بسم الله الرحمن الرحيم

معلومات عامة عن المحولات الكهربائية

*نبذةتاريخية عن المحولات :

كان فاراداي أول من اكتشف في عام ١٨٣١ ظاهرة التحريضالمتبادل بين ملفين منفصلين ومتواجدين على قلب مغناطيسي واحد , وقام بقياسالقوة المحركة الكهربائية (Electric Motive Force) عملياً في أحد الملفينتيجة مرور تيار متغير في الملف الآخر.

-ظهرت لأول مرة في عام ١٨٨٢ محولات مؤلفةمن ملف أولي وحيد وعدة ملفات ثانوية بغية الحصول على قيم مختلفة للجهودالثانوية, وقد كان ظهور المحولات بنواة مغناطيسية مغلقة عام ١٨٨٤ بدايةلأي استخدام صناعي للمحولات في تحويل الطاقة الكهربائية إلى جهود عالية , ونقلهالمسافات بعيدة , وقد كان أول من قام بهذه الخطوة الأخوان جون وإدوارد هوبكنسون ,حيث قاما بصنع محولة بسيطة تتألف نواتها من صفائح فولاذية معزولة , ومن ملفينأحدها للجهد المنخفض والآخر للجهد العالي.

-وبعدها جاء العالم الهنغاري "ويري "الذي كان أول من أطلق اسم المحولة (TRANSFORMER) على هذه الأجهزة وابتكر فيمابعد فكرة توصيل المحولات على التوازي.

-أما بالنسبة للمحولات الثلاثية فقد كانالعالم الروسي (دوليف-دوبروفولسكي) أول من أخترع المحولة الثلاثية في عام ١٨٨٩.

*تصنيف المحولات:(Classification of the Transformers)

-المحولةالكهربائية هي جهاز كهرومغناطيسي ستاتيكي يقوم بتحويل القدرة الكهربائية للتيارالمتناوب من شكل إلى آخر .

تحوي المحولة ملفين على الأقل متشابكين مغناطيسياً ومستقرين ميكانيكياً , نسميالملف الموصول مع الشبكة بالملف الأولي والملف الموصول مع المستهلك نسميه بالملفالثانوي.

-ويمكن تقسيم المحولات بحسب مجالات استعمالاتها إلى:

-١محولاتالقوى:(Power Transformers)

وتقوم بتحويل جهود القدرة الكهربائية من مستو إلىآخر ,وتستعمل في نقل القدرة الكهربائية وفي شتى مجالات التصنيع وفي الاستخداماتالمنزلية.

-٢محولات التنظيم والتعيير :(Regulation Transformers)

وتستعملللحصول على قيم مختلفة للجهد في المخابر

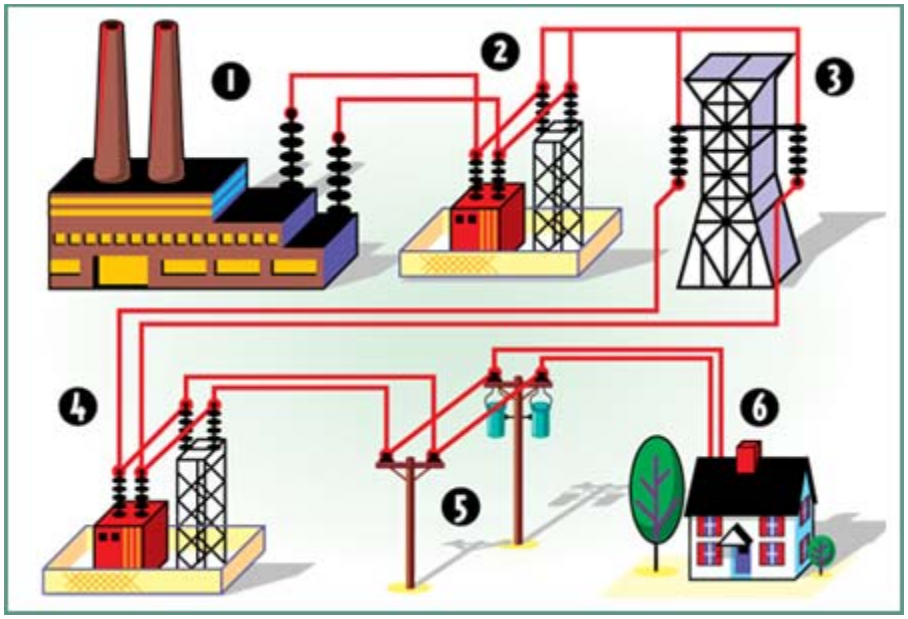
ومراكز الأبحاث و التحكم الآلي.محولقدرة

- ٣محولات لتغيير عدد أطوار التيار الكهربائي :(m)

المتناوب والتردد (f) وشكل النبضة وتستخدم بشكل أساسي في الأجهزة

الإلكترونية والاتصالات السلكيةوالتحكم الآلي ولا تتعدى استطاعة مثل

هذه المحولات عدة فولطاتأمبيرات.



-٤محولات القياس :(Measurement Transformers)
مثل محولات التيار التسلسليةومحولات الجهد التفرعية وتستخدم في القياسات الكهربائية وفي لوحات التوزيعوالتغذية.

-وتقسم المحولات من حيث عدد أطوارها إلى:
-١محولات أحادية الطور (Monophase Transformers).
-٢محولات ثلاثية الطور(Three-phase Transformers).
-٣محولات متعددة الأطوار(Polyphase Transformers).

محول لوحات اليكتروني
-وتقسم من حيث نسب تحويلها إلى:
-١محولات خافضة للجهد :
تقوم بتحويل جهدالملف الأولي المرتفع V١ إلى جهد منخفض٠(V١>V٢) V٢
-٢محولات رافعة للجهد :
تقوم بتحويل جهد الملف الأولي V١ إلى جهد مرتفع للثانوي ٠(V١<V٢)V٢

-ومن حيث طريقة تبريدها تقسم إلى:
-١محولات جافة :يتم تبريدهابالهواء الطبيعي أو القسري وهي في العادة محولات ذات استطاعات صغيرة ومتوسطة.
-٢محولات مغمسة بالزيت :ويتم تبريدها بالزيت كمحولات القوى ذات الأستطاعاتالمتوسطة والكبيرة المستخدمة في المحطات الكهربائية المختلفة ,وتتصف هذهالمحولات بأخطار الانفجار ولهذا تزود بدارات تحكم متقدمة .
-٣محولات يتمتبريدها بغاز سادس فلور الكبريت:(SF٦) وقد شاع استخدامها في الآونة الأخيرة فيالأماكن المغلقة .

***بنية المحولات :(Construction of the Transformers)**
-تتألف المحولةالكهربائية من مواد فعالة (النواة المغناطيسية والملفات) وهي التي تشارك فيالعمليات الكهرومغناطيسية في المحولة,ومواد إنشائية (كالعوازل وجسم المحولةوخزان تمدد الزيت ٠٠٠٠)

-١النواة المغناطيسية:
وتتألف النواةالمغناطيسية من قضبان مجمعة من صفائح رقيقة ومعزولة عن بعضها , توضع عليها الملفات الكهربائية ومن جسور مجمعة أيضاً من صفائح رقيقة ومعزولة تصل بينالقضبان
-ويختلف شكل مقطع النواة المغناطيسية من محولة لأخرى وكلما ازداد عددتدريجات النواة تحسن معامل امتلاء الدائرة المحيطة بالنواة بالمادة المغناطيسيةالفعالة وبالتالي تحسن معامل استخدام المحولة ولكن بالمقابل يزداد تعقيد العمليةالتكنولوجية لتجميع النواة إذ ينبغي استخدام صفائح مختلفة
-وتستخدم فيالمحولات الكبيرة عوارض حديدية لتثبيت النواة المغناطيسية وضغطها بشكل جيد,وتلفأحياناً قضبان المحولة بأشرطة عازلة متينة وذلك للتقليل قدر الإمكان منالضياعات في المحولة

-٢الملفات :
يجب أن تتصف ملفات المحولة بمايلي:
-١متانة ميكانيكية عالية تكفي لحمايتها من التشوهات التي قد تنتج عن تياراتالقصر والتيارات الزائد.
-٢متانة حرارية كافية بحيث لا يؤدي ارتفاع درجةالحرارة إلى انهيار المادة العازلة حرارياً.
-٣متانة كهر بائية كافية بحيث تكونالمواد العازلة ومسافات العزل كافية لمنع حدوث انهيار كهربائي أو قوسكهربائي.
-تختلف ملفات المحولة باختلاف تياراتها وجهودها الاسمية وتصنع إما منأسلاك نحاسية أو المنيومية ذات مقاطع دائرية أو مستطيلة.

***مبدأعمل المحولة (The Principle of Operation of the Transformer)**
-لفهم أعمالالمحولة المختلفة ولوضع النموذج الرياضي لها, ينبغي في البداية دراسة مبدأ عملالمحولة المثالية ووضع النموذج الرياضي لها ,ونقصد بالمحولة المثالية تلكالمحولة التي يتحقق فيها ما يلي:
-١نهمل فيها الحقل الكهربائيللملفات.
-٢تنعدم فيها الضياعات ,أي المقاومة الداخلية للحديد والملفات مساويةالصفر .
-٣النفاذية المغناطيسية للحديد لانهائية,أو المقاومة المغناطيسية للحديدمعدومة .
-٤التسرب المغناطيسي مهمل .

- **نفرض أننا وصلنا الملف الأولي(الذي عدد لفاته (١N مع منبع للتيار المتناوب ذيالجهد ١V والتردد ١f ,وبالتالي سوف يمر فيه تيار متناوب مقداره, ١i وهذا التيار بدوره سوف يولد فيضاً مغناطيسياً متناوباً ,تمر خطوطه عبر النواة الحديدية في المحولة المثالية,ويتسرب قسم منهعبر الهواء في المحولة الحقيقية.**

-إذا كان جهد المنبع جيبياً فيكون الفيض المتولد O جيبياًأيضاً
ولنفرض أن الفيض يعطى بالعلاقة التالية :

* sin O wt =m

- Qالقيمة اللحظية للفيض المغناطيس

- m;٠ القيمة العظمى للفيض المغناطيسي
- W=٢*pi*fالسرعةالزاوية للتيار الجيبي١٠ /sec
– Fالتردد٠ HZ

-يتشابك هذا الفيض المتولد معجميع لفات ملفي الأولي والثانوي ويشكل فيضين متشابكين مع الملفينالأولي والثانوي مقدارهما:

¥*N١=١ ;

¥*N٢=٢ ;

-يحرض الفيضين ¥١ , ¥٢ في الملفين الأولي والثانوي e١,e٢ وتدلان على قيمة القوةالمحركة كهربائية المتولدة في الملف الأولي والملف الثانوي.
-نسمي نسبة عددلفات الأولي والثانوي بنسبة التحويل ,ونرمز لها بالرمز: (K)

K=N١/N٢=E١/E٢

-عندما تكون نسبة التحويل (K > ١) فإن, E١>E٢ وبالتالي المحولة خافضةللجهد , أما إذا كانت نسبة التحويل (K < ١)فإن, E١<E٢ وبالتالي المحولةرافعة للجهد.

-تعتبر الدارة الأولية للمحولة كمستهلك للقدرة الكهربائية, وبالتالي فإن اتجاه شعاع القوة المحركة الكهربائية المتحرضة من الفيضالمغناطيسي;يكون معاكساً لاتجاه شعاع المركبة الفعلية لتيار الدارةالأولية ,أما الدارة الثانوية فتعتبر كمولد للتيار لذا فإن اتجاه شعاع القوةالمحركة الكهربائية المتحرضة في الملف الثانوي يكون متفقاً مع شعاع المركبة الفعلية لتيار الدارة الثانوية وهكذا,إذا كان اتجاه لف الملفين واحداً (الملفينمتطابقين) كانت القوتان المحركتان الكهربائيتين E١,E٢متفقتين في الاتجاه وكانتالمركبتان الفعليتان للتيارين الأولي والثانوي متعاكسين بالاتجاه.

عمل المحولة على فراغ:

-المقصود بعمل المحولة على فراغ هو عملها بدون حمولة ,أيعندما يكون الملف الأولي موصولاً مع الشبكة, والملف الثانوي مفتوحاً وغير موصولمع أية حمولة ,في هذه الحالة يكون تيار الملف الثانوي مساوياً للصفر (I٢=٠)أماالجهد على طرفي الملف الثانوي فيكون مساوياً لجهد المحولة على الفراغ, (V٢٠) وتستهلك مثل هذه المحولة من الشبكة تياراً قدره (I١٠) نسميه تيار المحولة علىفراغ٠
-ونستفيد من تيار العمل على فراغ I١٠ في توليد الفيض المغناطيسي فيالنواة ,ولذا يسمى هذا التيار أحياناً بتيار المغنطة) Im في المحولة المثاليةيكون تيار المغنطة مساوياً لتيار العمل على فراغ. (Im-I١٠)
-نسمي العامل الذييعطي نسبة تيار المحولة على فراغ إلى التيار الاسمي للمحولة (بعامل الردية٠ Kr)

Kr=(I١٠ /Im)*١٠٠%

-يتعلق هذا العامل باستطاعة المحولة فهو يتراوح بين(٢.٥-١.٥)% في المحولات الكبيرة, و(١٠)% في المحولات المتوسطة,ويصل إلى (٦٠-٤٠)% في المحولاتالصغيرة.

***عمل المحولة على قصر :**
-يقابل ذلك عمل المحولة تحت حمولة لامتناهية في الكبر,بحيث يبلغ التيار الثانوي قيماً كبيرة جداً,و يتم ذلك عند قصرالدارة الثانوية بمقاومة صفرية ,(Z=٠) أي بسلك عديم المقاومة ,يكون جهد الثانويمساوياً للصفر(V٢=٠) ,والتيارات المارة في الملفين الأولي والثانوي مساويةلتيارات القصر.

***الضياعات في المحولة :(Losses In Transformer)**
-بما أنالمحول جهاز كهربائي ساكن لذلك لا توجد فيه ضياعات ميكانيكية كالاحتكاك
-تستهلكالمحولة استطاعة ظاهرية, (S١=V١*I١) ويستهلك قسم منها لتغطية الضياعات المختلفة فيالمحولة ويصل إلى المستهلك
S٢=V٢*I٢
-تقسم الضياعات في المحولة إلىضياعات كهربائية تصرف في الملفات وتتعلق بتيار الحمولة ولذا سميتبالضياعات المتغيرة (الضياعات النحاسية),وإلى ضياعات حديدية(مغناطيسية) تظهر فيالنواة ولا تتأثر بتيار الحمولة ,بل بالقوة المحركة الكهربائية,ولذا نسميهابالضياعات الثابتة.

-١الضياعات الكهربائية:(Electric Losses)
وهيالضياعات التي تتعلق بتيار المحولة, I٢ تضم هذه الضياعات (الضياعات الكهربائية فيالملفات,والضياعات الإضافية بفعل التيارات الإعصارية داخل الملفات بسبب عدمانتظام توزيع التيار الكهربائي فيها ,والضياعات الإضافية الناتجة عن التياراتالإعصارية خارج الملفات ,وفي حوض المحولة (إن وجد),وفي الأجزاء المتممة بسببالتسرب الكهرومغناطيسي في المحولة.

$Pcu = n (r_1 * I_1^2 + r_2 * I_2^2)$

-Pcuالضياعات الكهربائية وتقدر بالواط.

- nعددالأطوار.

-r_2, r_1مقاومة الطور الواحد لكل من الابتدائي والثانوي وتقدر بالأوم.

-I_2, I_1تيار الطور للابتدائي والثانوي ويقدر بالآمبير.

-ويمكن حساب المفاقيدالكهربائية باستخدام محول دارته الثانوية مقصورة وفي هذه الحالة يجب أن يكون توترالابتدائي قليلاً حتى ينشأ في الثانوي تيار الحمل الكامل فيقيس مقياس الاستطاعةالموجود في دارة الابتدائي الضياعات الكهربائية عند الحمل الكامل وبما أن توترالابتدائي صغير لذلك تكون المفاقيد الحديدية صغيرة ويمكن إهمالها وتتراوح الضياعاتالكهربائية بين(٣%-٤%) من استطاعة المحولة .

-الضياعات الحديديةالثابتة(المغناطيسية:Magnetic Losses)

تسمى هذه الضياعات بالضياعات الثابتةلعدم تعلقها بتيار الحمولة,بل بالجهد المطبق على المحولة ,تشمل الضياعات بفعلالتيارات الإعصارية داخل النواة الحديدية ,والضياع بفعل البطاء المغناطيسي ,ويضافإلى الضياعات الحديدية نوع آخر هو الضياع في عوازل المحولة,حيث يتناسب هذاالضياع مع مربع القوة المحركة الكهربائية للمحولة.

-تتعلق مفاقيد البطاءالمغناطيسي بكل من:

-١حجم الحديد المستخدم.

-٢تردد التيار.

-٣القيمةالعظمى للتدفق المغناطيسي.

-وتتعلق مفاقيد تيارات فوكو الإعصارية بكلمن:

-١حجم الحديد المستخدم .

-٢تردد التيار.

-٣القيمة العظمى للتدفقالمغناطيسي.

-٤حجم كل صفيحة من صفائح المحولة.

-ويمكن حساب المفاقيد الحديديةبتجربة اللاحمل للمحولة (تجربة الدارة المفتوحة) ويستخدم في هذه الحالةالتوتر العادي للمحولة وتترك الدارة الثانوية مفتوحة فيشير مقياس الاستطاعةالموجود في الدارة الابتدائية على قيمة المفاقيد الحديدية ,وتهمل المفاقيدالنحاسية في الابتدائي لأن تيار اللاحمل يكون صغير,ولا يوجد مفاقيد نحاسية فيالثانوي لأن دارته مفتوحة ,وتتراوح المفاقيد الحديدية بين(٢%-٣%) من استطاعةالمحولة.

الضياعات الحديدية الثابتة(المغناطيسية:Magnetic Losses)

تسمى هذه الضياعاتبالضياعات الثابتة لعدم تعلقها بتيار الحمولة,بل بالجهد المطبق على المحولة ,تشملالضياعات بفعل التيارات الإعصارية داخل النواة الحديدية ,والضياع بفعل البطاءالمغناطيسي ,ويضاف إلى الضياعات الحديدية نوع آخر هو الضياع في عوازلالمحولة,حيث يتناسب هذا الضياع مع مربع القوة المحركة الكهربائية للمحولة.

-تتعلق مفاقيد البطاء المغناطيسي بكل من:
-١حجم الحديد المستخدم.
-٢ترددالتيار.
-٣القيمة العظمى للتدفق المغناطيسي.

-وتتعلق مفاقيد تيارات فوكوالإعصارية بكل من:
-١حجم الحديد المستخدم .
-٢تردد التيار.
-٣القيمةالعظمى للتدفق المغناطيسي.
-٤حجم كل صفيحة من صفائح المحولة.
-ويمكن حسابالمفاقيد الحديدية بتجربة اللاحمل للمحولة (تجربة الدارة المفتوحة) ويستخدم في هذهالحالة التوتر العادي للمحولة وتترك الدارة الثانوية مفتوحة فيشير مقياسالاستطاعة الموجود في الدارة الابتدائية على قيمة المفاقيد الحديدية ,وتهملالمفاقيد النحاسية في الابتدائي لأن تيار اللاحمل يكون صغير,ولا يوجد مفاقيدنحاسية في الثانوي لأن دارته مفتوحة ,وتتراوح المفاقيد الحديدية بين(٢%-٣%) مناستطاعة المحولة.

*مردود المحولة:
-يطلق هذا الاسم على النسبة بينالاستطاعة الكهربائية المأخوذة من المحولة (الخرج) والاستطاعة الكهربائية المعطاة للمحولة (الدخل)أي:

$$\mu = P_2 / P_1$$

-μالمردود.
– P١دخلالمحولة.
– P٢خرج المحولة.
وتعطى استطاعة المحولة الحقيقية بالعلاقةالتالية:
P= U * I * cosO; للمحولة الأحادية الطور.
P= sqort ٣*I*U*cosO; للمحولة الثلاثية الطور.
*المردود اليومي:
وهو حاصلقسمة القدرة الكهربائية المأخوذة من المحول باليوم على القدرة الكهربائية المعطاةللمحول باليوم.

*الاستطاعة والتوتر:
-عند وصل الدارة الثانوية لمحولةمع حمل فإن زاوية فرق الطور ستختلف حسب نوع الحمل أكان مادياً أم تحريضياً أوسعوياً وكذلك ستختلف الاستطاعة الفعلية ورد الفعلية وعامل الاستطاعة حسب تغيرات نوعالحمل .
وعلى ذلك تكون الاستطاعة الظاهرية) S هي محصلة المجموع الهندسيللاستطاعة الفعلية P ورد الفعلية (Q وتقاس بال (MVA , KVA , VA) وتصنفالمحولات من حيث استطاعتها الاسمية إلى سلسلتين وهما:
-١محولات السلسلةالرئيسية : (HET)حيث يسمح هنا بتحميل المحول بقيمة قليلة زيادة عن استطاعتهالاسمية المسجلة على اللوحة الاسمية.

-٢محولات السلسلة الخاصة: (SET) حيث يسمح هنا تحميل المحولة بحمل زائد عنالاستطاعة الاسمية لأسابيع قليلة في السنة.
-للمحولات ذات الاستطاعةالاسمية الأكبر من ١٦ kva يعطى توتر اللاحمل للملف الثانوي وسبب ذلك هو معرفة خواص الحمل للمحولة , فإذا كان حمل المحولة أومي ينخفض التوتر V٢ قليلاً عندالحمل عنه عند اللاحمل ,أما بالنسبة للحمل التحريضي فإن التوتر V٢ ينخفض بشكلأكبر ,أما في الحمل السعوي فإن التوتر V٢ يزداد بازدياد الحمل.

*طرقتنظيم جهد المحولة:
-يتم تنظيم جهد المحولة بتغيير نسبة التحويل (K=N١/N٢) وذلكبتغيير عدد لفات الملف الأولي N١ أو الثانوي, N٢ويتم التنظيم بهذه الطريقة على شكلقفزات ,لهذا السبب يجهز أحد الملفين بعدة تفريعات تنتهي إلى عدة مرابط خارجية يسهلتغييرها وتبديلها ,والانتقال من مربط إلى آخر بواسطة أجهزة خاصة نسميها بالمبدلات (Commutator) وهي إما وحيدة الطور أو ثلاثية الطور بحسب نوع المحولة ..
-وفيالمحولات التي يكون جهد الأولي فيها ثابتاً (V١=const) يتم تنظيم الجهد من جهةالملف الثانوي بتغيير عدد لفاته N٢وهكذا يبقى الفيض المغناطيسي والضياعاتالمغناطيسية وتيار المغنطة التي تتناسب جميعاً مع النسبة V١/N١ ثابتة تقريباًإذا حافظنا على عدد لفات الأولي وجهده ثابتين.
-أما في المحولات التي تعمل عندحمولة ثابتة (I٢=const) وجهد الأولي متغير ,فيفضل أن يتم تنظيم جهدها بتغيير عددلفات الملف الأولي ..
-أما تنظيم الجهد فيتم إما بعد فصل المحولة عن المستهلكونسميها بطريقة التنظيم على فراغ ,أو دون فصل التغذية عن المستهلك ونسميها بطريقةالتنظيم تحت الحمولة.

-١تنظيم الجهد بعد فصل المحولة عن الشبكة (التنظيمعلى فراغ:(
-تستخدم هذه الطريقة لتنظيم الجهد في المحولات التي تغذي مستهلكيالفئات الثانية والثالثة والرابعة,حيث لا يشكل قطع التغذية عن المستهلك أية خطورةأو ضرر للإنسان أو الآلة أو الإنتاج,حيث تستخدم هذه الطريقة في تنظيم وتعويض هبوطالجهد في ثانوي محولات التوزيع ,أو تغييره بحسب مستوي جهد الأولي في الحي أو القسمالواحد من الشبكة العامة,و كما تستخدم للتغيرات الفصلية من عمل الشبكة(صيفاً,شتاءًمثلاً).
من سلبيات هذه الطريقة ضرورة قطع التغذية عن المستهلك خلال فترة التنظيموهذا ما يحد من تكرار تنظيم الجهد خلال عمل المحولة.
تجهز المحولات النظاميةالمستعملة في نقل القدرة الكهربائية وتوزيعها بمرابط إضافية تؤمن رفع أو خفض الجهدبنسبة (١%,-٣%;-+٥%+_) من الجهد الاسمي لها.
-يتم التنظيم من الجهة التيتتعرض لتغيرات في الجهد أثناء استثمار المحولة,و بحيث يبقى فيض النواة ثابتاًتقريباً عند الانتقال من تفريعة لأخرى , وفي أكثر الأحيان يفضل التنظيم من جهةالجهد العالي لأن عدد اللفات يكون كبيراً بالمقارنة مع ملف الجهد المنخفض ,كما أنالتيار في الطرف العالي يكون أصغر مما يسمح باستخدام مبدلات وقواطع رخيصة الثمنمصممة للعمل على التيارات المنخفضة.

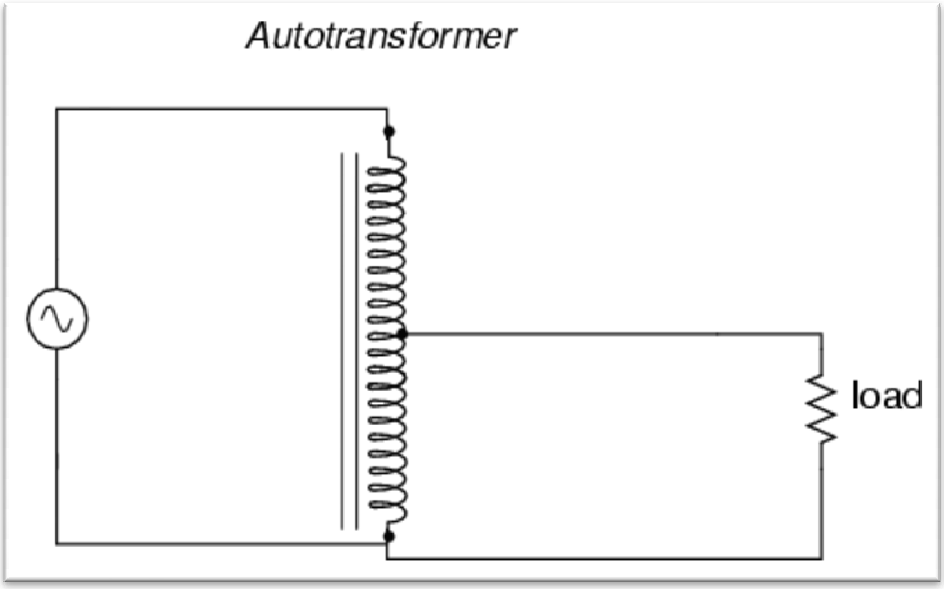
-٢التنظيم تحت الحمولة:
-تستخدم هذه الطريقة في المحولات التي تغذي الفئة الأولىكالمستشفيات والأفران العالية وغيرها,حيث يشكل قطع التيار عن المستهلك ولو لفترةوجيزة خطراً على الصحة العامة وعلى الإنتاج.
-يتم التبديل أثناء الحمولة دون قطعالتيار عن المستهلك وبنعومة جيدة (-+١%) تمر المحولة خلال التبديل في حالة عابرة (Transient Procces)تكون فيها تفريعتان متجاورتين موصولتين مع بعض وتقصران قسماًمن الملف المحصور بينهما ويمر فيهما تيارات عابرة ,و للحد من تيارات القصر هذهتستخدم خوانق تحريضية أو فعالة للتيار المقصور .

يوضع الملفالخانق والمبدلة في وعاء حافظ للزيت في المحولة ,بينما توضع القواطع الآلية في وعاءآخر مبرد ومملوء بالزيت يلحق بالوعاء الأم من الجانب.

***ربط المحولات علىالتوازي:(Parallel Connection)**
-تستخدم في محطات التحويل الكهربائية الرافعة أوالخافضة للجهد مجموعة من المحولات الموصولة فيما بينها على التفرع,و الغاية من هذاالوصل هو:
-١تأمين تزويد المستهلك بالطاقة الكهربائية في حال وجود عطل في بعضالمحولات وضرورة إصلاحها٠
-٢الإقلال من ضياعات الطاقة أثناء الحمولات الدنياوذلك بفصل قسم المحولات الموصولة على التوازي وإعادة ربط هذه المحولات ثانية معالشبكة عند زيادة الحمولة.
-أما عدد المحولات التي يمكن وصلها مع بعضها علىالتفرع فيتم اختياره انطلاقاً من استطاعة المحطة وبعد إجراء الدراسة الاقتصاديةوالفنية للمحطة أو للمنشأة الصناعية .

***شروط ربط المحولات علىالتفرع:**
حتى يتحقق العمل الأمثل للمحولات المربوطة على التفرع ينبغي أن تتوزعالحمولة العامة للمحطة بين المحولات العاملة والموصولة على التفرع حسب نسب توزيعاستطاعاتها الظاهرية الاسمية , ولتحقيق توزيع الحمولة بين المحولات الموصولة علىالتفرع بهذا الشكل الأمثل ينبغي توفر شروط ثلاثة:
-١أن تكون مجموعات التوصيلواحدة (تعاقب الأطوار واحد) في جميع المحولات الموصولة على التفرع .
-٢أنتكون الجهود الاسمية للملفات الأولية والثانوية متساوية فيما بينها وبالتالي أنتكون نسب التحويل متساوية٠
-٣أن تكون جهود القصر ومركباتها الفعلية والرديةمتساوية بين جميع المحولات.

-عند وصل المحولات على التفرع ينصح بأن لا يختلف جهد القصر النسبي عن القيمةالمتوسطة لجهد القصر النسبي لجميع المحولات بأكثر من(-+١٠%) وذلك لأنه إذا حصلتفاوت بأكثر من هذه القيمة فإن القسم الأكبر من الحمولة تتحمله المحولة ذات جهدالقصر الأصغر وبالتالي فإن هذه المحولة ستصل استطاعتها الاسمية في وقت تكون فيهباقي المحولات غير محملة بحمولتها الاسمية الكاملة وهذا يعني أننا لن نستطيعالاستفادة من كامل استطاعة المحولات الموصولة على التفرع.
-كما يجب أن لا تتعدىنسب الاستطاعات الاسمية للمحولات الموصولة على التفرع النسبة(١:٠٣)



*المحولة الذاتية: (Autotransformer)
-تسمى المحولة التي يكونملفاها متشابكين مغناطيسياً ومتصلين كهربائياً بالمحولة الذاتية.
-تنتقل القدرةالكهربائية من الملف الأولي إلى الملف الثانوي بواسطة التحريض المغناطيسي والاتصالالكهربائي على السواء, والمحولة الذاتية هي عبارة عن ملف واحد تكون فيه لفاتالثانوي جزءاً من الابتدائي
أو العكس ,فإذا وصلت الدارة الأولية إلى منبعكهربائي توتره Vفإن التوتر على طرفي الدارة الأولية يكون ,(V١=V (ويكون التوترعلى طرفي الدارة الثانوية:

$$V_2 = V_1 * (N_1 / N_2)$$

وإذا كانت شدة التيارالمار في الابتدائي I١ فإن التيار الحمل I٢ يساوي إلى:

$$I_2 = I_1 * (N_2 / N_1)$$

أما بالنسبة للتيار المار بالجزء المشترك من الدارتين فهو 'I٢ ويساوي:

$$I_2' = I_2 - I_1$$

وبما أن التيار المار في الملف الثانوي يساوي الفرق بين شدتي التيارين I٢,I١ عندها يكون مقطع أسلاكه صغيرة بالمقارنة مع المحول العادي وهنا تظهر فكرةالاقتصاد في وزن النحاس في هذا الجزء من الدارة

وبالتاليفي المحول الذاتي كلما كانت نسبة التحويل n صغيرة كلما كان الاقتصاد في وزن النحاسالمستعمل أكبر ويمكن البرهنة على ذلك من خلال العلاقة التالية:
وزن النحاس فيالمحول الذاتي(١-n) =
وزن النحاس في المحول العاديn

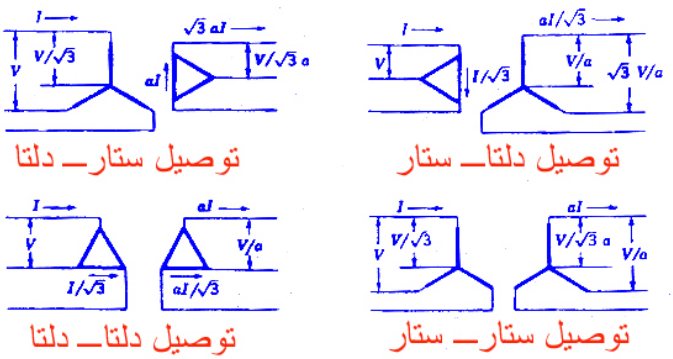
ومن هذه العلاقة نجد أن مقدار الاقتصاد في النحاس لا يكون ذا قيمة معتبرة عند نسبالتحويل الصغيرة٠

-استعمال المحول الذاتي:
يستعمل المحول الذاتي في بدءحركة المحركات التحريضية وذلك من أجل خفض التوتر عند بدء الحركة,
كما يستعملللتغذية مصابيح الأمان ٢٤ v والأجراس الكهربائية في المنازل ,كما يستعمل كموازر فيرفع الجهد في نهاية الخطوط المستعملة في شبكات التوزيع الكهربائية (محول رفع)
*المحولات المتعددة الأطوار:
إن أكثر التيارات متعددة الأطوار الأكثراستخداما هو التيار ثلاثي الطور ,حيث توصل ملفاتها الثانوية والأولية إما (نجمي –نجمي أو مثلثي –مثلثي أو مثلثي – نجمي أو نجمي –متعرج أو مثلثي –متعرج)

-١التوصيل النجمي للملفات:
يكون التوتر المسلط على الطور مساوياًإلى (Vph = Vl/ ١.٧٣) وبالتالي فهذه الملفات تحتاج إلى عزل وتكاليف عزل قليلةبالمقارنة مع التوصيل المثلثي , إلا أن تيار الطور في هذا النوع من التوصيل يكونمساوياً (Iph= Il) لذلك يكون مقطع ملفاتها أكبر منه في المثلثي , ويلاحظ أنه عندإصابة أحد هذه الأطوار بالتلف فإن الطورين الآخرين يتعطلان وبالتالي يتعطل المحولبأكمله.
-تستعمل هذه التوصيلة في :
-١جهة التوتر العالي لمحولات الرفعالموجودة في مراكز التوليد .
-٢جهة التوتر العالي لمحولات الخفض الموجودة فيمراكز التحويل المتوسطة .
-٣جهة التوتر المنخفض لمحولات الخفض الموجودة فيمراكز التوزيع.
-٢التوصيل المثلثي:
يكون التوتر المسلط على الطورمساوياً لتوتر الخط وكلما زاد التوتر زادت الحاجة للعناية أكثر في عزل الملفاتواستخدام مواد عازلة ذات متانة جيدة وفي , هذا النوع من التوصيل يكون تيار الطورمساوياً إلى (Iph= Il / ١.٧٣) وبالتالي يكون مقطع ملفاتها صغيراً , ويلاحظ أنه عندإصابة أحد هذه الأطوار بالتلف تصبح التوصيلة بشكل (V)أي مثلث مفتوح ولا يتعطلالمحول بل يستمر في العمل بثلاثة أطوار كاملة مما يجعل هذه التوصيلة تمتاز عن غيرها.

-تستعمل هذه التوصيلة في:
-١جهة التوتر المنخفض لمحولات الرفعالموجودة في مراكز التوليد .
-٢جهة التوتر المنخفض لمحولات الخفض الموجودة فيمراكز التحويل المتوسطة .
-٣جهة التوتر المرتفع لمحولات الخفض الموجودة فيمراكز التوزيع.

التوصيلات المختلفة لمحول ثلاثي الطور



-٣التوصيل المتكسر (المتعرج)
في التوصيل النجمي يكون هناك توتران مختلفانهما توتر الخط Vlوتوتر الطور Vphعلى سبيل المثال ٤٠٠/٢٣٠وعند توصيل دارةالتوتر المنخفض لمحول بشكل نجمي وتحميل الدارة المذكورة بحمل غير متزن فإن قيمةالحمل الغير متزن يجب أن لا تزيد عن قيمة معينة ,وفي التوصيل المثلثي نحصل على توترواحد فقط لأن (Vph = Vl إلا أنه يمكن تحميل الدارة المثلثية بحمل غير متزن ,لكنعندما نستخدم التوصيلتان النجمي والمثلثي معاً في دارة واحدة مختلطة نحصل علىتوصيلة متعرجة (توصيلة, (Z وهذه التوصيلة تأخذ مزايا التوصيلتين النجمي والمثلثيمن حيث :
-١الحصول على توترين .
-٢التحميل بحمل غير متزن .

*بعضأنواع المحولات الخاصة:

-١محولات التنظيم:
لتنظيم الجهد بشكل ناعم نستخدممنزلقات تنزلق بشكل على سطح الملف (كما في محولات التنظيم الذاتية) ,إن نعومةالتنظيم تتعلق بجهد اللفة الواحدة الذي يتراوح (٠.٥. (V١-V
نستخدم طريقةالتنظيم هذه في المحولات الذاتية أحادية الطور أو ثلاثية الطور واستطاعات لا تتعدى (٢٥٠KVA) لكن استخدام المنزلقات المتحركة يقلل من وثوقية هذه المحولات ,ويحدبالتالي من استخدامها .
أما محولات التنظيم التي تنعدم فيها المنزلقات المتحركةفهي أكثر وثوقية ويتسع استخدامها في الوقت الحاضر.

-٢محولات التنظيم ذاتالقلب المتحرك:
يتشكل الملف الأولي من لهذه المحولة وشيعتين متوضعتين في تجويفينحلقيين ضمن النواة المغناطيسية , يوصل جزئي الأولي "N١',N١ بحيث تولدان فيضينمغناطيسيين متعاكسين .
يوجد ضمن النواة المغناطيسية الثابتة قلب مغناطيسي متحركملفوف عليه الملف الثانوي, N٢ عندما يكون القلب المغناطيسي المتحرك في منتصف النواةالثابتة لا تتحرض في الملف الثانوي أية قوة محركة كهربائية ,حيث تلغي القوتانالمحركتان الكهربائيتان المتشكلتان من "N١',N١ بعضهما بعضاً.
تتحرض في الملفالثانوي N٢ قوة محركة كهربائية حين انزياح القلب المتحرك يميناً أو يساراً,يتحددقيمة واتجاه هذه القوة باتجاه الانزياح وقيمته ,وحين انتقال القلب المتحرك من تحتنصف وشيعة إلى تحت نصف وشيعة أخرى يتغير اتجاه القوة المحركة الكهربائيةالمتحرضة١٨٠°.
وهكذا نستطيع التحكم بجهد الملف الثانوي واتجاهه بتغيير وضعيةالقلب المتحرك ضمن النواة المغناطيسية:
$V_2 = V_1 \pm dE$