آلات التيار المستمر والمحولات

المحولات الكهربية أحادية الوجه

جميع الحقوق محفوظة للمؤسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني

الجدارة: معرفة نظرية عمل المحول الكهربي وتركيبه وطريقة ترتيب الملفات، واستنتاج معادلة القوة الدافعة الكهربية ونسبة التحويل وكذلك الدائرة المكافئة وتشغيله عند الأحمال المختلفة وأيضا حساب المفقودات والكفاءة ومعامل التنظيم.

الأهداف: عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لديك القدرة على:

١. معرفة نظرية عمل وتركيب المحول الكهربي وطرق ترتيب الملفات.
٢. استنتاج معادلة القوة الدافعة الكهربية ونسبة التحويل.
٣. معرفة العلاقات الخاصة بالمحول المثالي.
٤. استنتاج الدائرة المكافئة منسوبة للابتدائي والثانوي.
٥. تشغيل المحول عند اللاحمل وعند التحميل.
٦. إجراء الاختبارات الضرورية.
٧. استنتاج عناصر الدائرة المكافئة.
٨. حساب معامل التنظيم وكذلك المفقودات والكفاءة.
٩. تركيب المحول الذاتي ومجالات استخدامه.

مستوى الأداء المطلوب: أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الوحدة بنسبة ٨٥٪

الوقت المتوقع للتدريب: ٨ ساعات.

الوسائل المساعدة: جهاز عرض (بروجيكتور).

متطلبات الجدارة: تحتاج إلى مراجعة مقرر الدوائر الكهربية والقياسات والوحدة الأولى من هذا المقرر.

المحولات الكهربية أحادية الوجه Single Phase Transformers

المحول الكهربي هو آلة أو جهاز استاتيكي (أي جهاز ثابت بدون أجزاء متحركة) يستخدم لتحويل القدرة من دائرة إلى دائرة أخرى بنفس التردد مع خفض أو رفع الجهد الكهربي وحدوث مفقودات قليلة تتبدد على شكل طاقة حرارية. وتستخدم المحولات الكهربية بصورة واسعة في الحياة العملية بقدرات وجهود مختلفة. فعند توليد الطاقة الكهربية بقدرات عالية فإن هناك ضرورة تقنية لرفع جهد التوليد حتى يمكن نقله لمسافات طويلة وفي مناطق الاستهلاك يتم إعادة خفض الجهد ليناسب المستهلكين ولذلك يأتي دور المحولات الكهربية. أيضا تستخدم المحولات الكهربية في كثير من الأجهزة الكهربية وأجهزة القياس. أي أن دوره ليس مقصوراً فقط على القدرات العالية وإنما يستخدم على نطاق واسع مع القدرات المنخفضة. ويعتبر المحول الكهربي تطبيقا مباشرا لقانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي كما أشرنا في الوحدة الأولى. سوف نتعرف في هذه الوحدة على نظرية عمل المحول وتركيبه وكذلك أنواعه المختلفة وطرق ترتيب الملفات بها. أيضا سوف نستنتج الدائرة المكافئة للمحول نظريا وكيفية الحصول عليها معمليا. ومن المهم أيضا دراسة أداء المحول في حالات التحميل المختلفة وحساب المفقودات والكفاءة. وفي النهاية سوف نتعرض إلى نوع خاص من المحولات وهو المحول الذاتي نظرا لاستخداماته المتعددة وخصوصا في المختبرات للحصول على منبع جهد متغير.

٤ -١ نظرية عمل المحول وتركيبه

بناء عمل المحول على التأثير المتبادل بين دائرتين معزولتين كهربيا ومرتبطتين بتدفق مغناطيسي متغير وهو في أبسط صورة يتكون من ملفين متقاربين ومعزولين كهربيا وملفوفين على قلب (core) من شرائح الحديد (كما هو موضح في شكل ٤ -١)، وهذا القلب يربط الملفين مغناطيسيا. فإذا وصل جهد متردد بأحد الملفين فإنه ينشأ في القلب الحديدي تدفق مغناطيسي (Magnetic flux) متردد أيضا، ويتشابك هذا التدفق مع الملف الآخر ويتولد به قوة دافعة كهربية مستنتجة بالتأثير المتبادل تبعا لقانون فارادي للحث الكهرومغناطيسي. فإذا وصل حمل بهذا الملف يمر فيه تيار، والملف الأول والذي يتصل بمنبع الجهد يطلق عليه الملف الابتدائي (primary winding) وهو ذو عدد لفات N١، أما الملف الآخر المتصل بالحمل فيطلق عليه الملف الثانوي (secondary winding) وعدد لفاته N٢. يسمى أحيانا الملفان بدلالة الجهد على كل منهما فيسمى الملف ذو الجهد الأكبر بملف الجهد العالي، ويسمى الملف ذو الجهد الأقل بملف الجهد المنخفض. تذكر دائما أن المحول الكهربي يستعمل مع التيار المتردد ولا يستعمل مع التيار المستمر، لماذا؟

