيض سينشأ فيض آخر في الثانوي ثم يمر في القلب محصلة الفيضين والتي يرمز لها ب Φ_m

Φ_m يمر بالقلب الحديدي ويقطع ملفات الثانوي هذا الفيض يقطع أيضاً ملفات الابتدائي وينشأ فيه جهداً e_1

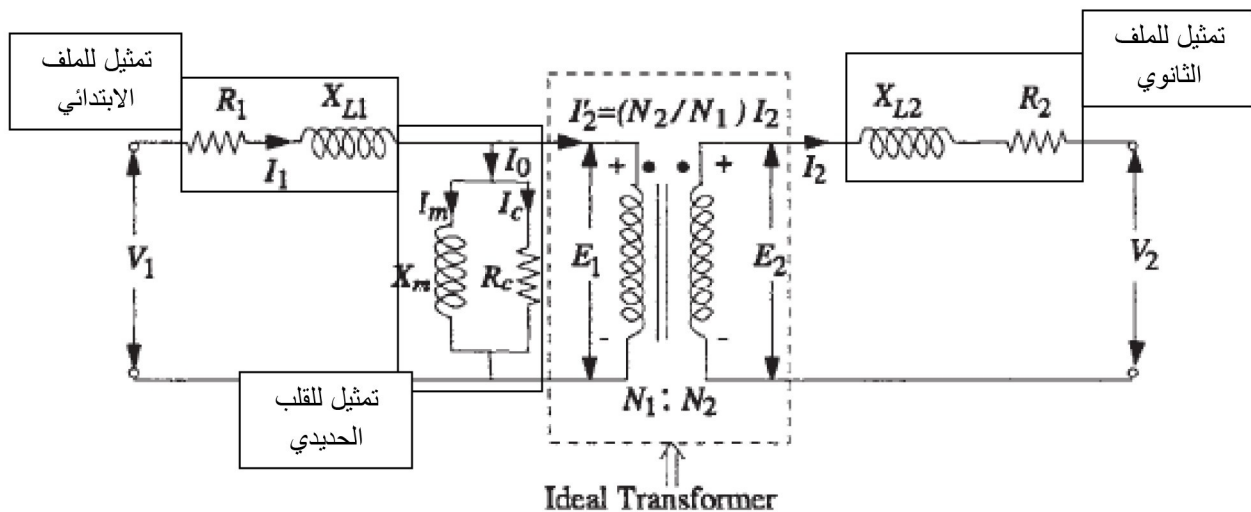
$$e_1 = N_1 \frac{d\phi_m}{dt}$$

وهذا الجهد الناشئ يعاكس الجهد الأصلي للمصدر ويتسبب في جعل الجهد الفعلي الموجود على الملف الابتدائي لا يساوي الجهد الأصلي للمصدر وبالتالي يقل التيار لقيمة صغيرة

ثانياً في حالة التحميل:-

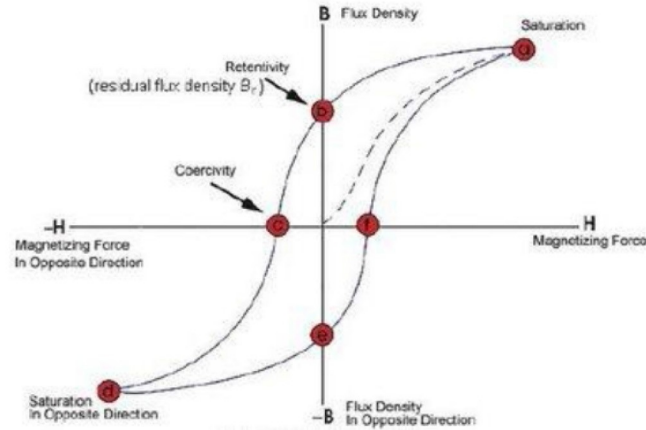
عند توصيل حمل كهربائي (مقاومة مثلاً) في الجانب الثانوي للمحول ، فإن الجهد الموجود في الجانب الثانوي يتسبب في مرور تيار يمر في الحمل وفي ملف المحول الثانوي وهذا التيار الجديد ينشأ هو الآخر فيضا مغناطيسياً جديداً معاكساً للفيض الذي أنشأه تيار المغنطة ومن ثم يصبح الفيض المحصل هو

الدائرة المكافئة للمحول



أما للقلب الحديدي فطبقا لقوانين فاراداي فإن الفيض المتردد حين يقطع موصل فإنه يولد فيه تيار كهربائي ، وهذا الكلام ينطبق على الأسلاك النحاسية الممتلئة لملف الثانوي و ينطبق أيضا على القلب الحديدي . وهذا يعني أن القلب الحديدي سيمر به تيار eddy current وبالطبع فإن هذا التيار غير مرغوب فيه ، ويمثل فقد للقدرة على صورة حرارة تتولد في القلب الحديدي ولتمثيل هذه القدرة المفقودة على شكل حرارة في القلب بأننا نضيف مقاومة R_c

وأيضاً عند مرور الفيض في القلب الحديدي فإن جزيئات القلب الحديدي تستجيب له بدرجة ما ، وتترتب بانتظام في اتجاه المجال المغناطيسي الموضوع عليها . وعند فصل الدائرة الكهربائية فإنه من المفترض أن يختفي تأثير المجال على الجزيئات ، ولكن هذا لا يحدث فعليا والواقع أنه يتبقى في المادة الحديدية جزء من المغناطيسية يسمى residual flux أي أننا فقدنا جزءاً من القدرة المغناطيسية داخل المادة الحديدية هذه القدرة تسمى Hysteresis Loss ويتضح هذا من المنحنى التالي:

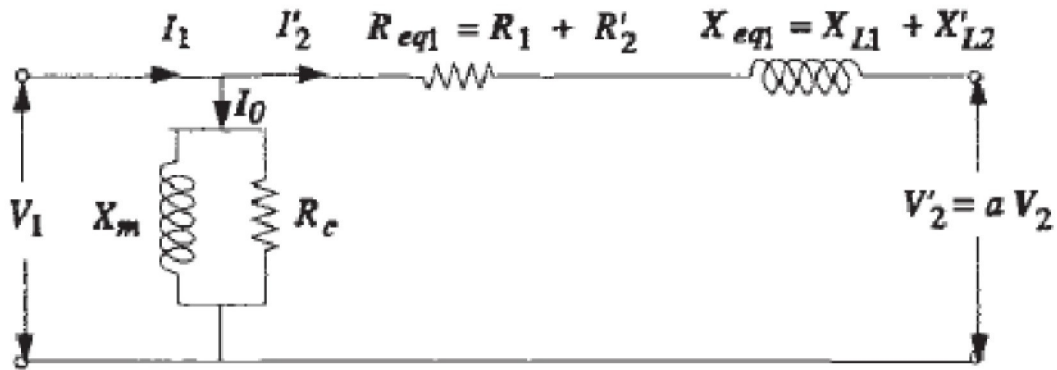


ويتم تمثيل تأثير ال Hysteresis Loss في الدائرة المكافئة لمحول على شكل ملف له معاوقة قدرها

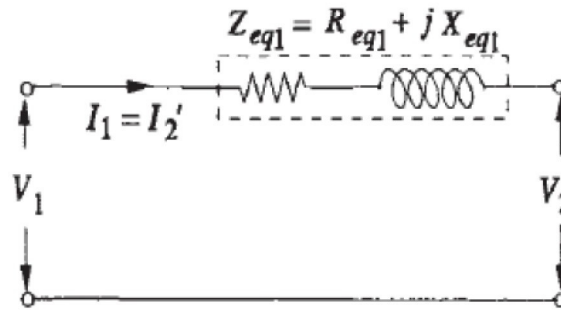
$$X_m$$

وبالتالي تصبح الدائرة كالشكل السابق.

ويمكن أيضاً تبسيط الدائرة عن طريق ان ننسب احد الملفين لجهة الاخر لتصبح الدائرة كالشكل التالي :



وايضاً اذا اهملنا المفاقيد في القلب الحديدي تصبح الدائرة كالتالي:



حسابات الـ P.U. والمعاوقة النسبية للمحول

تكمّن أهمية تلك الحسابات في أن المحول يفصل بين دائرتين كهربيتين مختلفتين وبالتالي تكون له معاوقتين مختلفتين واحدة لكل جهة مما يصعب التعامل معه والحسابات التي تجرى عليه لذلك نلجأ إلى هذه الطريقة للتسهيل والتبسيط وهذا كالتالي:

حل مشكلة المحولات تكون في طريقة الـ Per unit بحيث سنأخذ في الاعتبار قيمة جديدة اسمها $Z_{p.u}$ وسنثبت هنا أن هذه القيمة لو نظرت إليها من الجانب الثانوي لمحول ستعطيك نفس القيمة التي يراها المحول من الجانب الابتدائي.

حيث أن :-

$$Z_{p.u} = \frac{Z_{\Omega}}{Z_{Base}}$$

و

$$Z_{Base} = \frac{V_{Base}}{I_{Base}}$$

بحيث تكون V_{Base} للجانب الابتدائي هي V_H أما للجانب الثانوي هي V_L والكلام ينطبق تماماً على I_{Base} ولعمل مرجعية واحدة لكل عناصر الشبكة فإن كل قيم المقاومات في الشبكة ستحسب بالنسبة لقدرة رمزية

تسمى MVA_{Base} وبما أنها رمزية فإننا يمكننا أن نفرض لها أى قيمة ويمكن بسهولة أن نثبت أنه لو فرض أكثر من شخص قيمة مختلفة لها فينتج الجميع فى النياية حلاً واحداً كما سنرى.

وتحسب $Z_{p.u}$ بمعلومية MVA_{base} كما فى المعادلة التالية:

$$Z_{p.u} = Z_{\Omega} \frac{MVA_{Base}}{kV_B^2}$$

إذن فالميزة الأساسية لهذه الطريقة أن صار لنا مرجعية واحدة نرجع إليها في كل المقاومات سواء كانت فى الجانب الابتدائي أو الثانوي للمحول وعلى هذا فإذا قيل أن $Z_{p.u}$ للمحول تساوى مثلاً 5% فليس هناك معنى أن نسأل أن كانت هذه القيمة هى $Z_{p.u}$ بالنسبة للأبتدائي أو الثانوى فليس هناك فرق . لكن كل ما هناك أن هذه القيمة محسوبة لقدرة مرجعية معينة و إذا ضربنا قيمة $Z_{p.u}$ السابقة فى 100 تصبح $Z\%$ وهى المعاوقة النسبية

ما هى اهمية المعاوقة النسبية ؟

ان المعاوقة النسبية لها عدة استخدامات فهي مثلاً تمثل قيمة voltage drop كنسبة مئوية على سبيل المثال إذا كان المحول 400 / 11000 v وكانت $Z\%$ لو تساوى 5% إذن عند ال Full load ستكون نسبة الهبوط فى الجهد خلال $20 = \frac{5}{100} * 400$ لكي يصبح الجهد عند الحمل الكامل 380 v وبالتالي يمكن تحديد مقدار الجهد الذي ينخفض على اطراف المحول في حالة الجهد الكامل وايضا يمكن من خلال معرفتها ان نحدد مقدار أقصى تيار القصر وهذا عن طريق حيث ان قيمة تيار القصر تحدد بناء على قيمة المعاوقة النسبية.

$$I_{s.c.} = \frac{I_{rated}}{Z\%}$$

كفاءة المحول ولماذا تصل الى 99% ؟

الكفاءة لأي معدة هي نسبة الخرج على الدخل وبالتالي تصبح كفاءة المحول كالآتي :

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_{in} - P_{losses}}{P_{in}} = \frac{P_{out}}{P_{out} + P_{losses}}$$

ونلاحظ دائماً ان كفاءة المحول دائماً عالية جداً وقد تصل الى 99% وهذا بسبب:-

1- لعدم وجود اجزاء دوارة واي مفاقد بسبب الاحتكاك

2- لعدم وجود ثغرة هوائية في الدائرة المغناطيسية

وبالتالي تكون المفاقد اقل ما يمكن وتصل الكفاءة لنسبة عالية جداً

ومن هنا نجد ان هناك اهمية كبيرة لمعرفة ودراسة المفاقد وانواعها وكيفية تقليلها

لأنها عامل مؤثر على اداء المحولات وقد تكون فارق كبير اثناء التعاقد على شحنات جديدة.

المفاقد وانواعها داخل المحولات

أولا المفاقد الثابتة وتسمى ايضاً مفاقد اللا حمل (No-load losses) او مفاقد القلب الحديدي

وهي عبارة عن ثلاث انواع من المفاقد:-

1- Hysteresis losses

2- Eddy current losses

3- Dielectric losses

سنتكلم عن كل نوع بالتفصيل على حدى

Hysteresis losses -1

وهي المفاقد التي تنشأ بسبب أنه يتبقى في المادة الحديدية جزء من المغناطيسية يسمى residual flux

أي أننا فقدنا جزءاً من القدرة المغناطيسية داخل المادة الحديدية هذه القدرة تسمى Hysteresis Loss

ويتم تمثيل تأثيرها في الدائرة المكافئة لمحول الحقيقي عمى شكل ملف له معاوقة قدرها X_m .

فعند مرور تيار في الملف الابتدائي ينتج كما نعلم فيضا مغناطيسيا يشبه تماما الجهد الذي أنشأه أي أنه منحني جيبى وهذا المجال المغناطيسي الناشئ عند مرور التيار يتسبب في النصف موجة الاولى في مغنطة المادة المغناطيسية الموجودة في القلب الحديدي والتي يمكن أن نعتبرها مكونة داخليا من مجموعات تصطف نتيجة المجال المغناطيسي في اتجاه واحد.

وعندما ينعكس اتجاه المجال المغناطيسي في نصف الدورة الثاني من الموجة فأن تلك المجموعات داخل القلب الحديدي يجب أن تغير اتجاهها مما يؤدي الى فقد جزء من الطاقة بسبب الفيض المتبقي.

ويمكن العمل على تقليل تلك المفاقد بتحسين الخواص المغناطيسية للمادة التي يصنع منها القلب الحديدي ولا يوجد طرق اخرى لذلك

Eddy current losses -2

المواد المغناطيسية مثل الحديد لها أيضا قدرة على توصيل التيار الكهربى وليس فقط على تمرير الفيض المغناطيسي ، فعندما تقطع خطوط الفيض أسلاك الملفات النحاسية فإنها تولد جهدا كهربيا طبقا لقانون فاراداي ، لكنها وهى تقطع هذه الملفات فإنها أيضا تقطع القلب الحديدي فيتولد فيه أيضا تيار كهربى يسمى eddy current وتعرف هذه التيارات بالتيارات الدوامية .وبالطبع فهذا التيار غير مرغوب فيه البتة ، فهو لا يصل للحمل ، وهو أيضا يتسبب في تسخين القلب الحديدي بلا داع ، وهذا كله نوع من الطاقة المفقودة في القلب الحديدي وهى عادة تتسبب في ما يقرب من 50% من مفقودات القلب الحديدي. وتعتمد تلك المفاقد مع على عدة عوامل منها سمك المادة المغناطيسية والتردد وكثافة الفيض المغناطيسي وبالتالي للحد منها يجب علينا العمل على تلك الاشياء ولكن منها ما لا يمكن التغيير فيه مثل كثافة الفيض والتردد ولكن يمكن العمل على تقليل سمك الشرائح بقدر الامكان حتى نقلل تلك المفاقد حيث انها تساوي:-

$$P_{ec} = K_e * t^2 * B_m^2 * \frac{f^2}{\rho}$$

حيث:-

t سمك الشريحة

B_m اقصى كثافة فيض

K_e ثابت مادة القلب الحديدي

f تردد المصدر

ρ المقاومة النوعية لمادة القلب الحديدي

لذلك يمكن تقليل تلك المفاويع عن طريق عمل القلب الحديدي على شكل شرائح معزولة وتقليل سمكها بقدر الإمكان.

dielectric losses -3

المواد العازلة التي تستخدم لعزل الموصلات عن بعضها داخل المحول تتسبب في وجود نوع مف المكثفات يعرف بالمكثفات الشاردة Stray Capacitors وهي مكثفات ليست منظورة بالعين ولا تمسك باليد ، لكنها تعمل نفس عمل المكثفات الحقيقية ، ويحدث فيها نوع من الفقد في الطاقة.

وتتأثر تلك الطاقة المفقودة بالجهد الذي يعمل عليه المحول والتردد وايضا قيمة زاوية دلتا (σ) حيث انها الزاوية التي تعرف بزاوية التفريغ وهي الزاوية المكمل للزاوية [ϕ] التي بين الجهد والتيار

ويمكن حساب تلك المفقودات من القانون التالي

$$P_d = 2\pi f C V^2 \tan \delta$$

حيث :-

P_d هي القدرة المفقودة في العزل

f تردد المصدر

C القيمة السعوية للمكثف

V جهد المصدر

$\tan \sigma$ معامل التفريغ

ويمكن تقليل تلك المفقودات باستخدام انواع عزل جيدة لتقليل تيار التسرب

ثانياً المفاقد المتغيرة وتسمى أيضا مفاقد التحميل او المفاقد النحاسية

هذه المفاقد تظهر فقط مع التحميل للمحول وتتكون من :-

1- copper losses

2- stray losses

وسنستعرض الان كل نوع على حدى وكيفية تقليله.

Copper losses -1

لا تظهر كقيمة مؤثرة إلا اذا حدث تحميل لمحول ، وكلما ا زاد التحميل زادت الطاقة المفقودة .
فالمعروف أن الملفات النحاسية - ابتدائي وثانوي - لها مقاومة معينة ، ومن ثم فمرور تيار فيها يتسبب في فقد للقدرة يحسب من المعادلة المعروفة

$$P = I^2 R$$

مع ارتفاع درجة الحرارة ترتفع قيمة تلك المفاقد بسبب ارتفاع قيمة المقاومة على عكس eddy current loss التي تنخفض مع ارتفاع درجة الحرارة و احصائيا ، يمكن القول أن كل ارتفاع قدره درجة مئوية واحدة يتسبب في ارتفاع قيمة copper losses بمقدار 0.4%

2- stray losses

أنها أقل تأثيرا من الأنواع السابقة لكن مجموعها يمثل أحيانا 5% من قيمة المفاقد

تنتج بسبب وجود leakage flux الفيض المتسرب ويمكن تقليلها عن طريق تحسين خواص المادة التي تصنع منها القلب الحديدي

الباب الثاني: مكونات المحول الأساسية وملحقاته

سنستعرض في هذا الباب مكونات المحول لانه لا يمكن دراسة ومعرفة كيفية تشغيل المحول دون دراسة اجزاء المحول ومما يتكون وكيفية تصنيعة مما يعطينا فكرة جيدة عن المحول ومعرفة اسس تشغيله .
يتم تقسيم اجزاء المحول الى مجموعتين اساسيتين فعالة وغير فعالة وسنستعرض كل مجموعة وشرح تفصيلي عنها.

الاجزاء الفعالة

وهي الاجزاء التي لا يمكن ان يتم الاستغناء عنها في المحول وهي تقوم عليها نظرية عمل المحول وبالتالي تكون هي اساس المحول

1- القلب الحديدي

2- الملفات

3- العوازل الداخلية للمحول

وسنستعرض الان معا كل مكون على حدى ومما يتكون وكيفية تصنيعة .

1 - القلب الحديدي

يعتبر القلب الحديدي هو احد المكونات الاساسية للمحول والتي لا يمكن الاستغناء عنه ابدا لانه هو الذي يكمل الدائرة المغناطيسية داخل المحول وبدونه ستضمحل كفاءة المحول الى نسبة قليلة جدا فهو كالعمود الفقري للمحول لانه هو المسئول عن نقل الطاقة بين ملفات الجهد العالي والجهد المنخفض ويربط الدخل بالخرج.

هو الجزء من المحول الذي يختزن طاقة المصدر علي هيئة فيض مغناطيسي ويحولها إلي جهد وتيار مناسبين للحمل وعليه أو حوله يتم لف الملفات ذات الضغط المنخفض وحولها تلف ملفات الضغط العالي.

يتكون القلب الحديدي من "شرائح من الصلب السيليكوني المعزولة و المسحوب على البارد الموجه الحبيبات "

حجم القلب الحديدي يتحكم في الحجم النهائي للمحول وعليه يجب تصميم هذا القلب بحيث يفي بالغرض المصمم لأجله أى أن كبر الحجم بدون داعي يعد تكاليف باهظة للمحول بالإضافة إلي أن صغر الحجم يجعل العمر الافتراضي اقل من المطلوب 0

في الجملة السابقة كل كلمة لها معنا وهدف منها وسندرس كل واحدة على حدى ولماذا تم هذا الاختيار.

