جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي/ الكهرباء

الثاني

تأليف

المهندس سمير ابراهيم عبود ----- أد. المهندس كريكور سيروب كريكور

المهندس مهدي صالح الحمداني ----- المهندس ديار ريشاد حبيب

المهندسة عامرة ماجد ثابت ------ المهندس سلام حميد حسن

تنقيح

لجنة من المديرية العامة للتعليم المهني

الطبعة الثامنة 1446هـ – 2024م

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

رغبة منا في تحقيق الاهداف المرجوة من خريجي طلبة الاعداديات المهنية في اختصاص الكهرباء ، وهي تأهيل كوادر فنية مدربة قادرة على شغل الوظائف التقنية والفنية والمهنية المتوفرة في سوق العمل ، باشرنا بإعادة تأليف الكتب المنهجية لهذا الاختصاص .

في المرحلة الثانية سيتعرف الطالب في الفصل الاول مفاهيم المغناطيسية الاساسية والقوانين المتعلقة بها ، ثم نأتي للتيار المتناوب في الفصل الثاني من حيث المميزات وأنواع دوائر التيار المتناوب ، اما الفصل الثالث فيقدم مزايا محركات التيار المتناوب ذات الطور الواحد، ودراسة لكل نوع بعد أن يتعرف الطالب التركيب ونظرية الاشتغال ثم في الفصل الرابع نستعرض مكائن التيار المستمر من حيث التركيب ونظرية الاشتغال والانواع ، وفي الفصل الخامس يستكمل موضوع الكترونيات القدرة الذي سبق له ان درسه الطالب بصورة اولية ، أما في الفصل السادس فقد تم استحداث موضوع الطاقة المتجددة والطاقة البديلة ومعرفة أهم أسباب الاهتمام بها ومصادرها وكذلك التعرف على عناصر النظام الكهربائي في النظام الشمسي وتطبيقات عن منع هدر الطاقة وتوفيرها.

لقد حرصنا على اخراج الكتاب بالشكل المقبول والمفهوم للطالب ، وبأسلوب ميسر مع صور واشكال واضحة ملونة ، ليكون متسلسلا مع بقية كتب المراحل السابقة واللاحقة لتحقيق الاهداف الخاصة بكل مرحلة ، والاهداف الخاصة بكل فصل من فصول كل مادة دراسية.

نتمنى من الله عز وجل أن نكون قد وفقنا في جهدنا هذا ، آملين من الاخوان مدرسي المادة ومدرساتها ان يرفدونا بملاحظاتهم بشأن الكتاب والاخطاء التي قد ترد فيه سهوا بعد تدريس الكتاب سنة دراسية كاملة ، لغرض الاخذ بها في الطبعات اللاحقة ... مع شكرنا واعتزازنا.

المؤلفون 2010

المحتويات

الموضوع	الصفحة
الفصل الاول / المغناطيسية والمحولات الكهربائية	8
1-1 المفاهيم الاساسية	9
2-1 المجال المغناطيسي Magnetic Field	14
3-1 المجال المغناطيسي والملفات اللولبية Magnetic Field and coils	20
4-1 الكميات المغناطيسية Magnetic Quantities	25
5-1 الدائرة المغناطيسية Magnetic Circuit	28
6-1 الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction	31
7-1 القوة الدافعة الكهربائية المحتثة Induced Emf	34
8-1 أنواع الحث	35
9-1 الطاقة ألمخزونة Stored Energy	38
أسئلة الفصل الاول	39
الموضوع	**الصفحة**
الفصل الثاني/ التيار المتناوب	40
1-2 نبذة مختصرة عن التيار المتناوب	41
2-2 دورة الموجة الجيبية (الذبذبة)	41
3-2 توليد القوة الدافعة الكهربائية	43
4-2 مصطلحات ومفاهيم	44
5-2 قيم موجة التيار المتناوب	46
6-2 دوائر التيار المتناوب	47
(6-2-1) دائرة التيار المتناوب المحتوية على مقاومة طبيعية فقط	47
(6-2-2) دائرة التيار المتناوب المحتوى على مقاومة مغناطيسية فقط	48
(6-2-3) دائرة التيار المتناوب المحتوية على مقاومة سعوية فقط	49
(7-2) ربط المقاومات في دائرة التيار المتناوب	51
(7-2-1) أ ـ دائرة التوالي المحتوية على مقاومة طبيعية ومقاومة مغناطيسية (RL)	51

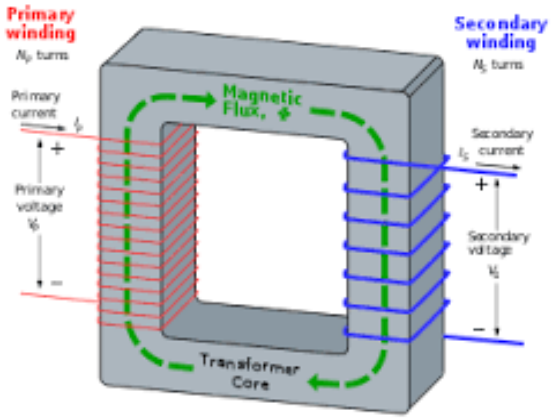
الموضوع	الصفحة
(7-2-1) ب - دائرة التوالي المحتوية على مقاومة طبيعية وسعوية دائرة (RC)	53
(7-2-1) جـ ــ دائرة التوالي المحتوية على مقاومة طبيعية ومغناطيسية وسعوية (RLC)	54
(7-2-2) أ- ربط التوازي دائرة التوازي المحتوية على مقاومة طبيعية ومقاومة مغناطيسية	56
(7-2-2) ب - دائرة التوازي المحتوية على مقاومة طبيعية وسعوية	57
أسئلة الفصل الثاني	60- 59
الموضوع	**الصفحة**
الفصل الثالث / محركات ومحولات التيار المتناوب للطور الواحد	61
1-3 تمهيد	62
2-3 مبدأ عمل محركات التيار المتناوب للطور الواحد	63
3-3 المحركات الحثية	63
4-3 المحركات التزامنية	71
5-3 المحرك العام (التوالي)	74
6-3 مفاتيح فصل ملفات البدء	75
7-3 محركات الخطوة	76
8-3 محركات التحكم أو الخدمة	77
9-3 المحولة الكهربائية	78
10-3 تركيب المحولة	79
11-3 شكل القلب	80
12-3 مبدا العمل	81
13-3 العلاقات الخاصة بالمحولة المثالية	81
14-3 امثلة محلولة عن المحولات الكهربائية	84
15-3 تشغيل المحولة	86
16-3 تصنيف المحولات الكهربائية	90
17-3 المحولة الذاتية	93
18-3 معامل التنظيم للمحولة	94
أسئلة الفصل الثالث	96 – 95

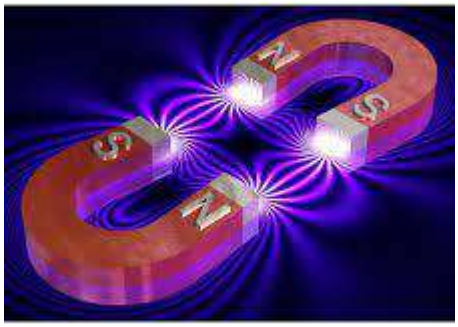
الموضوع	الصفحة
الفصل الرابع / مكائن التيار المستمر	97
1-4 ماكنة التيار المستمر	98
2-4 أجزاء مكائن التيار المستمر	98
3-4 ملفات المنتج	101
4-4 مولد التيار المستمر	102
5-4 طرائق اثارة مكائن التيار المستمر	103
6-4 المفاقيد في مولدات التيار المستمر	111
7-4 محركات التيار المستمر	114
8-4 أنواع محركات التيار المستمر	115
9-4 تنظيم السرعة في محركات التيار المستمر	119
10-4 عكس السرعة لمحركات التيار المستمر	120
11-4 طرائق بدء الحركة	121
أسئلة الفصل الرابع	123 -122
الموضوع	**الصفحة**
الفصل الخامس/الكترونيات القدرة (الموحدات)	124
1-5 تمهيد	125
2-5 موحدات نصف موجة غير محكومة	125
3-5 موحدات الموجة الكاملة	127
4-5 دوائر الترشيح	131
5-5 الموحدات المسيطر عليها ذات الطور الواحد	132
اسئلة الفصل الخامس	139 - 138

الموضوع	الصفحة
الفصل السادس/الطاقة المتجددة والطاقة البديلة	140
1-6 تمهيد	141
2-6 أسباب الاهتمام بالطاقة ألمتجددة (مميزاتها)	141
3-6 مصادر الطاقة المتجددة والبديلة	142
4-6 التوليد بطاقة الرياح	142
5-6 التوليد بالطاقة الشمسية	144
6-6 مكونات انظمة الطاقة الشمسية وطرق التوصيل	145
7-6 طريقة حساب الطاقة الشمسية من الالواح والبطاريات والمحول لتحويل منزل ليعمل بالكامل بالطاقة الشمسية	153
8-6 تطبيقات استخدام الخلايا الشمسية	155
9-6 طاقة موجات المد والجزر	157
6 -10 طاقة حرارة الارض	158
11-6 مولدات القدرة الهيدروليكية	159
12-6 الطاقة الحيوية	159
13-6 الطاقة من نفايات الريف والصناعة	159
14-6 هدر الطاقة	159
15-6 الزجاج لتوفير الطاقة	159
أسئلة الفصل السادس	161

الفصل الاول

المغناطيسية والمحولات الكهربائية





الهدف العام: الإلمام بأساسيات المغناطيسية والمحولات الكهربائية

الأهداف الخاصة: عزيزي الطالب عندما تكمل هذا الفصل تكون قادرا على ان:

1. تعرف أصل المغناطيسية.
2. تميز بين أنواع المغانط.
3. تعرف مجالات استعمال المغانط.
4. تتعرف على اتجاه خطوط المجال المغناطيسي.
5. تتعرف على قاعدة اليد اليمنى.
6. تميز بين وحدات قياس الكميات المغناطيسية.
7. تفهم حلقة الهسترة بالرسم البياني.
8. تقارن بين الدائرة الكهربائية والدائرة المغناطيسية.
9. تدرك الفرق بين الحث الذاتي والحث التبادلي.
10. تعرف تركيب ونظرية اشتغال المحولات الكهربائية.
11. التمييز بين انواع المحولات الكهربائية.
12. تشتق نسبة التحويل في المحولات الكهربائية.
13. تعرف أنواع القلب الحديدي المستعمل في المحولات الكهربائية.
14. تحسب نسبة التحويل في المحولات الكهربائية.

الفصل الأول – المغناطيسية Magnetism

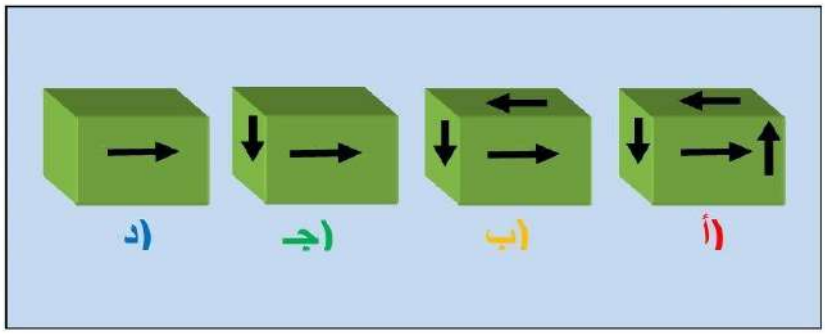
1-1المفاهيم الأساسية للمغناطيسيةBasic Concepts of Magnetism

1-1-1مقدمة تاريخية

تعود معرفة الإنسان بالمغناطيسية منذ حوالي خمسين قرناً إذ استخدمه الصينيون كبوصلة تبحث عن الجنوب دائماً. وتذكر الأسطورة اليونانية بأن أحد الرعاة من كبار السن واسمه (ماغنيس) كان يرعى خرافه في منطقة شمال اليونان وعندما كان واقفاً على صخرة سوداء كبيرة لا حظ بان مسامير حذاءه وباقي القطع المعدنية في ملابسه قد انجذبت إلى هذه الصخرة التي سميت فيما بعد بألماغنيس. وقد لاحظ الصينيون بان ذلك إبرة ما بهذه الصخور يجعل الإبرة تمتلك نفس الخصائص المغناطيسية، وعند تعليق هذه الإبرة من وسطها لتتحرك بحرية فان طرفيها سيشيران دائماً إلى الشمال والجنوب المغناطيسي قدم (وليم جلبرت) الفيزياوي البريطاني عام (1600) ميلادي تفسيراً يشير إلى أن الأرض نفسها مغناطيسي عملاق لها قطبان مغناطيسيان مزاحان بعض الشيء عن القطبين الجغرافيين لها . ، عندها جاء العالم الدنماركي (اويرستد) ليعرض على أصدقائه تجربة عن تأثير مرور التيار الكهربائي في سلك يؤدي إلى حركة إبرة البوصلة الموضوعة بالقرب منه ، وعند دراسة العالم الفرنسي (أمبير) لهذا التأثير استنتج بان طبيعة المغناطيسية تختلف عما اعتقد الجميع وبين أنها في الأساس القوة بين التيارات الكهربائية، وقام (فراداي) بتطوير فضاء المحيط المغناطيسي وطريقة ملئه بخطوط المجال ، وقد استخدم الفيزياوي الاسكتلندي (ماكسويل) هذه الاكتشافات ووضع لها قاعدة رياضية متينة منهجية أعطت صورة واضحة عن المجال الكهرومغناطيسي ، وأصبح من المؤكد بأنه لفهم مبادئ الكهربائية ينبغي دراسة مبادئ المغناطيسية وان الكهربائية والمغناطيسية مترابطان لدرجة لا يمكن فيها دراسة أحداهما بمعزل عن الأخرى نهائياً، وما يدل على ذلك هو ان غالبية المعدات والأجهزة الكهربائية والالكترونية لا يمكن أن تؤدي وظيفتها من دون وجود المغناطيسية.