مبدأ عمل المحول

لتقلل تيار الايدي

لأن شرط تولد القوة الدافعة الكهربائية هو :
1- اما موصل متحرك ومجال ثابت كما في المولد
2- أو المجال متحرك (متردد) والموصل ثابت كما في المحول

٤ -١ -١ أنواع المحولات

تنقسم المحولات من وجهة نظر تطبيقاتها إلى ثلاث مجموعات:

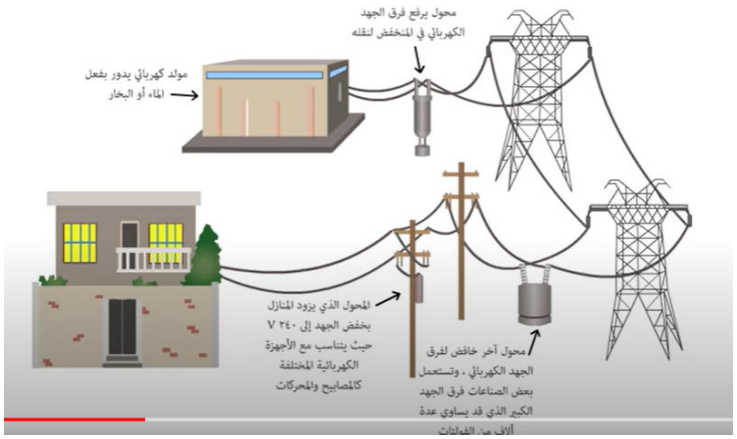
١- **محولات القدرة (Power transformers)** وهي تستخدم مرافقة لمولدات الجهد المتردد وذلك لرفع كفاءة نقل الطاقة الكهربية وكذلك تستخدم في محطات التوزيع لخفض الجهد العالي.

٢- **محولات الألكترونيات (Electronic transformers)** وتستخدم في دوائر التكبير الألكترونية للربط بين المنبع والحمل وتعمل على توافق دائرتين ذي معاوقة مختلفة وذلك لنقل أقصى قدرة. أيضا تعمل كمرحلة عزل كهربي بين دوائر مختلفة القدرة.

٣- **محولات القياس (Instrument transformers)** وهي تستخدم في أجهزة قياس الجهد والتيار العالي والتي تستعمل في أجهزة الحماية، وأيضا كحساس للجهد والتيار في أنظمة التحكم.

تنقسم المحولات من ناحية التركيب إلى:

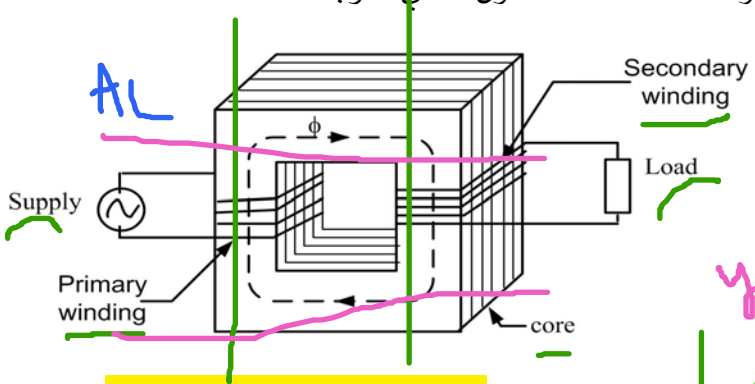
- محولات ذات ملفين مستقلين
- محولات ذات ملف مشترك (محول ذاتي)
- محولات رفع
- محولات خفض



كما يمكن تقسيم المحولات من حيث التغذية إلى:

- محولات أحادية الوجه
- محولات ثلاثية الأوجه

ولا تختلف نظرية عمل المحول أحادي الوجه عن نظرية عمل المحول ثلاثي الأوجه، فالمحول الثلاثي الأوجه يعتبر ثلاثة محولات أحادية الوجه متصلة مع بعضها، لذلك سندرس أولا المحول ذو الوجه الواحد ثم نتعرض بعد ذلك في الوحدة الخامسة للمحول ثلاثي الأوجه.