* شرائح معزولة : يتم عمل القلب الحديدي من شرائح معزولة وهذا لتقليل التيارات الدوامية والتي من الممكن ان تؤثر بالسلب على كفاءة واداء المحول لان العزل على الشرائح يصنع مقاومة عالية تقلل تلك التيارات

لانه اذا تم وضع قلب حديدي مصمت ستزداد تلك التيارات وتزيد درجة الحرارة لدرجة قد تؤدي الى انصهار القلب الحديدي نفسه

يتم عزل الشرائح بمادة الكارليت والتي من خصائصها :

1- لا تتفاعل مع الزيت

2- تتحمل درجة الحرارة العالية

3- عازلة كهربيا

4- مقاومة ضد الخدش

* من الصلب السليكوني

وهذا لان الصلب له خواص مغناطيسية عالية وأيضا له قدرة عالية على تحمل الاجهادات الواقعة على القلب

ويتم اضافة نسبة من السيليكون وهذا لسببين:-

1- تقليل الفيض المتبقي

2- اكساب الشرائح المرونة

* المسحوب على البارد

وتتم عملية السحب او الدرفلة لتقليل سمك الشرائح لانها كلما قلت سمكها اصبحت افضل من حيث تقليل التيارات الدوامية

ويتم السحب على البارد وهذا حتى لا تتضرر الخواص المغناطيسية للحديد الصلب المصنوع منه الشرائح

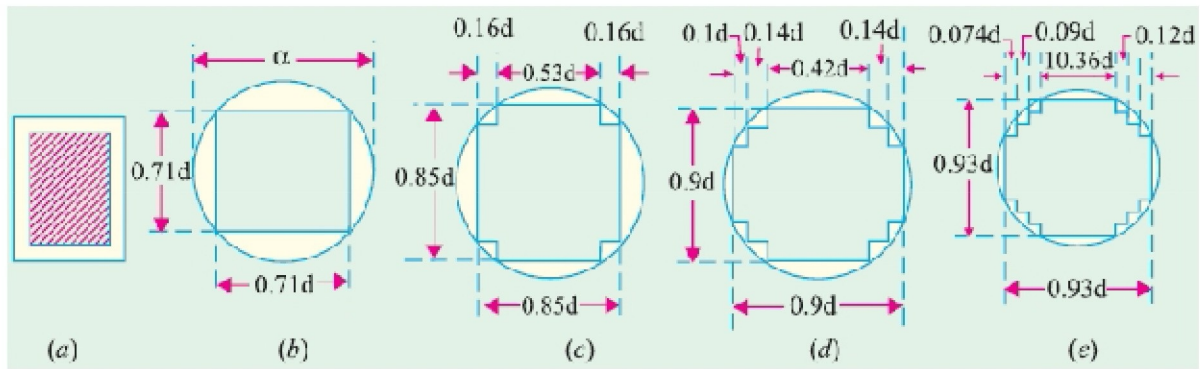
* الموجهة الحبيبات

وهي عملية تتم فيها ترتيب لجزيئات الشرائح مغناطيسيا وهذا بسببين :-

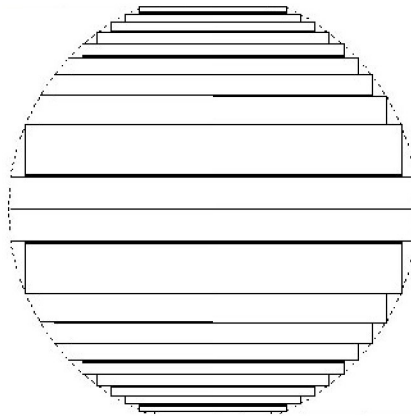
1- تقليل المعاوقة المغناطيسية للشرائح

2- تقليل الفيض المتسرب

حيث تعمل هذه الطريقة على اصطفاف الجزيئات في نفس اتجاه الفيض المغناطيسي الذي يمر في القلب الحديدي.



تصنع الشرائح متدرجة كما بالشكل السابق حتى تكون اقرب للدائرة لان الدائرة هي اكبر مساحة ممكنة لشكل هندسي لنفس محيط معلوم وبالتالي نستطيع المحافظة على المحيط الخارجي للرجل الخاصة بالقلب الحديدي مع تكبير المساحة اكبر ما يمكن وبالتالي الحفاظ على حجم الملفات والاستفادة بشكل جيد من القلب الحديدي ليمر به اكبر فيض ممكن.



وكما كان التدرج اكثر كلما كانت الاستفادة اكبر ولكن المشكلة في وقت وتكلفة التصنيع حيث يصعب معها تنفيذ ذلك بسهولة وسنلاحظ انه كلما كبر حجم المحول كلما كانت التدرجات اكثر وهذا لان التكلفة تكون مناسبة بالنسبة للفقد.

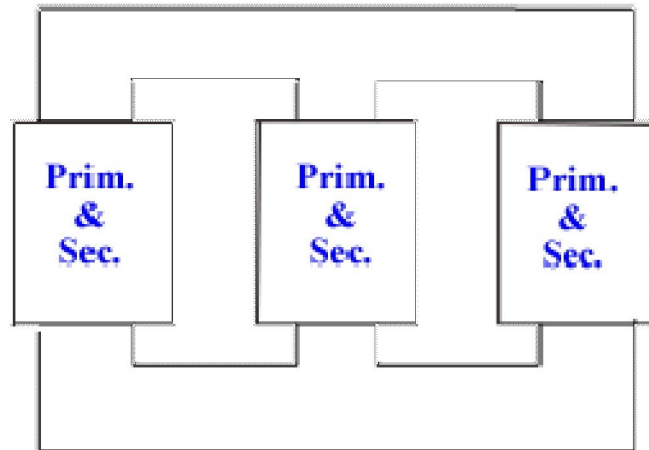
هناك نوعان من القلب الحديدي وهما :

core type -1

shell type -2

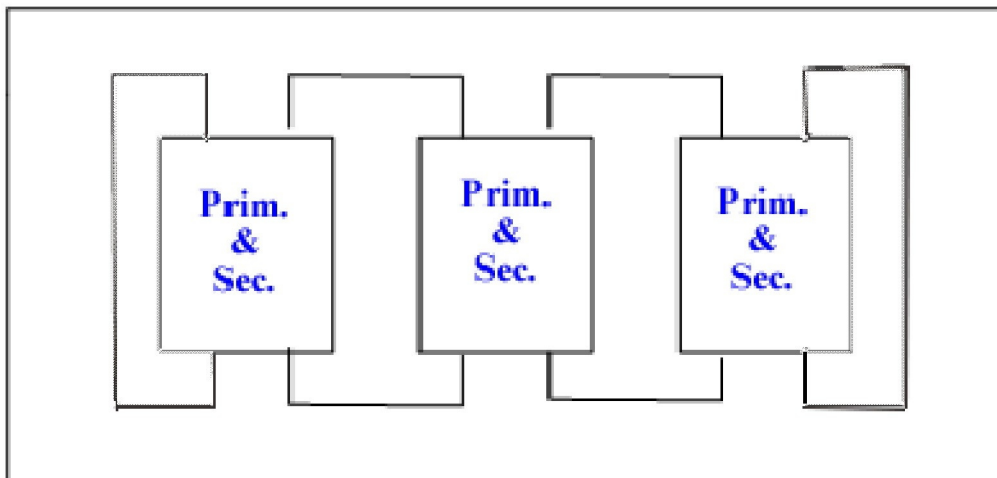
وستعرض الان لكلا منهما مع توضيح الفروق بينهما.

Core Type -1



ويعتبر هذا هو النوع الأكثر شيوعا من حيث انه الارخص ويستخدم مع المحولات ذات القدرات الاقل من 25 ميجا فولت أمبير ولكن نسبة الـ leakage flux تكون اكثر

Shell Type -2



هذا النوع هو الأكثر تكلفة ويحتاج لمجهود أكبر في التصنيع ويكون غالباً الأرجل المساعدة التي على الأطراف مساحتها أقل من الأرجل الأساسية وهذا بسبب أن الفيض المغناطيسي ينقسم في حالة الـ Shell إلى Type إلى دائرتين مغناطيسيتين وبالتالي الفيض الذي يمر في الأرجل الخارجية أقل من الأرجل الداخلية يفسر السبب في أن الأرجل الخارجية يكون مساحة مقطعها أقل من مساحة مقطع الأرجل الداخلية.

وبالتالي نستطيع أن نحسر الفروق بين النوعين في النقاط التالية:-

- * الـ shell type أكثر تكلفة وأصعب في التصنيع والصيانة
- * الـ core type يكون الطول المتوسط للقلب الحديدي أطول منه في حالة الـ shell type
- * بينما يكون الطول المتوسط لملف النحاس أقصر في حالة الـ shell type
- * ولكن الـ Shell type له قدرة أكبر على تحمل تيار القصر
- * الـ shell type له القدرة على الحفاظ على الفيض أكثر ويكون الـ leakage flux أقل في تلك الحالة.

يتم تجميع القلب الحديدي يدوياً

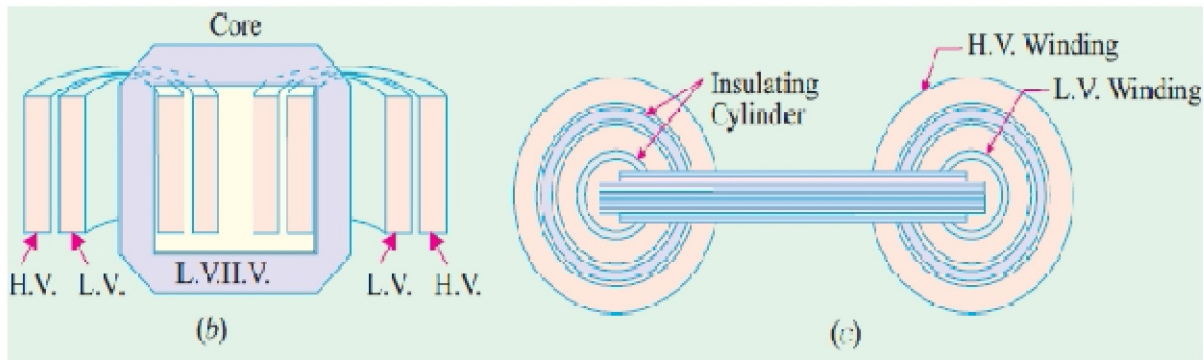


يتم التجميع يدويا وبطريقة متداخلة للشرائح لضمان عدم وجود ثغرة هوائية وكان يتم كبس الشرائح وربطها عن طريق مسامير فولاذية ولكن تم استبدالها حديثا بشرائط من الفايبر جلاس لتقوم بربط الشرائح معا.

2 - ملفات الجهد المتوسط والجهد المنخفض

هناك عدة طرق لللف الملفات في المحولات لكلا منهم عيوب ومميزات و تصنع الملفات غالبا من أسلاك معزولة من النحاس الأحمر النقي ، وجميع لفاتها معزولة عن بعضها وعن القلب عزلا كهربائي ويحتل النحاس المرتبة الأولى في المواد المستخدمة في صناعة الملفات لأنه يمتاز بعدة مميزات منها : قابليته العالية للتوصيل الكهربى كما أنه بطئ التأكسد ويتحمل الهواء الرطب ودرجة انصهاره عالية وسهل اللحام ، كما أنه سهل السحب والتشكيل.

وقد يصنع الملف من الألومنيوم ، حيث أنه أخف وزنا وأقل سعرا ، لكننا سنحتاج معه لمقطع كبير نسبيا لجعله قادرا على تحمل التيارات العالية ، ولذا تجده لا يستخدم سوى في المحولات الصغيرة.



تلف الملفات كما بالشكل السابق حول القلب الحديدي بحيث يكون الملف ذو الجهد المنخفض اقرب للقلب الحديدي والملف ذو الجهد الاعلى فوقه ويكون الاول داخل الثاني لضمان تقليل تسرب الفيض والوصول بالكفاءة لاعلى ما يمكن.

وهناك بالتأكيد اوجه اختلاف عدة بين ملفات الجهد المتوسط وملفات الجهد المنخفض سنستعرضها معا من خلال الجدول التالي:-

ملفات الجهد المنخفض	ملفات الجهد المتوسط	وجه المقارنة
أقل	أكثر	عدد اللفات
اكبر	اقل	مساحة مقطع السلك التي تصنع منه

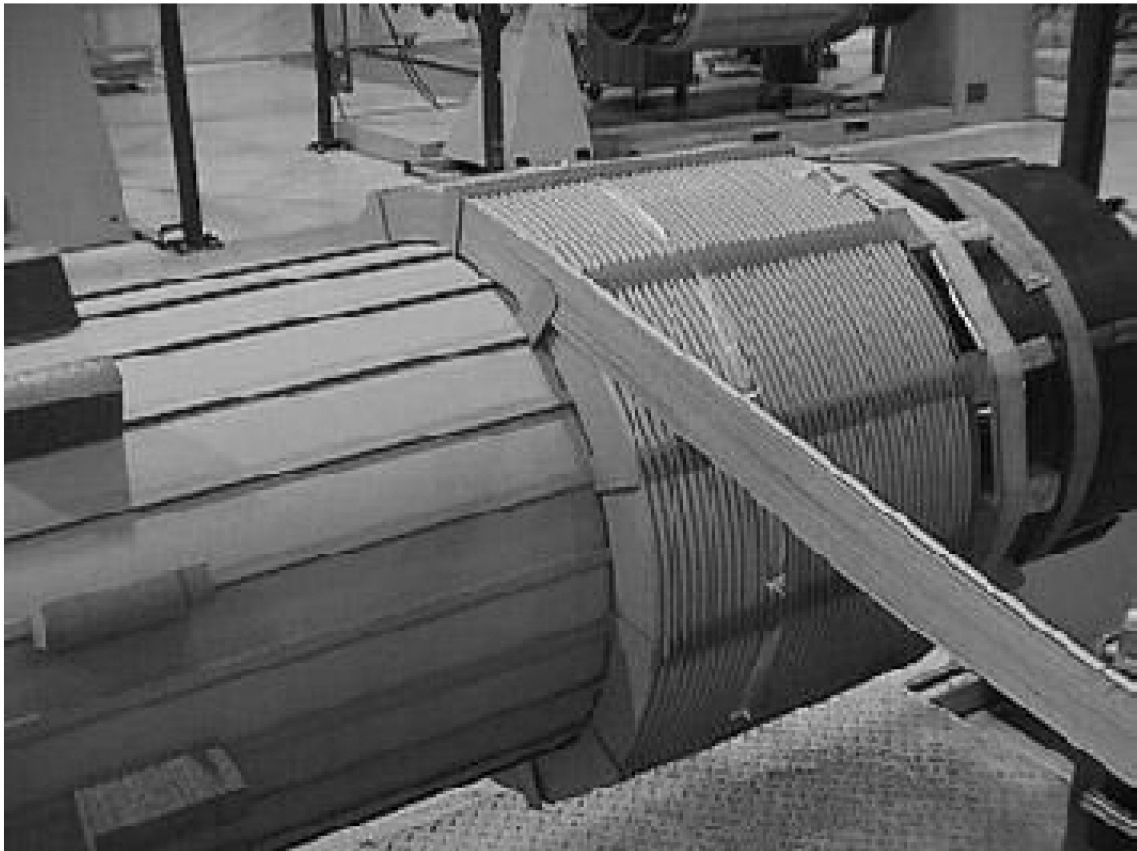
نوع عزل السلك	الورنيش	ورق مشبع بالزيت
ايهما اقرب للقلب الحديدي	ابعد	اقرب
ايهما يوضع عليه مغير جهد	يوضع عليه	لا يوضع عليه
شكل مساحة المقطع للسلك المستخدم	دائري	مستطيل
طريقة توصيل الملفات غالبا	دلتا	نجمة

أنواع اللف وطرق التوصيل والمجموعات الاتجاهية لملفات المحول

أولاً: انواع اللف لملفات المحولات

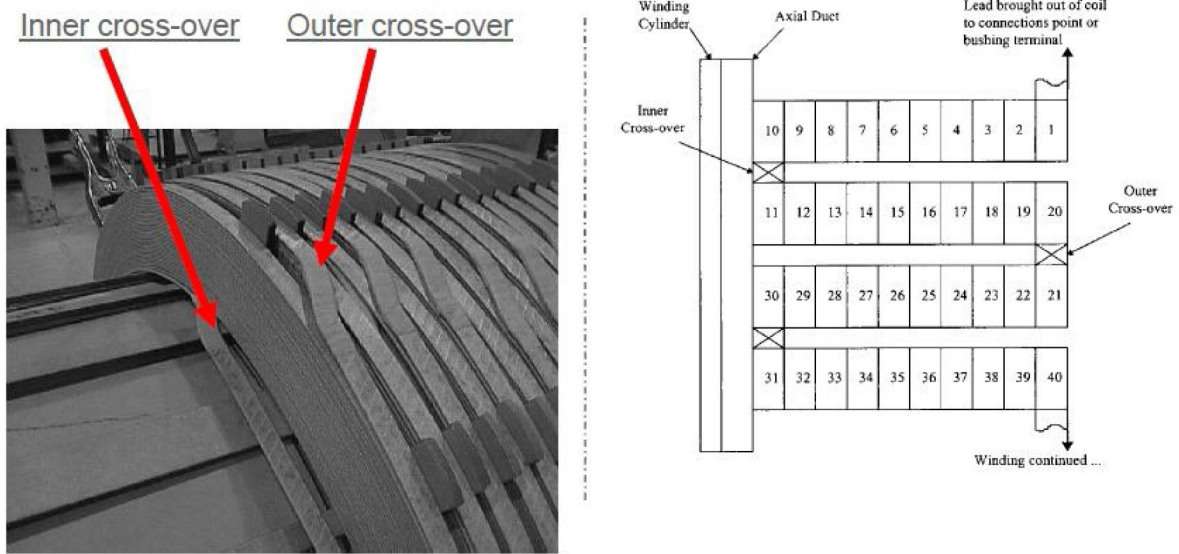
1- اللف الحلزوني

وهو عبارة عن طبقات متعددة بينها فواصل بين الملفات وبين الطبقات ، ويستخدم هذا النوع للملفات التي تحمل تيارات عالية ، ويعيبه أنه يشغل حيز كبير لكنه الأكثر ثباتاً ميكانيكياً وسهل التصنيع.



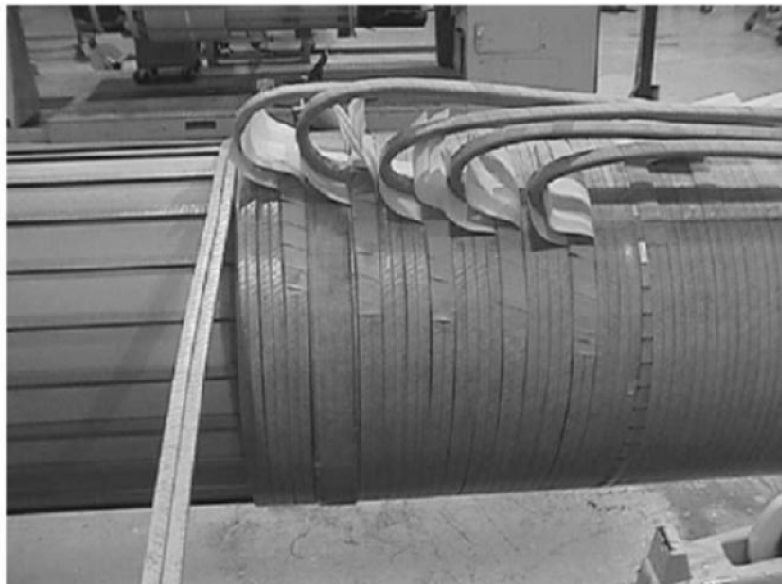
2- اللف القرصي

وهذا يستخدم مع المحولات التي تحتوى على عدد ضخم من الملفات وتحمل تيارا خفيفا أى يستعمل مع الجهد العالى والتيار المنخفض حيث تكون الملفات على شكل Discs بينها فواصل كما فى الصورة . لاحظ فى الصورة أن الانتقال من Disc لآخر يتم فى النهاية بواسطة اللحام ثم تغطية منطقة اللحام. ومن عيوبه كثرة اللحامات والتي تؤدي الى الكثير من المشاكل



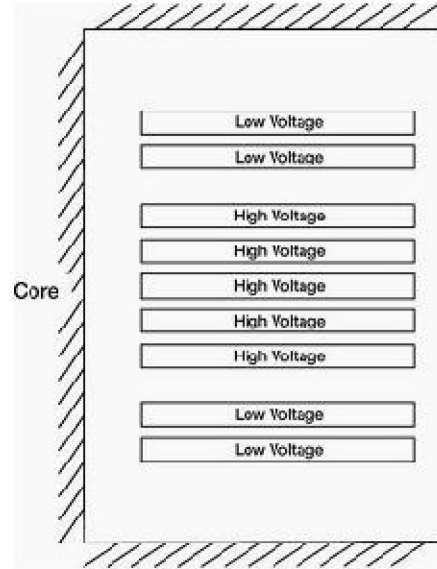
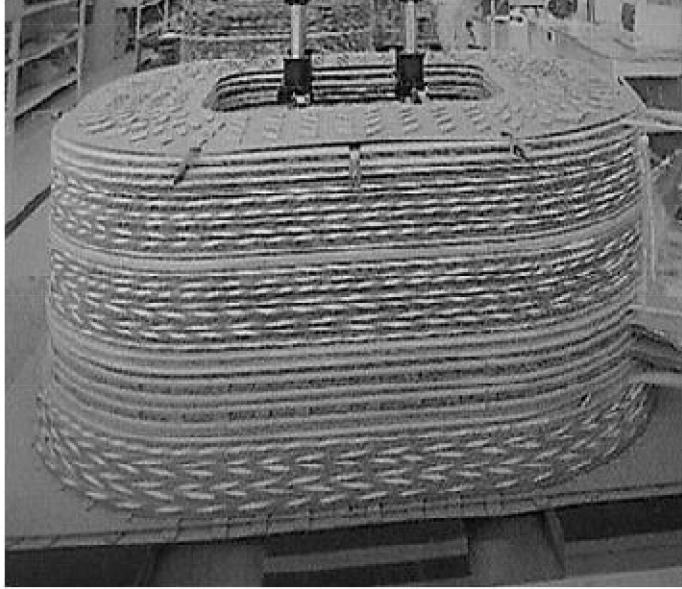
3- اللف الطبقي layers

وهذه الطريقة تستخدم مع المحولات التى تزود ب On Load Tap Changer حيث يمكن فيها إخراج أطراف أجزاء ال Winding لتوصيلها بدائرة التحكم فى مغير الجهد



Ban cake winding -4

هذا النوع يستخدم حصرياً في محولات الكبيرة وتلف أولاً على قوالب خشبية ثم توضع على القلب الحديدي.