1-1-2 أصل المغناطيسية:

تنشأ المغناطيسية بسبب نوعين من حركة الالكترونات في الذرة، الأولى هي حركة الالكترونات في مدارات محددة حول النواة والثانية هي دوران مغزلي للإلكترونات حول محاورها، ان الحركتين المدارية والدورانية يؤديان بصورة منفردة إلى تكوين عزم (moment) مغناطيسي على كل إلكترون يجعله يتصرف وكأنه مغناطيس دقيق. إن عزوم جميع الالكترونات متساوية، ويوجد في كل مدار عدد من أزواج الالكترونات يدور كل أثنين منها في اتجاهين متعاكسين وبهذا فان محصلة العزم في كل مدار تساوي صفر إلا انه توجد بعض المواد المعدنية التي تحتوي على ذرات انتقالية تحتوي بعض مداراتها على عدد فردي من الالكترونات كالحديد والكوبالت والنيكل تكون محصلة العزم في هذه المدارات ذات قيمة محددة. إن هذه المعادن هي مثال شائع للمواد المغناطيسي، إن ذرات المواد المغناطيسية تحتفظ بتأثيرها المغناطيسي الذي تولده الالكترونات التي تدور حولها، وتتكتل مجموعة من هذه الذرات (حوالي ذرة 10^5) التي يكون مجالها أو محصلة عزمها في الاتجاه نفسه، ويسمى هذا التكتل حقلا (Domain) وكل حقل له مجاله المغناطيسي بقطبيه الشمالي والجنوبي، وان حقول قطعه حديدية غير ممغنطة تتوجه باتجاهات عشوائية غير موحدة كما مبين شكل (1-1) أ ، والذي يبين أربعة حقول مع إن عددها في الواقع هو هائل جدا.



الشكل (1-1) خطوات مغنطة قطعة حديدية

وان عشوائية توجه العزوم المغناطيسية للحقول يلغي بعضها الآخر وتكون القطعة الحديدية في هذه الحالة من دون أي مظهر مغناطيسي أي لا يوجد فيها قطبين مغناطيسيين شمالي وجنوبي ، وعند وضع قطعة الحديد ضمن مجال مغناطيسي خارجي ضعيف نسبيا ، فان بعض حقول قطعة الحديد سوف تصطف مع بعض ومع المجال المغناطيسي الخارجي كما مبين في الشكل (1-1) ب ، ومع زيادة قوة المجال المغناطيسي الخارجي فان عدد الحقول المصطفة والمتوجهة باتجاه المجال الخارجي سيزداد بشكل واضح كما مبين في الشكل (1-1) جـ ، وعند زيادة قوة المجال الخارجي نصل إلى حالة تصبح فيها جميع حقول القطعة الحديدية متوجهة باتجاه هذا المجال كما مبين في شكل رقم (1-1) د. يقال في هذه الحالة بان القطعة قد تشبعت (Saturated) مغناطيسيا، وهذا يعني بان جميع الحقول قد اصطفت في الاتجاه المطلوب ولا توجد حقول أخرى تتطلب اصطفافها بصرف النظر عن التأثير الذي يسلطه المجال المغناطيسي الخارج في هذه الحقول.

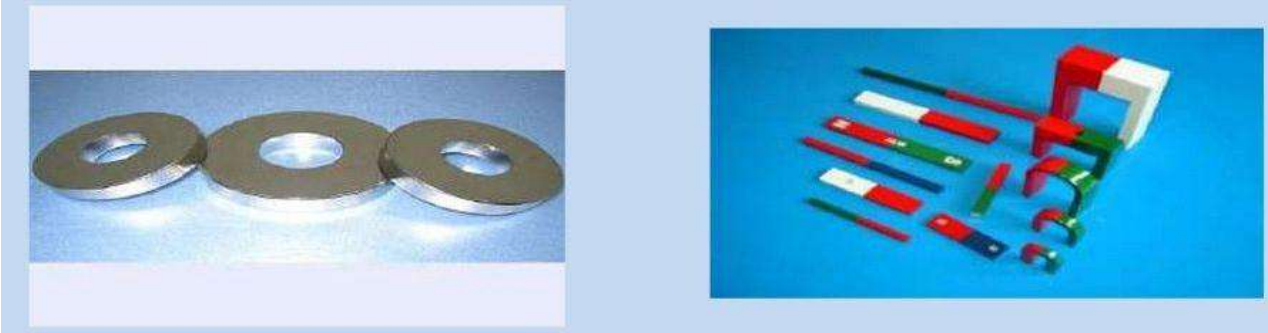
عند رفع تأثير المجال المغناطيسي الخارج عن قطعة الحديد فأن حقولها سوف تعود ثانية إلى الحالة العشوائية كما في شكل (1-1) أ ، ان كانت قطعة الحديد من النوع اللدن (Soft) وتبقى أكثر الحقول على توجهها نفسه كما مبين في شكل (1-1) جـ ، في حالة الحديد الصلب (Hard) إذ تصبح قطعة الحديد مغناطيساً دائما

(per menant) قوياً. والمغانط (جمع مغناطيس) الدائمة في الحالة الاعتيادية يكون لها قطب شمالي وآخر جنوبي، وهي تصمم وتهندس في مئات الأشكال والأحجام لتؤدي مهمات متنوعة.

1-1-3 أنواع المغانط Types of Magnets :

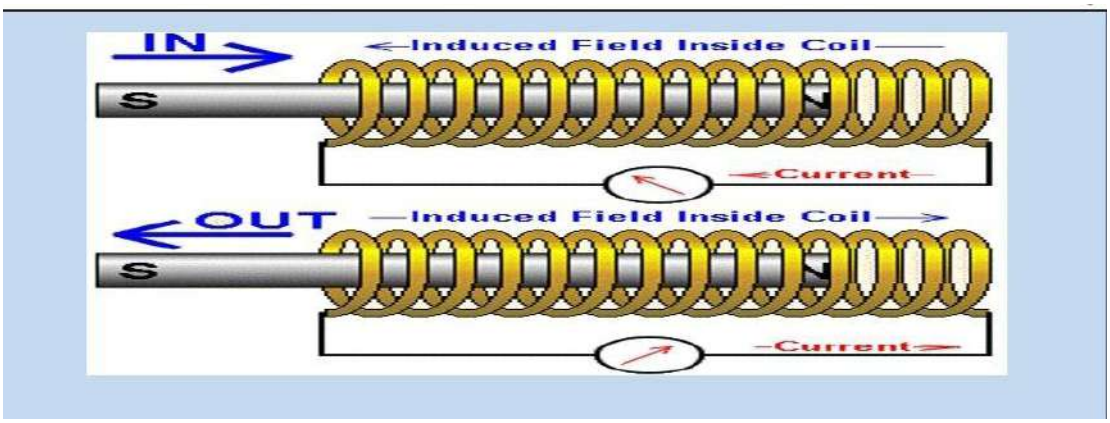
تنقسم المغانط بحسب طريقة تكوينها الى نوعين هما : مغانط طبيعية (Natural) و مغانط أصطناعية (Artificial)

1. المغانط الطبيعية: وهي المغانط التي انتجتها الطبيعة (الصخور) ولادخل للإنسان فيها ، وبما تملكه من الاهمية باستعمالها في الأجهزة والمعدات الكهربائية المعروفة ، حيث ان تصنيع مغانط قوية جدا وكفؤه عملية سهلة واقتصادية.
2. المغانط الاصطناعية: وهي التي تنتج من المواد المغناطيسية كالحديد والنيكل والكوبالت بأشكال وأحجام متنوعة كما مبين في شكل رقم (1-2) مثلاً على شكل قضبان (Bars) أو أقراص (Discs) أو حذوة الفرس (Horseshoe) الشائع الاستخدام في العديد من المعدات الكهربائية أو بمغناطيس اصطناعي آخر.



الشكل (1-2) يوضح أشكال مختلفة من المغانط

وللحصول على مغانط قوية جداً تستخدم سبائك خاصة للحديد أو الفولاذ التي تُمغنط كهربائياً. ويتم ذلك بوضع قطعة الحديد المراد مغنطتها في داخل ملف لولبي من أسلاك معزولة يمر خلاله تيار كهربائي أو حزمة من الالكترونات كما مبين في شكل رقم (1-3) والقوة التي تحول قطع الحديد إلى مغناطيس تتمثل بخطوط القوى المغناطيسية المشابهة تماماً إلى خطوط المجال الكهربائي. ويمكن تحويل قطعة الحديد إلى مغناطيس اصطناعي بوضعها ضمن مجال مغناطيسي خارجي أو بدلكها بمغناطيس طبيعي، أو بمغناطيس اصطناعي آخر.



الشكل (1-3) مغنطة قطعة من الحديد

تصنف المغانط الاصطناعية إلى نوعين المؤقتة(Temporary) ، والدائمة (Permanant) اعتمادا على قابليتها في الاحتفاظ بالخصائص المغناطيسية بعد إبعاد قوة التمغنط عنها ، وتحتفظ المغائط المصنعة من الفولاذ الصلب ، وعدد من السبائك المماثلة بكمية كبيرة من المغناطيسية بعد إبعاد المجال المغناطيسي الخارجي عنها ، وهي لذلك تسمى مغانط دائمة مواد هذه المغانط تبدى مقاومة شديدة لمرور خطوط القوى المغناطيسية من خلالها، وهي لذلك صعبة التمغنط ، ويقال بان معاوقتها (Reluctance) المغناطيسية عالية، ويمكن القول بان المغانط الدائمة جميعها تصنع من مواد مغناطيسية فيها المعاوقة عالية.

ان المواد المغناطيسية كالحديد اللدن والحديد السيليكوني المستخدم في تصنيع المحولات والمحركات والمولدات الكهربائية تكون معاوقتها عالية وهي مواد يسهل مغنطتها وتعطي مغانط مؤقتة. إلا أن هذه المواد تحتفظ بجزء يسير من المغناطيسية بعد رفع قوة التمغنط الخارجية عنها، وتسمى هذه المغناطيسية بالمتبقية (Residual) وهي أساسية في عمل المكائن الكهربائية، وان هنالك معياراً آخر لقياس قابلية المادة لتكوين مغناطيس دائم أو مؤقت، هو السهولة التي تسمح بها هذه المواد الخطوط القوى المغناطيسية كي تتوزع ضمنها وتسمى هذه الحالة

بالنفاذية (Permeability) المغناطيسية للمادة، لهذا تكون المغانط الدائمة ذو معاوقة عالية ونفاذية واطئة في حين تكون المغانط المؤقتة ذو معاوقة واطنة ونفاذية عالية.

وفيما يلي المزايا والمساوئ لكلا النوعين:

اولاً: مزايا المغانط الدائمة:

1. لا توجد كلفة تشغيل ولا تحتاج لإدامة او صيانة، وكفاءتها عالية.
2. . لا تحتاج لقدرة كهربائية لتشغيلها مما يستبعد احتمال فشل منظومة التغذية.
3. يمكن استخدامها في بيئة خطرة، ولا تحتاج إلى توصيلات كهربائية ولا تتأثر بالصدمات والاهتزازات.

ثانياً: مساوئ المغانط الدائمة: صعوبة السيطرة على قدرتها.

ثالثاً: مزايا المغالط المؤقتة:

1. سهولة السيطرة على قدرتها.
2. قابلية تحميلها وتحملها لارتفاع درجات الحرارة أفضل من المغانط الدائمة.
3. يمكن قطع التغذية وإبعاد المجال وتحرير الحمل بسهولة.

رابعاً: مساوئ المغانط المؤقتة:

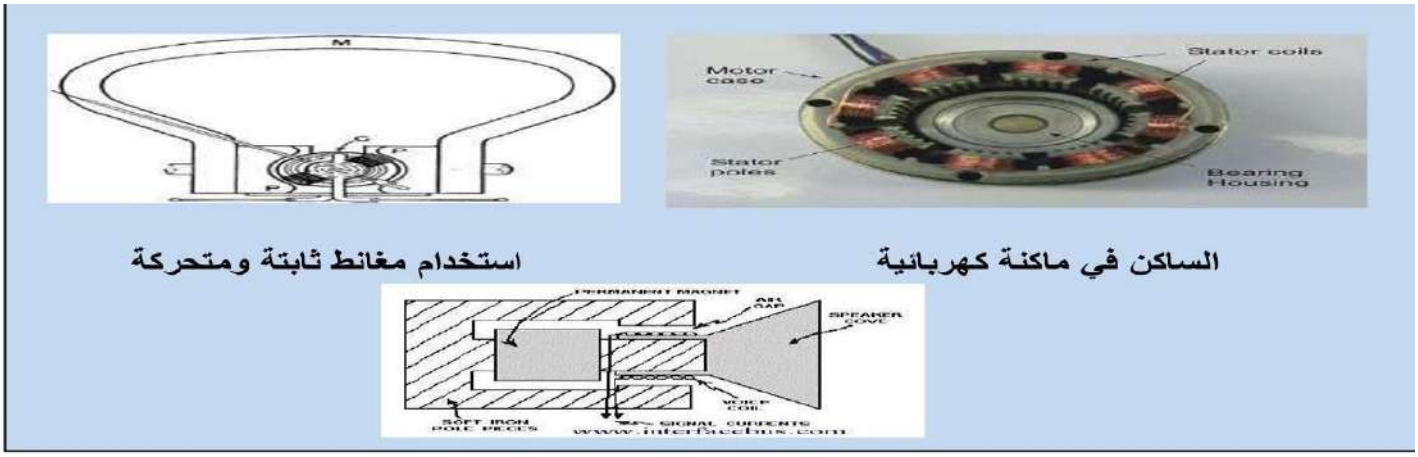
1. حاجتها إلى مصدر قدرة وتعرضها لمشكلات احتمال انقطاع هذا المصدر
2. يمكنها العمل في بيئة محددة لأنها لا تقاوم الماء والحرارة والصدمات.