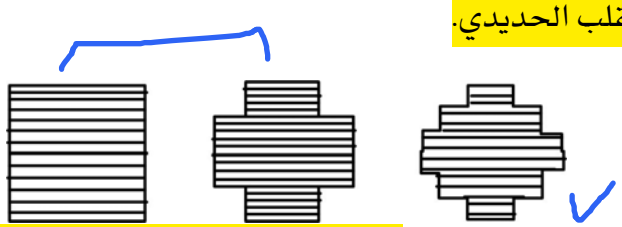
شكل ٤ -١ محول كهربي في أبسط صورة

٤ -١ -٢ تركيب المحول

يتكون المحول من الأجزاء الآتية: القلب الحديدي(core)، الملفات (windings) بخلاف أوعية مناسبة لجمع القلب والملفات وعوازل مناسبة لعزل وحمل أطراف الملفات وأجهزة الوقاية والتبريد.

-القلب الحديدي (core): وهو يشكل الدائرة المغناطيسية للمحول ويتركب من سيقان (legs) توضع عليها الملفات وعوارض (yoke) لتكملة الدائرة المغناطيسية. ويتكون كل من السيقان والعوارض من رقائق من سبيكة الحديد مع السلزيوم (لتقليل المفقودات الحديدية)، والتي سمكها يتراوح من ٣٥,. مم إلى ٥,. مم. وتعزل الرقائق عن بعضها البعض طبقة من الورق بسمك ٢,. إلى ٣,. مم والذي يلصق على أحد وجهي كل رقيقة، أو من الورنيش الذي يدهن به أحد وجهي الرقيقة. والهدف من هذا العزل هو الحد من مفقودات التيارات الإعصارية. ومقطع الساق يأخذ عدة أشكال، فإما أن يكون على شكل مربع أو صليب في المحولات صغيرة ومتوسطة القدرة، وإما أن يكون متدرج كما في المحولات كبيرة القدرة. ويوضح شكل ٤ -٢عدة أشكال لمقاطع مختلفة للساق.

تربط الرقائق معا بواسطة أحزمة في المحولات الصغيرة أو بمسامير في حالة المحولات الكبيرة، بحيث لا ينتج عنها طنين بسبب الاهتزازات الناشئة عن القوى المغناطيسية. وتعشق رقائق الساق مع رقائق العارضة مكونة بذلك القلب الحديدي.

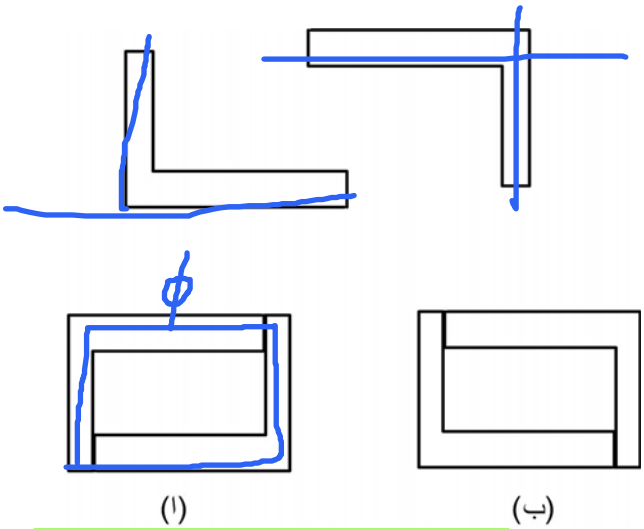


شكل ٤ -٢ مقاطع مختلفة للساق (Leg)

يوجد نوعان رئيسيان للقلب الحديدي:

أ - النوع ذو القلب المركزي (Core type)