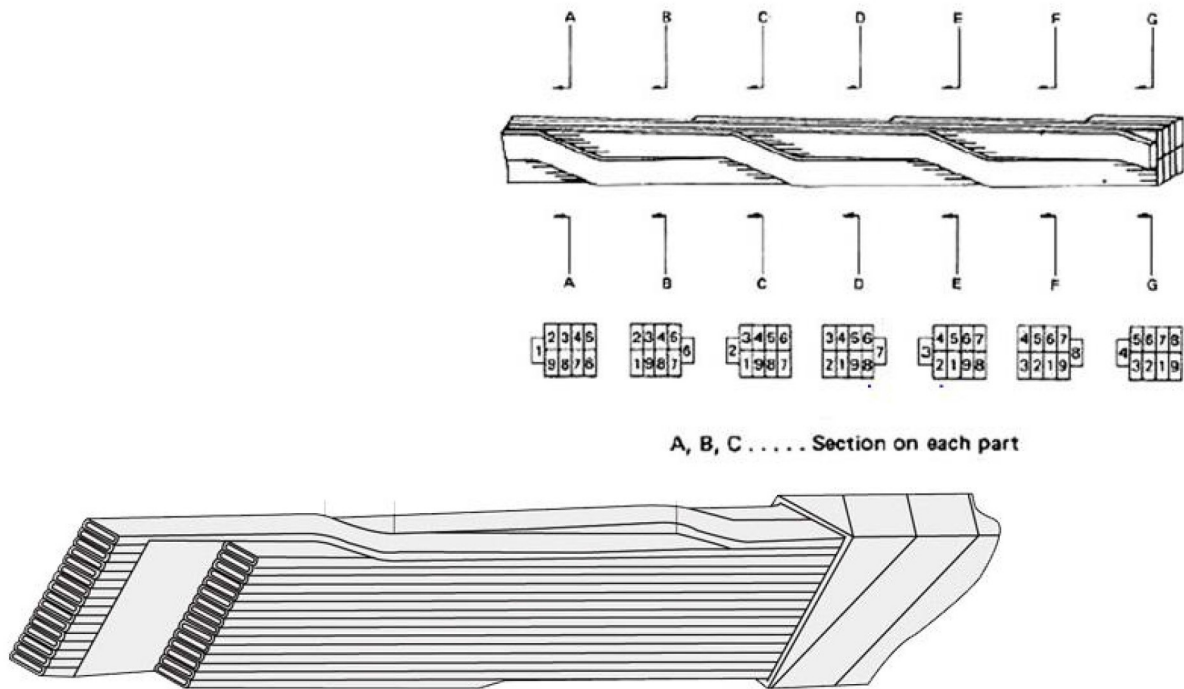


ولكن في المحولات الكبيرة عندما تكون التيارات عالية جداً مما يجعلنا نقسم الموصل الواحد لعدة موصلات لتفادي تأثير الظاهرة القشرية ولكن تنشأ مشكلة وهي التيارات الدوامية التي يمكن أن تنشأ داخل المقطع الكبير لموصل نفسه نتيجة تعرض أجزائه لمستويات مختلفة من الفيض بسبب وضعها النسبي فينشأ فرق في الجهد بين بعض الطبقات يتولد بسببها تيارات دوامية داخلية في الموصل لذلك نلجأ إلى طريقة Transposition

Transposition

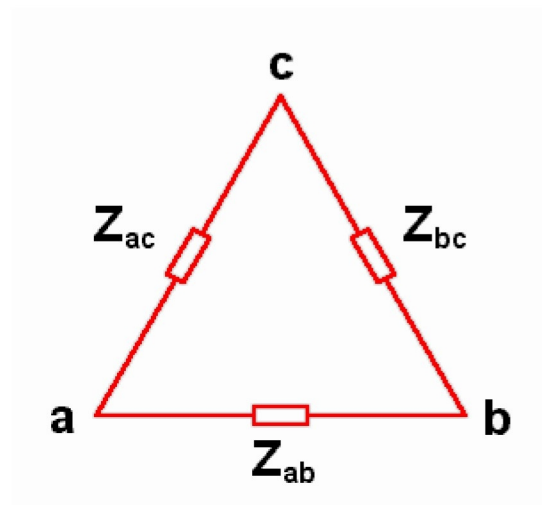
يتم جدل أسلاك الموصلات غالباً على شكل أسلاك مجدولة أو شرائح مستطيلة ويتم عمل تبادل بين الطبقات المكونة لمقطع الموصل الذي يكون غالباً كبير كما ذكرنا من قبل وبالتالي تتعرض كل طبقة لمجال متساوي من الفيض على مدار اللف كلة فلا يحدث طيارات دوامية داخل الموصل الواحد قد تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارته وتقلل كفاءة المحول ككل

وسنستعرض في الاشكال الاتية كيفية حدوث الجدل للطبقات الخاصة بالموصل

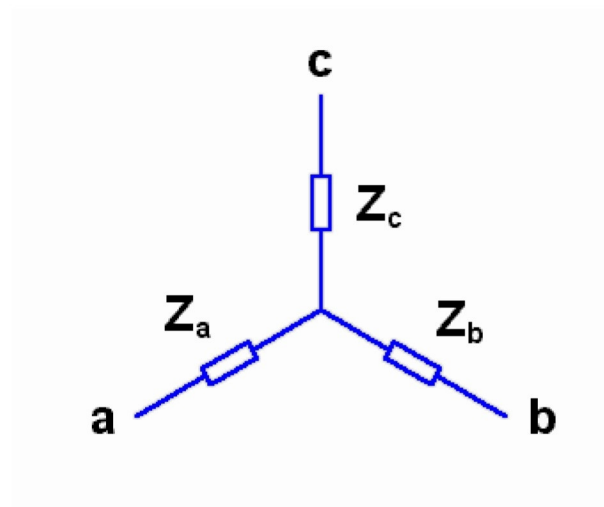


ثانيا طرق توصيل الملفات

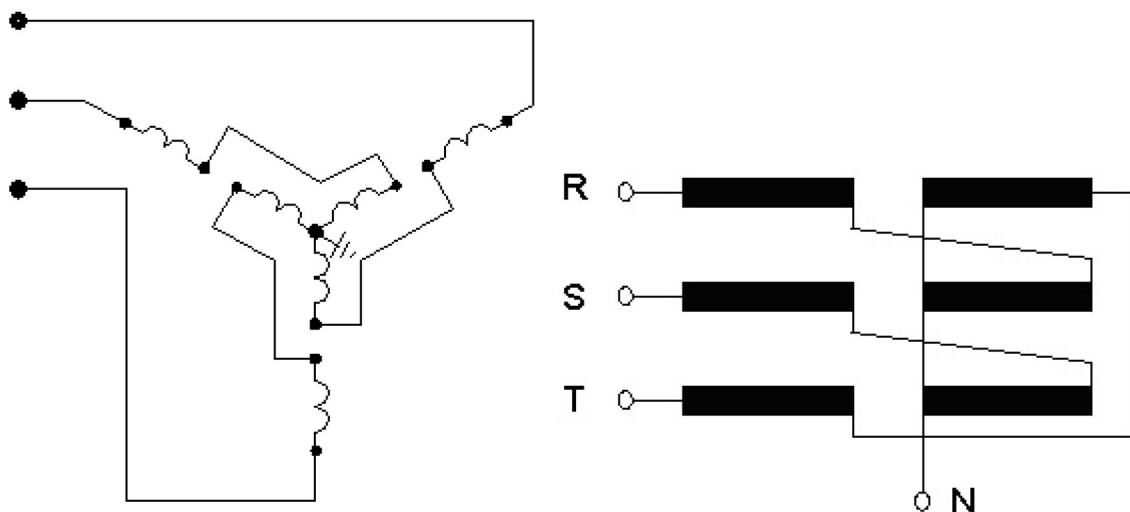
1- دلتا



2- نجمة



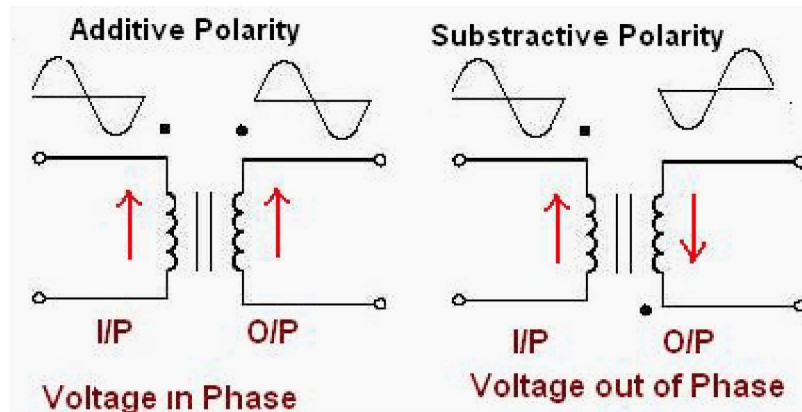
3- zigzag



ثالثاً : المجموعات الاتجاهية

ولكن قبل ان نتكلم عن المجموعة الاتجاهية يجب ان نتكلم عن القطبية في المحولات فأن مصطلح القطبية يقصد به تحديد العلاقة الاتجاهية بين جهد المصدر في ملفات الابتدائي ، والجهد الناشئ في ملفات الثانوي والتي بناء عليها سيتحدد الاتجاه اللحظي لجهد الثانوي بالنسبة لجهد المصدر فالمعلوم أن جهد الثانوي يمكن أن يكون في نفس اتجاه جهد الابتدائي وقد يكون عكس الاتجاه وذلك حسب طريقة لف الأسلاك وحسب اتجاه اللف تحديداً ، وهذا هو المقصود بالقطبية.

على سبيل المثال لو أن اتجاه لف الأسلاك كان من أعلى لأسفل في اتجاه عقارب الساعة في كلا الملفين (الابتدائي والثانوي) وذلك لمن ينظر للملف من أعلى ففي هذه الحالة فالطرف النهائي العلوي للملف الابتدائي والثانوي سيكونان لهما نفس القطبية ، وهذا يعني أن أى ارتفاع أو انخفاض في الابتدائي والثانوي سيكون في نفس اللحظة ، أي متزامنان معاً في كلا الطرفين. أما لو عكست القطبية فهذا يعني العكس تماماً ، أي أن أحدهما يرتفع و الآخر ينخفض.



ولكننا نحتاج أيضاً معرفة الزوية الاتجاهية بين الملفات وبعضها حيث أنها الزواية بين جهدين هما جهد (line to N) الموجود في الابتدائي وجهد الـ (line to N) الموجود في الثانوي وتعتبر هذه الزوية موجبة اذا كان الجهد في جانب الجهد المنخفض متأخراً عن الجهد في جانب الجهد العالي على اعتبار أن اتجاه الدوان الموجب هو عكس عقارب الساعة.

ولكي نعبر عن المجموعة الاتجاهية نعبر عن ملفات الابتدائي بحرف كبير (Capital) وملفات الثانوي بحرف صغير (small) .

حيث:-

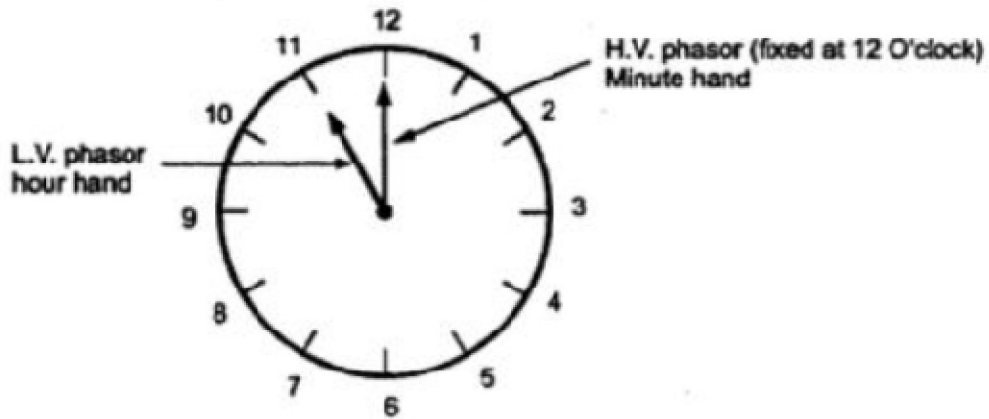
(D,d) تعبر عن التوصيل بطريقة دلتا

(Y,y) تعبر عن التوصيل بطريقة نجمة

(Z,z) تعبر عن التوصيل بطريقة الزجراج

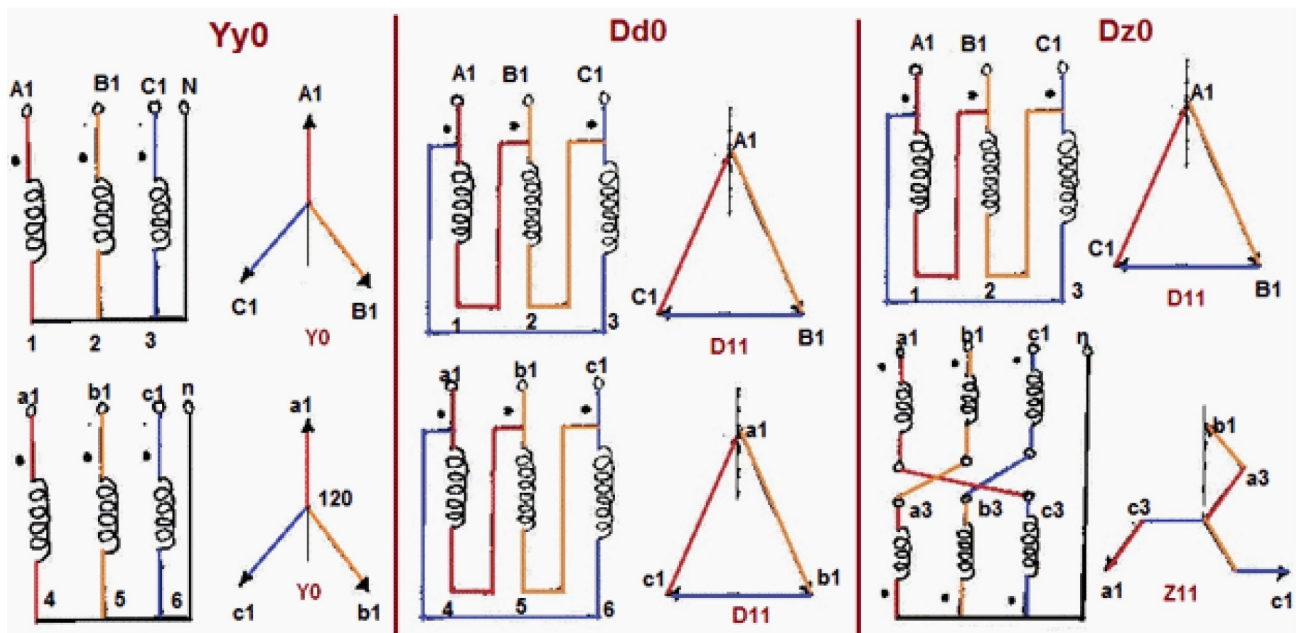
(N) للتعبير عن وجود طرف تعادل من عدمه

أما الفرق في الزاوية بين الجهدين ((line to N)) الموجود في الابتدائي وجهد الـ (line to N) الموجود في الثانوي) فيتم تعيينها من خلال رقم بحيث يكون الفرق بين كل رقمين متتاليين يساوي 30 درجة بحيث يكون الرقم 1 يعبر عن الزاوية 30 والرقم 2 عن الزاوية 60 وهكذا .

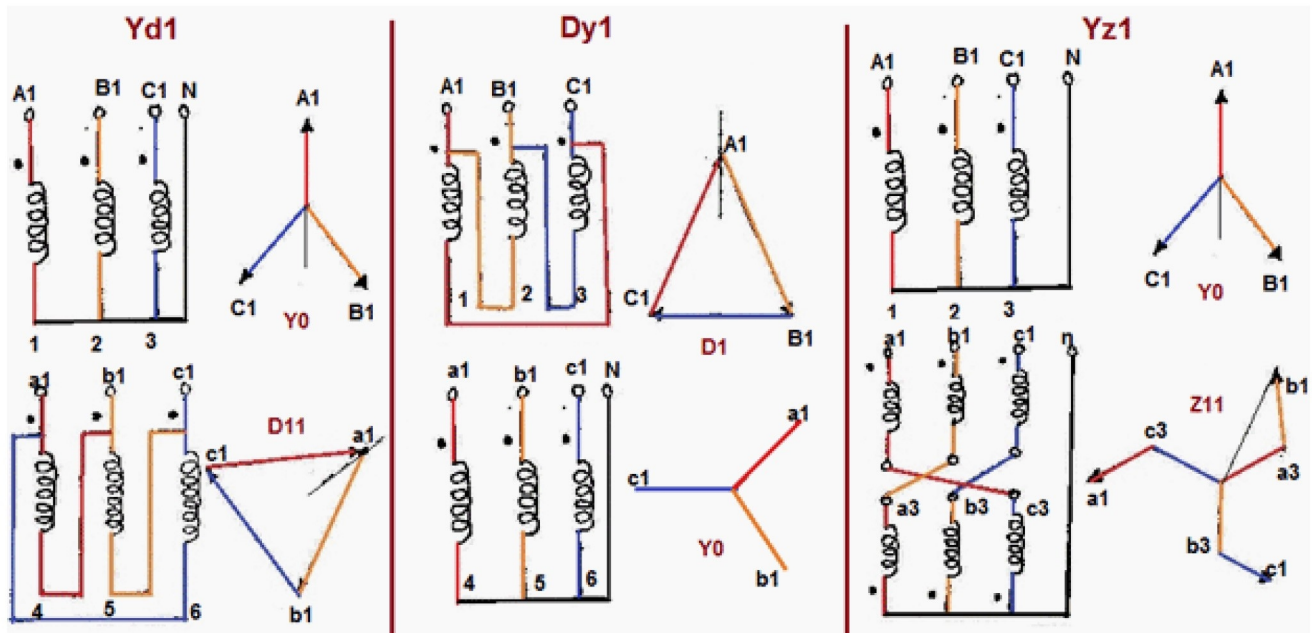


والان من خلال الرسومات الاتية سنعطى امثلة متنوعة عن المجموعات الاتجاهية

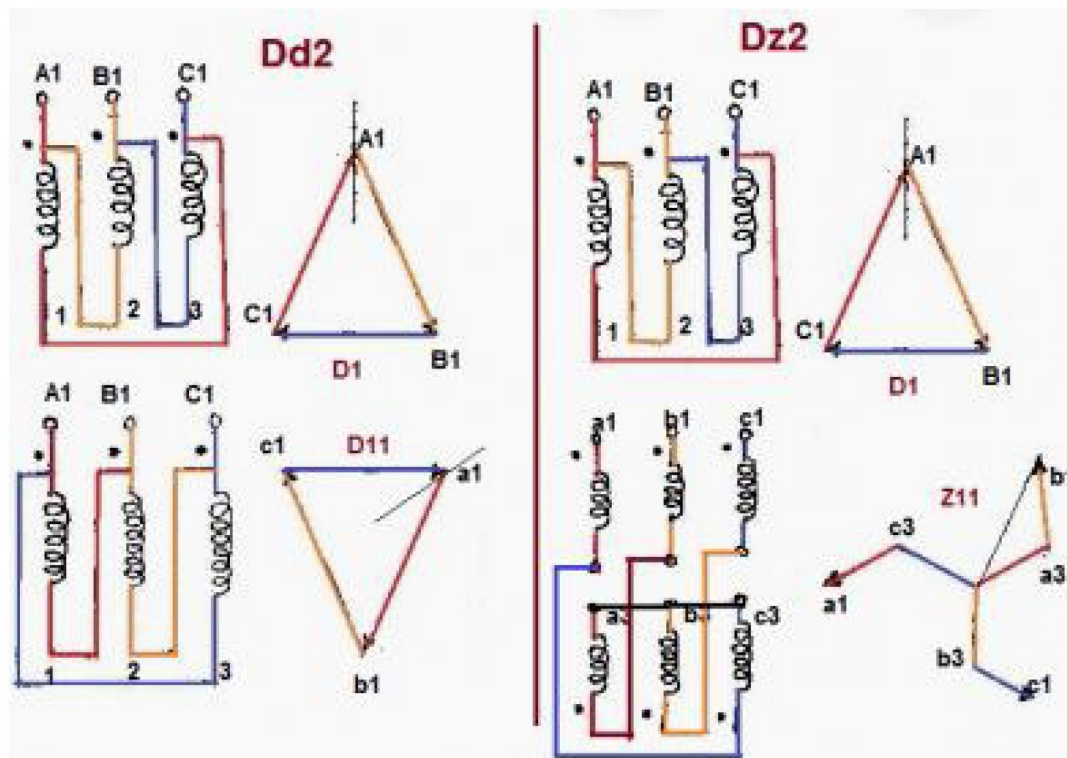
Clock Notation 0 (Phase Shift 0)



