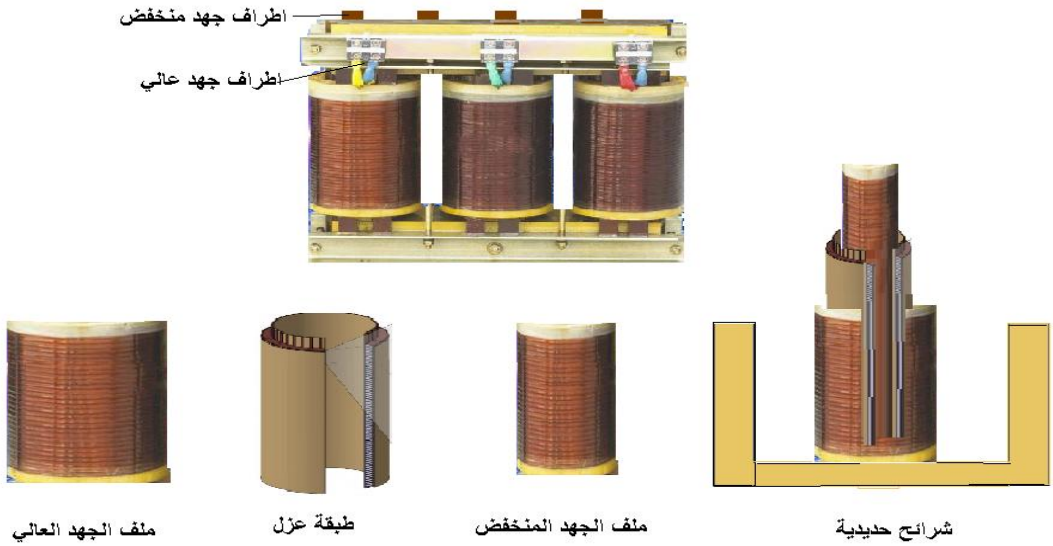
موسوعة الكهرباء

الكتاب الشامل فى المحولات الكهربية للمهندس / السيد عبدالمجيد

المحول الكهربائى:

المحول الكهربي هوعبارة عن جهاز كهربي استاتيكى غير متحرك والسبب في تسميه أستاتيكى انه لا يحتوى بداخله على أي أجزاء متحركة و يستخدم المحول لتحويل الجهد المتردد من قيمة معينة الي قيمة اخري(أعلى أو أقل) مع ثبات القدرة ويتكون المحول بصورة عامة من دائرتين وهما الدائرة الكهربائية والدائرة المغناطيسيه حيث الدائرة الكهربية تتكون من ملفين وهما الملف الابتدائي الذي يوصل بالمصدر والملف الثانوي الذي يوصل بالأحمال اما الدائرة المغناطيسية تتكون من شرائح معدنية يتم تصنيعها من الحديد السليكوني عالي الجودة حيث يتم لف ملفات كلا من الجهد العالي والجهد المنخفض للمحول علي هيئة قرص دائري ويتم تجميع تلك الاقراص مع بعض علي شكل اسطوانة فيتم لف 3 اسطوانات تمثل ملفات الجهد العالي و3 ملفات تمثل الجهد المنخفض بحيث يكون قطر ملفات الجهد المنخفض اقل من قطر ملفات الجهد العالي ويوجد مجموعة من الشرائح الحديدية متصلة مع بعض مكونة حرف E حيث تكون هذة الشرائح هي التي تحمل الملفات حيث يتم تسقيط ملف الجهد المنخفض ثم يتم تسقيط الافراص العازلة ثم يتم تسقيط ملف الجهد العالي ثم يتم قفل الشرائح من اعلي كما هو موضح بالشكل القادم

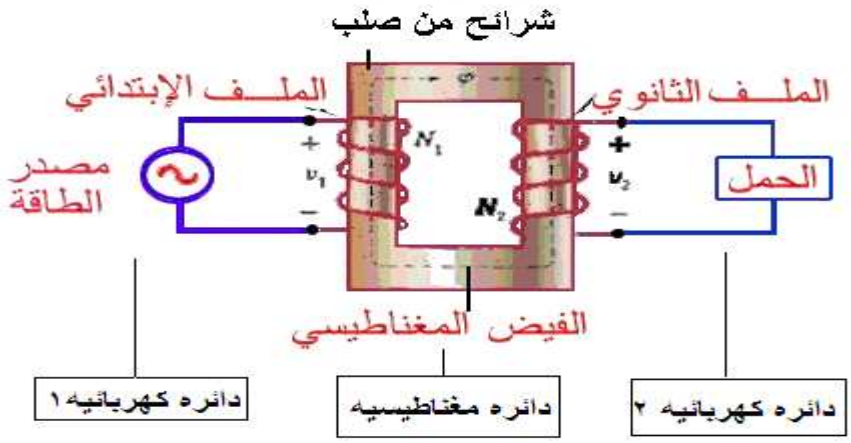


نظرية عمل المحول *

يقوم مبدأ عمل المحول الكهربي على قانون فرداي للحث الكهرومغناطيسي الذي ينص على ان قيمة الجهد الكهربائي تتناسب طرديا مع معدل التغير المغناطيسي وفقا لقاعدة اليد اليمنى

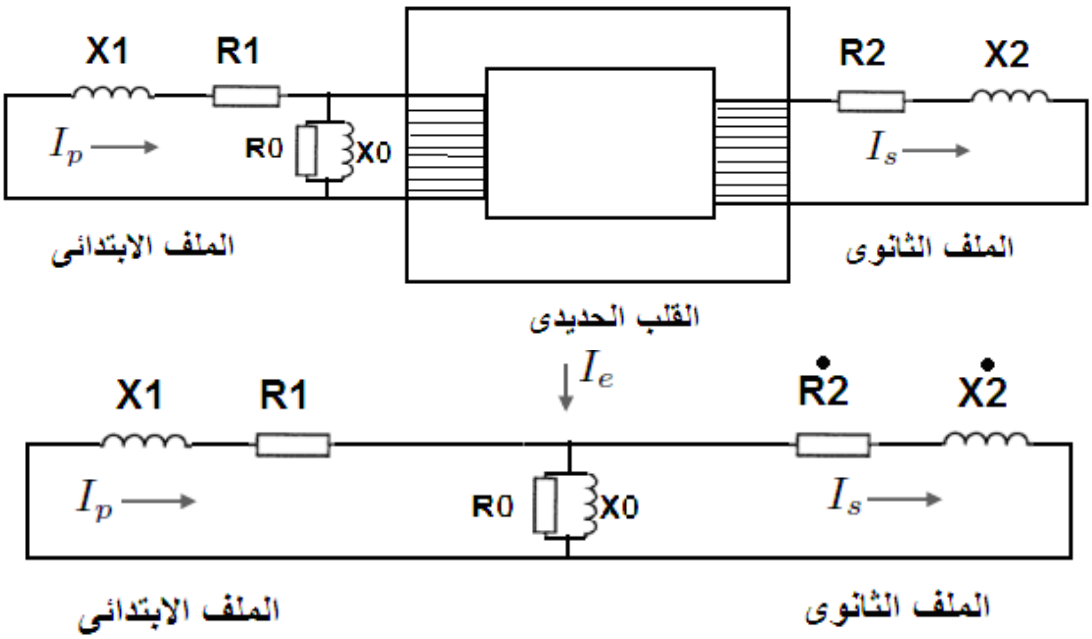
ومن هذا نجد ان الطاقة الكهربية تمر في الدوائر الكهربية بفعل تشابك الخطوط المغناطيسية بهذه الدوائر إذا سلط جهد متردد على ملف ابتدائي فإنه يمر به تيار يؤدى إلى مجال مغناطيسي متردد تتجمع كل خطوطه داخل القلب الحديدي وتخترق الملفات الثانوية فتتولد فيها قوة دافعة

كهربية وعند تحميل الملف الثانوي يمر به تيار متردد مع العلم بأن القدرة الداخلة تساوى القدرة الخارجة + المفاقيد



الدائرة المكافئة للمحول

الشكل القادم يوضح الدائرة المكافئة التي تمثل المحول حيث تتكون من جزأين رئيسيين جزء يمثل الملف الابتدائي ويتكون من ممانعة ومقاومة(R1-X1-R0-XO) والجزء الآخر يمثل الملف الثانوي وتكون مكوناته هي (R2-X2) أما مجموعة التوازي R0 و X0 يمثلان المقاومة و المحاثة المتكونتان في القلب الحديدي و التيار المار بهما هو تيار اللا حمل و يرمز له I0 وعادة يكون صغير جدا مقارنة بتيار الحمل الكامل فهو لا يتجاوز النصف أمبير في المحولات الصغيرة . ولا يتجاوز 10 أمبير في محولات نقل الطاقة . و يعود صغر هذا التيار إلي كبر ممانعة التوازي

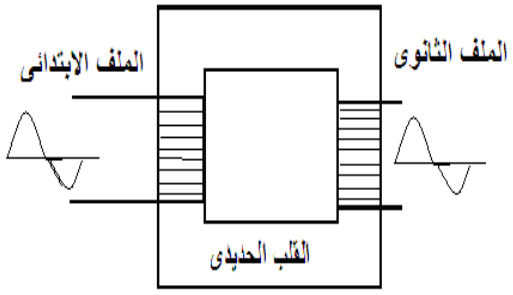


عندما نسأل انفسنا لماذا تقاس سعة المحولات بالكيلو فولت امبير **KVA** ولا تقاس بالكيلو واط **KW** والسبب في ذلك هو ان المحول يعتمد على الجهد والتيار فقط ولا يعتمد على معامل القدرة فالتيار هو المسبب للخسائر النحاسية و الجهد هي المؤثرة للخسائر الحديدية
ومجموع الخسارتين أعلاه تمثل خسائر المحولة على شكل حرارة وهي المحدد لطاقة تغذية المحول ونلاحظ ان معامل القدرة ليس لها أي تأثير حيث تقاس اغلب مصادر التغذية بالقدرة الظاهرية

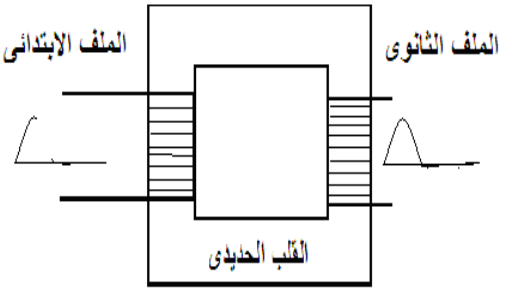
KVAمثل مولدات الطاقة والمحولات نظراً لعدم معرفة نوعية الأحمال التي تتغذى منها
هل هي أحمال خطيه أو غير خطيه وهل معامل القدرة منخفض أم مرتفع.
لذا تحسب القدرة (KVA) ك ف ا

هل يمكن تشغيل المحول على جهد مستمر DC

عند تغذية الملف الابتدائي للمحول بجهد مستمر فسنجد ان قيمة الجهد على الملف الثانوي تساوى صفر وهذا لا يصلح لذلك يتم استخدام الجهد المتغير حيث يتميز الجهد المتغير بالزيادة والنقصان في شكل الموجة



عمل في حالة جهد متغير



عمل في حالة جهد مستمر

اهمية استخدام المحول

كما نعلم من خلال قانون اوم الذى ينص على ان الجهد يساوى حاصل ضرب التيار في المقاومة وايضا قيمة القدرة تساوى حاصل ضرب الجهد في التيار فعند زيادة الجهد بيقل التيار والعكس عندما يقل الجهد يزيد التيار وعندما يزيد التيار تقل المقاومة وفقا للمعادلات الاتية

$V = I * R$ (تزيد ↑ / تقل ↓)

$P = V * I$ (تزيد ↑ / تقل ↓)

$P = I^2 * R$ (تزيد ↑ / تقل ↓)

وطبعا استفدنا من تلك المعادلات السابقة بالتحكم في كلا من الجهد والتيار والمقاومة حيث عند تغير قيمة الجهد يتغير معها التيار وتتغير ايضا المقاومة ولكى نوضح ذلك من خلال المثال الاتي
فمثلا لو كان المطلوب نقل 50ميجا فولت امبير من محطة التوليد إلي مكان يبعد عنها بمقدار 10 ك متر وكان جهد التوليد هو 11 ك ف فتكون قيمة التيار تاتي من المعادلة الاتية

$I = P / \sqrt{3} * KV = 50000 / \sqrt{3} * 11 = 2.5\ KA$

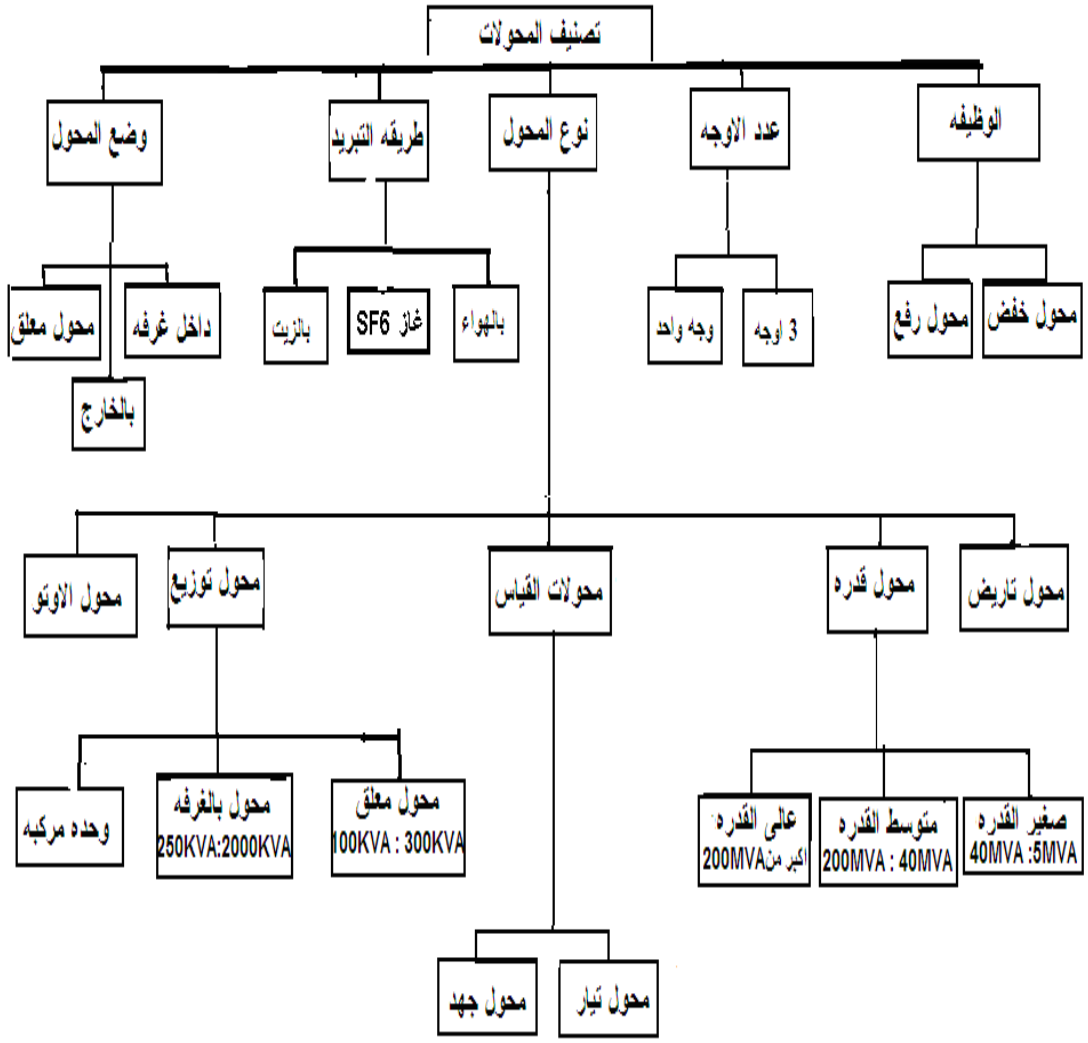
وطبعا قيمة هذا التيار2.5 ك امبير عالية جدا ولا يوجد كابل يستطيع ان يتحمل تلك القيمة فلابد اذن من تركيب عدد من الكابلات على التوازى مع بعض لكى تتحمل قيم التيار
وكما نعلم ان الكابل النحاسي الذى مساحة مقطعة هو 300 مم يستطيع ان يحمل تيار قدرتة 400 امبير فكم كابل نريد لكى يحمل تيار مقدارة 2.5 ك امبير فيكون عدد الكابلات المطلوبة هى 400/2500 = 7 كابلات تربط على التوازى مع بعض وطبعا هذا غير معقول ولكن ما هو الحل لتفادى تلك المشكلة الحل طبعا الاستفادة من قوانين اوم السابق هو بزيادة الجهد يقل التيار وبالتالي تقل مساحة المقطع ونجد ان الجهاز الذى يستطيع القيام بتلك العملية هو المحول الذى يعمل على التحكم في رفع وخفض الجهد مع ثبات القدرة فاذا تم تركيب محول لرفع الجهد من 11 ك ف الي 33 ك ف فيكون التيار الجديد وفقا الي قيمة الجهد الجديدة هي

$I = P / \sqrt{3} * KV = 50000 / \sqrt{3} * 33 = 800\ A$

فيكون التيار الجديد قيمتة هو 800 امبير وتكون عدد كابلات الجديدة المطلوبة تساوى

400/800 = 2 كابل ومن هنا اتضح لنا اهمية المحول انة عمل على تقليل عدد الكابلات المستخدمة من 6 الي 2 عن طريق التحكم بالجهد وايضا لطول المسافة فان الجهد لا يصل إلي تلك المنطقة بنفس القيمة ولكنة يقل فلذلك يتم رفع الجهد لضمان وصول القيمة المطلوب للجهد

انواع المحولات

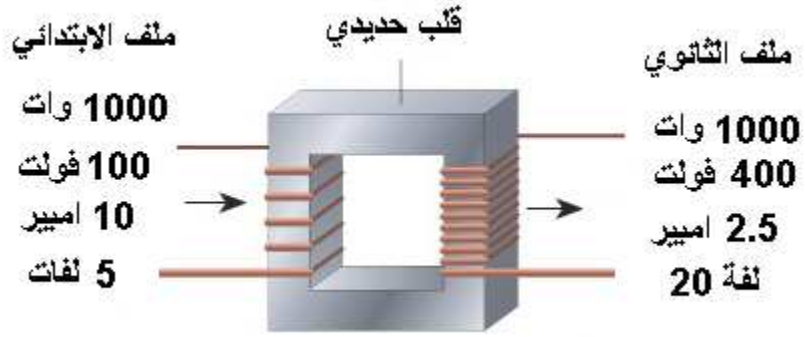


تصنف المحولات وفقا إلي الآتي:

1- من حيث الوظيفة

A- محول رفع للجهد

من اسمة نجد انة محول يستخدم لرفع الجهد من قيمة الي قيمة اخري ويتميز هذا النوع من المحولات بان عدد ملفات الملف الابتدائي اقل من عدد ملفات الملف الثانوي ولذلك نجد ان التيار المار بالملف الابتدائي اكبر من التيار المار بالملف الثانوي وفقا للقاعدة P = V * I
وبتطبيق تلك القاعدة علي الرسمة القادمة نجد ان القيم علي الملف الابتدائي تمثل قيمة القدرة وهي 1000 وات والجهد هو 100 فولت فيكون قيمة التيار هو 10 امبير ونجد ان القيم الاخري علي الملف الثانوي وهى ان القدرة ثابتة وتساوي 1000 وات وطبعا الجهد يزيد الي 400 فولت نتيجة لزيادة عدد اللفات للملف الثانوي الي 20 لفة وفقا للقاعدة السابقة بزيادة الجهد من 100 فولت الي 400 فولت يقل التيار من 10 امبير حتي يصبح 2.5 امبير مع ثبات القدرة 1000



قدرة الملف الثانوي = قدرة الملف الابتدائي

1000 واط = 1000 واط

عدد لفات الملف الابتدائي / عدد لفات الملف ثانوي = جهد الملف الابتدائي / جهد الملف ثانوي

5 / 20 = 100 / 400

عدد لفات الملف الابتدائي / عدد لفات الملف ثانوي = تيار الملف ثانوي / تيار الملف ابتدائي

5 / 20 = 2.5 / 10

تيار الملف ثانوي / تيار الملف ابتدائي = جهد الملف الابتدائي / جهد الملف ثانوي

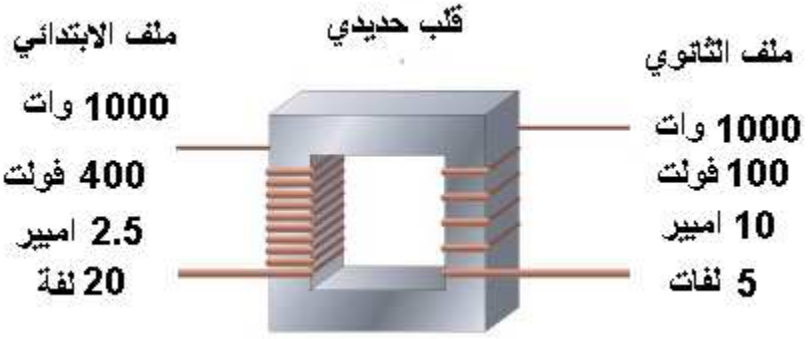
2.5 / 10 = 100 / 400

B- محول خفض للجهد

من اسمة نجد انة محول يستخدم لخفض الجهد من قيمة الي قيمة اخري ويتميز هذا النوع من المحولات بان عدد ملفات الملف الابتدائي اكبر من عدد ملفات الملف الثانوي

وفقا للقاعدة $P = V * I$

وبتطبيق تلك القاعدة علي الرسمة القادمة نجد ان القيم علي الملف الابتدائي تمثل قيمة القدرة وهي 1000 وات والجهد هو 400 فولت فيكون قيمة التيار هو 2.5 امبير ونجد ان القيم الاخري علي الملف الثانوي وهى ان القدرة ثابتة وتساوي 1000 وات وطبعا الجهد يقل الي 100 فولت نتيجة لانخفاض عدد اللفات للملف الثانوي الي 5 لفات وفقا للقاعدة السابقة بنخفاض الجهد من 400 فولت الي 100 فولت يزيد التيار من 2.5 امبير حتي يصبح 10 امبير مع ثبات القدرة 1000 وات



قدرة الملف الثانوي = قدرة الملف الابتدائي

1000 واط = 1000 واط

عدد لفات الملف الابتدائي / عدد لفات الملف ثانوي = جهد الملف الابتدائي / جهد الملف ثانوي

20 / 5 = 400 / 100

عدد لفات الملف الابتدائي / عدد لفات الملف ثانوي = تيار الملف ثانوي / تيار الملف ابتدائي
2.5 / 10 = 5 / 20
تيار الملف ثانوي / تيار الملف ابتدائي = جهد الملف الابتدائي / جهد الملف ثانوي
100 / 400 = 2.5 / 10

2- من حيث النوع

محولات القدرة- محولات التوزيع- محولات الأجهزة –محولات الاوتو- محولات التاريض

3- من حيث العزل

محول معزول بالزيت- محول معزول بالهواء- محول معزول بالغازSF6

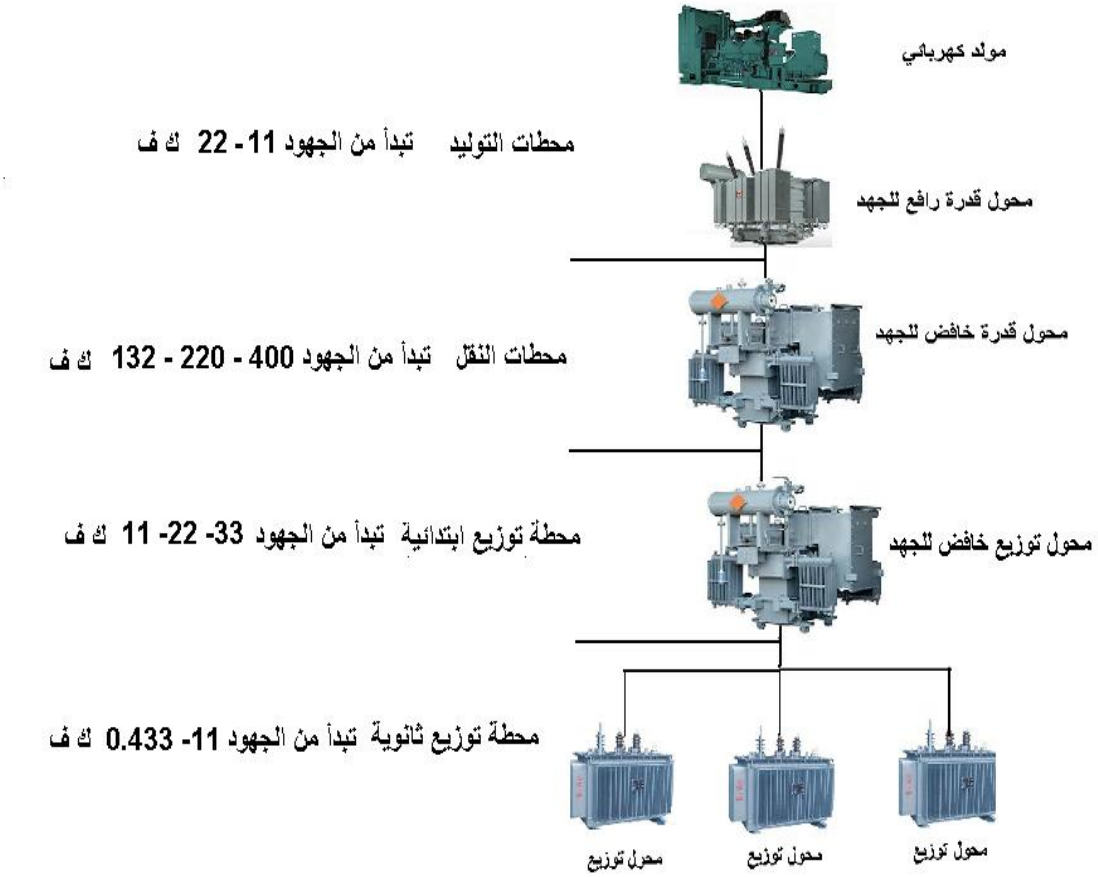
4- من حيث مكان تركيب

محول داخل غرفة - محول بالخارج (محول بالعراء - محول معلق على أعمدة)

5- من حيث أطراف التوصيل

محول ذات أطراف توصيل خارجية- محول ذات أطراف توصيل بدخل صندوق

الشكل القادم يوضح ترتيب المحولات في المنظومة الكهربائية



من خلال الشكل السابق نرى وجود مدينة سكنية حيث المنطقة الاولي يوجد بها محطات التوليد والتي يتم تركيب فيها محول قدرة يعمل علي رفع جهد التوليد الي جهد النقل مثلا من 11 ك ف الي 220 ك ف وهذا لو كان المطلوب تغذية مدن اخري اما لو كانت محطة التوليد لتغذية مدينة فقط فلا يطلق علية نقل ولكن يطلق علية توزيع حيث ان التغذية تكون في نفس حيز مكان محطة التوليد حيث يتم رفع جهد التوليد من 11 ك ف الي جهد التوزيع الابتدائي 33 ك ف ثم يتم نقل هذا الجهد من منطقة الي اخري بداخل حيز المدينة حيث يتم تركيب في كل منطقة محول قدرة وهذا المحول يعمل علي خفض جهد النقل الي جهد الاستهلاك الابتدائي مثلا من 33 ك ف الي

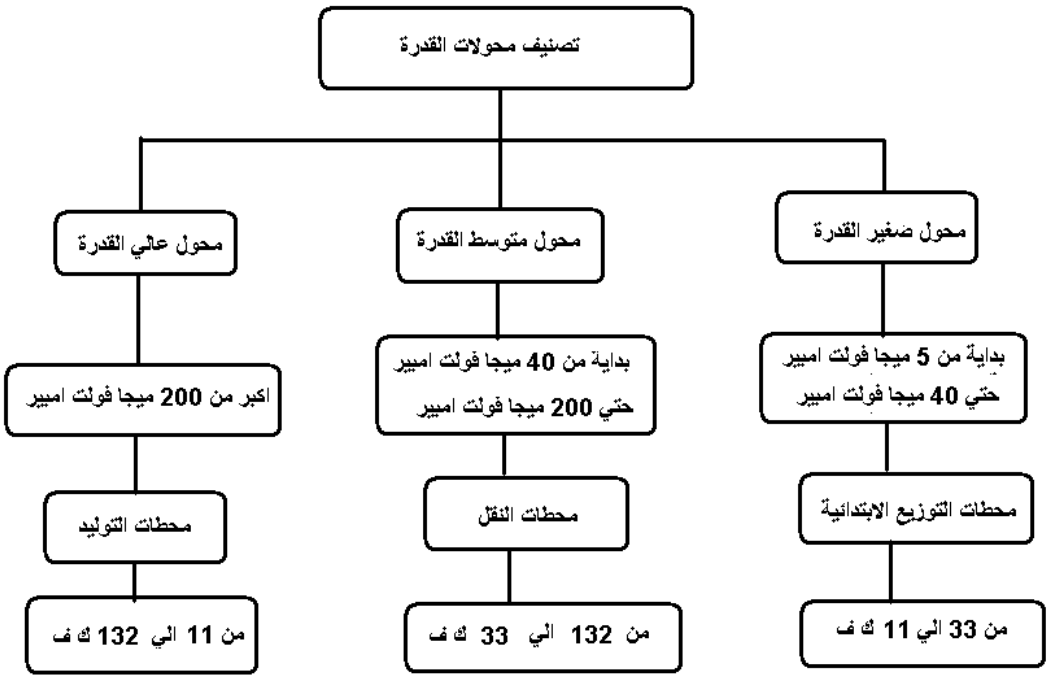
11 ك ف وطبعا كما هو معروف ان كل منطقة يوجد بها كثير من الاحياء السكنية والابنية والخدمات العامة حيث يركب في كل مما سبق محولات تسمى محولات التوزيع لتغذية جميع الاحياء بداخل كل منطقة حيث يعمل على تحويل جهد الاستهلاك الابتدائي 11 ك ف الي جهد المستهلك 433 فولت وبعد ان تعرفنا على اماكن وضع المحولات وناتى الان لمناقشة أنواع المحولات من حيث النوع

1-اولا محولات القدرة

محول القدرةهو احد انواع المحولات وسمي محول قدرة لانة يتميز بالقدرة العالية التي تصل الي اكبر من 200 ميجا فولت امبيروايضا يستخدم في شبكة الجهد العالي ومحول القدرة ما هو إلا محول خافض للجهد حيث يستخدم في خفض الجهد العالي(220KV-400KV) إلي جهد عالي آخر (132KV) أومن جهد عالي إلي جهد متوسط أو من جهد متوسط إلي جهد متوسط آخر(66/KV/33KV/22KV/11KV) ويتكون كما هو موضح بالشكل القادم

ويتميز محول القدرة بكبر حجمه وأيضا مزود بصندوق يركب بيه مغير الجهد الذي يتغير أوتوماتيكي مع الحمل ويركب أيضا صندوق بيه أجهزة قياس درجة الحرارة لكلا من الملفات والزيت ويركب اعلي جسم المحول اسطوانة الاحتياطية مبين عليها مستوى ارتفاع الزيت بداخل المحول ومزود براديتر لتبريد ومراوح عند الاحتياج

انواع محولات القدرة



تصنيف محولات القدرة تكون كالاتي

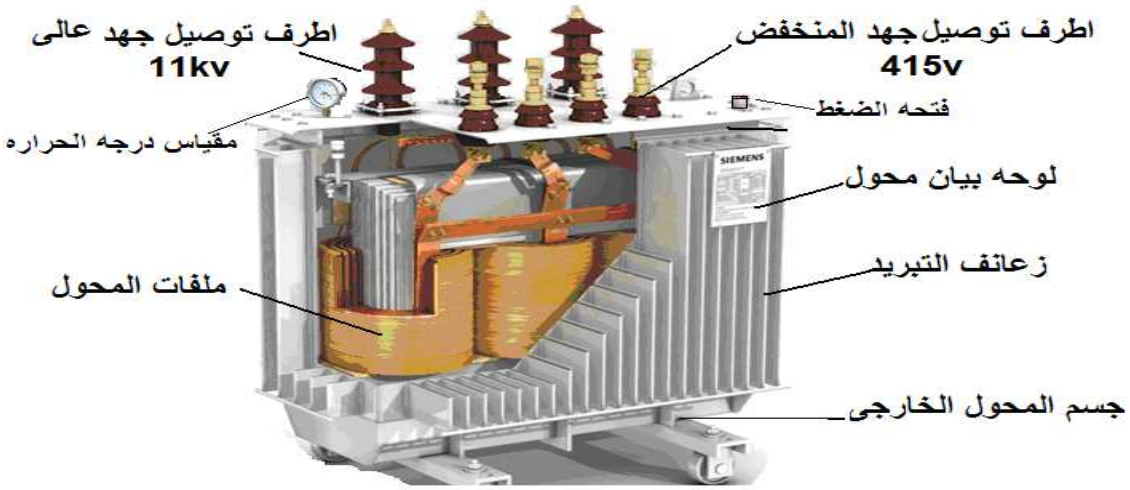
1- محول صغير القدرة ويبدأ من 5 ميجا فولت امبير الي 40 ميجا فولت امبير ويستعمل هذا المحول في محطات التوزيع الابتدائية ويعمل علي جهد بداية من 11/33/132 ك ف

2- محول متوسط القدرة ويبدأ من 40 ميجا فولت امبير الي 200 ميجا فولت امبير ويستعمل هذا المحول في محطات النقل ويعمل علي الجهود 132/220/400 ك ف

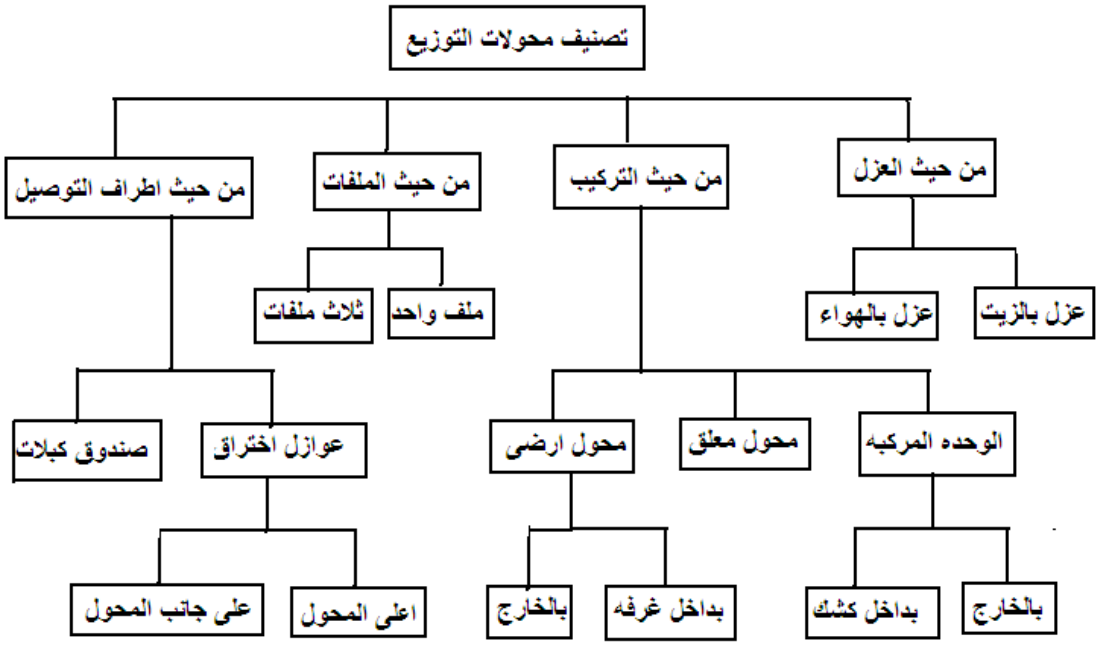
3- محول عالي القدرة ويبدأ من القدرة 200 ميجا فولت امبير الي اعلي ويستعمل في محطات التوليد حيث يعمل تحويل جهد التوليد 11 ك ف الي جهد النقل 132-220-400 ك ف

2 - محول التوزيع

محول التوزيع هو احد انواع المحولات حيث يستخدم ايضا في خفض الجهد من قيمة عالية الي قيم منخفضة لكي تناسب جهد التشغيل المطلوب وسمي محول توزيع نظر لارتباطة بشبكة التوزيع الداخلية حيث يكون اقرب ما يكون للمستهلك حيث يعتبر هو آخر مراحل خفض الجهد في الشبكة الكهربائية حيث يعمل على تخفيض الجهد من الجهد المتوسط(- 11KV -33kv) 6.6KV إلي الجهد المنخفض(415V) وتصل قدرته حتى 5 ميجا فولت امبيرويكون توصيل ملفات محول التوزيع في جانب الجهد المتوسط (دلتا) و في جانب الجهد المنخفض (ستار) وذلك للحصول على جهد أحادى الوجه 240 فولت وتكون مكونات محول التوزيع هي نفس مكونات محول القدرة مع بعض الاختلاف مثلا من حيث الحجم أو من حيث طريقة التبريد أو من حيث الأجهزة الملحقة والصورة القادمة توضح إحدى إشكال محولات التوزيع



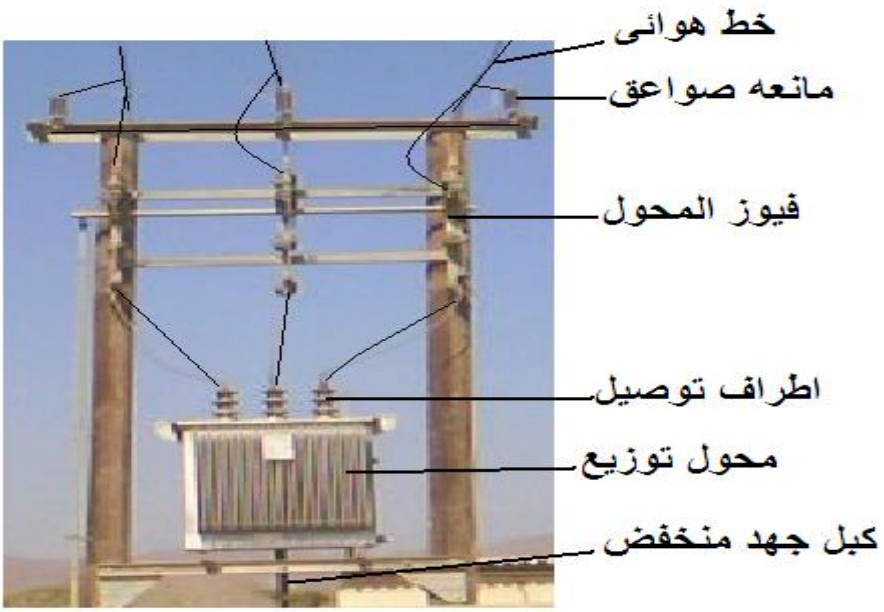
تصنيف محولات التوزيع



1- انواع المحولات من حيث التركيب

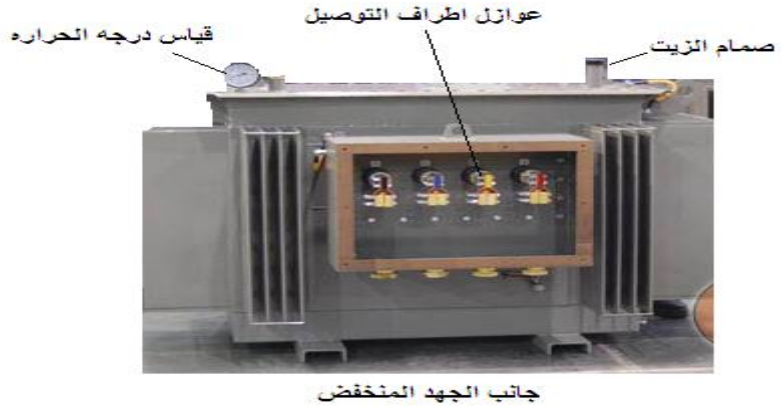
A- محول معلق

وهو الذي يركب في الخارج ويكون محمول على العمود و أحيانا على عمودين يأخذان شكل حرف(H) ويغذى من الخطوط الهوائية11KV وتبدأ قدرته من 50KVإلى 300KVويكون أطرف التوصيل خارجية كما بالشكل وغالبا يستخدم في تغذية المزارع ويكون توصيله بالشبكة الكهربائية غالبا بشكل إشعاعي



B- محول بداخل غرفة

وهو الذي يركب بداخل غرفة للحماية من الإمطار والأتربة ويكون ذلك المحول من النوع الذي يكون صندوق التوصيل مغلق من الجهتين ويركب على قاعدة خرسانيه ويجب ان تتوافر في الغرفة وسائل التهوية المناسبة للمحول وتبدأ قدراته من 250KVإلي 1500KV وذلك عند جهد 11/0.415KV أو جهد 33/0.415KV



C- محول موجود بالخارج

هذا النوع من المحول مجهز بالعمل في الوسط المفتوح أي معرض للعوامل الجوية مثلا معرض للإمطار والأتربة و يركب في الخارج على قاعدة وتكون أطراف التوصيل بيه أما داخل صندوق أو تكون عبارة عن عوازل خارجية (بوشنج) وتبدأ قدراته من 250KVإلي 1500KV وذلك عند جهد 11/0.415KV

D- محول بداخل كشك

وهذا النوع من المحولات يكون بداخل غرفة من الحديد تعمل على حماية من العوامل الجوية حيث تلك الغرفة تكون مجهزه بمكان للمحول وكذلك الوحدة الحلقية وأيضا صندوق التوزيع حيث يطلق عليه اسم (بكدج يونيت) أي الوحدة وتبدأ قدراته من 250KVإلي 1000KV وذلك عند جهد 11/0.415KV

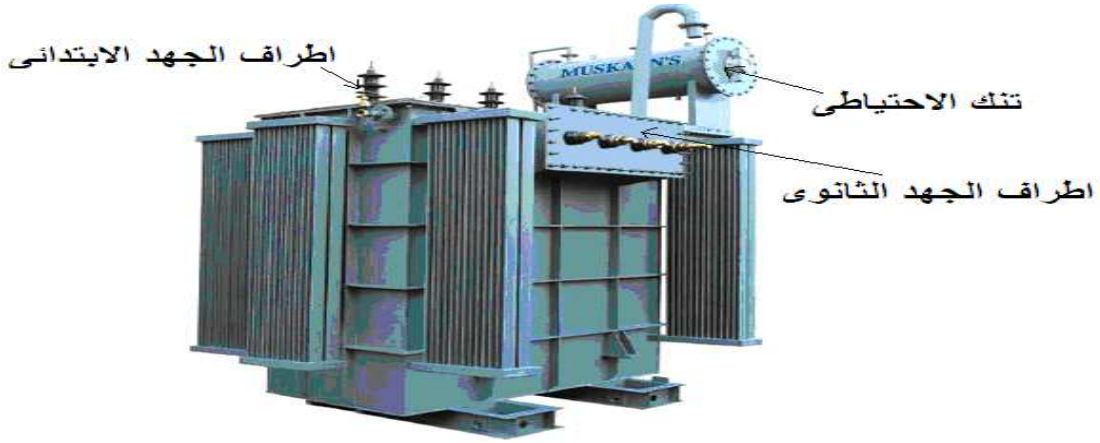
2- انواع المحولات من حيث أطراف التوصيل

أطراف التوصيل هي وسيلة الإدخال والاخرج للمحولات حيث تعمل على نقل التيار من داخل المحول إلي الخارج أو العكس بدون حدوث أي تلامس مع جسم المحول لذلك فمن المهم هو الاهتمام بشكل ونوع العوازل واختيار شكل العازل المناسب حيث يحدد وفقا للوسط الذي يعمل بيه المحول فمثلا لو كان مكان العمل بيه كثير من الأتربة والتعرض للإمطار فلا يفضل ان تكون العوازل خارجية ولكن تفضل بداخل صندوق مغلق ولو كان الجهود عالية يفضل ان تكون عوازل خارجية

A- نهايات الجهد العالي والجهد المنخفض على السطح العلوي للمحول

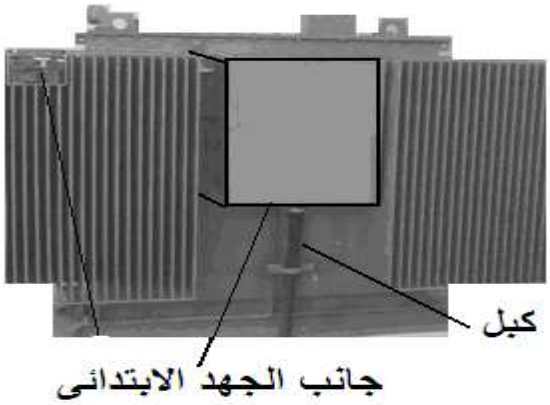
وهذا النوع من المحولات يكون مجهز بعوازل خارجية للتوصيل من الخطوط الهوائية وتوجد العوازل على سطح المحول أو من جانب المحول وفقا إلي نوع التغذية

B- نهايات الجهد العالي على السطح و الجهد المنخفض على جانبي المحول



C - أطرف توصيل المحول بداخل صندوق مغلق

وهذا النوع من المحولات يستخدم عوازل بداخل صندوق للحماية من الطيور أو الحيوانات أو الإمطار والأتربة وغالبا يركب بداخل الغرف



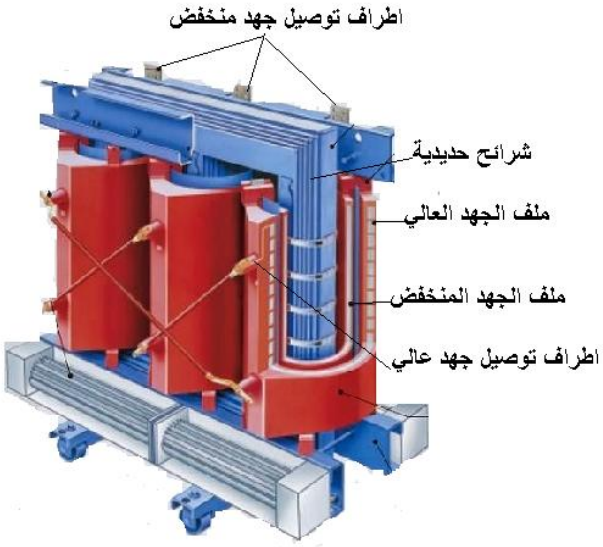
3- انواع المحولات من حيث نوع العزل

A - محول معزول بالزيت

نجد ان المواد الأساسية التي تصنع منها المحول هي الحديد والنحاس وهذة المواد ينتج عنها مفاقيد وهذه المفاقيد تظهر بالطبع فى صورة ارتفاع فى درجة حرارة سواء كان فى القلب والملفات أو الخزان أو أى أجزاء ملحقة أخرى. ولكي يصل المحول الي حالة التوازن فلابد ان يتم إزالة الحرارة بنفس السرعة التى يتم بها إنتاجها وبالنسبة لأغلب المحولات يكون الزيت المعدنى هو أكفأ وسط لامتصاص الحرارة من القلب والملفات ونقلها بمساعدة التدوير القسرى فى بعض الأحيان إلى الأسطح الخارجية المبرَّدة طبيعيا أو صناعيا وايضا يتم استخدام نفس الزيت المعدني لغرض اخر وهو العزل حيث يجب أن تكون المحولات قادرة على العمل لفترات قصيرة عند جهود أعلى من جهدها المقنن. كما يجب أن تتحمل جهود وتيارات النظام الانتقالية نتيجة عمليات الفصل والتوصيل أو الصواعق .ويقوم الزيت أيضا بمساهمة فى كفاءة العزل الصلب عن طريق اختراق وملء الفراغات بين طبقات العزل الملفوف وبالتغلغل بالورق ومواد العزل الأخرى المصنوعة من السيلولوز بعد تجفيفها وتهويتها عن طريق تعريضها للتفريغ.

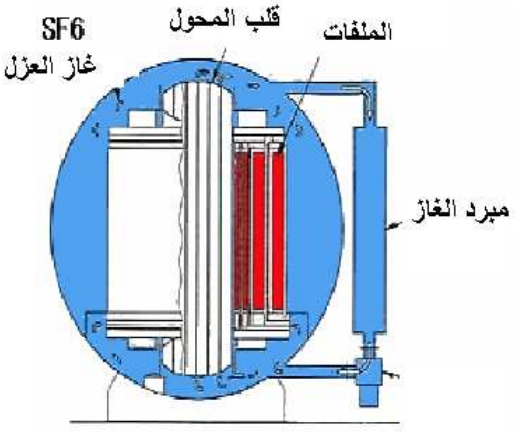
B – محول الجاف حيث يكون الوسط العازل هو بالهواء

تعتبر المحولات الجافة أكثر أمانا فى الأماكن التى تتطلب درجة عالية من الأمان وبصفة أساسية داخل المستشفيات ومراكز التسوق الكبرى – المناجم – محطات المترو – القرى السياحية – الفنادق السياحية الكبرى – المصانع التى تتعامل مع المواد القابلة للإشتعال ..... الخ.
حيث لا يتسبب إنهيار المحولات فى إشتعالها وكذلك لا تحتاج إلى صيانة عالية
يتم تصنيع المحولات الجافة بصب طبقة سميكة من مادة عازلة حول الملفات فى وسط مفرغ تماماً لضمان توزيع المادة العازلة على الملفات بشكل منتظم وأيضاً لضمان عدم وجود أى فقاعات هوائية بين الملفات حتى لا يحدث أى تفريغ جزيئى بين الملفات حيث نجد ان عمر التشغيل الافتراضى للمحولات الجافة يعتمد على مستوى التفريغ الجزيئى الذى يحدث بين الملفات وهذا العمر الافتراضى يقل كلما زاد معدل التفريغ الجزيئى وتنص المواصفات العالمية على ألا يزيد معدل التفريغ الجزيئى عن 50
تتميز محولات الجافة بانها ذاتية الإطفاء حيث حوالى 60% من المواد العازلة المستخدمة فى عزل المحولات الجافة مواد غير عضوية لا تشتعل ولكنها تتحل عند درجة حرارة 3000C والتى يصعب الوصول إليها فى ظروف التشغيل الغير طبيعية. اما في حالة حدوث حريق بسبب عوامل خارجية وإرتفاع درجة الحرارة عن 3000 C فإن المواد العازلة تبدأ فى الإشتعال بلهب ضعيف ويحدث له عملية إنطفاء بسرعة بمجرد زوال سبب الحريق. وتتميز ايضا المحولات الجافة بان كثافة التيار تساوى تقريباً نصف كثافة التيار فى المحولات الزيتية وبالتالى فإن مساحة مقطع الموصل أكبر مما يؤدى إلى إنخفاض درجة الحرارة التى يصل إليها المحول فى حالة حدوث قصر. ولكن يعيب تلك الانواع من المحولات ارتفاع سعرها نظراً لأن التكنولوجيا التى تنتج بها المحولات الجافة أكثر تعقيداً لذلك نجد صعوبة في اصلاك تلك المحولات نظراً لأن الملفات تكون محاطة بطبقة سميكة وصلبة جداً من مادة العازلة وهذه المادة غير قابلة لإعادة التشكيل أو التعديل لذلك هذا النوع من المحولات لا يتم إصلاحه ونجد ايضا ان مستوى الضوضاء يكون أعلى نظراً لعدم وجود زيت فى المحولات الجافة والتى تقوم بدورها بعمل (كتم) للصوت نسبياً فى المحولات الزيتية. لذا فإن مستوى الصوت فى المحولات الجافة يكون أعلى منها فى المحولات الزيتية



c- محولات معزولة بالغاز sf6

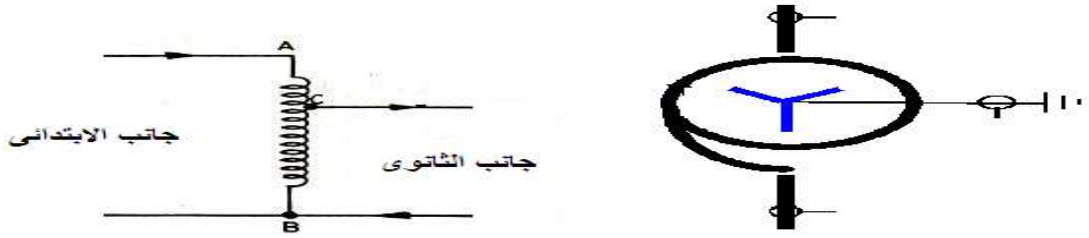
غاز سادس فلوريد الكبريت (SF6)يتم استخدامة للعزل داخل المحول و يتميز هذا الغاز بأنه غير قابل للاشتعال و غير سام و عازل جيد للكهرباء حيث تزيد كفاءة عزل هذا الغاز عشر مرات عن عزل الهواء للكهرباء تحت ضغط الجو العادي.و هو أيضا غاز غير مستقر كيميائيا و لا يتحد مع أى مادة أخرى عند درجة حرارة الغرفه و لا يشكل ضررا عند خروجة الى الهواء و أهم خاصيه لهذا الغاز أن الشراره فيه تؤدى الى تأين ذرات (SF6)و هذة الايونات الناتجة تتحد مع ذرات (SF6) الاصلية و ينتج (SF6) جديد و بالتالى فالغاز لن يفقد عازليتة أبدا لانة يتجدد.لكن المشكله الوحيده تحدث عند حدوث تسرب للغاز و علشان كدة لازم المحولات اللى بتستخدام هذا النوع من العزل تتاكد باستمرار من مستوى ضغط الغاز داخل المحول.فاذا حدث تسريب للغاز سينخفض ضغط الغاز و بالتالى تقل عازلية الغاز و قد يحدث قصر بين الاطراف ويتم حدوث شراره داخل المحول مع انخفاض ضغط الغاز ستتسبب فى كارثة فادحه فلابد من وجود جهاز حماية عند انخفاض ضغط الزيت عن مستوي معين يتم اعطاء انذار او يقوم بفصل المحول



5 – انواع المحولات من حيث نوع الملفات

A– محول بملف واحد

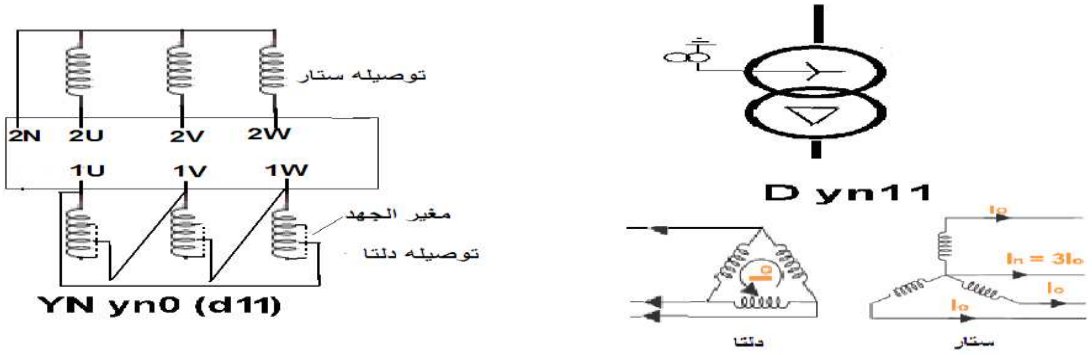
وهو يطلق عليه محول النفسي لان ملفات الجهد العالي وملفات الجهد المنخفض هي من نفس السلك بمعنى ان لا يوجد بينهما عازل



محول بملف واحد

B – محول بملفين

هذا النوع يعتبر هو أساس المحولات حيث يوصل بين الجهد العالي من طرف والجهد المنخفض من الطرف الآخر ويستخدم ذلك النوع في تخفيض الجهد في شبكات التوزيع



C – محول بثلاث ملفات

هذا النوع من المحولات يستخدم وفقا لنوع ألتوصيله فمثلا لو كانت توصيله ملفات المحول ستار/ستار فيتم توصيل ملف ثالث معهم وذلك لتقليل حدوث ظاهرة التوافق الثالثة وأيضا يتم استخدام الملف الثالث لو كان مطلوب الحصول على جهد ثالث

مكونات المحول

نظر لتشابة الكبير بين مكونات محول القدرة ومكونات محول التوزيع في الوظيفة حيث يكون الاختلاف بينهما في الحجم وقدرة العزل لذلك فسوف نوضح تلك المكونات بصورة عامة

1 - جسم الخزان الرئيسى(التنك) :

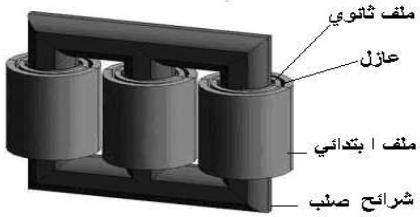
يتم تصنيع خزان المحولات من صفائح الحديد الغير مغناطيسي المدرفل على الساخن حيث يشكل سطحه بشكل هندسي بحيث يكون كافياً لفقد الحرارة الناتجة من المفقودات الكهربية وكذلك لحمل المكونات الإضافية للمحول وجسم المحول يأخذ إشكال وإحجام مختلفة وفقا إلي قدرة وجهد تشغيل المحول وكذلك مكان التركيب حيث يأخذ تنك المحول إشكال اسطوانية أو مربع أو مستطيل و فائدة الخزان الرئيسي هي:

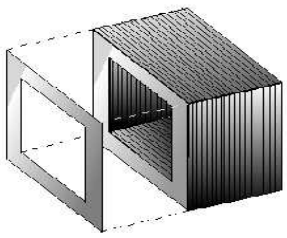
1- حماية القلب الحديدي و الملفات باحتوائه لها .
2- حمل أطراف و مخارج التوصيل .
3- وضع و حفظ الزيت المستخدم في تبريد و عزل المحول.
4- حمل مواسير (أو زعانف) تبريد المحول.

ويتم طلائه من الخارج بثلاثة انواع مختلفة من الدهان لمنع وصول الرطوبة وعدم تأثره بالظروف الجوية الخارجية ويخضع لأدق انواع الفحوصات إثناء مراحل تصنيعه والتي تنتهي بمرحلة فحصه بالضغط لضمان عدم تسرب الزيت

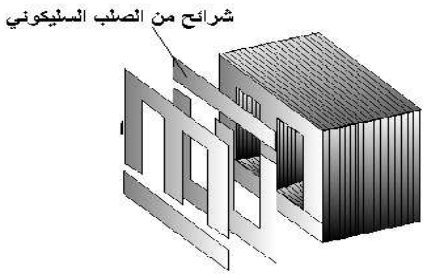
2- القلب الحديدي

يصنع من رقائق من مادة الصلب السيليكوني ذات سمك0.3 مم وتركب الشرائح مع بعضها بطريقة عاشق ومعشوق بحيث تحقق وجود ممر مغناطيسي ويحتوى على أقل ثغرات هوائيه لتقليل التيار الإعصاري الذي يسبب سخونة المحول وتكون وظيفته القلب الحديدي انه يعمل على حمل و تكثيف الفيض المغناطيسي و حمل الملفات الابتدائية و الثانوية ويصنع القلب الحديدي على شكل قلب (core) أو شل(shall)



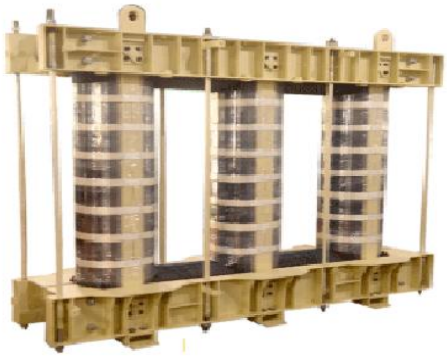


core



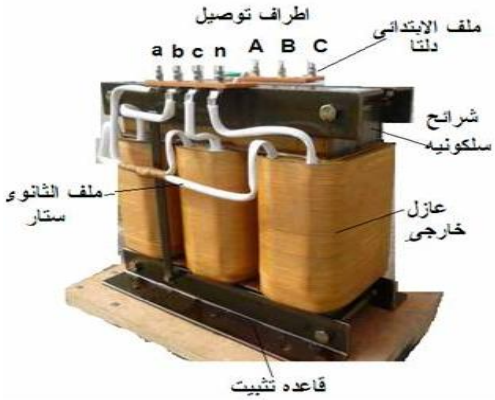
shall

ويوصل القلب الحديدي في نقطة واحدة بالخزان لتسريب التيارات و الشحنات الكهربائية التي تنشأ بالقلب الحديدي إلي الأرض وهذ الصورة توضح قلب المحول



3- الملفات

هي الأسلاك التي تحمل التيار الكهربي في المحول وتصنع تلك الأسلاك من مادة النحاس على هيئة لفات دائرية والغرض من ذلك هو زيادة مساحة التبريد والسماح للزيت بالمرور بين تلك اللفات حيث بعد ان يتم انشاء القلب الحديدي الذي يكون على شكل حرف Eثم يتم تثبيته جيداً بمسامير معزولة ويلف حوله اسطوانة من البكاليت وتثبت وتمنع من الحركة بخوابير عازلة طويلة ويتم لف ملفات الجهد الأقل محورياً حول الاسطوانة بسلك معزول بورق عازل " حوالي ١٧ طبقة عزل "ونظراً لان تيارا لجهد الأقل هو تيار كبير فان مساحة مقطع النحاس تكون كبيرة لذلك تقسم إلي لفات معزولة وموصلة على التوازي لتقليل التأثير القشري Skin Effectويجب وضع اسطوانة بكاليت أخرى حول هذة الملفات قبل البدء في لف ملفات الجهد الأعلى التي تتميز بعدد لفات كبيرة ومساحة مقطع أقل وكمية عزل أكثر ، ويتم تقوية عزل الملفات المجاورة للقلب الحديدي من أعلى ومن أسفل ويخرج من ملفات الضغط العالي أطراف مغير الجهد



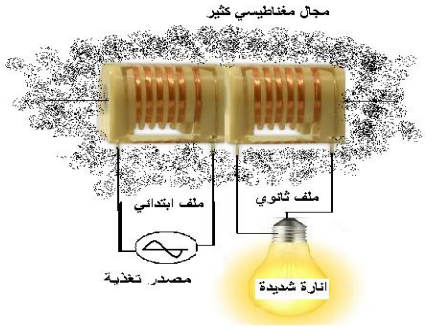
الأسباب التي تؤدى إلي تركيب مغير الجهد على الجانب الابتدائي للمحول

1- قله تيار الضغط العالي يقلل حجم الملامسات وبالتالي يقلل من وزن مغير الجهد.