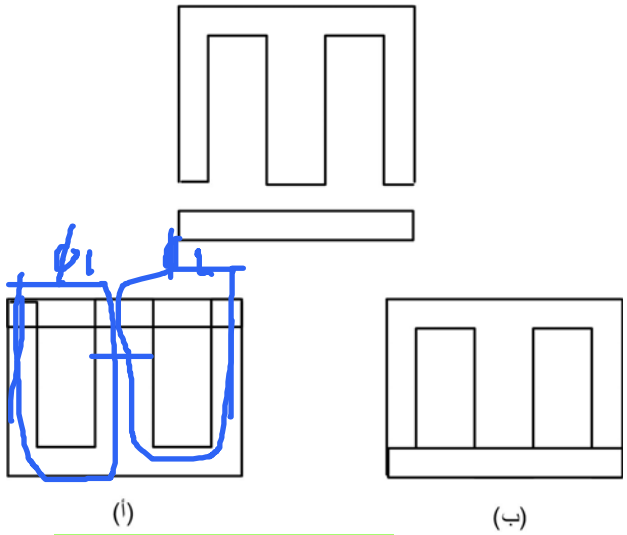
يتكون القلب الحديدي في هذا النوع كما في شكل ٤ -١ من ساقين توضع عليهما الملفات وعارضتين لتكملة القلب الحديدي، وتكون الرقائق على شكل حرف L ثم تجمع مع بعضها واحدة بعد الأخرى كما في شكل ٤ -٣، حيث توضع الرقائق بالوضع المبين في شكل (أ)، ثم يوضع بعدها الرقائق بالوضع المبين في شكل (ب)، ثم توضع الرقائق كما في شكل (أ) مرة أخرى وهكذا تتكرر العملية حتى يتم تركيب الرقائق بأكملها. وتتكون الدائرة المغناطيسية في هذا النوع من مسار واحد فقط، مما يميز هذا التصميم بالبساطة، كما أنه يسهل عزل الملفات.



شكل ٤ -٣ القلب الحديدي المركزي core type

ب -النوع الهيكلي أو القشري (ذو القلب الخارجي) Shell type

في هذا النوع تكون الرقائق على أشكال حرف E وحرف I كما في شكل ٤ -٤، وتجمع الرقائق مع بعضها بحيث توضع رقيقة على شكل E مع رقيقة على شكل I كما في شكل (أ)، ثم توضع رقيقة على شكل I مع رقيقة على شكل E كما في شكل (ب) وتتكرر هذه العملية حتى تركب الرقائق بأكملها، وتتكون الدائرة المغناطيسية من مسارين بالتوازي يشترك في تكوينها الساق الوسطى التي يجب أن تكون مساحتها ضعف مساحة أي من الساقين الآخرين. وتوضع ملفات الابتدائي والثانوي حول الساق الوسطى ، ولذلك يمتاز هذا النوع بأن الملفات تكون في حماية من الأضرار الميكانيكية.



شكل ٤ -٤ القلب الهيكلي shell type

-**الملفات (windings)**: يوجد نوعان رئيسيان من الملفات في المحولات، وهما الملفات الأسطوانية (cylindrical windings)، والملفات القرصية (disc windings)، ففي الحالة الأولى تكون الملفات الابتدائية والثانوية على شكل أسطوانات ، بينما في الحالة الثانية تكون على شكل أقراص.

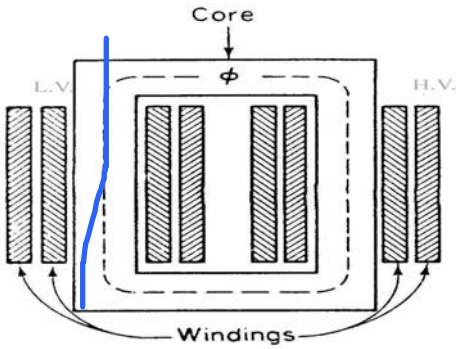
٤ -٢ طريقة ترتيب الملفات

تنقسم الملفات حسب طريقة وضعها حول الساق إلى ملفات متمركزة، أي متحدة المركز وملفات متداخلة (Sandwich).