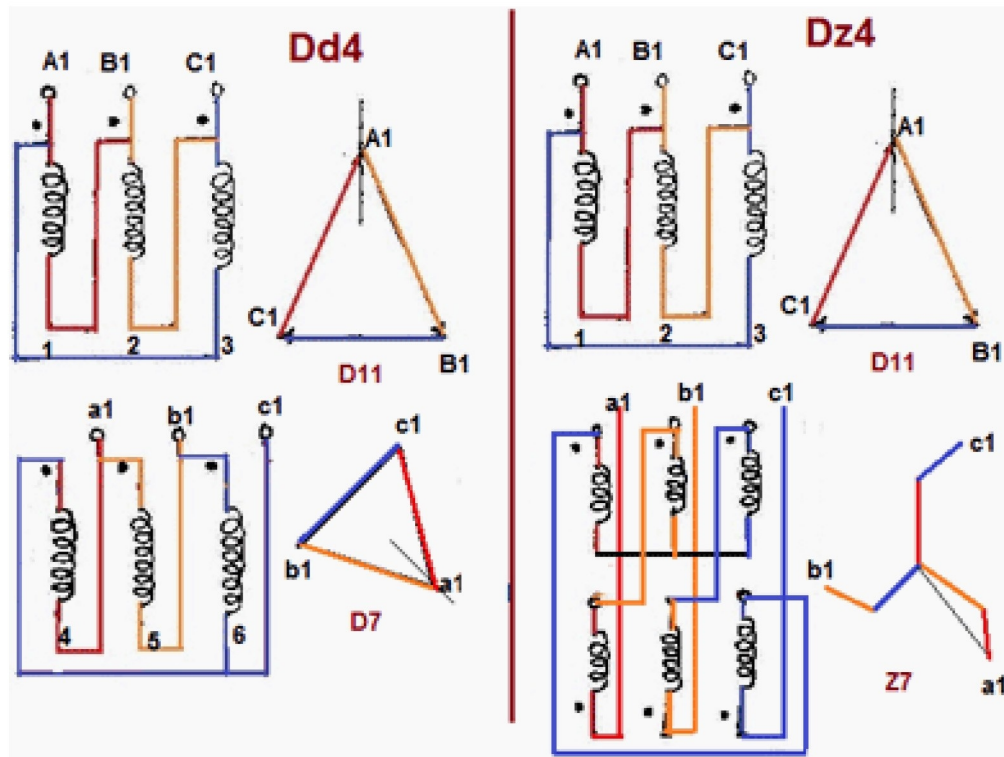
Clock Notation 1 (Phase Shift -30)



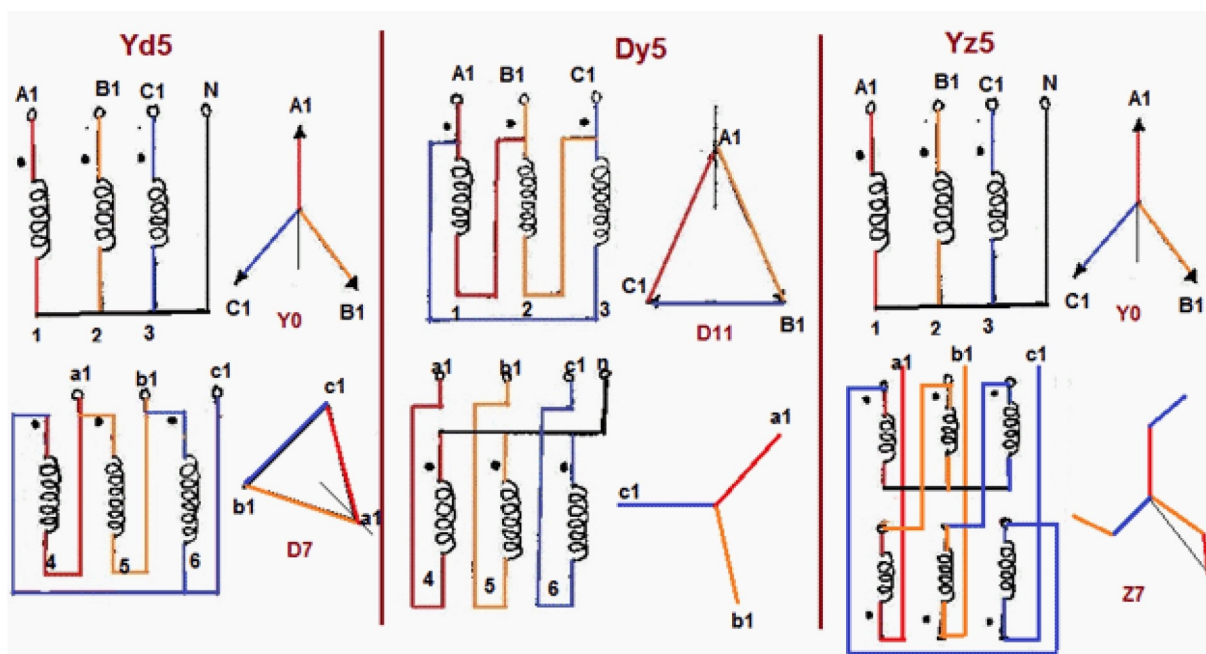
Clock Notation 2 (Phase Shift -60)



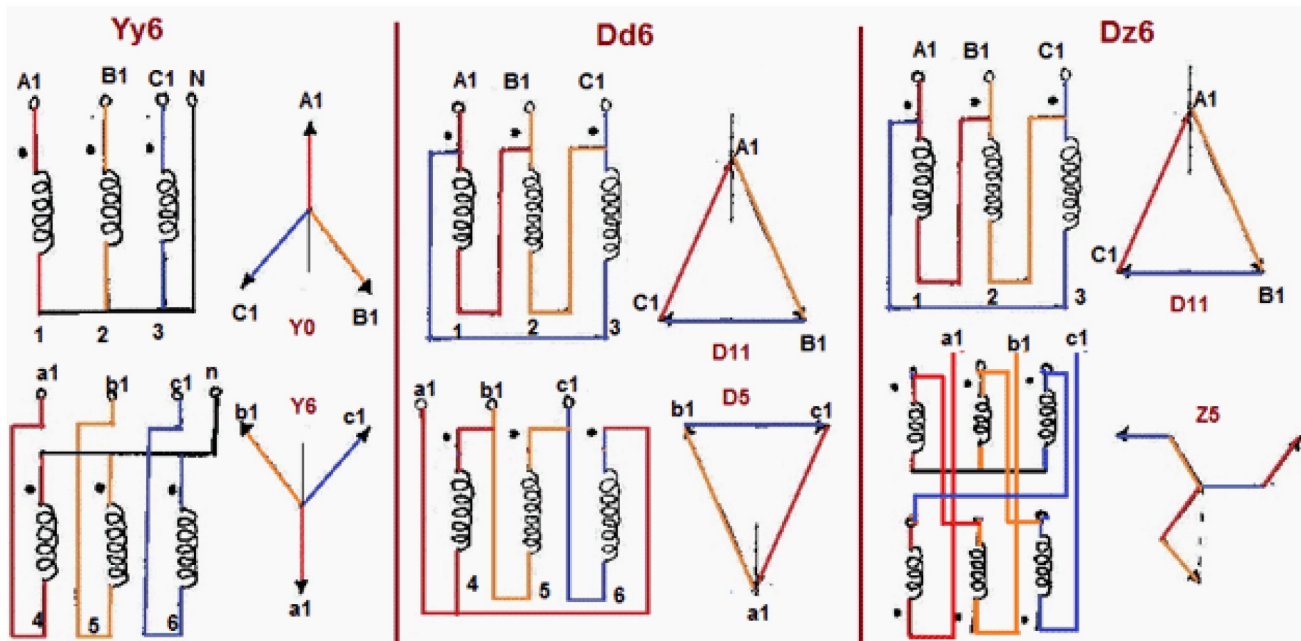
Clock Notation 4 (Phase Displacement -120)



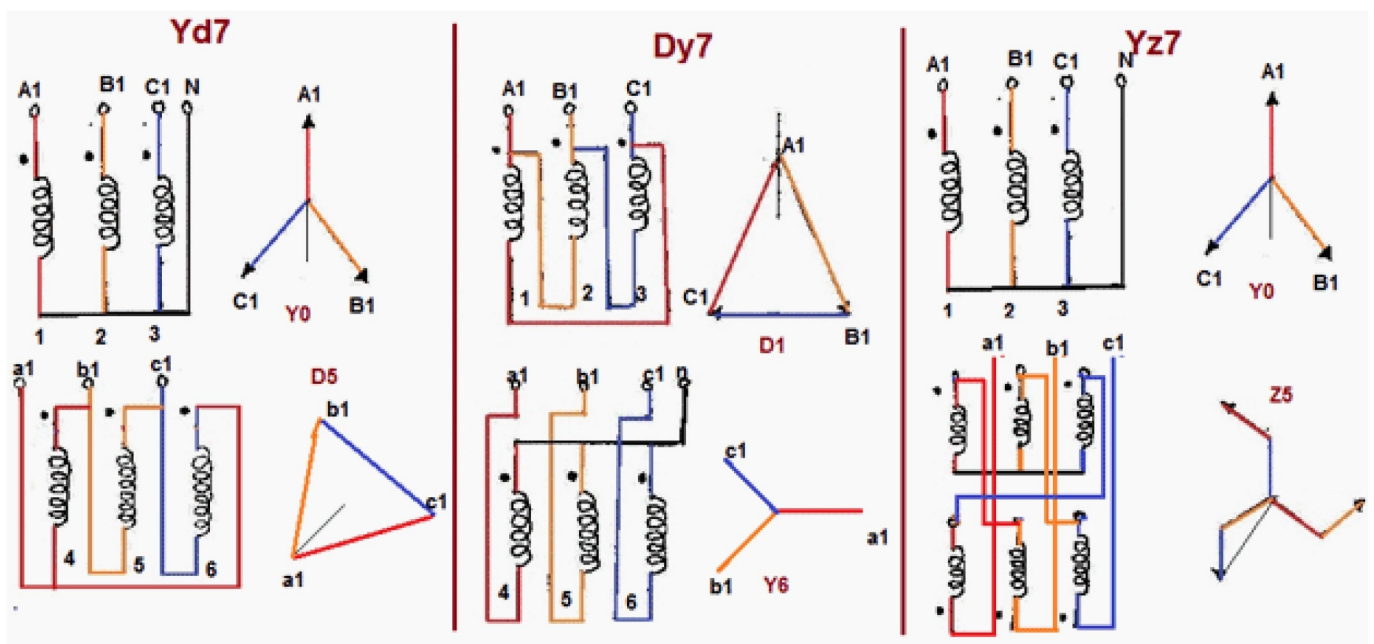
Clock Notation 5 (Phase Displacement -150)



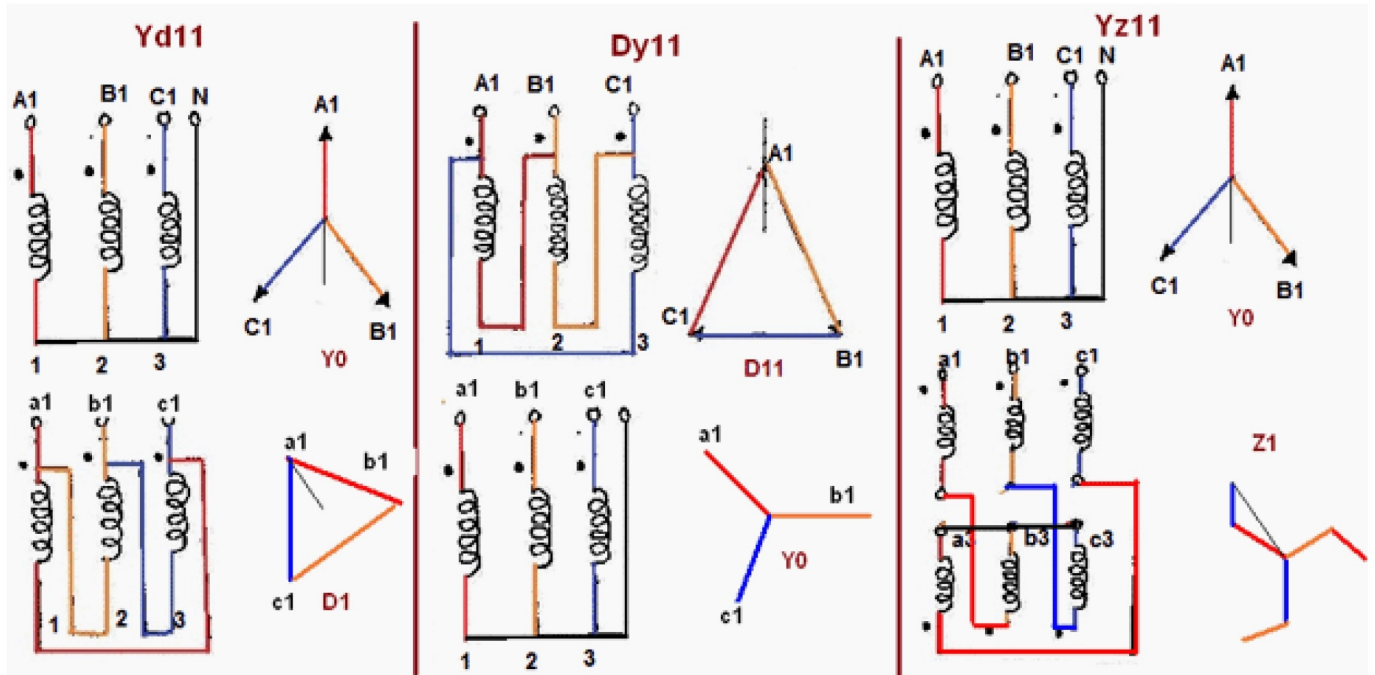
Clock Notation 6 (Phase Shift +180)



Clock Notation 7 (Phase Shift +150)



Clock Notation 11 (Phase Shift +30)



3- العوازل الداخلية في المحولات

العوازل المستخدمة في المحولات لها عدة أنواع ، فمنها ما يستخدم مع الموصلات ومنها ما يستخدم لعزل طبقات الشرائح المعدنية عن بعضها ومنها أيضا ما يستخدم لعزل الملفات عن القلب الحديدي.

أما بالنسبة للموصلات فسواء استخدمنا أسلاك مجدولة أو شرائح فلا بد من عزل هذه الموصلات باستخدام عوازل رفيعة وغير سمكية وذات كفاءة لضمان عدم شغل مساحة كبيرة

الأجزاء العازلة في المحول تتألف غالبيتها من مواد ليفية (خشب، كرتون عازل ، ورق عازل) وهذه النوعية من العوازل لها قابلية عالية لالتقاط الرطوبة مما يؤدي لانخفاض خواص العزل لديها. ولذا يتعرض المحول للتجفيف لطرد الرطوبة. وهناك أيضا منها عدة أنواع وكل نوع له قوة عزل

معينه ويستخدم مع جهود معينة



الاجزاء غير الفعالة

1- الخزان الرئيسي

يصنع الخزان الرئيسي من الصلب وهذا حتى يتحمل الوزن الواقع عليه والاجهادات الميكانيكية ويتناسب حجمه مع قدرة المحول حتى يستطيع استيعاب الزيادة في حجم الملفات والقلب الحديدي.



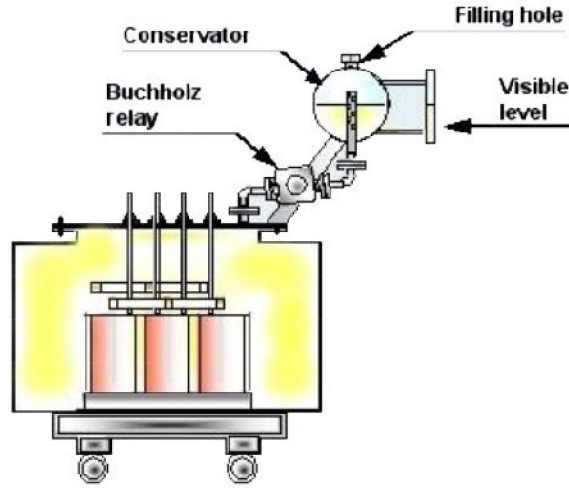
يتكون من جزئين رئيسيين (الحاوية) الجزء السفلي و(الغطاء) الجزء العلوي يتم تجميعهما بالمسامير ويكون الفاصل بينهما (جوان) وهذا لضمان عدم تسريب الزيت.

ويجب ان يتسم الخزان بالمتانة لانه قد يتعرض لظروف صعبة اثناء النقل وايضا اثناء التشغيل لاسيما التشغيل في خارج الابنية (المحولات الخارجية).

يتم طلاء الخزان من الداخل بمادة عازلة لضمان ان تظل معزولة كهربيا حتى لو اقتربت منها الملفات ولكن هذا العزل الوقائي قد لا يتحمل جهد عالي جدا حيث انه اذا حدث تلامس تام بين احد الاسلاك وجسم التانك من الداخل قد يؤدي هذا لكسر العزل.

2- الخزان الاحتياطي

يصنع من الصاج او الصلب الخفيف وحجمة يساوي 10 % من حجم الخزان الرئيسي ويملء من الثلث الى النصف ويكون مستواه اعلى من مستوى الخزان الرئيسي.



ووظيفته الاساسية هي :-

أ- تعويض نقصان الزيت اذا قل بسبب تسربه.

ب- استيعاب الزيت اثناء تمدده حتى لا يخرج خارج المحول

3- الزيت

هو اشبه بالدم الذي يسري في عروق المحول وبدونه يتدمر المحول ولا يمكن تشغيله (اقصد المحول الزيتي) ويستخر هذا الزيت (المعدني) من البترول ويضاف اليه محسنات لتحسين خواصه.

وظيفة الزيت :-

1- يعمل على عزل المكونات الداخلية كهربيا عن بعضها البعض.

2- يقوم بتبريد المكونات الداخلية للمحول.

3- يحفظ مكونات المحول الداخلية من الأكسدة.

4- يستوعب حدوث قصر داخلي

5- يعطي تنبؤ عن حالة المحول عند تحليله.

وأيضا يجب أن نعلم ان هناك عدة أنواع من الزيوت التي تستخدم في المحولات

أنواع زيت المحولات :-

- نيناس

- اموك

- نياترا

- ديالا B

- ديالا D وهو المستخدم حاليا في المحولات

ولا يمكن خلط هذه الانواع معا وهذا لاحتوائها على مواد كيميائية كمحسنات قد تتفاعل مع بعضها البعض في الانواع المختلفة ولذلك يجب مراعاة هذا عند تزويد الزيت في المحول ان يكون من نفس نوعه.

ولذلك سندرس خصائص الزيت بالتفصيل والتجارب التي تتم عليه لتعيين تلك الخصائص بحيث تكون في الحدود التي تسمح بها المواصفات القياسية العالمية حيث يتم اتباع مواصفة (IEC156 / 1995)

مواصفات الزيت

1- جهد الكسر لزيت المحول

وتعتبر هذه المواصفة من اهم المواصفات التي يجب معرفتها عند اختبار وتحليل الزيت حيث انها عامل مؤثر جدا لانها تعطي تأثير على المحول ككل وقد تؤدي لتلف المحول ككل ومن هنا تأتي اهميتها.

يجب ان يكون جهد الكسر متناسبا مع جهد التشغيل بحيث يكون اكبر منه وتبعا للمواصفة فأن جهد الكسر للزيت الجديد يجب اللا يقل عن 60ك.ف/2.5مم وأما جهد الكسر بالنسبة للزيت المستعمل يجب اللا يقل عن 30ك.ف / 2.5مم .

وهناك عدة طرق لقياس مقاومة العزل الزيت وبعده اجهزة مختلفة سنستعرضها فيما يلي:-



1- جهاز يدوي ماركة (VIL)

الجهاز يعمل يدويا وهذا من اول عيوبه لانه يحتاج حساسية عالية من المستخدم بحيث يحافظ على رفع الجهد تدريجيا ومن عيوبه ايضا ان الزمن البيني بين اختبار وآخر لنفس العينة يصل الى نصف ساعة ولهذا العينة الواحدة تأخذ 3 او 4 ساعات وهذا الجهاز يعتبر من اول الاجهزة التي اتت للشركة ولكن يمكن استغلاله بقدر الامكان.

ومن عيوب هذا الجهاز ايضا ان الحاوية الخاصة بالعينة قابلة للكسر ولا يمكن الاستعاضة عنها بأي حاوية اخرى بسهولة وايضا هذا الجهاز يعمل عن طريق مصدر متردد ودون وجود بطارية مما يصب معه التنقل به لتحليل العينات في مواقع العمل المختلفة ولكن هذا الجهاز بالرغم من ذلك يحتوي على معاملات امان جيدة حيث انه لا يعمل الا في حالة غلقة بشكل محكم وايضا يوجد به زر لتطبيق الجهد على العينة ولا يحدث هذا الا بالضغط المستمر عليا وايضا يوجد به (overload switch) للحماية من زيادة التيار عند كسر العينة.

2- جهاز اوتوماتيك ماركة (Megger)



وهذا الجهاز افضل من الجهاز السابق في عدة امور حيث انه:- يعمل بشكل آلي وبالتالي يكون ادق في القياس وتطبيق الجهد

مزود بمروحة لتقليل الزمن البيني بين كل اختبار وآخر لنفس عينة الاختبار وايضا يتم حساب المتوسط في نهاية الاختبار وايضا يعمل الجهاز ببطارية داخلية بحيث يمكن التنقل به في اكثر من موقع عمل وزمن الاختبار فيه اقل يصل على الاكثر الى نصف ساعة وايضا بالنسبة لحاوية العينة تكون من البلاستيك المعالج وبالتالي غير قابلة للكسر.



3- جهاز اوتوماتيك ماركة (Baur)

أما هذا الجهاز فهو الاحدث والاكثر دقة وان كان عيبة الوحيد ان حاوية العينة مصنوعة من الزجاج وبالتالي قابلة للكسر ولكنه يحتوي على طابعة مدمجة معه لطبع النتائج للتحليل مباشرة.

2- نسبة الرطوبة في الزيت

تؤثر نسبة الرطوبة في الزيت على عزل الزيت بشكل كبير ولكن للاسف كل نوعيات الزيوت الخاصة بالمحولات شرهه جدا لامتنصاص الرطوبة وبالتالي يجب تخزينها بشكل معين حتى لا تمتص الرطوبة بدرجة كبيرة, بحيث يوضع برميل الزيت على عوارض خشبية بعيدا عن الارض ويتم احطام اغلاقها بشكل جيد لتقليل تسرب اي رطوبة من الهواء المحيط لداخل الزيت.

وتبعاً لمواصفة الزيت المذكورة سابقاً فإن النسبة المسموحة للرطوبة لا تتعدى 30 جزء في المليون اي ان الكيلو جرام زيت لا يجب ان تزيد نسبة الرطوبة به عن 30 مللي جرام

الرطوبة احد العوامل المؤثرة بشكل اساسي على اداء زيت المحول وعلى المحول ككل ولذلك يجب الاهتمام بقياسها بشكل دوري مع ايجاد اسبابها وتقليلها بقدر المستطاع.

3- نسبة الحموضة في الزيت

يجب الا تزيد نسبة الحموضة عن (0.03 mg KOH \gm oil) و ترجع خطورة هذه النسبة لان الحموضة تعمل على تآكل كل الاجزاء الداخلية داخل المحول وتقلل من عمرة الافتراضي وتزيد من نسبة الاعطال الداخلية التي تحدث في المحول.

وللاسف نسبة الحموضة في المحول لا يمكن تقليلها بسهولة وذلك احد اسباب خطورتها ولكن يمكن بقدر الامكان مع معالجة الزيت كيميائياً تحديد تلك النسبة حتى لا تزيد بسهولة وتعتبر الحموضة من اهم التحاليل التي يجي اجرائها على عينة الزيت وهذا لانها تؤثر بشكل مباشر على العمر الافتراضي للمحول وعلى كثرة اعطالة وقد يتفاقم العطل ويؤدي لتلف المحول ككل.

تتم قياس نسبة الحموضة في الزيت عن طريق معادلتها بنسبة من مادة (KOH) هيدروكسيد البوتاسيوم وهذه المادة تعتبر انها مادة قلوية وبالتالي تعادل المحصل من المادة الحمضية داخل الزيت وبالتالي عن طريق النسبة التي تم استهلاكها للوصول لنسبة التعادل وبالتالي يستطيع معرفة نسبة الحموضة في الزيت.

4- درجة وميض الزيت

وهي احد الخواص المهمة التي يصنف على اساسها الزيت وهي عبارة عن درجة الحرارة التي يبدأ الزيت فيها بالتحلل لمركبات قابلة للاشتعال.

ويتم قياسها عن طريق تسخين الزيت ثم تعريض سطحه للهب حتى يومض وعندها نقيس درجة الحرارة. وتتناسب تلك الدرجة مع درجة حرارة تشغيل المحول بحيث ان درجة حرارة تشغيله كلما زادت كلما زادت درجة الوميض وبالتالي تكون ايضا متناسبة مع قدرته التشغيلية وحجمه ولذلك تعتبر احد اهم وسائل تصنيف زيت المحولات ولذلك يجب ان يكون درجة حرارة الزيت لا تصل الى درجة حرارة الوميض.

وايضا درجة حرارة الوميض مرتبطة بدرجة حرارة الاشتعال ومتناسبة معها وهي درجة الحرارة التي عندها يتحلل الزيت بالكامل الى مركبات قابلة للاشتعال ويصبح هو الوقود للنيران, وهي ايضا من اخطر المواصفات التي يجب مراعتها عند شراء الزيت المناسب للمحول.

وتنص المواصفة القياسية على ان نقطة الوميض يجب ان لا تقل عن 135 درجة مئوية حتى لا تصل درجة حرارة المحول اثناء تشغيله الى درجة حرارة التي يومض عندها الزيت حتى لا تكون هناك خطورة على المحول ويكون قابل للاشتعال او الانفجار.

5- الكثافة النوعية للزيت

تعد الكثافة النوعية للزيت ذات اهمية كبيرة لتحديد كفاءة الزيت حيث يجب ان تكون بين 862-895 كجم/م³

6- اللزوجة

تؤثر اللزوجة على عملية التبريد بشكل كبير بحيث انها اذا زادت تصبح حركة الزيت وانتشاره وتغلغلة داخل المحول اصعب ويصعب معها التبريد الجيد للمحول وتكون اللزوجة في حدود من 12 - 16 سنتي ستوك.

7- التوتر السطحي

وهو عباره عن القوة المماسية المؤثرة بين سطحين مختلفين وتكون حدودها بين 38 - 45 دايين/سم وهي تعتبر مؤثرة على نسبة الضغط الناشئ عن حركة الزيت والتي تؤثر على الحد الفاصل بين سطح الزيت وجسم المحول الداخلي.

لتحسين اداء زيت المحول يتم اضافة محسنات كيميائية له ومنها موانع الاكسدة والتي لتقليل تكون الاحماض اثناء تشغيل الزيت او تعرضه لقصر داخلي.

4- عوازل الاختراق

عوازل الاختراق هي التي تفصل وتعزل بين اطراف التوصيل وجسم المحول ويصنع من الصيني ويتناسب طول العازل بناء على الجهد الواقع عليه وبالتالي كلما زاد الجهد الذي يعمل عليه المحول كلما زاد طول العازل ولكن ايضا هناك عامل اخر يؤثر على طول العازل للمحول وهو المكان الذي يعمل به المحول (خارجي أو داخلي) فالمحول الخارجي الذي يعمل في مكان مفتوح أكثر عرضه للعوامل الجوية وبالتالي يكون العزل اقل مع تعرضه لتلك المؤثرات فيتم تطويل العازل أكثر من العوازل التي توضع في المحولات الداخلية ويتم حساب طول العازل بناء على القانون التالي:-

المحولات الداخلية :- طول العازل = قيمة الجهد الواقع عليه بالك.ف * 2.5 سم

المحولات الخارجية :- طول العازل = قيمة الجهد الواقع عليه بالك.ف * 4.5 سم

ويكون الناتج النهائي هو طول العازل السطحي بالسنتيمتر.



5- مبین مستوى الزيت

ترجع اهمية مبین مستوى الزيت لاهمية الزيت نفسه ففي حالة نقصان مستوى الزيت عن حد معين قد يؤدي في النهاية الى تلف المحول ككل او حتى انفجاره وهناك نوعان من مبین مستوى الزيت :-

النوع الاول انبوب زجاجي:

وهو يعتمد في نظرية عمله على نظرية الالوان المستطرفة حيث يكون مستوى الزيت في المحول متناسب مع مستوى الزيت في المحول.



ومن مشاكله الشائعة هي كثرة تعرضه للكسر بسبب انه مصنوع من الزجاج و يمكن انسداده وبالتالي لا يعبر عن المستوى الحقيقي للزيت داخل المحول.

النوع الثاني هو ذو المؤشر :

ويعتمد في نظريه تشغيله على وجود عوامة داخلية يتحول من خلالها الارتفاع في مستوى الزيت الى حركة مؤثرة في المؤشر وهناك نوع اخر يعتمد على نظرية الازدواج الحراري لان درجة حرارة الزيت تكون اعلى من درجة حرارة الوسط المحيط فيؤثر في سبيكة ويجعلها تتمدد وبالتالي تتحول في النهاية الى حركة على التدرج.



6- مبيان درجة الحرارة



وترجع اهمية لاهمية قياس درجة حرارة المحول لان الحرارة كما سنعرف فيما بعد انها احد العوامل المؤثرة على اداء المحول وعلى عمره الافتراضي وايضا لكل محول درجة حرارة قصوى يستطيع العمل عندها ولا يجب تعديها اثناء التشغيل لانها قد تؤدي الى اضرار جسيمة للمحول قد تصل الى تلفه بالكامل وبالتالي يجب مراعاة القراءة الدورية لدرجة حرارة المحول. وهناك مكانان لقياس درجة حرارة المحول ويجب القياس منهما وذلك للتأكد من انه لا يوجد جزء معين ينبعث منه حرارة في احد جوانب المحول, وايضا يجب قياس درجة الحرارة أثناء تحميل المحول أو على الاقل بعد فصله مباشرة لبيان مستوى درجة الحرارة الفعلي و التأكد من عدم وجود مشاكل داخلية في المحول.

7- ريش التبريد

تصنع من الصاج وهذا لانه يمرر الحرارة بشكل سريع وبالتالي يعمل على تبريد المحول بشكل سريع ويتم لحام ريش التبريد في جسم الخزان الرئيسي في المحول وتكون مفتوحة من الداخل لسهولة سريان الزيت فيها وبالتالي تبريده بشكل سهل.



وعند ذكر ريش التبريد يجب ذكر انواع التبريد.

أنواع التبريد الشائعة في محولات القوى

الرمز	تفسيره	معناه
ONAN	Oil Natural Air Natural	زيت طبيعي وهواء طبيعي
ONAF	Oil Natural Air Forced	زيت طبيعي وهواء قصري
OFAF	Oil Forced Air Forced	زيت قصري وهواء قصري
ODAF	Oil Directional Air Forced	زيت موجه وهواء قصري
ODWF	Oil Directional Water Forced	زيت موجه وماء قصري
AN	Air Natural	هواء طبيعي
AF	Air Forced	هواء قصري

وأخر نوعين في الجدول هما خاصين بالمحول الجاف والذي سنتكلم عنه فيما بعد بالتفصيل.

8- طبة أخذ العينة

وهي اشبه بالصنبور المركب في اسفل جسم المحول (الخزان الرئيسي) والغرض منها هي اخذ عينة من الزيت لتحليلها.



وبالتالي يجب ان نتعرض لطريقة اخذ العينة ومتى يتم اخذ العينة.

أولا تتم أخذ العينة بعد فصل المحول مباشرة وبالتالي تكون العينة صورة حقيقية من الزيت.

ثانيا طريقة اخذ العينة تتم كالتالي:

- 1- يتم تنظيف طبة اخذ العينة جيدا من الشوائب العالقة بها.
- 2- يترك بعض الزيت يسري لضمان تنظيف الطبة (لانه يأخذ تلك الشوائب معه أثناء سريانه)
- 3- يتم إحضار زجاجة غامقة اللون (مصنوعة من الزجاج) - لأن اللون القاتم يحمي العينة من تأثير أشعة الشمس عليها وأيضا يتم اختيار الزجاج لانه لايتفاعل مع عينة الزيت على عكس البلاستيك الذي يتفاعل مع العينة .
- 4- عند ملئ الزجاجة بزاوية 45 وهذا لتفادي تكون فقعات هوائية داخل العينة مع مراعاة فتح الطبة بحرص حتى لا تتلف او تكسر اثناء الفتح.
- 6- يتم غسل الزجاجة (حاوية العينة) من الداخل بالزيت لضمان عدم احتوائها على اي بقايا سابقة وهذا عن طريق ملئ الزجاجة لنصفها بالزيت ثم اغلقها بأحكام وإمالتها في وضع أفقي وإدارتها حول محورها ببطء حتى يتم غسل السطح الداخلي بالزيت ثم القاء هذه الكمية وتكرار العملية مرتين او ثلاثة.

7- بعد ذلك يمكن اخذ العينة وايضا بزاوية مائلة على ان تملء الزجاجاة حتى فوهتها .

8 - يتم وضع ورقة تحتوي على اسم ورقم الكشك وتاريخ وساعة اخذ العينة على الزجاجاة.

* يجب ان تحلل العينة على الاكثر في خلال 48 ساعة من وقت اخذها.

* ترجع اهمية العينة الى انها تعطيني صورة عن حالة المحول الداخلية ويمكن من خلالها التعرف على حالة المحول الداخلية والتي لا يمكن التعرف عليها بالكشف الظاهري للمحول .

ويجب أخذ العينة بشكل دوري من المحولات وهذا للتأكد من حالة المحول وخاصة المحولات القديمة في الخدمة و بالتالي نستطيع تلافي حدوث أخطاء جسيمة تؤدي الى تلف المحول بشكل كبير وتزيد من تكلفة الاصلاح للمحول .

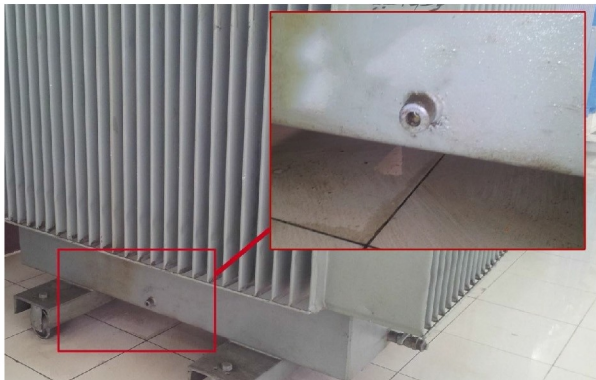
9- طبة تزويد الزيت

تركب في اعلى المحول في الخزان الاحتياطي والغرض منها تزويد زيت المحول عند نقصان لضمان وجود زيت كافي لتعويض الزيت الذي قد يتسرب أو ينقص من المحول بسبب أخذ العينة.



10- مسمار التأريض

وهو المكان الذي يتم تثبيت كابل تأريض جسم المحول به و مكانة هو أسفل الخزان الرئيسي وترجع اهميته بسبب اهمية الارضي نفسه فهو يعمل على حماية المحول من التيارات العالية ويحمي جسم المحول من حدوث تلامس مع احد الملفات وبالتالي يحمي من يتعامل مع المحول.



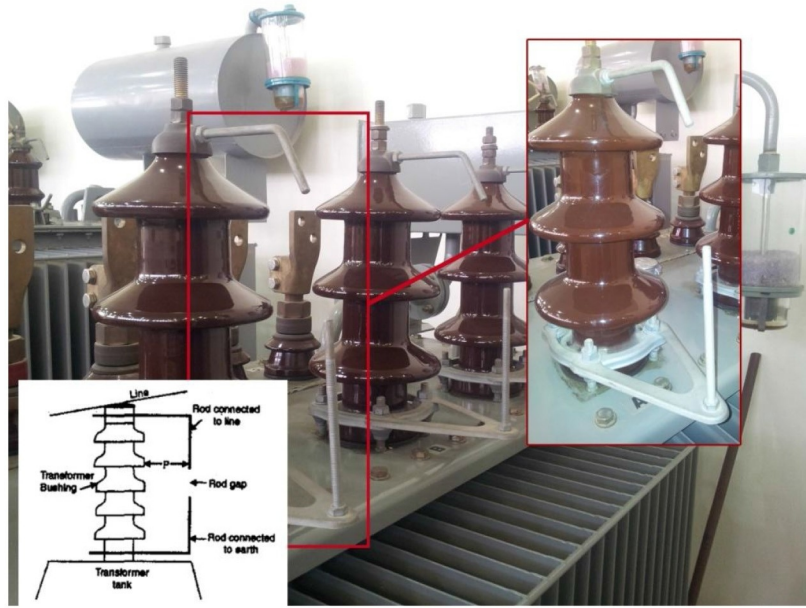
11- حلقات الرفع

الغرض منها هو رفع المحول أثناء الصيانة وتعليقه بسهولة فصل جزئه العلوي عن بقية اجزاء المحول وبالتالي القيام بالصيانة اللازمة له ثم إرجاعه مرة أخرى وهي تصنع من الحديد الصلب وتلحم مع سقف الخزان الرئيسي.



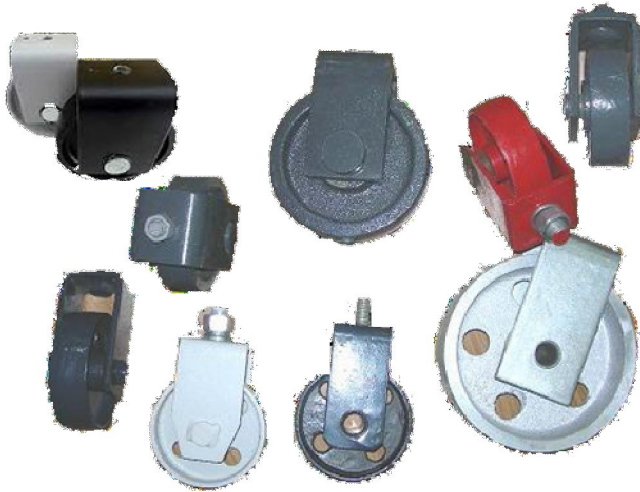
12 - اطراف تفريغ الجهد الزائد

والغرض من وجودها هو تفريغ الشحنات عند زيادة الجهد وهذا لحماية المحول وخاصة من الصواعق. وهو يتكون من جزئين العلوي موصل باطراف المحول والسفلي موصل بأطراف جسم المحول وعندما يرتفع الجهد يبدأ في تأيين الهواء بين الطرفين حتى يكسر وبالتالي يتم تفريغه بعيدا عن المحول وبالتالي نحمي المحول.



13- العجلات

يعد العجل هو وسيلة الحركة للمحول حيث يسهل ذلك ويجب ان يصنع من الحديد الصلب لكي يتحمل وزن المحول ويكون في الغالب مثبت بشكل اساسي في اسفل الخزان الرئيسي على عوارض حديدية.



14- مغير الجهد

هو احد ملحقات المحول والغرض الاساسي منه هو تثبيت جهد الخروج وهو يعتمد على فكرة أن النسبة بين عدد اللفات في الملف الابتدائي الى الملف الثانوي تكون مساوية للنسبة الجهد في الملف الابتدائي الى الملف الثانوي. وبالتالي يمكن تعديل جهد الخروج بحيث يكون ثابتا لدى المشتركين في النهاية بقدر الامكان. وبالتالي قامت الفكرة في عمل عدة مجموعات من لفات بعدة نقاط تلامس بحيث يمكن تغير عدد

اللفات بسهولة وبالتالي سيظهر تأثير هذا على الجهد الخارج من المحول بحيث نعمل دائما على ثباته في الحدود المسموح بها، وتنقسم انواع مغير الجهد الى نوعين من حيث طبيعة وظيفته وهما:

1- مغير جهد يتم تغييره بعد الفصل.

2- مغير جهد يتم تغييره على حمل.

وسنتكلم بإستفاضة أكثر عن النوع الاول وهذا لانه الاكثر أنتشارا في محولات التوزيع.

وبالطبع لان كل المحولات ثلاثية الوجة فيكون مغير الجهد مرتبط مع الثلاثة اوجه ويقوم بالتغير بشكل متزامن في الثلاثة اوجه.

أولاً مغير الجهد الذي يتم تغييره بعد فصل المحول

وكما ذكرنا في السابق يعد هذا النوع هو الاكثر شيوعا في محولات التوزيع ومن أسمه نستطيع أن ندرك انه لا يعمل الا بعد فصل المحول وبالتالي يعد هذا عيب فيه وان كان هو أصغر حجما وأقل تكلفة من النوع الاخر و يتم وضعه في مكان يصعب الوصول اليه الا بعد فصل المحول ونسبة التغير بين الخطوة والاخرى تكون بمقدار 2.5 % لكل خطوة على سبيل المثال إذا كانت الخطوة رقم 3 تعمل عند جهد 10500 فولت فالخطوة رقم 4 ستعمل عند جهد 10237 فولت تقريبا وهذا بفارق 2.5% عن الخطوة رقم 3 وهكذا لكل الخطوات فإن الفارق بين الخطوة والاخرى هو 2.5% وتوضع لفات مغير الجهد على الملفات ذات الجهد الأعلى بغض النظر ما إذا كانت ملفات أبتدائية أو ثانوية وهذا لاسباب سنستعرضها معا فيما يلي وهناك نوعان من مغير الجهد الذي يتم تغييره بعد فصل الحمل (ذو الست نقاط وذو الخمس نقاط) والاسهل في تصنيعه هو النوع ذو الخمس نقاط.

أسباب وضع مغير الجهد على الملفات ذات الجهد الاعلى:

1- لان عدد اللفات أكثر عدداً وبالتالي تكون نسبة الخطأ في تغيير الجهد أقل وايضا يمكن بسهولة اختيار عدد اللفات.

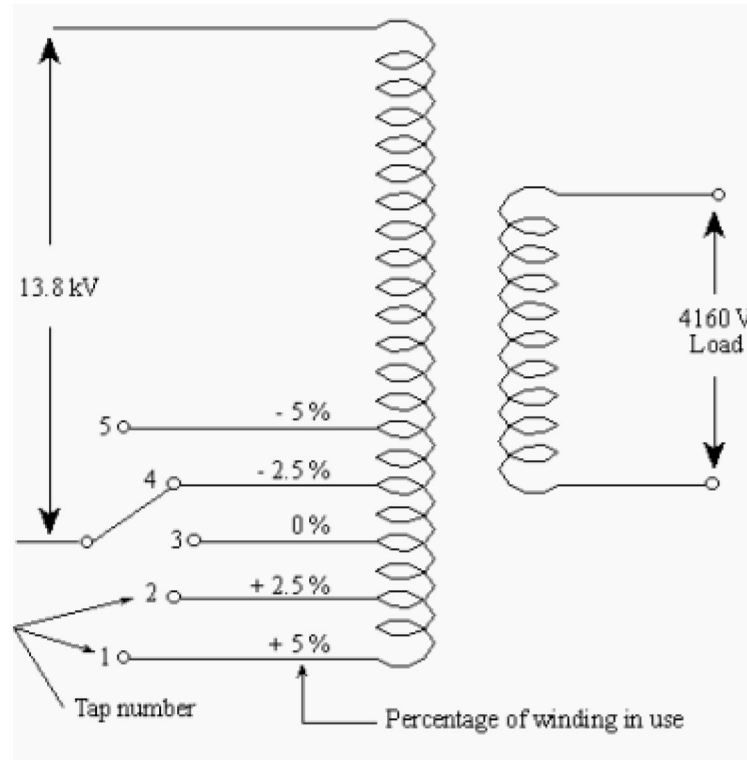
2- سُمك السلك صغير وبالتالي يعني نقط لحام اقل حجما ووزن مغير الجهد اقل وأيضاً حركته ستكون أسهل.

3- وفي حالة مغير الجهد الذي يتم تغييره على حمل يكون التيار اقل وبالتالي الشرارة اقل.

4- ولأن لفات الجهد الأعلى تكون دائماً في الخارج وبالتالي تكون أسهل في التعامل معها في التصنيع والصيانة.

أ- النوع ذو الخمس نقاط

تكون لفات مغير الجهد كلها في نهاية اللفات الأساسية كما في الشكل التالي:

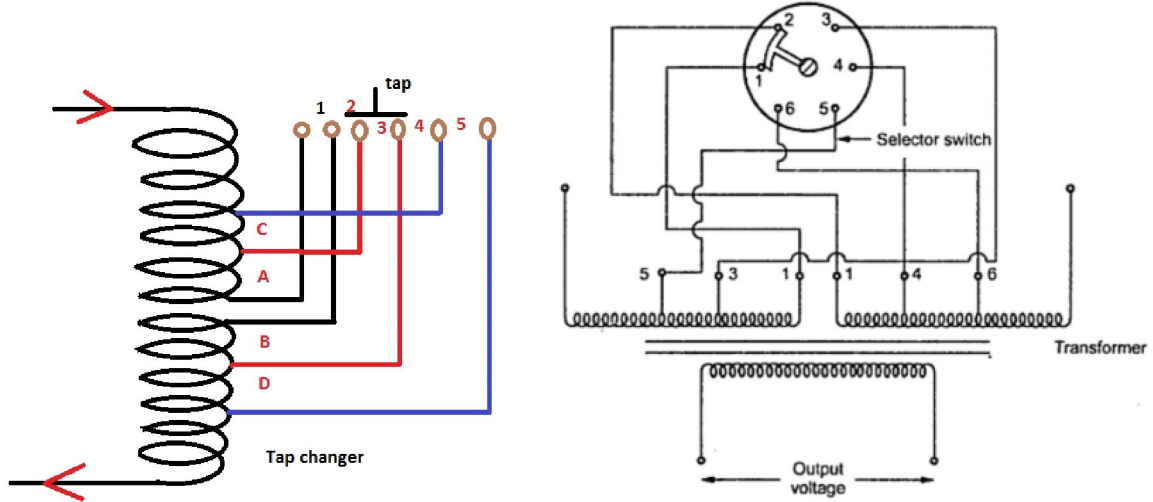


وأيضاً يسمى هذا النوع بالنوع الأساسي وتعد النقطة (الخطوة) رقم 3 هي الخطوة الأساسية التي يعمل عندها مغير الجهد بشكل أساسي.

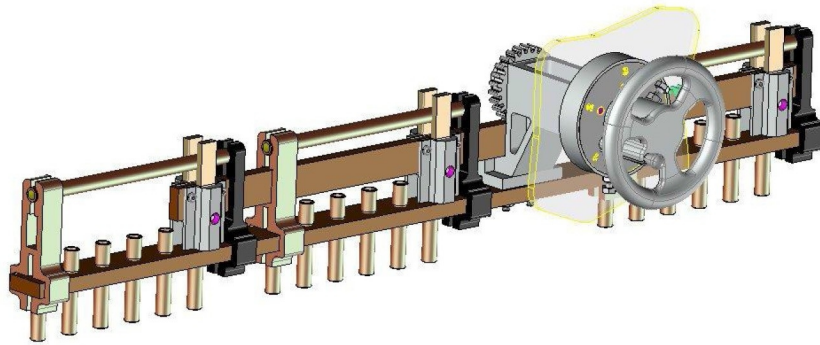
وهذا النوع هو الأسهل في تصنيعه من النوع ذو الست نقاط ولكن نقطة التلامس لكل خطوه واحده وبالتالي تكون نسبة حدوث خطأ أكبر.

ب- النوع ذو الست نقاط

وهذا النوع يعتمد في كل خطوة على نقطتي توصيل كما بالاشكال التالية:



وكما نرى في الاشكال السابقه فيتم تقسيم الملف الى جزئين ويتم أخذ نقاط التلامس من منتصف الملف وليس على الاطراف.

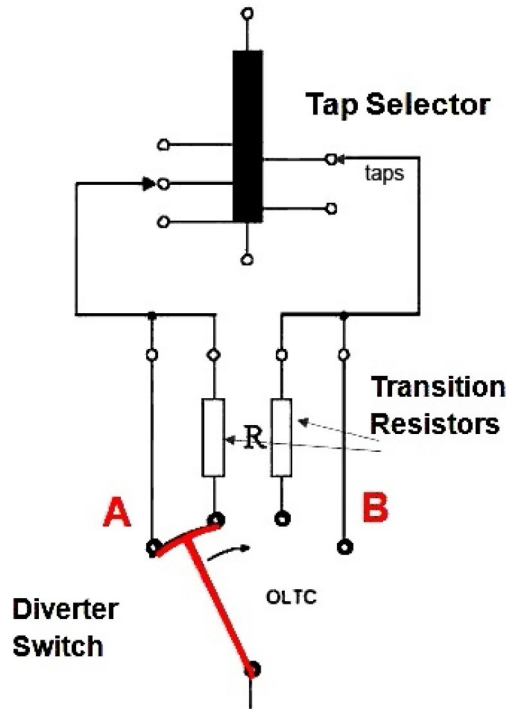


ويتم ربط كل هذا بعجلة لتحريك نقاط التلامس في الثلاث فازات.

ثانياً مغير الجهد الذي يتم تغييره على حمل

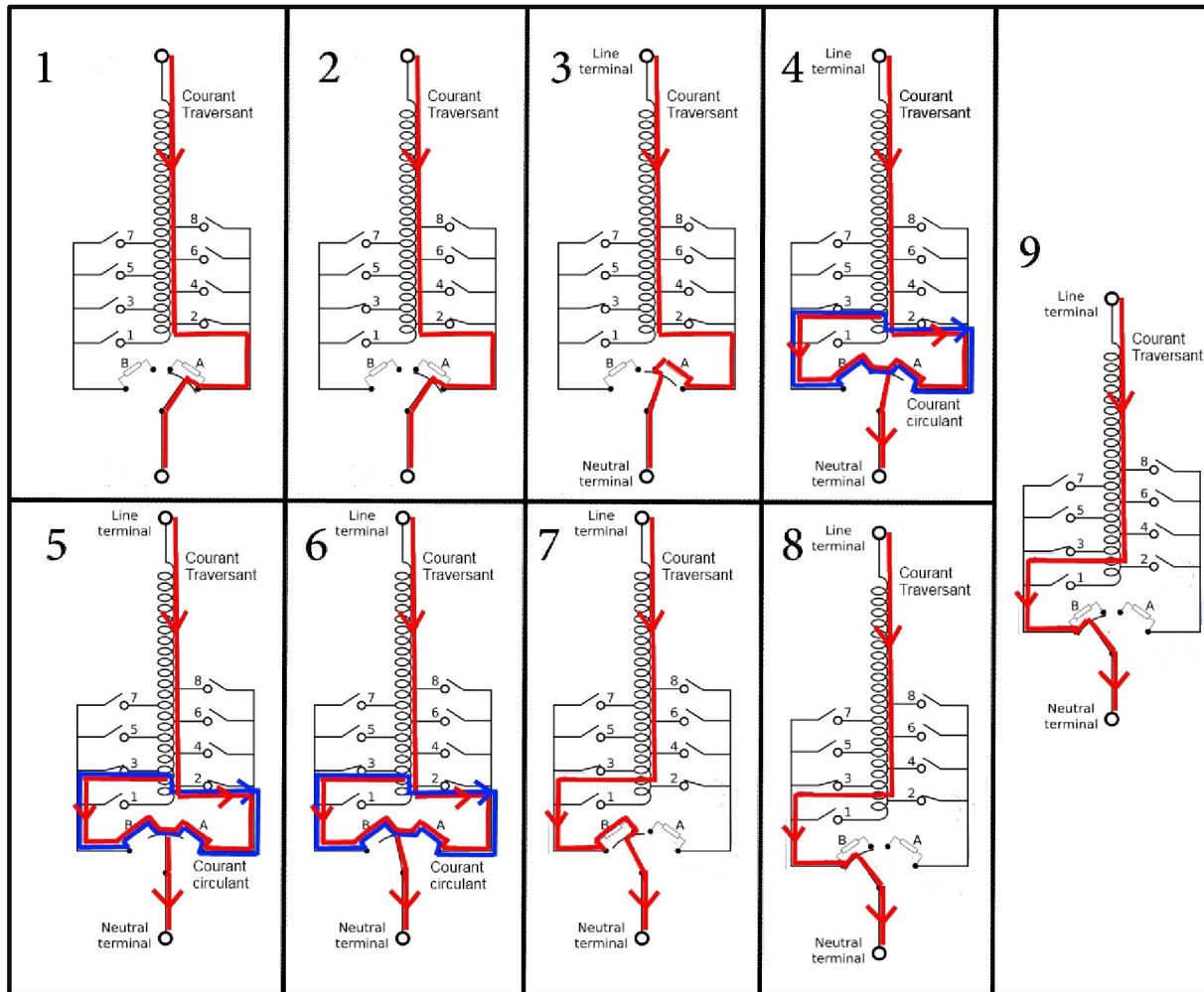
وهذا النوع يستخدم مع المحولات الكبيرة الحجم والقدرة لانه من الصعب فصلها وهذا لانها تغذي مناطق ساشعة وبالتالي يتم تغيير مغير الجهد دون فصل المحول وهذا النوع يكون مزوداً بموتور لتغيير الخطوة وهذا لضمان سرعة النقل بين خطوة واخرى لتقليل زمن الشرارة بقدر الإمكان وأيضا يكون معزولاً عن

بقية المحول وله غرفة منفصلة غالبا لضمان اطفاء الشرارة داخلها وحتى يمكن تغيير الزيت لها بشكل اسهل دون اللجوء لتغيير الزيت بالكامل للمحول.



توضع مقاومة مع مفتاح النقل وهذا لتقليل التيار الدوامي وبالتالي تقليل فرصة حدوث الشرارة ويتم الانتقال بين خطوة لخطوه عبر هذه المقاومة عن طريق مفتاح التغيير وهذا يكون بسرعة كبيرة جدا لتقليل زمن حدوث الشرارة بقدر الامكان ولذلك يتم استخدام محرك (موتور) لتسهيل وسرعة الحركة والانتقال بين خطوة واخرى وايضا يجب التنويه انه لا يمكن الانتقال من خطوه متدنية الى خطوه عالية على مرحلة واحدة على سبيل المثال لا يمكن ان انتقل من الخطوة رقم 3 الى الخطوة رقم 7 على مرحلة واحدة ولكن يجب ان يمر بكل الخطوات بينهما (4 و5 و6).

شرح خطوات الانتقال من خطوة الى اخرى داخل مغير الجهد على حمل وهذا في الصور
الآتية :



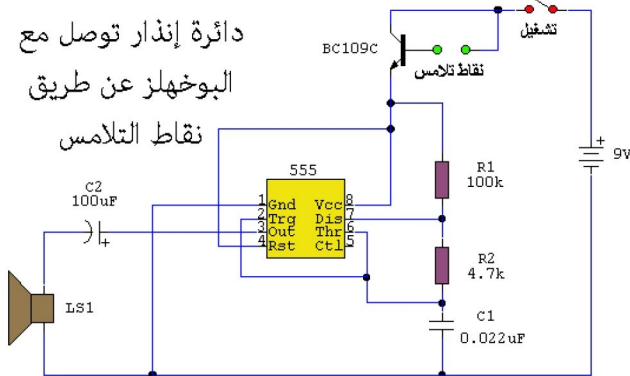
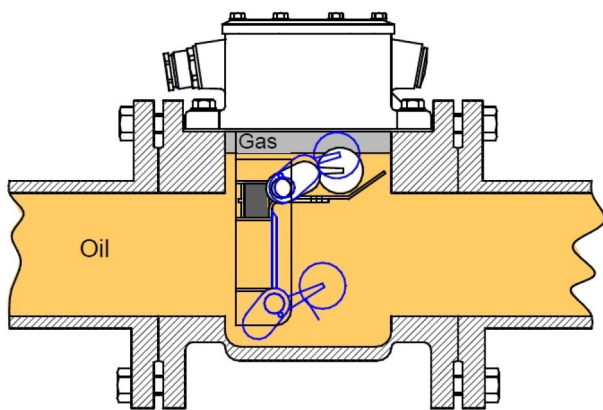
15- جهاز البوخزلز

بالرغم من اسمه الغريب (وهو أسم مخترع هذا الجهاز) الا انه جهاز مهم جدا وله عدة مميزات وهو عبارة جهاز وقاية يعمل بحركة ميكانيكية عن طريق الزيت وذلك لحماية المحول.

البوخزلز يحمي المحول من النقص في الزيت وايضا حدوث القصر الداخلي و يمكن من خلال الغازات المتجمعه في اعلى البوخزلز الاشارة الى حالة المحول الداخلية أيضاً ويتكون الجهاز من حاوية خارجية تمثل الجسم الخارجي للجهاز ويكون لها مخرج ومدخل لخروج ودخول الزيت وبداخل هذا الوعاء يوجد ميكائزم هذا الجهاز والذي يتكون من عوامتين من البلاستيك وكل عوامة متصلة بقضيب نحاسي في اخره مغناطيس يقوم بتحريك طرفي تلامس داخل زجاجة أو سائل الزئبق لغلق الدائرة الكهربائية وبالتالي حركة العوامة لاعلى واسفل تؤدي في النهاية لفتح أو غلق الدائرة الكهربائية لاحد الوظيفتين (انذار أو فصل) هذه ببساطة هي فكرة عمل هذا الجهاز وكما سنذكر فيما يلي وظيفة وطريقة عمله بشكل اكثر تفصيلاً.

العوامة العليا :

وهي العوامة المسؤولة عن إعطاء إنذار لوجود خلل داخلي في المحول وتكون متصلة بدائرة الإنذار الخارجية حيث يحدث تجمع للغازات (بسبب انها اخف من الزيت) من كل اجزاء المحول الداخلية أو حتى تبخر للرطوبة مع تشغيل المحول وزيادة درجة حرارته ومع الحركة الاهتزازية الداخلية للمحول تبدأ كل تلك الغازات في التجمع في الجزء الاعلى من الجهاز والذي يحتجز الغاز بداخله ويضغط على الزيت وبالتالي عندما يفرغ الجزء العلوي من الزيت تسقط العوامة العليا فتغلق الدائرة الكهربائية المسؤولة عن إعطاء إنذار ويمكن ان تسقط هذه العوامة ايضا في حالة نقص مستوى الزيت بسبب التسرب وكما نرى في الشكل التالي العوامة العليا سقطت بسبب تجمع الغاز.



وبالتالي يمكن تلخيص حالات تفعيل العوامة العليا (تشغيل دائرة الإنذار) في نقطتين:

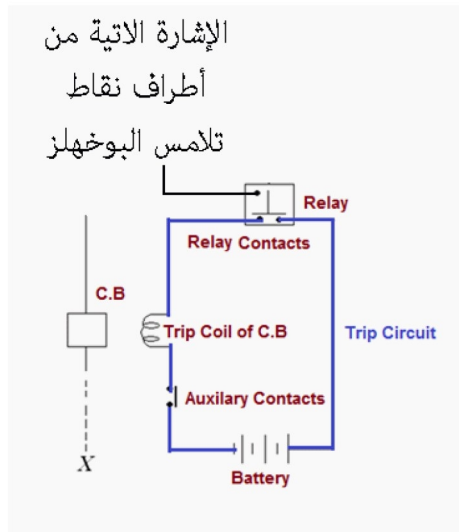
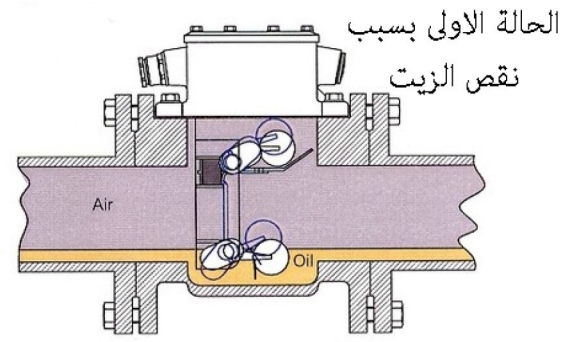
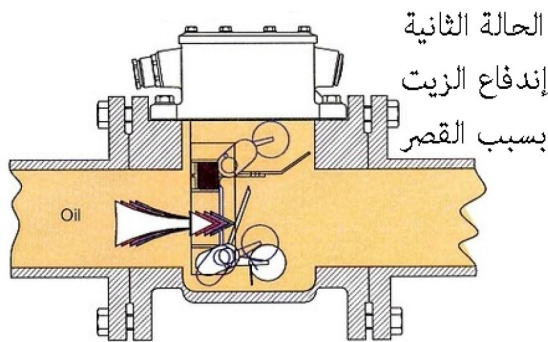
1- تجمع الغازات من كل جسم المحول والتي تعمل على إزاحة العوامة العليا لأسفل.

2- نقص الزيت وبالتالي تسقط العوامة العليا.

العوامة السفلى:

وهي العوامة المسؤولة عن فصل المحول أو بمعنى ادق اعطاء إشارة لفصل المفتاح المسؤول عن تغذية المحول لوجود خلل داخلي في المحول وتكون متصلة بدائرة الفصل الخارجية حيث نقص شديد للزيت بسبب تسربه من اجزاء المحول الخارجية وهذا بسبب عيب في التصنيع او بسبب تقادم المحول او اهماله او زيادة نسبة الحموضة الداخلية مما يعمل على تآكل بعض الاجزاء مثل نقاط لحام الريش وبالتالي عندما يفرغ الجزء الذي يعلو تلك العوامة من الزيت تسقط العوامة السفلى فتغلق الدائرة الكهربائية المسؤولة عن فصل المحول وهناك حالة اخرى وهي ان يندفع الزيت من الخزان الرئيسي الى الخزان الاحتياطي

مرورا بالبوخهلهز وهذا بسبب حدوث قصر داخلي ادى الى تمدد مفاجئ سريع للزيت مما يؤدي الى الضغط على العوامة حتى تنزل وتعطى اشارة الفصل.



وبالتالي عند غلق الدائرة الكهربائية تصل الإشارة لل(Relay) المسئول عن فصل المفتاح فيقوم بغلق دائرة اخرى تحرك (Trip coil) فتفتح دائرة المفتاح المسئولة عن تغذية المحول.

وبالتالي يتم حماية المحول من التلف او حماية من كارثة قد تحدث وهي انه قد ينفجر ويؤدي الى الإضرار بكل ما حوله من افراد ومنشآت وأبنية.

16- جهاز السيليكا جل

ويسمى ايضا المتنفس حيث انه بمثابة الجهاز التنفسي للمحول فكما استعرضنا من قبل ان زيت المحول له قابلية عالية على امتصاص الرطوبة مما يؤدي الى تقليل خواصه الكهربائية ويقل عزله وبالتالي اصبحت هذه مشكلة ولحلها تم وضع جهاز السيليكا جل كملحق يركب في التانك الاحتياطي ويعمل على تنقية الهواء الداخل من الرطوبة حيث يحتوي على مادة تتكون من حبيبات صغيرة تمتص الرطوبة من الهواء ولكن ليست هذه الوظيفة الوحيدة لهذا الجهاز ولكنها الاساسية. ويعتبر ملح السيليكا جل نوع من انواع السيليكا غير المتبلورة تتميز بالنفاذية العالية و تستخدم لإزالة الرطوبة من الغازات و السوائل و هي تصنع أساسا من سيليكات الصوديوم و عادة ما يكون لونها شفافا. و مادة السيليكا جل معروفة منذ عام 1640 و لكنها بقيت جانبا حتى الحرب العالمية الأولى حيث لوحظ خصائصها المفيدة لامتصاص الغازات مما قاد

لاستخدامها في أفنعة الغازات . و يمكن تحضير السيليكا جل عن طريق تحميض محلول السيليكا مثل الماء الزجاجي و انواع الحمض السيليكاتي الناتج اما ان يكون كتل صلبة او راسب جيلاتيني حيث يمكن ازالة الشوائب بغسل المنتج بالماء . و من ثم يتم ازالة الماء عن طريق التسخين . و يتميز السيليكا جل بالنفذية العالية حيث يقارب 800 متر²/جرام ، و هذه الميزة جعلته مناسباً لامتصاص الماء مما جعله يستخدم كمادة مجففة ، و هذه المادة تستطيع التقليل من نسبة الرطوبة إلى حد 40 % ، و عند اشباعه بالماء يمكن تجفيفه عند درجة حرارة 150 درجة سيليزية لمدة ساعة ونصف في طبق من البايركس سميك الجدران و من ثم يستخدم مرة ثانية . و يتميز السيليكا جل بكونه غير سام و غير قابل للإشتعال و كيميائياً غير فعال .

و يمكن إضافة بعض المواد الملونة إلى السيليكا جل للإشارة إلى نسبة الرطوبة مثل كلوريد الكوبالت حيث أنها تتلون باللون الأزرق الغامق عندما تكون جافة و باللون الزهري عندما تكون رطبة و لكن نظراً لما عرف عن كلوريد الكوبالت بالسمومية و أنها مادة تسبب السرطان فقد تم استبدالها بمواد أخرى أقل سمية . و حيث ان المواد التي تضاف إلى السيليكا جل مواد سامة فإنه في العادة يشار إلى السيليكا جل بأنها مادة سامة أو خطيرة عند أكلها .

وهذه عدة صور وألوان لها :



Silcia Gel White

Silcai Gel Orange

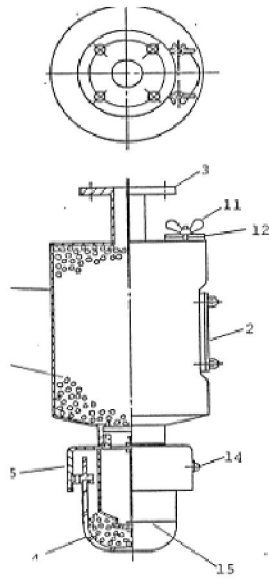
Silcia Gel Blue

وكما ذكرنا فإن السيليكا جل بدون لون ولكن يضاف مادة لها لإعطائها اللون الذي يعتبر مؤشراً على مدى تشبعها.

ويركب الجهاز من جزئين أساسيين جزء يحتوي على ملح السيليكا جل والآخر يحتوي على زيت حيث يساعد هذا الزيت على التنقية من الشوائب وهذا لأن الهواء الداخل يمر أولاً عليه وبالتالي يعمل على تنقيته ثم يمر على السيليكا جل ليتخلص من الرطوبة وعند مروره على الزيت يبطئ من حركته وسرعة سريانه.

وهناك وظائف أخرى لجهاز السيليكا جل حيث انه يساعد على تنظيم تدفق الهواء الداخل والخارج من وإلى المحول وتنقية الهواء الداخل من الشوائب وبالتالي يمكن القول ان هذا الجهاز هي وظائفه كالتالي:

- 1- تنقية الهواء الداخل من الرطوبة
- 2- تنقية الهواء الداخل من الشوائب (وهذا عن طريق طب الزيت الملحق بالجهاز).
- 3- تنظيم الهواء الخارج والداخل من وإلى المحول (وهذا عن طريق طب الزيت الملحق بالجهاز).



الباب الثالث : العوامل المؤثرة على تشغيل المحول

هناك عدة عوامل مؤثرة على تحميل المحول وعلى عمرة الافتراضي وسنستعرض هذه العوامل في هذا الفصل وكيفية الحد منها أو تلافي تأثيرها بقدر الإمكان.

تأثير إرتفاع درجة الحرارة على أداء المحولات

بحسب المواصفات القياسية يجب ألا تكون الزيادة في درجة الحرارة في محولات التوزيع أكثر من 65 درجة مئوية (فوق درجة حرارة الجو) ويتم قياس تلك الدرجة من فتحة مابين درجة الحرارة أعلى الخزان الرئيسي فعلى سبيل المثال إذا كانت درجة حرارة الجو 30 درجة مئوية فهذا يعني ان درجة الحرارة الكلية تساوي 95 درجة مئوية ويرجع سبب التأثير الضار على لانها ترفع من قيمة مقاومة الموصلات مما يزيد الفقد وتقلل قيمة مقاومة العزل مما يجعله أكثر عرضة للإنهيار بجانب ان الحرارة تزيد من قيمة المعاوقة المغناطيسية وبالتالي تزيد المفاقد المغناطيسية وبالتالي يمكن حصر أضرار التأثير الحراري في النقاط التالية:

- 1- زيادة مقاومة الموصلات وبالتالي زيادة المفاقد النحاسية.
- 2- تقليل مقاومة العزل وبالتالي زيادة المفاقد الناشئة من التيار المتسرب وزيادة فرصة انهيار العزل وتلف المحول ككل.
- 3- تزيد من قيمة المعاوقة المغناطيسية وبالتالي تزيد من قيمة المفاقد المغناطيسية.
- 4- إذا ارتفعت درجة الحرارة لحدود كبيرة تؤثر على العمر الافتراضي للمحول ككل مما يعد خسارة اقتصادية كبيرة.

العوامل المؤثرة على أداء المحول:

أولاً : زيادة تحميل المحولات بأحمال زائدة لفترة طويلة.

يؤدي هذا لزيادة درجة حرارة المحول وتقليل العمر الافتراضي له.

ثانياً : سوء تهوية المكان الذي به المحول.

وهذا أيضا يؤدي الى الارتفاع في درجة حرارة المحول

ثالثاً : وجود نقاط لحام داخلية ضعيفة.

تزيد المفاقد وترفع درجة حرارة المحول وتقلل الجهد على اطراف المحول

رابعاً : عيب في تصنيع القلب الحديدي او الملفات.

يؤدي الى زيادة المفاقد الداخلية وقد يؤدي الى تلف المحول ككل

خامساً : التوافقيات

تزيد من التأثير الحراري للتيار حيث تتناسب درجة الحرارة مع التردد

سادساً : انسداد ريش التبريد من الداخل

تؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة وقد تؤدي الى تلف المحول بالكامل

سابعاً : تيار الإندفاع.

وهو تيار عالي جدا يصل الى 12 ضعف التيار المقنن للمحول ويكون عند بدء التشغيل لفترة قصيرة ويؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة للمحول وخاصة عند فصل وتوصيل المحول أكثر من مرة متتالية.

ثامناً : تراكم الاتربة على المحول من الخارج

يؤدي حدوث هذا التراكم الى تقليل العزل الخارجي (عوازل الاختراق) وأيضا تقليل الكفاءة الحرارية لريش التبريد .

تاسعاً : عدم إتران الأحمال

يؤدي الى مرور تيار في خط التعادل مما يؤدي الى زيادة الحرارة والمفاقد

لذلك يجب معالجة هذه المشكلات لتقليل أو إلغاء تأثيرها على المحول

طرق تلافي تأثير زيادة الحرارة :

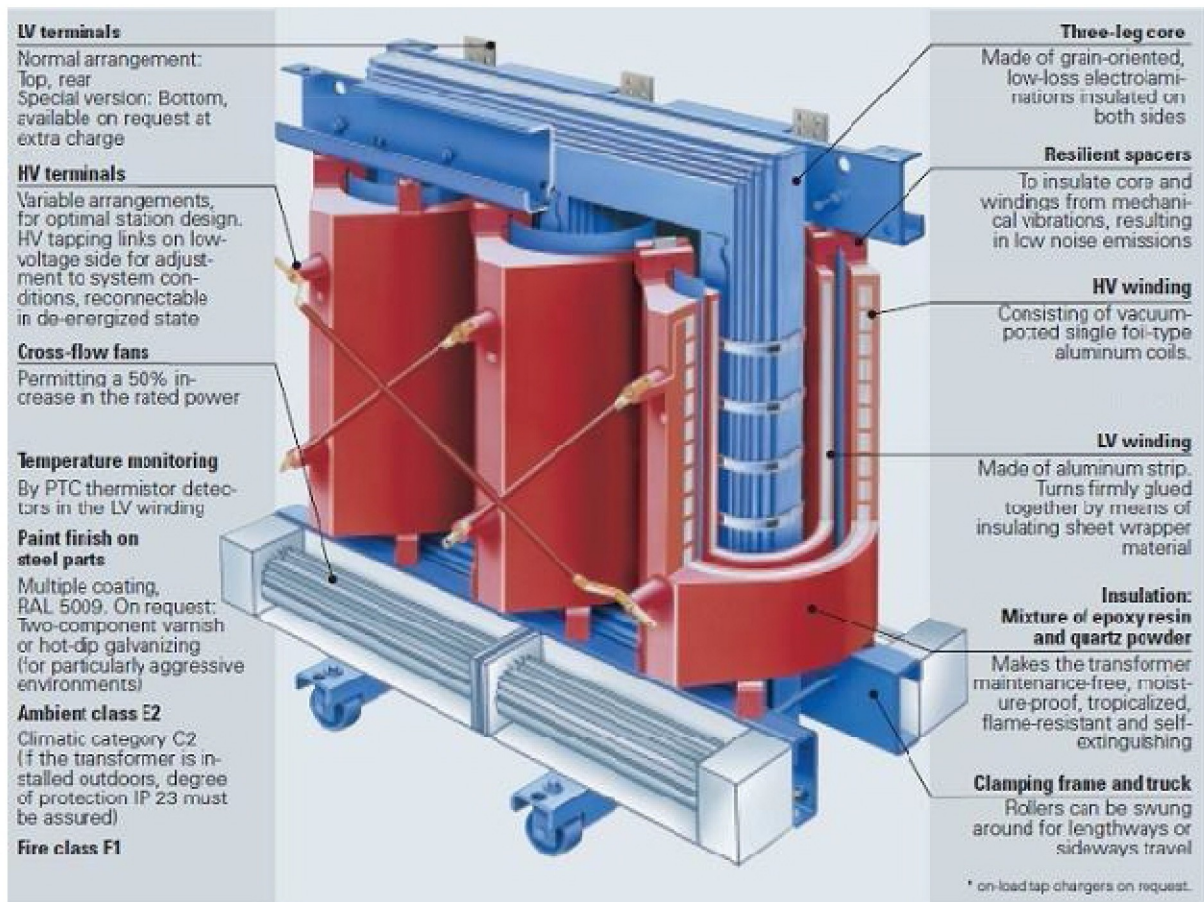
- 1- الصيانة الدورية الجيدة للمحولات
- 2- التأكد من وجود المحول في مكان جيد التهوية
- 3- التخلص او التقليل من التوافقيات
- 4- مراعاة تحميل المحول بأحمالة المقننة وإذا زاد التحميل فيكون لأوقات قليلة
- 5 - تقليل فصل وتوصيل المحولات لتقليل تأثير تيارات الاندفاع.

الباب الرابع : المحول الجاف
والفروق الأساسية بينه وبين
المحول الزيتي

يعد المحول الجاف هو الاحدث و هذا النوع لا تغمر الملفات ولا الدائرة المغناطيسية بالزيت وانما توضع في الهواء مباشرة .وهذا النوع هو المفضل في العمارات السكنية و هذا لانه آمن من المحولات الزيتية وإن كانت الاراء تختلف في تفضيل احد النوعين على الاخر وسنستعرض معا الفروق بين النوعين (الزيتي و الجاف).

كما ذكرنا في السابق ان الزيت يقوم بمهمة العزل في المحولات الزيتية وبالتالي يجب ان يكون هناك ما يعوض هذا لذلك تستخدم مادة Cast Resin كبديل للزيت كعازل .

وتتميز مادة Cast Resin بأن لها نفس معامل التمدد للموصل الذي تطبخ عليه وبالتالي تمنع دخول اي رطوبه له او تتكون داخله اي ممرات هوائية.



يتميز هذا النوع عموما بعدة مميزات منها الإطفاء الذاتي إذا كان مصدر الحريق من خارجه ، ومنها أنه بطئ التأثير بالحرارة وهذا يعنى أن التجاوز في تحمل نسبة تحميل زائد يكون مقبولا فيه أكثر من المحولات الزيتية ، ومنها أيضا أنه بسيط في تصميمه وبسبب وجود Cast Resin المحيط بالملفات فإنه أكثر قدرة على مقاومة القوى الميكانيكية التي تنشأ عند حدوث قصر .

ولكن بالرغم من كل تلك المميزات إلا أن هناك أيضا عيوب على سبيل المثال فإنه عند تعرض مادة Cast Resin للانتهاء فلا يمكن اصلاحها او حتى اصلاح الملف المطبوخة عليه والمشكلة الاخرى انه عند زيادة تحميله يجب تشغيل المراوح له والزي يعتمد على حساسات حرارية والتي يجب مراجعة صلاحياتها كل فترة لانه بدونها قد يتلف المحول كله.

والفروق بين المحول الزيتي والمحول الجاف عديدة ومنها

1- القلب الحديدي

القلب الحديدي في المحول الجاف اكبر حجما وهذا لانه يبرد بالهواء فنحتاج مساحة تبريد اعلى لذلك يكون حجم القلب الحديدي اكبر

2- الملفات

تلف الملفات بطريقة إسطوانية في المحول الجاف وهي طريقة لف جيدة حيث تزيد المساحة السطحية للموصل وبالتالي تقلل تأثير الظاهرة القشرية ولكن مشكلتها انها صعبة في الصيانة والتصنيع.

3- العزل

تستخدم مادة ال Cast Resin في العزل وهي مادة صلبة تطبخ على الملفات ولكن المشكلة الاساسية فيها انه عند حدوث قصر داخلي ينهار العزل ويتلف المحول على عكس المحول الزيتي الذي يتلافى هذا لان الزيت سائل فيعمل على إطفاء الشرارة.

4- التبريد

يعتمد المحول الجاف في تبريده على الهواء أما المحول الزيتي على الزيت وبالتالي الزيت أفضل في التبريد.

5- الصيانة

تعتبر صيانة المحول الجاف اسهل كثيرا لانه لا يشتمل على الكثير من الملحقات كالمحول الزيتي.

* يمكن تحميل المحول الجاف زيادة عن حملة المقنن وهذا بمساعدة تركيب مراوح له لزيادة تبريده

* المحول الجاف يمتاز ايضا بصغر الحجم الكلي للمحول لانه لا يحتاج لريش تبريد ولكن في حالة استخدام المراوح له يحتاج الى حاوية يوضع داخلها.

- * وبالطبع لعدم وجد به زيت فإن هذا يحافظ على البيئة المحيطة.
 - * وأيضا بسبب عدم وجود الزيت تقلل نسبة الخطورة حيث تقل فرص حدوث إشتعال للمحول.
 - * يتم طبخ المادة العازلة على الملفات وبالتالي لا يمكن فصلها او حتى معالجة الملفات عند حدوث قصر داخلي.
 - * يتم طبخ المادة العازلة داخل افران مع تفريغ الهواء لضمان عدم تخلخل اي رطوبة داخل مادة العزل.
 - * نقاط إتصال مغير الجهد ليست متصلة في الثلاث أوجه وبالتالي قد يحدث خطأ ويتم توصيل احد الالوجه على خطوة والآخر على خطوة أخرى مما قد يؤدي الى حدوث تلف للمحول.
 - * عند زيادة الحمل على المحول الجاف يستشعر الحساس الحراري ارتفاع درجة الحرارة وبالتالي يقوم بتشغيل المراوح ولكن المشكلة انه عند حدوث خطأ في الحساس او نظام التحكم او في المراوح فهذا يعرض المحول لكارثة تصل الى تلفه بالكامل.
 - * يزود المحول الجاف بحاوية يمكن ان تحمية من الاتربة وتحتوي على لوحة التحكم في المراوح ولكنه يفقد ميزة صغر حجمه في هذه الحالة.
 - * المحول الجاف يتعامل مع الجهود المتوسطة فقط لا يمكن استخدامه مع الجهود الفائقة.
 - * المحول الجاف يعمل على القدرات الصغيرة ايضا وليس القدرات العالية.
- ملاحظات يجب مراعتها عند تركيب وقبل تشغيل المحول الجافه

- 1- يجب مراجعة مغير الجهد أطراف مغير الجهد والتأكد على جودة الرباط حيث أن :-
 - عدم الرباط الجيد يؤدي الى تخمر أطراف مغير الجهد مما يؤدي الى تلف خامه (Cast Resin) وقد يؤدي ذلك إلى تلف ملف الجهد المتوسط (كبسولة الجهد المتوسط)
 - عند التأكد على التربيط أكثر من اللازم لمسامير مغير الجهد فإنه قد يؤدي إلى قطع طرف مغير الجهد عن ملف الجهد المتوسط من داخل الملف مما قد يؤدي الى تلف ملف الجهد المتوسط
- 2- يجب مراعاة تربيط كابلات الجهد المتوسط والمنخفض حيث أن عدم التربيط الجيد يؤدي الى سخونة وتلف طرف التوصيل وبالتالي سخونة وتشقق خامه (Cast Resin) مما يؤدي الى تلف كبسولة الجهد المنخفض

3- يجب توصيل لوحة الكنترول الخاصة بعمل مراوح التبريد -وعددها ست مراوح- والتأكد من ان المراوح تعمل بحالة جيدة قبل وضع المحول في الخدمة.

4- يجب مراعاة وضع مفتاح التشغيل لمراوح التبريد على وضع اتوماتيك عند تشغيل المحول -محولات السويدي- حيث ان عندما يتم وضعه على الوضع اليدوي تعمل المراوح بصفة مستمرة وهذا يؤدي الى تلف بعض المراوح بعد فترة قصيرة من بداية دخولها الشبكة وبالتالي تقل كفاءة التبريد مما يعرضه لخطر خروجه من الخدمة خصوصا عند زيادة الحمل على المحول

الباب الخامس : الإختبارات
التي تجرى المحولات
وأنواعها

تعد الاختبارات التي تتم على المحولات من اهم البنود في دراسة المحولات لانه من خلالها يمكن معرفة حالة المحول ويمكن تلافي حدوث تلف كامل للمحول لذا سنستعرض معا انواع الاختبارات التي تتم على المحول وما إذا كان يمكن من خلالها الحفاظ على المحول.

أنواع الاختبارات:

1- أختبارات روتينية

وهي الاختبارات الأشهر والتي تتم بصورة دورية على المحولات ومنها التأكد من حالة المحول وإذا ما كان يمكن إستمراره في الشبكة او تحويله للصيانة الجسيمة

2- اختبارات نوعية

وهي الاختبارات التي تتم على دفعة انتاج المحولات مع اختيار عينات عشوائية من دفعة الانتاج بحيث يتم التأكد من صلاحيته

3- اختبارات خاصة

وهي الاختبارات التي تتم على المحول بعد انتاجة لأول مره (محول ذو تصميم جديد) للتأكد من سلامة التصميم والاداء.

وسنستعرض كل نوع على حدى وإن كنا سنقوم بالتركيز على النوع الاول (الاختبارات الروتينية) لأنها هي الالهة بالنسبة للمهندس الذي يعمل على تشغيل وصيانة المحول على عكس النوعين الاخرين حيث يكونا اكثر اهمية للمصنع او ورشة التصنيع للمحولات.

أولا : الاختبارات الروتينية

1- أختبار مقاومة الملفات

يتم فيه قياس مقاومة الملفات وهذا بواسطة تسليط جهد مستمر صغير على الملف ومن ثم قياس مقدار التيار المسحوب وبالتالي نقوم بقياس مقاومة الملف وهناك طريقة اخرى وهي قياس قيمة المقاومة عن طريق مقارنتها بمقاومة داخل الجهاز ويعمل هذا الجهاز بنظرية القنطرة.

وبالطبع اذا اردنا ان نقوم بحساب المقاومة في حالة عمل المحول يجب ضرب الرقم الذي تم ايجاده بالجهاز في معامل وهذا بسبب تأثير الظاهرة القشرية.

الفائدة من هذا الاختبار هي التأكد من سلامة الملفات فعلى سبيل المثال قد يكون المحول يعمل بصورة جيدة ولكن هناك شكوى دائمة من انخفاض الجهد على اطرافه وبقياس المقاومة الداخلية للملفات وجد انها عالية وهذا يعني ان هناك مشكله في احد نقاط اللحام وهي التي يمكن ان تؤدي الي مثل هذه المشكله والعكس صحيح فإذا وجدنا ان قيمه مقاومة الملفات للمحول اصغر من اللازم فهذا يعني ان هناك قصر بين مجموعه من الملفات قد يؤدي الى اختلاف الجهد الخارج على حسب ما اذا كان هذا القصر في ملفات الابتدائي او الثانوي.

2- اختبار نسبة التحويل

وفي هذا الاختبار يتم التأكد من ان نسبة التحويل في المحول صحيحة وبالتالي التأكد من ان عدد اللفات صحيح وهذا الاختبار مكمل للاختبار السابق حيث يمكن التأكد منه اذا ما حدث قصر داخلي بين مجموعه من اللفات او لا.



ويتم اجراء هذا الاختبار على المحول مع تغيير خطوة مغير الجهد في كل مره للتأكد من صحة نسبة التحويل في كل خطوات المحول.

يمكن القيام بهذا الاختبار عن طريق جهاز قياس نسبة التحويل وفكرته ببساطه هو تسليط جهد على ملفات المتوسط ثم قياس الجهد الخارج من اطراف المنخفض ثم مقارنتهما معا وايجاد نسبة التحويل .

وهناك ايضا طريقة اخرى وهي باستخدام مصدر متردد 3 اوجه 380 فولت وجهاز فولت ميتر وهذه الطريقة يدويه وبسيطه ويمكن اجرائها في الموقع حيث يتم تسليط الجهد على اطراف المتوسط ومن ثم حساب الجهد الذي من المفترض ان يتولد على اطراف المنخفض وبالتالي يمكن التأكد من صحة نسبة التحويل للمحول بقياس الجهد الخارج ثم تكرار هذا عند كل خطوه من خطوات مغير الجهد للتأكد من ان نسبة التحويل صحيحة عند كل خطوة.

3- اختبار القصر او اختبار التحميل

يتم عمل هذا الاختبار لإيجاد قيمة المعاوقة الداخلية الكلية للمحول وهذا من خلال تسليط جهد متغير تدريجيا على اطراف المتوسط حتى يصبح التيار المار في الملفات هو التيار المقنن بالتالي عند قياس الجهد الداخل وقسمته على الجهد المقنن يعطي في النهاية المعاوقة النسبية للمحول ومن خلال هذه

التجربة يمكن أيضا إيجاد قيم المعاوقة (R_1, X_1, R_2, X_2) المتعلقة بالدائرة المكافئة للمحول وتتم هذه التجربة كالتالي:

- 1- عمل قصر على اطراف الجهد المنخفض.
- 2- توصيل مصدر متغير على اطراف المتوسط للمحول على ان يكون مزودا بمدرج للجهد (variac).
- 3- اطلاق الجهد على اطراف المتوسط تدريجيا مع قياس قيمة التيار الداخل.
- 4- عندما يصل التيار الداخل لقيمة التيار المقنن نقيس قيمة الجهد في هذه اللحظة.
- 5- نسبة الجهد المقاس الى الجهد المقنن هي قيمة المعاوقة النسبية للمحول والتي قد تعرضنا لها سابقا.

4- اختبار العزل

الغرض من هذا الاختبار هو التأكد من صلاحية العزل الداخلي للمحول بحيث يتم الاختبار على ثلاث مراحل لاختبار كلا من:

- 1- العزل بين ملفات الجهد المتوسط وملفات الجهد المنخفض.
- 2- العزل بين ملفات الجهد المتوسط وجسم المحول.
- 3- العزل بين جسم المحول وملفات الجهد المنخفض.

* يمكن القيام بهذا الاختبار عن طريق طريقتين

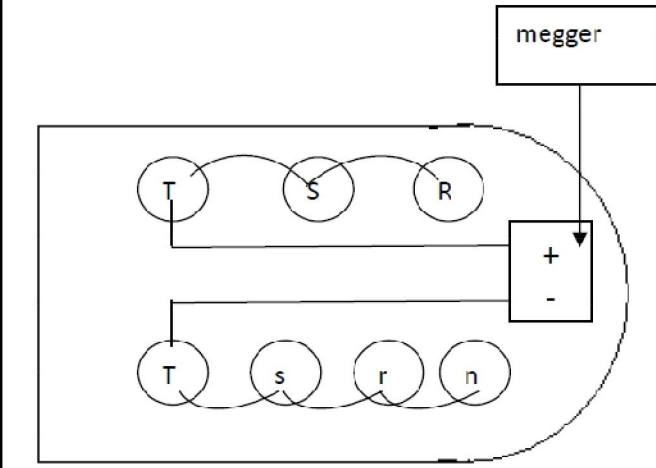
1- جهاز الميجر

2- عربة الاختبارات

ولا يوجد فارق في الخطوات او التوصيل في كلا الطريقتين ولكن الفارق الوحيد ان عربة الاختبارات يمكن ان تختبر على جهود عالية وبالتالي يمكن التأكد من صلاحية العزل بشكل ادق على عكس الميجر الذي لا يمكن ان اختبر به بجهد اكبر من 5000 فولت.

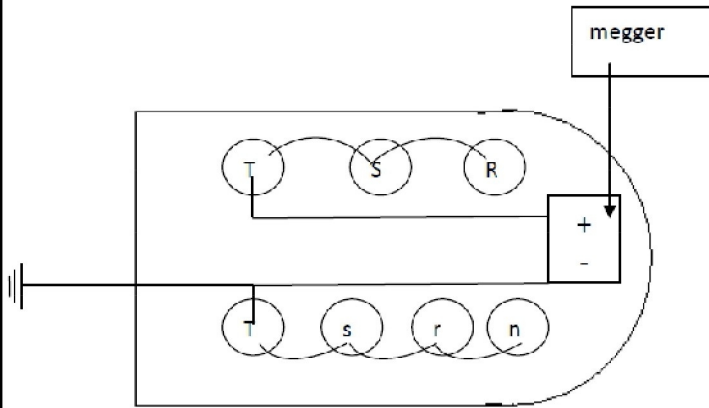
وللقيام بهذه التجربة نقوم بالاتي:

- 1- عمل قصر علا كلا من اطراف ملفات الجهد المتوسط واطراف الجهد المنخفض.
- 2- توصيل الميجر على الاطراف المقصورة كما بالشكل.

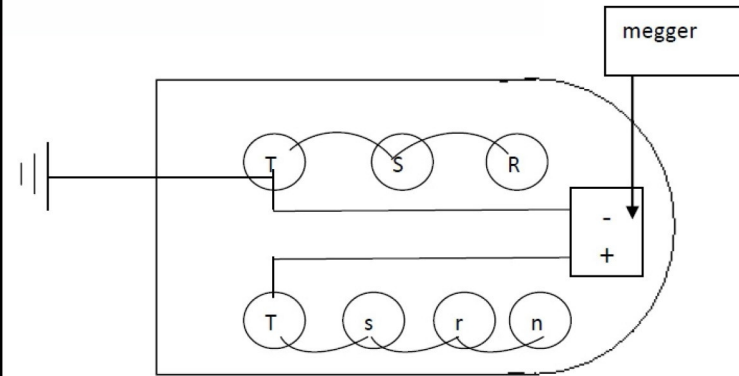


يتم قياس قيمة العزل عند 15 ثانية و 60 ثانية

ثم ايجاد معامل الامتصاص والذي قيمته = قيمة مقاومة العزل عند 15 ثانية مقسوما على القيمة عند 60 ثانية. فإذا كانت قيمته اكبر من 1.3 فهذا يعني ان العزل غير مستقر وتقل قيمته بشكل كبير مع الوقت حتى لو كانت قيمة المقاومة لهذا العزل كبيرة.



نقوم بنفس العملية السابقة ولكن مع تغيير بسيط وهو انه يتم توصيل احد الاطراف مع الارضي وجسم المحول فلكي نقيس العزل بين ملفات المتوسط والجسم نقوم بتأريض ملفات المنخفض ثم اتباع نفس الخطوات السابقة مع مراعاة ان يكون الطرف الموجب للميجر على الطرف غير المؤرض.



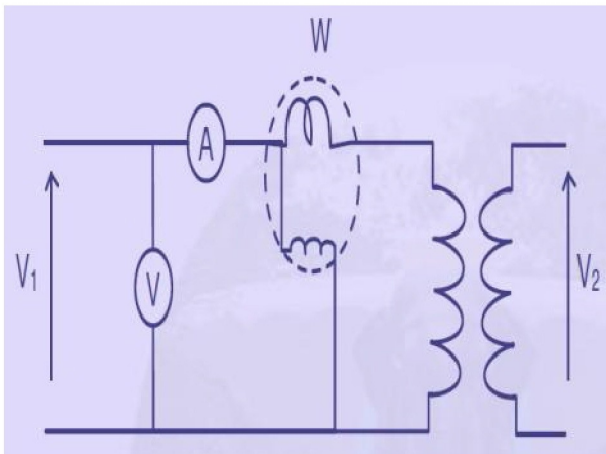
ثم القيام بعكس ما سبق تأريض ملفات المتوسط وقياس العزل بين ملفات الجهد المنخفض والجسم المحول.

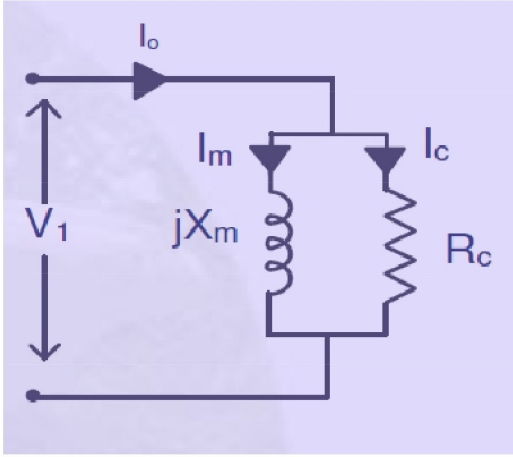
ويمكن القيام بنفس تلك الخطوات لكن مع استخدام عربة الاختبارات.

5- اختبار الدائرة المفتوحة او اللا حمل

يمكن من خلال هذا الاختبار تعيين قيمة تيار اللا حمل وبالتالي معرفة نسبة المفايد المغناطيسية أثناء تحميل المحول.

ويتم توصيل المحول على جهده المقنن ثم قياس التيار المسحوب من المصدر وقياس القدرة المسحوبة .





ويمكن أيضا حساب قيمة مفردات الدائرة المكافئة للقلب الحديدي كما بالشكل التالي حيث يتم إعتبار التيار المسحوب بالكامل وهو تيار اللاحمل انه يتجزأ الى تيارين وبالتالي يمكن حساب قيمة كلا من (R_c, X_m) .

6- اختبار ضعف الجهد ضعف التردد

وهو اختبار لقيمة العزل بين اللفه واللفه في الملف الواحد حيث يتم زيادة الجهد الواقع على الملف للضعف وبالتالي يزداد جهد اللفه للضعف ولكن إذا زاد الجهد للضعف فيزداد الفيض للضعف مما قد يؤدي الى حدوث حالة التشبع في المحولات ولتلافي هذا يتم مضاعفة التردد لضمان ثبات قيمة الفيض.

* على اللا تزيد مدة الاختبار عن دقيقه واحدة تقريبا .

* يتم قياس تيار التسرب فإذا كانت قيمته كبيره تكون هناك مشكلة في العزل بين الملفات.

الباب السادس: الأخطاء
الشائعة وطرق صيانة
المحول

يجب مراعاة البنود التالية قبل واثناء توصيل المحول تشغيل المحول

عند تشغيل المحول يجب مراعاة الآتي :-

- ١- أن يكون الجهد الموجود علي لوحة بيانات المحول مطابق لجهد الشبكة.
- ٢- تنظيف العوازل الصيني وبارات التوصيل جهتي الضغط العالي والضغط المنخفض وكذا سطح التنتك ومواسير التبريد .
- ٣- التأكد من مستوي الزيت في المحول بالقدر الكافي للتشغيل بحيث لا يقل عن ادني مستوي مبين علي خزان التمدد وإذا احتاج الأمر فيمكن تزويد الزيت .

بنود صيانة المحول

- ١- نظافة المحول من الخارج ونظافة عوازله جيدا والتأكد من عدم وجود تسريب من المحول.
- ٢- مراجعة منسوب المحول وسلامه جهاز مبين مستوي الزيت بالتنتك الاحتياطي أو زجاجة مستوي الزيت.
- ٣- مراجعة توصيل جسم المحول بالأرضي.
- ٤- اخذ عينة سنويا من زيت المحول لتحليلها.
- ٥- تغيير ملح امتصاص الرطوبة (سيلكاجيل) إذا لزم الأمر بجهاز السيلكاجيل وتغيير الزيت بجهاز السيلكاجيل الخاص بحجز الشوائب من الهواء الداخل للمحول.
- ٦- مراجعة رباط الأطراف ونظافة عوازل (الجهد المتوسط والمنخفض).
- ٧- مراجعة منسوب زيت بواط الكابل في حالة الكابلات الزيتية.
- ٨- مراجعة جوانات العوازل والجوان الرئيسي للمحول والتأكد من عدم وجود أي تسريب للزيت منها أو تشققها أو جفافها.
- ٩- مراجعة لحامات ريش التبريد والتأكد من عدم وجود تسريب لزيت المحول منها .
- ١٠- مراجعة المحبس أو الطبقة السفلية والتأكد على ربطها.
- ١١- مراجعة مساحات مقاطع البارات النحاسية للجهد المنخفض.
- ١٢- التأكد من وجود الترمومتر او جهاز مبين درجة حرارة الزيت والملفات .
- ١٣- التأكد من رباطات وصلات جهاز البوخلز ومسامير رباط الجوان الرئيسي لغطاء المحول .

١٤-مراجعة نقاط رباط النزلات والتأكيد على رباطات أطراف الجهد المتوسط وخروجات الجهد المنخفض.

١٥-التأكيد على رباط خروجات الجهد المنخفض مع كفف الجهد المنخفض بالمسامير ذات القطاع المناسب لعدم حدوث تيارات إعصارية ينتج عنها تخمر مع الالتزام باستخدام الورد العادية والورد السوستة لإحكام الرباط.

١٦-التأكد من سلامة ارضي الكشك وقياس قيمة المقاومة له.

الأعطال الشائعة في المحول

يمكن تقسيم أعطال المحولات إلي الأنواع الآتية :-

- ١- أعطال بسبب كسر العزل
- ٢- اعطال في الملفات ومغير الجهد
- ٣- أعطال في القلب الحديدي
- ٤- أعطال لاسباب خارجيه او مشكله في الجسم الخارجي

ولكن هناك عوامل مشتركة بين كل تلك الأنواع وهي

أولا ارتفاع درجة الحرارة

الاسباب: -

أ – سريان الزيت والهواء المدفوع غير كافي.

ب-المبردات ليست نظيفة (بها شوائب).

ج-زيادة التيار.

د-ارتفاع درجة حرارة الوسط المحيط.

هـ-وجود توافقيات تؤثر على المحول.

و-انخفاض مستوي الزيت في المحول.

ل-زيت المحول ملوث بالألياف sludged oil.

م-قصر في القلب الحديدي.

ن-ازدياد في جهد المحول.

ثانيا : المشاكل الكهربائية :-

أ- انهيار في الملفات .

ب- انهيار في القلب الحديدي .

ج- قيمة الجهد غير صحيحة .

د- نسبة التحويل غير مضبوطة.

و- ترحيل في تربيط المسامير القلاووظ المستخدمة .

ز- تهريب (فتحات) في اللحامات .

الاسباب

١-الصواعق والقصر. ٢-عيوب في التصنيع. ٣-حمل زائد.

٤-تدهور قوة العزل الكهربائي للزيت أو وجود مواد غريبة بالزيت.

٥-انهيار عزل القلب الحديدي.

٦-جهد المنبع غير مضبوط (فوق العادي).

٧-وجود قصر بين عدة ملفات.

٨-جهد المنبع غير مضبوط (فوق العادي).

٩-أجزاء معدنية داخل المحول.

١٠-تلوث البوشنجات (عوازل).

١١-وجود مواد غريبة -عازلة- (رايش) علي سن القلاووظ .

١٢- أما حدوث التهريب في اللحامات نتيجة الاجهادات الميكانيكية علي مواضع اللحامات (الضغط)

أثناء الشحن أو أن اللحامات ليست جيدة من الأصل .

المراجع التي تم الاستعانة بها :-

- المرجع في محولات القوى الكهربائية - أ.د. محمود جيلاني.
- Power Transformers and Special Transformers - S. RAO.
- Transformers - Bharat Heavy Electricals Limited.
- محولات القوى والتوزيع - د. عبد المنعم موسى.
- المحولات الكهربائية - م. فكري عبد الفتاح.
- مصادر أخرى من الانترنت.