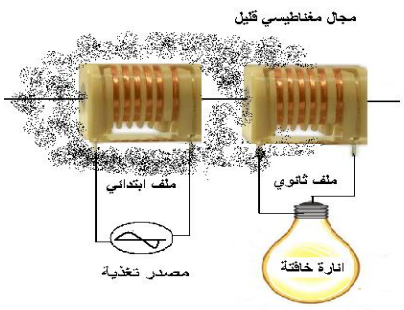
3- دقة إخراج هذة التوصيلات حيث ان ملفات الضغط العالي تكون فوق الضغط المنخفض.

3- دقة التحكم في نسبة الرفع أو الخفض نظراً لكثرة عدد الملفات.

ان عدد اللفات ليست العنصر الوحيد المتحكم في قيمة الجهد المتولد بالحث المغناطيسي في الجانب الثانوي حيث توجد ايضا درجة التقارب بين الملفين الابتدائي والثانوي حيث ترتفع قيمة الجهد بالملف الثانوي كلما كان المسافة بين الملفين صغيرة كما يوضحها الشكل القادم



تقارب الملفين من بعض يزيد الفيض المغناطيسي



تباعد الملفين من بعد يقلل الفيض المغناطيسي

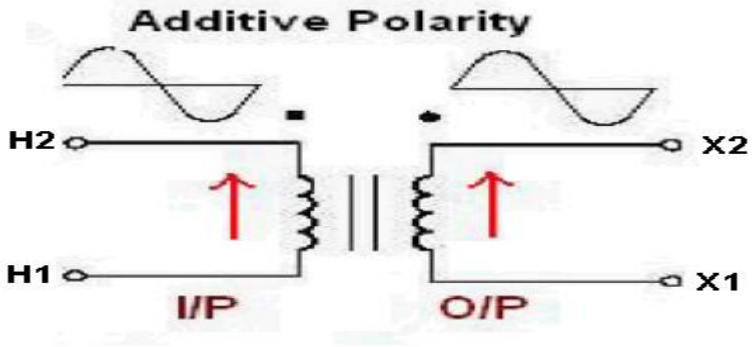
وبما اننا تحدثنا عن الملفات فيجب ان نعرف ايضا شي مهم وهو القطبية للمفات

مصطلح القطبية يقصد به تحديد العلاقة الاتجاهية بين جهد المصدر فى ملفات الابتدائي ، والجهد الناشئ فى ملفات الثانوي والتي بناء عليها سيتحدد الاتجاه اللحظي لجهد الثانوي بالنسبة لجهد المصدر وهل يتزيدون معا ويتناقصون معا أم هناك Phase Shift بينهما ، وذلك سواء فى المحولات الـ 3-Ø ، أو فى المحولات الـ 1-Ø.

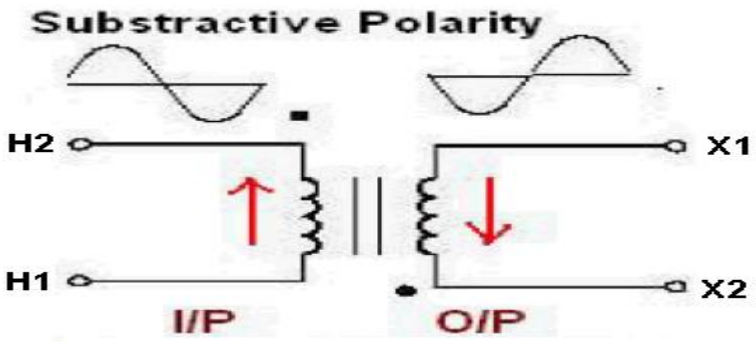
فالمعلوم أن جهد الثانوي يمكن أن يكون في نفس إتجاه جهد الابتدائي In-phase ، وقد يكون عكس الاتجاه 180 degree out of phase ، وذلك حسب طريقة لف الأسلاك وحسب اتجاه اللف تحديدا ، وهذا هو المقصود بالقطبية.

على سبيل المثال لو أن إتجاه 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 و نظيره الثانوي سيكونان لهما نفس القطبية ، وهذا يعني أن أى ارتفاع أو انخفاض في الابتدائي و الثانوي سيكون في نفس اللحظة ، أي متزمنان معا فى كلا الطرفين. أما لو عكست القطبية فهذا يعني العكس تماما ، أي أن أحدهما يرتفع و الآخر ينخفض.

فمثلا لو كان الملف الابتدائي يرمز لة بالرمز H1 و H2 وكان الملف الثانوي يرمز لة بالرمز X1 و X2 كما بالشكل القادم حيث نجد ان ان اتجههما يكون في اتجاة عقارب الساعة بمعني ان تكون H1موجبة بالنسبة الي H2وايضا تكون X1موجبة بالنسبة الي X2 فيسمي ذلك قطبية جمعية اي نتيجة للجمع اي ان الجهد في هذين الطرفين يرتفعان معا وينخفضان معا في نفس الوقت



اما لو كان التوصيل كما بالشكل القادم اي معكوسا فتسمي تلك الحالة قطبية مطروحة اي نتيجة للطرح وتاتي اهمية القطبية للمحول في حالة التوصيل علي التوازى حيث لو كانت القطبية للمحولين مختلفة فسوف يمر تيار عالي بين المحولين وطبعا هذا غير مرغوب فية اطلاقا



4- الزيت

زيوت العزل الكهربي هي منتجات بترولية ذات جودة عالية تستخدم في المحولات والقواطع الكهربائية وأنواع أخرى من المعدات الكهربائية.حيث لتلك الزيوت وظيفتان أساسيتان واحدة فيزيائية والأخرى كهربائية الوظيفة الفيزيائية هي التبريد أي تشتيت الحرارة لكي يفي لهذا الغرض بطريقة مناسبة يجب أن يكون زيت العزل في حالة سريان حر بدون ترك رواسب مما يعطى مدة خدمة أكبر مع لزوجة أقل ومقاومة جيدة ضد الأكسدة وتكوين رواسب (شوائب) أما الوظيفة الكهربية لزيوت العزل هي العزل الكهربي مما يمنع حدوث شرارة كهربي بين موصلين لهما فرق جهد عالي

تستخدم الزيوت العازلة المعدنية منذ أمد بعيد في التقنيات الكهربائية، وقد عرفت باسم "زيوت المحولات وهذة الزيوت تصنع من مواد بترولية ذات جودة عالية تستخدم في المحولات والقواطع الكهربائية وأنواع أخرى من المعدات الكهربائية و يتم استخدام هذا الزيت لسببين السبب الاول الغرض منة هو عملية التبريد وتتم تلك العملية عن طريق تشتيت الحرارة بمعني ان يتم نقل الحرارة من الملفات إلي زعانف التبريد و لكي يتم ذلك بصورة سليمة يجب ان يكون زيت العزل في حالة سريان حر بدون ترك رواسب مما يعطى مدة خدمة أكبر للتبريد أما السبب الثاني فهو يستخدم كمادة عازلة لتلامس الكهربائي حيث يتم عزل الأجزاء الحاملة للتيار الكهربي عن بعضها البعض وعن جسم الخزان وأيضا يساعد علي إطفاء الشرارة عن حدوث اشتعال داخلي نتجة لحدوث قصر داخلي ويساعدنا الزيت في تحليل نوع العطل داخل المحول بعد اخذ عينة منة وتحليلها حيث ممكن ان تتأثر بعض خصائص هذه الزيوت تدريجيا مع الاستخدام وبالتالي تؤثر علي طوال عمر المحول مثل التاكسد وايضا تآكل البنية الداخلية للمحول ومن ثم تؤدي الي حدوث احتراق بداخل المحول لذا كان لابد من توخي الدقة والحذر عند اختيار هذه الزيوت ولذلك يضاف الي الزيت مواد مانعة للتأكسد

ويصنف زيت المحولات إلى ثلاثة أصناف

1 - زيت محول غير معالج للوقاية من التأكسد (ويرمز له بالرمزU
2 - زيت محول معالج بمقدار ضئيل للوقاية من التأكسد ويرمز له بالرمز.T
3 - زيت محول معالج للوقاية من التأكسد ويرمز له بالرمز I

كيفية اختبار زيت:

تكمن أهمية مراقبة زيوت المحولات في المحافظة على العمر التشغيلي للمحول خاصة أن هذا العمر التشغيلي قد ينخفض كثيراً بسبب عدم معرفة ما بداخل هذه المحولات من أعطال تتفاقم ومواكبة للتطور العلمي في مجال مراقبة المعدات الكهربائية فقد سعت شركات الكهرباء إلى إنشاء مختبر متكامل لمعرفة حالة زيوت العزل الكهربائية الجديدة والمستعملة حسب الطرق العالمية المعتمدة والمتبعة في المختبرات المتخصصة حيث يجب اتباع الاتي :

1- تحضير العينات:

تؤخذ العيّنات من المحولات من قبل الفني المختص في المختبر حسب الطرق العلمية المختصة في أخذ العيّنات ويراعى عند أخذ العيّنات استخدام المعدات المناسبة

2- الفحوصات الفيزيائية :

- فحص لون الزيت حيث يجب تقييم مظهر الزيت وذلك بتمرير ضوء نافذ من خلال عينة من الزيت ذات سمك 10 سم تقريبا عند درجة الحرارة المحيطة يجري هذا الفحص لمعرفة التغيّرات التي تحدث في الزيت نتيجة التحلل أو تلف في معدات المحول الداخلية .

- فحص لزوجة حركة الزيت حيث يجرى هذا الفحص لمعرفة معدل انسياب الزيت ومحاولة إبقاءه ضمن المواصفات المطلوبة ويجب أن لا تزيد على 12ملم²/ث عند 40°س.

- فحص درجة الوميض وهي درجة الحرارة التي تشتعل عندها أبخرة الزيت و يتم تحديد نقطة الوميض طبقا للمواصفات القياسية ويجب أن لا تقل عن 135°س

- كمية وحجم الملوثات : لقياس كمية الملوثات وحجمها والتي تسبب إنهيار العازلية الكهربائية كما انها تفيد في اعمال الفلترة لذلك يجب أن يتم قياس الكثافة طبقا للمواصفات القياسية ويجب أن لا تزيد على (0.895) جرام/ مللي لتر عند 20°س.

3- الفحوصات الكيميائية :

- يجرى فحص الرطوبة لمعرفة كمية الرطوبة أو المحتوى المائي في الزيت والتي تسبب انهيار العازلية الكهربائية. ويجب أن لا يزيد على (30 مللي جرام / كجم) بالنسبة للشحنات الكبيرة من الزيت، و (40 مللي جرام / كجم (للزيت المورد فى براميل.

- فحص الحموضة من الفحوصات المهمة لزيوت العزل حيث ان زيادة حموضة الزيت تؤدي الى تلف المعدن والعزل الداخلي للمحول.

- التوتر السطحي من الفحوصات المهمة والتي تكشف عمر الزيت وكمية الاستهلاك فيه نتيجة وجود مركبات قطبية والتي تعمل على إتلاف المحول من الداخل.

الفحوصات الكهربائية :

A- فحص العازل الكـــــــــهربائي يعتبر هذا الفحص الرئيسي في المحولات الكهربائي حيث يتم من خلاله معرفة مقدرة تحمل الزيت للحمل الكهربائي قبل الانهيار حيث يجب أن يكون الزيت قادرا على تحمل الإجهاد الكهربائي ويتم تحديد جهد الانهيار طبقا للمواصفات القياسية ويجب أن لا يقل عن 30 كيلو فولت

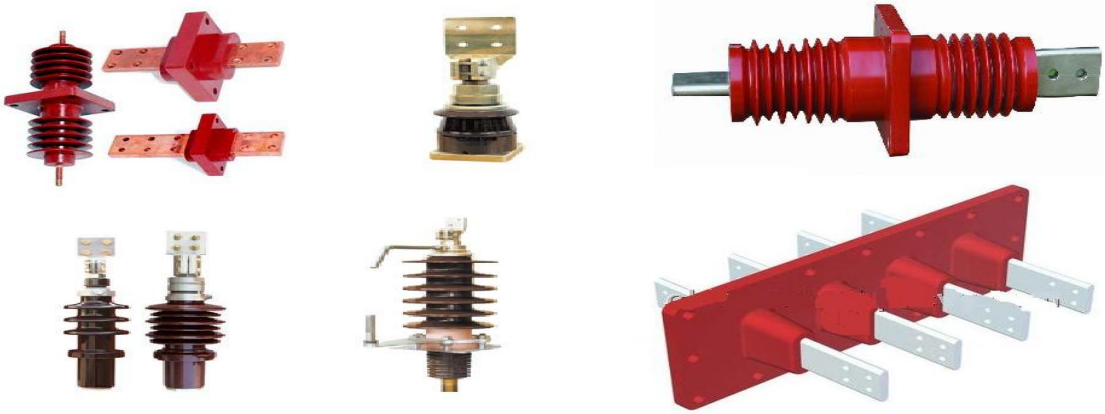
B- فحص نسب الغازات الذائبة في زيوت العزل يعتبر هذا الفحص من أهم الفحوصات التي تجري على زيوت العزل الكهربائية وذلك لقياس نسب الغازات الذائبة في الزيت ويدل وجود كل غاز من الغازات المتوقع ظهورها في الزيت الى وجود مشكلة حقيقية خاصة غازي الهيدروجين والاستيلين حيث يجب

اخذ عينة من زيت المحول قبل وضعه المحول في الخدمة، طبقا لما جاء بالمواصفات القياسية العالمية وإجراء التحليلات الكيمائية بما فيها الغازات الذائبة بالزيت والقياسات الكهربية بالجهد المتردد، وتسجيل هذه النتائج كقيم رجعية ثم يتم أخذ عينات دورية كل سنة ومقارنة النتائج التي تم الحصول عليها بالقيم المرجعية للمحول. ويجب أن تكون هذه

النتائج قريبة من النتائج السابقة للاطمئنان على حالة المحول، وفى حالة وجود زيادة مفاجئة في قيم أحد الغازات يجب أخذ عينة بعد فترة قصيرة للتأكد من حالة المحول.
في حالة استمرار الارتفاع في قيم الغازات، يلزم إجراء تكرير للزيت أو تغييره وإعادة أخذ عينات دورية وتحليلها. اما لو ارتفاع قيم غاز الاستلين بصورة ملحوظة وتكرار ذلك في القياسات، يلزم فصل المحول والكشف عليه وإجراء القياسات الكهربية وقياسات التفريغ الجزئي ومقارنتها بالقيم الأولية للحكم على حالة المحول

5- عوازل الاختراق (أطراف التوصيل) (Bushings (Terminals

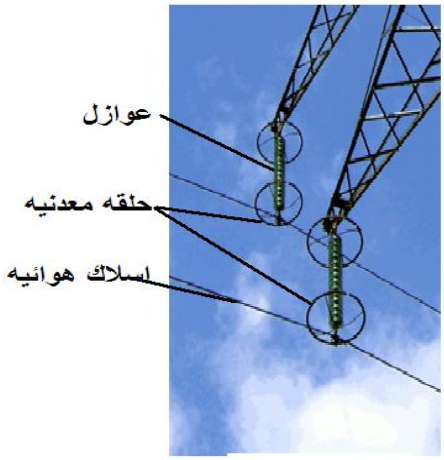
تعرف العوازل بانها مادة غير موصله للكهرباء تستخدم كدعامة لموصل كهربائي حيث يتم عن طريقها توصيل أطراف الملفات من داخل المحول إلي الخارج بدون حدوث تلامس مع جسم المحول حيث يتم إخراج أطراف الجهد العالي A, B, C, وكذلك أطراف الجهد المنخفض a, b, c, n بعناية وترتيب بحيث تكون بعيدة عن القلب الحديدي أو خزان المحول وتخرج هذة الأطراف من خلال عوازل اختراق تستخدم لتوصيل أطراف الملفات من داخل المحول إلي خارج المحول حيث يسهل ربطها بالكبلات ونجد ان تلك العوازل على شكل مظلات فوق بعضها البعض والهدف منها جعل المسافة التي يقطعها التيار المتسرب خلال سطح العازل أطول ما يمكن ومن ثم تكون المقاومة السطحية للتيار اكبر ما يمكن لتقليل التيارات المتسربة والإشكال الآتية توضح صورة العوازل.



أما في حالة محولات الجهد العالي أو الأبراج الهوائية تضيف حلقه معدنية بالقرب من نهاية أطراف العازل لكي لا يحدث أرتفاع قيمة المجال الكهربائي إلي القيمة التي تؤدي إلي حدوث

ظاهره الكورونا نتيجة لحدوث تفريغ كهربائي في الهواء بين الأطراف ذات الجهد العالي وجسم المحول تودي إلي انهيار تام للعازل بين الأطراف ألحامله للتيار وجسم المحول

محول قدره



الابراج الهوائيه

انواع عوازل الاختراق وفقا للجهد

يتم استخدام عوازل ايبوكسى (Epoxy resin) حتى جهد 36 ك ف
يتم استخدام العازل الزيتي (Oil-impregnated)حتى جهد 1200 ك ف
يتم استخدام عازل Resin Impregnated Paper في محولات القدرة

تيار عوازل الاختراق

وتحسب قدرة عازل اختراق المحول بحيث ان لا تقل عن 1.2 من تيار المحول
تيار العازل = 1.2 * تيار المحول

فائدة عوازل الاختراق

1- مرور أطراف التوصيل خلالها بسهولة
2- عزل أطراف التوصيل عن جسم المحول
3- قدرتها على تحمل الصدمات الميكانيكية والصواعق الجوية

تصنيف عوازل الاختراق للمحول

1- انواع عوازل الاختراق من حيث النوع

1- عوازل الاختراق الصيني وهو عازل البور سلين ويستخدم لمحولات التوزيع
2- عوازل الاختراق ذات الزيت الدوار ويستخدم لمحولات القدرة ألمتوسطه
3-عوازل الاختراق ذات المكثفات ويستخدم لمحولات القدرة العالية

عازل بورسلين

عازل مملوءه بالزيت

عازل من نوع المكثف

2- انواع عوازل الاختراق من حيث الجهد المستخدم:

تختلف أطراف التوصيل باختلاف الضغط المستخدم
1- الضغط المنخفض تكون من البور سلين الصلب (الصيني)
2- الضغط العالي تكون من الصيني المملوءة بالزيت

3- الضغط العالي جداً (الفائق) تكون أطراف مكثفات

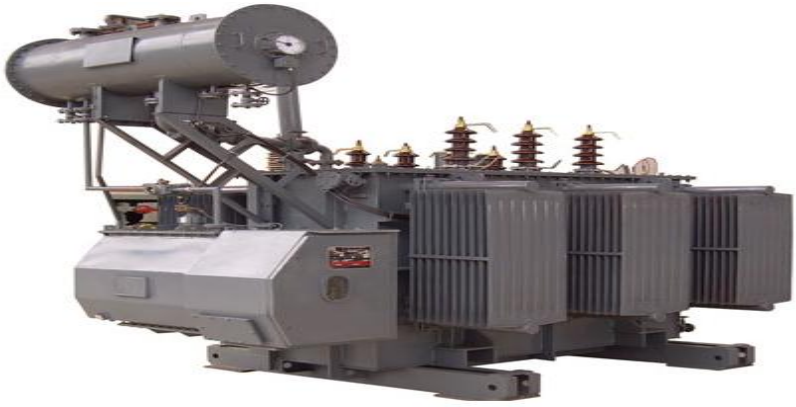
3- انواع عوازل الاختراق من حيث نوع التوصيلات (البوشنج)

- توصيل من خلال كابلات

ففي حالة توصيل المحول بكابلات أرضية تستخدم صندوق نهاية مثبت في جانب المحول بالمحول. يطلق عليها بوشنج تعمل على ربط الكابل الخارجي بالملف الداخلي للمحول. أما في حالة توصيل المحول مباشرة بالخطوط الهوائية تكون أطراف التوصيل على سطح المحول .

- في حالة التوصيل بخطوط هوائيه

من حيث أطراف التوصيل(البوشنج) تكون خارجية على سطح المحول كما بالشكل



4- من حيث مكان وضع المحول :

تكون أطراف التوصيل مخروطية الشكل عند التركيب في داخل المبنى و تكون أطراف التوصيل ذات مظلات حماية من الأمطار و الأتربة في حالة التركيب خارج المبنى.

خارجيه

على سطح المحول

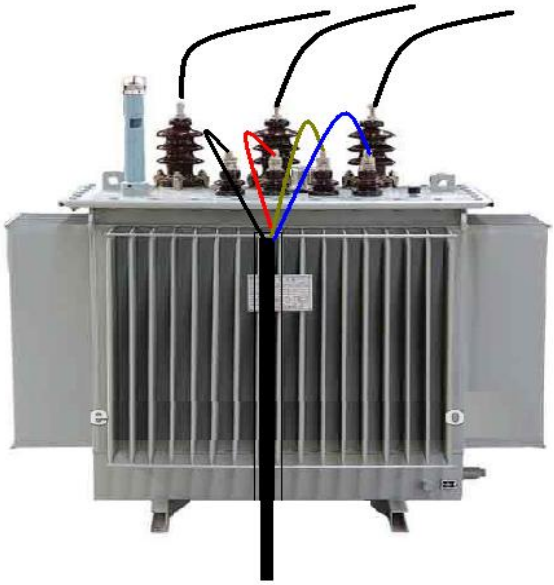
داخليه

داخل صندوق الكبلات

أحيانا يوصل محول التوزيع من خلال عوازل اختراق خارجية حيث يوصل بالخط الهوائي عن طريق جمبر وأحيانا يتم توصيل بعوازل اختراق داخل صندوق كابلات مغلق

الجدول القادم يوضح ان الجانب الابتدائي للمحول يتم ربط فيه كابلات ثلاثيه الأوجه بجهد تشغيل 11 ك ف وفقا لقدرة المحول وايضا عدد الاوجة

قدرة المحول	الأمبير	عدد الأوجه	حجم الكابل	نوع الموصل
100	5.2	3	25	ألمونيوم
250	13.1	3	35	ألمونيوم
500	26	3	35	ألمونيوم
1000	52.5	3	35	المونيوم
1500	78.5	3	95	المونيوم
2000	105.2	3	95	المونيوم



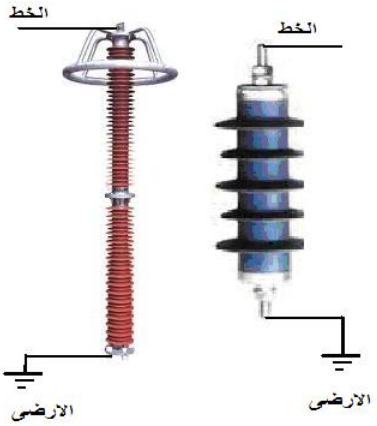
أما الجانب الثانوي لمحول التوزيع يتم ربط فيه كابلات أحاديه الوجه أو رباعيه الوجه بجهد تشغيل 415 فولت وفقا لقدرة المحول والجدول الآتي يوضح حجم كل كابل وفقا إلي قدرة المحول

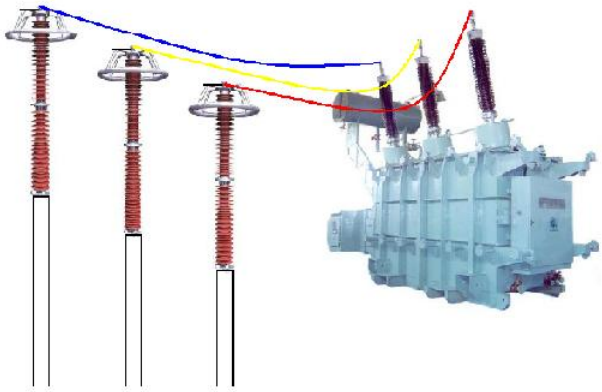
قدرة المحول	الأمبير	عدد كابلات خط التعادل	حجم الكابل	عدد الأوجه	نوع العزل	نوع الموصل	عدد كابلات كل فاز
250	333	0	185	4	xlpe	نحاس	0
500	666	4	630	1	xlpe	نحاس	1
1000	1333	7	630	1	xlpe	نحاس	2
1500	2000	11	630	1	xlpe	نحاس	3
2000	2666	14	630	1	xlpe	نحاس	4

6- مانعة الصواعق

يتم حدوث في بعض الأحيان زيادة في الجهد عن الطبيعي بسبب عدة أسباب واهم سبب هو حدوث الصواعق الكهربائية وأيضا نتيجة لتشغيل وفصل الدوائر الكهربائية في الأماكن ذات الجهد العالي ينتج ما يسمى تيار البدء العالي حيث تصل قيمته إلي عدده إضعاف قيمة التيار

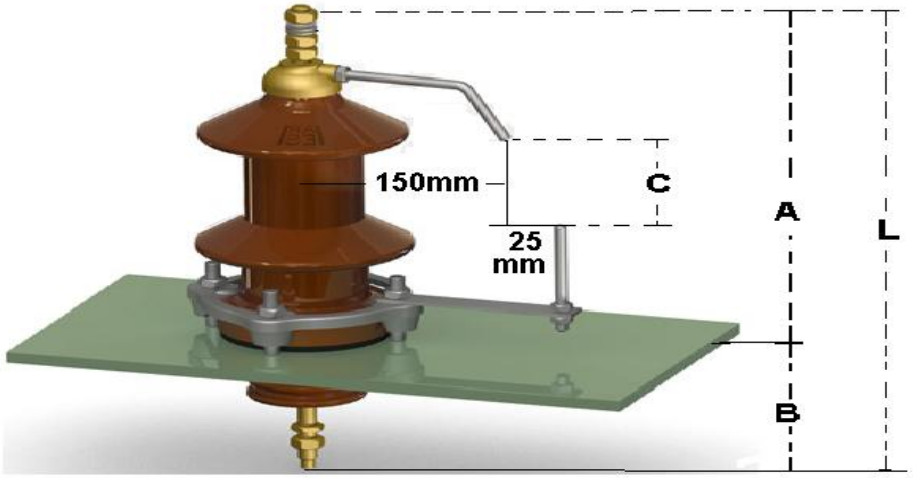
الطبيعي لمدة قصيرة و هذة التيارات العالية تضر بأغلب الأجهزة الكهربائية مثل المحولات إذ قد تسبب حدوث إضرار بالعوازل مما ينتج عنها بعض الحرائق ولكي نتجنب حدوث ذلك أو بمعنى اصح التقليل من تلك التيارات العالية فلا بد من وجود طريقة للحد من هذة التيارات العالية بتحويلها إلي الأرض بدلا من وصولها إلي المحول ويتم ذلك عن طريق استخدام مانعات الصواعق التي هي عبارة عن مقاومة غير خطية تتغير قيمتها بتغير الفولتية حيث كلما زادت الفولتية تقل قيمة المقاومة إلي ان تصل إلي الصفر ويتم إمرار التيارات من خلالها إلي الأرض ويجب ان تكون مصممة بحيث تعمل عند أقل قيمة تؤدى إلي انهيار العزل للمعدة المراد حمايتها. وموقعها يجب ان تكون قريبة من المحول قدر الأماكن .





7- الفجوة الشرارية : Rod Gap

تستخدم هذة الفجوة لحماية العوازل من الفولتية العالية خلال الصواعق إذ تعمل على تفريغها بين طرفيها حيث تتكون من طرفين احدهما موصول بالفولتية العالية والأخر بالأرض.



جدول يوضح إبعاد الفجوة الشرارية

الابعاد / الجهد	جهد 12 ك ف	جهد 24 ك ف	جهد 36 ك ف
A	310	385	485
B	117	132	132
C	70	100	200
L	427	517	617

8- مبينات درجات الحرارة

نتيجة لمرور التيار داخل المحول يؤدى ذلك إلي أرتفاع في درجة حرارة الزيت وتنتقل تلك الحرارة إلي جسم المحول ويجب ان لاتزيد تلك الحرارة عن قيم معينة حتى لا تؤدى إلي حدوث تلف للمواد العازلة بداخل المحول لذلك يتم تركيب اجهزة بيان لمعرفة درجات الحرارة وهى

A - مبين درجة حرارة الزيت

هو عبارة عن ترمومتر يستخدم لبيان درجة حرارة المحول حيث من المهم جدا متابعة درجة حرارة المحول حتى لا ترتفع عن الحدود المسموح بها فيعمل على احتراق المحول وهو يتكون من انتفاخ مغمور في الزيت به غاز له معامل تمدد كبير والغاز يصل من الانتفاخ إلي المؤشر ونقط التلامس بواسطة انبوبة ويتحكم الجهاز في مجموعتين من نقط التلامس الزئبقية ويمكن ضبطه على درجة حرارة معينة تعطى الانذار ودرجة الحرارة الثانية تعطى الفصل أو ممكن تعطى الأمر بتشغيل وسائل تبريد عند أرتفاع درجة الحرارة ويجب تركيب جهاز قياس بحيث يمكن فكه دون انخفاض مستوى الزيت في المحول وأيضا يجب ان يكون القرص المدرج للأرقام مقاوم للطقس وعوامل التعرية وهذا القرص يزود بمؤشرين احدهما خاص بدرجة الحرارة الحالية والمؤشر الآخر يوضح أعلى درجة حرارة يمكن الوصول إليها حسب الحمل المسحوب بعد آخر عملية ضبط وطبعا لابد من وضع الجزء الحساس في اسخن منطقة للزيت.

1- في حالة محولات التوزيع أقل من 5 ميجا فولت أمبير

يثبت مبين درجات الحرارة على السطح العلوي للمحول كما بالشكل القادم

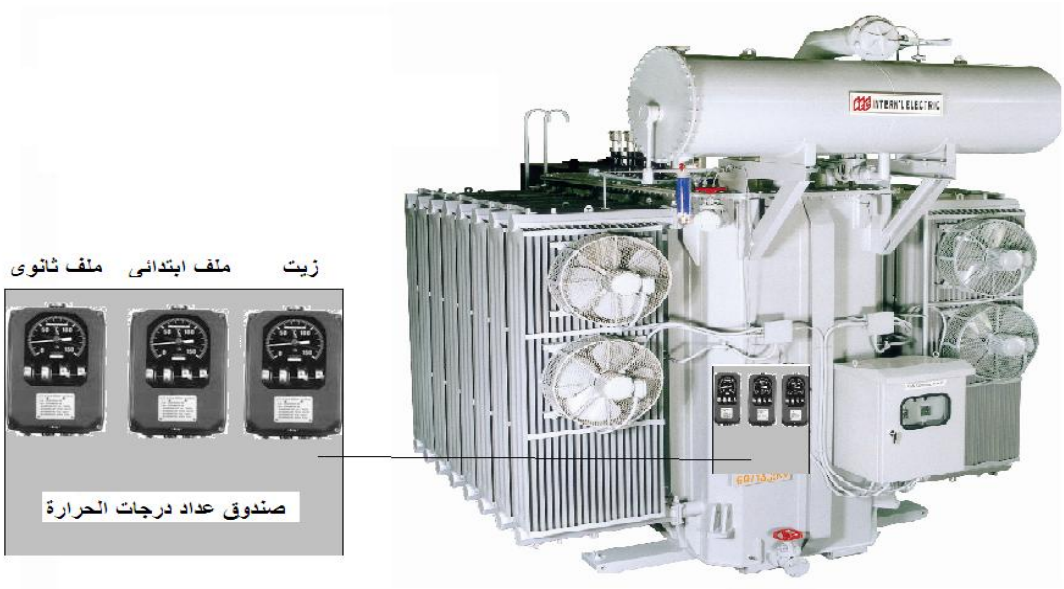
قياس درجة حرارة الزيت

2- في حالة المحولات اكبر من 5 ميجا فولت أمبير

يتم تركيب صندوق على جسم المحول يحتوى بداخله على 3 عدادات لقياس درجة الحرارة الملفات حيث يكون أول عداد خاص بمراقبة درجة حرارة الزيت والعداد الثاني خاص بمراقبة درجة حرارة الملف الابتدائي والعداد الثالث خاص بمراقبة درجة حرارة الملف الثانوي

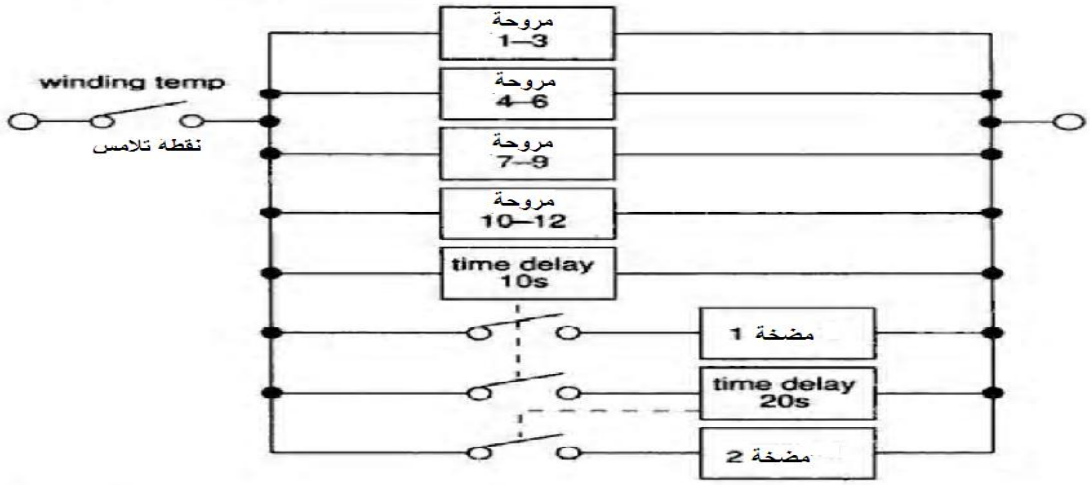
جدول يوضح درجة الحرارة

الملفات :	65° : عندما يكون دورة الزيت طبيعية أو جبرية و غير موجهة . الزيت:ورة الزيت جبرية موجهة .
الزيت :	60° : إذا كان المحول مجهز بخزان تمدد . 55° : الحديدي:لمحول غير مجهز بخزان تمدد .
القلب الحديدي : و الأجزاء المعدنية	درجة الحرارة لن تصل (بأي حال من الأحوال) إلي الحد الذي يؤثر على القلب الحديدي .



B- مبين درجة حرارة الملفات

أما الجهاز الخاص بقياس درجة حرارة الملفات فهو مثل الجهاز المستخدم لقياس درجة حرارة الزيت إلا ان الانتفاخ يتأثر بحرارة الزيت بالإضافة إلي الحرارة الناتجة من مقاومة يمر بها تيار يتناسب مع التيار المار بالمحول وبذلك تكون الحرارة المؤثرة ليست حرارة الزيت وحدها وانما حرارة الملفات وعليه ثلاثة مجموعات من التلامسات الأولى تضبط على50 درجة لتشغيل المراوح والثانية تعطى صوت الانذار عند درجة حرارة 70 درجة مئوية والثالثة تعطى الامر بفصل القاطع الالى للمحول عند وصول درجة الحرارة الي 100 درجة مئوية وفى انواع أخرى مجهزة بنقاط تلامس تعمل على تشغيل مجموعات من التلامسات لتشغيل عدد من المراوح على فترات ثم تشغيل مضخة تبريد ثم يعطى صوت الانذار ثم بعد زمن يعمل على فصل للمحول بإعطاء الأمر بفصل القاطع الآلي حيث نجد ان في الانواع الصغيرة من المحولات المملؤة بالزيت يقوم الزيت بحمل التيار الحراري الطبيعي من الوسط العازل إلي جوانب الخزان الرئيسي وإذا لم يكن سطح الخزان كافيا لتخلص من هذة الحرارة يتم تركيب انابيب أو راديتر بالخزان الرئيسي حتى يزيد مساحة سطح التبريد للزيت وإذا لم يكن ذلك كافي لحدوث التبريد للزيت يتم استخدام مراوح على مراحل متعددة وإذا لم يتحقق التبريد من ذلك يتم استخدام طلمبات ماء لتبريد الراديتر عن طريق استخدام خاصية التبادل الحراري



الحدود المسموح بها لدرجه حرارة المحول

ان المحولات الكهربائية تصمم بطريقة انها تتحمل التغير في درجات الحرارة في حالة التحميل حيث يوجد هناك حدود لارتفاع درجة حرارة الملفات والزيت بحيث لا تتعدى تلك الحدود حالة التشغيل الطبيعية للمحول فمثلا درجة حرارة الجو المحيط بالمحول تكون في حدود 40 درجة مئوية ودرجة حرارة الزيت الطبيعية هي 50 ودرجة حرارة الملفات في حالة التشغيل الطبيعي تكون 55 درجة مئوية فيتم ضبط أقصى درجة حرارة عن طريق بعض الاجهزه المساعدة لتامين التشغيل الطبيعي للمحول حيث يتم ضبط مبينات درجة الحرارة على جسم المحول كالتالي- :

أولا درجة الحرارة المسموح بها للزيت

ان حرارة الزيت ممكن ان تصل إلي 50 + 35 = 85 درجة مئوية ولذلك توجد مرحلتين للحماية وهما المرحلة الأولى يعطى انذار صوتي عند 80 درجة مئوية وإذا استمرت درجة الحرارة في الارتفاع فيتم فصل المحول عند 90 درجة مئوية

ثانيا درجة الحرارة المسموح بها للملفات

ان درجة حرارة الملفات ممكن ان تصل إلي 65 + 40 = 105 درجة مئوية ولذلك توجد عدد من مراحل التبريد حيث يتم تشغيل المرحلة الأولى من المراوح عند درجة 55 مئوية وإذا استمرت درجة الحرارة بالارتفاع يتم تشغيل المرحلة الثانية من مراوح التبريد عند 60 درجة مئوية وإذا استمرت درجة الحرارة في الارتفاع يعطى انذار صوتي عند درجة حرارة 90 درجة مئوية ويتم فصل المحول عند 100 درجة مئوية

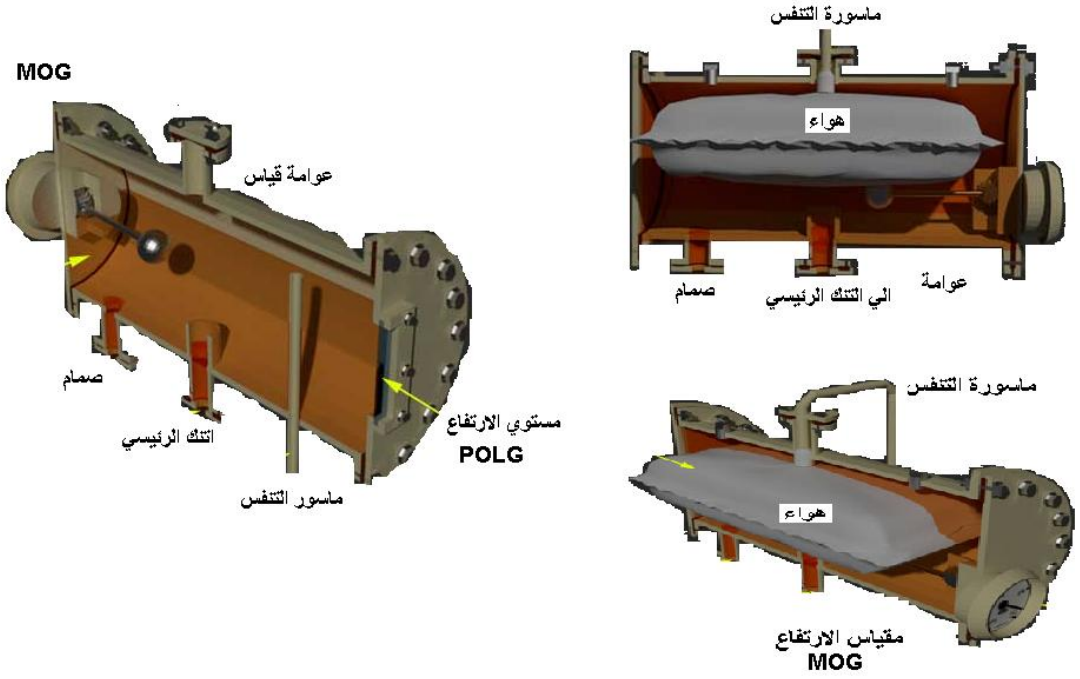
وعموماً فان أرتفاع حرارة المحول يرجع إلي الأسباب الآتية وهي:

١ -زيادة الأحمال على المحول.

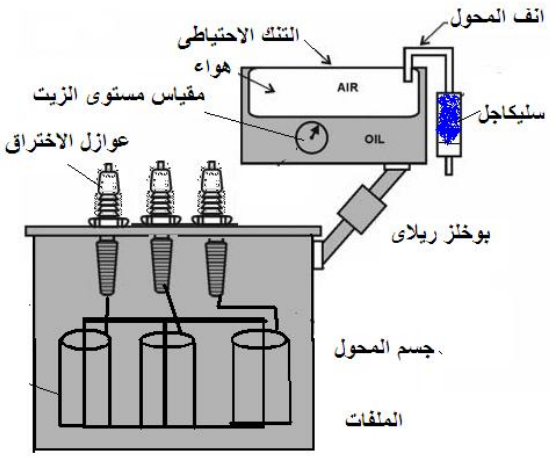
٢ -أرتفاع حرارة الجو خاصةً صيفاً. لذا يلزم مراجعة مراوح التبريد لتشغيلها عند البدء في أرتفاع الحرارة أو زيادة الأحمال ، وفى حالة استمرار أرتفاع الحرارة يتم أبلاغ قسم الصيانة

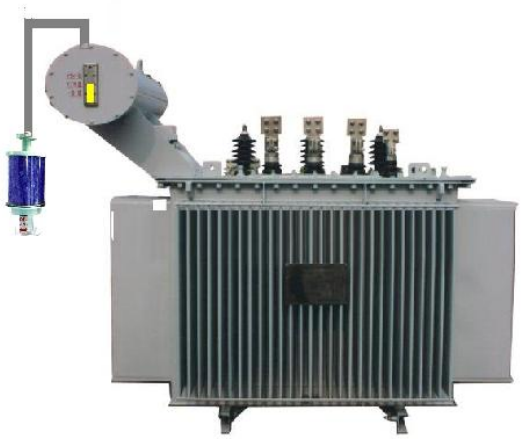
9- الخزان الاحتياطي (Conservator)

يكون على شكل أسطواني و حجمه 10% من حجم الخزان الرئيسي و يتم تركيب مبين مستوى الزيت و جهاز التنفس عليه و يتصل بخزان التمدد بواسطة ماسورة تتصل بخزان التمدد أعلى بعض الشيء من قاع خزان التمدد و يعمل على توازن الضغط داخل الخزان (ضغط الزيت) و خارجه (الضغط الجوي) والشكل القادم يوضح الخزان الاحتياطي من الداخل



و عند تشغيل المحول على الحمل الكامل فانة تبعاً لخصائص الزيت الطبيعية يتمدد و يزيد حجمه و قد وجد عملياً انه يمكن ان يزيد الحجم بنسبة 8% عند التحميل الكامل مع أقصى درجة حرارة محيطة و على ذلك لا يمكن ملئ الخزان بالكامل بالزيت و لكن يكون أرتفاع الزيت حوالي 30% من أرتفاع خزان التمدد للسماح بتمدد الزيت .ويبدأ تركيب الخزان الاحتياطي في المحولات اكبر من 500 ك ف ا وهذا الخزان يضمن ان يكون التنك الرئيسي للمحول مملئ بالزيت





10- مبين مستوى الزيت :(Oil level indicator)

هذا الجهاز يستخدم ليوضح لنا مستوى الزيت داخل المحولات ويجب ملاحظه هذا المؤشر باستمرار حيث قد يؤدى هبوط مستوى سطح الزيت إلي حدوث شرارة داخليه ممكن تؤدى إلي احتراق المحول إذا لم يتم تصحيح وأضافه زيت للمحول وأحيانا يتم وضع جرس تحذير يعمل مع هذا المؤشر بحيث يعطى صوت تحذير إذا انخفض مستوى سطح الزيت عن حد معين حيث يتم التأكد من ان مستوى الزيت في الارتفاع بين العلامة السفلية و العلامة العلوية الموجودة ويتم تركيب مبين مستوى الزيت على جسم المحول الخارجي أو على خزان الاحتياطي

يوجد منه نوعان :

أ – انبوبة زجاجية POLG.

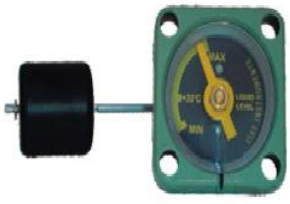
ب – مؤشر ذو عوامة MOLG.

و هو عبارة عن مؤشر يتصل بعوامة داخل الزيت و تكون ثابتة على السطح العلوي للزيت وبالتالي يمكن معرفة مستوي الزيت من المبين.مؤشر المجود على المبين .

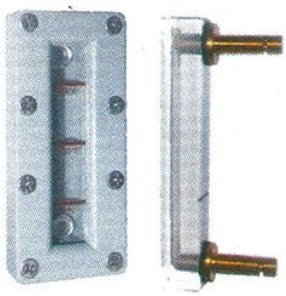
*فإذا كان المؤشر علي المنطقة الحمراء العليا دل ذلك علي ان مستوى الزيت أعلى من اللازم.

*وإذا كان على المنطقة الحمراء السفلي دل ذلك علي ان مستوى الزيت أقل من اللازم.

* وإذا كان على المنطقة الخضراء الوسطى دل ذلك علي ان مستوى الزيت مناسب.



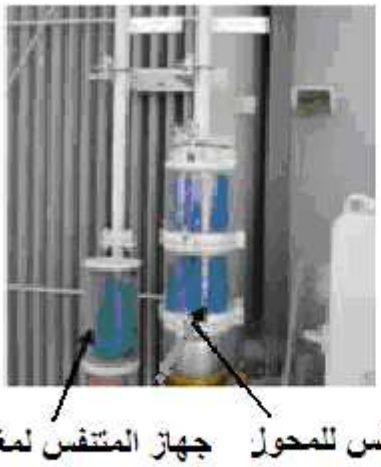
مقياس باستخدام العوامة
MOLG



مقياس الانبوبة الزجاجية
POLG

11- جهاز التنفس : (Breather)

يعتبر هو الجهاز التنفسي للمحول الذي يستنشق منه الهواء حيث نتيجة لانخفاض مستوى الزيت في التنك الاصلى للمحول يتم تعويضه أوتوماتك عن طريق سحب الزيت من التنك الاحتياطي فيزيد حجم فراغ الهواء الموجود به لتعويض ذلك النقص يتم سحب بعض الهواء من الخارج عن طريق جهاز التنفيس والذي يتكون من جزئين يركبان فوق بعضهما كما توضحها الصور القادمة



جهاز التنفس للمحول (المتنفس)

A-الجزء السفلى

عبارة عن انبوبه اسطوانية معدنية أو زجاجيه لا يتجاوز طولها 10 سم مملوءة بكمية صغيرة من الزيت في أسفل الاناء بها فتحه صغيره تسمح بخروج الهواء من المحول أثناء تمدد الزيت و كذلك دخول الهواء للمحول أثناء انكماش الزيت والهدف من الزيت الموجودة بأسفل الاناء هو تنقية الهواء الداخل للمحول من الشوائب و الأتربة

B-الجزء العلوى.

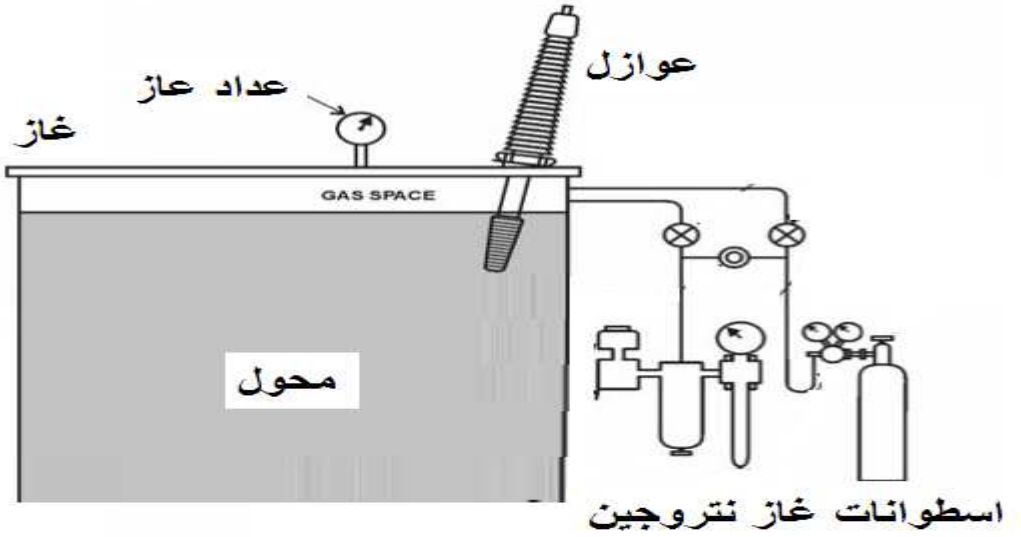
عبارة عن انبوبه اسطوانية معدنية أو زجاجيه طويلة مملوءة بماده الملح البلوري(السيليكاجيل) حيث يقوم الملح البلوري بامتصاص الرطوبة الموجودة بالهواء أثناء دخوله للمحول و بالتالي يمنع الرطوبة من الوصول لزيت المحول .

الوان الأزرق هو لون السيليكاجيـل الطبيعي

اللون الوردي هو لون مادة السيليكاجل المشبعة بالرطوبة و يجب تغيرها أو التجفيف في فرن مفتوح درجة حرارتة من 150° : 200 ° م حتى تستعيد اللون الأزرق مرة أخرى .

اللون الأبيض هو لون مادة السيليكاجيل المشبعة بالرطوبة و تم تجفيفها عدة مرات وبالتالي لم تعد صالحة.

اللون الأسود هو لون مادة السيليكاجيل المشبعة بالزيت ولا تصلح لإعادة التجفيف و يتم تغيرها و كما يمكن ايضا استخدام أسطوانات غاز النيتروجين لملاء حيز التنك الاحتياطي بغاز النيتروجين لمنع تلامس الهواء مع الزيت



12- محبس سفلي :

توضع أسفل تنك المحول لسحب الزيت من المحول لتغيره أو سحب عينة من الزيت للاختبار .

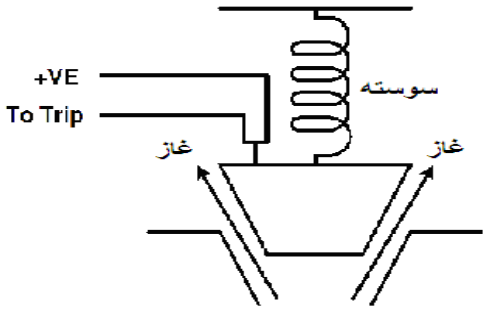
13- طبه عليا:

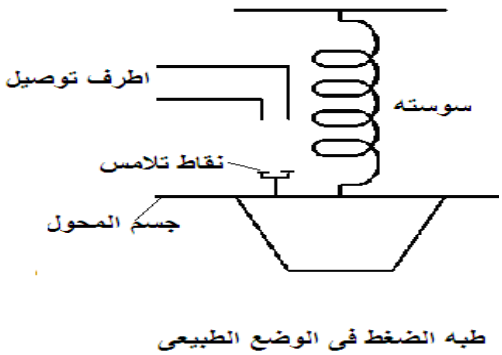
تكون موجودة في أعلى خزان التمدد و يتم تزويد الزيت للمحول من خلالها.

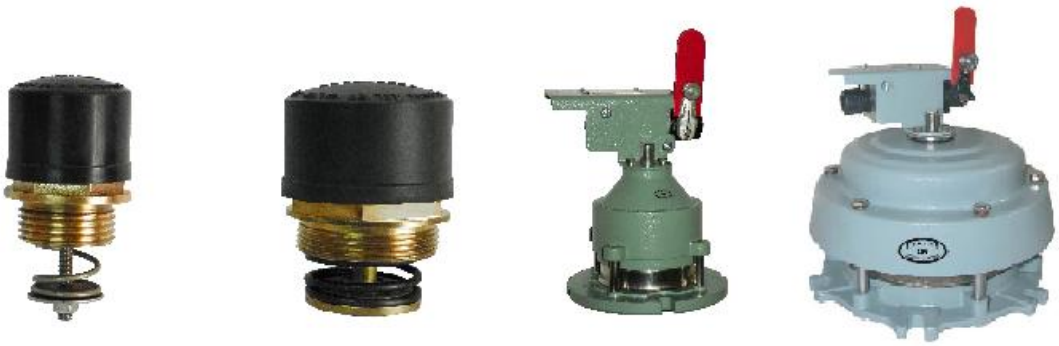
14- جهاز الحماية من الضغط

A- مخفف الضغط

هو عبارة عن جهاز يثبت على السطح العلوي للخزان الرئيسي للمحول وهو عبارة عن زنبركي مضغوط بضغط معين مزود بمانع تسرب ونقط تلامس ويعمل عند زيادة الضغط داخل تنك المحول نتيجة لارتفاع درجة حرارة الزيت أو أي سبب آخر فتتولد قوة دفع اقوي من قوة ضبط الزنبرك فيتحرك لأعلى ويعمل على ملامسه نقط تلامس لتعطى انذار أو فصل قاطع المحول مباشرة وبعد أزاله سبب الضغط يعمل على أعاده صمام الضغط يدويا





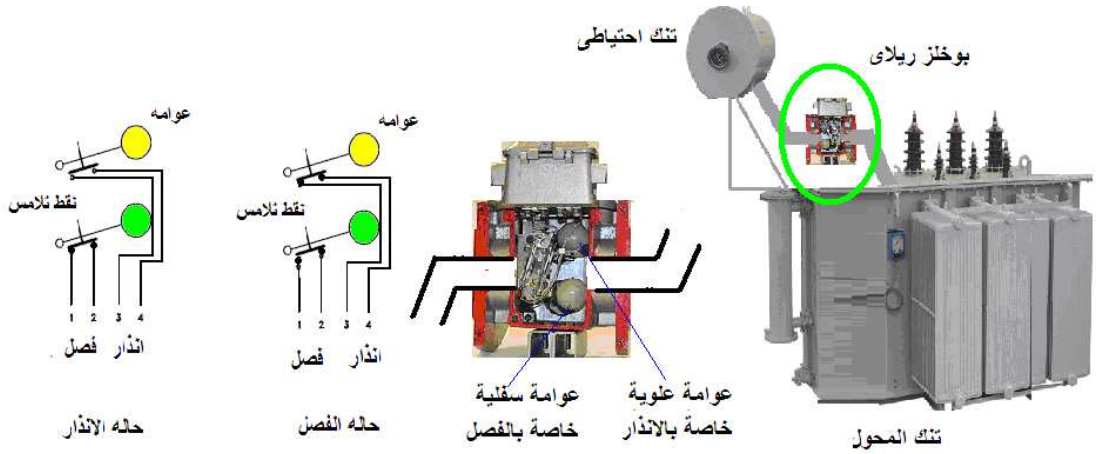


B - جهاز الحماية من الضغط اللحظى: Sudden Pressure Relay

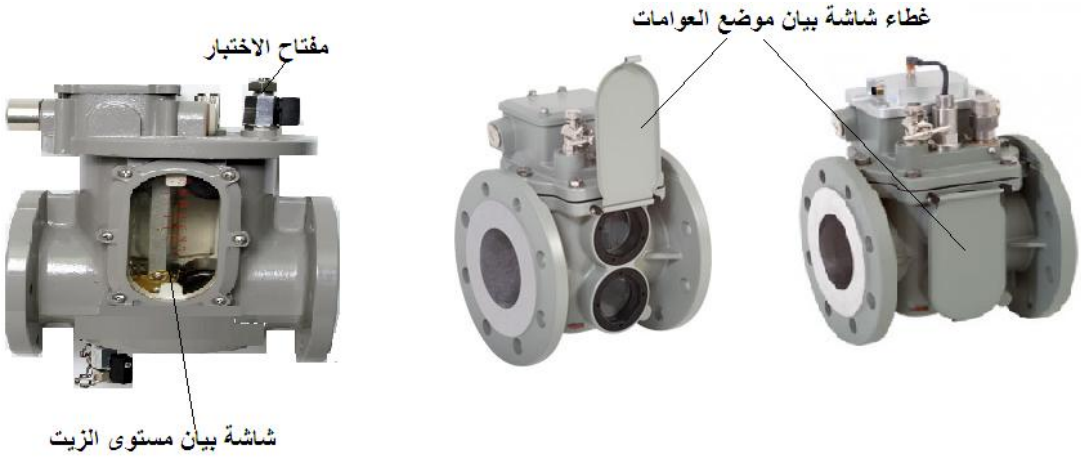
والهدف من هذا الجهاز هو التحذير إذا حدث زيادة لحظية في الضغط داخل المحول, إذ ان الجهاز حساس جدا و يستجيب لارتفاع الضغط حتى لو كان صغيرا. فإذا حدث تغير بسيط للضغط داخل المحول ناشئ عن عطل صغير فان الجهاز يعمل أي يرسل إشارة انذار على عكس جهاز تنفيس الضغط إذ انه يعمل إذا كان التغير في الضغط كبيرا ناشئ عن عطل كبير أدى إلي غليان الزيت و تكوين الفقاعات

15- متمم بوخلز : (Buchlez)

ويوجد ضمن مكونات خزان التمدد ويعتبر البوخلز احد انواع الحماية الميكانيكية للمحول حيث يعمل على حماية المحول من المشاكل التي تحدث داخل المحول مثل الغليان او نقص الزيت ويتكون البوخلز ريلاى من عوامتان يركبان في أوضاع معينة فعند انخفاض مستوى الزيت او عند حدوث أرتفاع غليان الزيت نتيجة حدوث شي غير طبيعي بداخل المحول حيث تصل الغازات إلي كمية معينة تعمل على الضغط على العوامة الأول لتلامس نقاط الاتصال مع بعضها فتعطى انذار اما لو استمرت نسبة زيادة الغازات أكثر يؤدي ذلك للضغط على العوامة الثانية السفلية ويحدث تلامس لنقاط الاتصال مع بعضها فيعطى الأمر بفصل القاطع الآلي مباشرة و من المهم جدا عدم تنفيس البوخلز ريلاى للتخلص من الغازات الموجودة بداخله ، بل يجب أخذ عينة من هذة الغازات وفحصها من أجل تحديد نوع العطل الحاصل داخل المحول تمهيداً لإصلاحه ان وجد بحيث إذا كان لون الغاز ابيض أو اصف يعني ذلك وجود احتراق لمادة العزل أما إذا كان اللون رماديا يكون هنالك احتراق للزيت
وسوف نتحدث عنة بالتفصيل في باب وقاية المحول)

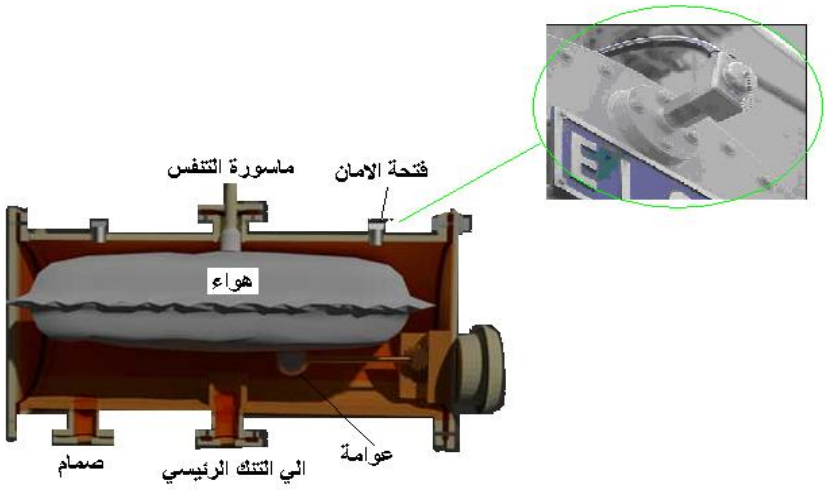


كما يحتوى جهاز البوخلز ريلاى على شاشة بيان توضح منسوب مستوى الزيت داخلة وأيضا أحيانا يحتوى على شاشة توضح أماكن العوامتين والصورة القادمة توضح ذلك



انبوبة قذف الزيت: Bladder Relay

لزيادة الحماية يتم تركيب جهاز يعمل كحماية ثانوية لجهاز البوخلز و جهاز تخفيف الضغط بحيث إذا فشلت الأجهزة في الاستجابة للعطل فان هذا الجهاز يعمل على قذف الزيت أو الغازات للتخفيف من الضغط وهو عبارة عن فتحة تركب على الخزان الاحتياطي للمحول و تغلق بواسطة شريحة زجاجية (غشاء) . فعند حدوث خطاء تزيد كمية الغازات بالخزان و تضغط على الشريحة الزجاجية فتكسرها وتخرج إلي الجو الخارجي وكذلك الزيت الزائد



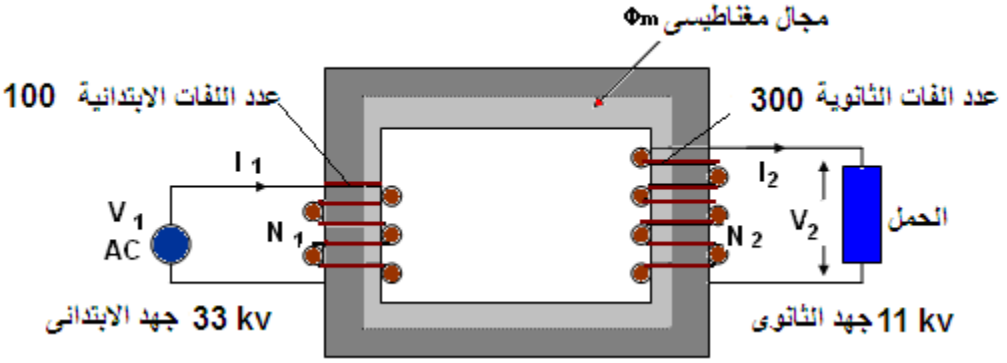
16- مغير الجهد

هو أحد العناصر الرئيسية في المحولات والتي لها علاقة مباشرة مع الملفات
وهو جهاز يعمل على تنظيم وتغير الجهد على أطراف الجانب الابتدائي للمحول للعمل على ثبات الجهد على أطراف الجانب الثانوي للمحول ويتم ذلك عن طريق تغير عدد اللفات في الملف الابتدائي بالزيادة أو النقصان لكي يثبت جهد الملف الثانوي عند القيمة المطلوبة وذلك اعتمادا على القانون الذى يتم من خلالة تصميم المحول وهو

$$\frac{\text{الجهد الابتدائى}}{\text{الجهد الثانوى}} = \frac{\text{عدد اللفات الابتدائية}}{\text{عدد اللفات الثانوية}} = \frac{\text{تيار الملف الثانوى}}{\text{تيار الملف الابتدائى}}$$

$$\frac{V1}{V2} = \frac{N1}{N2} = \frac{I2}{I1}$$

فمثلا محول قدرة يعمل على جهد 33 / 11 ك ف فلو انخفض جهد الدخول من33 ك ف إلي 30 ك ف بمقدار 1% من القيمة الاسمية فيصاحب ذلك ايضا حدوث نفس قيمة الانخفاض على الجانب الثانوي حيث يكون جهد الخروج على الجانب الثانوي هو 10.8 ك ف بدلا من 11 ك ف لذلك نحتاج إلي رفع الجهد بنسبة معينة ليكون الجهد هو 11 ك ف وتحسب تلك النسبة بقسمة 10.8/11 = 101% فلابد من زيادة هذة النسبة حتى يصبح جهد الخروج 11 ك ف فبذلك يتم الحصول على الجهد ولكن كيف يتم الحصول على تلك الزيادة للجهد على الملف الثانوي وحتى نوضح ذلك يكون من خلال المثال الاتى حيث يوجد محول يعمل على جهد 11/33 ك ف وعدد لفات الملف الأبتدائي هو 100 لفة وعدد لفات الملف الثانوي هو 300 لفة فماذا يحدث إذا تم انخفاض جهد الدخول من 33 ك ف إلي 30 ك ف أو تم زيادة جهد الدخول من 33 ك ف إلي 34 ك ف



سوف ننقاش ذلك في بعض الحالات المختلفة

الحالة الاول عند تغير جهد الملف الأبتدائى وتغير معه جهد الملف الثانوي

عند تغير الجهد الأبتدائي من 33 ك ف بالنقصان إلي 30 ك ف او بالزيادة إلي 34 ك ف

A - حالة الجهد الطبيعى عند33 ك ف

الجهد الثانوي = الجهد الأبتدائي * عدد لفات الملف الأبتدائي / عدد لفات الملف الثانوي

الجهد الثانوي = 33 * 100 / 300 = 11 ك ف

B - حالة زيادة الجهد إلى 34 ك ف

الجهد الثانوي = 34 *100 / 300 = 11.3 ك ف

C - حالة انخفاض الجهد إلى 30 ك ف

الجهد الثانوي = 30 *100 / 300 = 10 ك ف

من خلال النتائج السابقة يتضح لنا انة أي تغير في الجهد الأبتدائي يصاحبة نفس التغير في الجهد الثانوي سواء كان بالزيادة في الجهد أو بالانخفاض في الجهد

الحالة الثانية عند تغير جهد الملف الأبتدائي وثبات جهد الملف الثانوي

في تلك الحالة يكون جهد الملف الثانوي ثابت مهما تغير جهد الملف الأبتدائي ولكى يحدث ذلك لابد من وجود تغير يكافى تغير جهد الملف الأبتدائي وهذا التغير يكون اما في عدد لفات الملف الأبتدائي أو عدد لفات الملف الثانوي ونتيجة لان الملف الثانوي ثابت الجهد فيكون ايضا عدد لفات الملف الثانوي ثابتة العدد ولذلك يكون التغير في عدد لفات الملف الأبتدائي ولذلك يتم تصميم الملف الأبتدائي على هيئة ا قراص يتم الربط بينهما عند مجموعة نقاط حيث يمكن عمل زيادة في مساحة الاقراص يؤدى ذلك إلي زيادة المقاومة أو عمل تقليل في مساحة الاقراص يؤدى ذلك إلي تقليل المقاومة ونوضح ذلك الان من خلال المثال الاتى .

عند تغير جهد الملف الأبتدائي من 33 ك ف إلي 30 ك ف إلي 34 ك ف وفى نفس الوقت تكون قيمة الجهد على الملف الثانوي ثابتة عند 11 ك ف

A - حالة الجهد الطبيعى عند33 ك ف

عدد لفات الملف الثانوي = الجهد الأبتدائي * عدد لفات الملف الأبتدائي / الجهد الثانوي

عدد لفات الملف الثانوي = 33 * 100 / 11 = 300 لفة
B - حالة زيادة الجهد الأبتدائي إلي 34 ك ف مع ثبات الجهد الثانوي 11 ك ف
عدد لفات الملف الثانوي = 34 *100 / 11 = 309 لفة
C - حالة انخفاض الجهد الأبتدائي إلي 30 ك ف مع ثبات جهد الثانوي 11 ك ف
عدد لفات الملف الثانوي = 30 *100 / 11 = 272 لفة
من تلك النتائج السابقة يتضح لنا انة يمكن التحكم في جهد الملف الثانوي مهما تغير جهد الملف الأبتدائي عن طريق التحكم في عدد لفات الملف الأبتدائي فمثلاعند زيادة جهد الملف الأبتدائي نزيد عدد لفات الملف الأبتدائي أو عند انخفاض جهد الملف الأبتدائي يتم تقليل عدد لفات الملف الأبتدائي والغرض من ذلك هو الحفاظ على ثبات قيمة جهد الملف الثانوي

الحالة الثالثة وهى تغير جهد الملف الثانوي مع ثبات جهد الملف الأبتدائى

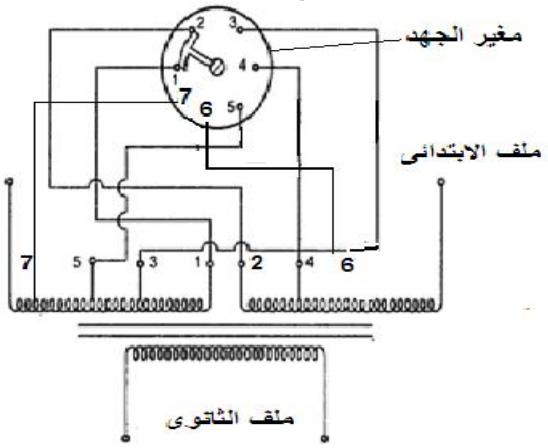
هذة الحالة هى نفس الحالة السابقة حيث التغير بين الجهود ولكى يحدث ذلك يتم عن طريق التغير في عدد اللفات نتيجة لزيادة الحمل
A - حالة الجهد الطبيعى عند33 ك ف مع جهد الثانوي عن 11 ك ف
عدد لفات الملف الثانوي = الجهد الأبتدائي * عدد لفات الملف الأبتدائي / الجهد الثانوي
عدد لفات الملف الثانوي = 33 * 100 / 11 = 300 لفة
B - حالة زيادة الجهد الثانوي إلي 12 ك ف مع ثبات الجهد الأبتدائي 33 ك ف
عدد لفات الملف الثانوي = 33 *100 / 12 = 275 لفة
C - حالة انخفاض الجهد الأبتدائي إلي 30 ك ف مع ثبات جهد الثانوي 11 ك ف
عدد لفات الملف الثانوي = 33 *100 / 10 = 330 لفة
من خلال النتائج السابقة يتضح لنا ان جهد الملف الثانوي يتناسب عكسيا مع عدد لفات الملف الثانى حيث بزيادة جهد الملف الثانوي تقل عدد اللفات وبانخفاض قيمة جهد الملف الثانوي تزيد عدد اللفات
من خلال كل ما سبق يتضح لنا ان الجهد يتغير بالزيادة والنقصان فلابد من وجود وسيلة تسهل لنا حرية التحكم في ذلك التغير وفقا لجهد الشبكة وايضا ممكن ان يحدث زيادة في التحميل على الشبكة قد تؤدى إلي انخفاض الجهد عند المستهلكين لذلك لابد من رفع قيمة الجهد لتناسب تشغيل الاجهزة عند المستهلكين ويتم ذلك عن طريق استخدام مفتاح يسمى مغير الجهد وهذا المفتاح لة نوعين وهما .
1- مفتاح مغير الجهد اليدوي(OFLTC) وهذا المفتاح يتم التعامل معة بدون الحمل أي لابد من فصل المحول عند تغير نقاط مغير الجهد ويكثر استخدام ذلك المفتاح عند استخدام محولات قدرتها اقل من 5 ميجا فولت أمبير .
2- مفتاح مغير الجهد الأتوماتيك(ONLTC) وهذا المفتاح يتم التعامل معة اتوماتيك في حالة وجود الحمل أي لا يتطلب فصل المحول عند تغير نقاط مغير الجهد ولكن هذا يحدث اتوماتيك ويكثر استخدام ذلك المفتاح عند استخدام محولات قدرتها اكبر من 5 ميجا فولت أمبير ولكن قبل مناقشة كل نوع لابد من توضيح اين يتم تركيب مغير الجهد لتنظيم جهد الملف الثانوي
1- يتم تركيب مغير الجهد علي جانب الملف الثانوي حيث في حالة عمل المحول علي الجهود العالية مثلا 132/220 او 66/132 ك ف حيث تكون قيمة جهد الملف الثانوي عالية ويكون عدد لفات الملف الثانوي كثيرة فيتم تركيب مغير الجهد علي الملف الثانوي
2-يتم تركيب مغير الجهد علي الملف الابتدائي والسبب في ذلك هو ان عدد لفات الملف الثانوي تكون قليلة نتيجة انخفاض قيمة جهد الملف الثانوي مثلا من 11/33 او 3.3/11 ك ف حيث يكون عدد لفات الملف الثانوي قليلة وفي هذة الحالة يتم تنظيم جهدالملف الثانوي عن طريق تغير عدد لفات الملف الابتدائي

1- مغير الجهد بدون الحمل في حالة محولات أقل من 5ميجا فولت أمبير

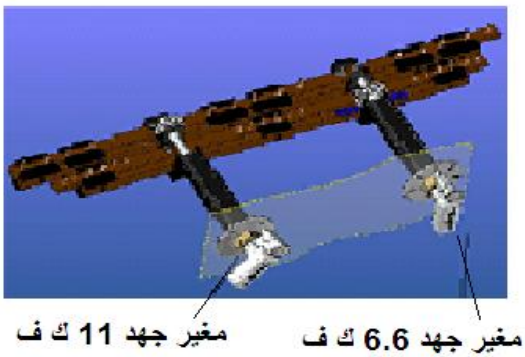
هو جهاز يعمل على ثبات جهد الملف الثانوي للقيمة المقننة للمحول مع تغير جهد الملف الابتدائي لذلك تزود محولات التوزيع بيد خارجية مربوطة بملفات الجانب الابتدائي للمحول وهذة اليد مقسمه إلي خانات وعليها أرقام بعدد نقاط التقسيم وغالبا رقم 5 أو 7حيث كل قسم يقابله جهد معين يتم تحريك اليد لزيادة أو النقصان بنسبة% 2.5± من الجهد الابتدائي وذلك لثبات الجهد على الملف الثانوي عند القيمة المقننة للمحول ولأيتم ذلك إلا عند فصل المحول من التغذية أي عزل المحول نظراً لخطورة تغير وضع مغير الجهد في وجود الجهد على المحول حيث يؤدي ذلك إلي اشتعال زيت المحول .

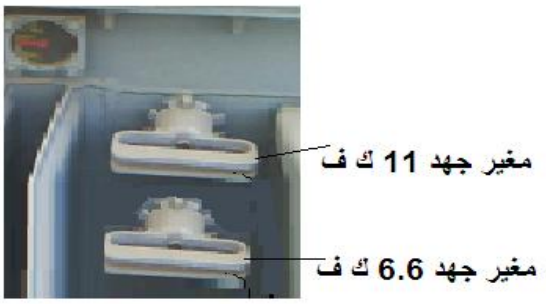
وأحيانا يزود المحول بأكثر من يد لمغير الجهد إذا كان المحول مجهز بأكثر من جهد مثلا إذا كان الجهد الابتدائي هو 11 ك ف أو 6.6 ك ف فيزود المحول بيد خاص بالجهد 11 ك ف واليد الأخرى خاصة بالجهد 6.6 ك ف ويكون جهد الملف الثانوي أي جهد الخروج في كلا الحالتين هو 433 فولت في حالة الاحمل وعدد خطوات مغير الجهد أحيانا 5 أو 7 خطوات

الصورة القادمة توضح شكل مغير الجهد اليدوي ومقسم 7 أقسام



أما الصورة القادمة توضح في حالة استخدام أكثر من مغير للجهد11 ك ف مع 6.6 ك ف وفى هذة الحالة يوجد أيضا يد لتحديد أي جهد يتم العمل عليه فترقم اليد برقم 1 للجهد 11 ك ف والرقم 2 عند العمل على الجهد الآخر 6.6 ك ف





<u>حساب مغير الجهد</u>

تعتبر دائما نقطة المنتصف لملف الجهد الابتدائى هى التى عندها تكون القيمة الطبيعة لجهد التشغيل وغالبا في محولات التوزيع تكون عند الرقم 4 في حالة ان يكون مغير الجهد 7 خطوات او تكون عند الرقم 3 في حالة مغير الجهد 5 خطوات حيث بدخول جهد 11 ك ف من خلال

نقطة المنتصف للملف الابتدائى نحصل على جهد 433 فولت في الملف الثانوى في حالة الا حمل للمحول ويكون الجهد 415 فولت في حالة تحميل المحول عند معامل قدرة 0.8
وناتى الان لتحديد نقاط مغير الجهد عن طريق أضافه ونقصان الجهد بنسبة ±2.5%
جهد النقطة رقم 4 = 11000 فولت هو الجهد الطبيعي
لحساب جهد النقاط الباقية نطبق القاعدة الآتية
فرق جهد النقطة = الجهد الطبيعى * نسبة التغير
فرق جهد النقطة = 11000 * 100/2.5 = 275 بالزيادة او بالنقصان
والان يتم تطبيق تلك القاعدة ولكن بالزيادة
جهد النقطة = جهد النقطة السابقة + فرق جهد النقطة

النقطة رقم 3

جهد النقطة رقم 3 = جهد النقطة رقم 4 + فرق الجهد بين النقط
جهد النقطة رقم3 = 11000 + 275 = 11275

النقطة رقم 2

جهد النقطة رقم 2 = جهد النقطة رقم 3 + فرق الجهد بين النقط
جهد النقطة رقم 2 = 11275 + 275 = 11550

النقطة رقم 1

جهد النقطة رقم 1 = جهد النقطة رقم 2 + فرق الجهد بين النقط
جهد النقطة رقم 1 = 11550 + 275 = 11825
والان يتم تطبيق تلك القاعدة ولكن بالنقصان
جهد النقطة = جهد النقطة السابقة - فرق جهد النقطة

النقطة رقم 5

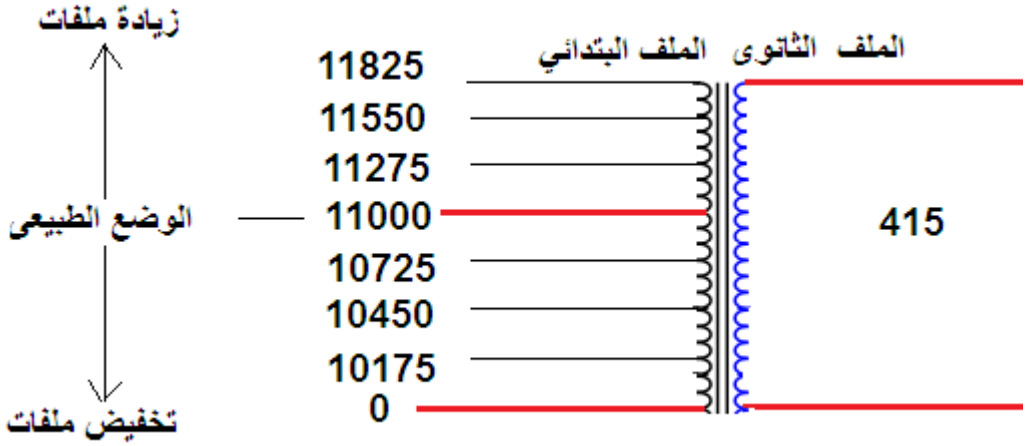
جهد النقطة رقم 5 = جهد النقطة رقم 4 - فرق الجهد بين النقط
جهد النقطة رقم5 = 11000 - 275 = 10725

النقطة رقم 6

جهد النقطة رقم 6 = جهد النقطة رقم 3 - فرق الجهد بين النقط
جهد النقطة رقم 6 = 107255 - 275 = 10450

النقطة رقم 7

جهد النقطة رقم 7 = جهد النقطة رقم 2 - فرق الجهد بين النقط
جهد النقطة رقم 7 = 10450 + 275 = 10175



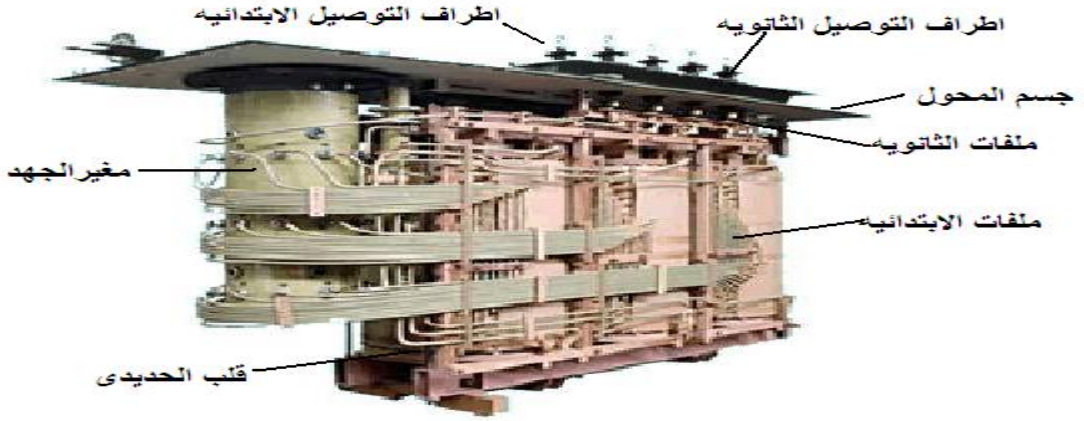
الجدول القادم يوضح محول توزيع 0.415/11 ك ف ويحتوى على 7 خطوات

جهد الثانوي	جهد الابتدائي للخطوة	رقم الخطوة
	11825	1
	11550	2
	11275	3
415	11000 جهد الطبيعي	4
	10725	5
	10450	6
	10175	7

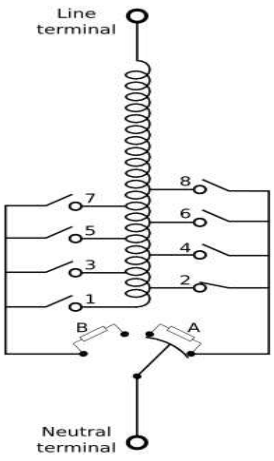
2- مغير الجهد على الحمل في محولات اكبر من 5 ميجا فولت أمبير

نظرا لاهمية هذا النوع من المحولات التى تعمل على تغذية منطقة بالكامل فلا يجوز عند انخفاض الجهد عند بعض المشتركين ان نذهب ونفصل ذلك المحول لاننا بذلك قد فصلنا التغذية عن المنطقة بالكامل فلابد ان يتم تغير خطوة مغير الجهد ولكن بشرط ان يكون المحول موصل بمصدر التغذية أي بدون فصل الكهرباء عن المشتركين لذلك يتم أستخدام هذا النوع من مغير الجهد على الحمل حيث يتعذر فصل المحول عن الشبكة و نظرا لكثرة تعرض نقاط تلامس مغير الجهد للتغير المستمر فيتم وضع مغير الجهد في تنك مخصص لة بداخل التنك الرئيسى للمحول ويكون لة زيت منفصل عن الزيت الخاص بالمحول الرئيسي وايضا يحتوى على اجهزة وقاية خاصة بة مثل جهاز بوخلز ريلاى وصمام الضغط وجهاز التنفس (السيلكاجيل)

ولكن توجد مشكلة في حالة تشغيل مغير الجهد علي الحمل وهو التيار الكبير الذي يمر خلال عملية تغير نقاط التقسيم وللتغلب علي تلك المشكلة يتم عن طريق عمل مسارين متوازيين يمر التيار بأحدهما إثناء تغير نقط التقسيم على المسار الآخر اويتم أضافه مقاومه أو ممانعة لتغلب على التيار الكبير الذي يمر إثناء تغير نقاط التقسيم وقد تصل عدد نقاط مغير الجهد 19± خطوة

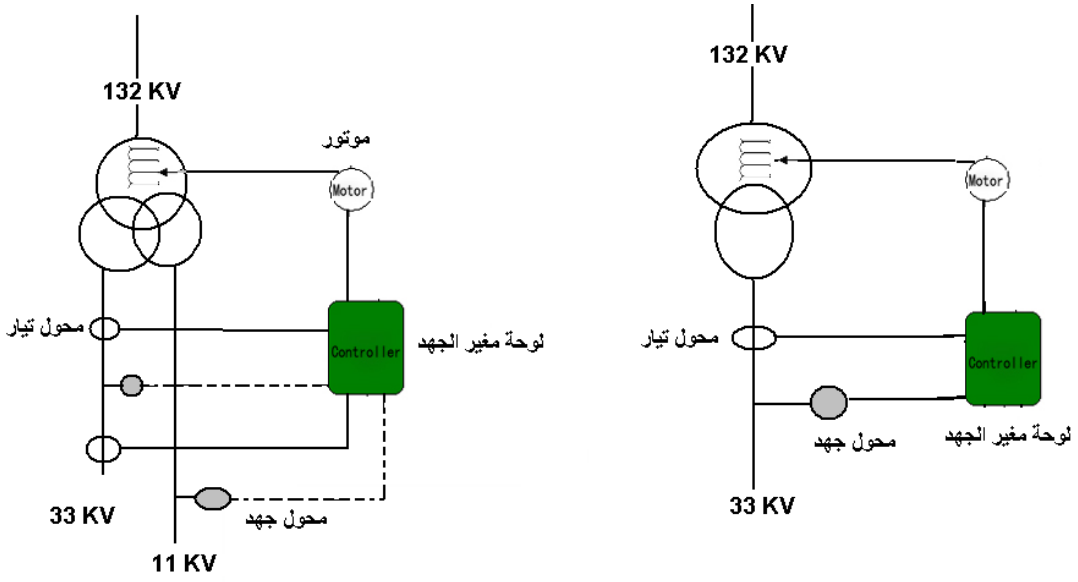


لوحه مغير الجهد بالمحول فى حاله الحمل



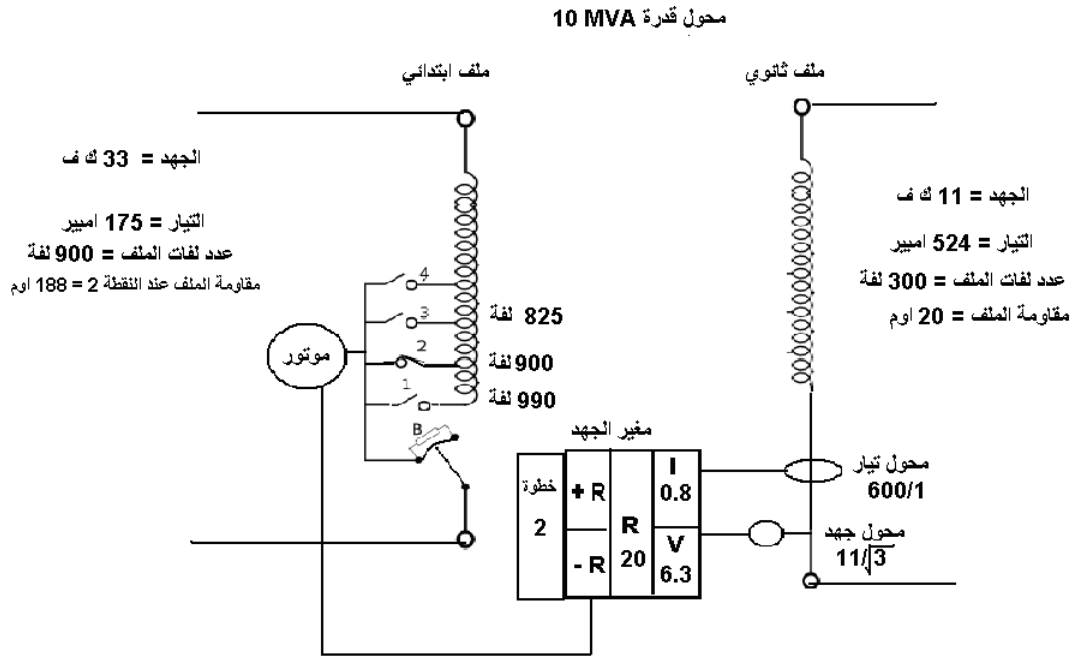
كيفية تشغيل مغير الجهد على الحمل

فكرة تشغيل جهاز مغير الجهد تعتمد علي تثبيت قيمة جهد الملف الثانوي مهما حدث اي تغير في الجهد المار بالملف الابتدائي حيث كلما زادت الاحمال معناه زيادة التيار المسحوب من المحول مما يسبب هبوط بجهد الخرج وفقا اقانون اوم V = I * R وطبعا لتعويض ذلك الهبوط لانستطيع عمل اي شى لخفض التيار لانة مصاحبا للاحمال فلا يبقي لنا غير التحكم في قيمة مقاومة ملفات المحول R بالزيادة او النقصان وفقا لتلك العلاقة v1/v2 = n1/n2 حتي يحدث اتزان لمعادلة اوم السابقة لذلك لابد من وجود وسيلة تحدد لنا قيمة التيار علي الملف الثانوي وايضا قيمة الجهد غلي الملف الثانوي ويتم ذلك عن طريق محول التيار ومحول الجهد حيث عند حدوث اي تغير في الجهد يصاحبة تغير في التيار فيقوم محول التيار بارسال قيمة التيار وايضا يقوم محول الجهد بارسال قيمة الجهد الي منظم الجهد الاتوماتيكي والذي بدورة يتم حساب قيمة المقاومة Rعن طريق قسمة الجهد علي التيار ثم يقوم منظم الجهد باعطاء الامر لموتور بتغير نقاط التلامس بالزيادة او النقصان

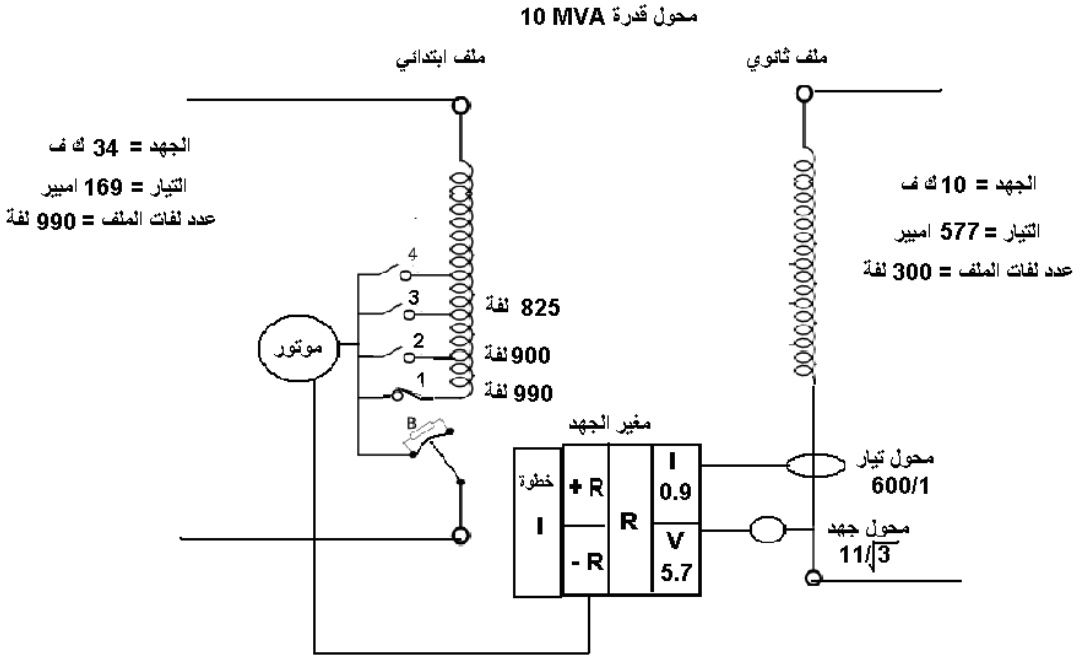


ومن خلال الشكل الاتى نوضح كيفية عمل مغير الجهد

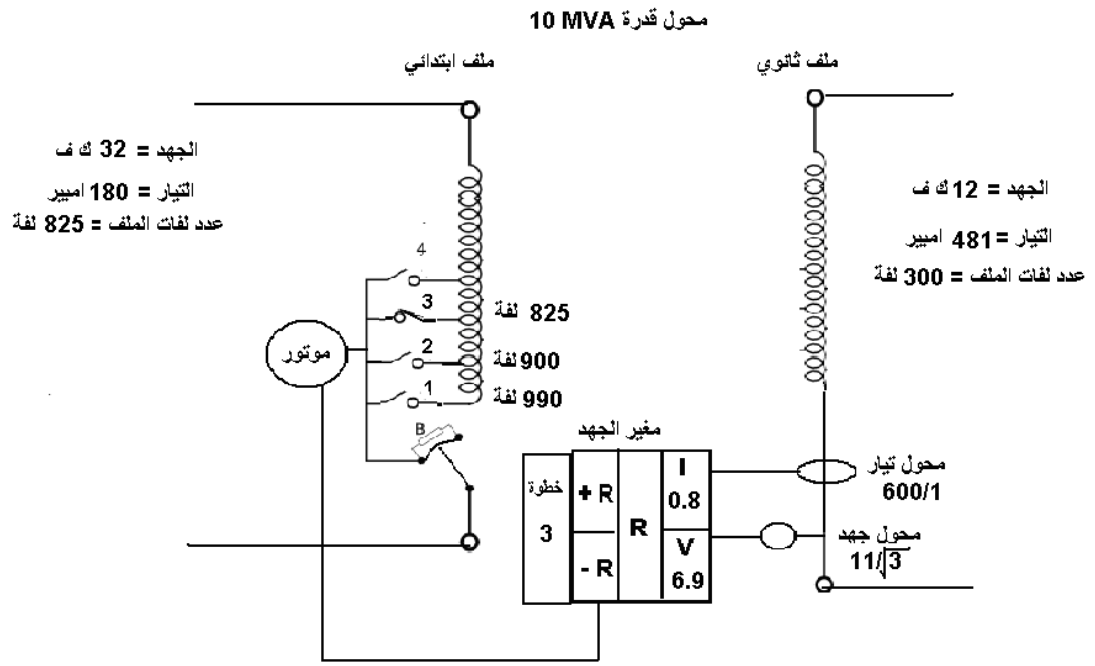
الشكل القادم يوضح ان حالة التشغيل طبيعية حيث ان جهد الملف الابتدائي هو 33 ك ف والتيار هو 175 امبير وعدد لفات الملف الابتدائي هو 1200 لفة وخطوة مغير الجهد عند النقطة رقم 2 حيث عدد لفاتها هي 900 لفة اما قيمة جهد الخرج للملف الثانوي هو 11 ك ف وتيار الملف الثانوي هو 524 امبير وعدد لفات الملف الثانوي هي 300 لفة ومقاومة الملف الثانوي ثابتة وتساوي 20 اوم والمحول يعمل بصور عادية



ومع زيادة الاحمال نجد ان التيار علي الملف الثانوي زاد من 524 الي 577 امبير وطبعا بزيادة التيار يقل الجهد من 11 ك ف الي 10 ك ف فيقوم محول التيار بتحويل التيار 577 /600 = 0.96 امبير ويقوم ايضا محول الجهد بتحويل الجهد √3/10 = 5.7 فولت فلابد اذن من زيادة جهد الملف الابتدائي من 33 ك ف الي 34 ك ف عن طريق زيادة عدد لفات الملف الابتدائي فيقوم مغير الجهد باعطاء الامر لموتور بزيادة عدد اللفات بتحرك نقاط التلامس من النقطة 2 الي النقطة 1 وايضا يقل التيار من 175 الي 169 امبير

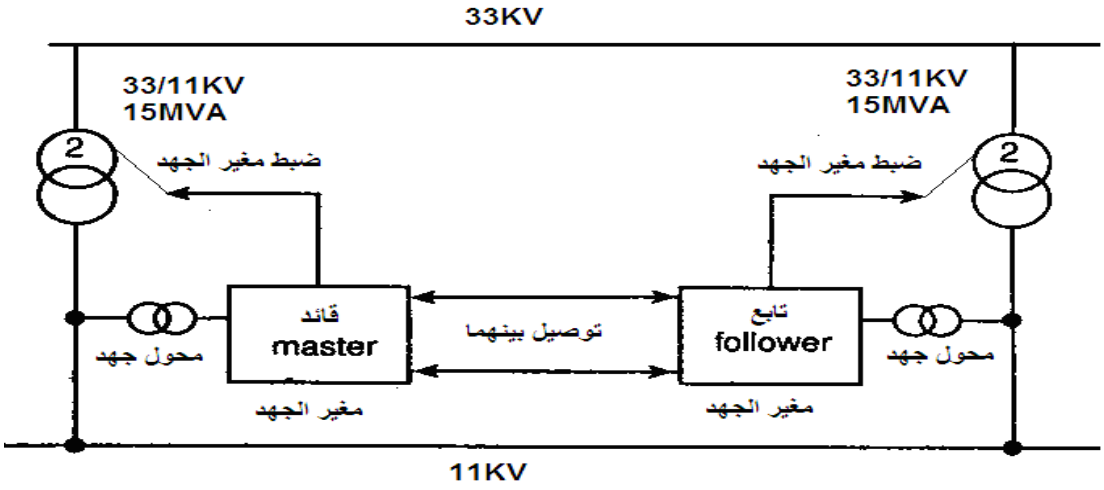


اما لو حدث زيادة الجهد علي الملف الثانوي من 11 ك ف الي 12 ك ف فلابد من خفض جهد الملف الابتدائي بتقليل عدد اللفات حيث يستشعر منظم الجهد ان قد تم حدوث زيادة في جهد الملف الثانوي عن طريق محول الجهد ومحول التيار فيقوم منظم الجهد باعطاء الامر لموتور بتحريك نقاط التلامس من النقطة رقم 2 الي النقطة رقم 3



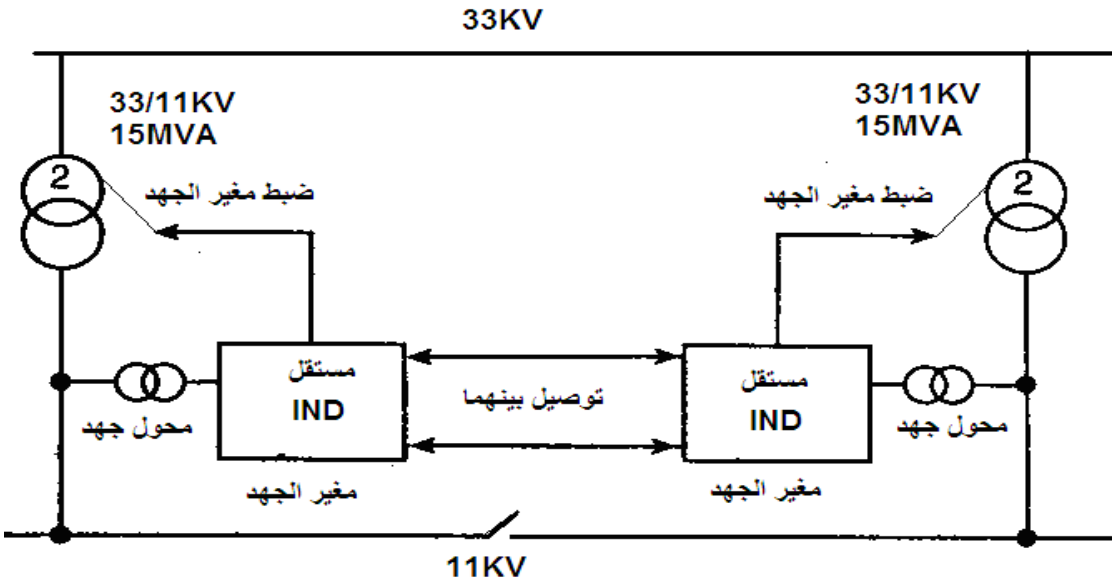
1- طريقة ترتيب مغير الجهد عند تشغيل محولات القدرةعلى التوازي

عند تشغيل أكثر من محول على التوازي يتم ضبط مغير الجهد حيث يكون أحد المحولات هو القائد MASTER ويكون باقي المحولات تابع له FOLLOWER



2- طريقة توصيل مغير الجهد في حالة عدم تشغيل المحولات على التوازي

في هذة الحالة يكون كل محول مستقل بنفسه وليس له أي ارتباط بالمحول الآخر



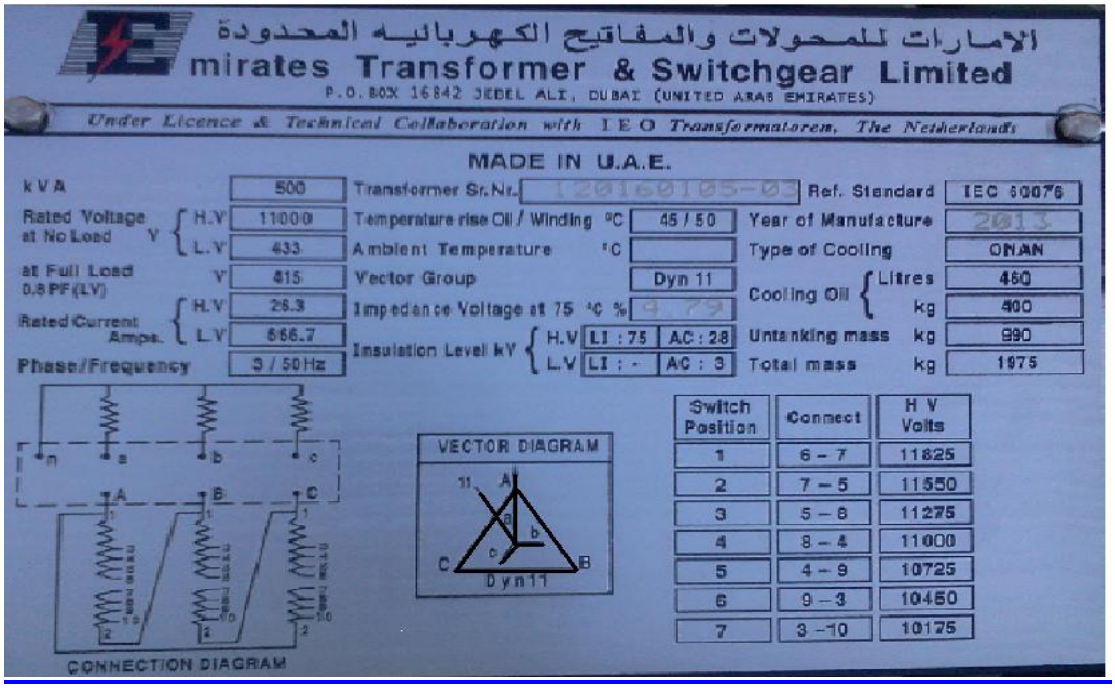
الجدول القادم يوضح المقارنة بين نوعين مغير الجهد

نوع المقارنة	مغير الجهد على الحمل	مغير الجهد بدون الحمل
	ONTC	OFTC
نوع المحول	محول قدرة	محول توزيع
عدد نقاط التقسيم	17 أو أكثر	5 أو 7
وسط المحيط	اسطوانة مغلقه بها زيت	زيت المحول
طريقة التغير	اتوماتيكيا	يدويا بعد فصل المحول

عند عمل الاختبارات الكهربية للمحول كل سنتين و من ضمن الاختبارات اختبار قياس مقاومة الملفات او بمعنى ادق مقاومة الملامسات لمغير الجهد يتم القياس عند كل خطوة و لكل وجه مع نقطة التعادل اذا كان موصل ستار و بين كل وجه و الاخر اذا كان موصل دلتا و مقارنة النتائج اذا كانت متدرجة ومتقاربة فى هذه الحالة لا توجد مشكلة من عمل مغير الجهد على حمل
اما لو وجد اختلاف يوصى بسرعة عمل صيانة لمغير الجهد من قبل فرقة صيانة المحولات مع اخذ عينة من الزيت لمغير الجهد وتحليلها

لوحة بيانات محول توزيع 500 ك ف ا

الشكل القادم يوضح إحدى صور لوحة بيانات محول توزيع وسوف نقوم بتوضيح محتويتها



1 - القدرة : Rated Power

قدرة المحول ثابتة على كلا من الملفين الأبتدائي والثانوى مهما تغير الجهد حيث بتغير الجهد يتغير معة التيار وتبقى القدرة ثابتة ويتم حساب القدرة للمحول بمعلومية الجهد والتيار كالاتى

القدرة = التيار * الجهد * √3

$KVA = I * KV_L * \sqrt{3}$

القدرة = تيار الملف الأبتدائي * جهد على الملف الأبتدائي *√3

القدرة = تيار الملف الثانوي * جهد على الملف الثانوي * √3

ويتم تصميم المحول على أساس القدرة الظاهرية (S) و ذلك لصعوبة تحديد معامل القدرة للمحولات لذلك تقاس قدرة المحولات بالكيلو فولت أمبير(ك ف ا) (KVA)

2- جهد الممانعة اوالمعاقة (%)

تعرف الممانعة على انها هي النسبة المئوية لجهد القصر إلي الجهد المقنن للمحول عند تيار الحمل الكامل وأيضا ممكن تمثيلها على انها النسبة المئوية للانخفاض في جهد أطراف التوصيل الثانوية للمحول من حالة اللا حمل إلي حالة الحمل الكامل ومن هذا نجد ان الممانعة تعني ضياع جزء من الطاقة وهي حالة مرفوضة ولكن لاغني عنها لكي نتمكن من تحديد تيار الاندفاع لحظة تشغيل المحول وكذلك للسيطرة على تيارات القصر وتصبح قيمة هذة الممانعة كبيرة كلما زادت قدرة المحول بالفولت أمبير لذلك نلاحظ انها تكون في محولات التوزيع الصغيرة ذات قيمة أقل منها لمحولات القدرة الكبيرة حيث تكون 4.75% للمحولات أقل من 1000 ك ف ا وتكون 6% في المحولات 1500 ك ف ا وتكون 8% في محولات بقدرة 2000 ك ف ا ونسبة الممانعة في المحول تزداد كلما زادت قدرة المحول ونجد انه كلما ازدادت الممانعة ساء عامل التنظيم للمحول ولكن إذا ارتفعت الممانعة إلي اكبر من 20% وتجاوزت نسبة الخطأ المسموح بها فهذا يعني ان هنالك خلل ما قد حدث في البعد بين القطر الداخلي للملف العالي والملف المنخفض وهذا يعني ان المسافة بين الملف الأبتدائي والملف الثانوي قد اختلت وبالتالي ستؤدي إلي انهيار العزل بين الملفين وحدوث عطل داخلى بالمحول . وتعطى القيمة العددية لمعاقة المحول عادة على بطاقة بيانات المحول في صورة نسبة هبوط الجهد عند الحمل الكامل إلي الجهد المقنن ناحية الجهد المنخفض Us.c وتتراوح قيمتها طبقا للحمل المقنن للمحول ، وللممانعة أهمية خاصة في حالة تشغيل المحولات على التوازي حيث يجب ان تكون الممانعة متساوية وذلك لكي تتشارك كل من

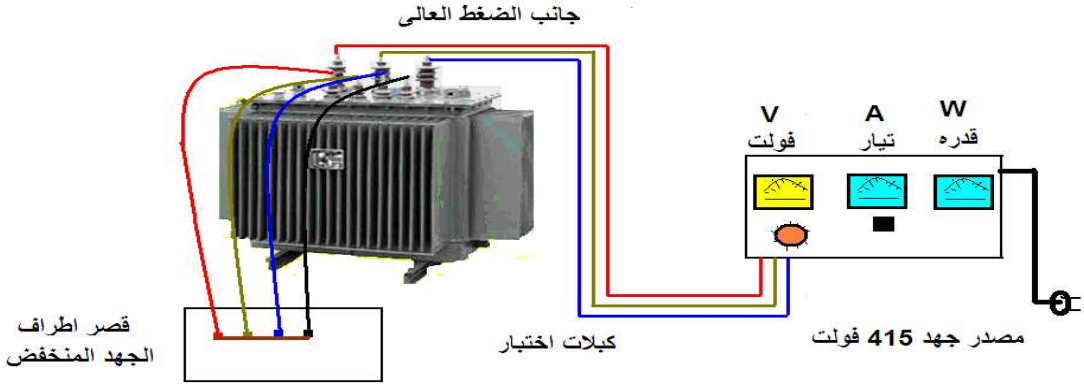
المحولات التي توصل على التوازي بنفس التيار لتغذية حمل معين . و تتراوح قيمته الممانعة بين 3.5% الي 5% في محولات التوزيع. حيث 5% تعنى ان 5% من الجهد كافي لجعل التيار الطبيعي يسرى في الملف الثانوي الذي عليه شورت ويتم التأكد من قيمة الممانعة عن طريق توصيل مصدر التغذية بالملف الابتدائي للمحول ونجعل الملف الثانوي للمحول في وضع شورت ونزيد الفولت بالتدريج على الملف الابتدائي حتى نحصل على تيار الحمل الكامل في الملف الثانوي ثم بقسمه قيمة الفولت على التيار الكامل نحصل على قيمة الممانعة ونضرب في 100 نحصل على النسبة المئوية بعد تطبيق القانون الاتى .

نسبة الممانعة = جهد التغذية * تيار المحول / جهد المحول * تيار المقاس

أو بتطبيق القانون الاتي ايضا

نسبة الممانعة = الجهد المقاس للحمل الكامل / جهد التشغيل للمحول فاز-فاز

ونأخذ القياسات كما يوضحها الشكل الآتي



فلو فرضنا محول توزيع قدرته 1000 ك ف ا يعمل على جهد 0.415/11 ك ف

يتم حساب الحمل الكامل للمحول = قدرة المحول / (1.73 *جهد)

أقصى تيار للمحول هو = 1000/ (1.73*0.433) = 1334.9 أمبير

ثم يتم عمل قصر على جانب الملف الثانوى للمحول ثم تم تغذية ملفات الجهد العالي بجهد 415 فولت ثم يبداء في رفع الجهد تدريجيا إلي ان يصل عداد قياس التيار إلي القيمة 1334.9 التي تمثل أقصى حمل للمحول في نفس الوقت يتم قراءة عداد الجهد على الملف الابتدائي فإعطاء القيمة 492.5 فولت عند الحمل الكامل للمحول

فتكون الممانعة هي = الجهد المقاس / جهد التشغيل

الممانعة % = 492.5 /11000 =100*0.0448 = 4.48%

ونأتي الان لنسأل انفسنا ما هي الاستفادة من حساب الممانعة والإجابة هي طبعا حساب الممانعة شيء مهم بالأخص للمحولات لانها تحدد أقصى قدرة قصر تحدث للمحول على الملف الثانوي حيث كلما زادت قيمة الممانعة للمحول كلما قلت قيمة تيار القصر ونجد ايضا اننا نستفاد من قيمة الممانعة للمحول حيث هي تمثل قيمة الانخفاض في الجهد كنسبة مئوية فمثلا اذا كان محول يعمل على جهد 433/11000 وكانت قيمة الممانعة هي 5% فعند الحمل الكامل ستكون نسبة الهبوط في الجهد خلال الممانعة تساوى 5% وهذا يعني ان الجهد على اطراف الجانب الثانوي سينخفض بنسبة 5% عن القيمة الاسمية

نسبة الهبوط في الجهد = 11000 * 3 /100 = 330 فولت

ويتم حساب قيمة الجهد علي الملف الثانوي اثناء التحميل الكامل مباشرة دون قياس وذلك من المعادلة الاتية V2 = 11000 – 330 = 10670 فولت

وهذا يعني ان قيمة الممانعة تسبب هبوط في القدرة بقيمة 330 فولت عند مرور تيار الحمل الكامل الجدول القادم يوضح قيم الممانعة وفقا لجهد المحول

القدرة بالكيلو فولت أمبير	الممانعه
حتى 1000 كيلو فولت أمبير	5%
من 100 ك ف ا إلي 2500 ك ف ا	6%
من 2500 ك ف ا إلي 5000 ك ف ا	7%
من 5000 ك ف ا إلي 7000 ك ف ا	8%
من 7000 ك ف ا إلي 12000 ك ف ا	9%
من 12000 ك ف ا إلي 30000 ك ف ا	10%
أعلى من 30000 ك ف ا	12.5%

مثال آخر لحساب قيمة الممانعة بالموقع للمقارنة بنتيجة المصنع

محول قدرة يعمل على جهد 33 / 11 ك ف حيث كانت بيانات المحول كالأتي

قدرة المحول	الجهد الابتدائي	التيار الابتدائي	الجهد الثانوي	التيار الثانوي	الممانعة
15 م ف ا	33 ك ف	262.5 أمبير	11 ك ف	788.5 أمبير	%6.8

أولا يتم حساب الانخفاض في الجهد عند الجهد الطبيعي 33 ك فولت
قيمة الانخفاض في الجهد = الجهد الطبيعي * الممانعة = 33 * 0.068 = 2.247 ك فولت
وهذا معناه هو عند تغذية الملف الابتدائي للمحول بقيمة الجهد 2247 في حالة وجود قصر على الملفات الثانوية فتكون أقصى قيمة التيار على الملف الابتدائي هو 262.5
ولحساب قيمة الممانعة في حالة الحمل الكلى = قيمة الانخفاض في الجهد / التيار الابتدائي
قيمة الممانعة في حالة الحمل الكلى = 2247 /262.5 = 8.56 أوم
بعد ذلك يتم عمل قصر على الملفات الثانوية للمحول ثم تغذية الملف الابتدائي بجهد 415 فولت
ثم يتم قياس تيار الملف الابتدائي عند ذلك الجهد فيكون 49.2 فولت
ثم باستخدام تلك المعادلة يتم حساب قيمة الممانعة بالموقع

$$\frac{\text{الانخفاض الكلى فى الجهد}}{\text{الجهد المستخدم}} = \frac{\text{التيار الابتدائى}}{\text{التيار فى حالة انخفاض الجهد}}$$

$$\frac{\text{الانخفاض الكلى فى الجهد}}{415} = \frac{262.5}{49.2}$$

$$\text{الانخفاض الكلى فى الجهد} = 415 * \frac{262.5}{49.2} = 2211$$

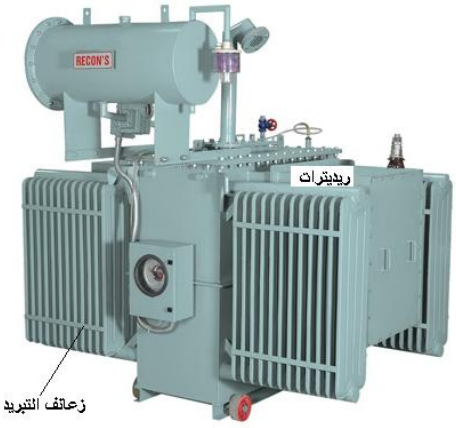
ويتم حساب الممانعة في حالة الجهد الابتدائي الطبيعي وهو 33 كيلو فولت

$$\text{الممانعة \%} = \frac{\text{الانخفاض الكلى فى الجهد}}{\text{جهد الملف الابتدائى}} = \frac{2211}{33000} = 0.067 = 6.7\%$$

فنجد ان الممانعة من المصنع تساوى 6.8% والممانعة من أختبار الموقع هي 6.7% فنجد ان الاختبار سليم حيث نسبة الخطاء لا تتجاوز 0.1%

3- طريقة التبريد:

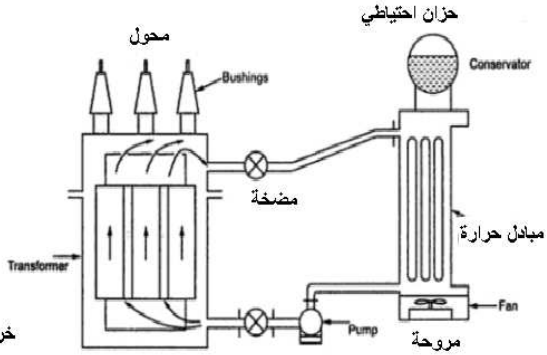
عند تشغيل المحول يحدث بعض الاشياء التى قد تسبب بعض الفقد وهذا الفقد قد يتمثل في صورة حرارة ونجد ان المصدر الرئيسي للحرارة المتولدة في المحولات هي الملفات ثم الدائرة المغناطسية وهذة الحرارة لابد من تصريفها بكفائة عالية حتي لا تتراكم وتسبب انهيار للعزل فمع زيادة الفقد تزيد درجة الحرارة و ترتفع مما تؤثر على متانة العزل الداخلى للمحول لذلك يجب تبريد المحولات وتوجد عددة طرق للتبريد حيث يتم تركيب ريديترات عبارة عن شرائح من المعدن تسمى زعانف يوجد بين كل زعنفة والاخري مسافة حتي يستطيع الهواء المرور فيها ولكن تلك الزعانف متصلة ببعضها البعض و ايضا متصلة بتنك المحول حتي يستطيع الزيت المرور من خلالها فيعطى الزيت اكبر مساحة تبريد بالهواء عن طريق خاصية نقل الحرارة بالحمل حيث يقوم الزيت بحمل الحرارة وعندما يلامس سطح الزعانف يتم تبريد الزيت عن طريق الهواء الجوى المار بين زعانف الريديترات ومعني ذلك ان يوجد لدينا دورتين لتبريد الدورة الاولي وهي دورة تبريد الملفات عن طريق انتقال الحرارة الي الزيت والدورة الثانية وهي القيام بعملية تبريد الزيت عن طريق تلامس الزعانف للهواء الجوي واحيانا ترتفع درجة الحرارة بصور لا يستطيع التبريد الطبيعي القيام بدورة في تلك الحالة يتم تركيب مراوح على الزعانف حتي تعمل علي تبريد الزعانف المار بداخلها الزيت



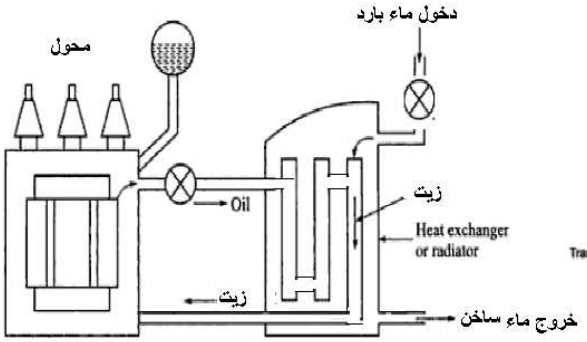
تبريد طبيعي ONAN

تبريد القوة ON AF

اما اذا لم تستجيب تلك الطرق واستمر درجات الحرارة في الزيادة يتم التبريد بمضخة الزيت حيث يمر زيت من تنك المحول الي تنك اخر مجوار لة عن طريق مضخة حيث يتم تبريدة ويعود للمحول بدرجة حرارة اقل من ما كان علية كما يوضحها الشكل القادم واذا لم تعمل تلك الطريقة علي تبريد المحول يتم التبريد بقوة الماء حيث يتم امرار ماء فيتم التبريد كما بالشكل القادم



تبريد الزيت بمضخة الزيت OFAF



تبريد الزيت بقوة الماء OFWF

وغالبا يتم تبريد المحولات ذات القدرة حتى 10 ميجا فولت أمبير تبريد طبيعي بواسطة الهواء الخارجي والزيت الداخلي أما عند زيادة القدرة عن 10 ميجا فولت أمبير فان المحول يزود بمراوح أو مضخات و أغلب محولات التوزيع تكون طريقة تبريدها من نوع ONAN

O تعنى ان مادة التبريد الداخلي هي الزيت.

N تعنى ان حركة الزيت داخل المحول طبيعية .

A تعنى ان مادة التبريد الخارجي للمحول الهواء .

N تعنى ان حركة هواء تبريد المحول طبيعية .

الرمز		طريقة التبريد
ONAN	1	تبريد بالزيت الطبيعي و الهواء الطبيعي
ONAF	2	تبريد بالزيت الطبيعي و الهواء الجبري بالمروح
OFAF	3	تبريد بالزيت الجبري بالمضخة و الهواء الجبري بالمراوح
ODWF	4	تبريد بالزيت الموجه و المياه الجبرية
AN	5	تبريد بالهواء الطبيعي (للمحولات الجافة)
AF	6	تبريد بالهواء الجبري (للمحولات الجافة . بالمراوح

1 - التيار المقنن (Ir)

يتم حساب قيمة التيار على جانب الجهد المنخفض للمحول بمعلومة قدرة المحول وكذلك بمعلومة قيمة الجهد على الملف الثانوي للمحول الذي يمثل الجهد المنخفض للمحول

$$\text{التيار على الملف الثانوى} = \frac{\text{قدرة المحول}}{\sqrt{3} * \text{قيمة الجهد على الملف الثانوى}} = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times LV}$$

يتم حساب قيمة التيار على جانب الجهد العالي للمحول بمعلومة قدرة المحول وكذلك بمعلومة قيمة الجهد على الملف الابتدائي للمحول الذي يمثل الجهد العالي للمحول

$$\text{التيار على الملف الابتدائى} = \frac{\text{قدرة المحول}}{\sqrt{3} * \text{قيمة الجهد على الملف الابتدائى}} = \frac{KVA}{\sqrt{3} \times HV}$$

نوضح ذلك من خلال المثال التالي

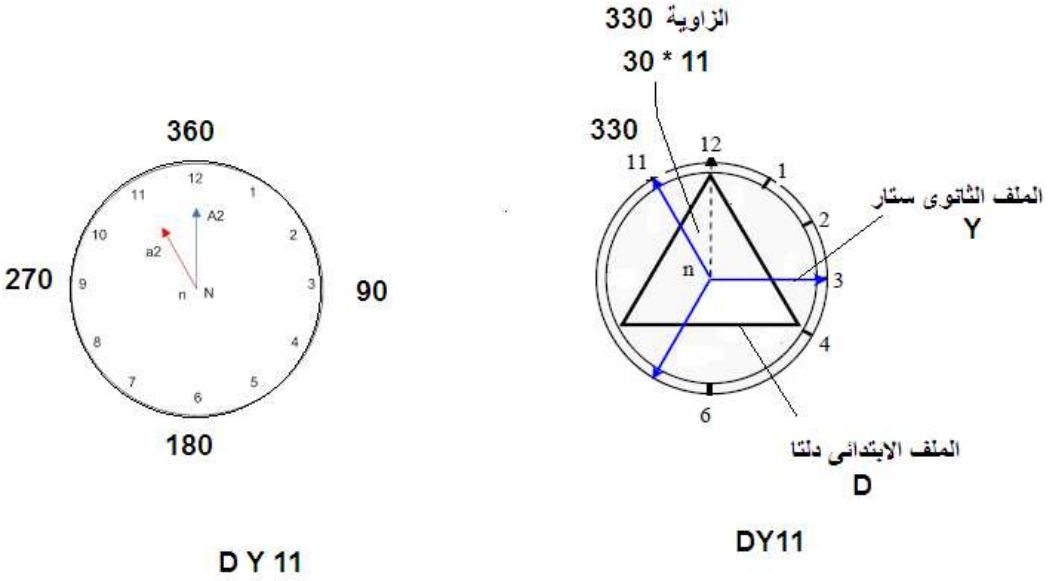
محول توزيع بقدرة 1000 ك ف ا يعمل على جهد 0.433/11 ك ف

التيار على الملف الابتدائى = قدرة المحول / (√3 * قيمة الجهد على الملف الابتدائى) = 1000 / √3 × 11 = 52.5 امبير

التيار على الملف الثانوى = قدرة المحول / (√3 * قيمة الجهد على الملف الثانوى) = 1000 / √3 × 0.433 = 1334.9 امبير

5- مجموعة التوصيل الاتجاهية (Vector Group Connection)

التوصيل الاتجاهى يعنى كيفية توصيل الملفات الداخلية للمحول مع بعضها البعض بمعنى فرق الزاوية بين الملف الابتدائي والملف الثانوي للمحول والزاويه تكون 30 درجة ولكن ما السبب ان تكون الزاوية 30 وطبعا السبب هو عند تقسيم دائرة الي ساعات نجد ان الزاوية بين كل ساعة والاخري تمثل 30 درجة وعند تقسيم نفس الدائرة الي زاوية نجد انة بقسمة اكبر زاوية وهي 360 على الرقم 12 يساوى 30 فمن هنا اخذنا الرقم 30 كانة يمثل رقم ثابت ويتم اخذ عقارب الساعة كدليل فعقارب الساعة تبدأ من عند الانتهاء أي الرقم 12 فإذا كانت الزوايه بين ملف الابتدائي وملف الثانوي هي 11 فيكون الزوايه هي 11*30=330



واغلب محولات التوزيع يكون توصيلها دلتا- ستار(Dyn11) حيث يتم توصيل الملف الأبتدائى على هيئة دلتا وتوصيل الملف الثانوي على هيئة ستار وتكون الزاوية بين الملفين هى 330 درجة او كما نعبر بها بالرقم 11 و تعرف ألمجموعه الاتجاهية من خلال الرمز VG وناتى الان لنوضح ماذا يعنى هذا الرمز Dyn11

الرمز D يرمز إلي توصيلة الدلتا التي توضح طريقة توصيل ملفات الجهد العالي أو ملفات الجانب الابتدائي للمحول وهذا الرمز يكتب بحرف كبير باللغة الانجليزية.

الرمز y يرمز إلي توصيلة ستار أي النجمة التي توضح طريقة توصيل ملفات الجهد المنخفض أو ملفات الجانب الثانوي للمحول وهذا الرمز يكتب بحرف صغير باللغة الانجليزية.

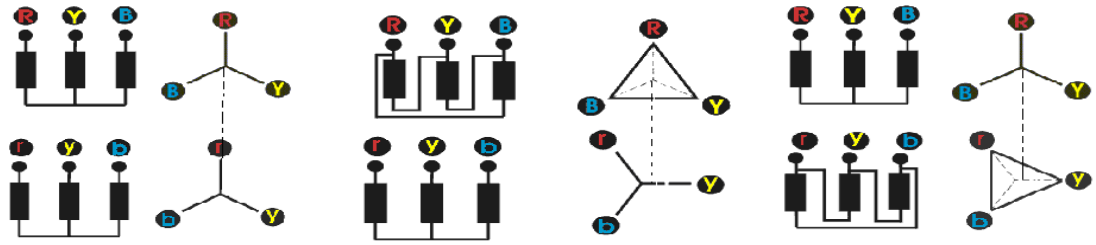
الرمز n يدل على نقطة التعادل وهذا الرمز يكتب بحرف صغير باللغة الانجليزية.

أما الأرقام (0 – 1 – 5 – 11) تدل على قيمة الزاوية بين الملفين الابتدائي والثانوى وهذة الزاوية تقدر بقيمة 30 درجة مضروبة في ذلك الرقم السابق

(0*30 = 0) (1*30 = 30) (5*30 =150) (11*30 =330)

حيث لو نظرنا إلي الساعة فنجد انها مقسم إلي اجزاء كل جزء يمثل زاوية معينة فلو نظر اليها مقسمة بالارقام 1 او 2 او 3 فهذة هى الارقام اما لو قمنا بضرب تلك الارقام في 30 فتصبح 30

او 60 او 90 حيث الرقم 11 يعنى ان الملف الثانوي متأخر بزاوية 330 درجة عن الملف الابتدائي أو بمعنى ان يكون الملف الثانوي متقدم بزاوية 30 درجة عن الملف الابتدائي
أما الرقم صفر يعنى لا توجد زاوية بين الملف الابتدائي والملف الثانوي ويفضل استخدام ذلك النوع من التوصيل في حالة التوصيل(دلتا / دلتا) أو(ستار / ستار)
أما الرقم 1 يعنى ان زاوية الملف الثانوي متأخر بزاوية مقدرها 30 درجة عن الملف الابتدائي والسبب في ذلك هو ان الدوران عكس عقارب الساعة ويفضل استخدام ذلك النوع من التوصيل في حالة توصيل (ستار / دلتا) أو (دلتا / ستار)
أما الرقم 6 يعنى ان زاوية الملف الثانوي متأخر بزاوية مقدرها 180 درجة عن الملف الابتدائي ويفضل في حالة توصيل (ستار / دلتا) أو (دلتا / ستار) والإشكال الآتية توضح ذلك

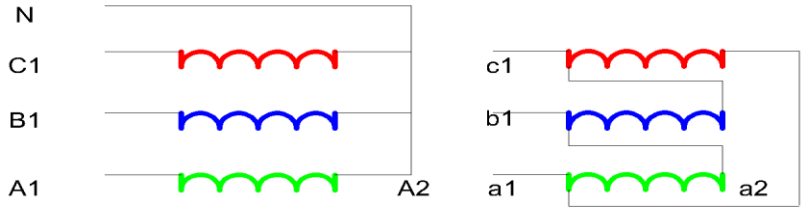


تحديد المجموعة الاتجاهية وفقا لنوع الاستخدام حيث في محولات رقع الجهد تكون Yd1 أو Yd11 اما في حالة محولات التى تعمل على خفض الجهد كمحولات التوزيع تكون Dy1 أو Dy11 ومحولات القدرة يفضل ان يكون التوصيل هو Dyn1 - Ynyn0 أما في حالة محولات التاريض تكون مجموعة التوصيل لها هى Yz1 H أو Yz11

وتصنف المجموعة الاتجاهية إلي أربعة وفقا لزاوية الإزاحة وهي كما بالجدول القادم

المجموعة الانجاهية	مقدار الزاوية	طريقة التوصيل
مجموعة الأولى	0	Yy0 - Dd0 - Dz0 - Zd0
مجموعة الثانية	180	Yy6 – Dd6 – Zd6 – Dz6
مجموعة الثالثة	- 30 (متأخر)	Dy1 – Yd1 – Yz1 – Zy1
مجموعة الرابعة	+ 30 (متقدم)	Dy11 – Yd11 – Yz11 – Zy11

تحديد المجموعة الاتجاهية للمحول
الشكل القادم يوضح توصيلة محول توزيع ونريد تحديد المجموعة الاتجاهية لة



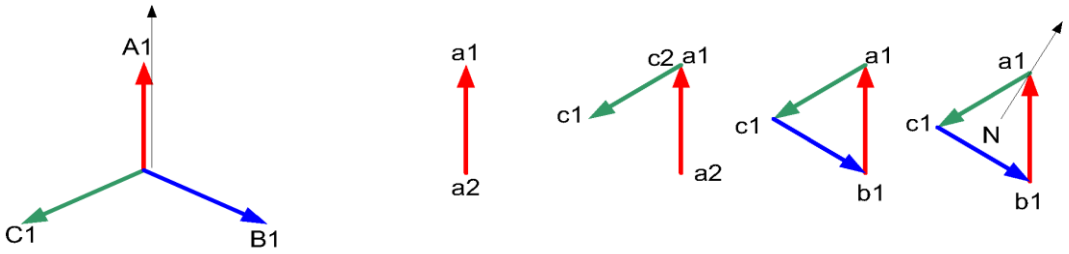
1- ارسم متجهات الابتدائى (الـ Star) بحيث يكون اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة (أى أن لدينا Positive Phase Rotation مالم ينص على غير ذلك) ، واجعل متجه الـ A للسهولة يشير إلى أعلى أى الساعة 12.

2- ارسم متجه a1a2 الخاص بالدلتا بحيث يوازى متجه A1A2 الخاص بالـ Star

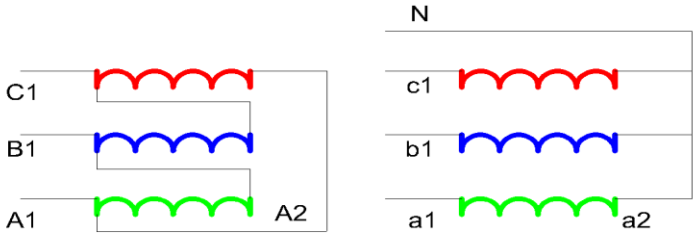
3- حدد الطرف المتصل بـ 1a فى توصيلة الدلتا ، وستجده فى هذا المثال هو c2 ، وعلى هذا ارسم متجه الـ c1c2 يوازى C1C2 الخاص الـ Star و بحيث تكون نقطة c2 منطبقة على a1

4- أكمل بقية الدلتا

5- ارسم متجه الـ N-a1 فى الدلتا وحدد الزوية بينه وبين متجه الـ A1 فى الـ Star ، ومنها تجد أن الساعة تكافئ (الساعة الواحدة) أى أن المجموعة الاتجاهية هة Yd1 ، ومنها تحدد الـ Phase Displacement وستجدها هنا تساوى 30 درجة (لاحظ أنها موجبة لأنها فى متأخرة عن الابتدائى فى عكس اتجاه عقارب الساعة).



مثال اخر لتحديد المجموعة الاتجاهية للمحولات

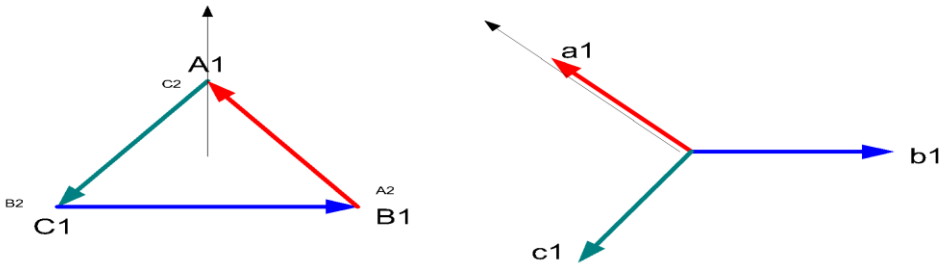


1- ارسم متجهات الابتدائى (الدلتا) بحيث يكون اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة (هذا هو الأصل مالم ينص على غير ذلك) ومتجه الـ NA1 يشير إلى أعلى أى الساعة 12. ولاحظ أن A1 متصلة بـ C2 حسب الرسم.

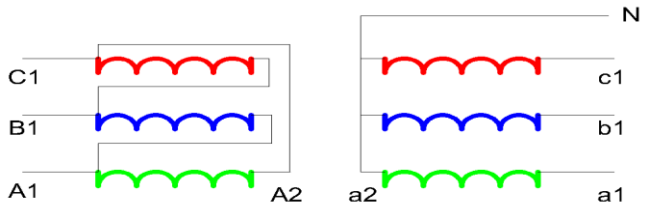
2- ارسم متجه a1a2 الخاص الـ Star بحيث يوازى متجه A1A2 الخاص بالدلتا (لاحظ الألوان).

3- أكمل بقية الـ Star

4- حدد الزوية بين متجه NA1 وبين متجه الـ a1 فى الـ Star ومنها تحدد المجموعة الاتجاهية (قيمة الساعة) وهى فى هذا المثال الحادية عشر ، أى أن المجموعة الاتجاهية هى Dy11 ، ومنها نجد أن الـ Phase Displacement تساوى سالب 30 (الساعة الحادية عشر) .



مثال اخر لتحديد المجموعة الاتجاهية

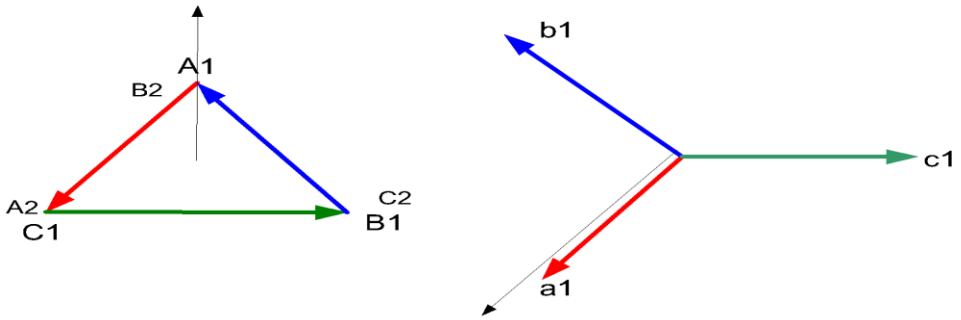


1- ارسم متجهات الابتدائى (الدلتا) بحيث يكون اتجاه الدوران عكس عقارب الساعة ومتجه الـ NA1 يشير إلى أعلى أى الساعة 12. ولاحظ أن A1 متصلة بـ B2 حسب الرسم.

2- ارسم متجه a1a2 الخاص الـ Star بحيث يوازى متجه A1A2 الخاص بالدلتا (لاحظ الألوان).

3- أكمل بقية الـ Star

4- حدد الزوية بين متجه NA1 وبين متجه الـ a1 فى الـ Star ومنها تحدد المجموعة الاتجاهية (قيمة الساعة) وهى فى هذا المثال يشير إلى الساعة السابعة ، أى أن المجموعة الاتجاهية هى Dy7 ، ومنها نجد أن الـ Phase Displacement تساوى 210- درجة أو 150+ درجة .



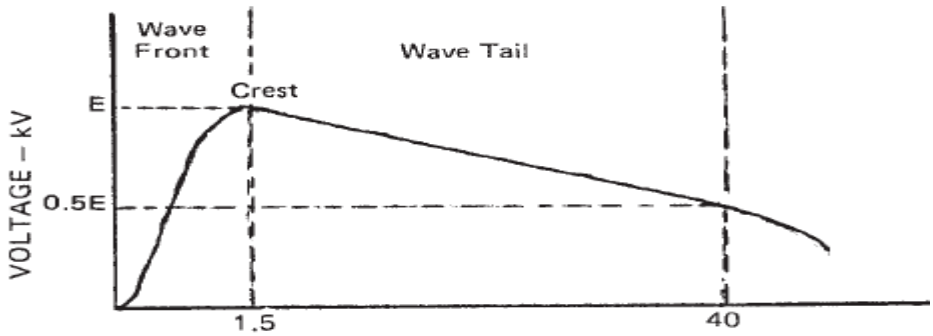
ـ قدرة سعة القصر

وتكون سعة مستوى العطل هو 350 ميجا فولت أمبير في حالة الجهد 11 ك ف
وتكون سعة مستوى العطل هى 250 ميجا فولت أمبير في حالة الجهد 6.6 ك ف

(BIL) Impulse level

وتمثل القيمة القصوى للفولتية التي يتحملها المحول دون حدوث أعطال لفترة زمنية قصيرة و هي مصممة لمحاكاة الصاعقة الكهربائية.

Basic insulation level, kV
(standard 1.5- × 40-μs wave)



حيث ان يجب علي تتميز العوازل داخل المحول على تحمل الارتفاع المفاجئ في الجهد نتيجة للصواعق أو أي مصدر داخلي من مصادر أرتفاع الجهد المفاجئ كقصر الدائرة و عمليات الفصل والتوصيل على المحول لقياس قيمة منسوب عزل الدفع الأساسي تستعمل موجة دفعية قياسية للجهد و يتم تحديد قيمة منسوب العزل الأساسي بالقيمة القصوى لموجه الجهد و التي

يمكن ان يتحملها المحول سواء في حالة القطبية الموجبة و السالبة .إذا كان المحول موصلاً بكابلات على كلاً من جانبيه فان احتمال تعرضه لموجة جهد دفعية ناتجة عن صاعقة أو عوامل خارجية يكون ضئيلاً جداً نظرا لان الكابلات تكون مدفونة كما ان الكابلات لها قدرة اكبر من الخطوط الهوائية على تقليل شدة موجة الجهد الدفعية وايضا عند استخدام مانعة صواعق لحماية المحول يسمح بخفض قدرة عزل المحول المطلوبة . و نظراً لان الصواعق تظهر عادةً على شكل موجة على الخط (Traveling Waves) فيجب ان توضع مانعة الصواعق بحيث تكون اقرب ما يمكن من المحول . وايضا لا ننسي ان كثرة عمليات القصر بالدائرة و عمليات الفصل و التوصيل تؤدي إلي أرتفاع عابر في الجهد بنفس تردد الشبكة (Natural frequency) .

IEC موصفات			IEEE موصفات		
HV / NV	Power-Frequenc KVrms	Lightning Impulse (BIL) KVpeak	Highest Voltage KVrms	Power-Frequency KVrms	(BIL) KVpeak
3.6 – 3.3	10	20/40	2.4	15	45
7.2 – 6.6	20	40/60	5	19	60
12 - 11	28	60/75	8.7	26	75
17.5 – 15.5	38	75/95	15	34	95/110
24 - 22	50	95/125	25	40/50	125/150
36 - 33	70	145/170	34.5	70	200
72.5 - 66	140	325	69	140	350
145 - 132	230/275	550/650	138	275	650
245 - 220	360/460	850/1050	230	395/460	900/1050
420 - 400	510/630	1175/1425	345	1300	1300

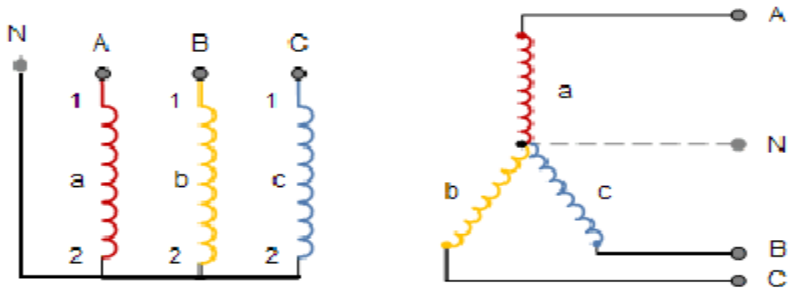
طرق توصيل ملفات المحولات الثلاثية الأوجه

1 - توصيلة النجمة (ستار)

هى عبارة عن ثلاث ملفات لكل ملف بداية ونهاية ويتم في تلك التوصيلة قفل الثلاث نهايات مع بعض والخروج من نقطة تلاقى الثلاث نهايات مع بعض بنقطة تسمى نقطة التعادل حيث وفقا لقاعدة كيرشوف عند تلاقى 3 تيارات في نفس الاتجاه في نقطة يكون قيمة الجهد عند تلك النقطة يساوى صفر ة وهذا ما يحدث حيث عند مرور التيار في الثلاث بدايات ينتهى عند نقطة تلاقى الثلاث نهايات فيكون الجهد عند تلك النقطة يساوى صفر وهذة النقطة هى نقطة التعادل

جهد الخط على الجانب الابتدائي= √3 *جهد الفاز على الجانب الابتدائي

نسبة التحويل = جهد الفاز على الملف الثانوي / جهد الفاز على الملف الابتدائي



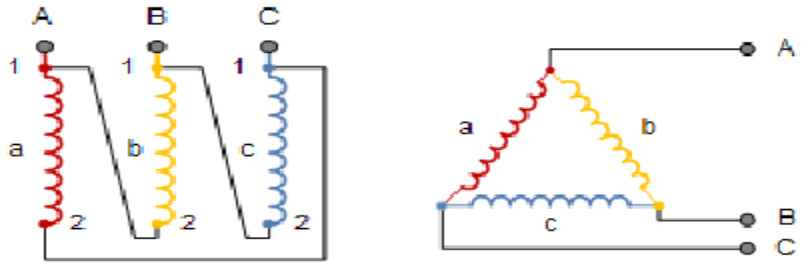
توصيلة ستار اى النجمة

2 - توصيلة دلتا

هى عبارة عن ثلاث ملفات لكل ملف بداية ونهاية ويتم في تلك التوصيلة توصيل بداية الملف الأول بنهاية الملف الثانى وبداية الملف الثانى بنهاية الملف الثالث وبداية الملف الثالث بنهاية الملف الاول بالترتيب وتكون الحسابات الخاصة بة وفقا لتوصيلة الملف الثانوي كالأتي

جهد الخط على الجانب الثانوي= جهد الفاز على الجانب الثانوي

نسبة التحويل = جهد الفاز على الملف الثانوي / جهد الفاز على الملف الابتدائي

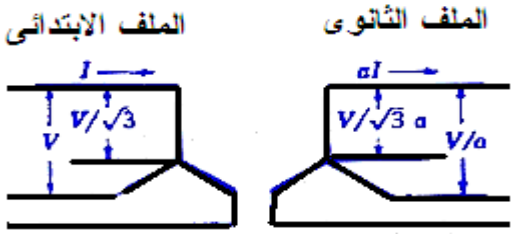


توصيلة دلتا

جدول يوضح العلاقة بين تيار الخط وتيار الوجه وكذلك الجهد

التوصيل	تيار الخط	تيار الوجه	جهد الخط	جهد الوجه
ستار أي نجمة	$I_L = I_P$	$I_P = I_L$	$V_L = \sqrt{3} \times V_P$	$V_P = V_L \div \sqrt{3}$
دلتا	$I_L = \sqrt{3} \times I_P$	$I_P = I_L \div \sqrt{3}$	$V_L = V_P$	$V_P = V_L$

3- توصيله نجمة / نجمة :



يوصل فيها كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي على شكل نجمة

هذه الطريقة يكثر استخدمها في خطوط نقل القوى ذات الجهد المرتفع لأن الجهد الموجود على كل phase = $\frac{V_L}{\sqrt{3}}$ ومن ثم تكون العوازل أقل تكلفة لأن الجهد عليها أقل . وهو أنسب المحولات فى حالة الجهود العالية والتيارات المنخفضة.

وتتميز هذة التوصيلة بالآتى :

(أ) اقتصادية في دوائر الضغط العالي.

1- أن جهد الابتدائي والثانوي يكون In-phase ، ومن ثم لا توجد Phase Displacement ، وهذه الميزة مفيدة في المحولات التي تستخدم في شبكات الربط ذات الجهود المختلفة فلو كان لدينا شبكة بها درجات من الجهود المختلفة مثل جهد 500 KV ,220 , 132 , 66 ، فمن السهولة ربط أي جهدين معاً بواسطة محول واحد مباشرة من 500-66 مثلاً ، أو من 132 إلى 220، وهكذا دون أي تعقيدات فنية أو تصنيعية في المحولات في أي مكان بالشبكة طالما أن جميع المحولات Cascaded أى متتابعة وراء بعضها فقط بتغيير نسبة لتحويل

(ب) يغلب استخدامها في الأحمال الصغيرة المتزنة .

(ج) يمكن الحصول منها على أكثر من قيمة الضغط.

ومن مميزات هذه التوصيلة أيضا أننا نحتاج لعدد أقل من اللفات في كل phase لتنتج نفس الفيض مقارنة بمحول موصل Delta ، وذلك لأن جهد الـV_{phase} يساوي تقريباً 57% من جهد V_{line}.

ومن مميزاتها أن الـ Capacitance بين الملفات تكون كبيرة نسبيا ، وذلك لكبر حجم الموصلات ، وهذا يؤدى إلى صغر قيمة الـ Surge impedance والتى تساوى $\sqrt{\frac{L}{C}}$ ، وهذا يؤدى إلى زيادة تحمل المحول للتغيرات فى الجهد نتيجة عمليات فتح وغلق القواطع ، أو نتيجة البرق.

عيوبها:

جميع المشاكل القادمة تحدث عند عدم تاريض نقطة التعادل

1- يسبب سلك الأرضي متاعب إذا لم يوصل جيداً بالأرض.

العيب الأول يظهر فقط إذا كانت نقطة الـ N غير مؤرضة ، ففي هذه الحالة فإن جهد الثانوي سيكون مشوها distorted wave لأن تيار الـ zero sequence لن يجد مسار ليرجع من خلاله.

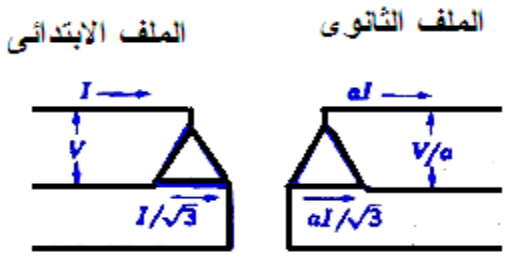
(ب) لا تستخدم في الأحمال غير المتزنة .

أيضا لو حدث تحميل غير متزن على المحول فإن الجهد عند الحمل سيصبح غير متزن وتصبح نقطة التعادل غير مستقرة ، ما لم يتم توصيل الـ N الخاصة بالحمل بالـ N الخاصة بالثانوى.

(ج) ظهور التوافقية الثالثة.

وجود 3rd harmonics في حالة المحولات الغير المؤرضة يتسبب أيضا في حدوث Over voltage عند انخفاض الأحمال .

4- توصيله الدلتا / دلتا :



يوصل فيها كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي على شكل دلتا

تظهر أهمية هذه التوصيلة مقارنة بـ Y Y في الجهود المنخفضة ذات التيار المرتفع لأن تيار I_{ph} في هذه التوصيلة يمثل 57% من I_{line} . وهذا يعني أن ملفات المحول أقل من حيث المقطع وكمية النحاس. وهو أنسب المحولات فى حالة التيارات العالية والجهود المنخفضة. لكنه أضعف المحولات فى تحمل الجهود الميكانيكية بسبب صغر مساحة مقطع الموصل ، كما أن الأجهادات الكهربية على عوازله أكبر ما يمكن.

مميزات هذة التوصيلة :

(أ) اقتصادية عند الضغط المنخفض .

(ب) تخمد فيها التوافقية الثالثة(الهارمونيك الثالثة) .

حيث تظل تدور التوافقية الثالثة داخل ملفات الدلتا ولا تخرج الي الخطوط

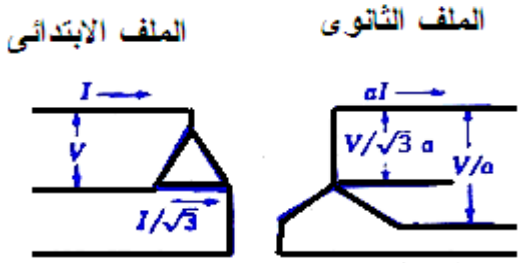
(ج) يمكن استخدامها عند الأحمال الكبيرة غير المتزنة .

عيوبها:

لا يمكن الحصول منها على أكثر من جهد

حيث لا توجد نقطة التعادل وايضا عند حدوث عطل ارضي فانة يتسبب في ارتفاع الجهود علي الملفات الثلاثة ممكن يؤدي الي تدمير العزل حيث لا نستطيع تاريض توصيلة الدلتا لعدم وجود نقطة التعادل N

3- توصيلة نجمة / دلتا



حيث يوصل الملف الابتدائي نجمة والملف الثانوي دلتا

مميزات هذة التوصيلة :

(أ) تخمد فيها التوافقية الثالثة وتعمل على استقرار نقطة الحياد .

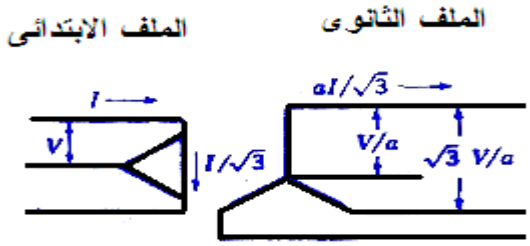
(ب) تستخدم في محولات الخفض لتغذية المحركات الثلاثية الأوجه المتزنة.

عيوبها:

(أ) لا يمكن الحصول منها على أكثر من ضغط.

(ب) لا يمكن استخراج طرف رابع من الملف الثانوي.

5- توصيله دلتا / نجمة :



في هذة الحالة يتم توصل الملفات الابتدائية على شكل دلتا والملفات الثانوية على شكل نجمة .
عند توصيل جانب الملف الابتدائي على شكل دلتا فهذا طبعا يعمل علي خفض التيار في الجانب الثانوي وعند توصيل الملف الثانوي على شكل ستار اى نجمة فيعمل علي خفض الجهد وطبعا تكثر اهمية توصيل دلتا في الملف الابتدائي بالمولد فلا حاجة لنقطة التعادل وطبعا من اشهر مميزات توصيلة دلتا هي انها تمنع مرور التوافقية الثالثة

مميزات هذة التوصيلة :

(أ) تستخدم بكثرة في توزيع القدرة الكهربية .
(ب) يمكن استخراج طرف رابع والحصول على أكثر من ضغط.
(ج) حيث ان الابتدائي موصل دلتا فلا أثر للتوافقية الثالثة.
(د) تصلح للأحمال المتزنة وغير المتزنة .
(ه) ان تيار العطل في الجانب الثانوي سيجد مسار لة من خلال نقطة التعادل

6- التوصيلة ذات الدلتا الإضافية:

تزود المحولات بمجموعة ملفات توصل على شكل دلتا مقفولة على نفسها وذلك لتلافى تأثير التوافقية الثالثة وذلك بإمكان تشغيل المحولات التي تظهر بها هذة التوافقية الثالثة على الأحمال المتزنة وغير المتزنة وتكون ضرورية في المحولات ذات التوصيل نجمة / نجمة متداخلة .
جدول يوضح العلاقة بين التوصيلات من حيث التيار والجهد

نوع التوصيل	تيار الخط	جهد الخط
دلتا - دلتا	$I_L \Rightarrow \frac{I_L}{n}$	$V_L \Rightarrow nV_L$
ستار - دلتا	$I_L \Rightarrow \frac{I_L}{\sqrt{3}.n}$	$V_L \Rightarrow \sqrt{3}.nV_L$
دلتا - ستار	$I_L \Rightarrow \sqrt{3}.\frac{I_L}{n}$	$V_L \Rightarrow \frac{nV_L}{\sqrt{3}}$
ستار - ستار	$I_L \Rightarrow \frac{I_L}{n}$	$V_L \Rightarrow nV_L$

لو كان جهد الخط يساوى 415 فولت فما هو قيمة الجهد الابتدائي لكل انواع طرق توصيل
أولا في حالة توصيل دلتا / دلتا يكون جهد الملف الابتدائي هو 415 فولت

ثانيا في حالة التوصيل نجمة / نجمة يكون قيمة الجهد الابتدائي =415/ √3 = 239.6 فولت
ثالثا في حالة التوصيل نجمة / دلتا يكون جهد الملف الابتدائي = 415/ √3 = 239.6 فولت
رابعا في حالة التوصيل دلتا / نجمة يكون جهد الملف الابتدائي = 415 فولت

Δ-Δ: primary voltage = V = **415** volts

Y-Y: primary voltage = $\frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{415}{1.73} = 239.6$ volts

Y-Δ: primary voltage = $\frac{V}{\sqrt{3}} = \frac{415}{1.73} = 239.6$ volts

Δ-Y: primary voltage = V = **415** volts

كيفية تمييز أطراف المحولات:

تميز أطراف ملفات الضغط العالي بالرمز A,B,C وتميز أطراف ملفات الضغط المنخفض بالحروف الصغيرة a, b ,c .n وتميز أطراف الضغط العالي بالنظر إلي مساحة مقطعها حيث تكون أقل من مساحة مقطع أطراف ملفات الضغط المنخفض . أو بواسطة قياس مقاومة كل ملف فالملف ذو المقاومة الأكبر هو ملف الضغط العالي والعكس تميز اطراف الجهد العالى ايضا عن طريق موقع مغير الجهد وايضا يتم التميز بين ملفات الجهد العالى والجهد المنخفض عن طريق عدد الكابلات فالجانب الذى بة عدد كثير من الكابلات يكون الجهد الثانوى لان بانخفاض الجهد يزيد التيار وتزيد مساحة مقطع الكابل والجانب الذى بة عدد قليل من كابلات يكون جانب الجهد العالى لان بزيادة الجهد يقل التيار وتقل مساحة مقطع الكابل.

حماية المحولات

كلمة حماية يقصد بها المحافظة علي المعدة او الالة من اى ضرر ممكن يلحق بها قدر المستطاع ويوجد انواع كثيرة من طرق الحماية وهي تسريب التيار الزائد من خلال منظومة التاريض الجيدة او يتم فصل المعدة من خلال منظومة الحماية

اولا حماية المحول من خلال منظومة التاريض

طبعا كلمة التأريض تعني انة تم عمل توصيل بين جسم الاجهزة الكهربائية من جهة وكتلة الأرض من جهة أخرى. لذا فأن التأريض مطلوب لتوفير السلامة للمنظومة الكهربائية وللعاملين في المنشأة وطبعا يعتبر المحول من تلك الاجهزة ولذلك يتم تاريض المحول لكن نحب ان نوضح شي مهم وهو ان لا يكفي تاريض جسم المحول فقط ولكن يتم تاريض نقطة التعادل في المحول ايضا وطبعا ذلك يكون في حالة توصيل الملفات للمحول علي هيئة نجمة اي ستار والسبب في ذلك هو تأريض نقطة التعادل يضمن أكبر تأثير على أجهزة الوقاية لحظة حدوث قصر أرضى .وطبعا لا يؤدي الي حدوث إرتفاع فى الجهد وايضا يمكن التخلص من القوس الأرضى المستمر الذى يحدث عندما تكون الشبكة غير مؤرضة بسبب مرور تيار القصر من الخط إلى نقطة التعادل خلال الأرض

ملحوظة:

عند تأريض نقطة التعادل يجب فصل أرضي نقطة التعادل عن أرضي جسم المحول حتى لا يرتفع الجهد على جسم المحول أثناء حدوث قصر بين وجه و الأرض .

قبل التحدث عن التاريض يجب ان نوضح ان مقاومة التاريض تكون 12 اوم لجهد 11ك ف و 20 اوم لجهد 22 ك ف و مقاومة الارضى يجب الا تتعدى 0.5 اوم و المقاومة النوعية للتربة

تختلف باختلاف نوعية التربة حيث تكون منخفضة فى التربة الطينية وعالية فى التربة الرملية وعالية جدا فى التربة الصخرية وبالطبع تؤثر المقاومة النوعية للتربة على مقاومة الارضى لذا يجب معالجة التربة بعمل ابار الارضى وعمل شبكة الارضى لخفض مقاومة الارضى الى الحدود المسموح بها وبالتالى يتم استخدام نفس القيم لمقاومة التاريض للانواع المختلفة للتربة

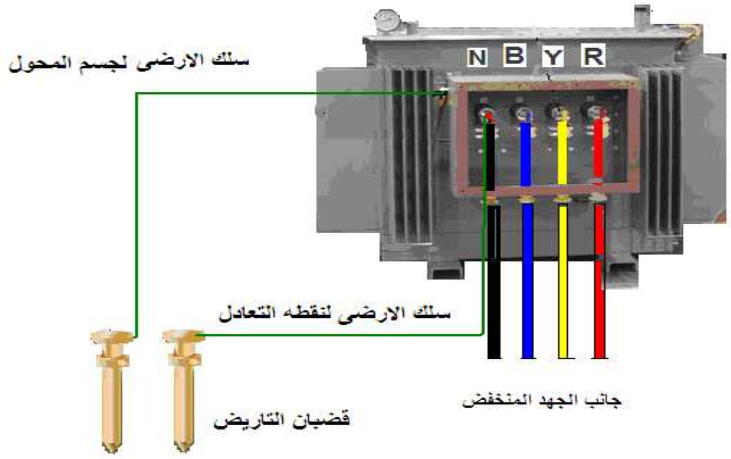
تأريض نقطة التعادل فى المحولات

يتم تأريض نقطة التعادل للمحول وفقا إلي نوعين من انظمة التاريض وهما تاريض مباشر او التاريض غير المباشرعن طريق مقاومة

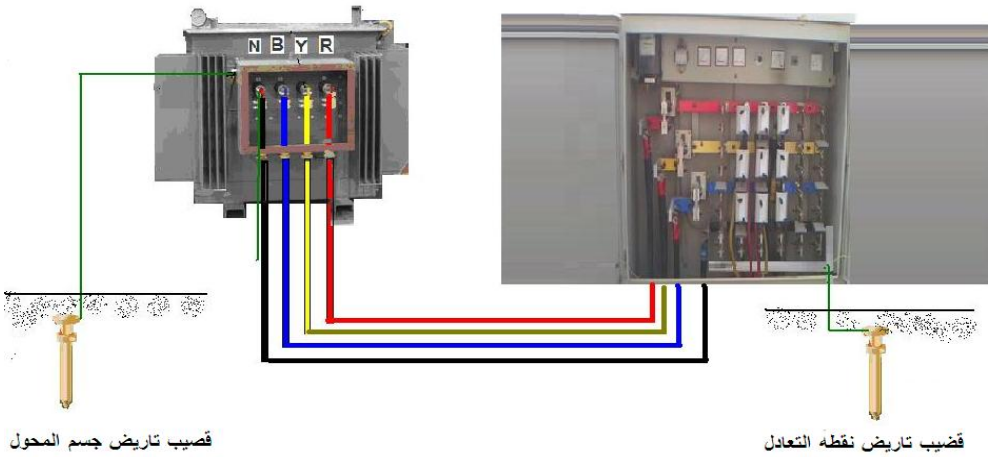
1- تأريض مباشر

تأريض نقطه التعادل مباشرة كما يوضحها الشكل الآتي:

عندما تكون مقاومة التربة جيدة جدا وتعطي القيم المطلوبة لقيم المقاومة والتي يجب ان لا تقل عن 1 اوم فيتم تاريض المباشر ويفضل استخدام ذلك النوع في محولات التوزيع نظرا لانخفاض قيم الجهد حيث نجد ان جهد الملف الثانوي لمحول التوزيع يكون 433 فولت

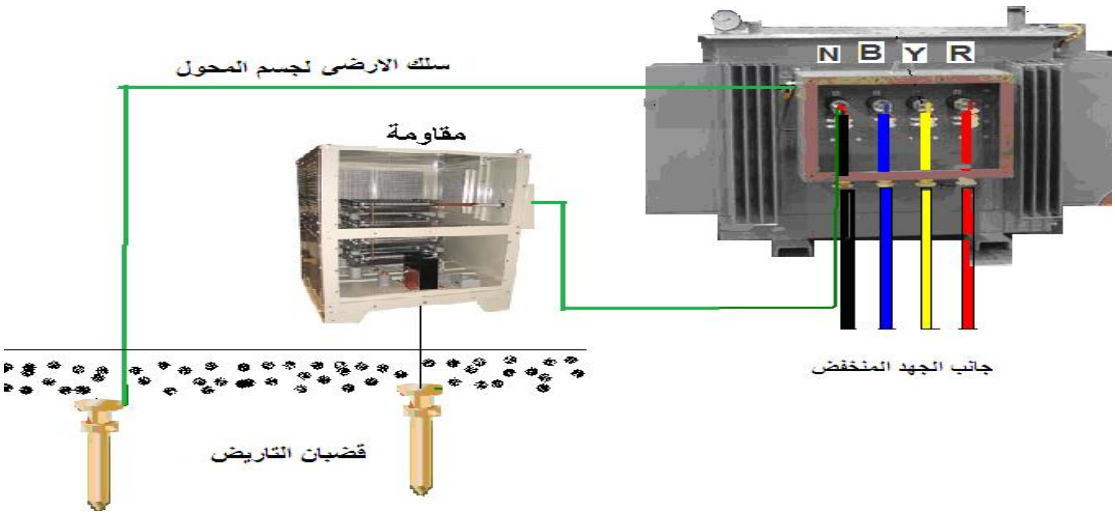


واحيانا يتم تأريض نقطه تعادل للمحول عن طريق صندوق التوزيع الرئيسي حيث يتم ربط بارة قضيب التعادل مع بارة قضيب الأرضي مع بعض بواسطة وصله كما يوضحها الشكل



2- تاريض غيرالمباشرعن طريق المقاومة

الشكل القادم يوضح طريقة تاريض نقطة التعادل للمحول عن طريق وضع مقاومة ويفضل استخدام تلك الطريقة في شبكات الجهد المتوسط والعالي نظرا لارتفاع قيم الجهد



حيث يتم تأريض نقطة التعادل الموجودة على جانب الجهد المتوسط لمحولات القدرة من خلال مقاومة للحد من قيمة تيارات القصر نظراً لارتفاع قيمة الجهد حيث تكون قيمة المقاومة 12 اوم اذا كان الجهد الثانوى للمحول 11 ك ف وتكون قيمتها 20 اوم اذا كان الجهد الثانوى للمحول 22 ك يتم عمل مجموعة من آبار الارضى (شبكة أرضى) وتوصل مع بعضها بموصلات من النحاس (مجدولة او مصمتة) لتقليل مقاومة الارضى (وهى مقاومة تضاف الى مقاومة التأريض) بحيث لا تزيد عن 0.5 اوم فى حالة ارتفاع قيمة مقاومة الارضى يتم عمل معالجة للتربة وزيادة عدد آبار الارضى للوصول او استخدام الكتروردات تاريض معالجة كيميائياً للوصول لقيمة مقاومة الارضى القياسية (حوالى 0.5 اوم)

ثانيا حماية المحول من حدوث الاعطال من خلال منظومة الوقاية

سوف يتم التحدث عنها لاحقا في فصل الوقاية ولكن سوف نعطى فكرة مبسطه عنها
يعتبر المحول أهم عنصر من عناصر الشبكة الكهربائية. كما تعتبر نسبة حدوث الأعطال له قليله بالمقارنة بخطوط النقل ولكن الخسائر والإضرار الناتجة من الأعطال التي قد تحدث في المحولات تكون كبيرة. لذا يجب الاهتمام بالحماية الخاصة بالمحولات.
العوامل الأساسية المؤثرة في حماية المحولات:

1 - قدرة المحول

تعتمد متطلبات الحماية للمحول على قدرة المحول فكلما زادت قدرة المحول كلما كانت متطلبات الحماية له أكثر.

2 – نوع مادة العازل

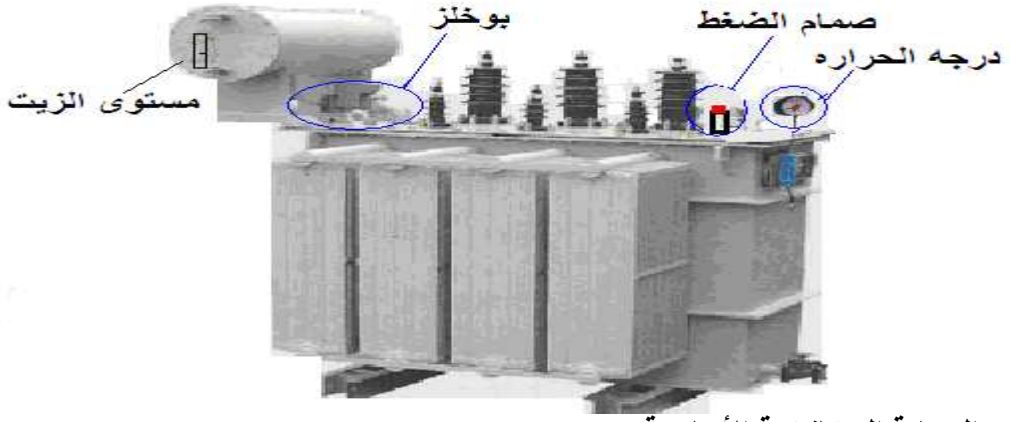
حبث نجد ان المحولات المغمورة في الزيت تتطلب انواع من الحماية أكثر من الانواع التي لا تحتاج زيت كما في المحولات الجافة.

3 - نوع المحول

حيث نجد ان محولات القدرة اكبر بصفة عامة وأكثر تعقيدا من محولات التوزيع لذا فهي تحتاج حماية اكثر من مما تحتاج اليها محولات التوزيع
وللحفاظ علي المحولات تزويد بأجهزة حماية تعمل على وقايتها من الأخطاء التي يتعرض لها المحول ويتم تقسيم أجهزة حماية المحول إلي نوعين (وقاية ميكانيكيه- وقاية كهربائية)

أولا الوقاية الميكانيكية

وتتمثل في مراقبه الظواهر الفزيائية للمحول مثل درجة حرارة الزيت والملفات والضغط داخل المحول وتركب تلك الأجهزة على السطح الخارجي للمحول (فتحة الضغط- مبينات درجة الحرارة - مانعة الصواعق - متمم بوخلز) كما بالشكل:



A- الحماية الميكانيكية الأساسية

1- حماية البوخلز ريلاى لتنك المحول الرئيسي
2- حماية البوخلز ريلاى لتنك الخاص بمغير الجهد
3- ريلاى حماية من أرتفاع درجة حرارة الملف الابتدائي
4- ريلاى حماية من أرتفاع درجة الحرارة الملف الثانوي

B - الحماية الميكانيكية الثانوية

1- صمام الضغط لتنك الرئيسي
2- صمام الضغط لتنك الخاص بمغير الجهد
3- ريلاى أرتفاع درجة حرارة الزيت لتنك الرئيسي
4- ريلاى أرتفاع درجة حرارة الزيت لتنك الخاص بمغير الجهد

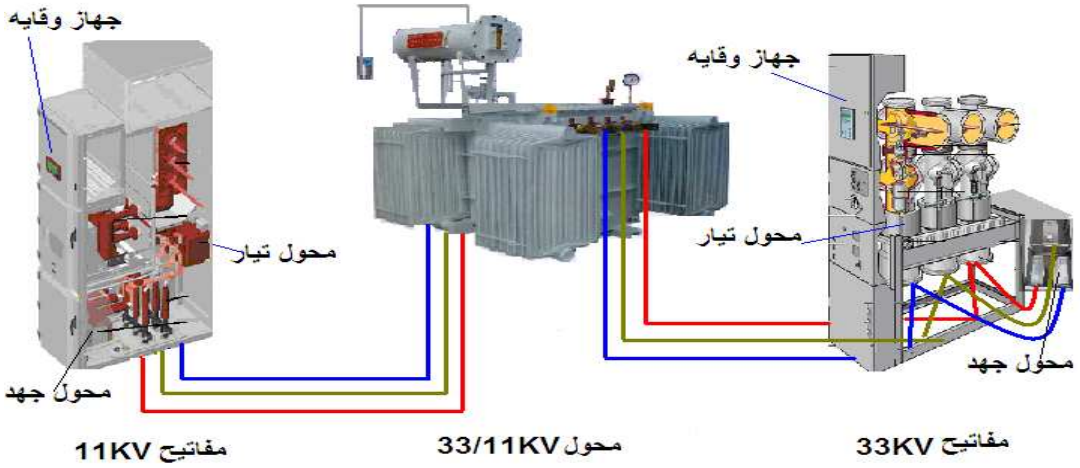
ثانيا الوقاية الكهربائية

والتي تتمثل في الأجهزة التي تختص بمراقبة الجهد والتيار ويتم ذلك عن طريق أجهزة مساعدة مثلا محول التيار ومحول الجهد الذي ينقل جميع القيم الجهد والتيار إلي جهاز الوقاية والذي بدوره ووفقا لضبط المسبق يحدد نوعية الحدث المطلوب من تشغيل طبيعي أو فصل

A-الوقاية الكهربائية فى حالة محولات القدرة اكبر من 5 ميجا فولت أمبير

المحولات التي قدرتها اكبر من 5 ميجا فولت أمبير تكون الوقاية المطلوبة لحمايتها باستخدام أجهزة وقاية يطلق عليها اسم الريلاى حيث تعتمد على ضبط قيم معينة فإذا تم الإحساس بزيادة عن تلك القيم فيتم إعطاء أمر بالانذار أو بالفصل المباشر وفقا لنوع الضبط ووفقا لنوع الحماية المطلوبة واغلب حمايات المحولات تكون كالأتي.

1- الحماية الرئيسية وهي الوقاية التفاضلية ومعها الوقاية ضد تسرب الأرضي المحدد
2- الحماية الثانوية وهي الوقاية ضد زيادة التيار والوقاية الأرضية



B- الوقاية الكهربائية فى حالة محولات التوزيع أقل من5 ميجا فولت أمبير

يتم حماية محولات التوزيع أقل من 5 ميجا فولت امبير كالأتي:

1- حماية جانب الجهد العالي 11 ك ف

A – الوحدة الحلقية بدون القاطع الآلي يركب بها فيوزات الجهد المتوسطHRC

B – الوحدة الحلقية التي بها القاطع الآلي يركب بها ريلى أو محول تيار+ فيوز

2- حماية جانب الجهد المنخفض 415 فولت

A – عند تركيب صندوق توزيع رئيسي تكون فيوز الجهد المنخفض هي MJ أوNH

A– عند تركيب لوحة توزيع تكون القواطع الآلية للجهد المنخفض هي ACB أو MCCB

الصورة القادمة توضح حماية من جانب صندوق توزيع والوحدة الحلقية

اولا حماية جانب الجهد العالي لمحولات التوزيع

حماية الملفات الابتدائية لمحول التوزيع أقل من 5 ميجا فولت لا تكون مثل حماية محولات القدرة اكبر من 5 ميجا فولت أمبير نظرا لان اغلب الوحدات الحلقية لا تحتوى بداخلها على قاطع تيار. في تلك الحالة يتم تركيب جهاز حماية آخر يسمى الفيوز. ولكن يوجد الان تصنيع خلايا 11 ك ف تقوم بنفس دور الوحدات الحلقية تحتوى على قاطع إلي فيتم تركيب أجهزة وقاية لحماية المغذى والمحول وأيضا توجد بعض الوحدات الحلقية بالأخص المعزولة بالغاز تركب بها جهاز وقاية داخلي ريلى يعمل على فصل المحول عند حدوث أي خطاء

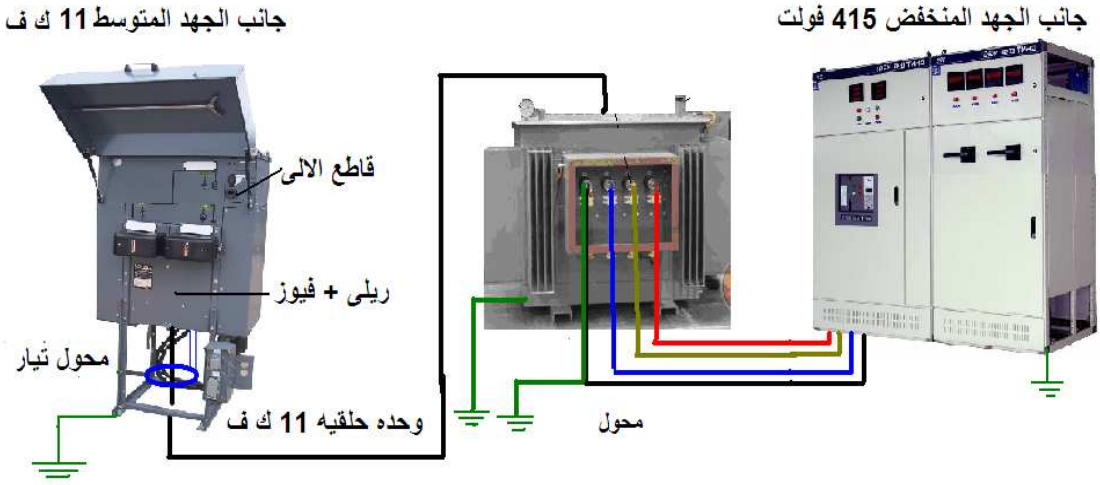
وحده الحلقيه بها قاطع الالى

وحده حلقيه بها فيوز

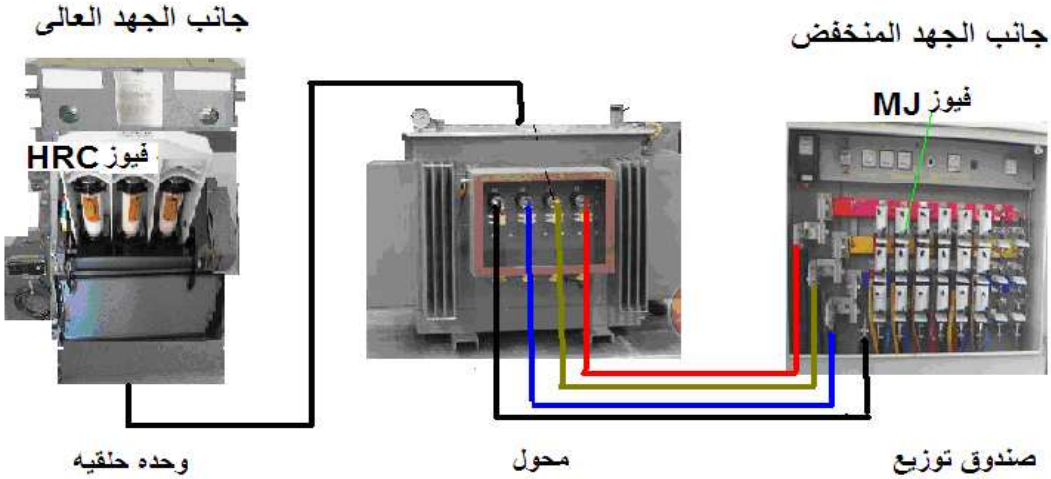
وحده حلقيه بها قاطع الالى

A- حماية ملفات الجهد العالي للمحول من خلال جهاز الوقاية

الصورة القادمة توضح حماية من جانب لوحة توزيع والوحدة الحلقية ذات القاطع الآلي



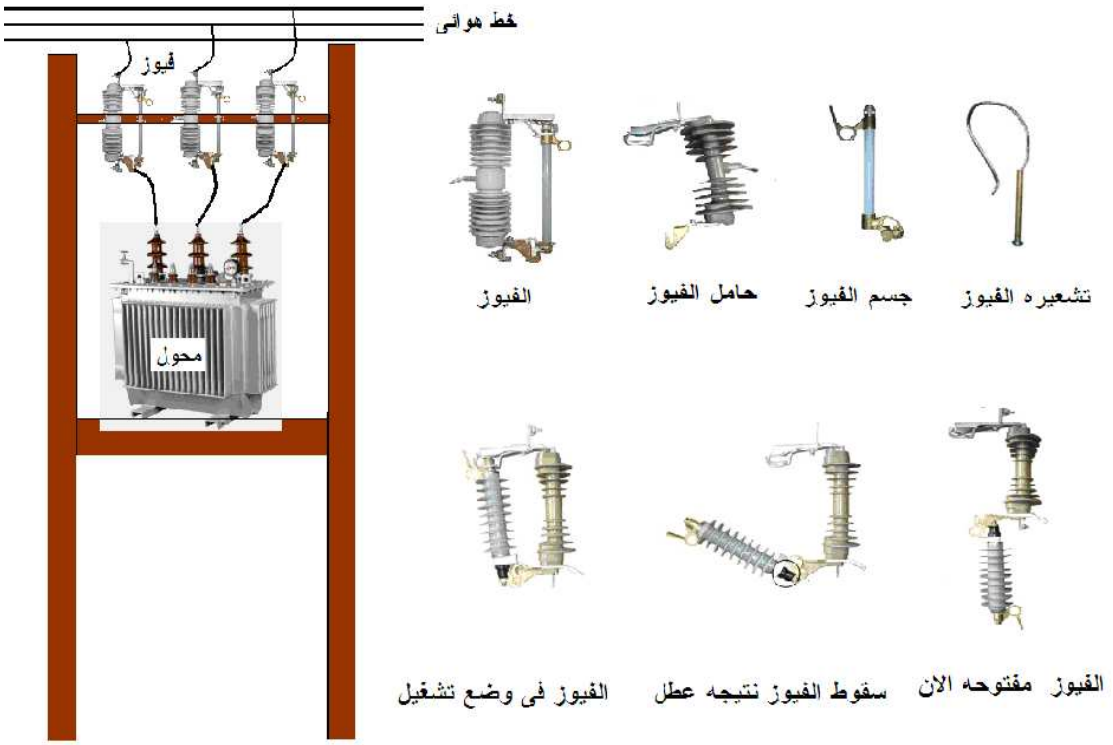
B- حماية ملفات الجهد العالي لمحول التوزيع من خلال فيوز الجهد العالي



1- الفيـــــوزات

A- مصهرات الطرد Expulsion fuses

ويستخدم هذا النوع من الفيوز في الأماكن الخارجية وخاصة لحماية الخطوط الهوائية والمحولات المركبة على الأعمدة وتتكون من عنصر صهر داخل انبوبة لها نهاية مفتوحة وعند انصهار عنصر المنصهر يمتد القوس الكهربي بين طرفي المصهر ونتيجة لدرجة الحرارة العالية لهذا القوس تتبخر مادة الانبوبة مما يؤدي إلي انبعاث كمية هائلة من الغازات التي ترفع الضغط داخلها مما يعمل على إطفاء القوس الكهربي ومنع إعادة اشتعاله . ويتم طرد الغازات بشدة إلي الجو من الطرف الأعلى للانبوبة كما يمكن استغلال شدة اندفاع الغازات في إسقاط الفيوز بأكملها إلي أسفل بحيث يعطي دليلا مرئيًا على انصهاره . ولا يمكن بطبيعة الحال استخدام هذا النوع داخل المباني بسبب الإزعاج وكمية الغازات الهائلة المنبعثة عند الانصهار . و الشكل يوضح هذا النوع من المصهرات



B- فيوزات الجهد العالى الخرطوشة(HRC)

وتركب بداخل الوحدة الحلقية (RMU) لحماية المحول وتكون بسعة قطع مختلفة وفقا لقدرة المحول وهذا النوع من الفيوز يوضع بداخل الزيت ويكون الفيوز في وضع سليم ما لم يخرج أي مسمار من إحدى الجوانب أما لو خرج مسمار فيدل على ان الفيوز محترقة كما بالصور ولتركيب تلك الفيوز يوجد اتجاه لها حيث توجد علامة توضح ان يتم تركيب الفيوز في تلك الاتجاه حيث يضمن عند حدوث العطل يخرج المسمار من الفيوز ويصدم بساقطة داخلية متصلة بميكانزم يتحرك ويعمل على فصل المحول

فيوز المحول

خروج مسمار يدل على انصهار الفيوز

اخراج فيوز محول

مكان تواجد فيوز المحول

وحده حلقيه

خطوات حساب الفيوز للمحول

المحول يوجد له حمايتين من كلا الجانبين الابتدائى والثانوى

الجانب الابتدائي للمحول يتم حماية عن طريق تركيب فيوز جهد 11 ك ف أما الجانب الثانوي للمحول يتم حمايتة عن طريق تركيب قواطع تيارجهد منخفض تركب بلوحة التغذية الرئيسية أو عن طريق فيوز بجهد 415 فولت تركب بصندوق التوزيع الرئيسي .

فمثلا عند حساب الحماية المطلوبة لمحول توزيع قدرتة 1000 ك ف ا

قيمة الفيوز المطلوبة لحماية الجانب الابتدائي للمحول

1 - الجانب الابتدائي يركب عليه فيوزHRC وتحسب

التيارفى الجانب الابتدائي =(القدرة / جهد التشغيل الملف الابتدائي * √3) * 1.2

I=(KVA/1.73*KV) *1.2 =1000/(1.73*11) =52.5A

ICB=52.5*1.2=63A

والجدول الآتي يوضح قيمة الفيوز المستخدمة في الجانب الابتدائي للمحول

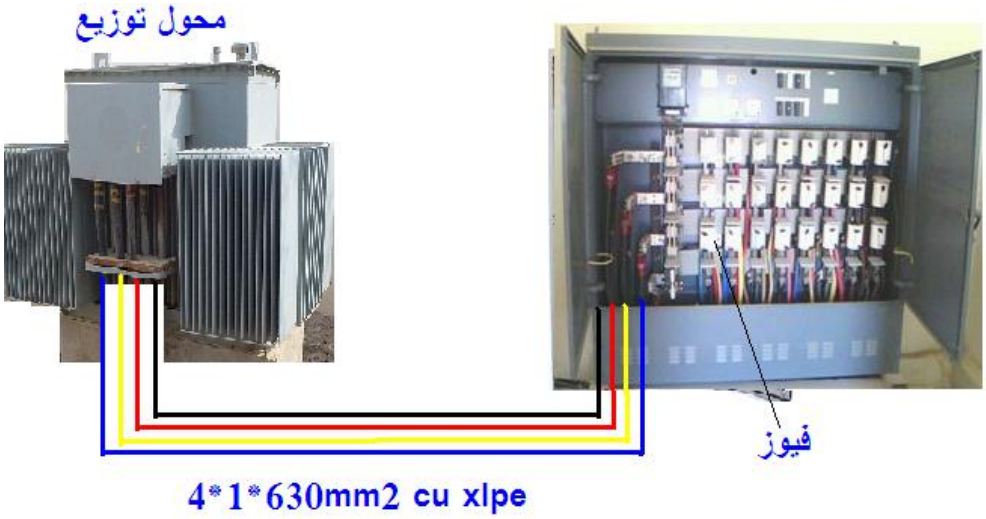
الجانب الابتدائي11KV	قدرة المحول
10	50

100	16
500	31.4
1000	45-63
1500	80-100

ثانيا حماية الجانب الثانوي لمحولات التوزيع

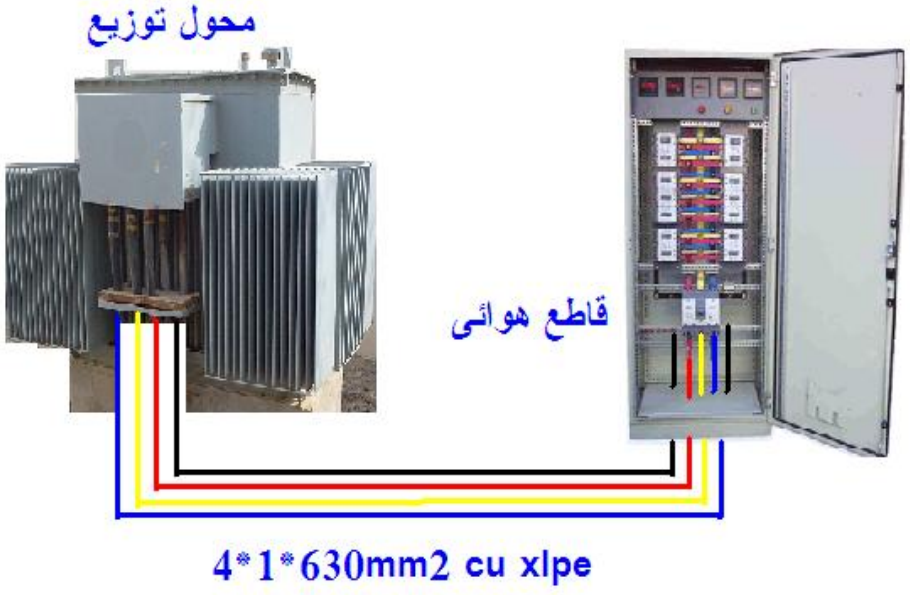
A- إذا كان الاتصال بصندوق توزيع رئيسي

في هذة الحالة تكون الحماية غير مباشرة حيث يتم حماية الحمل الذي يقوم المحول بتغذيته عن طريق فيوز بقدرة 630 أمبير أو 400 أمبير على كل مخرج من مخارج الكابلات وفقا للحمل



B- إذا كان التوصيل بلوحة التوزيع الرئيسية

في هذة الحالة تكون الحماية مباشرة حيث يتم حماية الحمل الذي يقوم المحول بتغذيته عن طريق قواطع تيار بقدرات 630 أمبير أو 400 أمبير وفقا للحمل فيكون القاطع الكهربائي هو الحماية من ذلك الجانب ويكون أما ACBأو MCCB كما بالشكل القادم



خطوات حساب القاطع الآلى للمحول11/ 0.433 ك ف ناحية الجهد الثانوي

فمثلا محول قدرة 1000 ك ف ا

القاطع الآلي ناحية الجهد الثانوى0.433 ك ف يحسب بتطبيق ذلك القانون

$$I=(KVA/1.73*KV)*1.2=1000/(1.73*0.433) = 1334\ A$$

$$I_{CB} = 1334*1.2=1600A$$

جدول يوضح قدرة القاطع ناحية الجهد المنخفض

قدرة المحول	القاطع الآلى
250KVA	MCCB 400 أمبير
500KVA	MCCB 800 أمبير
1000KVA	ACB 1600 أمبير
1500KVA	ACB 2500 أمبير

مثال لحماية محول بقدرة 1500 ك ف امبير

حساب الفيوز للجهد العالى 11 ك ف

التيارفى الجانب الابتدائي =(القدرة / جهد التشغيل الملف الابتدائي * √3) * 1.2

التيار في الجانب الابتدائي=1500/1.73*11=78.8 أمبير*1.2=90 أمبير

حساب القاطع الالي لجهد المنخفض 433 فولت

التيارفى الجانب الثانوي =(القدرة / جهد التشغيل الملف الثانوي * √3) * 1.2

التيار في الجانب الثانوي=1500/1.73*0.433=2000 أمبير*1.2=2400 أمبير

مثال لحماية محول بقدرة 500 ك ف امبير

حساب الفيوز للجهد العالى 11 ك ف

التيارفى الجانب الابتدائي =(القدرة / جهد التشغيل الملف الابتدائي * √3) * 1.2

التيار في الجانب الابتدائي=500/1.73*11=26 أمبير*1.2=31.5 أمبير

حساب القاطع الالي لجهد المنخفض 433 فولت

التيارفى الجانب الثانوي =(القدرة / جهد التشغيل الملف الثانوي * √3) * 1.2

التيار في الجانب الثانوي=500/1.73*0.433=666 أمبير*1.2=800 أمبير

تحديد الحمل باستخدام القدرة الفعالة لمحولات التوزيع

القدرة الظاهرة لمحول توزيع هي 500 كيلو فولت أمبير فما هي قيمة القدرة الفعالة

القدرة الفعالة = القدرة الظاهرة * معامل القدرة(0.8)

القدرة الفعالة للمحول = 500*0.8= 400 كيلو واط

ولكن نظرا لان تشغيل المحول لا يكون بالحمل الكامل حيث يتم تشغيله بنسبة 80%

فتكون القدرة الفعالة للمحول عند تشغيل بنسبة 80%= 400 * 0.8 = 320 كيلو واط

ومن هنا يتم تحديد قدرة المحول المطلوب وفقا إلي القدرة أو إلي قيمة تيار الحمل حيث ان كل واحد كيلو واط يساوى 1.7 أمبير فان كان محول قدرته 100 كيلو واط فان قيمة التيار له هي حاصل ضرب 100 *1.732 = 173.2 أمبير والجدول القادم يوضح ذلك

قدرة الحمل	قيمة تيار الحمل	قدرة الظاهرة	قدرة الفعالة	عدد المحولات	التحميل
300 ك واط	500 أمبير	500 ك ف ا	320 كيلو واط	1	%80
600 ك واط	1000 أمبير	1000 ك ف ا	640 ك واط	1	%80

900 ك واط	1500 أمبير	1500 ك ف ا	960 ك واط	1	%80
1200 ك واط	2000 أمبير	1000 ك ف ا	640 ك واط	2	%80
2600 ك واط	45000 أمبير	1000 ك ف ا	640 ك واط	3	%80
2600 ك واط	4500 أمبير	1500 ك ف ا	960 ك واط	2	%80

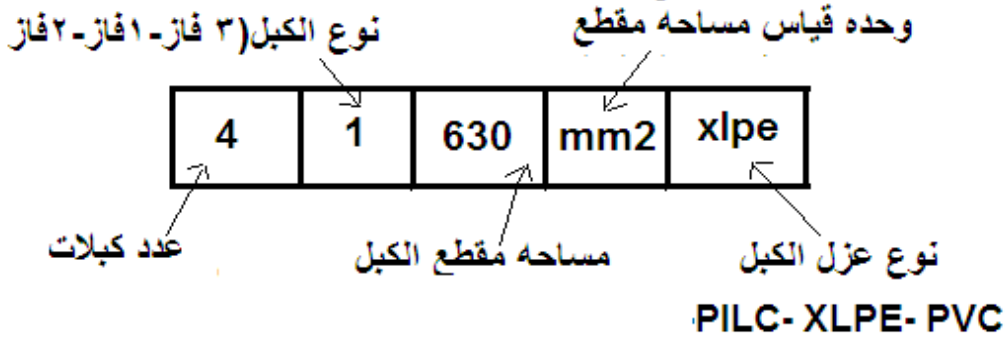
حيث عند وصول الحمل إلي 500 أمبير أو 300 ك واط يركب محول واحد قدرته 500 ك ف ا
أما عند وصول الحمل إلي 1000 أمبير أو 600 ك واط يركب محول واحد قدرته 1000 ك ف ا
أما عند وصول الحمل ما بين 3000 إلي 4500 أمبير يركب عدد 3 محولات 1000 أو محولين بقدرة 1500 ك ف ا

تحديد كابلات الدخول والخروج من محولات التوزيع11KV/433V

kva	HV	أمبير	كابل	LV	أمبير	كابل
500	11KV	26.5	3*35mm2 XLPE	433V	666.6	4*1*630mm2 XLPE
1000	11KV	52.5	3*35mm2 XLPE	433V	1333	7*1*630mm2 XLPE
1500	11KV	78.5	3*95mm2 XLPE	433V	2000	11*1*630mm2 XLPE

معنى4*1*630mm2 XLPE

هي ان يوجد عدد 4 كابلات سنجل كور مساحة مقطعه هي 630 ملى متر ونوع العزل للكبل هو xlpe

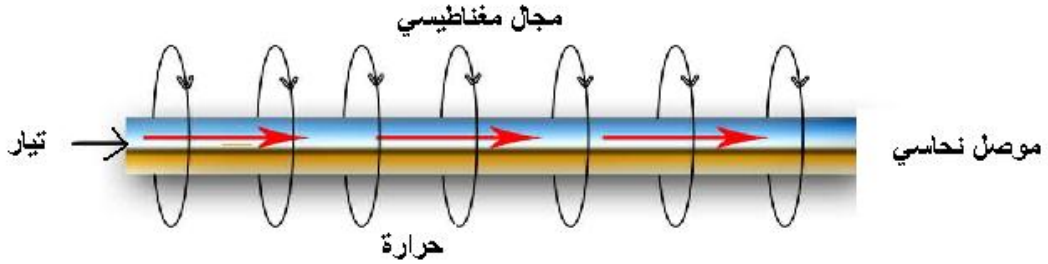


<u>مفاقيد المحول</u>

المحول الكهربائي يعتبر الة مثل اي الة ينتج عنها مفاقيد نتيجة التشغيل واكثر الفقد في جميع الالات يكون سببة الاساسي هي الحرارة حيث يوجد نوعين من المفاقيد للمحول وهما المفاقيد النحاسية والمفاقيد الحديدية ونوضح الان ما سببهما

<u>1- مفاقيد النحاسية او ما تسمى مفاقيد الحمل</u>

نتيجة لان المحول يتكون من ملفات من النحاس فعند مرور التيار في الملفات النحاسية يتولد مجال مغناطيسي وايضا حرارة حول الملفات وهذا هو ما يسمي المفاقيد نحاسية Copper lossهو مصطلح يطلق على الحرارة الناتجة عن مرور التيار الكهربائي في الموصلات ويزداد بزيادة تحميل المحول وهذا النوع من المفاقيد تظهر عند تحميل المحول نتيجة لمرور تيار الحمل خلال الملفات وهذا النوع يمثل حوالي 90% من الفقد وبالطبع فان مفاقيد الحمل تعتبر من العناصر الاساسية في تحديد حجم المحول فالحرارة الناشئة عن مرور التيار في الملفات ترفع درجة حرارة في الملفات الي درجة حرارة التي تدمر العزل والملفات ولذلك فلابد من خفض تلك المفقودات



2- مفاقيد الحديدية او ما تسمى مفاقيد الاحمل

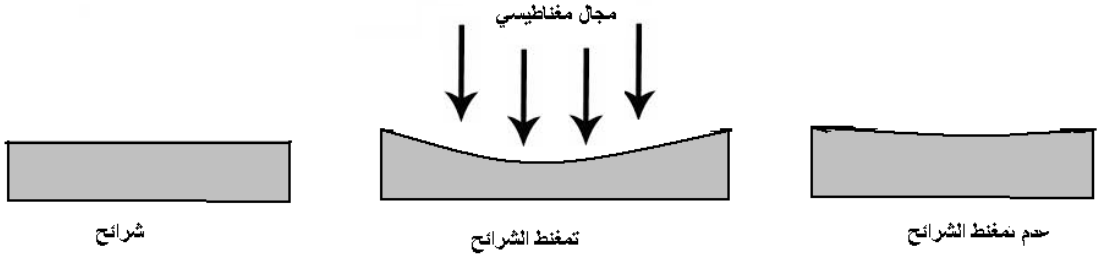
عند فصل الاحمال عن المحول مع استمرار توصيلة بالمصدر فان المحول يستمر في سحب طاقة من المصدر هذة الطاقة كلها تعتبر من الفقد لانة لا يوجد خروج للمحول ولكن هذة الطاقة لها فائدة وهي جعل المحول جاهز للدخول في الخدمة في اي وقت ويوجد ثلاث انواع من المفقودات وهي

A- الفقد نتيجة تيار اللا حمل (I^2R)

تيار اللا حمل هو التيار الذي يمر في ملف عندما يسلط عليه الجهد المقنن و بالتردد المقنن عندما يكون الملف الآخر مفتوح و يكون غلباً في حدود من 1-2% من تيار الحمل الكامل و يجب الأخذ في الاعتبار ان تكون كثافة الفيض المغناطيسي تحت نقطة التشبع الحرجة (Critical Saturation point) و ألا تحتوي شرائح القلب الحديد على ثغرات هوائية و ذلك للحفاظ على قيمة تيار اللا حمل .

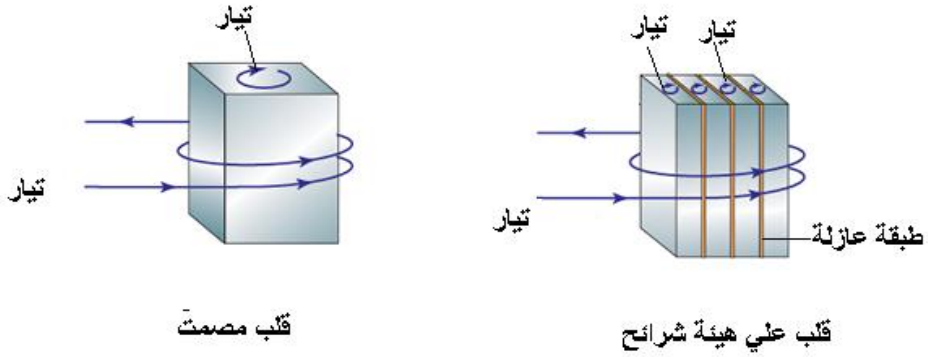
B- فقد التخلف في شرائح القلب الحديدي :-

عند مرور الفيض في القلب الحديدي فان جزيئات القلب الحديدي تستجيب لة بدرجة ما وتترتب بانتظام في اتجاة المجال المغناطيسي الموضوع عليها وعند فصل الدائرة الكهربائية فان المفترض ان يختفي تاثير المجال على الجزيئات ولكن نجد انة يتبقي في المادة الحديدية جزء من المغناطسية اي اننا فقدنا جزء من القدرة المغناطسية داخل المادة الحديدية ويسمى تيار التخلف ويمثل بالرمز Xm ونوضح ذلك بفكرة بسيطة فعندما نضغط علي قطعة مرنة باليد فيحدث لها ضغط بمقدار قوى ضغط اليد ولكن عندما نرفع اليد عن القطعة المرنة نجد ان الجسم لا يعود كما كان ولكن يبقي بعض الانحراف نتيجة لضغطة اليد علية وهو ما يسمي التخلف نتيجة لتغير بعض الجزيئات بالمادة نتيجة قوة الضغط وهذا لا يري بالعين المجردة



C- فقد التيارات الإعصارية في شرائح القلب

تعرف التيارات الإعصارية في القلب الحديدي بانها التيارات الناتجة في القلب نتيجة تغير الفيض المغناطيسي باعتبار ان القلب مادة موصلة للكهرباء و هذة التيارات الإعصارية غير مرغوب فيها لانها تمثل الفقد علي صورة حرارة تتولد في القلب ولذلك فلابد من التخلص من ذلك التيار او علي الاقل تقليل قيمتة ويتم ذلك عن طريق زيادة مقاومة القلب الحديدى عن طريق جعل القلب الحديدى على هيئة شرائح معدنية رفيعة ومضغوطة معا ومعزولة ايضا عن بعضها البعض بواسطة مادة عازلة تكاد لا ترى فتزيد بذلك المقاومة لان مساحة المقطع اصبحت صغيرة جدا

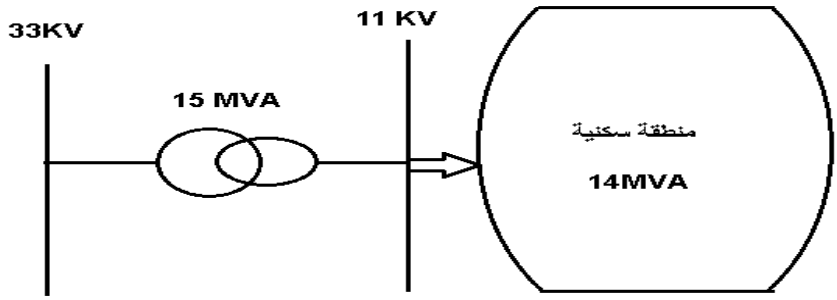


الجدول القادم يوضح مفقودات لبعض المحولات وفقا لقدرة المحول

قدرة المحول	مفاقيد الحمل	مفاقيد إلا حمل
200	3.600	520
500	7.150	1.070
1000	12.200	1.815
1500	16.500	2.460

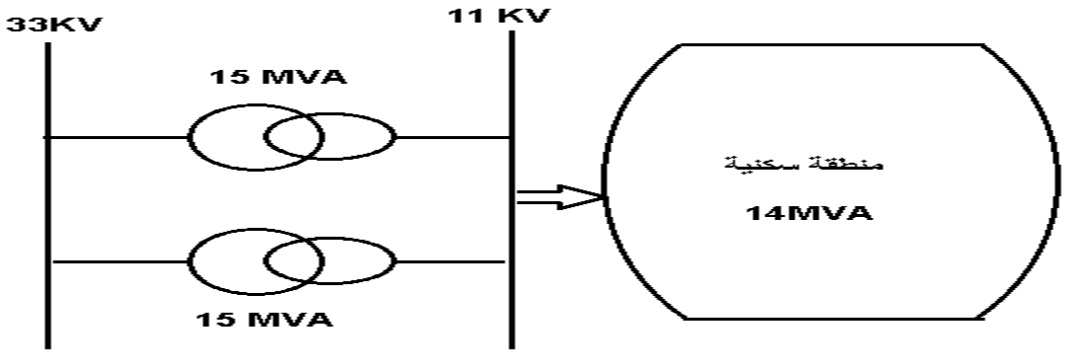
تشغيل المحولات على التوازي *Parallel Operation:*

يتم تشغيل المحولات على التوازي في محطات التوزيع والسبب في ذلك هو تغطية بعض الأحمال الكبيرة و عندما تكون قدرة الحمل المطلوبة أكبر من قدرة المحول الموجود فعلاً و خاصة عند أجراء توسعات في المنظومة الكهربائية أو لضمان استمرارية المصدر الكهربائي عند حدوث عطل في أحد المحولات يتم تشغيل الآخر حيث عند توصيل أكثر من محول على التوازي نجد ان نسبة المفاقيد تكون أقل ما يمكن حيث ان مفاقيد اللا حمل والحمل تكون أقل ما يمكن عند توصيل المحولات على التوازي وناتي الان لنوضح لماذا يتم استخدام اكثر من محول في محطات التوزيع بفرض ان يوجد لدينا منطقة سكنية وحملها هو 14 ميجا فولت امبير وكان المطلوب تحديد قدرة وعدد المحولات لهذى المنطقة وناتي لنوضح ذلك في حالةاستخدام محول واحدة قدرتة 15 ميجا فولت امبير كما بالشكل القادم



نجد انة فعلا تم تغذية المنطقة من محول بقدرة 15 ميجا فولت امبير ولكن لو ذلك المحول حدث لة أي عطل فطبعا هيخرج من الخدمة وتنفصل التغذية عن تلك المنطقة بالكامل وهذا طبعا لا نريدة وايضا نجد ان حمل المحول قريب من حمل المنطقة فسوف يعمل المحول بكامل قدرتة وهذا يضر ايضا بالعمر الافتراضي للمحول وهذا ايضا لا نريدة ولذلك يتم حل تلك المشكلة عن طريق زيادة قدرة المحول وطبعا بذلك لا نكون وصلنا لحل مشكلتنا الاساية وهي اذا حدث عطل

لذلك المحول فيكون افضل حل للحالتين السابقتين هو تركيب محول اخر على التوازى مع ذلك المحول وبنفس قدرتة كما يوضحها الشكل القادم



حيث اذا حدث عطل لذلك المحول يتم تشغيل المحول الاخر ليغطي جميع الاحمال وفي حالة التشغيل الطبيعي يتم تشغيل كل محول بنصف قدرتة أي تقريبا 8 ميجا فولت امبير فتكون محصلة القدرة من المحوليين هي 16 ميجا فولت امبير اى تغطي حمل المنطقة وبذلك عملنا علي راحة المحول وايضا على سهولة في التشغيل

ويجب مراعاة الآتي عند تشغيل محولين على التوازي لتقاسم الأحمال

1 - نفس الجهد المقنن الابتدائي و الثانوي.

عند ربط محولين أو أكثر على التوازي يجب ان يتم توصيل أطراف الملف الابتدائي للمحولات على نفس قضيب التوزيع أي نفس قيمة الجهد مثلا 33 ك فولت وأيضا يجب توصيل أطراف الملف الثانوي للمحولات المتصلة على التوازي على نفس قضبان التوزيع مثلا 11 ك فولت

2 - تساوي النسبة المئوية لجهد المعاوقة (Impedance Voltage %) Z% .

يجب تساوى جهد المعاوقة للمحولين وأي اختلاف بسيط في هذة الشروط يؤدى إلي اختلاف صغير في جهد المحولين مما يجعل جهد أحد المحولين أعلى قليلا من الآخر فتحدث تيارات دوارة بين المحولين بخلاف تيارات الأحمال التي تؤدى لرفع درجة حرارة المحولين حيث إذا كان الاختلاف في نسبة الممانعة كبيريؤدى ذلك إلي وجود فرق جهد كبير مما قد يؤدي الي وجود قصر بين المحولين وحدوث تلف لهما ويجب ايضا ان تتساوي قيمة X/R في كلا المحولين والا فان زاوية الوجة للتيارين تكون مختلفة وهذا يعني ان احد المحولين سيكون لة معامل قدرة اكبر من الاخر وبناء علية فان توزيع القدرة بينهما سيكون غير متساوي حتي لو تساوت قيمة Z ويمكننا استخراج قيمة المقاومة R للمحول والمفاعلة X من قيمة الممانعة Z% الموجودة باللوحة التعريفية للمحول حيث ان الممانعة المئوية الموجودة على لوحة التعريف محسوبة في درجة حرارة 75 مئوية واثناء قياس مفاقيد المحولة نجد ان قيمة R% قليلة جدا ولكن يمكن حسابها من خلال اجراء فحص percentage impedance check ويكون ذلك بعمل دائرة قصرشورت على ملف الجهد المنخفض وتسليط جهد 380 فولت على ملف الجهد العالي وحساب X% من خلال العلاقة التالية

X%= applied voltage*rated current\ rated voltage *measured current

والناتج يضرب في 100 ثم طبق العلاقة التالية ($Z= \sqrt{R^2} + \sqrt{X^2}$) للحصول علي R

3 – نفس التردد

حيث يجب ان يكون قيمة التردد ثابتة عند 50 هرتز

4 – نفس نسبة تحويل الجهد :-

أهمية تساوى نسبة تحويل الجهد هو تجنب مرور تيارات دوارة في حالة اللا حمل في الجانب الثانوي و بالتالي تمر هذة التيارات في الجانب الابتدائي حسب نسبة التحويل ونظرا لان معاوقات المحولات صغيرة فان أي فرق في الجهد على أطراف المحولات يؤدى إلي مرور تيارات عالية

تؤدى إلي حدوث مفقودات لا حمل عالية وارتفاع في حرارة المحول . وجود التيارات الدوارة تعمل على عدم حدوث تحميل متساوي بين المحولين و ذلك عند تحميل الجانب الثانوي لها . في حالة اختلاف نسبة التحويل يصبح جهدا اللا حمل الثانويان غير متساويان وهذا يدل على ان التحميل غير متوازن على كلا المحولين وربما يحدث لاحدهما زيادة حمل ويفصل ونظر لان من المستحيل ان يحدث تطابق نسبة تحويل الجهد بين المحولين ولكن مسموح بنسبة تجاوز لا تزيد عن 0.5% اى لا تزيد عن نصف بالمئةوايضا لاننسي ان لابد من تساوى موضع مغير الجهد عند ربط محولين على التوازي فإذا كان أحد المحول على الخطوة رقم 3 يجب ان يكون المحول الآخر أيضا على الخطوة رقم 3

5 – نفس المجموعة الاتجاهية :-

يدل رقم المجموعة الاتجاهية على قيمة الإزاحة بين ملف الجهد العالى وملف الجهد المنخفض و هي تعتمد على طريقة توصيل ملفات المحول الابتدائية و الثانوية .لذلك عند توصيل محولان على التوازي يجب ان يكونا متماثلان لطريقة التوصيل و رقم المجموعة الاتجاهية حتى يكون الجهد المنخفض على الأوجه المتناظرة مثلما في قيمة الجهد و زاوية الوجه .
انواع المجموعة الاتجاهية المسموح بها لتوصيل على التوازي

يتم التوصيل على التوازي		
Sr.No	محول الأول	محول الثاني
1	ΔΔ	ΔΔ or Yy
2	Yy	Yy or ΔΔ
3	Δy	Δy or YΔ
4	YΔ	YΔ or Δy

انواع المجموعة الاتجاهية التي لا يمكن توصيلها على التوازي

لأيتم توصيل على التوازي		
Sr.No	محول الأول	محول الثاني
1	ΔΔ	Δy
2	Δy	ΔΔ
3	YΔ	Yy
4	Yy	YΔ

6- نفس ترتيب الفازات (زاوية الإزاحة)

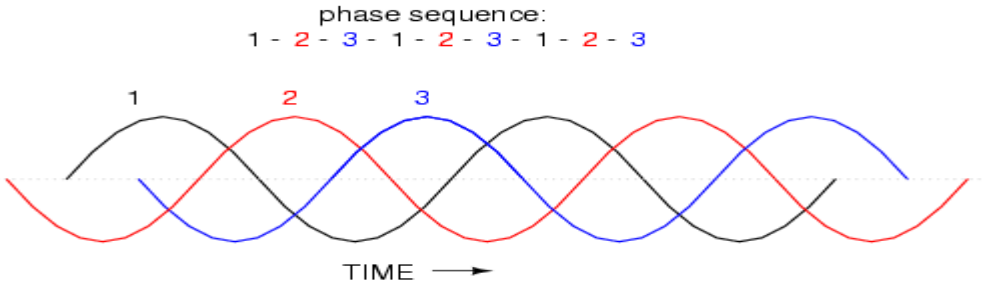
الشكل القادم يوضح أهمية ترتيب زاوية الإزاحة بين الفازات حيث أي اختلاف بين زاوية الفازات ينتج عن ذلك ظهور بعض التشوهات للموجة تسمى الهارمونك والجدول القادم يوضح ذلك حيث في الوضع الطبيعي تكون الزاوية بين الفازات هي 120 درجة

Fundamental	**A** 0°	**B** 120°	**C** 240°	**A-B-C**
3rd harmonic	**A'** 3 x 0° (0°)	**B'** 3 x 120° (360° = 0°)	**C'** 3 x 240° (720° = 0°)	*no rotation*
5th harmonic	**A''** 5 x 0° (0°)	**B''** 5 x 120° (600° – 720° = -120°) (-120°)	**C''** 5 x 240° (1200° – 1440° = -240°) (-240°)	**C-B-A**
7th harmonic	**A'''** 7 x 0° (0°)	**B'''** 7 x 120° (840° – 720° = 120°) (120°)	**C'''** 7 x 240° (1680° – 1440° = 240°) (240°)	**A-B-C**
9th harmonic	**A''''** 9 x 0° (0°)	**B''''** 9 x 120° (1080° = 0°)	**C''''** 9 x 240° (2160° = 0°)	*no rotation*

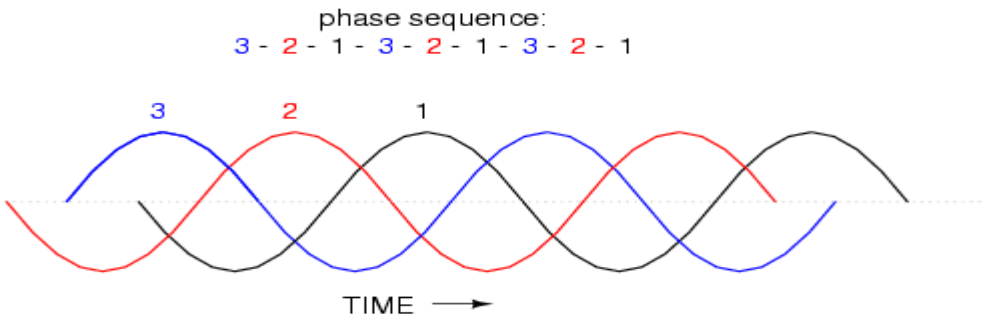
Rotation sequences according to harmonic number

+	1st	7th	13th	19th	← Rotates with fundamental
0	3rd	9th	15th	21st	← Does not rotate
-	5th	11th	17th	23rd	← Rotates against fundamental

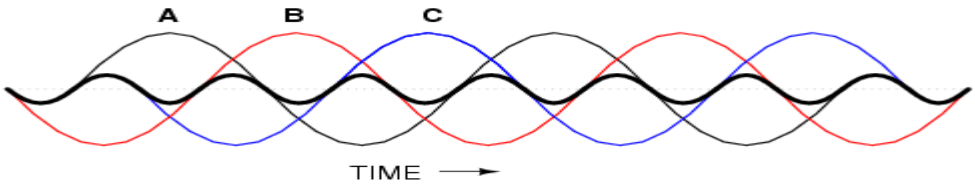
الشكل يوضح ترتب اتجاه الفازات مع عقارب الساعة والزاوية بينهما 120 درجة



الشكل القادم يوضح ترتب الفازات في عكس عقارب الساعة بزاوية 120 درجة



أما الشكل القادم فيوضح وجود تشوة في الموجة أي وجود هارمونيك



7- نفس قدرة المحول

يفضل ان تكون جميع المحولات بنفس القدرة حتى يحدث تساوى بينهم في مشاركة الحمل

مميزات التوصيل على التوازي للمحولات.

1- يحقق الكفاءة العالية (efficiency)حيث يتم الوصول إلي أقصى طلب للمنظومة بدون رفع حمل المحول إلي أقصى قدرة له

2- يحقق خاصية الإتاحة(availability) حيث بوجود عدد من المحولات يمكن فصل محول ولا يوثر ذلك على الأحمال

3- يحقق الموثقية(reliability) حيث بوجود عطل في أي من المحولات لا يوثر ذلك على باقي المحولات وبالتالي لا يوثر على الأحمال حيث يتم مشاركة الأحمال على المحولات الباقية

4- يحقق المرونة في التشغيل (flexibility) حيث يمكن من خلال توصيل محولات على التوازي التحكم في زيادة أو نقصان أقصى طلب للنظام

عيوب توصيل المحولات على التوازي

1- زيادة تيار القصر

2- احتمال وجود تيار دوار من محول إلي الآخر فيعمل على زيادة الفقد

3- قدرة الباس بار تكون عالية

4- توصيل محولات على التوازي تقلل نسبة الممانعة

كفائه المحولات

يعد المحول جزء بالغ الأهمية في المنظومة الكهربائية لذلك لابد من حساب جودة وكفائة عمل المحول عن طريق قسمة خرج المحول على دخله بشرط ان يكون ذلك بالوات او الكيلوات ليست بالفولت امبير وتكون جوده المحول عاليه اذا كانت قيمة الفاقيد اقل ما يمكن حيث تعتمد جودة المحول على المفقودات التي ترتبط بالمحول على شكل مفقودات الحديدية الناتجة من التيارات الإعصارية التي تحدث في الشرائح الحديدية وتقل تلك المفقودات كلما قلت سماكه تلك الشرائح وأيضا وجود المفقودات النحاسية في حالة اللا حمل ونتيجة لذلك تقل قدرة خرج المحول عن قدرة الدخل وقد امكن اثبات ان الجوده تكون اكبر مايمكن عندما تتساوى المفاقيد النحاسيه بالمفاقيد الحديديه ولذلك يرعى عند تصميم محولات القدرة التي تستخدم في محطات التوليد ان تتساوى قيمة مفقودات الحديد مع قيمة مفقودات النحاس عند تيار الحمل حيث يتم تشغيل المحول بهذا التيار طول الوقت أما بالنسبة لمحولات التوزيع فان الحالة تختلف بعض الشيء حيث تبقى هذة المحولات موصولة إلي مصدر التغذية طوال اليوم، ومن ثَم تكون المفقودات الحديدية مستمرة طوال الوقت على عكس المفقودات النحاسية التي تكون موجودة فقط في أوقات تحميل المحولات وهي مقسمة إلي ثلاث أوقات هي وقت يكون أقصى حمل عند عمل الخطوط الانتاجية للمصانع كّلها، ووقت يكون التحميل فيها جزئيًا عند عمل بعض خطوط الانتاج، ووقت تكون فيها المحولات دون حمل تقريبًا بعد انتهاء ساعات العمل وأيام العطل وأوقات الصيانة لذلك يتم حساب كفائه محول التوزيع على أساس النسبة بين الطاقة التي يعطيها المحول والطاقة التي يأخذها من مصدر التغذية له

كفائه محول التوزيع = ك واط ساعة للمخرج في اليوم / ك واط ساعة مدخل في اليوم

ويتم حساب كفائة المحول وفقا إلي المعادلة التالية

= 1- [(مفقودات الحديد /قدرة دخل المحول)+(مفقودات النحاس /قدرة دخل المحول)]

المثال القادم يوضح كيفية حساب كفائة المحول

محول توزيع قدرتة 500 كيلو فولت امبير تعمل عمل المحول بدون حمل وكانت قيمة المفاقيد الحديديه هي 2500 وات وايضا تم عمل المحول في حالة وجود قصر فكانت قيمة المفاقيد النحاسيه عند الحمل الكامل هي 7500 وات فما هي قيمة جودة المحول عند الحمل الكامل وعند نصف الحمل وايضا عند معامل قدرة الوحده 0.8 تاخر

كفائة عند الحمل الكامل معامل القدرة هو واحد صحيح

المفاقيد الكليه = المفاقيد النحاسيه + المفاقيد الحديديه = 2500 + 7500 = 10000 وات

خرج المحول = القدره بالكيلوفولت امبير × معامل القدره = 500 ×1=500 كيلوات

كفائة = الخرج ÷ (الخرج + المفاقيد) = 500 ÷ (500+1) = 0.99 او 99%

كفائة عند نصف الحمل الكامل ومعامل القدرة عند واحد صحيح

حمل المحول الكامل هو 500 ك ف ا فتكون قيمة نصف الحمل هي 250 ك ف ا ويتم حساب قدره خرج المحول 250 = 1× 250 = كيلوات وهنا ستتغير المفاقيد النحاسيه بمقدار 0.5^2

نسبة تغير الحمل تربيع =0.5^2 × 7500= 1875 وات وستظل المفاقيد الحديديه كما هى

كفائة =250 ÷ (250 + (2.5+1.875))=250÷ (254.375) =0.983 او 98.3%

كفائة عند نصف الحمل الكامل ومعامل القدرة 0.8

عند معامل قدره 0.8 خرج المحول =250 ×0.8= 200 كيلوات اما المفاقيد ستظل عند نسبتها

كفائة =200 ÷ (200 + (2.5+1.875))=200÷ (254.375) =0.97 او 97.3%

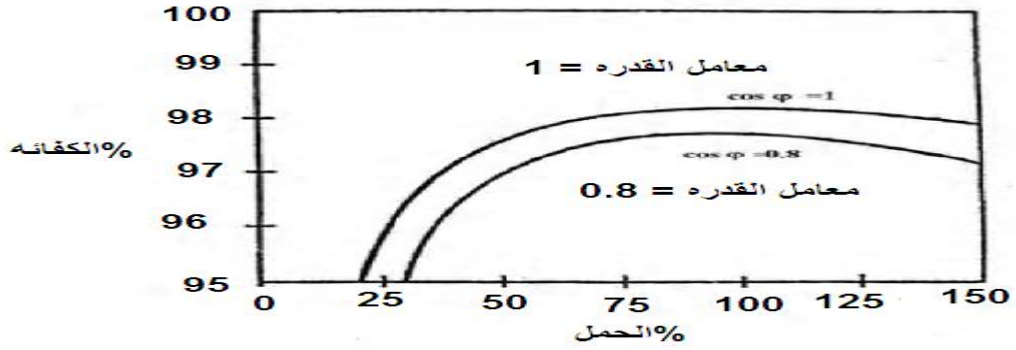
كفائة عند الحمل الكامل ومعامل القدرة 0.8

الحل الثانى عند معامل قدره 0.8 تاخر خرج المحول =500 ×0.8 = 400 كيلوات

المفاقيد الكليه= 2500 + 7500=10000 وات اى10 كيلوات

كفائة = 400 ÷(400 +10)= 0.976 او97.6%

وايضا توجد بعض المنحنيات تعطى كفائه المحول مثل المنحنى التالي



حساب قدرة سعه القطع للمحول

قدرة سعة القطع تمثل تيار الفصر علي المحول ويتم حساب تلك القيمة عن طريق قسمة قدرة المحول علي الممانعة فمثلا محول قدرته 1.5 ميجا فولت أمبير والممانعة هي 6% فتكون قيمة قدرة سعه القطع للمحول = 1.5 / 0.06 = 25 ميجا فولت أمبير

- مستوى الضوضاء:-

الأصوات المنبعثة من المحولات شيء مألوف لكل من يمر بجوار المحولات ، وهي بالطبع قد تكون في مستوى مقبول وقد تصل إلى مستويات مرتفعة من الصوت . وللعمل على خفض هذه الأصوات ينبغي أولا أن نفهم مصادر هذه الضوضاء .

فمن هذه المصادر اهتزاز الـ Core ، واهتزاز الملفات . وهذه الاهتزازت تنتقل إلى الـ Tank من خلال الزيت ، وللأسف فإن الزيت لا يخفض هذه الاهتزازت (أي لا يعمل لها damping) لأنه نسبياً غير قابل للضغط .

الضوضاء بسبب اهتزاز الـــ Core

وهو المصدر الرئيسي للضوضاء من خلال ظاهرة تسمى Magnetosriction فعندما تمغنط شريحة من الصلب فإنها تنكمش / تتمدد بنسبة صغيرة جداً تصل إلى حوالي 10 ميكرو لكل متر ، وهذا التغير في الأبعاد يحدث 100 مرة في الثانية (50 Hz) ، ومن ثم فهذا التمدد والانكماش هو الذي يتسبب فى الصوت الذي يشبه Buzzing أو الزن . مع ملاحظة أن هذه الضوضاء تقل جداً إذا كان الـ Flux في القلب أقل من 1.4 T وذلك في حالة الأحمال الخفيفة وهذا يفسر انخفاض الضوضاء مع قلة الأحمال وزيادتها مع زيادة الأحمال .

الضوضاء نتيجة الملفات

بالإضافة للظاهرة السابقة فإن الملفات تتأثر بالمجال المغناطيسي المتردد الذي يؤثر عليها بقوى متغيرة Fluctuating force بين ملفات الابتدائي وملفات الثانوي وهذه القوى تحدث اهتزازت في الملفات بنفس المعدل 100 مرة في الثانية . وهذه **الضوضاء يمكن تقليلها باستخدام مواد لها القدرة على امتصاص الاهتزازات**

عموماً لن يستطيع أحد خفض الضوضاء الصادرة من المحولات ، خاصة تلك الموجودة في المناطق السكنية إلى مستويات غير مسموعة ، فهذا مكلف جداً ، لكن يمكن أن نعتبر أن الضوضاء إذا لم تصل إلى غرف النوم القريبة من المحول ليلاً في المناطق السكنية فإن ذلك يعتبر مقبولاً .

ولجعل هذا المقياس أكثر دقة فإن القياسات تكون على بعد أكثر من 15 متراً للمحولات ذات قدرة 200 ميجا ، و25 متر للمحول الـ500 ميجا ، أما المسافات الأقل من ذلك فالضوضاء يقبل أن تكون نسبياً مرتفعة ولا يقبل أن ترتفع في المسافات الأبعد من ذلك .

أما المحولات ذات القدرة الأكبر فمن الصعب جعل المسافة تصل لـ 100 متر مثلا حتى ينخفض صوت الضوضاء ، وفي هذه الحالة يجب استخدام مخفضات للصوت أو عمل حوائط عازلة حول المحولات .

مستويات الضوضاء المسموح بها في محولات التوزيع طبقاً للمواصفات الأمريكية

مقنن المحول K.V.A	مستوى الضوضاء dB				
	محول مغمور في الزيت		محول جاف	محول جاف تبريد قشري	محول معلق
300 – 151	55		58	67	57
500 – 301	56		60	67	59
700 – 501	57	67	62	67	61
1000 - 701	58	67	64	67	63
1500 - 1001	60	67	65	67	64

2000 - 1501	61	67	66	69	65
3000 - 2001	62	67	68	71	66

 # مستويات الضوضاء المسموح بها طبقاً للمواصفات الألمانية #

مقنن المحول K.V.A	محول مغمور في الزيت	محول جاف
50 – 30	45	54
100 – 75	46	56
160 – 125	47	58
250 – 200	48	60
400 – 310	50	62
630 – 500	52	64
1000 – 800	54	-
1600 - 1200	56	-

ما هو تأثير اختلاف التردد علي المحول

•

من معادلة الـ Emf التي تنشأ في المحول نجد أنها تتناسب طرديا مع التردد وقيمة كثافة الفيض المار بالقلب الحديدي.

$$E_{\text{rms}} = \frac{2\pi f N a B_{\text{peak}}}{\sqrt{2}} \approx 4.44 f N a B$$

كذلك فإن الـ Loss في Core تزيد مع زيادة كثافة الفيض ، فلو كان المحول مصمما للعمل على 60 HZ ثم نقل للعمل في شبكة 50 HZ فإن f في المعادلة السابقة ستنخفض ، ولضمان ألا تقل E فإن B سوف ترتفع ، وهذا يؤدي لحدوث saturation في القلب ، كما سيؤدي لإرتفاع قيمة المفقودات في الـ Core ، وكذلك في eddy loss ، وكل هذا سيؤدي لارتفاع درجة الحرارة. وبناء عليه لا يصح هذا الاختيار.

هل يمكن لمحول يعمل علي تردد 50 هيرتز يعمل على تردد 60 هيرتز

في الواقع أنه كلما ارتفع التردد كلما قل حجم المحول ، لأننا على عكس السؤال السابق سنحتاج لقيمة أقل للـ B ، ومن ثم عدد لفات أقل ، لكن يجب وضع جهاز وقاية من النوع Volt per Hertz لضمان حماية المحول من حدوث over voltage ، لأن رفع التردد إلى قيمة عالية يجعله نظريا يتحمل (V/F) أكبر وهذا قد لا يكون مناسبا للعزل المستخدم في المحول.

*** الاحتياطات الواجب مراعاتها قبل وضع المحول في الخدمة :**

- مراجعة لوحة البيانات والتأكد مما يلي:-

1- تطابق الجهود على لوحة بيانات المحول وجهد الشبكة.
2- التأكد من وضع مغير الجهد على الوضع الملائم لجهد الشبكة.
3- يجب ان تكون قدرة المحول اكبر من قدرة الحمل

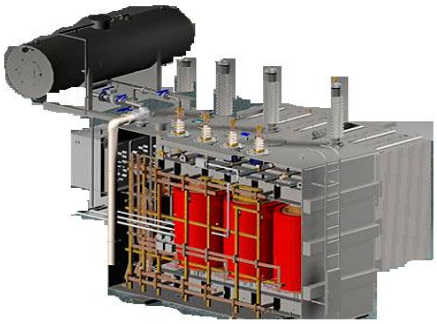
- الفحص الظاهري للمحول والتأكد مما يلي:-

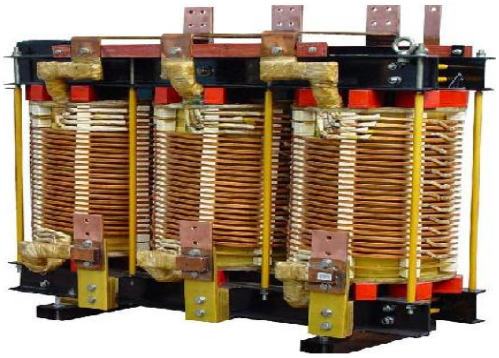
1- عدم وجود أي تسريب في الزيت من جوانات الخزان الرئيسي أو جوان عوازل الاختراق.
2- التأكد من نظافة عوازل المحول(البوشينج) وعدم وجود أي كسر أو شروخ بها .
3- التأكد من أرتفاع مستوى الزيت في زجاجة البيان وألا يكون أقل من العلامة السفلية في خزان التمدد.

4- التأكد من صلاحية مادة السيليكاجل بحيث يكون لونها أزرق وإذا تغير إلي الأبيض أو الوردي فيتم تبديلها
5- التأكد من صلاحية الأجهزة الخاصة بالمحول مثل البوخلز والترمومتر .
6- أختبار المحول والتأكد من سلامة مقاومة العزل ونسبة التحويل واستمرارية التوصيل وعزل الزيت .
7- في حالة تركيب المحول داخل غرفة يراعى ان تكون غرفة المحول مناسبة مع حجمه ويجب وجود فتحتين للتهوية في اتجاهين متضادين إحداهما قريبة من الأرض لدخول الهواء البارد والأخرى في الاتجاه المضاد أعلى المحول لخروج الهواء ويجب تغطية هذة الفتحات بسلك شبك معدني .

3- محولات الاوتو(محولات النفسية)

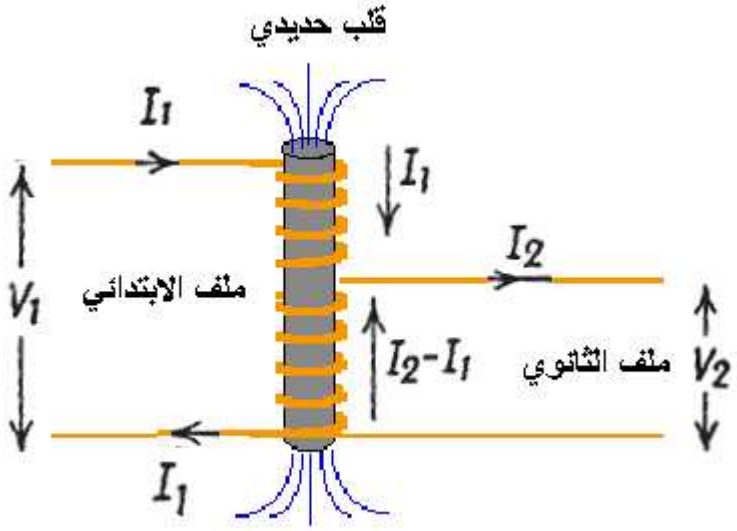
وسمى ذلك المحول بالمحول النفسي لان ملفات الثانوية هي من نفس الملف الابتدائي و هو أحد انواع المحولات ويتكون من ملف واحد لكل وجة بمعني ان يكون الملف عبارة عن ملف ابتدائي وثانوي في نفس الوقت متصلين مع بعضهما كهربائيا ونظرية تشغيله مماثله للمحول ذو الملفين ويوجد منة نوعين نوع يستخدم لرفع الجهد حيث يكون عدد ملفات الملف الابتدائي اقل من عدد ملفات الملف الثانوي والنوع الاخر يستخدم لخفض الجهد حيث يكون عدد ملفات الملف الابتدائي اكبر من عدد ملفات الملف الثانوي





1- التركيب :

هو عبارة عن قلب حديد يصنع من رقائق من الصلب السليكوني المعزولة عن بعضها البعض هذا النوع من المحولات يستخدم ملف واحد فقط للابتدائي ويستخرج منه طرف ثالث بين لفات الملف الابتدائي حيث يستعمل مع أحد الطرفين كطرفي الملف الثانوي وعلى ذلك فان جزءًا من الملف الابتدائي يعمل مشتركًا بين ملف الجهد العالي والجهد المنخفض ويلاحظ ان كل من تيار الابتدائي والثانوي يكونان متضادين في الجزء المشترك بينهما مما يترتب على ذلك انخفاض مساحة مقطع الجزء المشترك مما يساعد على **وفر** النحاس وتقليل وزن المحول .



ونسبة التحويل:

$V_1/ V_2 = I_2/I_1 = N_1/N_2$

وتتوقف أبعاد المحول العادي على القدرة الظاهرية المسحوبة (S) ، حيث :

$S = V_1 * I_1 = V_2 * I_2$

وهي تساوي القدرة المصمم عليها المحول . أما القدرة في المحول الذاتي فتتكون من :

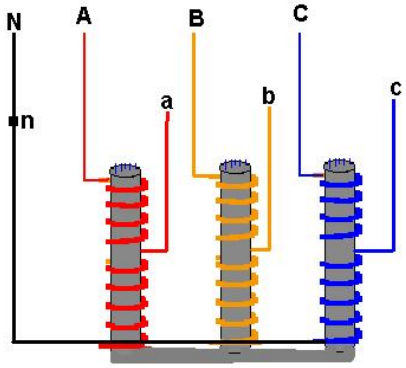
1- القدرة في الجزء المشترك من الملف (P 2) ونحصل عليها من العلاقة :

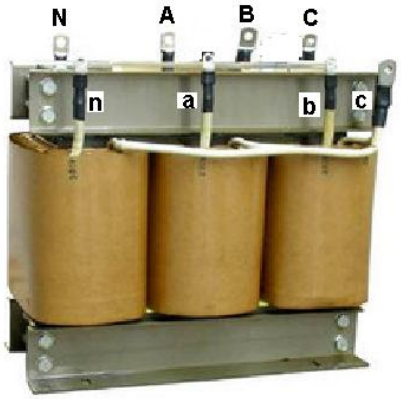
$P2 = (V_1 – V_2)* (I_2- I_1)$

2- القدرة في باقي الملف (P1) حيث :

$P1 = (V1 – V2) * I1$

وبما اننا نعتبر القدرة في الملف الثانوي تساوي تقريبًا القدرة في الملف الابتدائي فانة كلما كانت نسبة التحويل صغيرة كلما كانت جودة المحول مرتفعة وتقل هذة الميزة بزيادة نسبة التحويل لذلك تستخدم هذة المحولات في الحالات التي تحتاج إلي تغير بسيط في نسبة التحويل والتي يجب ألا تزيد عن 1.5 إلي 3 مرات .

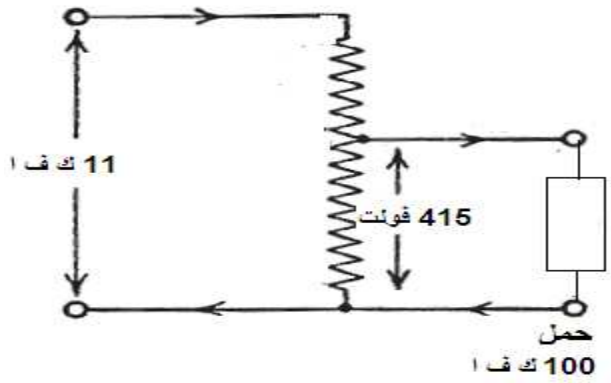




لدينا محول ذاتي بمقنن100 ك.ف.أ وجهده الابتدائي 11 ك فولت وجهده الثانوي 415 فولت يغذى حمل بمقنن 100 ك.ف.أ لنفرض ان معامل القدرة هو (1) نجد ان:

تيار الجانب الابتدائي = 100000 / 11000 = 9 أمبير

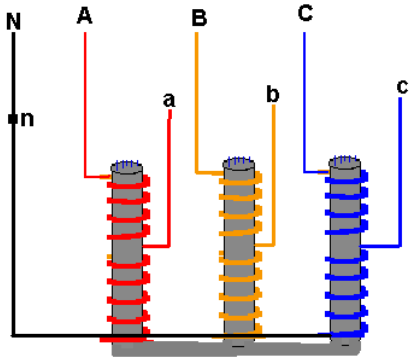
تيار الحمل = 100000 / 415 = 240 أمبير

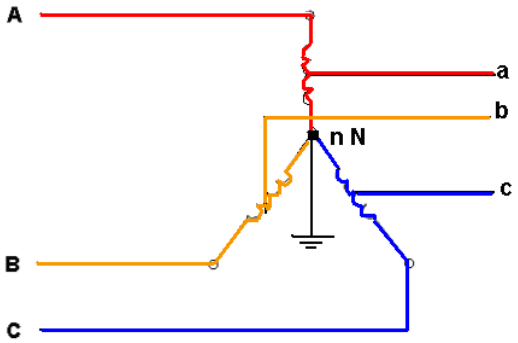


ويصبح تيار الجانب الثانوي = 240 - 9 = 231 أمبير
أي ان تيار الملف الثانوي يساوى الفرق بين تيار الحمل وتيار الملف الابتدائي.وبذلك فهو يحتاج إلي ملفات ذات مساحة مقطع أقل بعكس محولات خفض الجهد الأخرى التي تحتاج إلي مساحة مقطع أكبر على جانب الجهد المنخفض أو الثانوي.
ينتج عن ذلك تكاليف أقل وحجم أصغر للمحول الذاتي

طرق توصيل محول الاوتو

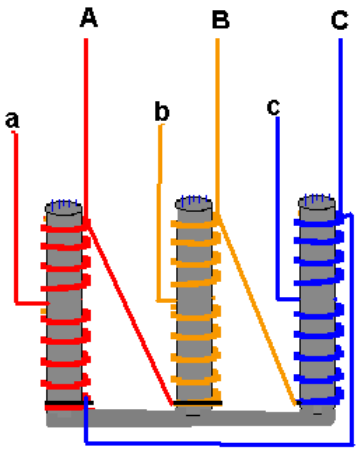
يتم التوصيل بطريقة (ستار/ ستار) ولكن يعيبها ان خط التعادل يكون في جانب الجهد العالي هو نفسة في جانب الجهد المنخفض حيث يتم توصيل نهايات كل الملفات مع بعض فنحصل علي نقطة التعادل (N) ويبقي اطراف البداية للمفات الثلاثة تمثل الملف الابتدائي (A –B -C) ثم من منتصف كل ملف نخرج باطراف الملف الثانوي (a – b - c)

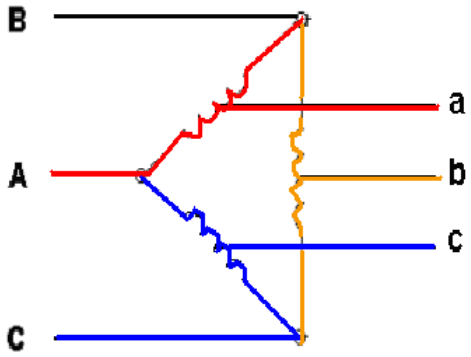




اما الطريقة الثانية فيكون التوصيل بطريقة(دلتا / دلتا) حيث يتم توصيل نهاية كل ملف ببداية الملف الاخر ومن نهايات الملفات نخرج باطراف الملف الابتدائي (A –B -C) ثم من

منتصف كل ملف نخرج بطرف اخر يمثل اطراف الملف الثانوي (a – b - c)

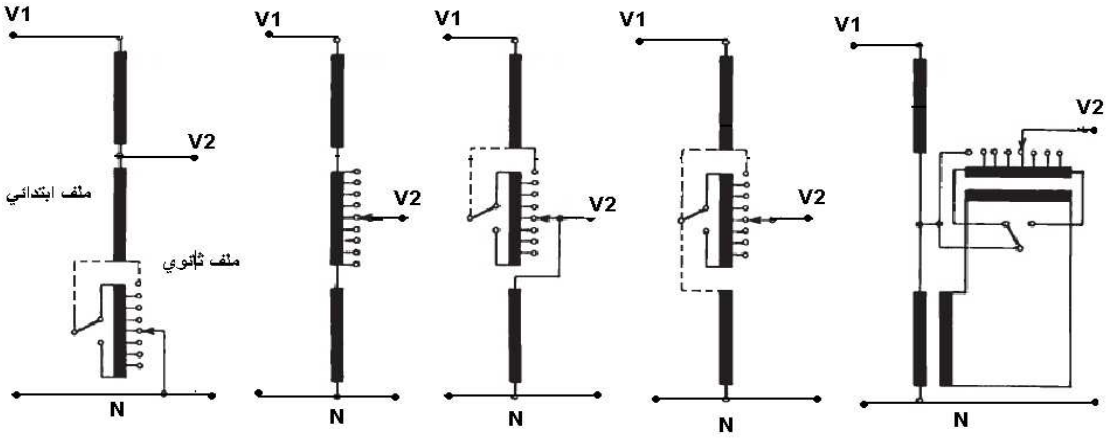




و لا يصح التوصيل بطريقة (ستار/ دلتا) بسبب ان الملف الابتدائي هو نفس الملف الثانوي

طريقة توصيل مغير الجهد في محولات الاوتو

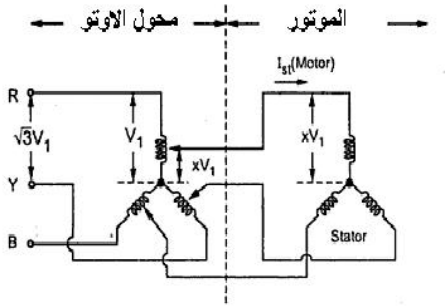
نتيجة لان الملف الابتدائي هو نفس الملف الثانوي فيتم تقسيم مغير الجهد ناحية نقطة التعادل كما هو موضح من الصور القادم



2- استخدام المحولات النفسية:

معظم استخدامات محولات الاوتو في تطبيقات الجهد المنخفض للحصول علي جهد متغير في حدود ضيقة في دوائر التحكم في المحركات او في اجهزة تثبيت الجهد وايضا يستخدم في تطبيقات الجهد العالي في شبكات نقل الطاقة الكهربائية من خلال خفض الفولت من 400 كيلو فولت الى 220 كيلو فولت كما يعمل على تقويه قدرة خطوط التوزيع

محول الاوتو 400 -220 KV



3- مميزات المحولات النفسية (الذاتية)

جودته مرتفعة في حدود التشغيل المسموح
المفاقيد النحاسية به قليلة جدًا إذا ما قارن بالمحولات الأخرى

4- عيوب المحولات النفسية (الذاتية)

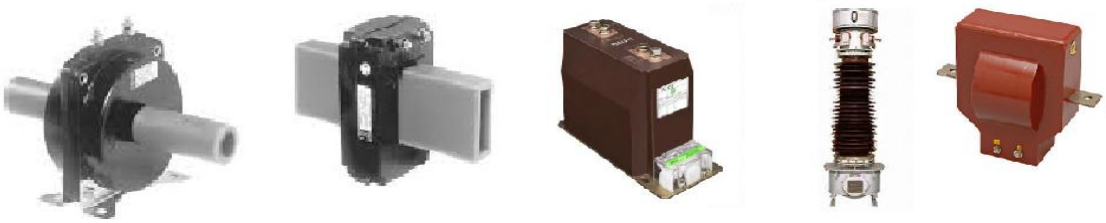
يكون خطر في حالة استخدامة في دوائر الجهد العالي لان دائرة الملف الثانوي جزء من الملف الابتدائي ذو الجهد العالي . وأيضا في حالة استخدامه بنسبة تحويل مرتفعة تقل جودته جدًا ويكون غير اقتصادي في التشغيل .

4- محولات الأجهزة

سوف يكون لنا حديث اخر عنها في حالة دراسة اجهزة الوقاية والقياس ولكننا سوف نوضح عنها بعض الاشياء لانها تعتبر من احد انواع المحولات
في المحطات الكهربائية ذات الجهد العالي يمر في الأجهزة الكهربائية تيارات عالية تحت جهود عالية فيصبح من غير الممكن استعمال أجهزة القياس الكهربائية المعتادة لقياس هذة التيارات ومن هنا كانت ضرورة و جود أجهزة خاصة مهمتها ان تكون وصلة الربط بين محطات الجهد العالي واجهزة القياس والوقاية التي تتعامل مع جهد منخفض ومن هنا جاءات اهمية محولات الأجهزة و نجد من خلال اسمها انها محولات مرتبطة بتشغيل الأجهزة التي تتمثل في أجهزة الوقاية وأجهزه القياس ونظر لان تلك الأجهزة تستخدم جهد منخفض فلابد إذا من وجود وسيلة لتحويل الجهد و التيار العالي إلي قيم منخفضة تستطيع الأجهزة التعامل معها فمن هنا جاءت أهمية استخدام محولات الأجهزة التي تتمثل في محول الجهد لتحويل الجهد العالي إلي جهد منخفض ومحولات التيار لتحويل التيار العالي إلي تيار صغير

أولا: محولات التيار :-

من اسمة نعرف انة يستخدم لتحويل التيار من قيم عالية الي قيم صغيرة لتناسب اجهزة القياس و الوقاية و تبعا لذلك يسمى محول تيار قيـــاس أو محـــول تيـــار وقاية أو محول تيار قياس ووقاية و يعرف محول التيار بنسبة التحويل وهي النسبة بين التيار الابتدائي و التيار الثانوي و يكون عادة التيار الثانوي هو 1 أو 5 أمبير ويوصل محول التيار توالى بالدائرة



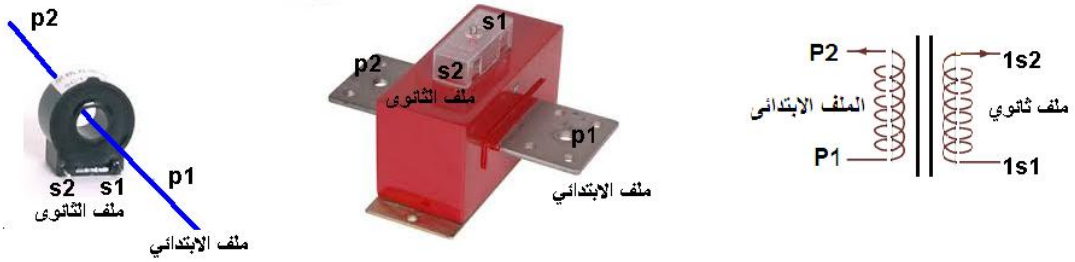
مكونات محول التيار

يتكون محول التيار من دائرتين وهما دائرة كهربائية ويمثلها كلا من الملف الابتدائى و الملف الثانوى والدائرة الاخرى هي الدائرة المغناطيسية والتي يمثلها القلب الحديدي

1- مكونات الدائرة الكهربائية

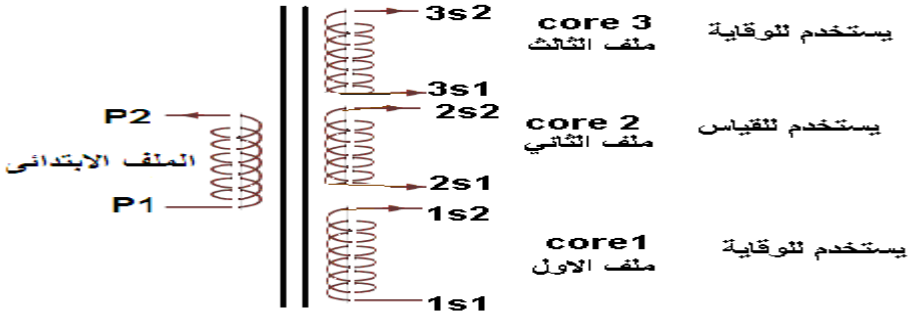
A- ملف ابتدائي " Primary Winding "

الملف الأبتدائي يكون مساحة مقطع الاسلاك لة كبيرة ويكون عدد لفاته قليلة ممكن يكون لفة واحدة أو بضع لفات وعزلة الكهربائي مرتفع ليتحمل الجهد العالي الذي سوف يعمل علية و يوصل على التوالي مع الدائرة وكثير يعتبر الملف الابتدائي هو الموصل نفسة فيكون هو قضيب التوزيع او هو الكابل نفسة كما يوضحها الشكل القادم



B- ملف ثانوي " Secondary Winding ".

ان الملف الثانوى يكون مساحة مقطع الاسلاك لة صغيرة و يحتوى على عدد كبير من اللفات و يتم توصيلة على التوالي مع ملفات القياس لجهاز الوقاية و القياس ويمكن ان يوجد اكثر من ملف ثانوي لتغذية اماكن كثيرة في نفس محول التيار الواحد حيث يعمل على تغذية جهاز الوقاية او تغذية اكثر من جهاز وقاية وايضا تغذية اجهزة القياس فلابد اذن ان يكون اكثر من ملف ثانوي



وتوجد نوعية من محولات التيار يكون لمحول التيار نسبتي تحويل و يكون له أربع أطراف طرفان للنسبة العالية و طرفان للنسبة المختلطة " مثلا 200-400/5/5 " فإذا تم التوصيل بين طرفي النسبة المنخفضة نحصل على نسبة تحويل (200/5) فإذا تم التوصيل بين طرفي النسبة العالية نحصل على نسبة تحويل (400/5) و يكون ذلك في محولات ذات الملف الابتدائي الملفوف و الذي يتكون من أكثر من ملف حسب عدد النسب المطلوبة فمحول التيار الذي له نسبتي تحويل يتكون من ملفين ابتدائيين يوصلان على التوالي للحصول على نسبة التحويل المنخفضة و يوصلان على التوازي للحصول على نسبة تحويل ضعف الأولى .

2- مكونات الدائرة المغناطيسية

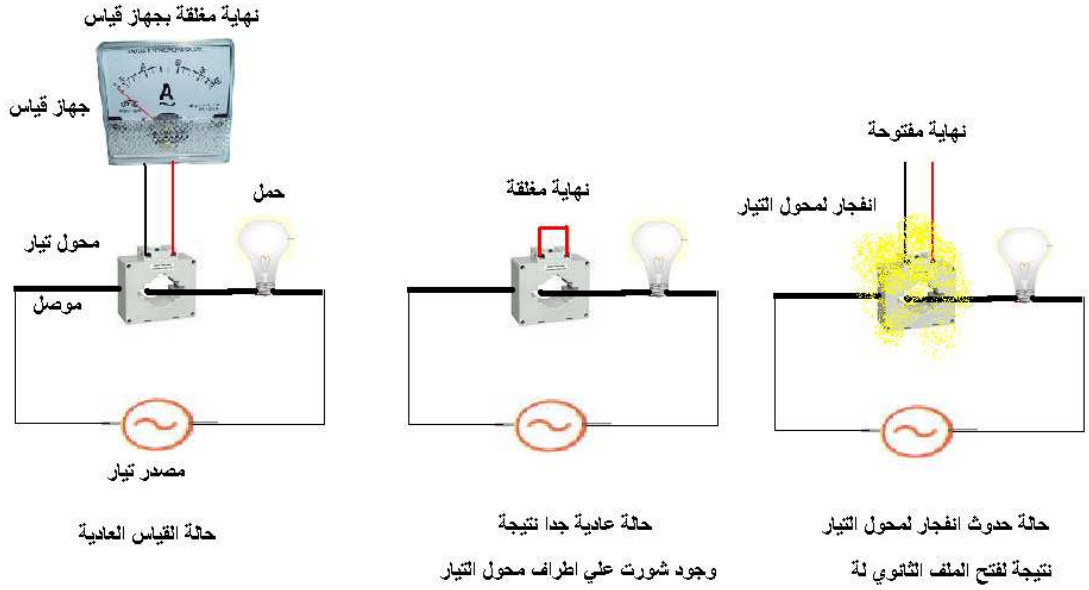
يعتبرالقلب الحديدي هو المكون الرئيسي للدائرة المغناطسية وهو يكون على شكل مستطيل أو مربع و تستخدم للمحولات الصغيرة أو المتوسطة و يلف الملف الثانوي أولا حول القلب ثم الملف الابتدائي و القلب الحديدي على شكل حلقي ويستخدم لمحولات التيار المختلفة و فيه يلف الملف الثانوي حول القلب أما الملف الابتدائي فهو الكابل أو الموصل الحامل للتيار والملفان الابتدائي والثانوي مرتبطان مغناطيسا من خلال قلب من شرائح الصلب والملفان الابتدائي والثانوي يكونا معزولان كهربيا عن بعضهما وعن القلب الحديدي و يختلف محول التيار عن المحول العادي في إن المادة التي يصنع منها القلب المغناطيسي فى محول التيار تكون ذات ممانعة مغناطيسية عاليه جد وذلك لتقليل تيار المغنطة

نظرية عمل محول التيار:-

عند مرور التيار في الملف الابتدائي يتولد مجال مغناطيسي في القلب الحديدي ينتج عنة قوة دافعه كهربائية تحدد قيمة التيار في الملف الثانوي حيث يقوم بتحويل التيار المار من خلال الطرف الابتدائي إلي تيار يتناسب معه على الطرف الثانوي فمثلا محول تيار 1/100 هذا يعنى عند مرور تيار بقدرة 100 أمبير في الملف الابتدائي يكون التيار على الملف الثانوي هو 1 أمبير وأيضا عندما يمر تيار 80 أمبير من خلال الطرف الابتدائي لمحول 5/100 أمبير فان قيمة التيار على الطرف الثانوي هي 80×5÷100=4أمبير

ملحوظة

يجب عدم فتح الدائرة الثانوية لمحول التيار أثناء تشغيله إذ ان فتح الدائرة الثانوية لمحول التيار يزيد الفيض المغناطيس بالقلب الحديدي للمحول ونتيجة لذلك تزيد درجة حرارته فيسبب انهيار عزل الملفات كما ان الجهد على أطراف الملف الثانوي المفتوح سيزداد أيضا بدرجة عالية جداً مما يعرض الأشخاص للخطر والاشكال الاتية توضح ذلك .



انواع محولات التيار

1 – انواع محولات التيار من حيث الموقع

A- محول التيار الخارجي

وهو يستخدم في الجهود العالية ويركب خارجي في الهواء ويستخدم بكثرة في محطات التوزيع أو النقل الهوائية التي تكون في الهواء

B * محول تيار داخلي

وهذا النوع يكون داخلي بداخل الخلية أو لوحات التوزيع ويأخذ إشكال مختلفة تناسب مكان التركيب وطرق توصيل الداخلي حيث يوجد محول تيار دائري الشكل أو على شكل بارة أو على شكل مستطيل أو على شكل اسطوانى كما بالشكل الآتي:

محول تيار اسطوانى الشكل

محول تيار مستطيل

محول تيار دائرى

2- انواع محولات التيار من حيث تيار الملف الثانوي

1- تحكم اليدوي يكون تيار الملف الثانوي هو 5 أمبير

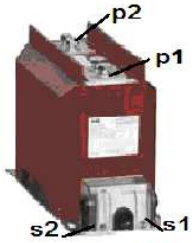
2- تحكم عن بعد يكون تيار الملف الثانوي هو 1 أمبير

ويمكن ان يكون في حالة التحكم عن بعد ان يكون تيار الملف الثانوي هو 5 أمبير ولكن لا يفضل ذلك لانة يتطلب زيادة حجم محول التيار وفقا للعلاقة $P = R*I^2$

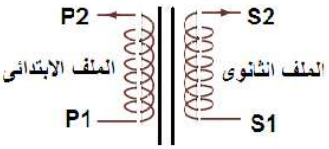
3- انواع محولات التيارمن حيث نوع الملف الابتدائي

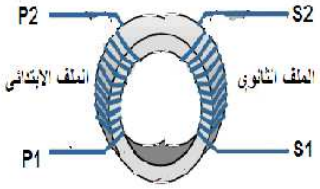
A - محول تيار ذات الملف الابتدائي الملفوف أي على شكل دائرى

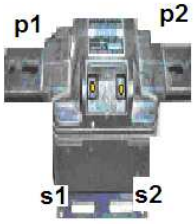
وفى هذا النوع يكون الملف الابتدائي عبارة عن موصل ذو مساحة مقطع كبيرة وعدد لفات قليلة حتى يستطيع تحمل مرور تيارات القصر ويلف حول قلب حديدي والملف الثانوي موصل ذو مساحة مقطع صغير وعدد لفات كبيرة ويلف أيضا حول القلب الحديدي



محول تيار مسطيل







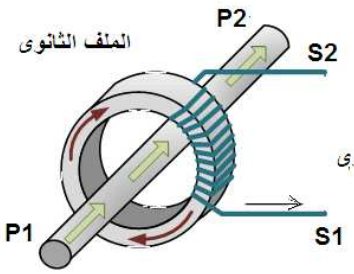
محول تيار على شكل بارة

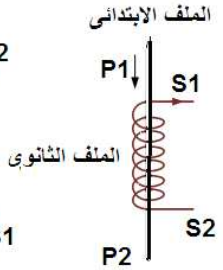
B – محول التيار ذات الملف الابتدائي على شكل القضيب

يعتبر من أشهر الانواع حيث عبارة عن مجموعة من الشرائح تجمع مع بعضها تكون قلب حديدي على شكل اسطوانة مجوفة من الداخل يتم عزلها ثم يلف عليها الملف الثانوي ويصنع القلب من نصفين حتى يمكن تركيبة حول الكابلات أما الموصل فهو يمثل الملف الابتدائي من لفة واحدة فهو نفسه يكون الموصل حيث يمر من خلال الفتحة الدائرية للقلب الحديدي

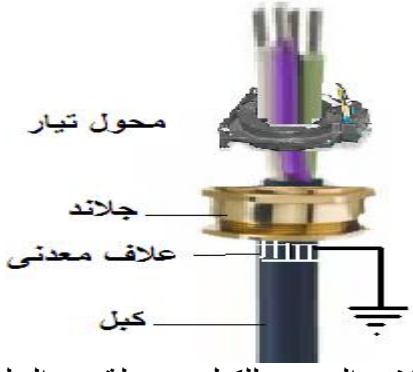
محول تيار مسطيل

محول تيار دائرى

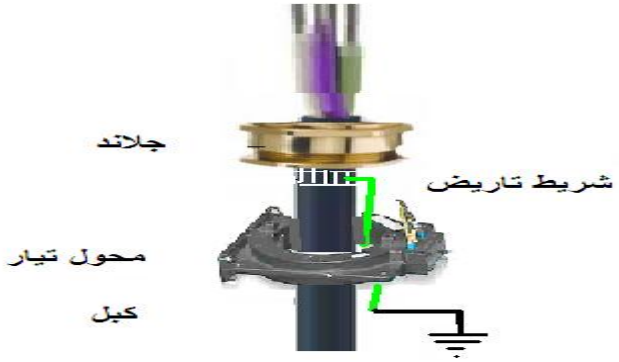




ملحوظة مهمة في حالة تركيب محول تيار الحلقي حول الكابل لابد من الانتباه لطريقة توصيل غلاف المعدني للكبل بجسم الخلية والسبب في ذلك هو ان الغلاف المعدني يتولد به تيار بالتأثير المضاد في الاتجاه للتيار المار في حالة مرور غلاف الكابل مع الموصل من داخل محول التيار فنجد ان محول التيار يمر بيه تيارين وهما تيار المار بالموصل والتيار المار بالغلاف المعدني وهما متضادان في الاتجاه وبذلك تكون محصلتهما أقل من قيمة تيار الموصل وبذلك التيار المتولد في الملف الثانوي لا يمثل التيار المار في الكابل ولذلك يتم توصيل غلاف الكابل بالأرضي قبل محول التيار وعدم إدخاله في محول التيار ولكن يمر الموصل فقط بعد إزالة الغلاف المعدني عنة وبذلك يمر في محول التيار تيار الموصل فقط

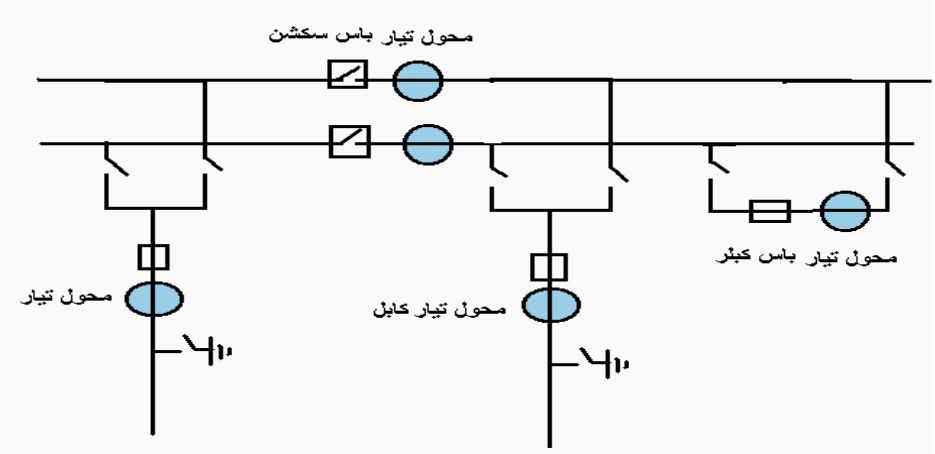


أما ان كانت نقطة توصيل الغلاف المعدني للكبل معزولة عن الخلية بواسطة جلند فيتم إمرار كل من موصل وغلاف الكابل داخل محول التيار ثم يتم توصيل موصل إضافى مع الغلاف المعدني ويتم إدخاله في محول التيار في الاتجاه المعاكس ثم يوصل بالأرضي



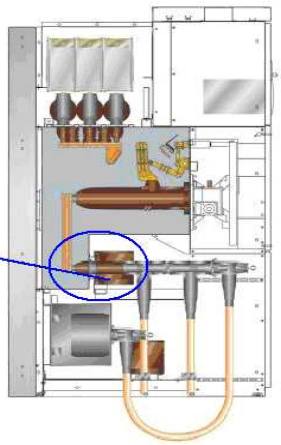
موقع تركيب محولات التيار

الغرض من موقع تركيب محول التيار هو الوظيفة لة فمثلا عند حماية الكابلات يركب في لوحات الجهد المتوسط بعد القاطع الآلي مباشرة أي بين القاطع ونقطة خروج الكابل. ويكون داخلي في حالة قضبان التوزيع المعزولة بالهواء ويكون موقع تركيبة خارجي في حالة قضبان التوزيع معزولة بالغاز في حالة GIS أما في لوحات الجهد العالي قبل القاطع أي بين القاطع وسكينة الخط لحماية قضيب التوزيع أما في حالة لوحات الجهد المنخفض تركب على الباس بار لغرض القياس



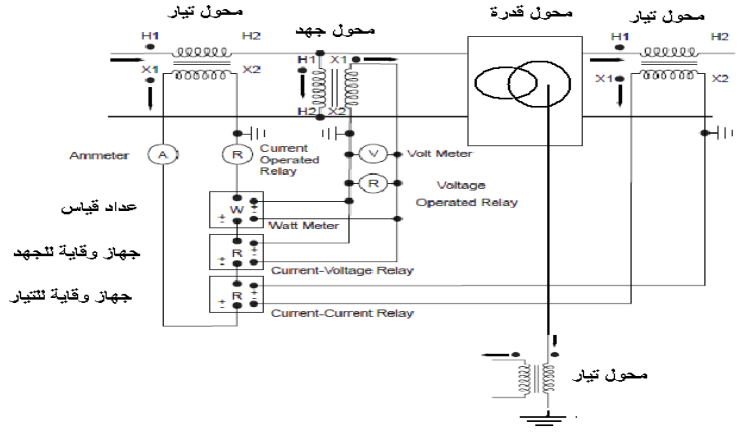
محول تيار مركب داخل الخليه

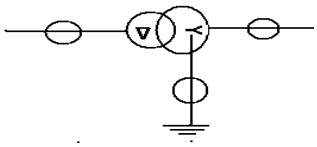
محول تيار مركب خارجى



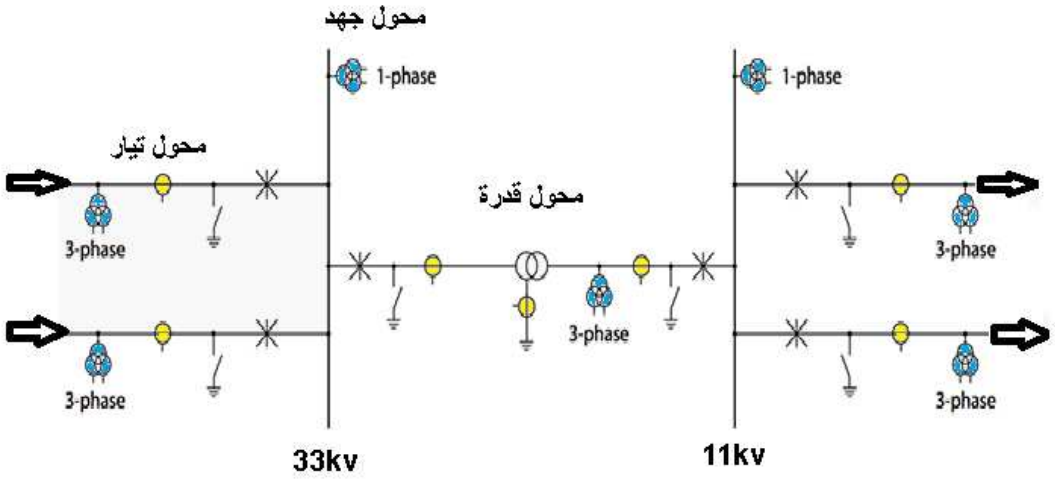
محول تيار مركب داخل الخليه

في حالة محولات القدرة يتم تركيب محول التيار علي جانبي المحول ولاننسي ان يتم تركيب محول تيار علي نقطة التاريض لخط التعادل





ومن خلال شبكة التوزيع11/33 ك ف القادمة نوضح مواقع تركيب كلا من محول التيار و الجهد



موصفات محول التيار

1- جهد التشغيل

يبدأ محول التيار بالعمل عند جهود 2.5- 5- 10 - 15- 30 فولت امبير

2- تصنيف الدرجة (كلاس)

تصنف درجة محول التيار وفقا الي الاستخدام من حيث محول قياس او محول وقاية

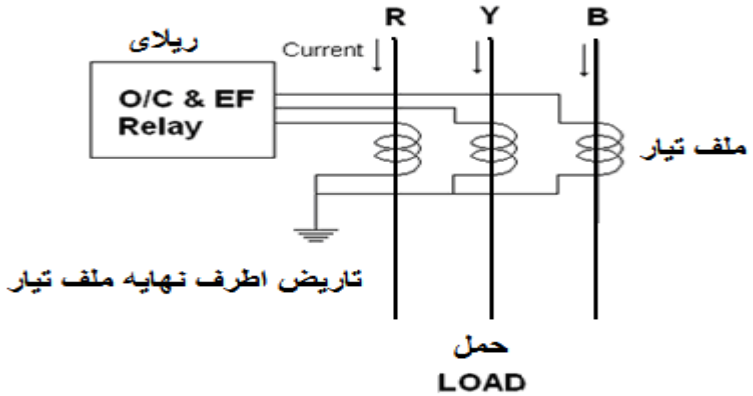
- محول تيار يستخدم لغرض القياس تكون تصنيف الدرجة 0.2 - 0.5 – 1 -3
- محول التيار يستخدم لغرض الوقاية تكون تصنيف الجهد 5 – 10 - 15 - 20 -30

3- نسبة تحويل محول التيار

- وفقا للتيار الابتدائي بداية من 10 امبير حتي 10000 امبير
- وفقا لتيار الملف الثانوي عند 1 امبير او 5 امبير

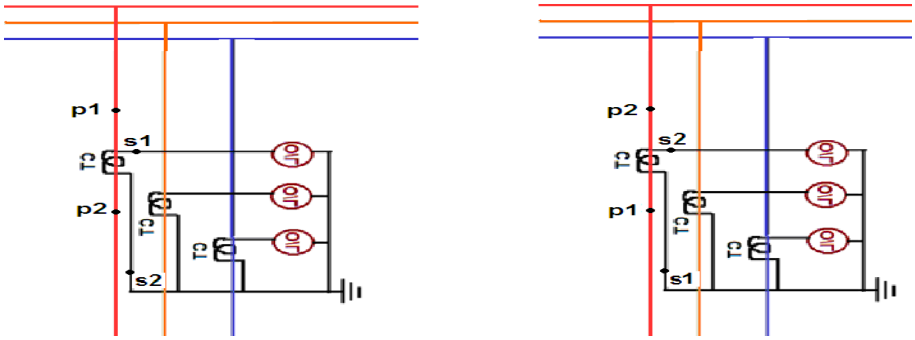
تأريض محولات التيار

ان الهدف من اي عملية تاريض هو للحماية من زيادة التيار حيث يتم من خلال التاريض تسريب التيار نتيجة العطل او حدوث انهيار في العزل الي الارض من خلال عمل مسار الي الارض ولذلك نجد انالهدف من تأريض محول تيار من جانب واحد هو تامين محول التيار من مرور تيار عالي بيه نتيجة حدوث تيارات القصر



حيث يجب ان يتم توصيل أحد أطراف الملفات الثانوية لمحولات التيار التي تكون موصلة ستار أي نجمة بالأرضي وذلك لحماية أجهزة القياس والوقاية المتصلة بها في حاله انهيار عزل المحول وتجنب عبور الجهد العالي من الملف الابتدائي إلي الملف الثانوي وبالتالي تلف أجهزة

الوقاية و القياس أي ان غرض التاريض لمحولات القياس هو وقائي فقط والسبب الآخر للحفاظ على عدم اتزان التيار الذي يحدث عند حدوث أعطال التسرب الأرضي حتى يشعر به جهاز التسرب الأرضي يتم تأريض ملفات محولات التيار من جهة جهاز الوقاية لاستكمال مسار تيار التعاقب الصفري للأرض وضمان عمل جهاز الوقاية ضد التسرب الأرضي عند حدوث العطل حيث في حالة تركيب محول تيار على خط لو كان الاتجاه p1في اتجاه باس بار يتم عمل شورت بين الجانب s2 أما في حالة ان الجانب p2في اتجاه الباس بار يتم عمل شورت بين الجانب s1



نسبة التحويل

وهي تمثل النسبة بين عدد لفات الملف الثانوي إلي عدد لفات الملف الابتدائي أو من جهة اخري فهي تساوى النسبة بين قيمة التيار الابتدائي إلي قيمة التيار الثانوي

$$K_n = \frac{I_p}{I_s} = \frac{N_s}{N_p}$$

قدرة محول التيار" Burden "

وهو عبارة عن الحمل الموصل على الملف الثانوي ويعبر عنة بالفولت أمبير(VA) عند التيار الثانوي المقنن وتساوى 5 -10 -15 -30 -60. فولت أمبير .ويحسب من العلاقة التالية

$$VA = k \cdot \frac{L}{S}$$

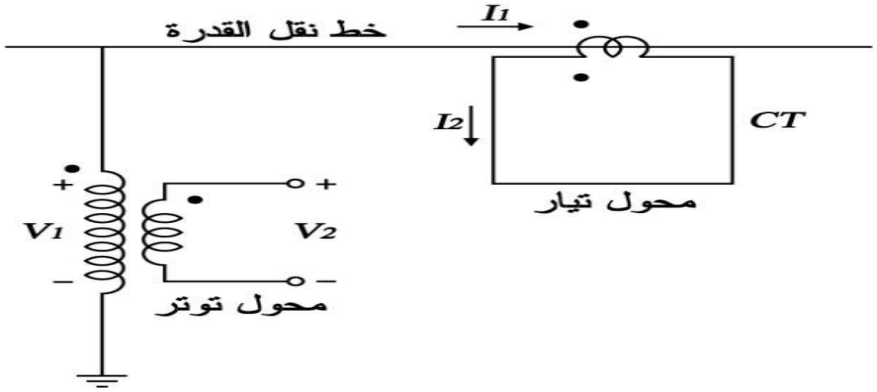
VA تمثل القدرة المستهلكه

فى حالة تيار الملف الثانوى لمحول التيار هو 5 امبير تكون قيمة المعامل K = 0.44

فى حالة تيار الملف الثانوى لمحول التيار هو 1 امبير تكون قيمة المعامل K = 0.0176

S هى مساحة مقطع الكبل اى حجم الكبل

L هو طول الكبل



قيمة الجهد المار بمحول التيار

في الحالة التفاضلية تحسب من خلال تلك المعادلة الآتية

$$V_k \le a \cdot I_f (R_{ct} + R_b + R_r)$$

$$\frac{I_{sc}}{K_n} = I_f \quad \text{حيث قيمة نسبة التحويل} \quad \frac{I_p \text{ تيار الابتدائى}}{I_s \text{ تيار الثانوى}} = K_n$$

1 امبير او 5 امبير

$$I_{sr\,(CT)} \cdot 7 = I_f \quad \text{او تحسب من} \quad \frac{I_{r\,gen} \cdot 7}{K_n} = I_f \quad \text{فى حالة المولد}$$

$$I_{sr\,(CT)} \cdot 20 = I_f \quad \text{فى حالة المحول}$$

$$\frac{I_{th}}{K_n} = I_f \quad \text{فى حالى الباس بار}$$

Rct تمثل قيمة مقاومة الملف الثانوى

Rb تمثل قيمة مقاومة الدائرية

Rr تمثل قيمة قاومة جهاز الوقاية

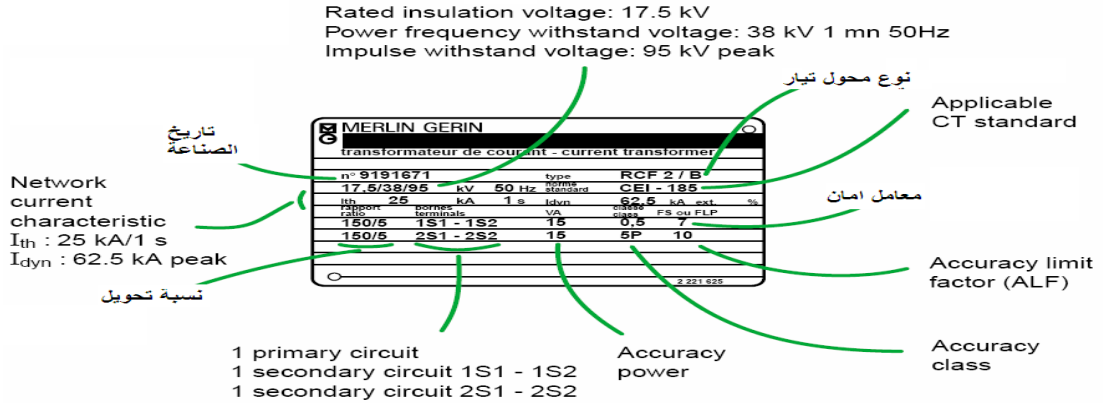
معامل أقصى حدود ألدقه Accuracy limit factor (ALF)

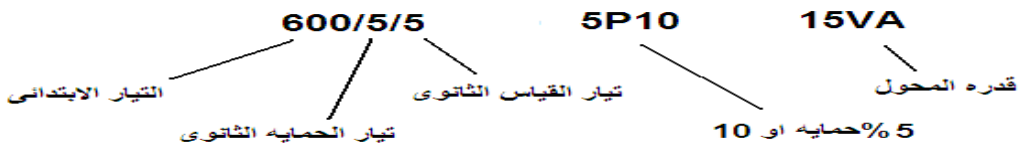
يعرف بانة أقصى تيار يمر في محول التيار عندما تكون الأحمال الموصلة علية متساوية الحمولة وتكتب كالأتي 30VA -5 P 20

الحرف Pيمثل انه محول وقاية

والرقم 5 يمثل مستوى الدقة أما الرقم 20 يمثل معامل أقصى حدود الدقة وهذا يعنى انه يمكن إمرار تيار قيمته 20 ضعفا للتيار المحول مع بقاء نسبة الخطاء في الحدود المسموح بها وان تكون الأحمال الموصلة علية هي 30 فولت أمبير

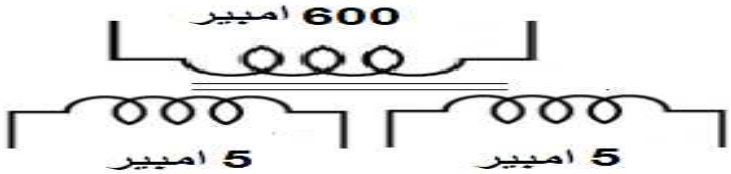
طرق كتابة لوحة محولات التيار " Name Plate "





مثال:- محول تيار يحتوى على 2 ملف ثانوي و يكتب كالأتي:

0.5 P 20 - 15 - 30 VA - 500/5/5



معنى ذلك ان الملف الابتدائي 500 امبير والملفان الثانويين كل واحد فيهم 5 أمبير وان أحد الملفين الثانويين قدرة الخرج له VA15 درجة الدقة 0.5 (نسبة الخطأ 0.5%) تستخدم لأجهزة القياس . بينما الملف الآخر قدرة المخرج له VA 30 ودرجة الدقة P20 (نسبة الخطأ 5%) P20 تعنى ان أقصى نسبة خطأ 5% عندما يمر تيار بالملف الابتدائي مساويا 20 مرة من قيمة التيار الابتدائي المقنن والرقم 20 هو معامل حد الدقة المقنن.

منحنى التشبع لمحول التيار

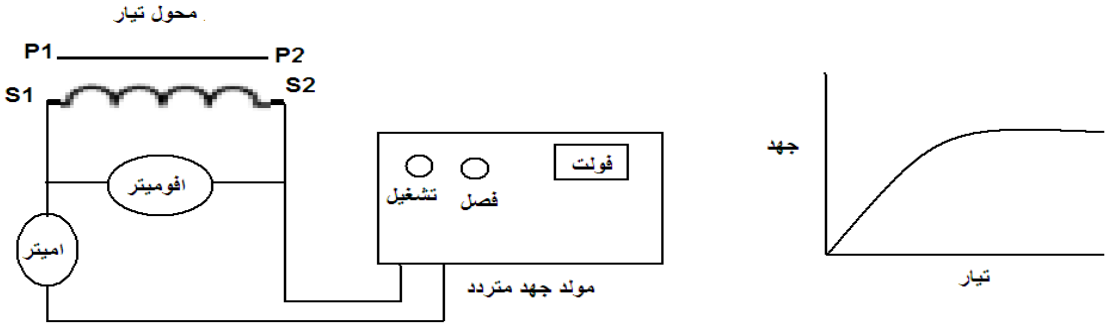
حالة التشبع تحدث لمحولات التيار عند تعرضها لتيارات قصر كبيرة لفترات كثيرة بمعنى ان يكون التيار الخارج من ملف التيار الثانوي غير متناسب مع التيار المار في الملف الابتدائي لان معظم التيار يمر في قلب محول التيار ونجد نتيجة لكثرة الأعطال على مغذي معين دائما ما يحدث لمحول التيار الخاص به تشبع ويؤدى تشبع محول التيار إلي التشغيل الخاطئ لأجهزة الحماية ونقوم دائما بفحص محول التيار في حالة اشتغال أجهزة الحماية بدون حدوث أعطال عليها لانه في حالة التشبع ستكون نسبة خرج محول التيار تقريبا ثابتة وليس متغيرة مع تغير تيار الابتدائي نتيجة لان اغلب توصيلات محولات التيار يكون على شكل ستار وفى في حالة حدوث تشبع لأحد محولات التيار فان هذا يؤدى إلي مرور تيار في وصلة خط التعادل n وبالطبع سوف يراها جهاز الحماية على انها عطل أرضى ويقوم بفصل القاطع في حين انه لا يوجد أي عطل هذا هو المقصود بكلامي ان أجهزة الوقاية تعمل بدون أعطال عليها في حالة حدوث تشبع لأحد محولات التيار.أم في حالة الوقاية التفاضلية سيؤدى تشبع محول التيار إلي عدم تساوى قيمة التيار من ناحية عن الناحية الأخرى مما يؤدى إلي عمل جهاز الحماية وإذا كان جهاز الحماية المركب به خاصيةE F&O.C سيقوم الجهاز بالفصل على E.F دائما وذلك لان في حالة تشبع أحد محولات التيار سيؤدى ذلك إلي مرور تيار في وصلة التعادل n وهي ناتجة عن عدم اتزان قيمة التيار على الثلاثة محولات تيار

خطوات رسم منحنى التشبع

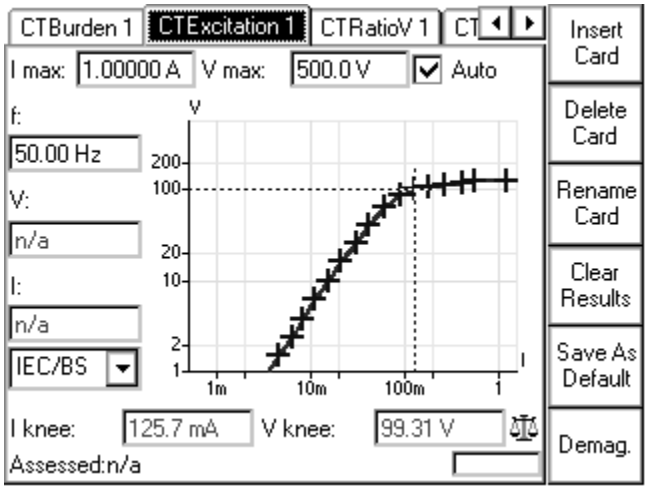
يتم توصيل مصدر جهد متردد إلي طرفي محول تيار S1 – S2 حيث تبدأ قيمة الجهد من صفر إلي قيمة أعلى من جهد الخضوع Knee voltage لمحول التيار ويتم توصيل اميتر بين الطرف S1ومصدر جهد متردد ونوصل افوميتر على أطراف - S2- S1

ثم يتم رفع الجهد تدريجيا وتسجيل قيمة الجهد وقيمة التيار المناظر لها حتى نصل إلي مرحلة التشبع عند توقف الجهد عن الارتفاع بينما يزداد التيار بمعدل مرتفع.

ويلاحظ ان نقطة التشبع هي النقطة اللي عندها لما احقن جهد صغير يقابله تغير كبير في التيار

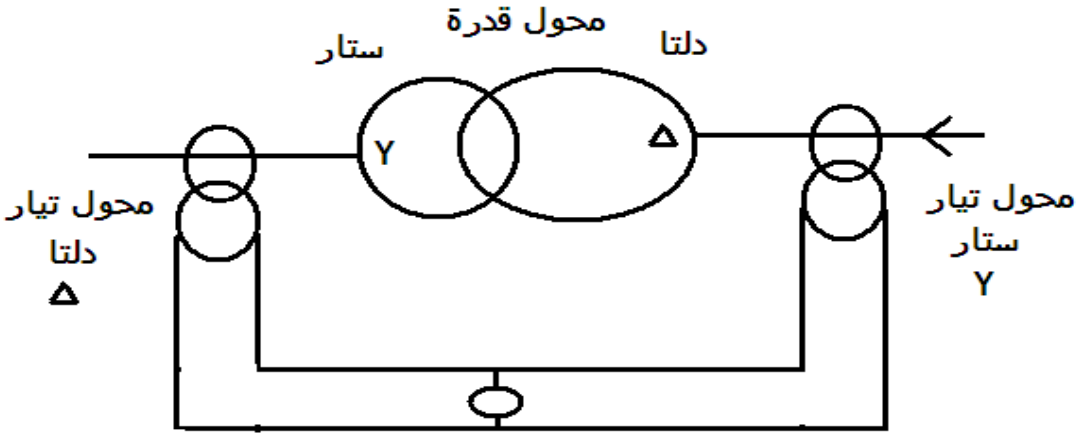


ويمكن حساب منحني حالة التشبع ذلك باستحدام اجهز الفحص والشكل القادم يوضح ذلك وسوف نوضح ذلك بالتفصيل في جزاء الاختبارات الخاصة باجهزة الوقاية



طرق توصيل محول التيار

1- في حالة الوقاية التفاضلية للمحول يتم توصل محول التيار عكس توصيلة محول القدرة فمثلا لوكان محول قدره 11/33 ك ف موصل دلتا/ ستار أي محول القدرة موصل دلتا على الجانب الابتدائي 33 ك ف فيتم توصيل محول التيار على وضع ستار ويكون أيضا محول القدرة موصل ستار على الجانب الثانوي 11 ك ف فيكون محول التيار على الجانب الثانوي موصل دلتا كما يوضح الشكل الآتي



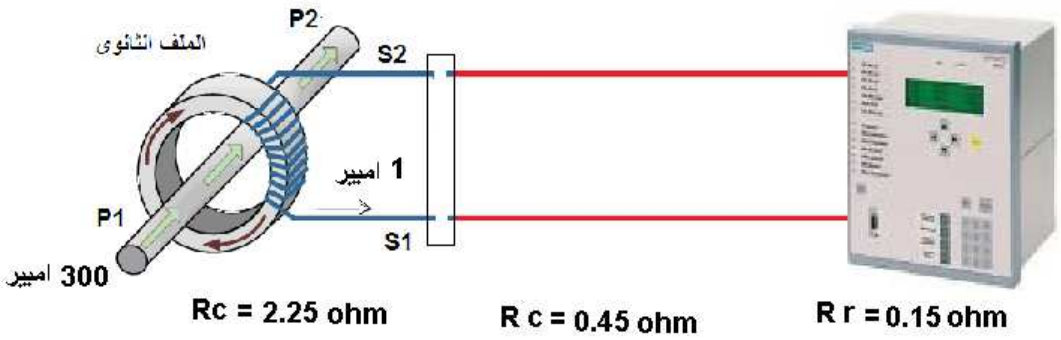
حساب محولات التيار

يتم تحديد انواع وقيم المعاملات المختلفة لمحول التيار حتي نستطيع ان نحدد افضل قيم محولات التيارات التي تناسب أجهزة الحماية والسبب في ذلك هوالتأكد عند حدوث قصر أو زيادة في قيم التيار فان محول التيار يظل خارج نطاق منطقة التشبع والتي تكون عندها نسب الخطاء أعلى من المطلوب مما يؤدي الي جعل اجهزة الوقاية تعمل بطريقة الخطاء ولكي يتم إجراء ذلك لابد من معرفة بعض المعلومات وهي :

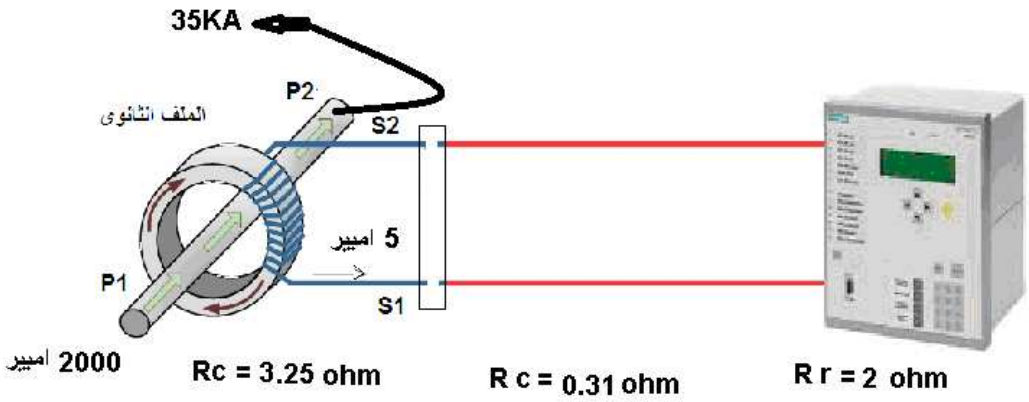
1- أقصى تيار للقصر يمكن ان يمر في محول التيار ويرمز لة بالرمز If

2- جمع جميع الأحمال الموصلة على محول التيار($I^2.Rr$- $I^2.Rc$ - $I^2.Rct$)

ونأتي لشرح مثال بسيط يوضح ذلك .



الشكل السابق يوضح توصيل محول تيار حيث كانت موصفاتة هي تيار الملف الابتدائي 300 امبير وتيار الملف الثانوي هو 1 امبير وقدرة التشغيل لة هي 30 فولت امبير
وقيمة مقاومة محول التيار Rct =2.25 أوم وتيار القصر 25 ك أمبير وقيمة مقاومة سلك التوصيل بين محول التيار وجهاز الحماية هو Rc=0.45 اوم وقيمة مقاومة جهاز الحماية Rr =0.15 اوم بعد معرفة تلك البيانات نأتي الان لبدء حساب المحول يتم اولا حساب الحمل
حمل محول تيار =مربع التيار الثانوي لمحول تيار * مقاومة محول تيار
حمولة المقاومة الداخلية لمحول تيار Rct=1*2.25 = 2.252 فولت أمبير
حمل سلك التوصيل =مربع التيار الثانوي لمحول تيار * مقاومة سلك التوصيل
حمل سلك التوصيل =1 * 0.45 = 0.45 فولت امبير
حمل جهاز الحماية =مربع التيار الثانوي لمحول تيار * مقاومة جهاز الحماية
حمل جهاز الحماية =1* 0.15 = 0.15 فولت امبير
يتم الان حساب الحمل الكلي الخارجي الذي سوف يوصل مع محول التيار وطبعا هو حمل جهاز الحماية وايضا هو حمل سلك التوصيل حيث يتم حساب الحمل الكلي من المعادلة الاتية
الحمل الكلى الخارجي Ra = حمل الكابل Rc +حمل جهاز الحماية Rr
الحمل الكلى Ra= 0.45+0.15 =0.6 فولت أمبير
وكما هو معطي ان حمل محول التيار Rr=30 فولت أمبير
وايضا لان تصنيف محول التيار معطي وفقا 10 p 5 فيكون معامل الدقة n=10
فيتم حساب معامل زيادة التيار وفقا للعلاقة الاتية
معامل زيادة التيار = n*[(Rct +Ra)/ (Rct +Rr)] =
معامل زيادة التيار =10 *[(2.25 +30)/(2.25 +0.6)] = 113.05
معامل زيادة التيار المطلوب = تيار القصر / تيار الملف الأبتدائي
معامل زيادة التيار المطلوب = 25000 /300 = 83.33
نجد ان معامل زيادة التيار اكبر من معامل زيادة التيار المطلوب
83.33<113.05
ويتمم الان حساب هامش الامان
هامش الأمان =[(معامل زيادة التيار – معامل زيادة التيار المطلوب) / معامل زيادة التيار المطلوب] *100
هامش الأمان = [(113.05-83.33) /83.33] *100 = 35.66%
أما إذا توفرت قيمة knee voltage(VK) في البيانات فيتم حساب قيمة Knee voltageولابد ان تكون أقل من القيمة المعطاة في البيانات فإذا كانت قيمة المعطاة هي VK =320 فالقيمة VK1من الحسابات تساوى
VK1 =If/Ip *(Rct +Rc +Rr) = 25000/300 *(2.25+0.45+0.15)=237.7
نجد ان قيمة VK=320 اكبر من قيمة VK1=237



يتم حساب قيمة التيار المار بالملف الثانوي لحظة حدوث القصر

قيمة التيار الثانوي عند القصر = تيار القصر * (تيار الملف الثانوي / تيار الملف الابتدائي)

قيمة التيار الثانوي عند القصر = 35000 * (2000/5) = 87.5 امبير

ثم يتم حساب نسبة عدد اللفات= تيار الملف الابتدائي / تيار الملف الثانوي

حساب نسبة عدد اللفات = 2000 /5 = 400 لفة

ثم يتم حساب الجهد على الملف الثانوي= تيار الملف الثانوي * مقاومة

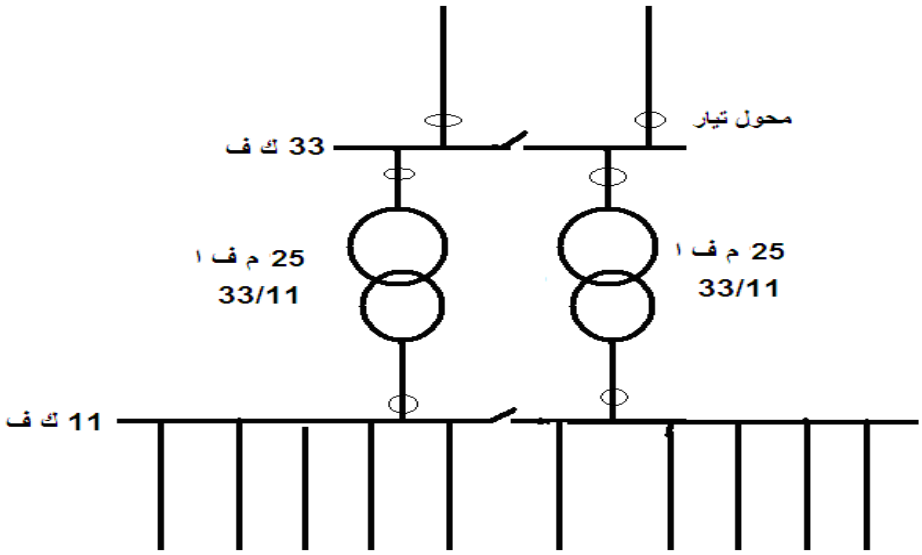
جهد الملف الثانوي = 87.5 *(0.31 +2) =22.1 فولت

ثم بالتعويض في معادلة المحول القادم للحصول علي قيمة الفيض المغناطيسي

الجهد =4.44 * التردد * نسبة عدد اللفات * مقاومة المحول *الفيض المغناطيسي

الفيض المغناطيسي = 202.1 /(4.44 *50 *3.25 *400)= 70.03 خط لكل سم2

حساب محولات التيار على الخطوط أو الكابلات والمحولات



مثلا كابل بجهد تشغيل 33 ك ف يحمل قدره 25 ميجا فولت أمبير حيث يتم حساب اكبر تيار في الخط من العلاقة الآتية

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{25 * 10^3}{\sqrt{3} * 33} = 438 \ A$$

يتم اختيار محول تيار 500/5 تكون نسبة التحويل هي 100

جهد تشغيل	أقصى جهد	التيار الابتدائي	التيار الثانوي
33 Kv	36 Kv	500-1000 A	5 A

ويكون التيار الثانوي في حالة الحمل الطبيعي =100/438 = 4.38 أمبير
أما في حالة وجود أكثر من كابل يتم حساب قيمة محول التيار وفقا للقدرة الكلية في حاله تعطل أحد تلك الكابلات فمثلا وجود كبلين بجهد تشغيل 33 ك ف يغذيان محطة توزيع ابتدائية بقدره كليه وهى50 ميجا فولت أمبير فعند حدوث عطل للأحد الكابلات فيتم تحديد قيمه محول التيار وفقا

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{50 * 10^3}{\sqrt{3} * 33} = 876 \ A$$

فيتم تركيب محول تيار على كل كابل بقدره 5/1000 وتكون نسبة التحويل هي 200

جهد تشغيل	أقصى جهد	التيار الابتدائي	التيار الثانوي
33 Kv	36 Kv	1000-2000 A	5 A

ويكون التيار الطبيعي في الملف الثانوي هو = 876 / 200 = 4.38 أمبير

2 - حساب محولات التيار على محولات القدرة 11/33 ك ف

قيمه محول التيار ناحية الجهد العالي للمحول 33 ك ف
بفرض يوجد 2 محول قدره حمل كل محول هو 25 ميجا فولت أمبير
التيار الاسمي للمحول في حالة العمل الطبيعي
اكبر تيار في الخط يحسب من العلاقة الآتية

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{25 * 10^3}{\sqrt{3} * 33} = 438 \ A$$

يتم اختيار محول تيار 500/5 تكون نسبة التحويل هي 100

جهد تشغيل	أقصى جهد	التيار الابتدائي	التيار الثانوي
33 Kv	36 Kv	500-1000 A	5 A

ويكون التيار الثانوي في حالة الحمل الطبيعي =100/438 = 4.38 أمبير
3 - حساب قيمه محول التيار لمحول القدرة ناحية 11 ك ف
تيار في حالة العمل الطبيعي للمحول

$$I = \frac{S}{\sqrt{3} * V} = \frac{25 * 10^3}{\sqrt{3} * 11} = 1313 A$$

يتم اختيار محول تيار 5/1500 تكون نسبة التحويل هي 300

جهد تشغيل	أقصى جهد	التيار الابتدائي	التيار الثانوي
11 Kv	12 Kv	1600-3000 A	5 A

ويكون التيار الثانوي في حالة الحمل الطبيعي =300/1313 = 4.37 أمبير

حساب قيمه محول التيار لكابلات 11 ك ف

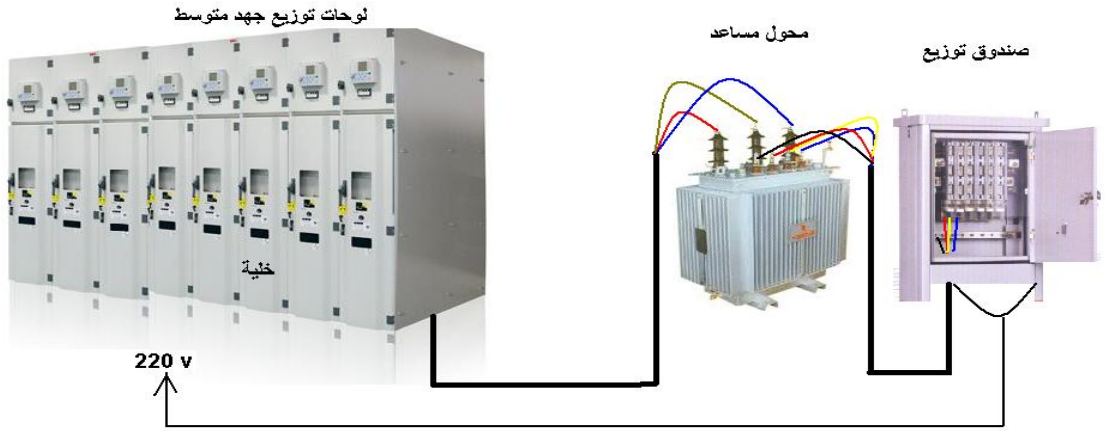
في حاله استخدام كابل مساحة مقطعه 400 مم2 يتم استخدام محول تيار 1/400 أما لو تم استخدام كابل مساحة مقطعة 300 مم2 يتم استخدام محول تيار 1/300 وأحيانا يتم استخدام 2 كابل على التوازي بمساحه مقطع 400 مم2 فيكون محول التيار هو 1/800

ثانيا: محولات الجهد " Voltage Transformer "

لوحات التوزيع للجهد العالي والمتوسط يتم تركيب بها اجهزة قياس وايضا اجهزة وقاية وهذة الاجهزة تعمل علي جهد 220 فولت او 110 فولت ولكن من اين يتم الحصول علي ذلك الجهد حتي يتم تغذية تلك الاجهزة فيوجد ثلاث طرق للحصول علي تلك الجهود 220-100 فولت

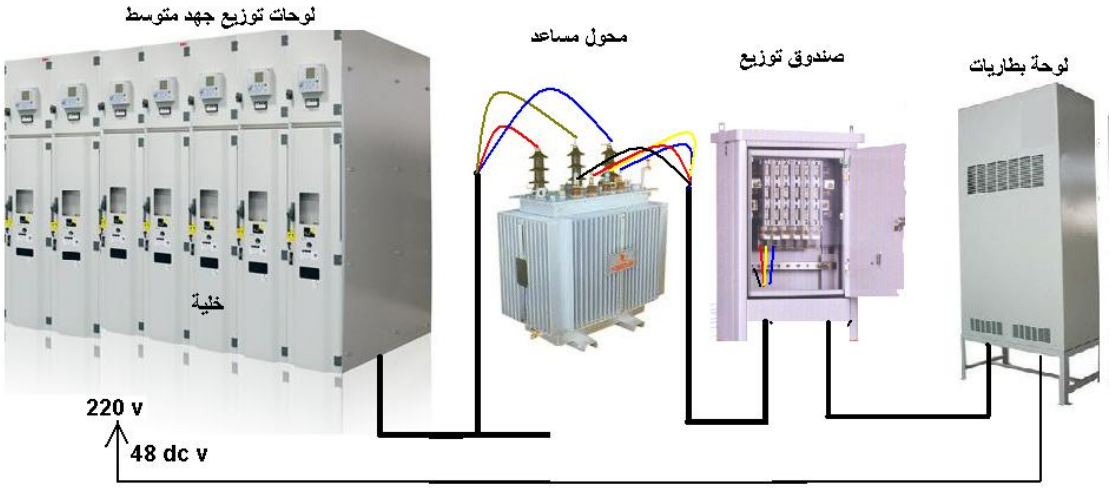
الطريقة الاولي

عن طريق استخدام المحول المساعد للمحطة الذي يحول الجهد العالي الي جهد الخدمة 415 فولت ثم استخدام هذا الجهد لتشغيل اجهزة القياس ولكن هذا لا يطبق لاسباب وهي ان نحتاج ايضا جهد 110 لتغذية اجهزة الوقاية وايضا بسبب ان عند التعامل مع اجهزة الوقاية الخاصة بمراقبة الجهد لا نستطيع لان الجهد يكون من محول واحد



الطريقة الثانية

استخدام مصدر التيار المستمر البطاريات ولكن هذا يكون مكلف كثير لاننا نحتاج الي وسائل لتحويل الجهد من جهد مستمر الي متغير بجهود مختلفة وهذا لا يفضل



الطريقة الثالثة

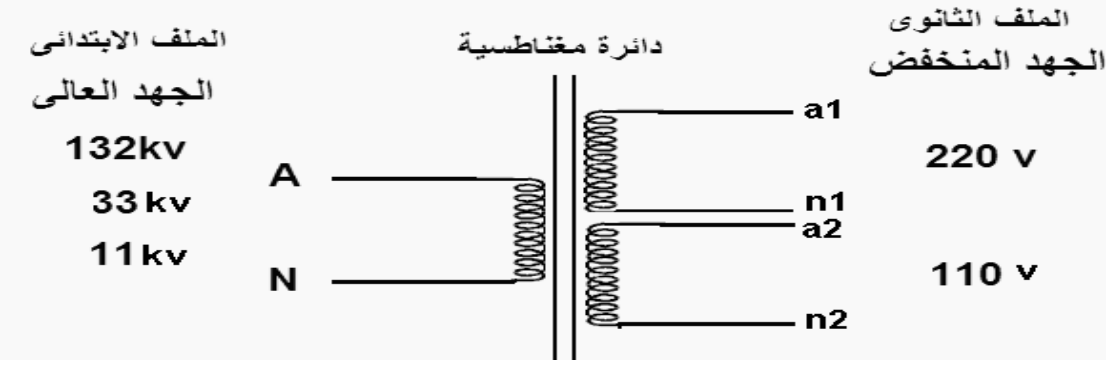
استخدام محول جهد لكل خلية لتحويل الجهد من الجهد العالي الي قيمة الجهد المناسب لاجهزة الوقاية والقياس حيث يتم تركيب محول جهد لكل خلية من خلايا الجهد العالي واحيانا في حالة

خلايا الجهد المتوسط لتقليل التكلفة يتم تركيب محول الجهد لخلايا التغذية فقط اي خلايا المحولات

من خلال كل ما سبق نجد ان محول الجهد هو جهاز يستخدم لتحويل الجهد من قيم عالية الي قيم صغيرة لتغذية أجهزة القياس والحماية المختلفة حيث يتم الحصول على قيمة جهد منخفضة عادة ما تكون (220- 110- 100) فولت لتغذية دوائر الوقاية و القياس و التحكم

مكونات محول الجهد

تتكون محولات الجهد من ملفين معزولان عن يعظهما البعض و مرتبطان مغناطيسيا من خلال شرائح الصلب السليكونى حيث ان الملف الأول يسمى الملف الابتدائي وهو الذي يوصل على التوازى مع الجهد العالي للشبكة الكهربائية ويكون عدد لفاته كبير وعزلة الكهربائي مرتفعا لتحمل الجهد العالي أما الملف الثاني فهو يسمى الملف الثانوي وهو الذي يوصل بالحمل الذي هو عبارة عن أجهزة الوقاية والقياس ويمكن ان يكون الملف الثانوى لة اكثر من ملف لكي نحصل على اكثر من جهد على الملف الثانوي ولذلك نجد ان من الطبيعي ان يكون حجم محول الجهد كبير اذا كان الجهد الابتدائي عاليا بسبب كبر حجم العازل والذي يكون غالبا من البورسلين ولكن في الجهود المتوسطة يكون من مادة الراتنج وغالبا ما يتكون محول الجهد من اكثر من قلب حديدي وكل قلب علية ملفاتة الابتدائية والثانوية حيث يعتبر كل قلب وملفاتة كانة محول جهد مستقل لة نسبة تحويل ومستوي دقة يختلف عن الاخر حسب الاستخدام المطلوب

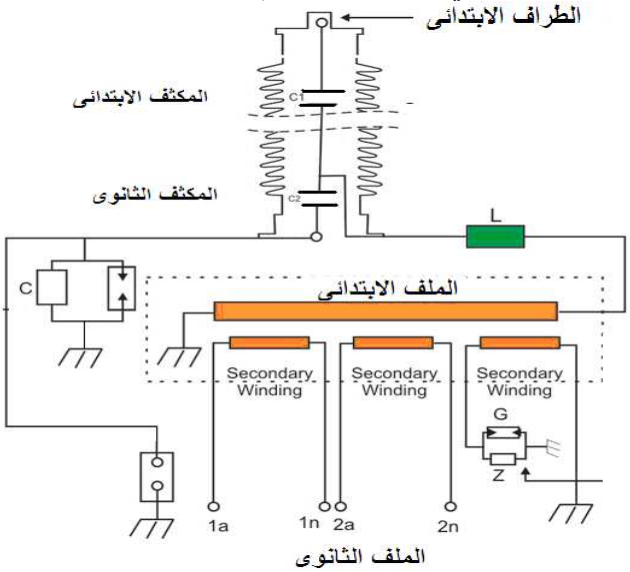


انواع محولات الجهد

1- محول الجهد ذا المكثف

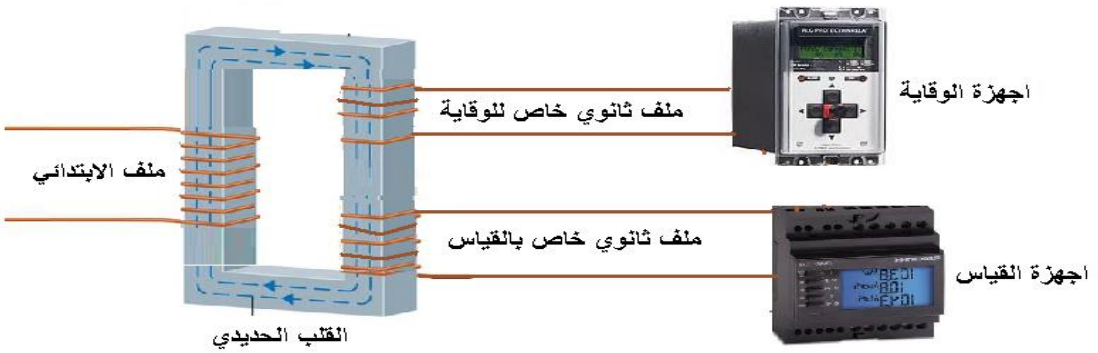
نتيجة لزيادة الجهد تصبح استخدام المحولات المغناطسية مكلفا جدا حيث ان حجمه يصبح كبير جدا وذلك يتطلب عزل مناسب ولذلك تحدث مشاكل لان متطلبات العزل تحتاج إلي تكلفه عالية و لذلك يتم استخدام محولات الجهد ذات المكثف وتصل جهد التشغيل لها حتي 400 ك ف حيث في الجهود العالية يفضل استخدام محول الجهد ذو المكثف لسببين الأول انها أقل تكلفة من محولات الجهد المغناطيسية والسبب الثاني ان المكثف يعمل كمكثف ربط لنظام الاتصال بالموجات المحملة على خطوط نقل الطاقة لإغراض الاتصال وربط أجهزة الحماية

ويتكون من وحدات من المكثفات المتصلة على التوالي بالإضافة إلي مكثف مساعد حيث يتكون المكثف من رقائق معدنية من الألمونيوم وورق مشبع بالزيت كماده عازله حيث ترص الرقائق وتربط بإحكام باستخدام مادة عازله وتوضع جميعها في جسم العزل الخارجي المصنوع من البور سلين ويملا بزيت تحت ضغط مفرغ أي فكيوم ويتم توصيل هذا النوع من المحولات بين الخط و الأرضي لذلك يزود جسم المحول بمكان تأريض خارجي



2- المحول التقليدي

و هـو ما يطلــق علــية محــول الجــهد المغناطيسي و يرمز له بالرمزVT أو PT و يتكون محول الجهد المغناطيسي من دائرة مقفلة عبارة عن رقائق من الحديد السليكوني وملفين احدهما هو الملف ابتدائي و يحتوى على عدد كبير من اللفات و يوصل على التوازي مع الدائرة المراد تركيب محول جهد عليها و الملف الأخر هو الملف ثانوي و يحتوى على عدد أقل من اللفات و يوصل على التوازي بأجهزة الوقاية او القياس وممكن ان يحتوي الملف الثانوي علي اكثر من ملف كما موضح بالشكل القادم و يتم عزل الملف الابتدائي عن الثانوي بمادة عازلة تعتمد على جهد التشغيل فكلما زاد الجهد زاد عزل الملفات .



والاشكال الاتية توضح صور لمحولات الجهد

محول جهد داخلى 11kv محول جهد مع الفيوز محول جهد داخلى 33kv محول جهد داخلى 11kv

قدرة محول الجهد (قدرة المحول Burden (VA)

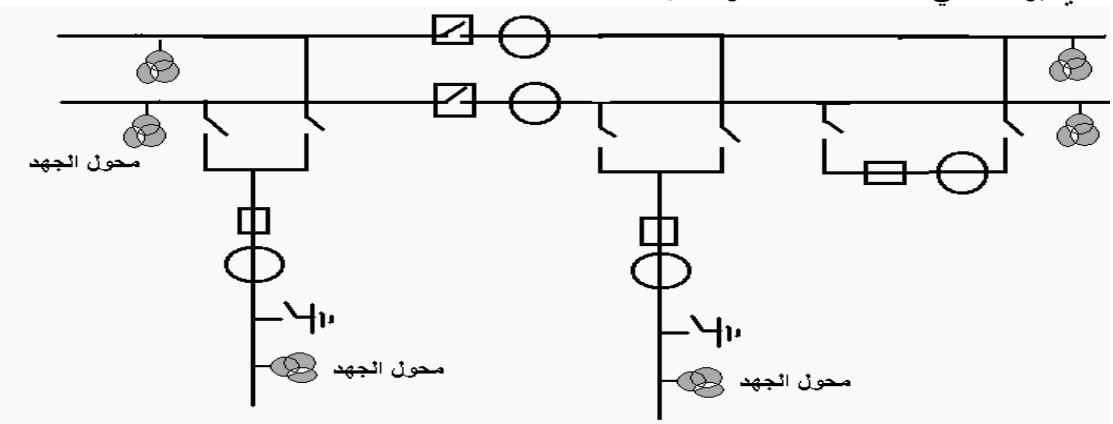
وهي القدرة بالفولت أمبير التي يمكن تحميلها على محول الجهد بصفة دائمة على ان تظل قيمة الخطاء ونسبة التحويل وزاوية الوجه في الحدود المسموح بها وقد حددت الموصفات العالمية قيم الاسمية للحمولة وهي 10-15-50-75-100-200-300-500 فولت أمبير

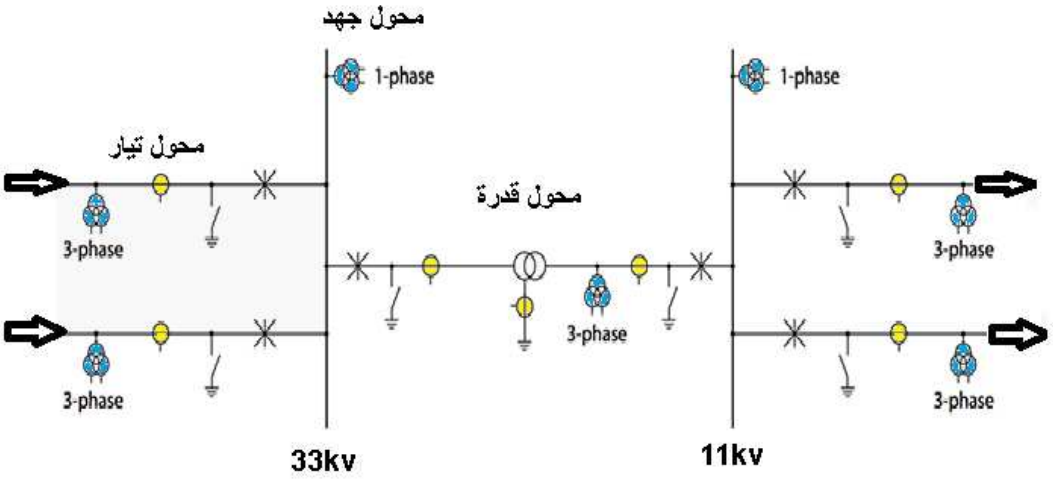
معامل الجهد

هو أقصى جهد يمكن وضعة على محول الجهد وهو يعتمد على طريقة توصيل الملف الابتدائي وعلى نظام تأريض الشبكة ويتراوح بين 1.2-1.5-1.9

موق تركيب محولات الجهد

موقع تركيب محولات الجهد بلوحات التوزيع يكون في اماكن مختلفة كما يوضحها الشكل القادم حيث يوجد مع كل مغذي محول جهد خاص بة لتغذية اجهزة الوقاية والقياس الخاصة بذلك المغذي وايضا نجد ان كل قضيب توزيع(باس بار) لة ايضا محول جهد وايضا لا ننسى المحول الذي يوجد علي كل جانب لة محول جهد





طرق كتابة قيمة الجهد لمحول الجهد

فمثلا عند عمل محول الجهد على 33 ك ف

1- الجهد الابتدائي لمحول الجهد

يتم حساب جهد الفاز و الأرضي بقسمة جهد الخط 33 ك ف على √3 فيكون

$Vph = V_L / \sqrt{3} = 33000 / \sqrt{3}$

يتم حساب جهد بين الفازات بقسمة جهد 33 ك ف على جهد الثانوي 100 فولت

$V = V_L / 100 = 33000 / 100$

2- الجهد الثانوي لمحول الجهد

حددت الموصفات الدولية قيمة الجهد الثانوي لمحول الجهد وهي 100 أو 110 فولت

يتم حساب جهد الفاز و الأرضي بقسمة الجهد100 فولت على √3 فيكون

$Vphs = Vs / \sqrt{3} = 100 / \sqrt{3} = 57.73$ فولت

$Vphs = Vs / \sqrt{3} = 110 / \sqrt{3} = 63.51$ فولت

أما في حالة القلب ذو توصيلة دلتا المفتوحة يتم قسمة على 3 فقط

$Vphs = Vs / 3 = 100 / 3 = 33.33$ فولت

فيتم كتابة نسبة تحويل الجهد على لوحة بيانات محول الجهد كالأتي

$$\frac{33000}{\sqrt{3}} \quad \frac{33000}{100} \quad \frac{100}{\sqrt{3}}$$

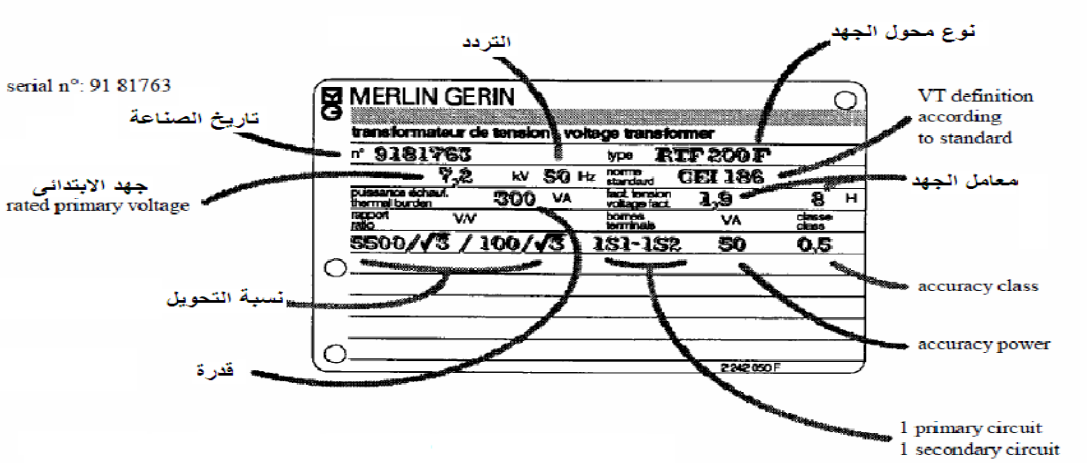
قيمة جهد الخروج لمحولات الجهد .VA 10 - 15 - 25 - 30 - 50 - 100 - 110

نسبة تحويل محول الجهد تحسب من خلال المعادلة الآتية

$$K_n = \frac{U_{pr}}{U_{sr}} = \frac{N_1}{N_2}$$

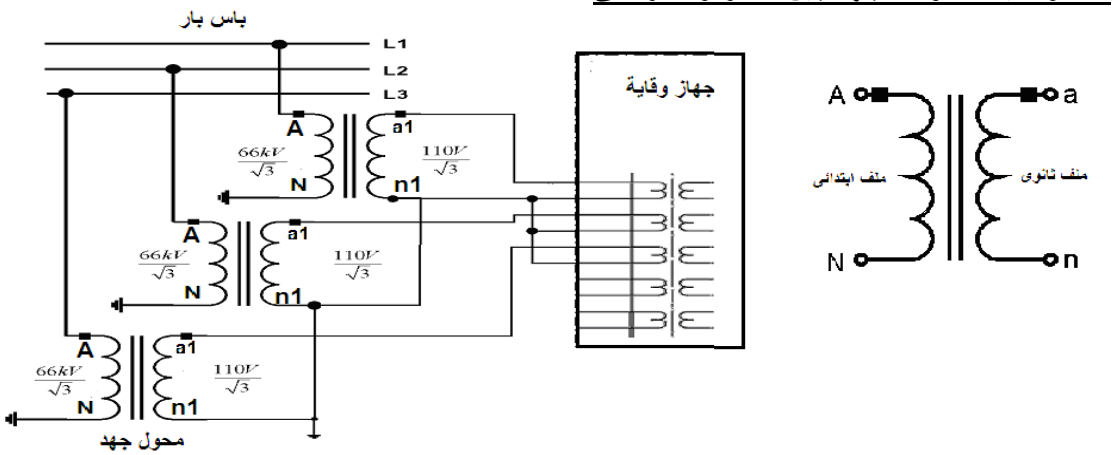
نسبة الخطاء في محول الجهد تحسب من المعادلة الآتية

$$\text{Voltage error \%} = \frac{(K_n U_{sr} - U_{pr}) \cdot 100}{U_{pr}}$$

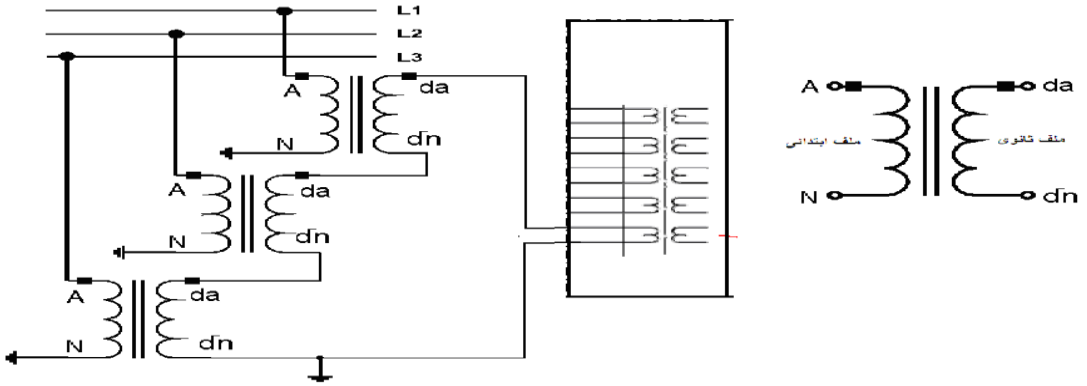


طرق توصيل محولات الجهد

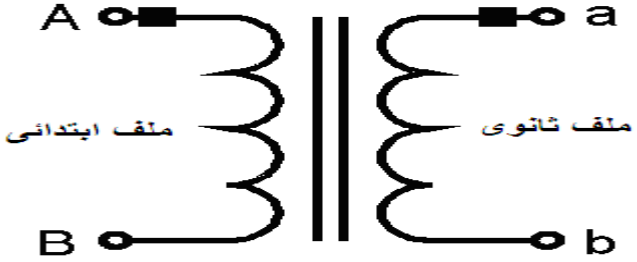
1- توصيل محول الجهد بين الفاز و الأرضى



2- توصيل محولات الجهد بطريقة الدلتا المفتوحة



3- توصيل محولات الجهد بين الفازات (فاز – فاز)



حماية محولات الجهد

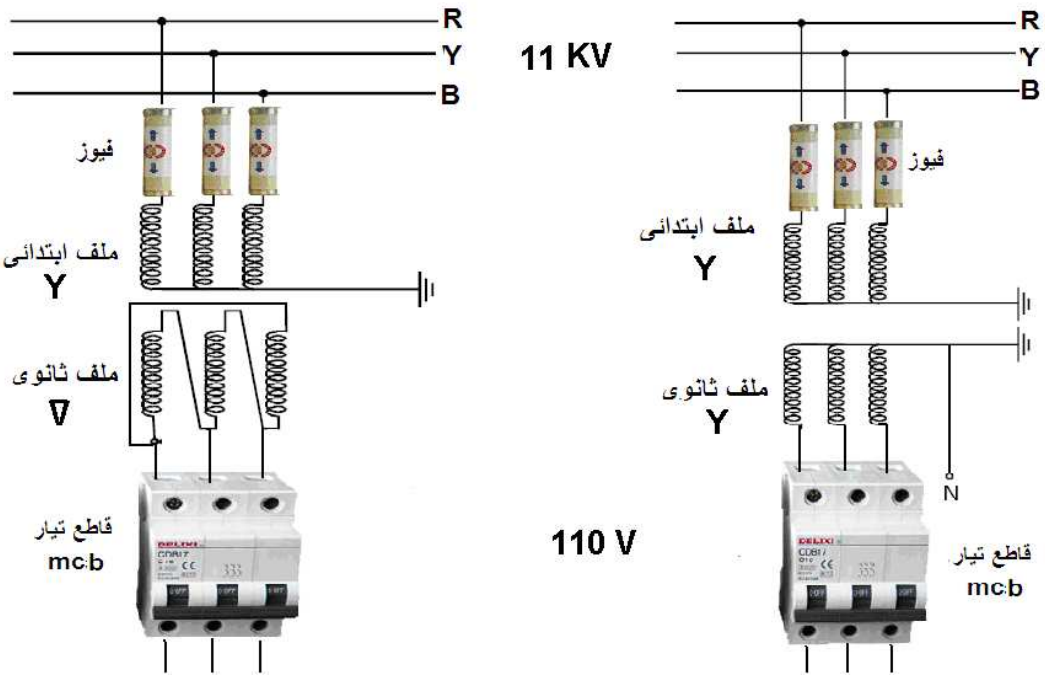
تتعرض محولات الجهد لحالات غير عادية مثل الزيادة المفاجئة للحمل او حدوث حالات القصر علي الملفات الثانوية او أي جهود عابرة مرتفعة ولذلك يتم عادة وقاية محولات الجهد من هذة التغيرات عن طريق استخدام فيوز او قاطع الالي او جهاز وقاية

اولا حماية الملف الابتدائى لمحول الجهد

حيث يفضل استخدام فيوز ذات سعة قطع عالية (H.R.C) حتي جهد 11 ك ف و يتم توصيلها بين مصدر التغذية و الملف الابتدائي لمحول الجهد أما إذا ذاد الجهد عن 11 ك ف فتكون الحماية لها ضمن نطاق أجهزة الحماية

ثانيا حماية الملف الثانوى لمحول الجهد

إما الملفات الثانوية لمحول الجهد يتم حمايتها باستخدام القواطع الصغيرة MCB على الدوائر الثانوية لمحولات الجهد كحماية ثانية بعد الفيوز المركب على الدوائر الابتدائية وتستخدم أيضا في عزل الجهد الثانوي لمحولات الجهد عن باقي الدوائر الأخرى عند العمل عليها.



---

* اختبارات المحولات

قبل عمل أي أختبار لاي الة كهربائية يتم اولا فصل اي مصدر تغذية ممكن ان يغذي تلك الالة ولذلك لابد من فصل جميع مصادر التغذية التي ممكن ان تغذي المحول ثم يتم تاريض المحول لتفريغ اي شحنة كهربائية بداخلة ثم يتم التأكد من عدم وجود جهد على الأطراف ولاننسي ان يجب عدم لمس أطراف الملفات أثناء عمل الاختبار.

1- أختبار قياس مقاومة العزل للمحولات :

الهدف من ذلك الاختبار هو قياس مقاومة الملفات والتأكد من سلامة الملفات و عدم وجود قصر بأحد الملفات وأيضا التأكد من سلامة نقاط التوصيل و اللحامات داخل المحول.
ومقاومة العزل هي قيمة المقاومة المقاسة بين الأجزاء الحاملة للتيار الكهربي و الأرض أو المقاومة المقاسة بين دائرتين كهربيتين يفصل بينهما عازل حيث تتناسب قيمة مقاومه العزل تناسب عكسيا مع درجة الحرارة فتكون قيمة مقاومه العزل كبيرة عندما يكون المحول بارد وتكون قليلة عندما يكون المحول ساخن وكذلك قيمة مقاومه العزل والمحول ليس بيه زيت اكبر منه والمحول بيه زيت و يتم قياس مقاومة العزل بين كلا من الاتي :-

1 - ملفات الجهد المنخفض و جسم الخزان الرئيسي
2 - ملفات الجهد المتوسط و جسم الخزان الرئيسي .
3 - ملفات الجهد المنخفض و ملفات الجهد المتوسط .

يتم قياس مقاومه ملفات المحول وفقا إلي العلاقة الآتية

اولا قياس مقاومة الملفات نظريا

قياس مقاومه المحولات حسابيا من خلال القانون الآتي

1- في حالة الملفات موصله ستار

مقاومه ملفات = ثابت * جهد الفاز / قدرة المحول√

$$R = C * KV (P-n) / (\sqrt{KVA})$$

2- في حالة الملفات موصله دلتا

مقاومه ملفات = ثابت * جهد الخط / قدرة المحول√

$$R = C * KV (P-P) / (\sqrt{KVA})$$

ويتم تحديد الثابت (C) كالأتي

1- في حالة عزل المحول زيت يكون 1.5
2- في حالة عزل المحول بالهواء يكون 20

وللحصول على مقاومه الملفات عند أي درجة حرارة يتم حساب مقاومه عند درجة 20 ثم يتم ضرب في القيمة ألمقابله من الجدول الآتي وفقا لدرجه الحرارة

Temperature correction Factor		
معامل	درجة حرارة فهرنهايت	درجة حرارة مئوية
1.98	86	30
3.95	104	40
7.85	122	50

مثال على ذلك

محول توزيع 0.415/11 ك ف ا بقدرة 1500 ك ف ا معزول بالزيت موصل دلتا/ ستار لإيجاد مقاومه الملفات عند درجة حرارة 20 مئوية ثم عند درجة 50 مئوية

أولا عند درجة 20 مئوية

1 - مقاومه الملفات الضغط العالي 11 ك ف الموصل دلتا

مقاومه = ثابت * جهد الخط / قدرة المحول√

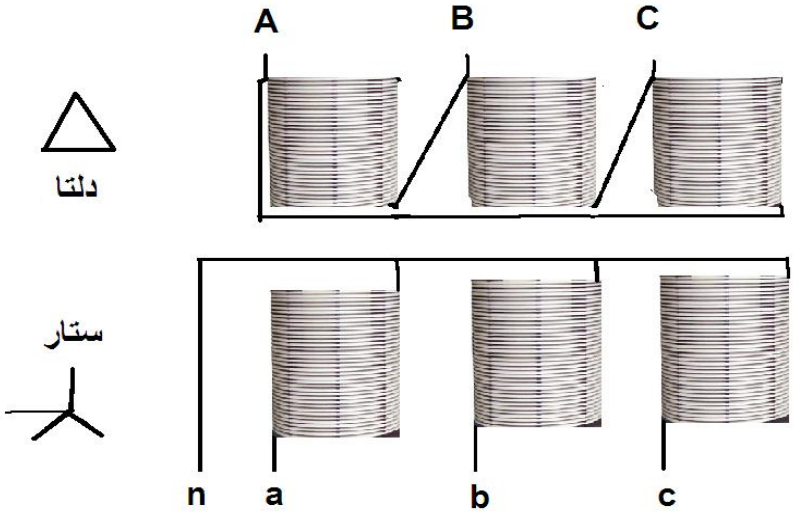
مقاومه الملفات 11 ك ف = 1.5 * 11000 / √1500 = 426 ميجا أوم

2 - مقاومه الملفات الضغط المنخفض 415ف الموصل ستار
مقاومه = ثابت * جهد الفاز / قدرة المحول√
مقاومه الملفات = 1.5 * 415 / √1500 = 16 ميجا أوم

ثانيا عند درجة 50 درجة مئوية

يتم ضرب قيمة المقاومة عند درجة 20 مئوية في قيمة ألمقابله لدرجه المطلوبة من جدول
عند درجه50 مئوية = 16 *7.85 = 125.6 ميجا أوم
مقاومه ملفات 11 ك ف عند درجة 50 مئوية = 426*7.85 = 3360 ميجا أوم

صورة توضح توصيله ملفات التوزيع لمحول(ستار- دلتا)

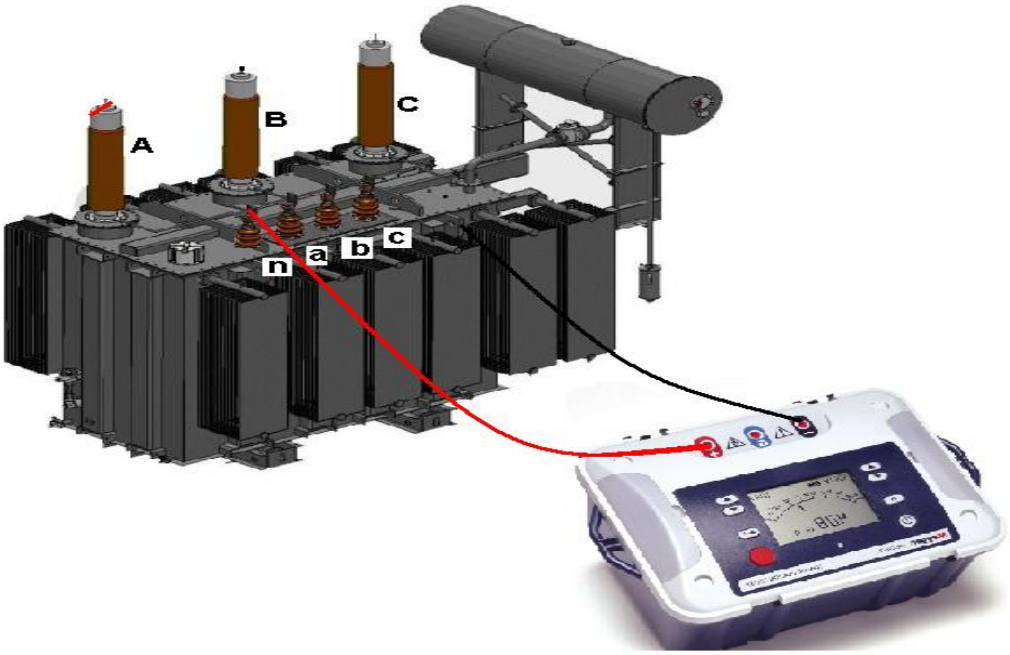


قياس قيمة قوة العزل للملفات عمليا

يتم إجراء ذلك الاختبار على المحول لمعرفة شدة العزل للملفات بينها وبين بعضها وكذلك بينها وبين جسم المحول وكذلك يحدد هل يوجد قصر أم لا
ويفضل عند إجراء ذلك الاختبار ان يتم تأريض الفازات التي لم تدخل في الاختبار
ولتأكد من جودة قياس العزل لابد ان تكون الاستقطاب له اكبر من 1.3 ويتم ذلك عن طريق اخذ قراءة العزل عند الدقيقة الأولى ثم اخذ قراءة العزل عند 15 ثانية ثم يتم قسمة ناتج الفحص بعد دقيقة واحدة على ناتج الفحص بعد 15 ثانية فيجب ان لا يقل عن 1.3
ويجب مرعاة انة عند اجراء ذلك الاختبار في حالة وجود الزيت بداخل المحول تكون المقاومة اقل منها في عدم وجود الزيت لان الزيت يعمل كمكثف بين الطرفين وتقل المقاومة وطبعا ايضا لا ننسا ان درجة الحرارة لها تاثير مباشر على مقاومة العزل حيث انها تمثل علاقة عكسية مع مقاومة العزل حيث تقل مقاومة العزل بارتفاع درجة الحرارة والعكس

أولا - قياس العزل بين ملفات الجهد المنخفض و جسم الرئيسي للمحول

يتم استخدام الميجر ناحية الجهد المنخفض حيث المحول موصل نجمة أي 3 فاز معهم خط تعادل (a-b-c-n) حيث يتم قياس الفازات مع جسم المحول (aE-bE-cE-nE) ويتم ضبط الميجر على قيمة 1000ف وتكون قيمة المقاومة في حالة محول جديد اكبر من 1 جيجا أوم أما في حالة محول قديم اكبر من 300 ميجا أوم والصور القادمة توضح قياس الفازات مع جسم المحول وطبعا معهم خط التعادل



أختبار قوة العزل بين الجهد المنخفض والجهد العالى للمحول

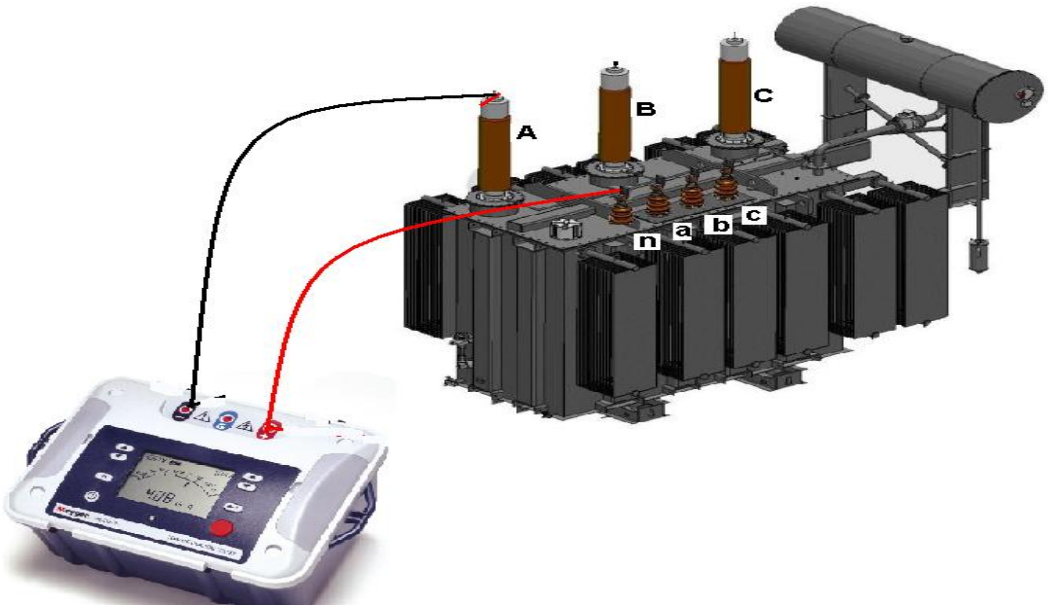
وفى هذا الاختبار يتم قياس قوة مقاومه العزل بين ملفات الجهد المنخفض وملفات الجهد العالي حيث يتم ضبط الميجر على قيمة 2500 فولت حيث يتم قياس العزل بين الفازة Aمن ملفات الجهد العالي وجميع فازات الجهد المنخفض(a –b –c –n) ونكرر ذلك للفازات الباقية

(A – a) (A – b) (A – c) (A – n)

(B – a) (B – b) (B – c) (B – n)

(C – a) (C – b) (C – c) (C – n)

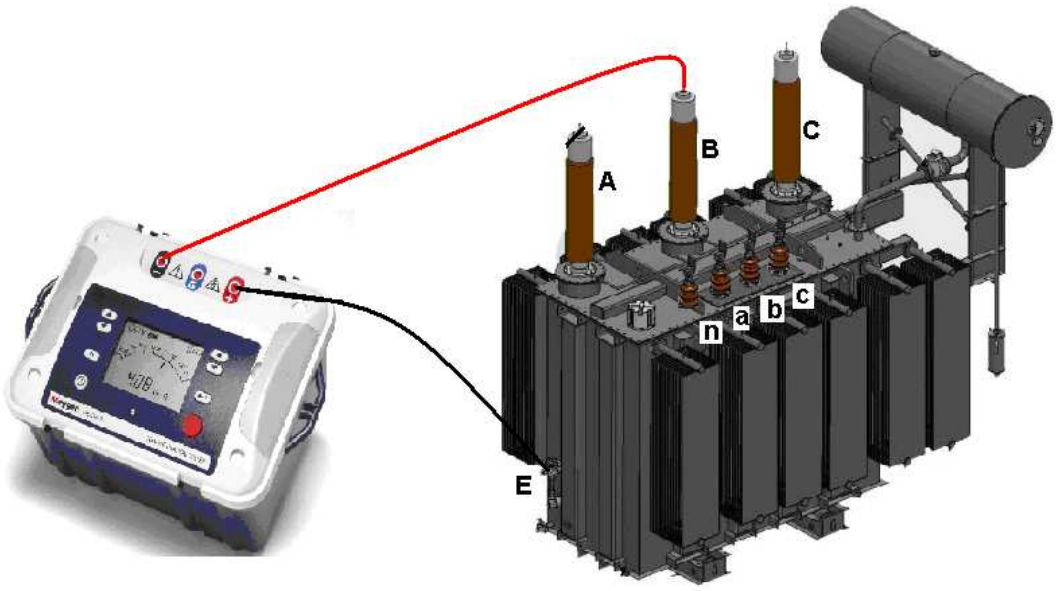
وتكون قيمة العزل المقاسة هي اكبر من 1 جيجا أوم



أختبار قوة العزل بين ملفات الجهد العالى وجسم المحول

يتم ضبط الميجر على 5000 فولت حيث يتم قياس العزل بين كلا من

(C - E) و (B - E)) و (A - E)
وتكون القيمة المقاسه اكبر من 1جيجا أوم للمحولات الجديدة و 300 ميجا أوم للمحول القديم



ملخص القياسات السابقة بالنسبة للمحول في الجدول الآتي

جهد الاختبار	أوجه أطراف القياس		مقاومه العزل لمحول قديم	مقاومه العزل لمحول جديد
2500	ملف جهد عالي	ملف جهد منخفض	300 ميجا أوم	اكبر من 1 جيجا أوم
5000	ملف جهد عالي	جسم المحول	300 ميجا أوم	اكبر من 2 جيجا أوم
1000	ملف جهد منخفض	جسم المحول	200 ميجا أوم	اكبر من 2 جيجا أوم
5000	ملف جهد عالي	ملف جهد عالي	من 5 إلي 10 كيلو أوم	من 5 إلي 10 كيلو أوم
1000	ملف جهد منخفض	ملف جهد منخفض	من 0 إلي 10 كيلو أوم	من 0 إلي 10 كيلو أوم

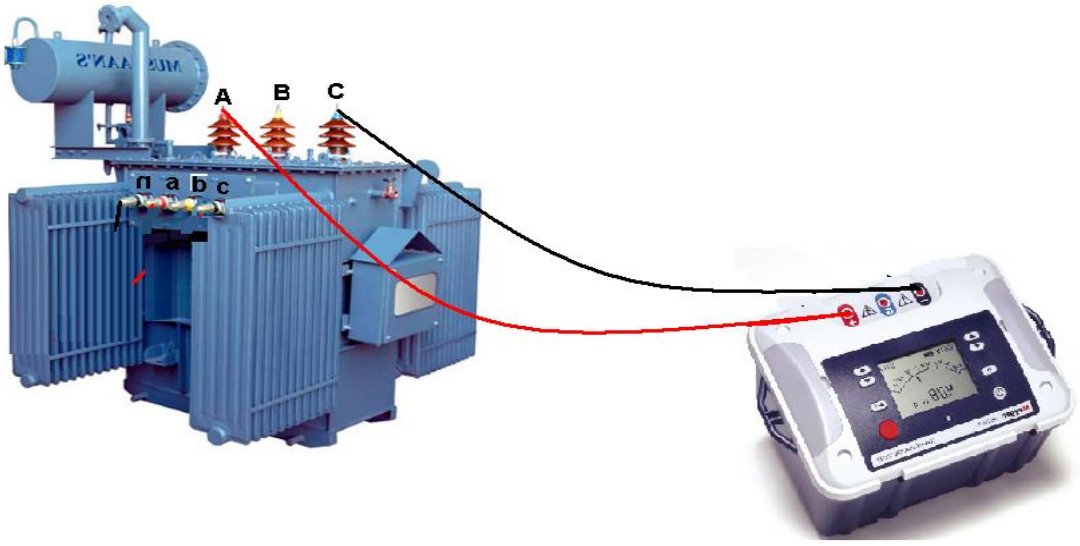
وملخص ذلك هو ان إذا كانت قياس مقاومه العزل بين ملفات الجهد العالي وجسم المحول أقل من 300 ميجا أوم فيدل على ضعف العزل أي وجود تلامس وعند قياس مقاومه االعزل بين ملفات الجهد المنخفض وجسم المحول يكون أقل مقاومه هي 200 ميجا أوم واقل من ذلك يدل على وجود تلامس وعند قياس مقاومه العزل بين ملفات الجهد العالي وملفات الجهد المنخفض تكون أقل مقاومه هي 300 ميجا أوم

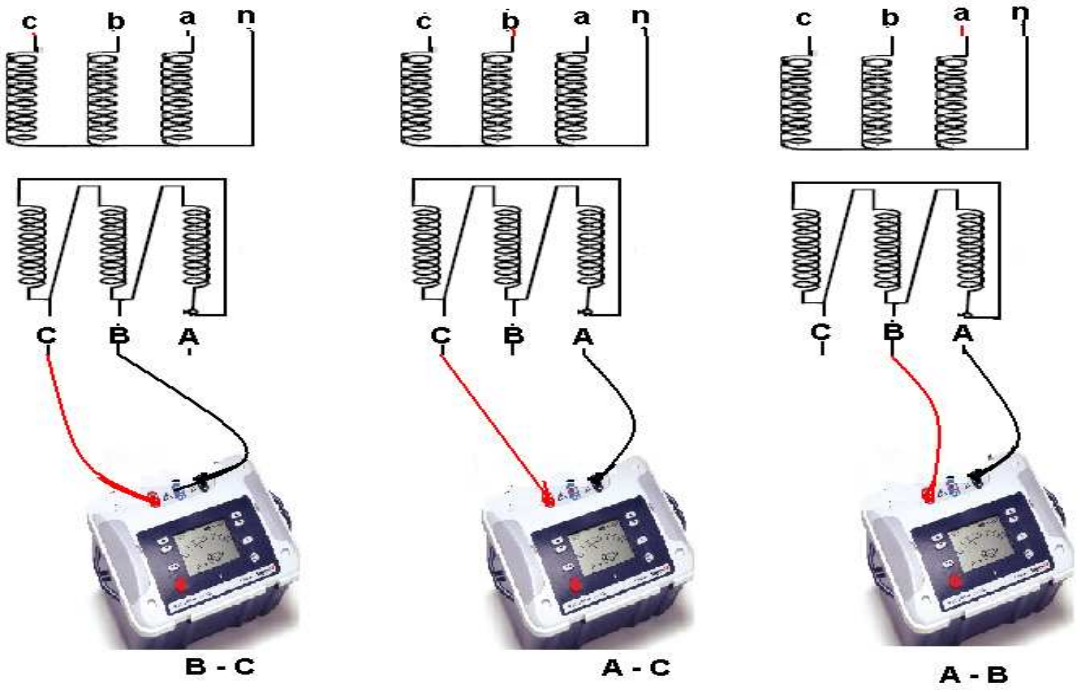
أختبار قياس مقاومه الملفات (Winding Resistance test)

يسمى هذا الاختبار باختبار استمرارية التوصيل ونقوم بعمل ذلك الاختبار عند حدوث خلال في توصيلات المحول مثل العوازل أو مغير الجهد وايضا لتاكد من عدم وجود اي قصر بين ملفات المحول

قياس قيمة مقاومة ملفات الجهد العالى

يتم تنفيذ ذلك الاختبار بين الملفات كالاتي (A – B) (A - C) (B - C) ولكن عند جميع نقاط مغير الجهد وذلك لتحديد قيمة المقاومة والتماثل بين الملفات ويعتمد ذلك الاختبار على درجة حرارة الزيت ويتم توصيل مصدر تيار على الملف ثم يتم تحديد قيمة التيار ثم يتم ضبط مغير الجهد على رقم 1 وتوصيل الأطراف كما بالشكل ثم بعد تحديد قيمة تيار المطلوبة يتم حقن التيار بالتدريج حتى نصل إلي قيمة التيار المحددة ثم قياس الجهد ثم حساب قيمة المقاومة بقسمة الجهد على التيار ثم نكرر ذلك مع تغير وضع مغير



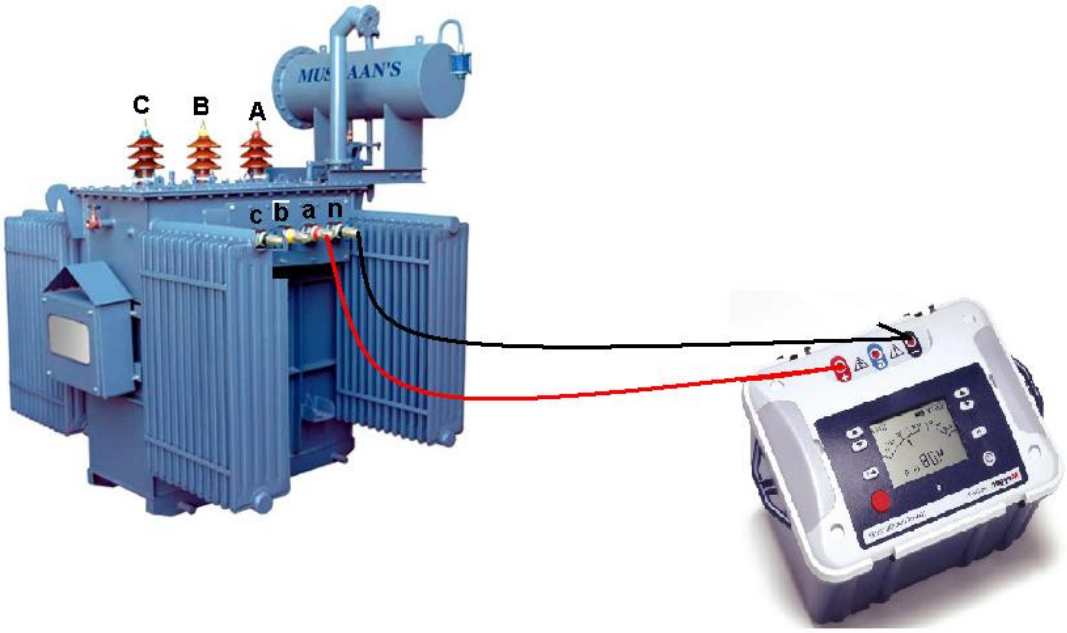


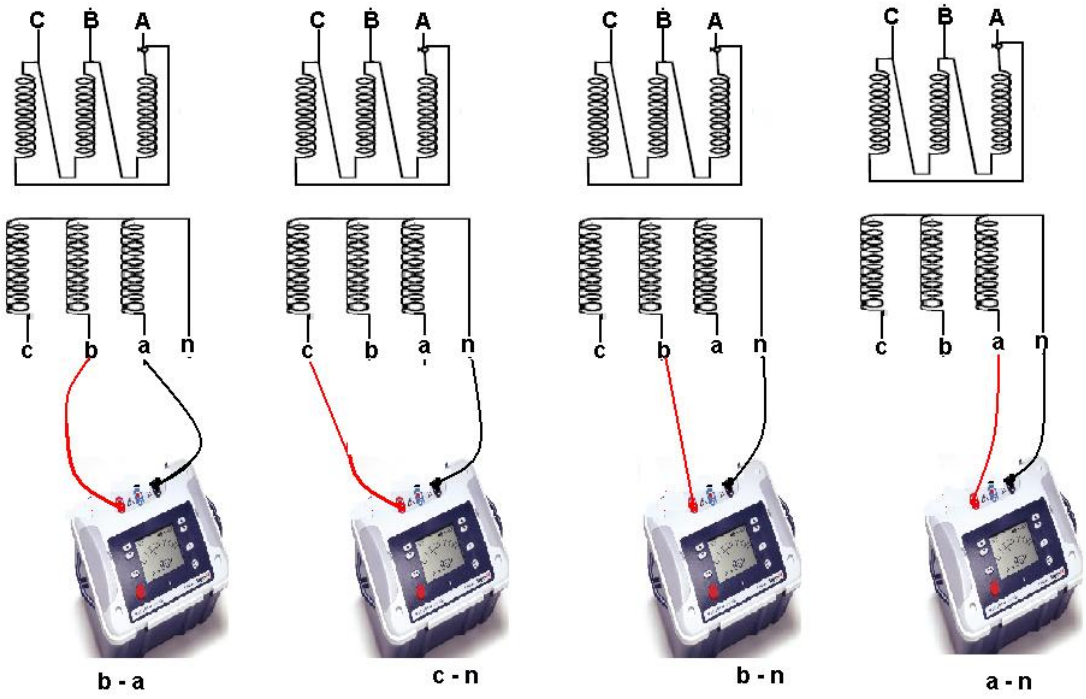
قياس مقاومة ملفات الجهد المنخفض

نتيجة لان ملف الجهد المنخفض هو ملف واحد ولا يوجد بة مغير الجهد فيتم قياس مقاومة بين ملفات الجهد المنخفض مع بعضها كالاتي

$$(a - n)\ (b - n)\ (c - n)\ (a - b)\ (a - c)\ (b - c)$$

حيث يجب ان تكون قيمة مقاومة الملفات بين الاوجة الثلاثة متساوية تقريبا والسبب في ذلك ان نقطة النهاية لهم هي نقطة واحد والتي يخرج منها نقطة التعادل





2- أختبار نسبة التحويل

يتم إجراء هذا الاختبار على المحول لمعرفة نسبة التحويل بين الأطراف ونسبة الخطأ بين القيمة التصميمية والقيمة الفعلية لتحديد عدم عن وجود أي قصر بين اللفات في الملف الواحد وذلك في حالة حدوث انهيار للعزل بين اللفات وهذا الاختبار يتم في حالة فصل المحول من الخدمة ويتم إجراء ذلك الاختبار على جميع نقاط مغير الجهد وتكون نسبة الخطاء المسموح بها ±0.5

تحديد نسبة الخطاء=[(القيمة المقاسة- القيمة المكتوبة) / القيمة المكتوبة]*100

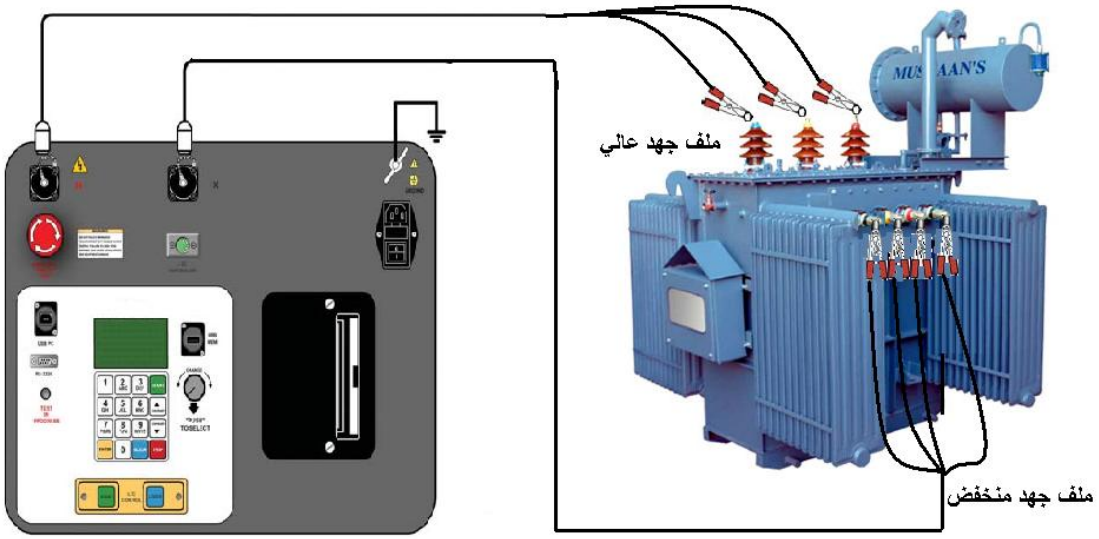
فاذا زادت نسبة الخطاء عن تلك القيمة ±0.5من نسبة التحويل الاسمية يتم اجراء الاختبار بجهاز آخر واذا كانت نفس القيمة يتم رفض المحول

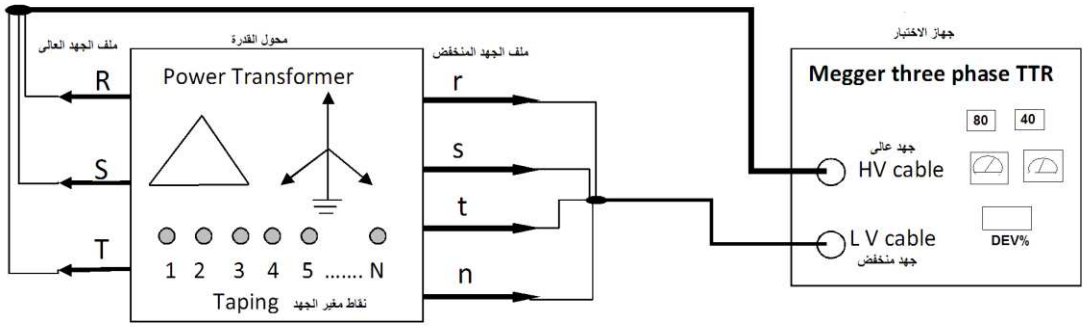
*** الاحتياطات الواجب مراعاتها عند عمل ذلك الاختبار :-**

- فصل المحول من جانب الجهد المتوسط و جانب الجهد المنخفض.
- نظافة أطراف التوصيل.
- فصل مصدر الجهد قبل تغيير وضع مغير الجهد.

*** خطوات إجراء الاختبار:-**

أولا في حالة استخدام جهاز الاختبار



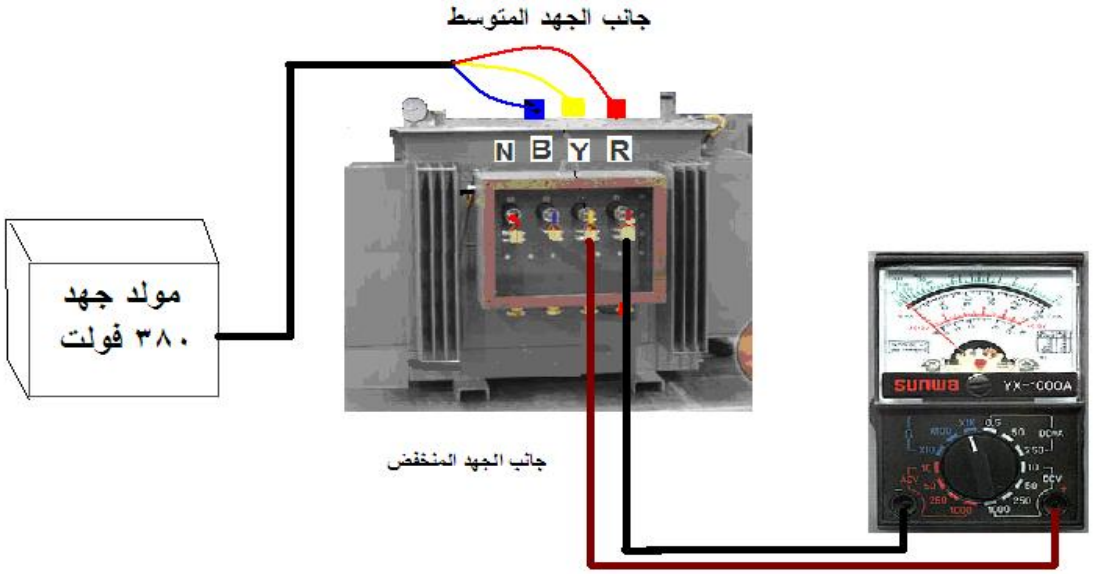


يتم ضبط جهاز الاختبار عن طريق تحديد المجموعة الاتجاهية للمحول مثلا Dy11على الجهاز وأيضا تحديد عدد نقاط مغير الجهد مثلا 7 نقاط ومقدار جهد الخطوة2.5 وتحديد رقم مغير الجهد الطبيعي مثلا النقطة رقم 4 وأيضا تحديد قيمة الجهد على الملف الابتدائي وهو 11 ك ف وقيمة الجهد على الملف الثانوي 415 فولت المناظر لنقطة مغير الجهد الطبيعي وهي رقم 4
ثم من خلال جهاز الاختبارالذى يحتوى على قيمتين للجهد وهما 40 فولت أو 80 فولت فيتم اختيار احدهما ثم البدء بحقن ذلك الجهد على أحد ملفات الجهد العالي للمحول ويتم قياس الجهد على طرفي الملف الثانوي فتكون النسبة ألمقاسه هي نسبة التحويل

$$\text{نقاط مغير الجهد} = T \cdot R = \frac{N1}{N2} = \frac{V1}{V2}$$

ثم يتم تغير وضع مغير الجهد وتكرار الاختبار ثم يتم مقارنة النتاج مع البيانات الموجودة على المحول

ثانيا في حالة استخدام مصدر جهد خارجي 380 فولت نقوم بالاتي

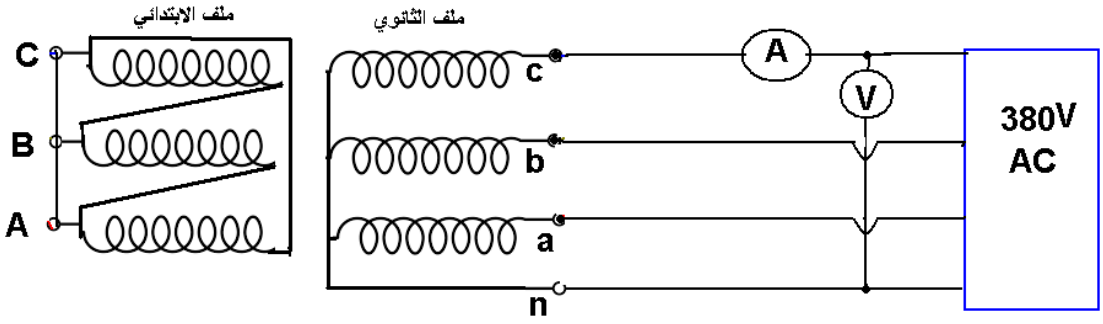


يتم ضبط مغير الجهد على الوضع رقم 1 ثم توصيل جهد ثلاثي الأوجه 415 فولت على جانب الجهد المتوسط. ثم قياس جهد الخط على جانب الجهد المنخفض و كذلك جهد الوجه.
ثم يتم قسمه جهد الخط (VL) في الجانب المتوسط على جهد الخط (VL) في الجانب المنخفض و نقارن نتيجة نسبة التحويل الخاصة بالنقطة رقم "1" لمغير الجهد في لوحة المحول مع نتيجة القياس حيث يجب ان لا تتعدى نسبة الخطاء ±0.5
ثم نقوم بفصل مصدر الجهد عن المحول مع تغير وضع مغير الجهد على الوضع رقم "2" و نكرر الخطوات السابقة ثم نفصل المحول و نغير وضع مغير الجهد إلي الوضع "3" و نكرر الخطوات السابقة. ثم نفصل المحول و نغير وضع مغير الجهد إلي الوضع "4" و نكرر الخطوات السابقة . ثم نفصل المحول و نغير وضع مغير الجهد إلي الوضع "5" و نكرر الخطوات السابقة و يجب ان تتساوى نسبة التحويل المقاسة مع نسبة التحويل الاسمية الموجودة على لوحة بيانات المحول حيث يجب ان لا تتعدى نسبة الخطاء ±0.5من نسبة التحويل الاسمية

ملحوظة يمكن استخدام مصدر جهد خارجي(380-415 فولت) وقياس الجهد عن طريق أي أجهزة قياس للجهد

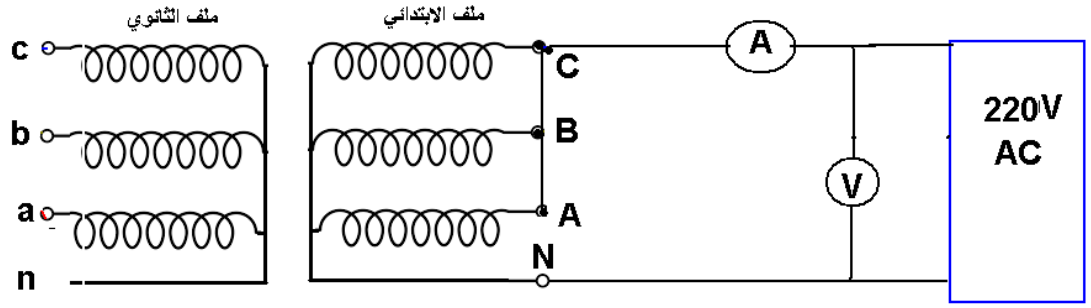
ـ أختبار دائرة القصر للمحول

يتم حقن جهد على الملف الابتدائي ويضبط حتى نصل بالتيار في الملف الثانوي إلي ما يساوى تيار الحمل الكامل للمحول ثم نأخذ قراءه فولتميتر من على الملف الابتدائي وبقسمه قراءه الفولتميتر على الجهد المسلط وبالضرب 100 نحصل على المعا وقه
مثلا عند فحص محول 33 \ 11 كيلو فولت سعه 5 ميجا فولت أمبير وصلت الفولتية المسلطة إلي 2280 فعند إجراء القسمة 2280 \ 33000 = 0.069
ولو ضربت النتيجة في 100 لكان الناتج = 6.9 % وهي منسميها بالممانعة المئوية

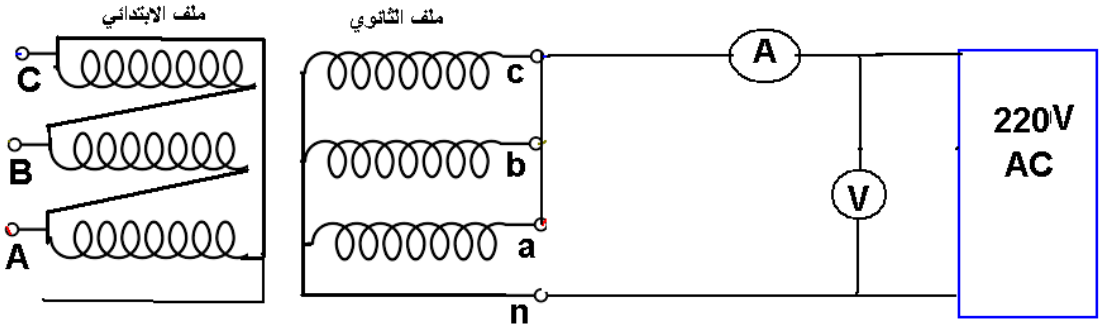


أختبار المعاقة الصفرية Measurement of zero sequence impedance

هذا الاختبار يتم في حالة توصيلة ستار/ ستار حيث يتم عمل قصر على ملفات الجهد العالي ثم يتم حقن جهد 220 فولت مع فتح ملفات الجهد المنخفض ثم يتم قياس قيمة الجهد والتيار على ملف جهد عالي كما بالشكل القادم



وثم نكرر ذلك أيضا على الملف الثانوي حيث يتم عمل قصر على ملفات الجهد الثانوي ثم يتم حقن جهد 220 فولت مع فتح ملفات الجهد العالي ثم يتم قياس قيمة الجهد والتيار على ملف جهد الثانوي كما بالشكل القادم



الجدول القادم يوضح موصفات المحول

قدرة المحول	60MVA	نقطة مغير الجهد الطبيعي	8
قيمة الجهد الثانوي	13800V	قيمة الجهد الابتدائي	132000V
قيمة التيار الثانوي	2510A	قيمة التيار الابتدائي	262A

الحالة	قيم القياس		ممانعة الاختبار	ممانعة أختبار المصنع

الملف الثانوي مفتوح	الجهد	129.67	Z=28.64%	Z=33.25%
	الأمبير	4.67A		
قصر الملف الثانوي	الجهد	127.6V	Z=19.94%	Z=22.21%
	الأمبير	6.6A		
الملف الابتدائي مفتوح	الجهد	13.1V	Z=7.22%	Z=9.9%9
	الأمبير	130A		
قصرا لملف الابتدائي	الجهد	10.9V	Z=9.52%	Z=12.49%
	الأمبير	132A		

ثم يتم تطبيق القانون الآتي $Z\% = [(V*Ir) / (Vr * I)]$

حيث ان Vتمثل قيمة الجهد المقاس أما Vrتمثل قيمة جهد الاختبار بين الفاز والتعادل أما قيمة I تمثل قيمة التيار الكلى المار في الملفات الثلاثة الموصلة على توازى واما القيمة Irتمثل تيار في كل فاز

4- قياس مجموعه الاتجاهية

يتم إجراء هذا الاختبار لتحديد زاوية الازاحة بين الملفات الابتدائية والملفات الثانوية

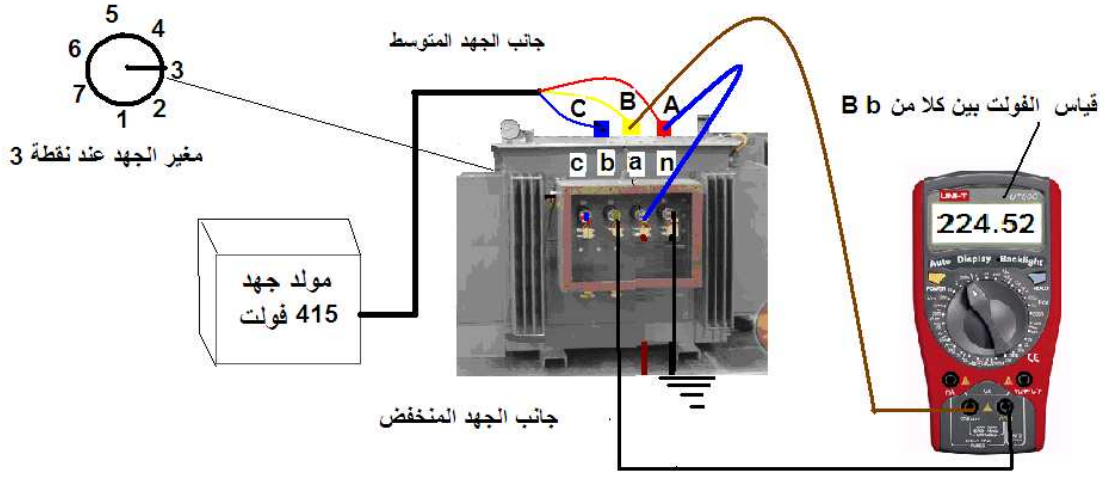
ولكي يتم قياس مجموعة الاتجاهية لمحول توزيع موصل (دلتا / ستار) (yd11)

1 - يتم توصيل نقطه التعادل مع نقطه الأرضي

2 - أطراف الجهد العالي تسمى A – B – C

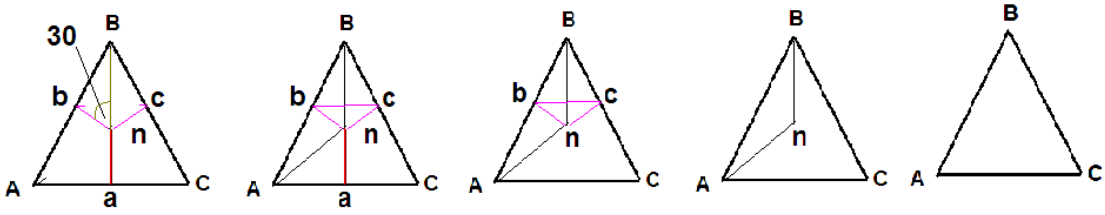
3 - أطراف الجهد المنخفض تسمى a – b- c -n

ثم يتم تغذية ملفات الجهد العالي بجهد 415 فولت مع فتح جانب ملفات الجهد المنخفض ثم يتم توصيل B في جانب الجهد العالي مع b في جانب الجهد المنخفض مع ثبات مغير الجهد عند النقطة الطبيعية وغالبا رقم 3 ثم يتم قياس الجهد كما يبينه الجدول الآتي



أوجه القياس	الفولت	أوجه القياس	الجهد
B-b	224.52	A-n	2.202
B -c	224.59	B-n	225.66
A-B	228.14	C-c	221.15
------	---------	C-b	224.48

من هذا الجدول يوضح ان طريقة التوصيل هي Dyn11 السبب في ذلك هو عند قياس الجهد بين الوجهيين B c يساوى الجهد بين الوجهيين B b وكذلك أيضا ان قيمة الجهد بين Cc أقل من الجهد بين Cb وأخير ان مجموع الجهود بين كلا من An + Bn يساوى الجهد بين AB



d y 11 شورت aA bB =Bc AB =An+Bn

OK 224.52 = 224.59 Bb = Bc

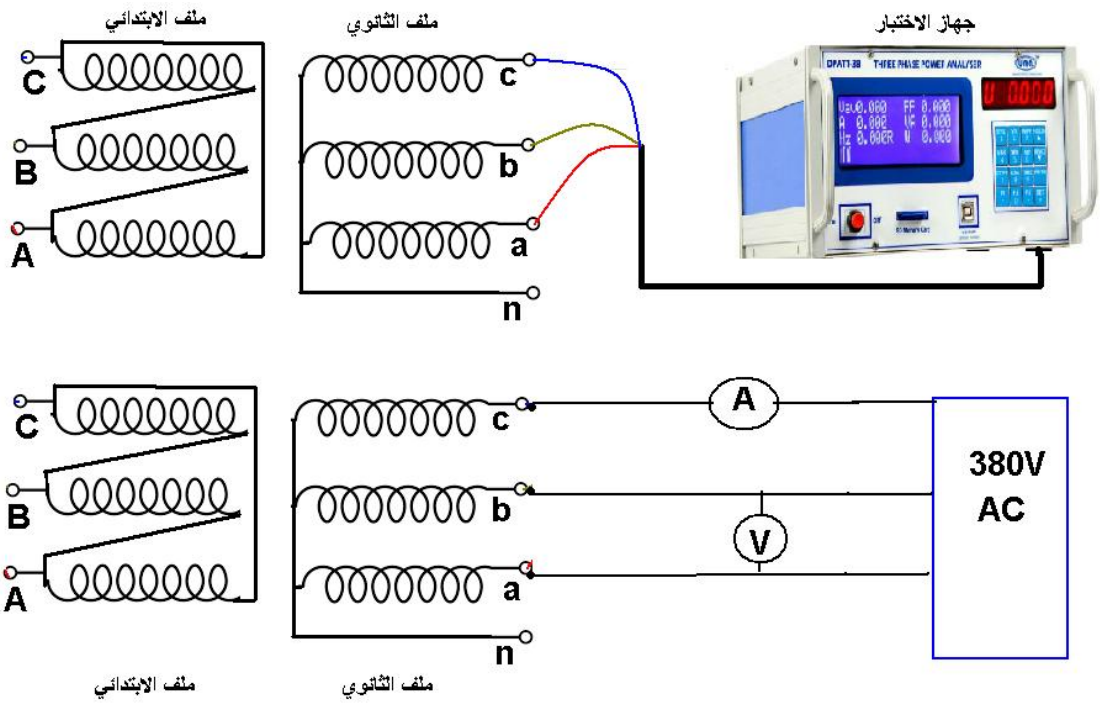
OK 221.15 < 224.48 Cc < Cb

OK 228.14 = 2.202 + 225.66 AB = An + Bn

Dyn1 1W-2W = 1W-2V=1V-2V < 1V-2W
Dyn11 1W-2W = 1V-2W=1V-2V < 1W-2V
Ynd1 1W-2V = 1W-2W=1V-2V< 1V-2W

أختبار الدائرة المفتوحة للمحول OPEN CIRCUIT

المقصود بعمل المحول على فراغ هو عملة بدون حمل أي عندما يكون الملف الأولي موصولاً مع الشبكة والملف الثانوي مفتوحاً و غير موصول مع أية حمل و هذا الاختبار يتم من خلاله معرفة المفاقيد الحديدية لقلب المحول و يتوقف على طبيعة القلب الحديدي وعلى مدى العزل له حيث يتم توصيل الملف الثانوي بمصدر الكهرباء وترك الجانب الآخر للملف الابتدائي مفتوح ثم يتم قياس الجهد والتيار والقدرة في الجانب المتصل بتغذية ونجد ان التيار المسحوب في هذة الحالة لن يتعدى 1% من القيمة المقننة في هذا الجانب بسبب ان الجانب الآخر مفتوح ولا يوجد حمل على المحول حيث ان قيمة التيار تكون صغيرة لذلك نهمل الانخفاض في الجهد وكذلك نهمل القدرة المفقودة $I^2 R$ أما التيار المسحوب يكون أما تيار المسبب لسخونة القلب أو التيار المسوؤل عن حدوث المجال المغناطيسي



مغير الجهد	جهد على الملف الابتدائي			قيمة التيار المقاس بالملي أمبير على ملف ابتدائي		
	A -B	B - C	C - A	A	B	C
1						
2						
3						
4						
5						

أختبار عزل زيت المحولات:

الزيت هو من أحد العوازل المستخدمة في المحول فلابد من حين إلي آخر التأكد من جودة ذلك العزل عن طريق قياس جهد الانهيار الكهربي لزيت المحولات بمعنى أي يكون الزيت غير قادر على القيام بوظيفته وهي التبريد والعزل الكهرباء أي يكون الزيت موصل للكهرباء .

الحالات الواجب فيها إجراء أختبار الزيت

1 - عند استلام زيت جديد
2 - عند استلام محول جديد للتأكد من صلاحيته
3 - في إثناء الصيانة الدورية(أصبحت سنوية حسب تعليمات(MPIS
4 - بعد إصلاح المحول للتأكد من صلاحيته
5 - بعد حدوث عطل لتحديد سبب العطل سواء كان الزيت أو سبب آخر

انواع الأختبارات الخاصة بالزيت

أختبار الزيت كهربياً :

قياس جهد الانهيار الكهربائيBreak down voltage عند فجوة 2.5 مم وحسب مواصفات (IEC 60296)يجب إلا يقل عن

30ك ف للزيت الجديد و 50ك ف للزيت الجديد المعالج وتتم المعالجة بالتسخين لدرجة حرارة حوالي 90 درجة مئوية تحت ضغط جوى 5 مم زئبقي لمدة تتراوح من 6 إلي 8 ساعات
وهذا جدول من شركة الستوم توضح القيم المقبولة

جدول حساب قوة عزل الزيت

(12.5mm dia. Spheres, 2.5 mm gap)

No.	Nominal Voltage of Transformer جهد تشغيل المحول	Dielectric Strength of قوة العزل للزيت (kV)
1.	132 kV class and above	More than 50
2.	66 kV class to less than 132 kV	More than 40
3.	Less than 66 kV class	More than 30

أختبار الزيت كيميائياً:

ويتم باستخدام أجهزة التحليل الكيميائي للزيت لتحديد الآتي:
نسبة الغازات الذائبة في الزيت (من 740 إلي 1400 جزء في المليون)
*محتوى الماء في الزيت (يجب إلا يتعدى 35 جزء في المليون)
*نسبة الأحماض والرقم الحمضي الزيت

أختبار الزيت فيزيائياً:

ويتم باستخدام أجهزة الاختبار للزيت لتحديد درجة لزوجة الزيت (37) سنتى ستوك عند 21 درجة مئوية وتحديد معامل الجهد السطحي

*** الأجهزة المستخدمة:-**

جهاز أختبار عزل الزيت (Oil Tester) .
* يجب ان تكون الثغرة بين قطبي جهاز الاختبار (2.5 مم
* الاحتياطات الواجب مراعاتها قبل عمل الاختبار :-
التأكد من ان جهد تشغيل الجهاز 220 فولت (إذا كان الجهاز يعمل على المصدر مباشرة بدون شحن) .
التأكد من توصيل ارضي الجهاز جيداً.
قراءة تعليمات الجهاز جيداً.
يجب ان يكون مستوى الزيت أعلى من الأقطاب بمسافة 40 مم.

تبدأ جميع اختبارات الزيت بأخذ عينة من المحول ، وهذه النقطة غاية في الأهمية ، لأن الخطأ في أسلوب أخذ العينة سيؤثر حتما على النتائج التي ستحصل عليها من تحليل الزيت في المعمل الكيميائي

ويتوقف تحديد مكان أخذ العينة على نوع السائل الموجود بالمحول ، فالسوائل التي لها كثافة نوعية أعلى من واحد صحيح يجب أن تؤخذ عينتها من قمة المحول لأنه لو كانت هناك فقاقيع مياه مثلا بالزيت فإنها ستطفو لأنها أقل كثافة منه ، ولذا نأخذ العينة من أعلى لتمثل حقيقة السائل الفعلية ، أما الزيوت المعدنية فإن كثافتها أقل من الماء

فتطفو فوق الماء – إن وجد الماء – ولذا تؤخذ العينة من أسفل المحول .

*** خطوات الاختبار:-**

تنظيف " بوتقة " أختبار الزيت بقطعة قماش جافة قبل اخذ عينة الزيت.

تغسل " البوتقة " بالزيت المراد اختباره مرتين.

لكي يتم اخذ العينة بدرجه صحيحة يتوقف ذلك على نوع الالاختبار.ود بالمحول حيث السوائل التي لها كثافة نوعيه أعلى من واحد صحيح يجب اخذ عينتها من قمة المحول لانة لو كانت هناك فقاقيع مياه بالزيت فانها تطفو لانها أقل كثافة من الزيت أما في الزيوت المعدنية فان كثافتها أقل من الماء فتطفو فوق الماء لذلا تأخذ العينة من أسفل المحول ويجب ان تؤخذ العينة بعد تسريب الزيت من المحبس ثم يصب الزيت في " البوتقة " بحذر و ببطء تفادياً لتكوين فقاعات هوائية .تترك العينة مغطاة في الجهاز لمدة عشرة دقائق قبل بدء الاختبار.

يتم التأكد من ضبط ثغرة الجهاز على 2.5 مم .

يتم عمل الاختبار على عينة الزيت بزيادة الجهد بالتدريج بمعدل 2 ك . ف / ثانية حتى ينهار عزل الزيت .

يتم عمل الاختبار على عينة الزيت ستة مرات متتالية بين كل مرة و الأخرى خمس دقائق يتم خلالها تقليب عينة الزيت. تسجيل قراءات جهد الانهيار الكهربي.

جهد الانهيار الكهربي للزيت هو عبارة عن متوسط القراءات الخمسة الأخيرة بعد إهمال القراءة الأولى. أقل قيم مسموح بها بجهد الانهيار الكهربي لزيت المحولات كنسبة تقريبية هي

جهد التشغيل	جهد الانهيار الكهربي (B.D.V)	
	زيت جديد	زيت مستعمل
11 ك ف	30 ك . ف	لا يقل عن 20 ك ف
33 ك ف	45 ك ف	لايقل عن 25 ك ف
220 ك ف	60 ك ف	لايقل عن 35 ك ف
400 ك ف	70 ك ف	لا يقل عن 45 ك ف

ماكينة فلتره زيت المحول

المحولات عند استلامها لا تكون مملوءة بالكامل بالزيت حيث يكون مستوى الزيت يغمر ملفات المحول فقط للحفاظ على عازلتيها والجزء المتبقي يتم ضخ نتروجين بحيث يكون مستوى الضغط أعلى من الضغط الجوي المحيط بالمحول لذلك إذا تم نقل أو شحن المحول وهو مملوء بالزيت فيجب إجراء أختبار انهيار العزل لعدد 5 عينات تأخذ من أسفل الخزان الرئيسي حيث ان كانت متوسط نتائج انهيار العزل لا يقل عن 22 ك ف فهذا يدل على جودة العزل أما لو متوسط نتائج الاختبار أقل من 22 ك ف يجب في هذة الحالة تجفيف وفلتره الزيت ويتم ذلك من خلال وسائل أشهرها ماكينة فلتره زيت المحولات ان الغرض الأساسي منها هو عمل فلتره للزيت من الشوائب وكذلك خروج الرطوبة منه ولذلك يتم سحب زيت المحول من المحبس الموجود بقاع جسم المحول بواسطة خراطيم ماكينة التكرير الذي بدوره يدخل مرحلة الفلتره وتكون عدة فلاتر لحجز الشوائب ويتم تمرير الزيت على خزان بالماكينة يوجد حوله مجموعة سخانات بغرض

طرد الرطوبة من الزيت ثم يتم ضخ الزيت للمحول باستمرار عن طريق خراطيم ماكينة التكرير للخزان الاحتياطي للمحول وتستمر هذة العملية فتره حتى يتم التأكد التام من إتمام العملية ويظهر ذلك من لون الزيت المكرر(نقاوته) مع الأخذ في الاعتبار احتياطات الأمان اللازمة.ويتم بعد ذلك أخذ عينه من الزيت المكرر لاختبارها للتأكد من صلاحيتها.
وإثناء عملية ضخ الزيت للمحول يجب ربط التارض على المحول وذالك بسبب اندفاع الزيت إلي جسم المحولة بسرعة واصطدامه بملفات المحول الرئيسية مسبب تولد فولتية حثيه .قد تكون خطرا على العاملين على تنصيب المحولة

أختبار البوخلز ريلاى

من المعلوم ان جهاز الوقاية الغازي يثبت على الانبوبة الواصلة بين الخزان الرئيسي للمحول وخزان التمدد وهو المسئول عن كشف الأعطال الداخلية للمحول المتمثلة في أعطال القلب الحديدي والملفات والمواد العازلة وتعتمد نظرية تشغيله على تصاعد الغازات الناشئة عن حدوث عطل أو قصر يتسبب عنه أرتفاع درجة الحرارة وبالتالي تصاعد الغازات لأعلى.

ويتم اختباره كالتالى :

أ - أختبار مدى أحكام العوامات :

يتم أختبار جسم البوخلز وجميع وصلاته ضد تسرب الزيت وذلك بدفع زيت داخله بدرجة حرارة 70 - 90 درجة مئوية تحت ضغط 1 كجم / سم2 لمدة 5 دقائق .
كذلك يختبر مدى أحكام العوامات في زيت حرارته 70 -90 درجة مئوية تحت ضغط 1.5 كجم /سم2 لمدة 8 ساعات
ويتم وزن العوامات قبل الاختبار وبعده ويقارن الوزن فإذا زاد لحدود معينة ترفض.

ب - أختبار مقاومة العزل والملامسات:

يتم أختبار البوخلز ليقاوم جهد أختبار 2000 فولت عند تردد 50 هرتز لمدة دقيقة أو 2500 فولت لمدة 5 ثوانى .
ويتم أختبار الملامسات الزئبقية بالتوصيل والفصل عند تيار مستمر أو متغير عند حمل 1 أمبير وجهد 220 فولت.

ج - أختبار عوامة الانذار:

توصل العوامة العلوية عندما يكون حجم الغازات المتولدة في حدود 200-300 سم^3
فيتم الاختبار بإمرار هواء مضغوط وملاحظة حجم الهواء الذي تعمل عنده العوامة.

ء - أختبار العوامة السفلية:

وهي تعمل عند مرور كمية من الزيت بمعدل معين لايقل عن 0.5 - 0.6 م/ث ،
ويتم الاختبار بانسياب كمية زيت معينة وملاحظة توصيل العوامة حسب سرعة السريان.

العوامة العلوية

وتعمل على تشغيل دائرة الانذار
Alarmلتنذر ببداية حدوث عطل داخل المحول

العوامة: السفلية

وتعمل على تشغيل دائرة الفصل للمحول عند حدوث قصر

ويتم الاختبار السريع لجهاز البوخلز ريلاى عن طريق

يتم الضغط على سوسته العوامة نصف ضغطة ثم نلاحظ ان نقطة قياس الانذار أصبحت مغلقة أو مفتوحة فلو كانت مغلقة تكون مرحلة الانذار تعمل بشكل سليم وان مازالت مفتوحة تكون مرحلة الانذار لا تعمل بشكل سليم
ثم يتم الضغط مرة ثانية على سوسته العوامة حتى النهاية ثم نلاحظ ان نقطة قياس الانذار ونقطة قياس الفصل أصبحت مغلقة أو مفتوحة فلو كانت مغلقة تكون مرحلة الانذار والفصل تعمل بشكل سليم وان مازالت مفتوحة تكون مرحلة الانذار والفصل لا تعمل بشكل سليم

أختبار جهاز حماية من الضغط
يوجد مفتاح نهاية المشوار الذي يسمى ليمت سويتش يحتوى على سوسته احدهما للفصل والأخرى لإعادة التشغيل

أختبار مقياس مستوى الزيت

يركب بداخل المحول عوامة تعمل على إعطاء الأمر بتشغيل جهاز انذار عند انخفاض مستوى الزيت بداخل المحول ومع استمرار زيادة انخفاض مستوى الزيت تعطى الأمر بفصل القاطع الآلي للمحول ويتم اختبارها عن طريق فك الغطاء الزجاجي للعداد وتحريك الموشر لاسفل باليد حتى النهاية السفلية ثم تحريك الموشر مرة ثانية ولكن لاعلى في اتجاه زيادة درجة الحرارة حتى يحدث تلامس لنقاط تشغيل جهاز الانذار ثم باستمرار تحريك الموشر لاعلى يحدث تلامس لنقاط فصل القاطع الآلي فيتم الفصل

اختبارات محولات الاجهزة

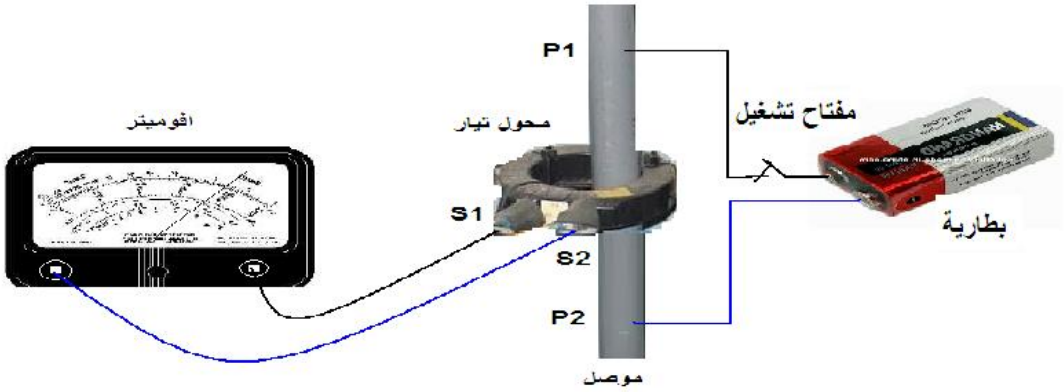
محولات الاجهزة هي تلك المحولات التي تكون همزة الوصل بين اجهزة القياس والوقاية وبين مكونات المنظومة الكهربائية وهذة المحولات هي محولات التيار ومحولات الجهد ولاهمية تلك الاجهزة فلابد من التاكد من عملها عن طريق عمل اختبار لها

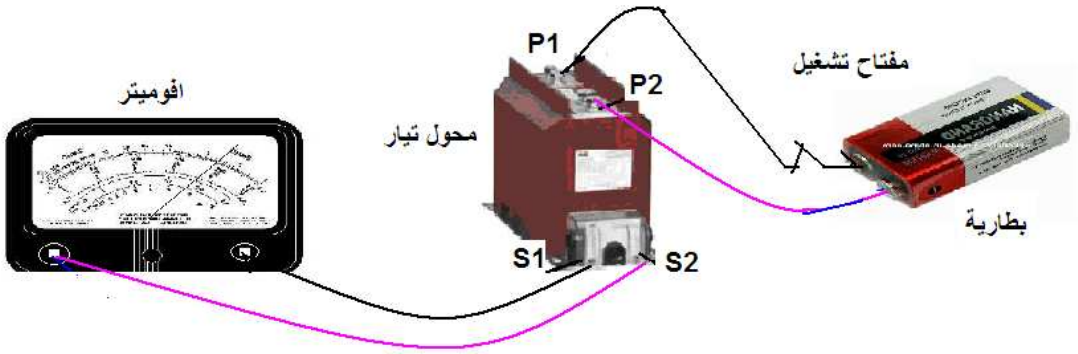
اولا أختبارات محولات التيار

تجرى تلك الأختبارات عند بدء اختبارات التشغيل لمحطة جديدة أو عند تغير محول تيار
- التأكد من قدرة محول التيار وانها مناسبة لتطبيق
- تأكد من ان التثبيت الجيد وان لا يوجد أي شرخ أو كسر بمحول التيار
- تأكد من صحة التوصيلات لمحول التيار وفقا لرسم التنفيذى

A- أختبار القطبية لمحول التيار

ويتم ذلك الاختبار لتأكد من صحة ترقيم أطراف المحول لما لها من تأثير على اتجاه أجهزة الحماية ويتم ذلك باستخدام بطارية بجهد مناسب من 3 إلي 9 فولت ويوصل طرفها الموجب بطرف الملف الابتدائي P1والطرف السالب بالنقطة P2 ويتم التحكم في التشغيل من خلال مفتاح توصيل ثم يتم توصيل افوميتر بين أطراف الملف الثانوي بحيث يوصل الطرف الموجب للافوميتر مع الطرف S1ثم توصيل الطرف السالب للافوميتر مع S2 ثم عند الضغط على المفتاح Sفإذا تحرك الموشر الافوميتر في الاتجاه الموجب دل ذلك على صحة القطبية وإذا تحرك في الاتجاه السالب دل ذلك على عدم صحة القطبية

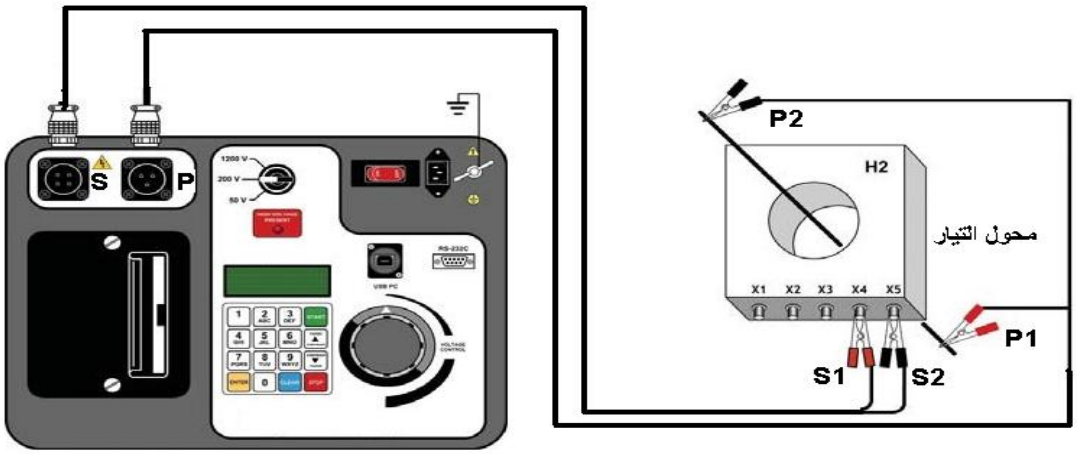




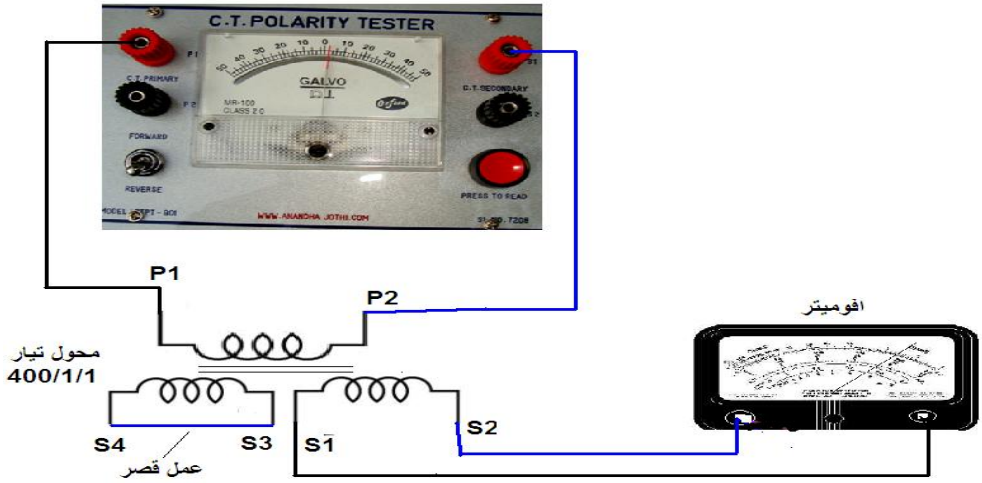
B -قياس نسبة التحويل

يتم الاختبار بواسطة توصيل جهاز حقن تيار ابتدائي مزود باميتر لقياس التيار الابتدائي ويتم توصيل اميتر إلي طرفي الملف الثانوي ثم يتم حقن التيار الابتدائي وقياس تيار الملف الثانوي ويكرر ذلك عند قيم مختلفة ثم يتم حساب نسبة التحويل

نسبة التحويل = متوسط(قيمة التيار الابتدائي/ قيمة التيار الثانوي)

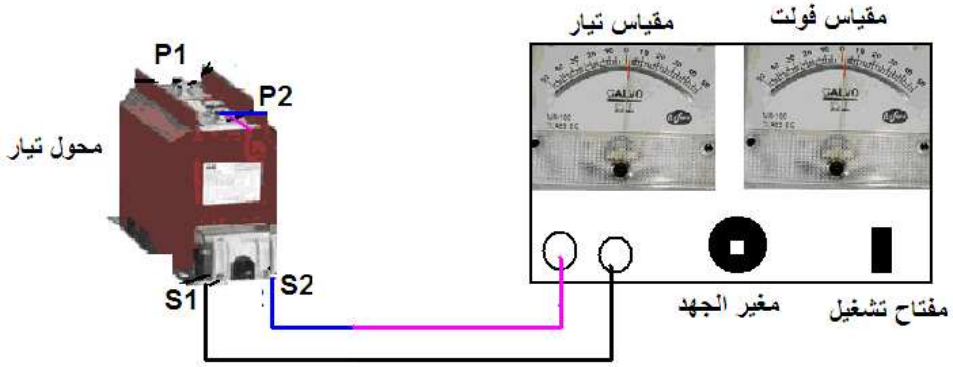


ملحوظة هامة إذا كان محول التيار له أكثر من ملف ثانوي فيتم عمل قصر على أطراف الملف الثانوي الآخر حيث لا يسمح بفتح دوائر الملف الثانوي لمحول التيار إثناء مرور تيار بالملف الابتدائي لان ذلك يولد جهد عالي على أطراف الملف الثانوي المفتوح مما يسبب خطر على حياة العاملين ويودى إلي حدوث تشبع بمحول التيار



C - قياس المقاومة الداخلية للملف الثانوي

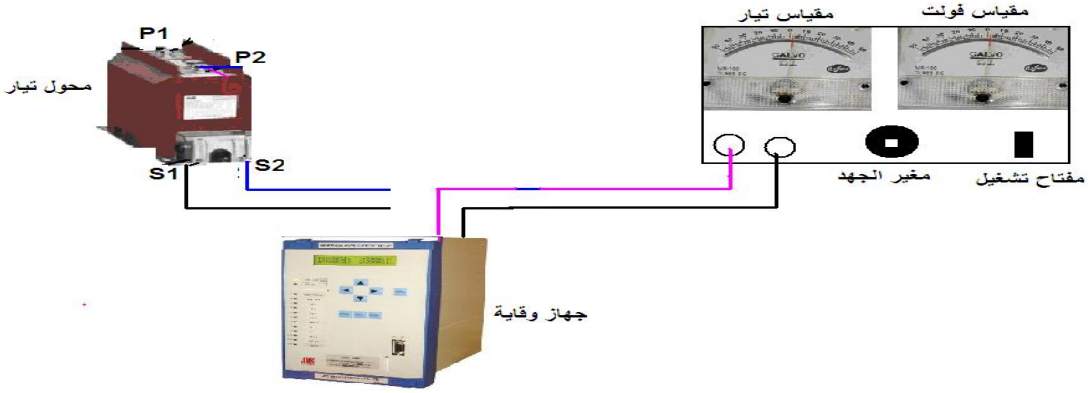
يتم توصيل طرف الملف الثانوي بمصدر للجهد المستمر ويتم رفع الجهد تدريجيا وقياس التيار وتكون قيمة المقاومة هي متوسط قسمة الجهد على التيار



D - قياس الحمولة

هو قياس الأحمال الموصلة على محول تيار لتأكد من انها أقل من حمولة محول تيار حتى لا يتعرض إلي زيادة التحميل حيث يتم فصل محول التيار عن الكابلات الموصلة إلي أجهزة الوقاية ويتم حقن تيار في اتجاه أجهزة الوقاية قيمته تساوى قيمة تيار محول التيار ثم يتم قياس الجهد الذي مرر ذلك التيار ويكون حاصل ضرب الجهد في التيار هي الحمولة

الحمولة = الجهد المقاس * تيار محول التيار



فمثلا عند وجود محول جهد قيمة الجهد الثانوي له هي 110 فولت وحمل الملف الثانوي له هو 300 فولت أمبير وأسلاك التوصيل مساحة مقطعها هي 2.5 مم2 ومقاومة السلك هي 2 أوم فما هي قيمة الانخفاض في الجهد وإلا يتم حساب قيمة التيار عن طريق حاصل قسمة الحمل على الجهد أي ان قيمة التيار = 300 /110 = 2.72 أمبير

لحساب القدرة المفقودة عن طريق ضرب مربع التيار في مقاومة السلك

قدرة المفقودة= $I^2 * RL$ = $2.7^2 * 2$ =14.5 واط

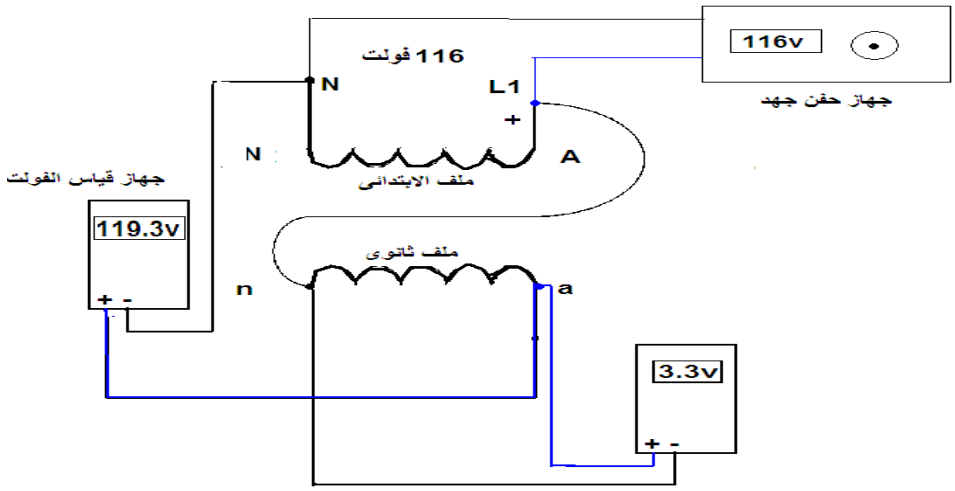
ولحساب قيمة الانخفاض في الجهد = حاصل ضرب قيمة التيار في المقاومة

قيمة الانخفاض في الجهد = 2.7 *2 = 5.4 فولت

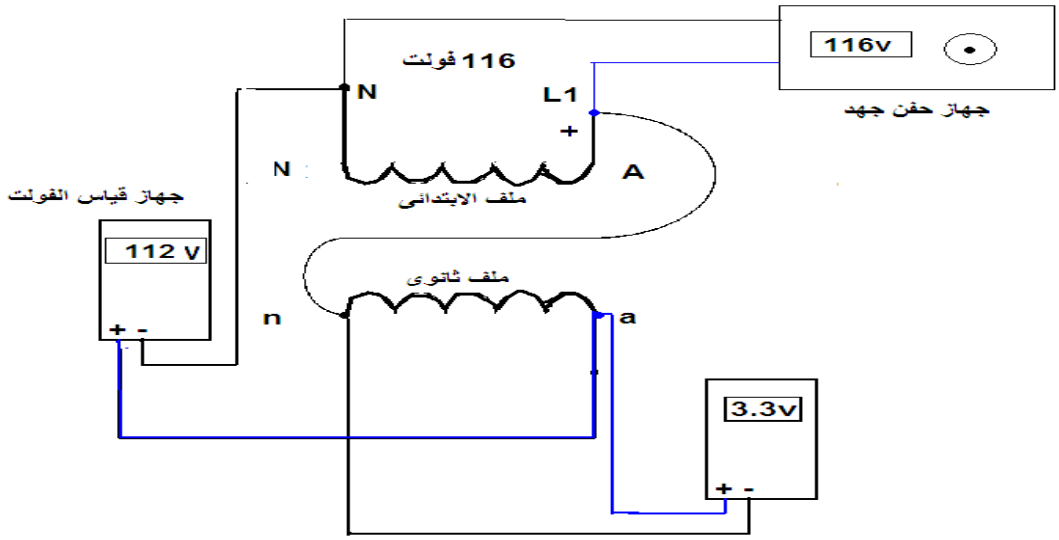
ثانيا أختبار محولات الجهد

1- التعرف على الأطراف والتأكد من صحة ترقيمها وصحة القطبية لها

في هذا الاختبار يتم عمل قصر بين النقطة Aقي الملف الابتدائي وبين نقطة التعادل n في الملف الثانوي ثم يتم حقن جهد على الملف الابتدائي فمثلا كان جهد هو 116 فولت ويتم قياس قيمة الجهد المقابل له على الملف الثانوي فكان 3.3 فولت ولكي يتم التأكد من القطبية يتم قياس الجهد بين النقطة aعلى الملف الثانوي مع النقطة Nعلى الملف الابتدائي فتكون قيمة الجهد هي 119.3 فولت أي مجموع الجهد الابتدائي مع الجهد الثانوي فهذا يدل على صحة القطبية كما يوضحها الشكل القادم



أما لو تم قياس الجهد بين النقطة aعلى الملف الثانوي مع النقطة Nعلى الملف الابتدائي فتكون قيمة الجهد هي 112.3 فولت أي حاصل طرح قيمة الجهد الابتدائي من قيمة الجهد الثانوي فهذا يدل على عدم صحة القطبية كما يوضحها الشكل القادم .



2- أختبار عزل الملف الابتدائي بجهد عالي لمدة 1 دقيقة

وتتم بواسطة ميجر بجهد 5 ك ف ويتم القياس بعد فك التوصيلات بين ملفات محول الجهد و الأرضي وكذلك عزل الملفات عن أجهزة الوقاية والقياس ويتم قياس العزل بين ملفات ثانوية و الأرضي وأيضا بين ملفات الثانوية وبعضها على جهد 500 فولت أما في حالة القياس بين

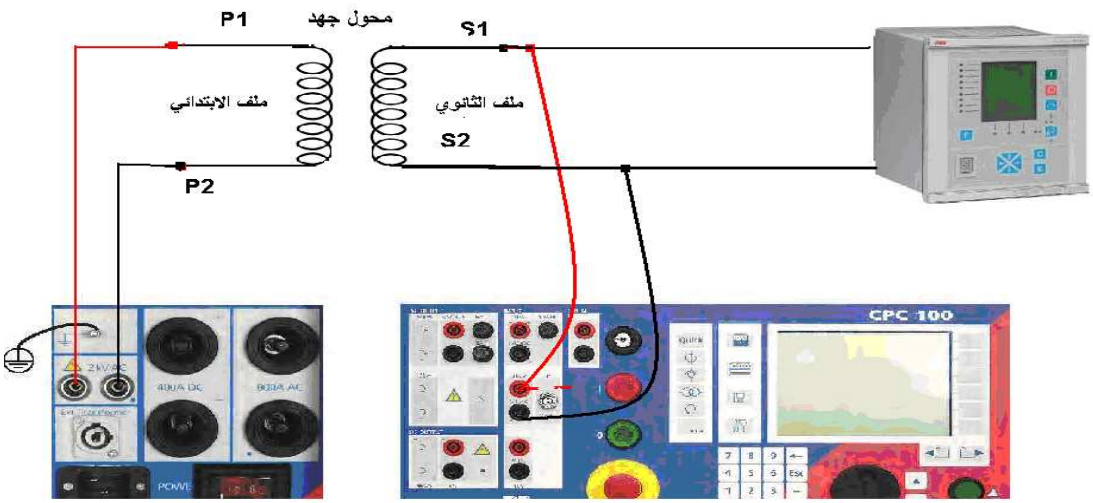
الملفات الثانوية والملف الابتدائي يكون جهد 1000 فولت أو 2500 فولت أما عند القياس بين الملف الابتدائي و الأرضي يكون جهد القياس هو 5 ك فولت
الشكل الاول يوضح كيفة قياس بين ملفات الثانوية والملفات الابتدائية

الشكل الثاني يوضح قياس بين ملفات الثانوية والارضي

الشكل الثالث يوضح قياس بين ملفات الابتدائية والارضي

C - قياس نسبة التحويل

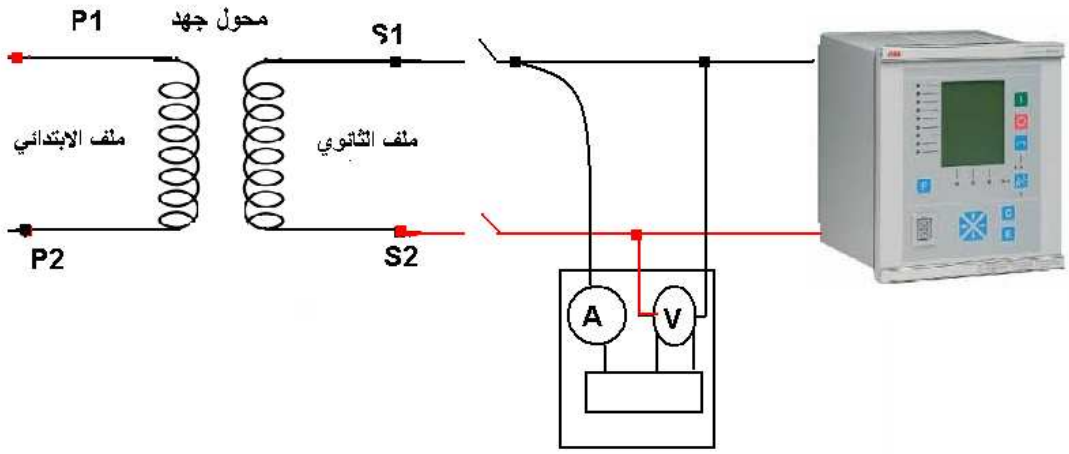
ويتم ذلك بتوصيل مصدر جهد متردد يمكن التحكم في جهد الملف الابتدائي لمحول الجهد ويتم توصيل فولتميتر على طرفي الملف الثانوي ويتم رفع الفولت تدريجيا وتسجيل قيم جهد الابتدائي وجهد الثانوي في جدول ونسبة التحويل هي قيمة جهد الابتدائي على جهد الثانوي وعند تنفيذ ذلك الاختبار لابد من وجود منطقة الامان والتي يجب ان لا يقترب منها اي شخص خلال عمل الاختبار حتي لا يصاب بالصدمة الكهربائية



D - قياس الحمولة على محول الجهد

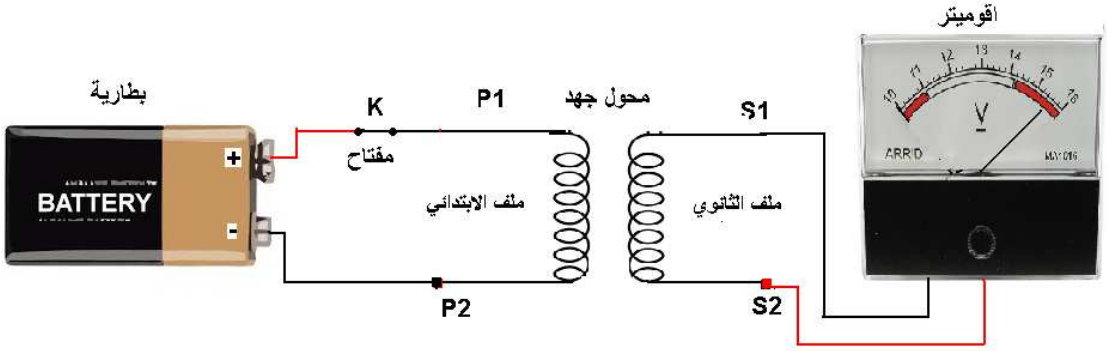
المقصود بالحمولة التي تسمى باردن تعنى حمل جهاز الوقاية حيث يتم عزل الملف الثانوي لمحول الجهد عن أجهزة الحماية والقياس ويتم توصيل مصدر تيار متردد إلي نقاط التوصيل في اتجاه أجهزة الوقاية ويوصل معه افوميتر واميتر ويتم حقن جهد يساوى الجهد الثانوي لمحول الجهد ويتم قياس التيار المقابل له وتكون قيمة الحمولة من العلاقة الآتية

الحمولة = التيار المقاس * قيمة الجهد الثانوي

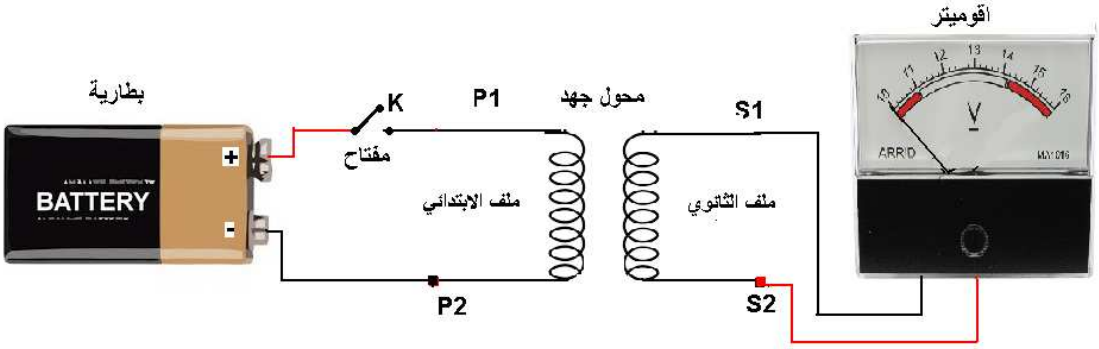


1- قياس قطبية محول الجهد

هذا الاختبار يفيدنا علي التاكد من استمرارية الملف الابتدائي وايضا استمرارية الملف الثانوي ويتم عمل الاختبار كما هو موضح بالشكل القادم حيث يتم توصيل بطارية 9 فولت بالملف الابتدائي عن طريق مفتاح k ولابد من ضبط القطبية كما بالشكل ثم توصيل الملف الثانوي لمحول الجهد بالافوميتر حيث عند غلق المفتاح k نجد ان موشر جهاز الافوميتر يتجة في الاتجاة الموجب كما موضح بالشكل القادم

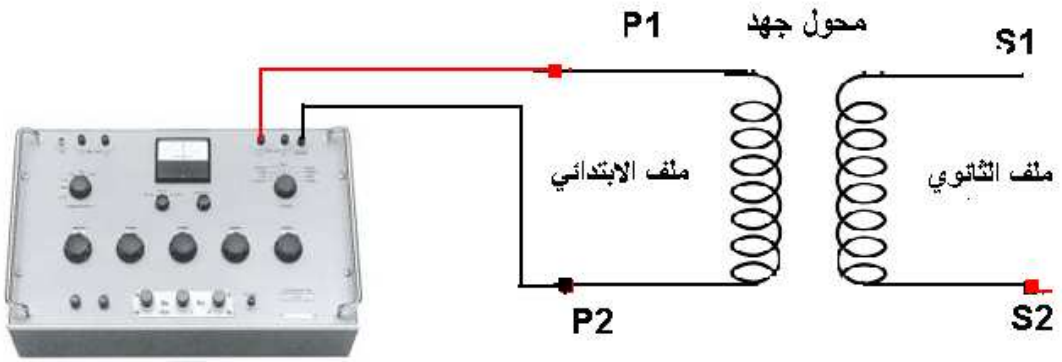


وعند فتح المفتاح k فان مؤشر الافوميتر يعود مرة اخري الي الصفر كما بالشكل القادم

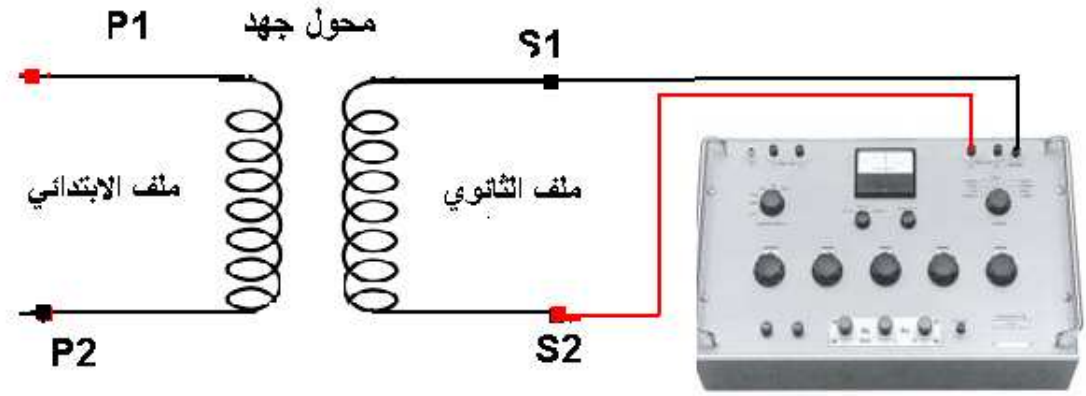


2- قياس مقاومة الملفات لمحول الجهد

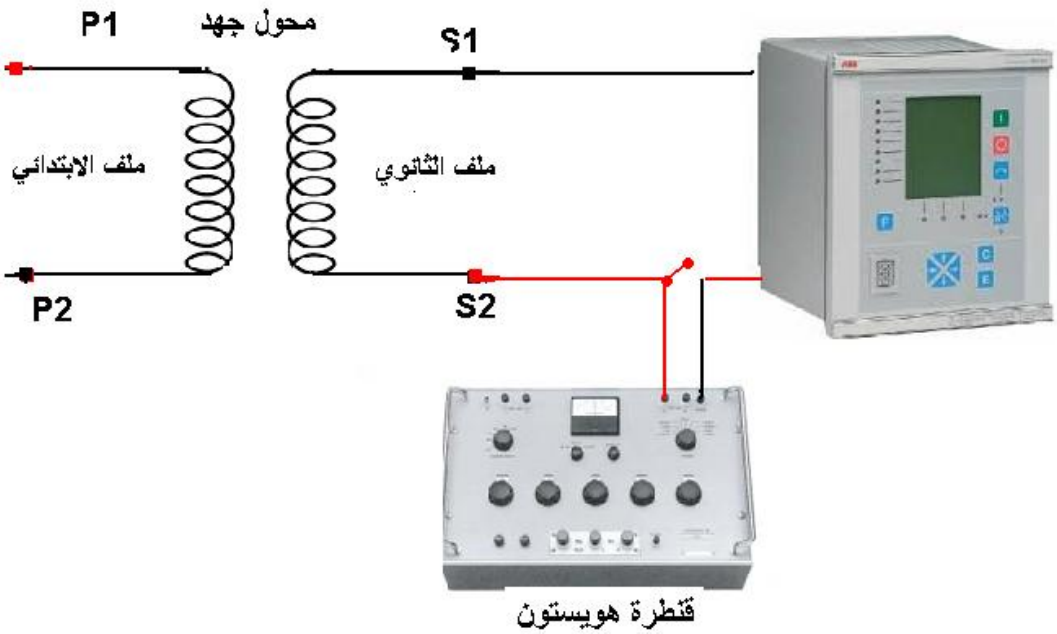
يتم استخدام قنطرة هويتستون لقياس مقاومة الملفات كما هو موضح بالشكل القادم
قياس مقاومة ملفات الجهد العالي

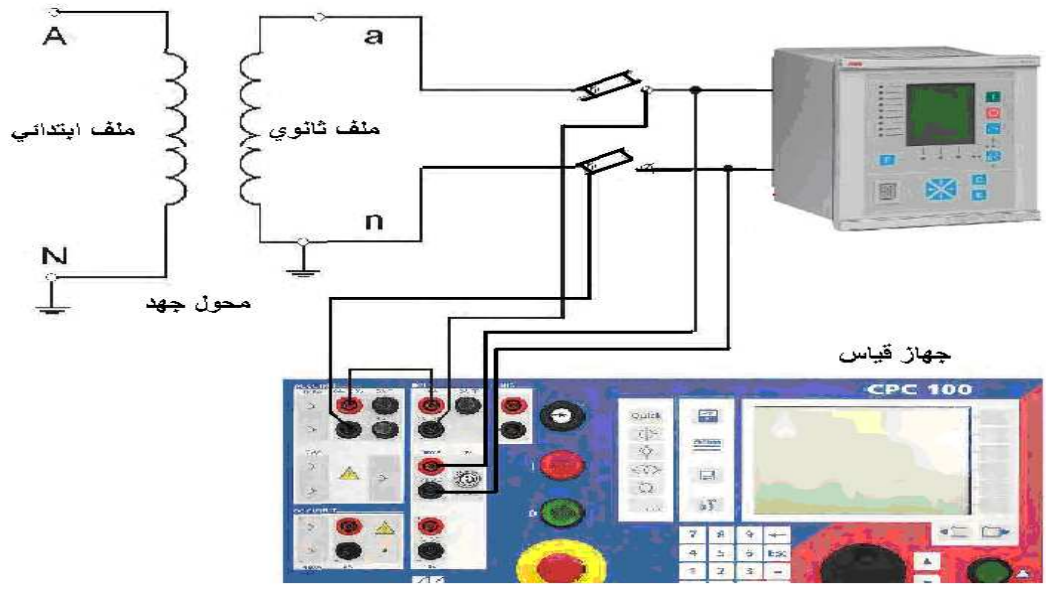


قياس ملفات الجهد المنخفض لمحول الجهد وايضا يتم القياس لو كان اكثر من ملف ثانوي علي محول الجهد



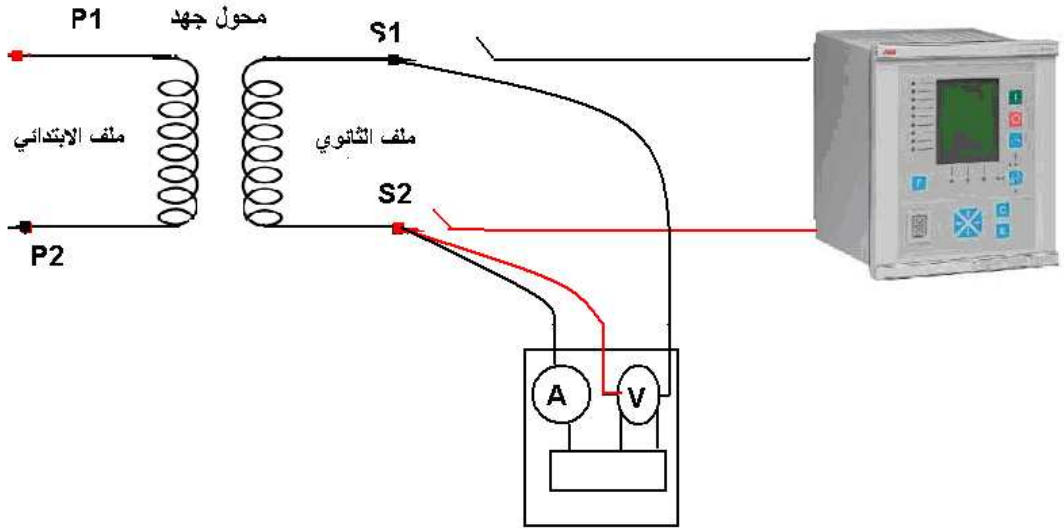
5- قياس LOOP RESISTENCE





6- اختبار التغذية الخلفية (Back energization test)

هذا الاختبار يتم علي طرف الملف الثانوي لمحول التيار بعد فصل اجهزة الوقاية او القياس كما هو موضح بالشكل القادم حيث يتم رفع الجهد للوصول الي جهد الطبيعي ثم الانتظار 15 دقيقة ثم يتم ملاحظة ظهور اي شي غير طبيعي



اعطال المحول

توجد بعض الاسباب التي تؤدى إلي حدوث اجهادات واعطال بالمحولات

أولا عدم الالتزام بتعليمات التشغيل

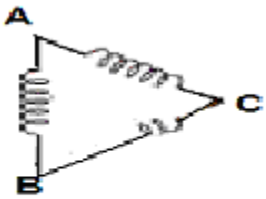
1- عدم الالتزام بقدرة وجهد وتردد تشغيل المحول حيث يودى ذلك إلي عمل المحول بقدرة أعلى فان ذلك يعمل على زيادة تيارات الحمل و أرتفاع درجة حرارة المحول وعند أرتفاع الجهد يودى ذلك إلي حدوث اجهادات كهربائيه في عزل الملفات وعند زيادة التردد يودى إلي أرتفاع قيمة الجهد مما يودى إلي حدوث اجهادات على الملفات

2- عدم الالتزام بتشغيل حيث عند توصيل المحول على عطل يودى إلي أرتفاع الجهد مما يودى إلي اجهادات عزل الملفات وعند تشغيل مغير الجهد أوتوماتيك يؤدى ذلك إلي حدوث اجهادات على نقاط تلامس مغير الجهد نتيجة عدم تطابق جهد الملف الأبتدائي مع جهد خطوه مغير الجهد وكذلك عند توصيل وفصل المحولات على جهد يودى إلي أرتفاع تيار الاندفاعى نتيجة المغناطسية المتبقية بداخل المحول بعد كل فصل وكذلك عند تشغيل المحول بدون حمل ينتج تيار مغناطه كبير معا انه يختفى بسرعة الا انه يحدث قوة مغناطسية تعمل على اجهادات الملفات حيث ممكن تسبب تحرك الملفات

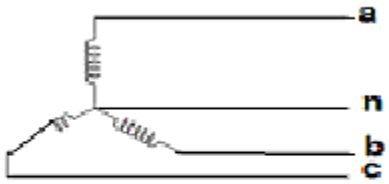
ثانيا تعرض المحول لحالات القصر

1- يجب ان لاتزيد قيمة تيار القصر على القيمة المسموح بها وفقا لقدرة ونوع المحول
2- لا يجب ان يزيد زمن تيار القصر على القيمة المسموح بها وفقا لقدرة ونوع المحول

– قصر بين لفات أحد الأوجه لملفات الجهد المتوسط :-



AC =R
AB =R
BC= $\frac{R}{2}$



an = r
bn = r
cn = r

في هذة الحالة تكون قيم قياس المقاومة للأوجه الثلاث غير متساوية ولكن المحول في هذة الحالة لا يقبل توصيل التيار علية بالإضافة إلي وجود رائحة نفاذة للزيت ووجود كربون بالزيت وفي هذة الحالة يتم نقل المحول إلي ورشة إصلاح المحولات حيث يتم تغير الملف العاطل أو الجزء العاطل حسب الحالة كما يتم تكرير أو تغيير الزيت ثم يتم إعادة أختبار المحول بعد الإصلاح.

– حدوث قصر بين ملفات الأوجه وجسم المحول (انهيار العزل)

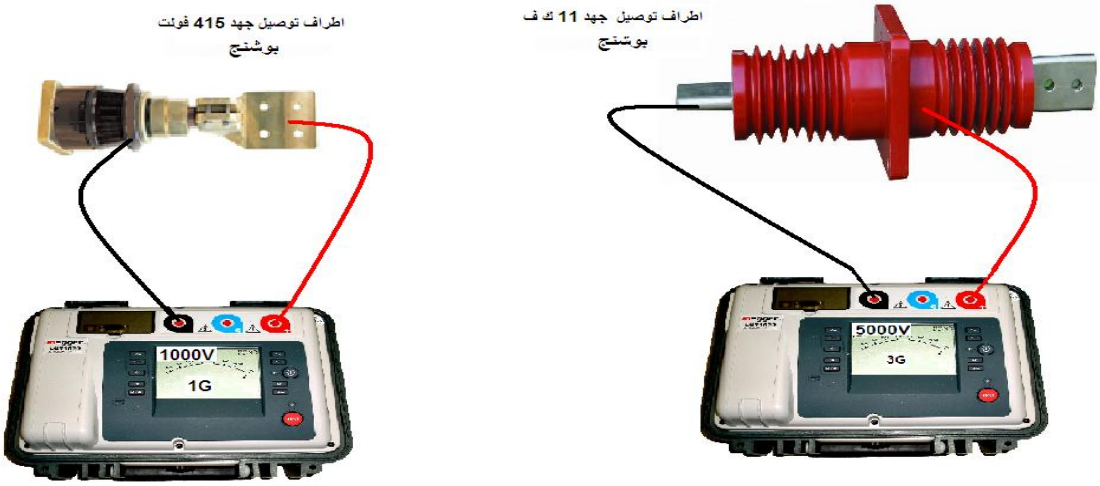
يمكن الكشف عن هذا العطل بسهولة حيث قيمة مقاومة عزل الملفات الجهد المتوسط مع جسم المحول أو مع ملفات الجهد المنخفض حسب حالة العطل تقترب من الصفر بالإضافة إلي ان المحول لا يقبل التوصيل للتيار الكهربي .
في هذة الحالة يلزم نقل المحولات إلي ورشة المحولات لإصلاحه.

- قصر داخلي بين طرف الخروج ونقطة التعادل لإطراف الجهد المنخفض :

في اغلب الأحيان يحدث هذا العطل نتيجة تلف مسمار خروج أحد الأوجه للجهد المنخفض وتلف أسنان قلاووظ هذا المسمار عند محاولة فك هذا المسمار لتغير الجوانات أو لآي سبب آخر أو عند الربط فان المسمار بالكامل يلف مع الصامولة وبالتالي يلف الجزء المربوط من خروج الجهد المنخفض مع هذا المسمار بداخل المحول حتى يحدث القصر مع بار التعادل وحدوث القصر وفي الغالب فان هذا العطل يحـــدث علـــي إجراء صيانة بالموقع علي المحول ولعدم خبرة القائمـــون بالصيانة يحدث هـذا العطل
والمفروض عدم لف المسمار ولكن تربط الصامولة مع ثبات مسمار وفي هذة الحالة يرفع المحول ويعاد الطرف لوضعه الأصلي ويفضل وضع مادة عازلة بين الأطراف وبارة التعادل يعتبر تلف مسمار الخروج لأوجه الجهد المنخفض من أكثر الأعطال شيوعا لسوء الصيانة أو تربيط طرف الخروج مع كوبر الومنيوم مباشرة مما يؤدي إلي تأكل أسنان المسمار ولتلافي ذلك

يستخدم معدن وسيط أو عمل وصلة نحاس صغيرة تربط مع مسمار ويتم ربط خروج المحول عليها

- حدوث قصر بين أطراف التوصيل للكبل في صندوق ربط الكابل بالمحول نتيجة لفجوه هوائيه أو ضعف في تركيب أطراف التوصيل أو خامه أطراف التوصيل ليست جيده فيتم عمل أطراف توصيل جديدة إذا لم نستطيع معالجة العطل بالتصليح ويجب ملاحظه العازل أي البوشنج ان لا يوجد به شروخ أو كسر أو حدوث تسرب لزيته من خلاله ولتاكد اكثر يتم قياس مقاومه عازل له أي البوشنج حتى نتاكد انه لا يحدث بيه تسريب



ثالثا عيوب بالتصنيع

تواجد بعض برداه معدنيه نتيجة تركيب الشرائح وكذلك عدم جودة العزل بين الملفات وكذلك عدم جودةعزل الاسلاك التي تكون ملفات المحول

1-قطع طرف دخول أحد الأوجه الملفات الجهد المتوسط أو قطع بملفات أحد الأوجه .

الصورة التاليه توضح وجود قطع في ملفات المحول من كلا الجانبين

AC =R
AB =R
BC=2R

an=r
bn =r
cn =∞

ويمكن الكشف عن هذا العطل بقياس مقاومة الملفات ويتضح في حالة توصيل الملفات على هيئة دلتا فان المقاومة (AC) = r و بين (AB) = r ولكن بين(BC) = 2r اوم أي ان هذا العطل يمكن تحديده بسهولة حيث ان المقاومة للأطراف لا تكون متساوية و هي بين الطرفين في حالة التوصيل ضعف قيمتها للمقاومة المقاسة بين الأطراف الاخري كما سبق شرحةوالمحول في هذة الحالة غالبا ما يقبل توصيل كهرباء علية إلا انه عند التحميل يلاحظ انخفاض الجهد لأحد الأوجه عن الوجهين الآخرين في حالة المحول الموصل أما في حالة المحول الموصل ستار فان قيمة المقاومة بين (an) = r مفتوحة وبين (bn) = rمفتوحة أيضا أما بين (cn)= ∞ مالانهايه فهذا يدل على وجود قطع بين الطرفين cn.

وفي هذة الحالة يتم إرسال المحول إلي ورشة إصلاح المحولات ويتم رفع الملفات ولحام الطرف المقطوع وإعادة أختبار المحول بعد الإصلاح و تشغيله.

2- عطل بمنظم الجهد و ملفاتة :-

توجد بعض الأعطال بالنسبة لمنظم الجهد فمثلا عند قطع أحد أطراف توصيل الملفات بمنظم الجهد وعندما تكون نقط التوصيل المتحركة موصلة مع النقطة الثابتة الموصل لها طرف الملف فان العطل في هذة الحالة يظهر كان ملف هذا الوجه مفتوح ولكن عند تحريك منظم الجهد فان قراءة الأوجه بالاوم تتزن مرة أخري يتضح وجود قطع . وأيضا عند تلف نقطة التوصيل المتحركة فان الدائرة لهذا الوجه تظل مفتوحة مهما تغير وضع منظم الجهد. أما في حالة تلف ملفات منظم الجهد فان العطل يظهر كانة وجود قصر بملفات هذا الوجه ولا يقبل المحول التوصيل بالإضافة إلي انه عند التوصيل علية يحدث صوت شديد وكركرة يعرفها من يعمل في هذا المجال ويلزم نقل المحول في هذة الحالة إلي الورشة للإصلاح.

3- انهيار العزل الذي يحيط بمسامير الربط لرقائق القلب الحديدي:-

و في هذة الحالة ترتفع درجة الحرارة المحول بدرجة كبيرة بدون حمل وعند رفع المحول يتضح ان المسمار ملحوم تماما برقائق القلب الحديدي وجود كرنبة عند هذا الجزء ووجود انصهار لمسمار الحديد مع رقائق الصلب ووجود فقد بينها ويلزم رفع هذا المسمار و تركيب مسمار آخر مع عزله.

4 - كسر العازل الداخلي لأحد أطراف الخروج للجهد المنخفض:

عند كسر العازل الداخلي لخروج أحد الأوجه للجهد المنخفض فان الزيت يتسرب من المحول وعند محاولة القائم بالصيانة ربط طرف الخروج حتى يمنع تسرب الزيت فان مسمار الخروج يستمر في الاستجابة للربط ويلاحظ و ارتفاعه علي الأطراف الاخري و يستمر القائم بالربط حتى يلتصق طرف خروج الملف بغطاء التنك العلوي ويتعطل المحول لحدوث القصر بين طرف الخروج وجه المحول ويلزم رفع المحول وتغير العازل وهو من الأعطال سهلة الإصلاح.

5 - قطع لأحد أطراف خروج الملف للجهد المنخفض :-

من الأعطال الموجودة أيضا وجود قطع لأحد أطراف خروج الملف للجهد المنخفض عند اتصاله بمسمار خروج طرف الوجه وهذا العطل نتيجة تهوية رباط بين صواميل مسمار الخروج الجهد المنخفض طرف خروج الوجه مما يؤدي مع الأحمال إلي حدوث شرارة وتأكل الوصلة وتعطل المحول وفي هذة الحالة يتم رفع المحول للورشة وعمل وصلة جديدة وتربيط الصواميل بطريقة جيدة.

6 - قلة جهد كسر العزل بالنسبة لزيت المحول:

يلزم أختبار زيت المحول مع عمل صيانة وفي حالة جهد انكسار الزيت عند20ك.ف لمسافة 2.5 مم (بين قطبي البوتقة) فانة يلزم تكرير زيت المحول أما بالنسبة إلي المحولات الجديدة فان جهد انكسار عزل الزيت لا يقل عن 40ك.ق وفي حالة تلف زيت المحول فان المحول ترتفع درجة حرارتة بصورة كبيرة وربما يؤدي ذلك إلي عدم قبول المحول توصيل التيار عليه

7 - تسرب الزيت من المحول :-

تلف الجيوانات أو كسر بأحد العوازل فانة يلزم علي الفور منع هذا التسرب وعموما فانة في حالة تعطل أحد المحولات لآي سبب من الأسباب يفضل عدم إعادة توصيل التيار علية حتى يمكن سهولة اصلاحة بورشة المحولات وعدم مضاعفة العطل

أرتفاع في درجة الحرارة محولات القدرة

من خلال ملاحظة مقاييس الحرارة الخاصة بالزيت والملفات وجد أرتفاع في درجة الحرارة وعليه لابد من تحري السبب هل ان أرتفاع الحرارة بسبب التحميل واذا كان التحميل فوق الاعتيادي فلابد من اشتغال مراوح التبريد واذا كانت مراوح التبريد تعمل والحرارة في تصاعد مستمر فلابد من اطفاء المحولة وعزلها عن الشبكة كليا واجراء الفحصيين التاليين

1 - فحص مقاومة الملفات

لان أي تغيير في قيمة مقاومة الملفات يشير إلي ان حالة غير اعتيادية في الربط الداخلي للملفات أو رخاوة في ربط الموصلات مع العوازل
الخزفية --- البوشنج ---- حيث تكون قيمة المقاومة أعلى من الحد المسموح به حيث ان التناسب طردي بين قيمة المقاومة والحرارة

2- فحص الممانعة المئوية ---- percentage impedance test ----

ويتم اجراءه بعمل دائرة قصر --- short --- على ملف الثانوي وتسليط فولتية على ملف الأبتدائي 415 فولت ومن ثم قياس تيار كل فيز على ملف الأبتدائي A-- B--- C واذا كانت هنالك قيمة تيار لاحد الفيزات أعلى من الفيزيين الاخريين فهذا يعني بان هذا الفيز فيه دائرة قصر مما يؤدي إلي سحب تيار عالي

صيانة وفحص المحولات الكهربائية

صيانة وفحص المحولات الكهربائية من دراسة طرق وبرامج الصيانة الخاصة بالمحولات وجد انه لابد من عمل الفحوصات والاختبارات المختلفة بالدقة المطلوبة

الصيانة الدورية للمحولات

هناك نوعان من الصيانة الدورية للمحولات حيث الحالة الأولى لا تحتاج إلي إخراج المحول من التنك الرئيسي وتكون فترة الصيانة مرة واحدة في السنة تقريبا . والحالة الثانية التي تتطلب الصيانة فيه إلي إخراج المحول من التنك الرئيسي ويتم ذلك مرة واحدة كل 10 سنوات على وجه التقريب الا ان كان يوجد عطل ولابد من اخرج قلب المحول وتتلخص

أعمال الصيانة التي تجرى مرة واحدة في السنة

1- تنظيف العوازل وملاحظه عدم وجود أي كسر أو شروخ بها
2- تنظيف ومرجعه الفيوز للمحول واستبدال المعطوب منها.
3- التاكد من عدم وجود رشح للزيت والعمل على تغير الجاسكيت
4- قياس قوة عزل الزيت ويجب ان يكون في الحدود المسموح بها.
5- التأكد من سلامة عمل مراوح التهوية ونظافة انابيب التبريد و المشعاع (الريدياتير).
6- التأكد من سلامة عمل أجهزة الحماية وإشارات التحذير والانارة الخارجية .
7- تأكد من حبيبات السليكا جل وتغيرها عند الضروره
8- تأكد من حوامل تثبيت الكابل في صندوق الربط للمحول ولا يوجد شد للكبل على العوازل

الصيانة التي تجرى مرة واحدة كل 10 سنوات

1 - إخراج جسم المحول (القلب الحديدي) من خزانة الرئيسي وإجراءالفحوصات الكهربائية على ملفات المحول للتأكد من مقدار المقاومة وقوة العزل
2- عند إخراج الملفات من القلب الحديدي يتطلب فك الصفائح الحديدية السليكونية وتنظيفها والتأكد من سلامة عزلها ومن ثم تجميعها وربطها بإحكام.
3 - إعادة ربط التأريض بإحكام والتأكد استمرارية وتنظيف الدعامة الأمامية للمحول وربطها 4- تجفيف الملفات وتستبدل عوازلها التالفة وتنظف من رواسب الزيت ويعاد تركيبه.
5 - فك مفتاح تحويل الضغط وتنظيف ملامساته .
6 - تنظيف نهايات الملفات واستبدال عوازلها التالفة والتأكد من متانة لحاماتها.
7 - تنظيف الخزان الرئيسي من رواسب الزيت واستبدال العزل المطاطي على حافة العلوية .
8 - تنظيف التنك الاحتياطى من الشوائب والتأكد من سلامة مبين درجة الحرارة والزيت
9 - فحص أجهزة الوقاية وملاحظة مدى انتظام عملها واستبدال الأجزاءالتالفة منها .