4-1-1 مجال استخدام المغانط

تستخدم المغانط الدائمة والمؤقتة في مجالات متنوعة جداً منها:

1. في منظومات توليد وتحويل ونقل الطاقة الكهربائية فهي أساس عمل طواقم التوليد في المحطات الكهربائية التي تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية.
2. في المحولات الكهربائية فهي أساس عمل المحولات الكهربائية التي تحول الجهد من مقدار الى اخـــر.
3. في المحركات الكهربية فهي الاساس في تحول الطاقة الكهربائية الى طاقة حركية كما المعدات المنزلية او المكتبية أو الصناعية.
4. تستخدم المغانط الدائمة في الاجهزة الحساسة والدقيقة كمكبرات الصوت وسماعات الان واجهزة القياس
5. تستخدم في مجال التسجيل المغناطيس ووحدات الخزن في الحاسوب.
6. تستخدم في المنظومات السمعية والبصرية كما في الشكل رقم (1-4).
7. تستخدم المغانط الدائمة في لعب الاطفال المعروفة.
8. تستخدم في مضخة القلب الاصطناعية.

انظر شكل (1-4) ولو أخذنا مكبر الصوت على سبيل المثال لرأينا بأنه يتكون من مغناطيس دائم على شكل قرص يقع تحته سلك يمر فيه تيار كهربائي، ويتعرض هذا السلك إلى قوة تودي إلى تكوين موجة صوتية نتيجة الانضغاط والانبساط المتناوب للهواء المحيط به.



الشكل (1-4) استعمالات المغانط في الحياة العملية

5 -1-1 المواد المغناطيسية:

تصنف المواد المغناطيسية بحسب الخصائص التي تمتلكها الى مواد:

1) فير ومغناطيسية Ferromagnetic
2) بارا مغناطيسية Paramagnetic
3) دايا مغناطيسية Diamagnetic

ويمكن إعطاء خصائص كل منها كما يأتي:

أولا- المواد الفيرومغناطيسية:

هي التي تتوجه فيها العزوم المغناطيسية للحقول تلقائيا باتجاه واحد عند درجة حرارة معينة تسمى درجة حرارة كوري (Curie) لتوليد مجال مغناطيسي، وتعود هذه الحقول ثانية إلى اتجاهها العشوائي عند زيادة درجة الحرارة على درجة حرارة كوري وبذلك فان نفاذيتها مبتدأ بالهبوط. تكون عزوم الحقل الواحد متساوية المقدار ومتوازية مع بعضها وبنفس الاتجاه، ولكل حقل عزم كلي (محصلة) ليس من الضروري أن يكون في اتجاه عزوم الحقول الأخرى نفسه، لهذا فأن قطعة المادة الفيرومغناطيسية قد لا يكون لها عزم مغناطيسي كلي، إلا انه عند وضعها ضمن مجال مغناطيسي خارجي فأن عزوم الحقول المنفردة ستتوجه معا في الاتجاه نفسه مكونة عزم كلي للقطعة.

اذا الخاصية المغناطيسية الجيدة للمادة الفيرومغناطيسية هي عند درجة حرارة كوري وإلا فأنها تتحول الى مادة مغناطيسية من نوع آخر ، ومن الأمثلة الشائعة للمواد الفيرومغناطيسية الحديد والنيكل والكوبالت ، وهي تتميز بقابلية الانجذاب والتنافر مع الأجسام المغناطيسية الأخرى.

ثانياً: المواد البارا مغناطيسية:

هي المواد التي تبدي استجابة ايجابية للمجال المغناطيسي المسلط عليها إلا أنها استجابة ضعيفة ، وان مقدار الاستجابة يحدد لهذه المواد بمعيار يسمى التقبلية (SUCCEPTIBITY) المغناطيسية التي تمثل نسبة العزم المغناطيسي للمادة على شدة المجال المغناطيسي وهي كمية بدون وحدات وتلاحظ الظاهرة البارامغناطيسية في المواد التي تحتوي ذراتها على الكترونات منفردة وبذلك لا يمكن لمحصلة عزمها المغناطيسي ان يكون صفراً ، وتعتمد الخصائص المغناطيسية لهذه المواد على درجة الحرارة التي تؤدي زيادتها إلى تقليل العزوم المتولدة وبعض المواد البارامغناطيسية تنجذب إلى المغالط القوية ونفوذيتها تزيد قليلاً عن تلك للهواء أو الفراغ المطلق) (vacuumومن أمثلة هذه المواد الصوديوم والبوتاسيوم والأوكسجين المسال.

ثالثاً : المواد الدايا مغناطيسية:

هي المواد التي تولد عند وضعها ضمن مجال مغناطيسي خارجي عزوماً تعاكس اتجاه المجال الخارجي ويفسر ذلك بأنه نتيجة للتيارات الكهربائية التي تنحث في ذرات المادة ذات الالكترونات الغير زوجية تولد حسب قانون أمبير عزوماً تعاكس المجال الذي سببها لهذا يلاحظ بان هذه المواد تتنافر مع المغانط المقربة منها وان النفاذية النسبية لهذه المواد يقل قليلا عن الواحد أي أن شدة مغنطتها تكون سالبة ومن أمثلة المواد الدايامغناطيسية النحاس والذهب والكربون والألماس وغاز النتروجين وثاني أوكسيد الكاربون.

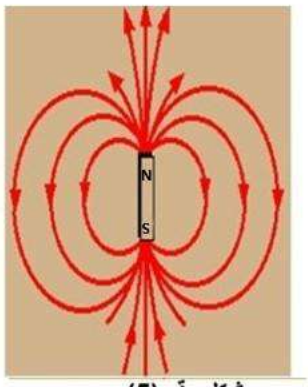
1-2المجال المغناطيسي Magnetic Field

1-2-1-خطوط القوى المغناطيسية

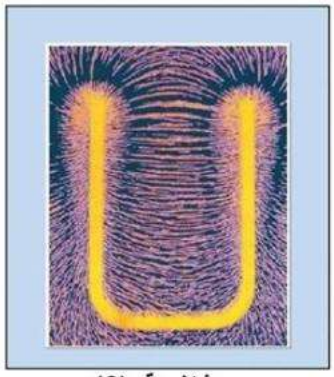
للوقوف على طبيعة وتصرف المواد المغناطيسية تستخدم تجربة بسيطة معروفة هي أن نأخذ قضيب مغناطيسي دائم ونضع ورقة عليه ، ثم تنثر فوقها برادة الحديد فنلاحظ توزيع هذه البرادة بطريقة تشير فيها إلى اتجاه خطوط القوى المغناطيسية التي يولدها القضيب المغناطيسي كما مبين في شكل (1-5) وان الشكل يمثل طبيعة المجال المغناطيسي المتمثلة بتوزيع خطوط القوى (line forces) التي تخرج من طرف من أطراف المغناطيس وتدخل عند الطرف الآخر له وتسمى هذه الأطراف في هذه الحالة بالأقطاب (poles) إن خطوط القوى تشغل فضاء أو (الحيز) المحيط بالقضيب المغناطيسي أي أن المجال ثلاثي الأبعاد في حين تستطيع هذه التجربة إظهار بعدين منها فقط وان الأقطاب تشمل القضيب بطوله كله إلا أن شدة تأثيرها يتركز عند الأطراف بشكل قوي والطرف الذي تخرج منه خطوط القوى يسمى بالقطب الشمالي (north pole) والطرف الذي تدخل فيه خطوط القوى يسمى بالقطب الجنوبي (south pole) ويرمز لها بالحرفين SN على التعاقب . لا يمكن وجود قضيب مغناطيسي فيه قطب شمالي فقط أو جنوبي فقط دائما القطبين متلازمين تماماً ولهذا فان المجال المغناطيسي يسمى ثنائي القطبية (dipole) وهذا يعني بان مغناطيسية القضيب (أو أي مغناطيس آخر) تتركز في قطبين متساويين بشدة المجال المتعاكسين في اتجاه التأثير عند قطع القضيب المغناطيسي إلى جزئين فان لكل منهما هو مغناطيس ثنائي القطبية، وبذلك يمكن توليد أي عدد من المغانط ثنائية القطبية لغاية الوصول إلى ذرة واحدة، مما يؤكد بان الذرة هي المصدر الأساسي للمغناطيس.

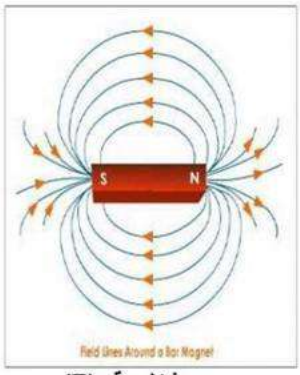
تقاس شدة المجال المغناطيسي بعدد خطوط القوى التي تترك قطباً لتدخل في الآخر ، ويعتمد في ذلك على المادة المغناطيسية وطريقة المغنطة وشكل المغناطيس، وتصنع المغانط عادة بأشكال وأحجام متنوعة والمستخدم منها أما على شكل اقراص او قضبان او حذوة الفرس عبارة عن قضيب تم حنيه على شكل حرف (U) كما مبين في شكل (1-6) ويحتوي المغناطيس في هذه الحالة على قطبين أيضا يقعان في مستوى واحد وتخرج خطوط القوى فيه من قطب وتدخل في الآخر تماما كما في حالة القضيب باستثناء إن المجال المغناطيسي يكون أكثر تركيزاً

بين القطبين لأنها متقاربة وتسير خطوط مباشرة بينها في الهواء . وعند وضع مغناطيس حذوة الفرس على قضيب مغناطيسي أو عندما يكون المغناطيس على شكل حلقة فان دائرة مسار الخطوط تكون مغلقة ولا حاجة لها أن تمر في الهواء بل أغلبيته في الجسم المعدني على شكل حلقات مغلقة سيمر<



شكل رقم (5)


شكل رقم (6)



شكل رقم (7)

الشكل (1- 7,6,5) يوضح خطوط القوى المغناطيسية

وان الخطوط التي لا تمر في الجسم المعدني وتتسرب للمرور عبر الهواء تشكل مجالا مفقوداً أو متسربـاً (Leakage) خطوط القوى المغناطيسية بل يمكن تحسس تأثيرها أو مقدارها بأجهزة متخصصة وتكون هذه الخطوط عبارة عن حلقات مغلقة تخرج من القطب الشمالي لتدخل في القطب الجنوبي كما مبين في شكل (7-1) ويمكن تقدير قوى المغناطيس من سرعة جذبة للمواد المعدنية كالحديد مثلاً عند تقريبها منه ولهذه الخطوط خواص عديدة نذكر منها ما يأتي:

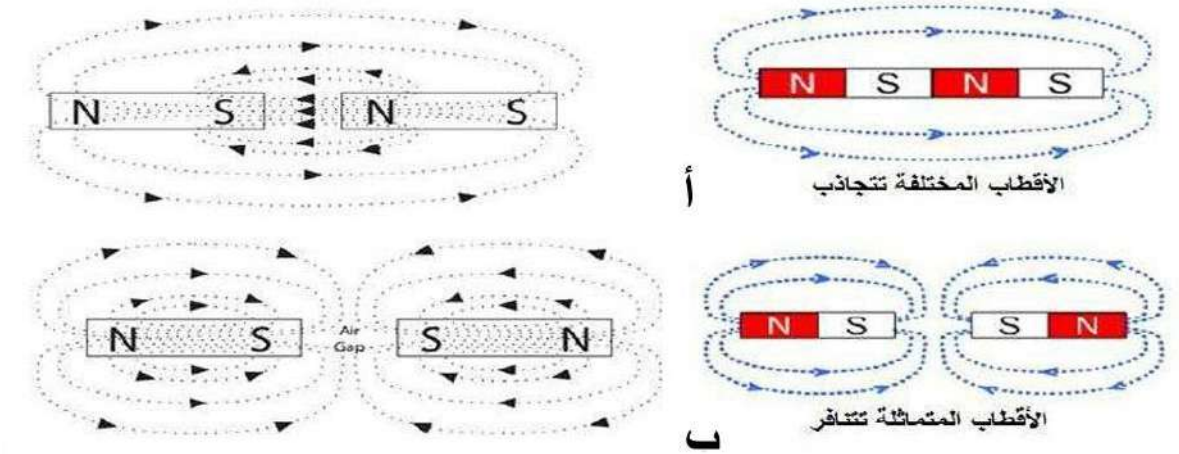
1. لا تتقاطع مع بعضها البعض أبدا.
2. تكون جميعها متماثلة ومتساوية في مقدار الشدة.
3. تسلك الطريق الأقصر وذو المقاومة الأقل بين القطبين.
4. تقل كثافة الخطوط كلما ازدادت المسافة بين الأقطاب.
5. تتجه من القطب الجنوبي الى القطب الشمالي داخل قطعة المغناطيس وبالعكس خارجه.
6. الخطوط ساكنة لا تتحرك ويفرض اتجاها لها وكأنها تتحرك.

2-2-1 القوة المغناطيسية:

هنالك تشابه بين المجالين المغناطيسي والكهربائي في عدة أوجه، وأن هنالك اختلافات معينة بينهما، وتوجد بشكل عام علاقة تبادلية قوية جداً بينهما وتعرفنا عند دراستنا للمجال الكهربائي بان الشحنتين المختلفتين تتجاذبان والشحنتين المتشابهتين تتنافران بسبب القوة المؤثرة عليهما حسب قانون كولوم، أما في المجال المغناطيسي فأن الأقطاب المغناطيسية تتصرف بالسياق نفسه كتصرف الشحنات في المجال الكهربائي.

ويمكن أن تكون الشحنة في المجال الكهربائي موجبة أو سالبة فقط لهذا فأن المجال هنا يسمى احادي القطبية (Monopole) ويختلف بذلك عن المجال المغناطيسي ثنائي القطبية حيث لا يمكن أن يوجد احد القطبين لوحده فقط.

ويتضح تأثير المغناطيسية من تسليطها قوة على الأجسام الأخرى القريبة منها فهي تجذبها إليها أو تحولها إلى مغناطيس آخر. وعند تقريب جسمين مغناطيسيين من بعض فأن قوة معينة حسب قانون كولوم سوف تؤثر فيهما وتتناسب هذه القوة طردياً مع حاصل ضرب شدة مجال قطبي الجسمين القريبين من بعض، وعكسياً مع مربع المسافة بينهما. وقد تكون هذه القوة جاذبة عند اختلاف قطبية القطبين كما في شكل (1-8) أ أو قوة نافرة عند تشابه قطبية القطبين كما في شكل (1-8) ب.



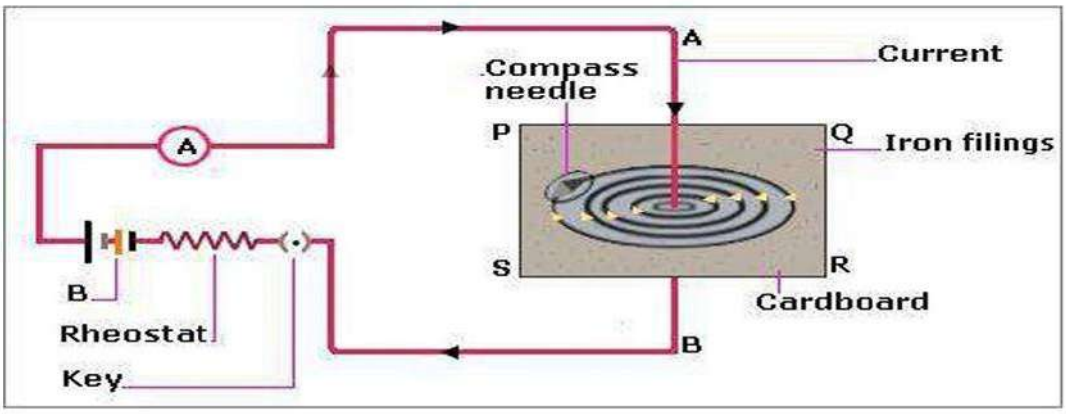
الشكل (1 - 8) يوضح (أ) قوة التجاذب - و (ب) قوة التنافر بين قطبين

وإذا كان أحد الجسمين فقط مغناطيسياً فانه سيجذب بقوة الجسم الآخر غير المغناطيسي أن كان من مادة فيرو مغناطيسية، ويتنافر معه بشكل ضعيف لو كان من مادة دايا مغناطيسية.

إن القوة المغناطيسية تؤثر ضمن مسافة محدودة توصف بأنها مجال القوة، حيث يولد كل قطب مغناطيسي مجالا يحيط به، وهذا بدوره يسلط القوة المؤثرة في الأجسام ضمن هذا المجال ويتم تصور هذا المجال على انه مجموعة خطوط القوى كتلك في حالة المجال المغناطيسي، وتتكاثف هذه الخطوط قرب الأقطاب وتنتشر إلى الخارج كلما ازدادت بعداً عن الأقطاب حيث تتباعد عن بعض، وإن عددها في وحدة المساحة تتناسب مع شدة المجال في المنطقة المعينة.

1-2-3 اتجاه خطوط المجال المغناطيسي

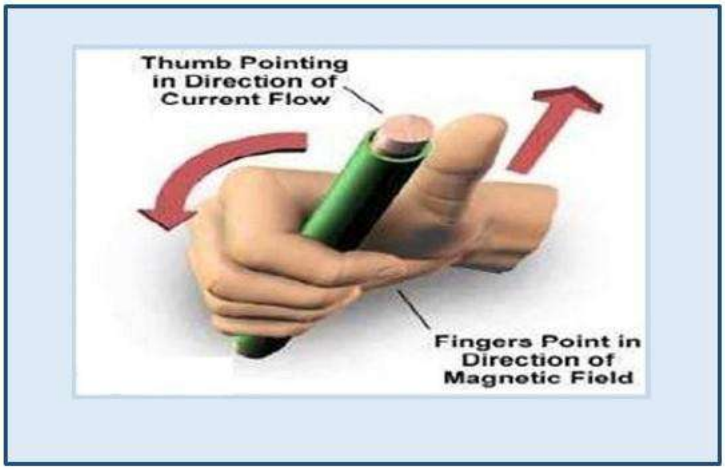
عند مرور تيار كهربائي في موصل ، فأن مجالا مغناطيسياً سيتولد حول هذا الموصل يكون اتجاه خطوطه حسب اتجاه التيار المار في الموصل . ويمكن ملاحظة ذلك عند أخذ موصل مستقيم معزول يمر من وسط لـوح



الشكل (1-9) يوضح اتجاه خطوط المجال المتولد في الموصل

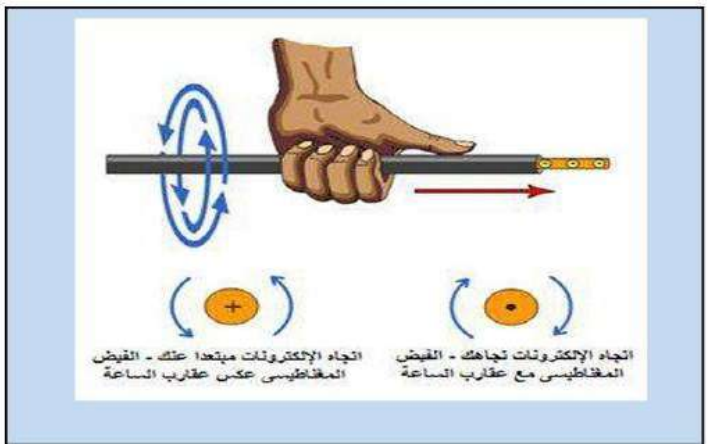
كارتوني كما في شكل (1-9) ، وعند إمرار تيار في هذا الموصل ونثر برادة الحديد على لوح الكارتون فأن تأثير المجال المغناطيسي الذي يولده التيار الكهربائي يجعل براده الحديد تأخذ أشكالا حلقية متداخلة متمركزة (يتطابق مركزها مع محور الموصل) تحيط بالموصل لمعرفة اتجاه هذه الحلقات نضع عددا من البوصلات بالقرب منها نلاحظ بأن جميعها يؤشر في الاتجاه نفسه حول الحلقة، وعند تغير اتجاه التيار المار في الموصل فأن اتجاه البوصلات سيتغير بمقدار (180) درجة.

بشكل عام يمكن تحديد اتجاه خطوط القوى التي يولدها التيار المار في موصل باستخدام قاعدة اليد اليمنى التي تتلخص (بالقبض على الموصل باليد اليمنى بحيث نجعل الإبهام موازياً لمحور الموصل ويشير باتجاه التيار، عندها فان الأصابع الأربعة القابضة على الموصل ستشير إلى اتجاه خطوط القوى كما موضح في شكـــــل (1-10).



الشكل (1-10) يوضح اتجاه خطوط القوى

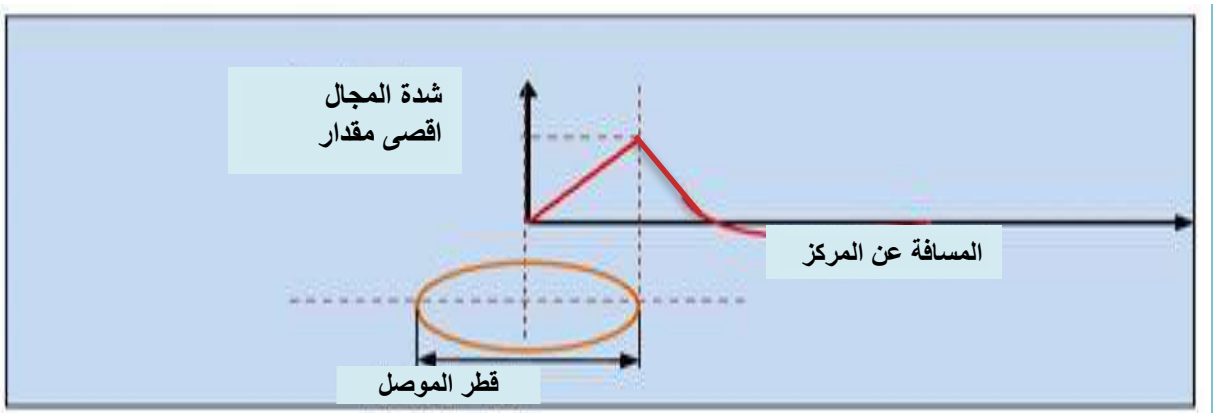
اذا رمزنا للتيار بسهم يمثل رأسه بنقطة وأسفله بعلامة الضرب أي أن رأس السهم يمثل اتجاه التيار نحونا وأسفل السهم يمثل اتجاه التيار نحو الصفحة ولتحديد اتجاه خطوط المجال يمكن أيضا استخدام طريقة المفـك (Screwdriver)كما في شكل (1- 11) .



الشكل (1-11) يوضح اتجاه خطوط المجال

اذ تمثل حركة المفك عند تثبيت اللولب في الجسم اتجاه خطوط القوى التي تكون باتجاه عقارب الساعـــــــة (Clockwise) علماً بأن اتجاه حركة اللولب تمثل اتجاه التيار الكهربائي أما عند فك اللولب فأن اتجاه خطوط القوى تكون باتجاه معاكس لدوران عقارب الساعة(Anticlockwise) وإن خصائص هذه الخطوط تلخـــص كما يأتي:

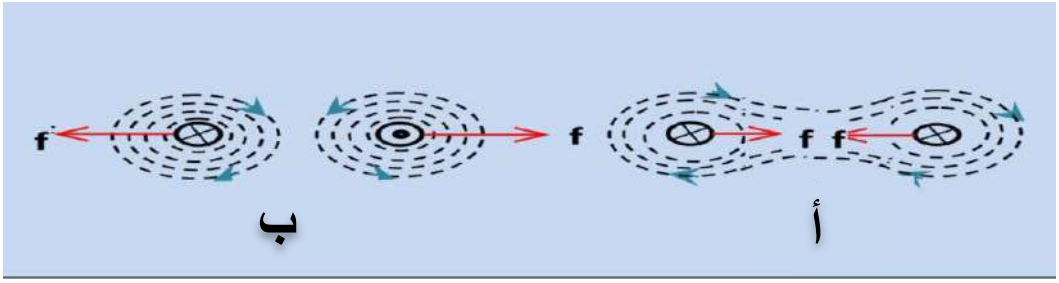
1. المجال المغناطيسي يتكون من دوائر منتظمة متمركزة يتطابق مركزها مع محور الموصل.
2. يعتمد اتجاه الخطوط على اتجاه التبار في الموصل وكثافة هذه الخطوط على شدة التيار.
3. شدة المجال تساوي صفر عند محور الموصل وتكون الأقصى عند سطحه وتقل كلما ابتعدنا عن سطح الموصل كما مبين في الشكل رقم (1-12)



الشكل (1-12) يوضح توزيع شدة المجال للموصل

4. جميع الحلقات تكون متناظرة نسبة لمحور الموصل، وان كان غير ذلك فهو دليل وجود قوة خارجية مؤثرة تؤدي الى ذلك

5. خطوط القوى المغناطيسي في مجالين لموصلين يحملان تيار يزيل بعضهما بعض مما يشكل قوة تجاذب إن كان اتجاه التيارين متشابهاً ، كما في شكل (1-13) أ ، ويساند بعضهما بعض مما يشكل قوة تنافر إن كان اتجاه التيارين فيهما متعاكس كما في شكل (1-13) ب.



الشكل (1-13) قوة التجاذب (أ) وقوة التنافر (ب) بين موصلين يحملان تيارا

4 - 1 -2 ألفيض المغناطيسي:

إن أهم مقدار يصف المجال المغناطيسي هو خطوط القوى التي يعطي عددها أو مجموعها ما يسمى بالفيض المغناطيسي (Magnetic Flux) ويرمز له بالحرف (Ø) ووحدته هي الويبر (Weber) والفيض هو تدفق القوة المغناطيسية المتمثلة بخطوط القوى التي تنتقل بين القطبين الشمالي والجنوبي لقطعة المغناطيس. أما ما يعطي خصائص المجال المغناطيسي فهي كثافة الخطوط عند نقطة معينة في المجال وتسمى هذه بكثافة الفيض وتعرف بانها عدد خطوط القوى المغناطيسية المارة في وحدة المساحة العمودية على اتجاه الفيض (Flux Density) ويرمز لها بالحرف (B) ووحدته هي الويبر في وحدة المساحة أي (Wb/m^2) أو التسلا (Tesla) ويساوي الويبر الواحد مائة مليون خط قوى (10^8) وكانت وحده الفيض سابقاً الماكسويل التي تساوي خط قوة واحد أي إن التسلا تساوي مائة مليون خط قوى في المتر المربع الواحد ، وان كثافة الفيض تساوي:

$$B = \frac{\emptyset}{A} \qquad \text{.....(1-1)}$$

إذ إن A هي مساحة المقطع (m^2) التي يراد ايجاد كثافة الخطوط فيها.

مثال(1-1) :

ما كثافة الفيض بالتسلا لمجال عدد خطوطه المارة خلال مقطع مستطيل أبعاده (250×40) سم هو 12مليون خط؟

الحل: نحول عدد الخطوط الى ويبر (وحدة الفيض) أذ يساوي الويبر الواحد مائة مليون خط أي

$$\text{Ø}=\frac{12\times10^{6}}{10^{8}}=0.12\ \text{wb}$$

مساحة المقطع الذي تمر فيه خطوط القوى هي:

$$A=250\times40\times10^{-4}=1\ m^{2}$$

أذاً كثافة الفيض تساوي:

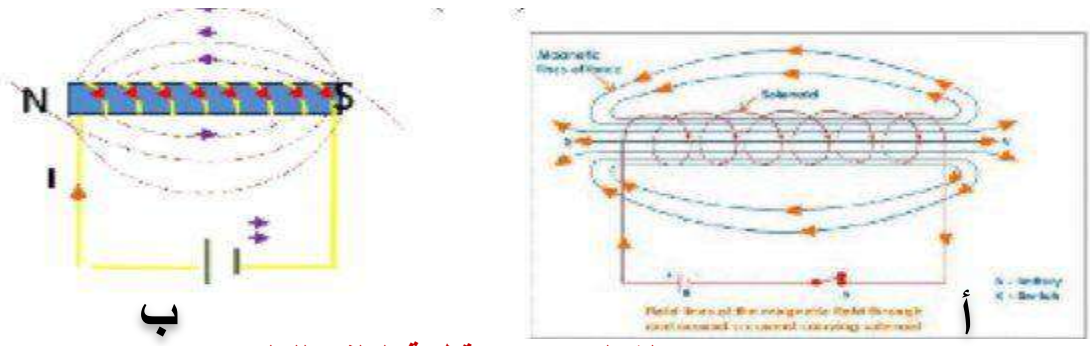
$$B=\frac{\text{Ø}}{A}=\frac{0.12}{1}=0.12\ Te$$

3-1 المجال المغناطيسي والملفات اللولبية Magnetic Field and coils

1 -3-1-1 قطبية الملف اللولبي:

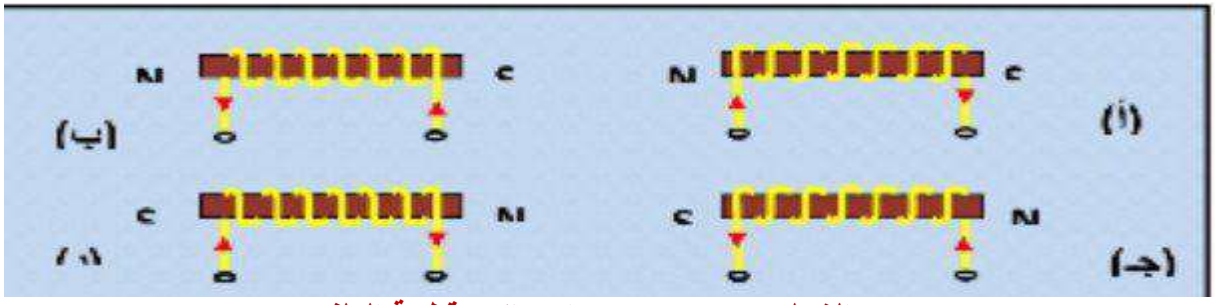
أكتشف أوريستد عام 1820 العلاقة بين المغناطيسية والكهربائية عندما اظهر بأن السلك الحامل للتيار يولد مجالاً مغناطيسياً خاصاً به وعند لف هذا السلك لتكوين ملف لولبي (Solenoid) ومرور تيار فيه فأن مجال حلقات الملف المنفرد تتجمع لتولد مجال مغناطيسي قوي داخل محور الملف كما مبين في (1-14) أ . وفي حالة إدخال قضيب من الحديد اللدن أو من مادة فيرو مغناطيسية داخل هذا الملف كما مبين في شكل (1-14) ب فأن المجال المغناطيسي سيزداد بعدة إضعاف وهذا الترتيب الأخير مهم جدا وله استخدامات عديدة ويسمى بالكهرومغناطيسي< (Electromagnet)

أن خطوط القوى تخرج من الملف الحامل للتيار من جهة هي القطب الشمالي (N) وتدخل في الجهة الأخرى هي القطب الجنوبي(S)



الشكل (1-14) قطبية الملف اللولبي

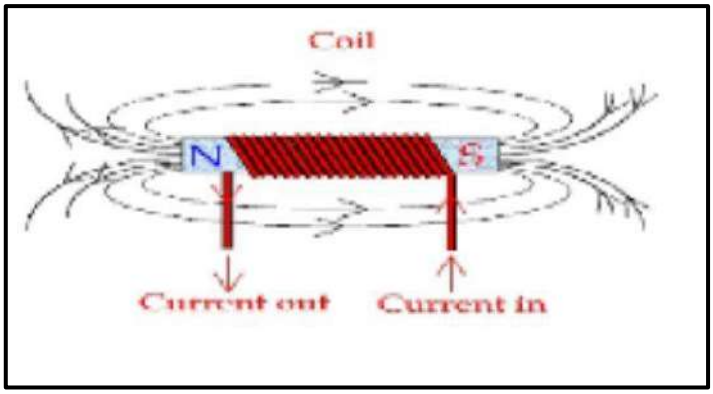
ويعتمد تكوين القطب المعين في هذه الجهة أو تلك على اتجاه التيار وطريقة لف الملف . وتحدد قطبية الملف اللولبي باستخدام قاعدة اليد اليمنى التي تنص على اقبض على الملف باليد اليمني بحيث تمثل الأصابع الأربعة اتجاه التيار المار في الملف، فأن الإبهام الموازي لمحور الملف في هذه الحالة سيؤشر نحو القطب الشمالي للمجال المغناطيسي المتكون عند تغير كل من اتجاه التيار واتجاه لف الملف كما في (أ) و (ب) أو (ج) و (د) في شكل (1-15) فان قطبية الملف تبقى كما هي دون تغير. وعند تغير اتجاه التيار فقط فان القطبية ستتغير وكذلك عند تغير اتجاه لف الملف فقط فالقطبية تتغير كما هو واضح في الشكل (1-15) حيث توجد أربعة احتمالات لهذه القطبية تبعا لذلك.



الشكل (1-15) يوضح احتمالات قطبية الملف

1-3-2- مغنطة المواد الفيرو مغناطيسية :

عند الرغبة في تحويل قطعة حديدية اعتيادية إلى مغناطيس باكتسابها الخصائص المغناطيسية وتولد عزم مغناطيسي فيها فأنها توضع داخل ملف لولبي كما في شكل (1-15) . عند مرور التيار في ملف اللولبي ، فان المجال المغناطيسي المتكون ستمر خطوطه في داخل قطعة الحديد فتجد حقولها المغناطيسية تتجه باتجاه هذه الخطوط ، وتسمى هذه العملية بالمغنطة (Magnetization) وإن مغنطة القطعة الحديدية بهذه الطريقة بوضعها ضمن المجال المغناطيسي تسمى بالطريقة الغير مباشرة(Indirect) . ويمكن مغنطة قطعة الحديد بصورة مباشرة بجعلها جزء من دائرة كهربائية، وإن التيار الكهربائي المار فيها يسمى بتيار التمغنط الذي يحدد قيمته شدة المجال المحتث في القطعة ويمكن مغنطة قطعه بصورة مباشرة عند تقريبها من مغناطيس دائم إذ تنتشر خطوط مجال هذا المغناطيس داخل قطعة الحديد ومغنطتها. وعند رفع تأثير المجال المغناطيسي الخارجي سواء للملف اللولبي أو المغناطيس الدائم عن قطعة الحديد فان قابليتها المغناطيسية ستضمحل باستثناء جزء بسيط يسمى بالمغناطيسية المتبقية (Residual) .وعندما يكون طول قطعة الحديد الموضوعة داخل الملف اللولبي أكبر بعدة مرات مقارنة مع قطرها فأن خطوط القوى التي تمر داخل قطعة الحديد تكون مستقيمة وموازية لمحورها و تتكثف بشدة داخلها بمقدار يزيد كثيراً عما في الهواء المحيط بهذه القطعة وذلك لأن مقاومة الهواء لمرور خطوط القوى من خلاله تزيد كثيراً جداً جداً عما في قطعة الحديد. وعندما تخرج خطوط القوى من القطب الشمالي للقطعة الممغنطة فأنها تنتشر في الهواء في مساحة واسعة لأنه لا يستطيع تحمل هذا العدد من الخطوط في وحدة الحجم المحددة، كما مبين في شكل (1-16) .



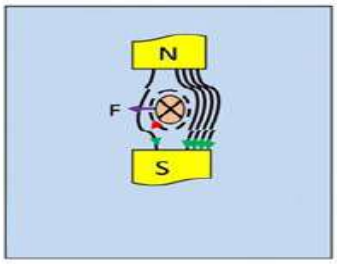
الشكل (1-16) توزيع الخطوط داخل وخارج المغناطيس

إن عدد خطوط القوى المغناطيسية أو الفيض (Θ) التي يولدها الملف اللولبي تتناسب طردياً مع شدة التيار المار فيه (I) ومع عدد اللفات (N) الذي يتكون منه وإن حاصل ضرب هذين المقدارين يسمى بالقوة الدافعة المغناطيسية (MMF), (Magnetomotive Force) ويرمز لها بالحرف (F) ووحدتها هي أمبير - لفة (AT)ويعبر عنها رياضياً كما يأتي:

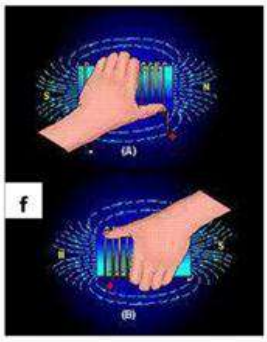
$$F = IN \quad (AT) \qquad \text{.....(2-1)}$$

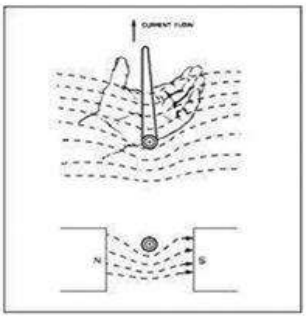
3-1-3 القوة المتولدة في المجال:

عند وضع الملف الحامل للتيار ضمن مجال مغناطيسي خارجي ، فان مجاله سيتفاعل مع المجال الخارجي وطبيعة التفاعل تعتمد على اتجاه التيار المار في الملف وعلى قطبية المجال الخارجي أو اتجاه خطوط القوى فيه ولتبسيط الحالة نأخذ موصلاً واحداً يحمل تياراً باتجاه الصفحة ونضعه ضمن مجال مغناطيسي خارجي تخرج خطوطه من القطب الشمالي نحو القطب الجنوبي كما مبين في شكل (1-17) ونلاحظ بأن المجال الخارجي سيسلط قوة طاردة للموصل من ضمن هذا المجال وذلك لأن خطوط المجالين الخارجي وللموصل على يمين محور الأقطاب تكون في الاتجاه نفسه فتزداد كثافتها ، في حين تكون على يسار محور الأقطاب متعاكسة فيزيل أحدهما الآخر ويصبح عددها قليلاً في هذه المنطقة، وإن خاصية خطوط القوى هي تمتعها بالمطاطية ومحاولتها سلوك أقصر طريق بين الأقطاب لهذا فهي تحاول العودة إلى وضعها الطبيعي قبل وجود الموصل في طريقها وللقيام بذلك نحاول إزاحة الموصل بتسليط القوة (f) عليه كما مبين في شكل (1-17) ، وان اتجاه القوة المتولدة نتيجة التفاعل المتبادل بين لمجالين يمكن تحديدها باستخدام قاعدة اليد اليسرى أو باستخدام قاعدة فلمنغ (felming)، كما في الشكل رقم (1-18).



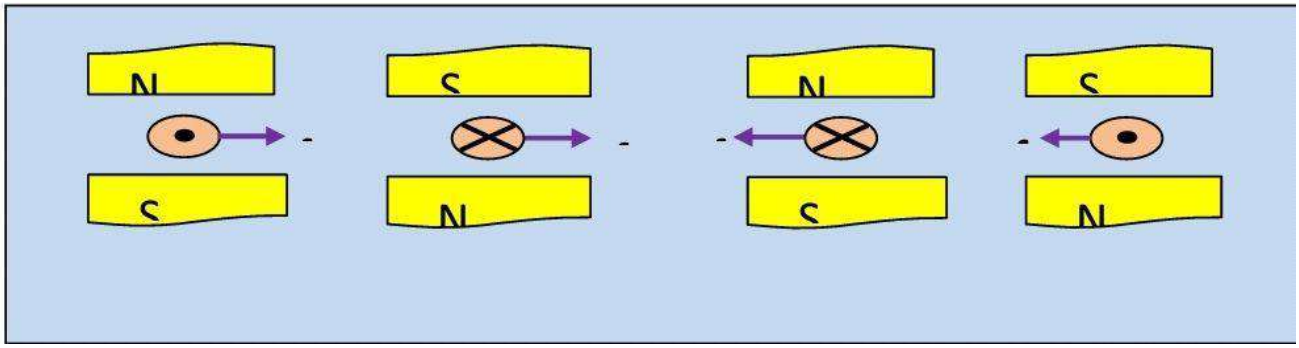
الشكل (1-17) خروج الخطوط من القطب الشمالي





الشكل (1-18) قاعدة اليد اليمنى الشكل (1-18) قاعدة اليد اليسرى

وان قاعدة اليد اليسرى تنص على بسط اليد اليسرى ضمن المجال المغناطيسي بحيث تواجه راحة اليد القطب الشمالي. وتشير الأصابع الأربعة إلى اتجاه التيار المار في الموصل، عندها سيشير الإيهام المتعامد مع الأصابع الأربعة إلى اتجاه القوة الطاردة .(f)وتوجد أربع احتمالات لاتجاه هذه القوة، وتعتمد على اتجاه خطوط المجال الخارجة أو قطبيته، وعلى اتجاه النبار المار في الموصل، كما مبين في الشكل رقم (1-19)



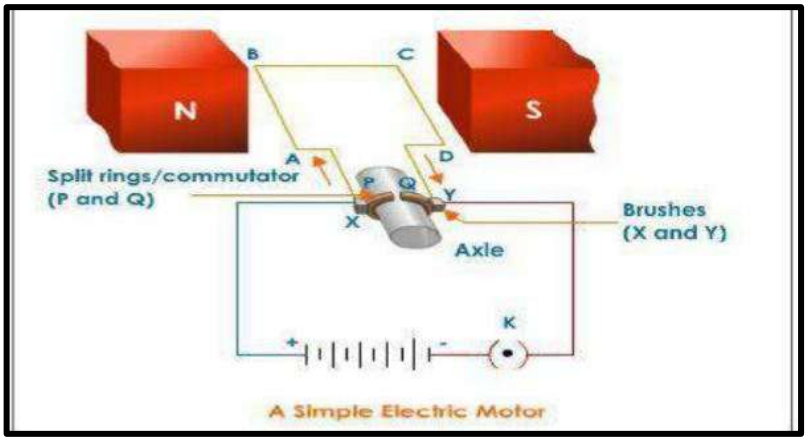
الشكل (1-19) احتمالات اتجاه القوة المتولدة حسب قطبية المجال واتجاه التيار في الموصل

وان مقدار القوة المتولدة يعتمد على شدة التيار المار في الموصل (I) وعلى كثافة خطوط القوة للمجال (B) وعلى الطول الفعال للموصل الموجود في داخل المجال (L) والذي يساوي عادة طول الأقطاب . ويعبر عن هذه القوة رياضياً كما يأتي:

$$f = B\,I\,L \qquad \text{.....(3-1)}$$

وتزداد قيمة القوة عند زيادة قيمة أي مقدار من الجهة اليمنى من المعادلة . ويزداد الطول ايضاً عند جعل الموصل على شكل ملف داخل المجال المغناطيسي وغالباً ما يصمم الملف على شكل إطار له جانبيين وعند وضعه ضمن المجال المغناطيسي الخارجي كما مبين في الشكل (1-20) وجعله يتحرك بحريه حول محوره فان هذا الملف الحامل للتيار سيبدأ بالدوران حول محوره لان اتجاه القوتين العلوية والسفلية واحدة ، ويكون

اتجاه الإطار متطابقاً مع حركة عقارب الساعة . وعند تغيير التيار في الملف أو تغير قطبية المجال المغناطيسي الخارجي فان اتجاه دوران الإطار سوف ينعكس . وهذه الظاهرة هي من أهم مبادئ استغلال تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية التي تقوم بها المحركات .



الشكل (1-20) محرك كهربائي بسيط

عندما شكل اتجاه حركة الموصل ضمن المجال المغناطيسي زاوية معينه (Ø) مع اتجاه خطوط القوة المغناطيسية لهذا المجال فأن التعبير عن القوة يصبح

$$f=BILSin\theta \quad \text{.....(4-1)}$$

وان المجال المغناطيسي يؤثر في الشحنة (q) المتحركة ضمن الطريقة أعلاه نفسها ، إذ تولد الشحنة تياراً يتحرك لمسافة محددة (L) في زمن(t)

ومن المعروف إن السرعة هي المسافة على الزمن $V = \frac{L}{t}$ والتيارهو الشحنة على الزمن $I = \frac{q}{t}$

عندها يمكن التعبير عن القوة المؤثرة على الشحنة كما ياتي : $F=BIL=B(\frac{q}{t})\ Vt$

$$F = Bqv \quad \text{----------(5-1)}$$

اذا أن السرعة بالمتر/ ثانية والشحنة بالكولوم وان هذه القوة المتولدة تكون عمودية دائما على اتجاه خطوط القوى للمجال وعمودية دائما على اتجاه حركة الشحنة. وعندما يشكل اتجاه حركة الشحنة زاوية معينة (θ) مثلا مع اتجاه خطوط القوى فان التعبير عن القوة يصبح :

$$F = Bqv \sin \theta \qquad \text{..... (6-1)}$$

مثال (1-2)

عند وضع موصل طوله (20 cm) يمر فيه تيار مقداره (20 A) ضمن مجال مغناطيسي فان القوة المسلطة على الموصل يكون مقدارها (2.4 N) ما كثافة خطوط هذا المجال ؟

الحل : كثافة خطوط هذا المجال او كثافة الفيض المغناطيسي هي :

$$B = \frac{F}{IL} \quad \frac{2.4}{20 \times 20 \times 10^{-2}} = 0.6 \ \frac{wb}{m^2} = 0.6T/e$$

4-1 الكميات المغناطيسة Magnetic Quantites

لقد تطرقنا في الموضوعات المختلفة التي درسناها أنفاً الى كميات عديدة تصف المجال المغناطيسي وتأثره وسنقوم هنا بتعريف هذه الكميات وإعطاء التعبير الرياضي هو الوحدات المستخدمة لقياسها وعلى النحو الأتي:

4 -1-1 النفاذية (M) Bermeability :

يمكن تعريف النفاذية المغناطيسية بانها تعبر عن مدى امكانية تدفق خطوط المجال المغناطيسي في وسط ما، او بنحو عام بأنها خاصية المادة التي تصف السهولة التي يتولد فيها الفيض المغناطيسي. يعتمد مقدار النفاذية للمواد المغناطيسية على طريقة تصنيع ومكونات هذه المواد وهي التي تعتمد عليها خصائص المواد المغناطيسية

وتنقسم النفاذية إلى نفاذية مغناطيسية مطلقة (absolute) ويرمز لها بالحرف ($\mu_\circ$) والى نفاذية نسبية (relative) ويرمز لها بالحرف (μ_r) .

وتمثل النفاذية النسبة المطلقة للمادة على انها نفاذية الفراغ المطلق (Vacuum) أو نفاذية الهواء ، ويرمز لها بالحرف ($\mu_\circ$) وهي ذات قيمة ثابتة تساوي ($\mu_\circ = 4\ \pi \times 10^{-7}$) ووحدتها (He/ m) هنري لكل متر طول لهذا فان النفاذية النسبية وهي كميات بدون وحدات ، تساوي :

$$\mu_r = \frac{\mu}{\mu_\circ} \qquad \text{.....(7-1)}$$

وتساوي النفاذية النسبية للهواء والمواد غير المغناطيسية واحد.($\mu_r = 1$)ولسبائك الحديد والنيكل والكوبلت لغاية عشرات الآلاف . النفاذية للمادة هي رديف لتغيير كثافة الفيض (ΔB)نسبة إلى التغير المناسب لذلك فإن شدة المجال المغناطيسي (AH) أي:

$$\mu = \frac{\Delta B}{\Delta H} \quad \text{(H/m)} \quad \text{.....(8-1)}$$

وشدة المجال (field strength) هي قوة تمغنط المادة المغناطيسية، أوهي مقدار القوة الدافعة المغناطيسية في وحدة الطول الضروري لتدفق الفيض المغناطيسي:

$$H = \frac{F}{L} = \frac{IN}{L} \quad \text{(AT/M)} \text{.....(9-1)}$$

ووحدتها هي أمبير لفة متر او(AT/m) ، وتتناسب كثافة الفيض طردياً تقريباً مع شدة المجال وثابت التناسب هنا هي نفاذية الوسط الذي تمر فيه خطوط القوة لهذا :

$$B = \mu . H \quad \text{(Te)} \quad \text{... .....(10-1)}$$

وتعطي مصانع الصلب جداول تبين نفاذية المواد المصنعة لديها أو العلاقة بين كثافة الفيض وشدة المجال أو قد تعطي منحنيات العلاقة (BH) التي تسمى منحنيات التمغنط (Magnetization Curves) .

1-4-2المعاوقة المغناطيسية Reluctance

هي المقاومة التي تجابه خطوط القوى المارة في وسط ما وتسمى بالمقاومة المغناطيسية أو المعاوقة ويرمز لها بالحرف (S) وتقوم المعاوقة بمعاكسة توليد الفيض المغناطيسي ويعتمد مقدارها على إبعاد الوسط الذي يمر فيه هذا الفيض وعلى نفاذية هذا الوسط، ويمكن اشتقاق التعبير عنها من خلال الفيض على ما يأتي:

$$\emptyset = BA = \mu HA = \frac{F}{S} \quad \text{.....(11-1)}$$

وهذا التعبير يشبه تماماً قانون اوم (I= V/R) لهذا فان المعاوقة تساوي:

$$S = \frac{L}{\mu A} = \frac{1}{H} \quad \text{.....(12-1)}$$

كما ان المعاوقة تساوي أمبير – لفة / ويبر. ووحدتها هي مقلوب الهنري.

$$S = \frac{F}{\emptyset} \qquad \left(\frac{AT}{WB}\right) = \frac{\text{امبير.لفة}}{\text{ويبر}} \quad \text{.....(13-1)}$$

وإن القوة الدافعة المغناطيسية (F = IN) هي المصدر الذي يولد الفيض ويدفعه في الدائرة المغناطيسية ، والسهولة الذي يمر فيها من هذه الدائرة تسمى المنافذة المغناطيسية permeance ، وهي تشبه التوصيلية في الدائرة الكهربائية . التي تساوي مقلوب المقاومة حيث تساوي المنافذة مقلوب المعاوقة أي:

$$\frac{1}{S} = \frac{\mu A}{L} = \frac{\emptyset}{F} \quad \text{(H)} \qquad \text{.....(14-1)}$$

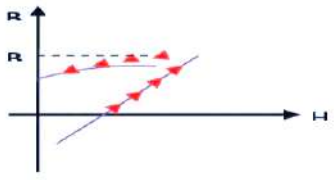
حيث L : طول الدائرة المغناطيسية أو الجزء الذي يسري فيه خطوط المجال.

μ: النفاذية

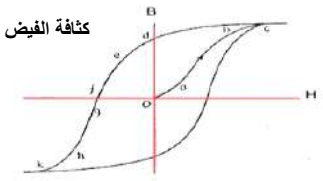
A: مساحة مقطع الجزء المغناطيسي

1-4-3 الحلقة التخلفية Hysterisis Loop :

هي منحنى التمغنط (B-H) للمادة المغناطيسية التي ترسم حلقة مغلقة عند مغنطة وإعادة مغنطة هذه المادة . من المعروف إن أهم خصائص المواد المغناطيسية مقارنة مع المواد غير المغناطيسية هي علاقة كثافة الفيض بشدة المجال (B-H) ، وتعتمد هذه العلاقة بشكل رئيس على صفات المادة قبل مغلطتها وعلى طريقة التعامل الحراري والشد الميكانيكي. ويمكن رسم منحنى التمغنط عند تسليط قوة تمغنط على عينة ، من الحديد اللدن مثلاً بزيادتها من مقدار الصفر إلى مقدار أقصى ثم إزالة التمغنط إلى الصفر ثانية كما مبين في شكل (21-1) نلاحظ بان منحنى التمغنط عند تقليل قيمة شدة المجال يكون أعلى من ذلك عند زيادة شدة المجال . وهذا يعني بأن قيمة كثافة الفيض (B) تتخلف عن شدة المجال (H)وتسمى هذه الظاهرة بالتخلفية أو الهسترة عند الاستمرار في المنحنى السابق بزيادة قوة التمغنط في الاتجاه السالب الى نفس القيمة القصوى ثم تقليلها ثانية إلى مقدار الصفر نحصل على حلقة مغلقة كما في شكل (1-22) تسمى بالحلقة التخلفية أو حلقة الهسترة.



الشكل (1-21) التخلفية



الشكل (1-22) الحلقة التخلفية

1-5 الدائرة المغناطيسية Magnetic Circuit

5-1-1 معطيات الدائرة المغناطيسية

لا تختلف الدائرة المغناطيسية كثيراً عن الدائرة الكهربائية التي تم التعرف عليها في مرحلة سابقة ، حيث تتكون من ثلاثة مكونات رئيسة هي كما في الشكل (1-23) حيث تتكون من مصدر الجهد E واسلاك توصيل لمرور التيار وحمل P وفي الدائرة المغناطيسية تحتاج الى :

1- مصدر الجهد (E) 2- حمل (R) يقوم باستهلاك الطاقة الكهربائية وتحويلها لشكل اخر 3- اسلاك توصيل كمسلك لمرور التيار فيها.

وفي الدائرة المغناطيسية نحتاج الى المكونات التالية:

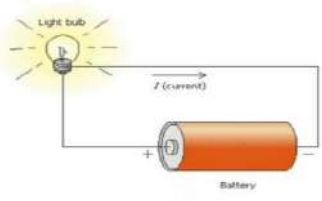
1. مصدر لتوليد القوة الدافعة المغناطيسية (F) وهو ببساطة عبارة عن ملف يتكون من عدد (N_1) من اللفات ويمر به التيار (I_1) نتيجة تسليط الجهد (V).
2. ترتيب لمادة مغناطيسية تكون عبارة عن مسلك لمرور الفيض المغناطيسي (Ø) خلاله كما في الشكل(1-24)
3. حمل يستلم الطاقة المغناطيسية ويحولها إلى شكل آخر .

أن المسلك المغناطيسي هو من أهم أجزاء الدائرة المغناطيسية ويصنع عادة من مادة فير ومغناطيسية ذات قابلية جيدة للتمغنط على شكل حلقة مغلقة في الغالب مختلفة مثلاً حلقة دائرية أو إطار مربع أو مستطيل. وقد يكون المسلك بسيطاً يتكون من حلقة واحدة متوالية أو معقداً يتكون من عدة حلقات تشكل من أكثر من فرعين متوازيين . قد يصنع المسلك المغناطيسي مستمراً بدون قطع . وقد يكون هنالك قطع في المسلك

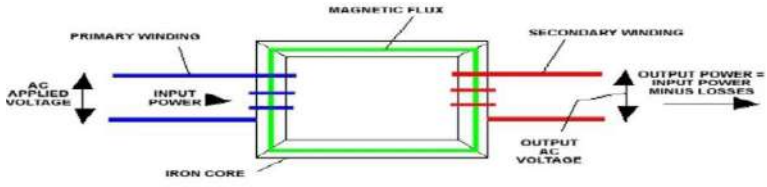
المغلق إن كان فارغاً يسمى بالفجوة الهوائية (Airgrap) عندما يكون المسلك من مادة واحدة و بمعاوقة محددة وبدون فجوة هوائية فانه يكون منتظماً (uniform) وحساب مقاديره تكون بسيطة . أما عندما يتكون المسلك من مادتين مختلفتين أو أكثر ذات معاوقة مختلفة أو تكون أجزائه بمساحة مقطع مختلفة أو عندما تكون هنالك فجوة هوائية فان المسلك لا يكون منتظماً (no uniform) وتتعقد بعض الشيء طريقة حساب مقاديره.

عند حساب الدائرة المغناطيسية يجب معرفة أبعاد وطبيعة مادة كل جزء من أجزاء الدائرة على ما يأتي:

اولاً : إيجاد متوسط طول المسلك المغناطيسي (L) الذي تمر فيه خطوط القوى المغناطيسية . إن تحديد مقدار طول (L) وضربه بشدة المجال يعطي مقدار القوة الدافعة المغناطيسية (F= HL) المسلطة على الدائرة .



الشكل (1-23) دائرة كهربائية



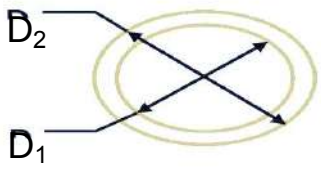
الشكل (1- 24) يوضح دائرة مغناطيسية

ومتوسط طول المسلك الحلقي الدائري أو المستطيل يساوي نصف مجموع المحيطين الخارجي والداخلي للمسلك المنتظم. فمتوسط طول خطوط القوة في المسلك الدائري المبين في الشكل (1-25) يساوي

$$L = \frac{\pi(D_1 + D_2)}{2} \qquad \text{.....(15-1)}$$

حيث D_2 يمثل القطر الكبير ، D_1 يمثل القطر الصغير

في حالة احتواء المسلك على فجوة هوائية التي يكون طولها عادة صغيراً جداً ، فان هذا الطول يهمل لعدم تأثيره كثيراً على حساب متوسط طول المسلك.



الشكل (1-25) إيجاد متوسط طول المسلك

ثانيا : إيجاد مساحة مقطع المسلك المغناطيسي(A) التي تستخدم لإيجاد كثافة الفيض أو الفيض المغناطيسي عند معرفة قيمة احدهما ، أي

$$B = \emptyset / A \qquad \emptyset = BA$$

ويمكن إيجاد مساحة المقطع من معرفة أبعاد المسلك المغناطيسي فمثلا لو كانت مساحة مقطع الحلقة في الشكل (1-25) دائرية الشكل فأن مساحتها تتحدد كما يأتي:

$$A = \frac{\pi(D_1 - D_2)^2}{4} \qquad \text{.....(16-1)}$$

أما إذا كانت المساحة مربعة الشكل فأن التعبير عنها هو:

$$A = (D_2 - D_1)^2 \qquad \text{.....(17-1)}$$

ثالثاً: نفاذية أجزاء المسلك قد تعطى نفاذية المسلك المغناطيسي (أو كل جزء فيه إن لم يكن منتظما) أو قد تستخرج من الجداول التي يعتمدها المصنع أو من منحنى (B-H)إن كان معروفاً . أما إذا كان جزء من دائرة من الكارتون أو الخشب أو الزجاج أو الهواء فأن نفاذيتها تساوي:

$$\mu = 4\pi x\ 10^{-7} = 12.57x\ 10^{-7} = 5/4\ (\mu\ H/m) \quad \text{.....(18-1)}$$

5-1-2 الدائرة المغناطيسية المتوالية

هي الدائرة المغناطيسية التي يمر فيها الفيض المغناطيسي نفسه في جميع اجزائه ولا يوجد تفرع أو عقد تؤدي الى توزيعه ، توجد طريقتان لحساب الدائرة المغناطيسية اعتمادا على المعلومات المعروفة عنها وما المطلوب إيجاد فيها وهما :

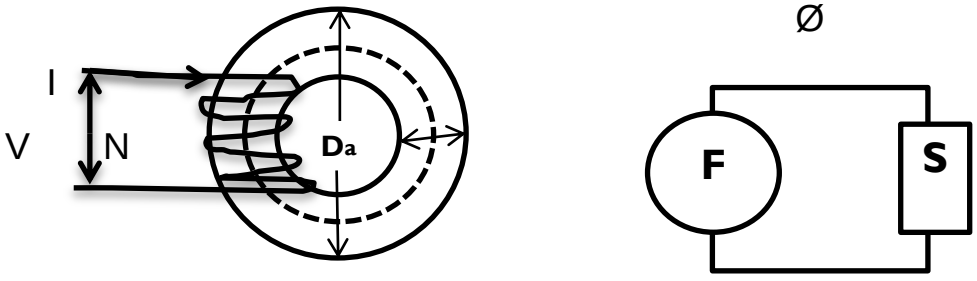
أولا: من معرفة إبعاد المسلك والتيار الذي يمر في ملفه المطلوب إيجاد الفيض المغناطيسي ولتحقيق ذلك تتبع الخطوات الآتية:

1. من المعطيات حساب طول المسلك (L) ومساحة مقطعه (A) .
2. نفرض عدة قيم للكثافة الفيض (B) في الدائرة ونستخرج الفيض المناسب له (BA) .
3. نستخدم منحنى (HB) لمادة المسلك لإيجاد شدة المجال (H) المناسبة لكل كثافة فيض (B) ثم نحسب القوة الدافعة المغناطيسية لكل مقدار (F=HL) .

ثانياً : من معرفة أبعاد المسلك ولفات الملف والفيض المار في المسلك المطلوب مقدار التيار الذي يحقق ذلك.

1- من معرفة الفيض المغناطيسي نجد كثافة الفيض ($B=\frac{\emptyset}{A}$) وباستخدام القوانين المارذكرها نجد شدة المجال(H) .

2- من معرفة (L) و (H) نجد مقدار القوة الدافعة المغناطيسية (F=HL) .ومن معرفة عدد اللفات نستخرج مقدار التيار المار في الملف (I=F/N) كما في شكل (1-26).



الشكل (1-26) ايجاد مقدار القوة الدافعة المغناطيسية والتيار المار في الملف

مثال (3-1)

ملف عدد لفاته (200) لفة وتيار التمغنط المار فيه (1) أمبير واحد يوضع على مسلك مغناطيسي حلقي نفاذية مادته (0.2) جد مقدار الفيض المار في المسلك الذي متوسط قطره (10cm) وقطر مقطعه الدائري(4cm)

الحل :

نجد أولا متوسط طول الحلقة (متوسط المحيط)

$L = \pi D_a = \pi \times 10 \times 10^{-2}$

$= 0.314$ m

ومساحة مقطع المسلك $A=\pi(d/2)^2 = \pi x\ 2^2 \times 10^{-4} = 0.001256\ m^2$

للمسلك المغناطيسية المعاوقة $s = \frac{L}{\mu A} = \frac{0.314}{0.2 \times 0.001256} = 1250 \frac{AT}{wb}$

القوة الدافعة المغناطيسية تساوي $F = IN = 1 \times 200 = 200AT$

اذن الفيض المغناطيس المار في السلك هو $\emptyset = \frac{F}{S} = \frac{200}{1250} = 0.16wb = 160mwb$

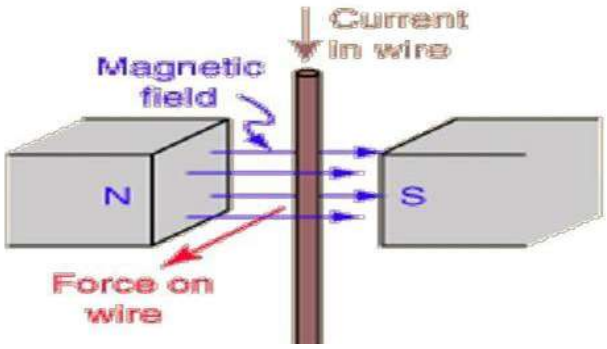
جدول (11) المقارنة بين المقادير الكهربائية والمغناطيسية

المقادير الكهربائية		المقادير المغناطيسية	
المقدار	**الرمز**	**المقدار**	**الرمز**
الجهد او القوة الدافعة الكهربائية	V(E)	**القوة الدافعة المغناطيسية**	F=NI=HL
التيار	I	**الفيض**	$\emptyset$
المقاومة	R=pL/A=L/gA	**المعاوقة**	S=L/μA
التوصيلية	G= $1/\rho$	**النفاذية**	μ

1-6 الحث الكهرومغناطيسي Electromagnetic Induction

يعد العالم الإنكليزي الشهير (فاراداي) أول من وضع قواعد العلاقة بين الكهربائية والمغناطيسية ، عندما اكتشف التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي ثم تبعه (لينز) بعد عدة سنوات ليشرح ويحلل هذا الاكتشاف الذي يعد من أهم أسباب تقدم الحضارة الإنسانية كونه أساس تصميم وعمل المحولات والمحركات والمولدات والكثير من المعدات والأجهزة الكهربائية .

في تجربة وضع موصل ضمن مجال مغناطيسي ثابت كما في شكل (1-27) وعند تحريك الموصل بحيث يقاطع خطوط مجال الأقطاب فأن قوة دافعة كهربائية ستنحث في هذا الموصل.



الشكل (1-27) وضع موصل ضمن مجال مغناطيسي ثابت

من هاتين التجربتين يمكن استنتاج الحقائق الآتية:

1. لاتجاه حركة المغناطيس في التجربة الأولى أو الموصل في التجربة الثانية تأثير مباشر على اتجاه إزاحة مؤشر الكلفانوميتر أو على اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المحتثة .
2. لقطبية المغناطيس القريبة من الملف تأثير مباشر على اتجاه إزاحة مؤشر الكلفانوميتر أو اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المحتثة .
3. لا تنحث قوة دافعة كهربائية ويبقى مؤشر الكلفانوميتر ساكناً عندما يكون كل من الملف والمغناطيس ساكنين أي يجب أن تكون هنالك حركة نسبية بينهما لحث الـ ق .د. ك.
4. عندما تكون سرعة حركة المغناطيس منتظمة وثابتة فأن ال ق. د. ك المحتثة في الملف ستكون متناوبة، وبتردد يعتمد على سرعة الحركة.

ان مقدار القوة الدافعة الكهربائية المحتثة يعتمد على ما يأتي:

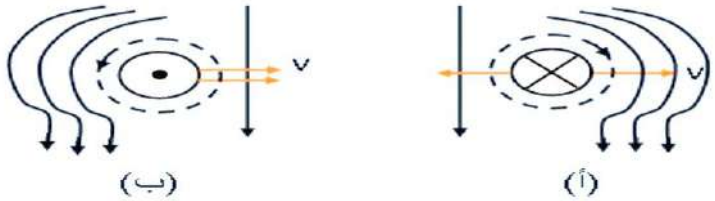
1. عدد خطوط القوة التي تقاطع لفات الملف أو مقدار كثافة الفيض (B) للمجال المغناطيسي .
2. عدد لفات الملف ، لان مقدار الـ ق. د. ك الكلية المحتثة في الملف تساوي حاصل ضرب مقدار الـ ق. د.ك المحتثة في لفة واحدة في عدد اللفات.
3. الطول الفعلي للملف (أوالموصل) الذي يقع ضمن المجال المغناطيسي ويقاطع خطوطه ويساوي عادة طول الأقطاب(L) .
4. سرعة حركة المغناطيس او الموصل ضمن المجال (v) اي معدل تقاطع خطوط القوة مع الملف.
5. اتجاه حركه المغناطيس بالنسبة للملف ، أو الموصل بالنسبة لاتجاه خطوط القوة ، والتي يعبر عنها بالزاوية (θ) حيث تساوي صفراً عندما يكون اتجاه الحركة موازيا لأتجاه خطوط القوة ، وتساوي (90) درجة عندما تكون عامودية عليها ويمكن بشكل عام تحديد مقدار الـ ق .د. ك المحتثة من التعبير الاتي :

$$e = BLNV \sin\theta \ (v) \qquad \text{.....(19-1)}$$

اما اتجاهها فيحدد باستخدام قاعدة اليد اليمنى التي تنص على بسط راحة اليد اليمنى ضمن المجال المغناطيسي بحيث تدخلها خطوط القوة ، فأن كان الإبهام المتعامد مع باقي الأصابع الأربعة يشير إلى اتجاه حركة الموصل ،

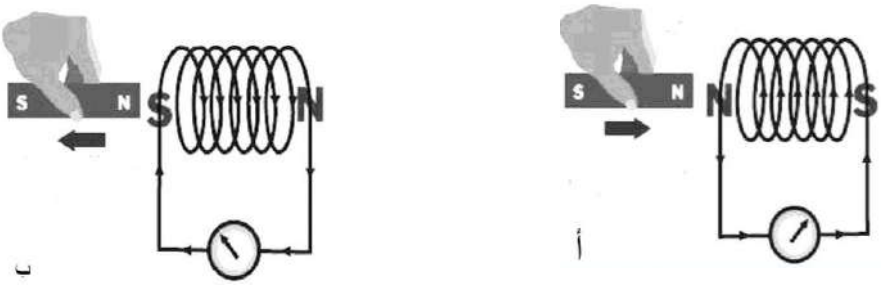
فأن اتجاه الأصابع الأربعة يشير إلى اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المحتثة ، أو بشكل عام يكون اتجاه الـق .د.ك المحتثة في موصل ضمن مجال مغناطيسي معاكس لاتجاه الحركة التي سببته ، ويعرف هذا النص بقانون لينز. عند حث ق.د. ك في موصل مغلق على شكل حلقة فأن تياراً كهربائياً سيمر فيه، بحيث يكون التأثير المغناطيسي لهذا التيار معاكساً للتغير الحاصل في مقدار الفيض. وهذا ينسجم مع قانون لينز الذي يؤكد بأن اتجاه التيار يجب أن يكون بشكل معاكس ليجعل كثافة خطوط المجال عالية في طريق حركة الموصل العرقلة هذه الحركة. ولتوضيح ذلك نأخذ الشكل(1-28) أ، حيث يكون اتجاه التيار في الموصل الموضوع ضمن المجال المغناطيسي باتجاه الصفحة، عند ذلك تتولد قوة (f) لعرقلة حركة الموصل ضمن المجال وهذا ينسجم مع قانون لنز.