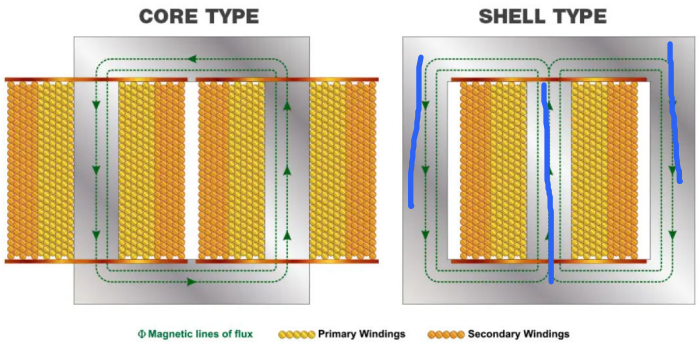
٤ -٢ -١ الملفات المتحدة المركز

وتسمى بهذا الاسم لأنها تصنع على هيئة أسطوانات وتستعمل في المحولات ذات القلب المركزي (core type). ويوضح شكل ٤ -٥ كيفية ترتيب هذه الملفات، حيث توضع ملفات أسطوانية حول سيقان المحول وقد تكون هذه الملفات مستطيلة إذا كان مقطع الساق مستطيل، وقد تكون قضبان من النحاس موصلة مع بعضها بالتوازي في المحولات كبيرة القدرة، وتغطى هذه القضبان بطبقة من الورنيش ثم يلف حولها شريطا من الورق سمكه ٠,٥ مم ثم يلف عليه شريط من القطن بسمك ٠,١ مم لكي يحفظ شريط الورق.

ترتب الملفات حول الساق بحيث يوضع أولاً أسطوانة من الورق أو البكاليت حول الساق وذلك لعزل الساق عن الملفات، ثم يوضع حول أسطوانة الورق أسطوانة(ملفات) الجهد المنخفض وذلك لسهولة عزلها عن الساق، ثم يترك حيز أسطواني يمتلئ بالزيت وذلك لتبريد المحول. ثم بعد ذلك توضع أسطوانة(ملفات) الجهد العالي.

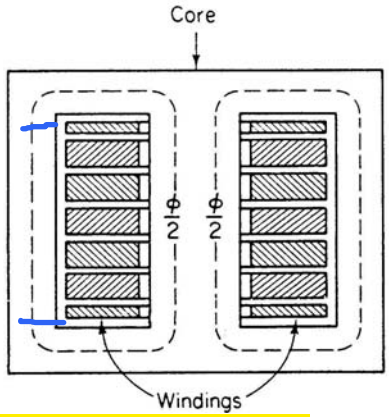


شكل ٤ -٥ ترتيب الملفات المركزية للمحول



٤ -٢ -٢ الملفات المتداخلة

وتسمى بالملفات القرصية، نظرا لأنها على هيئة أقراص وتستعمل في المحولات الهيكلية ، وترتب بحيث يوضع قرص من ملف الجهد العالي وفوقه قرص من ملف الجهد المنخفض ،ثم قرص من ملف الجهد العالي وهكذا حتى يتم تركيب بقية الأقراص مع مراعاة أن يوضع نصف قرص من ملفات الجهد المنخفض عند النهايتين، أي أعلى وأسفل الملفات وذلك بسبب سهولة عزل ملفات الجهد المنخفض عن الحديد، كما هو موضح في شكل ٤ -٦.



شكل ٤ -٦ ترتيب الملفات القرصية للمحول

يمكن أيضا استخدام الملفات القرصية مع القلب المركزي، كما يمكن أن تستخدم الملفات الأسطوانية مع القلب الهيكلي بنفس الترتيب الذي ذكر في الحالتين.

٤ -٣ العلاقات الخاصة بالمحول المثالي Ideal Transformer

المحول المثالي هو افتراض نظري فقط ويستخدم لفهم المحول الحقيقي. ويفترض في المحول المثالي أنه لا يوجد فقد في الطاقة حيث تنتقل الطاقة من دائرة الملف الابتدائي إلى دائرة الملف الثانوي دون أي فقد. أيضا يفترض في المحول المثالي أن الملفات ليس لها مقاومة لمرور التيار، كذلك لا يوجد تسرب في الفيض المغناطيسي. وهذه الفروض تساعد على استنتاج العلاقات المختلفة، والمحول المثالي يتركب من ملفين لهما ممانعة حثية فقط وملفوفين حول قلب من الحديد كما في شكل ٤ -٧، فإذا وصلنا الملف الابتدائي بمنبع جهد متردد ، فإنه ينتج تدفق(فيض) مغناطيسي متردد ويعتمد مقداره على قيمة الجهد والتردد وكذلك عدد لفات الملف الابتدائي. وهذا التدفق المتردد يتشابك مع الملف الثانوي مولدا به جهد متردد يعتمد قيمته على عدد لفات الملف الثانوي. لو فرضنا أن جهد الابتدائي هو V_1، والفيض المغناطيسي الناشئ هو Φ، فإنه يتولد قوة كهربية عكسي e_1 في الملف الابتدائي تعطي بالعلاقة: