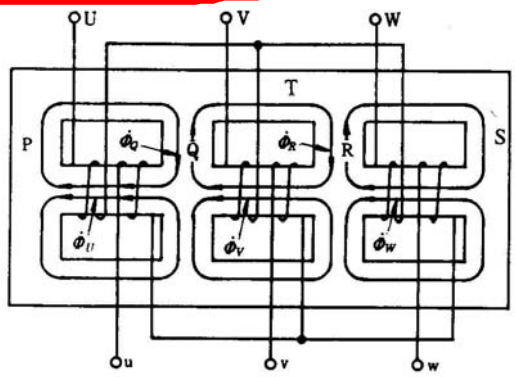
٥ -١ -٢ النوع الهيكلي (القشري): Shell type

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



شكل ٥ -٣ النوع الهيكلي

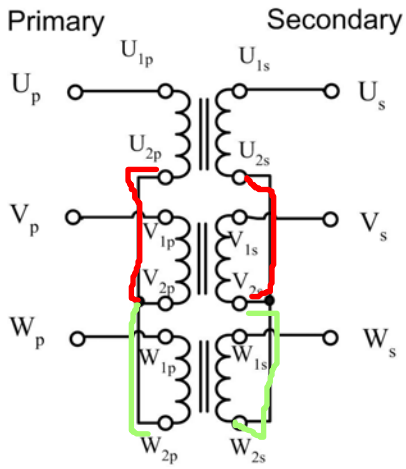
٥ -٢ توصيل الملفات

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

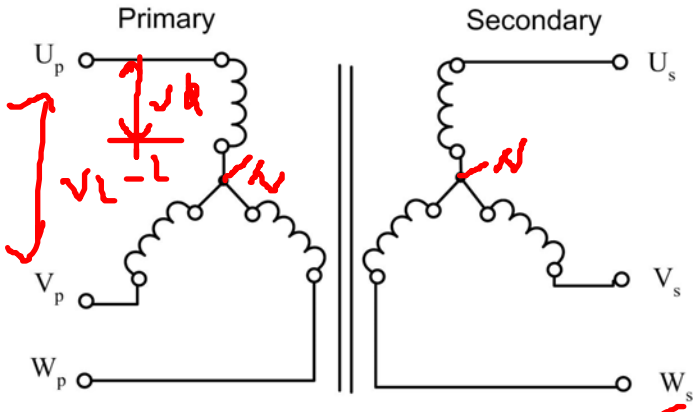
-توصيل الابتدائي نجمة - الثانوي نجمة	Y-Y	Star-Star
- توصيل الابتدائي دلتا – الثانوي دلتا	Δ-Δ	Delta-Delta
- توصيل الابتدائي نجمة – الثانوي دلتا	Y-Δ	Star-Delta
- توصيل الابتدائي دلتا – الثانوي نجمة	Δ-Y	Delta-Star

٥ -٢ -١ توصيل نجمة - نجمة Y-Y

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



نهاية مع نهاية

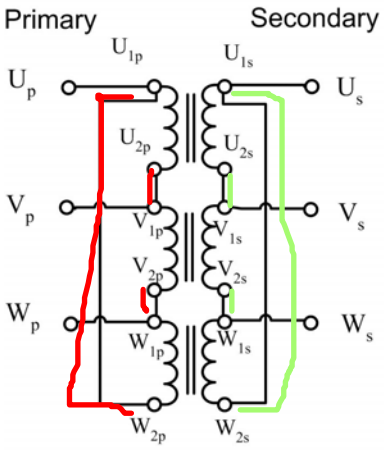


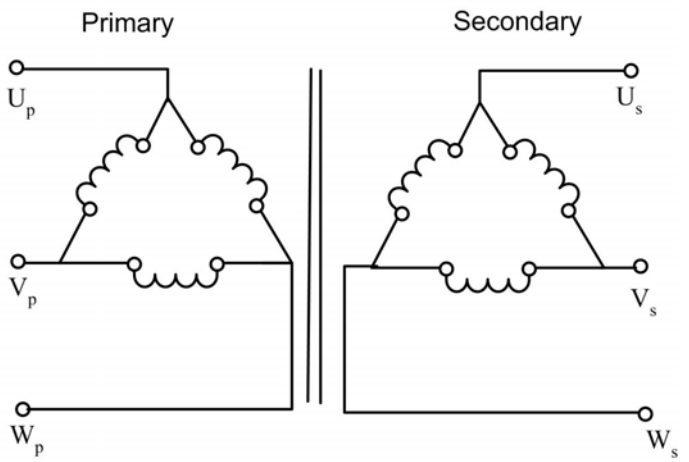
شكل ٥ -٤ توصيل Y-Y

٥ -٢ -٢ توصيل دلتا - دلتا Δ-Δ

في هذا النوع من التوصيل، يوصل كل من ملفات الابتدائي والثانوي على شكل دلتا، كما هو موضح في شكل ٥ -٥. حيث توصل نهاية كل ملف ببداية الملف الآخر ويطبق هذا لكلا الابتدائي والثانوي. وهذه الطريقة للتوصيل تجعل جهد الخط مساويا لجهد ملفات المحول، ويجب مراعاة ذلك عند التصميم.

ويمتاز هذا النوع من التوصيل، أنه يوجد مسار مغلق لمرور التوافقية الثالثة داخل توصيلة الدلتا وبالتالي لا تنعكس على تيار الخط، مما يجعل شكل موجه الجهد جيبية.



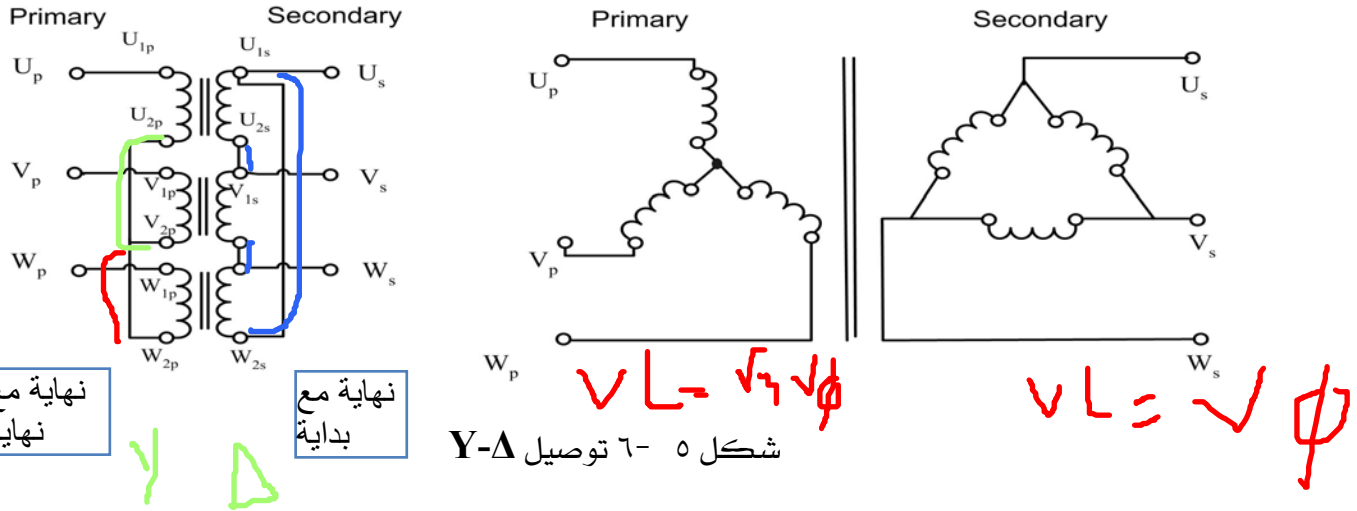


شكل ٥ -٥ توصيل Δ-Δ

VL-L=Vph

٥ -٢ -٣ توصيل نجمة - دلتا Y-Δ

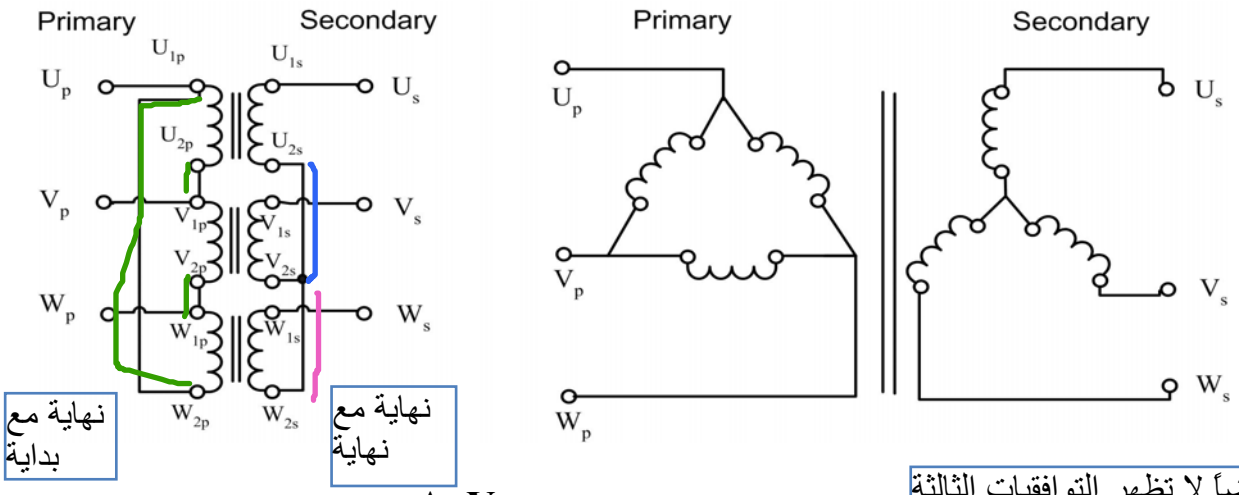
يتم في هذه الطريقة توصيل ملفات الابتدائي على شكل نجمة أما ملفات الثانوي فتوصل دلتا كما هو موضح في شكل ٥ -٦ ، ويلاحظ هنا أن توصيلة دلتا للملف الثانوي تنشئ مسار للتوافقيات في التيار، مما ينتج عنه جهد جيبي. أيضا جهد الخط للثانوي يساوي جهد الوجه. وهذا التوصيل من أكثر الأنواع شيوعا حيث يستخدم عند تخفيض الجهد في نهاية خط نقل القدرة الكهربائية.



شكل ٥ -٦ توصيل Y-Δ

٥ -٢ -٤ توصيل دلتا - نجمة Δ- Y

توصل ملفات الابتدائي على شكل دلتا وبالتالي فإن جهد الوجه يساوي جهد الخط ولذلك يجب أن تصمم ملفات الابتدائي لتحمل جهد الخط. أما ملفات الثانوي فتوصل نجمة. ويوضح شكل ٥ -٧ طريقة التوصيل في هذه الحالة.



شكل ٥ -٧ توصيل Δ- Y

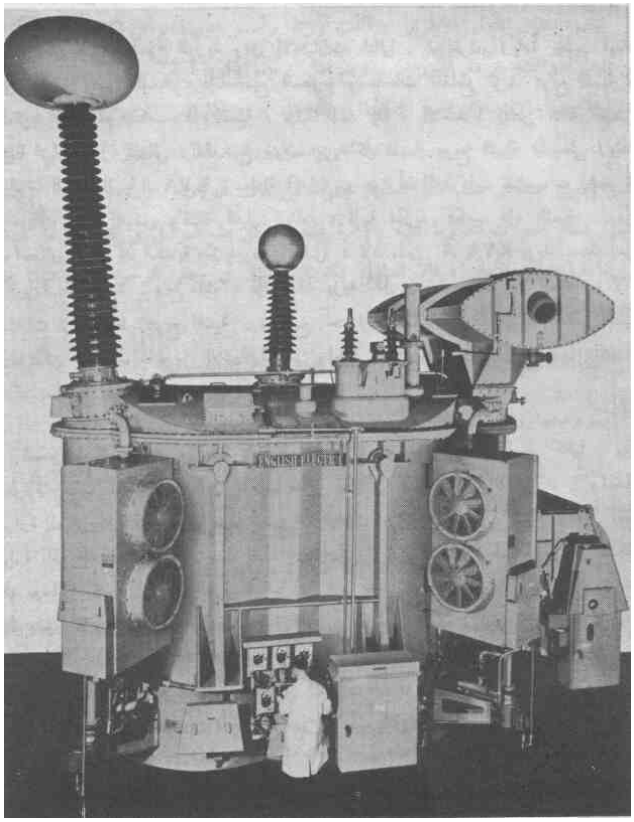
أيضاً لا تظهر التوافقيات الثالثة لوجود توصيلة دلتا , فتكون موجة الجهد جيبية

٥ -٣ مجال الاستخدام وطرق التبريد

يعتبر المحول الثلاثي الأوجه أخف في الوزن وأرخص في التكلفة مقارنة باستخدام ثلاث محولات أحادية الوجه. وكذلك يحتاج إلى مساحة للتثبيت أقل. أيضا تعتبر كفاءة هذا المحول أعلى من استخدام ثلاث محولات أحادية. ولذلك يستخدم المحول الثلاثي في محطات توليد القدرة الكهربائية لرفع جهد التوليد إلى جهد النقل. كما يستخدم أيضا في محطات توزيع القدرة الكهربائية لخفض جهد النقل إلى جهد الاستهلاك.

عند تحميل المحول يمر به تيار ويحدث فقد نحاس بالإضافة إلى فقد الحديد المتواجد حتى في حالة عدم وجود الحمل، وينتج عن ذلك ارتفاع درجة الحرارة إلى أن تصل قيمة ثابتة تعرف بدرجة الحرارة النهائية. وهذه يجب ألا تزيد عن الدرجة المسموح بها للمواد العازلة المستخدمة. إن ارتفاع درجة الحرارة يؤثر على كفاءة المحول وكذلك عمره الافتراضي لذلك يتم استخدام وسائل تبريد مختلفة.

للمحولات الصغيرة وحتى عدة كيلو فولت أمبير (KVA)، يكون التبريد بالهواء الطبيعي كافيا .بينما للمحولات ذات القدرات الأكبر، والمقاسات الأكبر، فإنها تغمر عادة في وعاء (container)ممتلئ بالزيت. وتنتقل الحرارة إلى الزيت الذي يدور حول الوعاء بتيارات الحمل الطبيعية، وبالتالي تحمل معها الحرارة إلى جدران الوعاء حيث تتبدد. ويمكن زيادة مساحة أسطح الوعاء بشكل فعال بوسائل كثيرة. فمثلا يمكن استخدام عدة أنابيب رأسية على جوانب الوعاء وملحومة به بحيث يدور الزيت بطريقة طبيعية من خلالها. كما يمكن أيضا استخدام مشعات (radiators) خارجية حيث يدفع الزيت للمرور من خلالها وبذلك يمكن التخلص من الحرارة الزائدة. وتستخدم هذه الطريقة للمحولات ذات القدرات المرتفعة والتي تصل إلى آلاف من الكيلو فولت أمبير. وفي المحولات فائقة القدرة يمكن تحسين المعدل الذي يمكن به تبديد الحرارة المتولدة باستخدام التبريد القسري (forced cooling) وذلك بدفع الهواء على وعاء الزيت أو على المشعات عن طريق مراوح ضخ للهواء. ويبين شكل ٥ -٨ محول مع مبردات مروحية، كما يظهر أعلى المحول خزان الزيت المستخدم.



شكل ٥ -٨ وحدة محول بقدرة ١٠٠٠ ميجا فولت أمبير

٥ -٤ توصيل المحولات على التوازي

نحتاج في بعض الأحيان إلى استخدام أكثر من محول واحد لتغذية أحمال كبيرة، لا يمكن أن يقوم بها محول واحد من المحولات التي يسهل الحصول عليها. لذلك نلجأ إلى توصيل محولين على التوازي، حيث يوصل ملفي الجهد العالي مع بعضهما وكذلك ملفي الجهد المنخفض. وهناك اعتبارات لابد أن تؤخذ عند عمل مثل هذا التوصيل.

- شروط توصيل (تشغيل) المحولات على التوازي:

يجب أن تتوفر عدة شروط قبل توصيل محولين على التوازي معا. وهذا ينطبق على المحولات أحادية الوجه، والمحولات ثلاثية الأوجه. وإلى جانب ذلك كله يوجد شرط عام يجب ألا نغفله.، وهو يختص بتشغيل أي نوعين من الآلات على التوازي. وينص على أن تكون قدرة الآلتين، المراد تشغيلهم بالتوازي، متقاربتين بقدر الإمكان. حيث لا يوجد ما يمنع تشغيل آلتين على التوازي بسبب اختلاف قدرتيهما. والحكمة من هذا الشرط ألا يؤدي أي اختلاف صغير، في تحميل الآلة الكبيرة، إلى إلقاء

عبء متزايد على الآلة الصغيرة، بسبب حدوث حالة تعدي الحمل. وتتلخص شروط توصيل المحولات على التوازي في الآتي.

١ - أن يكون للمحولين نفس نسبة تحويل الجهد عند نفس التردد. حيث إتفاق نسبة التحويل يجعلنا نحصل على نفس الجهد على طرفي كل من ملفي الجهد الثانوي ، في حالة عدم وجود الحمل وذلك عند توصيل الملفين الابتدائيين معا على التوازي على منبع جهد واحد. وهذا يمنع مرور تيارات محلية (circulating current) بين الملفين الثانويين. والتي تعمل على زيادة فقد النحاس.

٢ - أن يكون هبوط الجهد النسبي متساويا في كل منهما عدديا، ومتوافقا مرحليا. أي أن معامل التنظيم واحد للمحولين. وليس من الضروري أن تتساوى المقاومتان والممانعتان، كل على حده، في المحولين في هذه الحالة. المهم أن يتساوى الهبوط في الجهد IZ في المحولين مقدارا واتجاها.

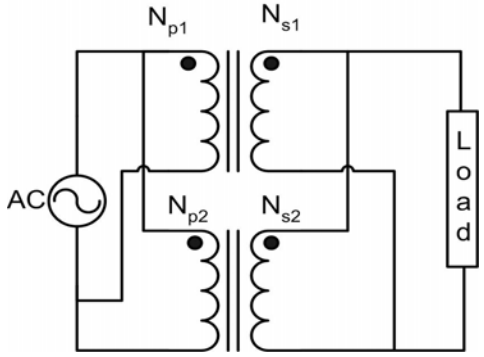
معامل تنظيم الجهد يعبر عن الهبوط بالجهد على المحول لذلك كلما قلت قيمته تكون أفضل

٣ - أن تراعى قطبية الأطراف عند توصيلهما، فتوصل الأطراف ذات القطبية المتماثلة معا. وينشأ عن وجود خطأ في القطبية عند التوصيل، أن يصبح الملفان الثانويان مقصورين بضعف الجهد، مما يتسبب في مرور تيار قصر كبير قبل التوصيل إلى الحمل. لذلك يجب التحقق من صحة التوصيل بالنسبة للقطبية قبل أن يصبح الملفان الثانويان متصلين على التوازي معا على طرفي الحمل. ويمكن أن تختبر القطبية معمليا. كيف؟.

نفس قطبية emf

٤ - أن يراعى توافق التعاقب المرحلي(phase sequence)، بالنسبة للمحولات ثلاثية الأوجه، على أن يكون تعاقب المراحل متماثلا في المحولين، وإلا فسوف تحدث دائرة قصر بين كل مرحلتين خلال كل دورة.

يوضح شكل ٥ -٩ طريقة توصيل محولين أحادي الوجه على التوازي مع بعضهما، ويظهر في الشكل مراعاة قطبية الملفات.



شكل ٥ -٩ توصيل محولين على التوازي

سبب تشغيل المحولات على التوازى
عندما يكون هناك احمال ذو اهميه وغير مسموح بأنقطاع التغذيه عنها فيتم تأمين التغذيه لها من مصدرين.
- عندما تكون القدره المطلوبه اكبر من القدره المقننه للمحول فى ذلك الوقت يتم توصيل محول اخر على التوازى لكى يشاركه الحمل.
- عند توصيل محولين على التوازى من المفترض ان نسبه تحميل كل محول لا تزيد عن 50% ويرجع يستطيع المحول ان fault السبب فى ذلك عند حدوث يحمل بنسبه 100% للحملين بعض الوقت ، ولكن اذا زادت نسبه التحميل عن 50% عند حدوث عطل فى المحول الاول سوف يخرج المحول الاخر.