لنفرض بأن اتجاه التيار يكون نحونا كما في شكل (1-28) ب ،نلاحظ بأن تأثير القوة المتولدة في هذه الحالة (f) يساعد في حركة الموصل، وهذا غير صحيح لأنه يتعارض مع قانون لينز. ومن هذا نستنتج قاعدة اليد اليمنى المشار إليها أعلاه بأن اتجاه التيار يجب ان يتطابق مع اتجاه الـ ق. د. ك التي سببته.



الشكل (1-28) تأثير اتجاه التيار في موصل على المجال المغناطيسي الخارجي

لتطبيق قانون لينز لإيجاد اتجاه التيار المار في ملف لولبي محتث نتيجة تقريب قطعة مغناطيس منه كما في شكل (1-29) أ ، فأن تأثير التيار يجب ان يكون معرقلاً لحركة القطعة المغناطيسية ، ويتم ذلك فعلاً عندما يكون القطب المغناطيسي للملف المتكون نتيجة مرور التيار فيه مشابهاً لقطب قطعة المغناطيس القريب منه لتحديد أقطاب الملف نقبض عليه باليد اليمنى بحيث يكون الإبهام موازياً لمحور الملف ومؤشراً نحو القطب الشمالي فيكون اتجاه التيار باتجاه الأصابع الأربعة. أما عند إبعاد قطعة المغناطيس عن الملف كما في شكـل (1-29) ب، فأن تأثير التيار يجب أن يكون معرقلاً لحركة القطعة المغناطيسية بتوليد مجال مغناطيسي يكون قطبه القريب من قطعة المغناطيس شمالياً ليجذب قطعة المغناطيس ويعرقل حركتها . بعد تحديد أقطاب الملف نطبق قاعدة اليد اليمنى لنستخرج اتجاه التيار الذي سيكون عكس ما كان عليه في الحالة الأولى.



الشكل (1-29) (أ) و (ب) تطبيق قانون لنز

7-1 القوة الدافعة الكهربائية المحتثة Induced Emf:

خلاصة لما تم ذكره ، فأن الـ ق .د.ك المحتثة في موصل يتحرك ضمن مجال مغناطيسي تساوي بحسب قانون فرداي معدل تقاطع الفيض مع هذا الموصل ، أو الملف المتكون من N لفة ، وإن هذه الـ ق. د. ك المحتثة ستسبب مرور تيار في الموصل يقوم بمعاكسة القوة المؤثرة في الموصل بحسب قانون لينز وان الـ ق. د. ك هي عبارة عن نسبة تغير الفيض مع الزمن ، ويعبر عن ذلك رياضياً على النحو الآتي :

$$E = \frac{-\Delta\emptyset}{\Delta t} \quad (V) \qquad \text{.....(20-1)}$$

إذ إن وجود الإشارة السالبة في الطرف الأيمن من المعادلة هو تفسير لقانون لينز الذي يشير الى إن حث الـ ق. د. ك هو لمعاكسة تغير الفيض المغناطيسي وعند وضع ملف يتكون من (N) من اللفات ضمن المجال المغناطيسي فان المعادلة (21-1) تصبح:

$$E = -\frac{N\Delta\emptyset}{\Delta t} \quad (V) \qquad \text{.....(21-1)}$$

مثال (1- 4)

موصل يحنى على شكل لفة واحدة يتحرك عمودياً على خطوط مجال كثافة فيضه (0.04 Te) يقل بمعدل ثابت إلى الصفرخلال (20) ثانية. جد مقدارالـ ق. د. ك المحتثة في الموصل إذا كانت مساحة مقطعه ($8\ cm^2$)

الحل:

الفيض المغناطيسي للمجال:

$$\emptyset = B\ A = 0.04 \times 8 \times 10^{-4} = 3.2x10^{-5}\ wb$$

الـ ق. د. ك المحتلة في ملف عدد لفاته N= 1 =هي:

$$E = -\frac{N\Delta\emptyset}{\Delta t} = -\frac{1x3.2x10^{-5}}{20} = -0.16x10^{-5}\ V$$

إن وضع الملف ضمن مجال مغناطيسي متغير، أو إن تحريك الملف ضمن مجال مغناطيسي ساكن يؤدي إلى توليد القوة الدافعة الكهربائية وهذا هو مبدأ عمل جميع المولدات الكهربائية. (Generators) وكذلك

عند وضع جسم معدني ضمن مجال مغناطيسي متغير فأن الـ ق د ك ستنحث فيه أسوة بما يجري في الملف أو الموصل . وإن هذه الـ ق. د. ك ستنحث في الجسم المعدني عند تحريكه ضمن المجال المغناطيسي الساكن وعند اعتبار الجسم المعدني كدائرة مغلقة فأن تيار سيمر فيه كما مبين في شكل(1-30)، يسمى هذا التيار بالدوامي (Eddy Current) تيار غير مفيد لأنه يحول جزء من الطاقة الكهربائية الى طاقة حرارية غير مفيدة.

الشكل(1-30)

ولتقليل مقدار هذا التيار يصار إلى زيادة مقاومة الجسم بإضافة مادة السليكون عند سباكة المعدن، وكذلك إلى جعل الجسم عبارة عن شرائح معزولة عن بعضها لتقليل مقدار التيار الكلي . ومن الجدير بالذكر ان التيارات الدوامية تكون نافعة احياناً عند استخدامها لأغراض صناعية كالأفران الحديثة.

(8-1) انواع الحث

1-8-1 الحث الذاتي: Self - Induction

عند مرور تيار كهربائي في ملف فأنه سيولد فيض مغناطيسي يتشابك مع لفات الملف ويتناسب طرديا مع مقدار هذا التيار وعامل التناسب بين الفيض والتيار يسمى بالمحاثة (Inductance) ويرمز له بالحرف (L) كما في شكل (1-31)، ويكون التناسب خطياً عندما يلف الملف لوحده في الهواء أو على جسم غير مغناطيسي كالخشب والورق ، ويكون لا خطياً عندما يكون الجسم فيرو مغناطيسياً ويعبر عن المحاثة بما يأتي:

$$L = \frac{N\emptyset}{I} \quad H \qquad \text{.....(22-1)}$$

ووحدة المحاثة هي الهنري والهنري الواحد هو محاثة الملف الذي تنحث فيه قوة دافعة كهربائية مقدارها فولت واحد عندما يتغير التيار المار في الملف بمعدل أمبير واحد في الثانية .

الشكل (1-31) الحث الذاتي في الملف

مثال (1-5)

ملف مقاومته (50) أوم وعدد لفاته (200) لفة ، يربط على التوالي مع كلفانوميتر مقاومته (300) أوم ويوضع في مجال مغناطيسي مقدار (2) ملي ويبر جد: مقدار التيار المار في الملف عند حركته خلال (0.2) ثانيه لتصبح شدة المجال عندها (0.6) ملي ويبر.

الحل :

تغير الفيض المغناطيسي $\Delta\emptyset = 2 \times 10^{-3} - 0{,}6 \times 10^{-3} = 1.4 \times 10^{-3}$ wb

الزمن الذي يتغير فيه الفيض $\Delta t = 0.2 - 0 = 0.2$ sec

مقدار ال ق.د ك. المحتثة ذاتيا هي:

$$E = -N\frac{\Delta\emptyset}{\Delta t} = \frac{200x\ 1.4\ x\ 10{-}3}{0.2} = -1.4$$

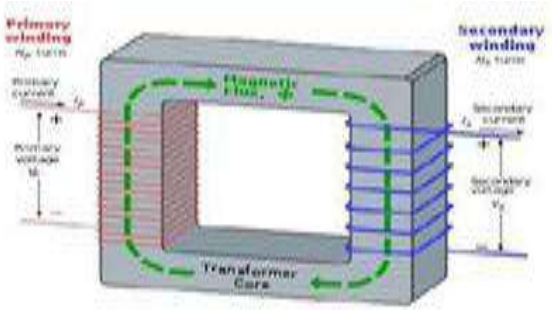
ومقدار التيار المار في الملف يساوي

$$I = \frac{E}{R} = \frac{1.4}{300+50} = \frac{1.4}{350} = 4 * 10^{-3}$$

A = 4 MA

8-1-2 الحث التبادلي Mutual Induction

عند وضع ملفين متجاورين مترابطين (coupled) على قضيب معدني كما مبين في شكل (1- 32) فان ال ق .د. ك ستنحث فيهما الـ ق. د. ك الأولى في الملف الأول (e1) نتيجة تغير مقدار التيار في هذا الملف ويكون حثها ذاتياً ومقدارها يتناسب مع معدل تغير التيار (ΔI_1) في الدائرة الأولى.



الشكل (1-32) الحث التبادلي المتمثل بالمحولة

أما الـ ق.د. ك الثانية المحتثة في الملف الثاني (e_2) فأنها تنحث تبادلياً نتيجة تغير التيار وبالتالي الفيض المغناطيسي في الدائرة الأولى والتعبير عن هذه الـ ق. د. ك هو كما يأتي:

$$e_{21} = -M_{21}\frac{\Delta/1}{\Delta t}$$ volt .....(23-1)

أي أن الـ ق. د. ك المحتثة تبادلياً تتناسب طردياً مع معدل تغير التيار مع الزمن ، وعامل التناسب يسمى بالمحاثة التبادلية Mutual Induetanu ويرمز لها بالحرف (M). وفي المعادلة (1-23) المحاثة التبادلية (M21) هي عامل التناسب بين مقدار الـ ق. د. ك المحتثة في الملف الثاني نتيجة تغير مقدار التيار في الملف الأول وإن التعبير عن الـ ق. د. ك المحتثة هو أيضا معدل تغير فيض تشابك الملف الأول مع لفات الملف الثاني وعلى ما يأتي:

$$e_{21} = -N_2\frac{\Delta\emptyset 1}{\Delta t}$$ .....(24-1)

تشير الإشارة السالبة في هذا التعبير بحسب قانون لينز ، بأن الحث التبادلي يسعى لتكوين تأثير معاكس لتغير التيار في الملف الأول. عند غلق الملف الثاني عبر مقاومته مثلاً، فإن تياراً وبالتالي فيضاً متغيراً سيتكون منه، تقطع خطوطه لفات الملفين المترابطين، حاثاً فيهما قوتين دافعتين كهربائيتين : الأولى محتثة ذاتياً في الملف الثاني(e_2) والأخرى محتلة تبادليا في الملف الأول (e_{12}) والمحالة التبادلية في هذه الحالة تكون (M_{12}) ، أي محالة الملف الأول نسبة إلى الملف الثاني . وحدة المحالة التبادلية هي الهنري ايضاً ، وتساوي هذه المحاثة هنري واحد عندما يؤدي تغير التيار بمعدل أمبير واحد في الثانية الى تكوين ق د ك محتثة تبادليا مقدارها فولت واحد في الملف الآخر . يعتمد مقدار المحاثة التبادلية على نفاذية الوسط المغناطيسي وعلى شكل وأبعاد ووضع الملفات المتبادلة.

ويمكن ايجاد المحاثة التبادلية من:

$$M = K_C\sqrt{L_1L_2} \qquad \text{.....(25-1)}$$

وفي الحالة عندما يكون عامل الترابط مثالياً (Kc =1) فان المحاثة التبادلية تساوي :

$$M = \sqrt{L_1L_2} \qquad \text{.....(26-1)}$$

مثال(1 - 6)

ملفان متجاوران يسري في الأول تيار شدته (0.5) أمبير ، ويتغير بمعدل (0.01) ثا ، فإذا كان معامل الحث المتبادل لكلا الملفين (0.15) هنري ، احسب القوة الدافعة الكهربائية التي تنشأ في الملف الثاني.

الحل:

$$E_2 = M_{12}\frac{\Delta i}{\Delta t}$$

ق.د.ك في الملف الثاني $E_2 = \frac{0.15\,x0.5}{0.01} = 7.5v$

مثال (1 - 7)

ملف يحتوي على (200) لفة يسري فيه تيار كهربائي مقداره (0.5) أمبير مسبباً نشوء فيض مغناطيسي مقداره (1.5) ملي ويبر بمعدل (0.01) ثانية وضع مجاوراً لملف ثاني ذي (50) لغة ويتغير فيه التيار بمعدل (0.2) أمبير مسبباً تغيراً في الفيض بمقدار (2) ملي ويبر بمعدل (0.015) ثانية ، احسب الحث المتبادل والقوة الدافعة الكهربائية التي تنشأ في كل من الملفين بسبب الحث المتبادل.

الحل:

معامل الحث الذاتي في الملف الأول $L_1 = \frac{N_1\Delta\emptyset_1}{\Delta I_1} = 200x\ \frac{1.5x10^{-3}}{0.5} = 0.6$ هنري

معامل الحث الذاتي في الملف الثاني $L_2 = \frac{N_2\Delta\emptyset_2}{\Delta I_2} = \frac{50x2x10^{-3}}{0.2} = 0.5$ هنري

الحث المتبادل في الملفين:

$M = K\sqrt{L_1 L_2} = \sqrt{0.6x0.5} = \sqrt{0.3} = 0.548$ هنري

ق.د.ك. في الملف الأول $E_1 = \frac{M_{12}\Delta I_1}{\Delta t_2} = \frac{0.548x\ 0.5}{0.01} = 27.4\ V$

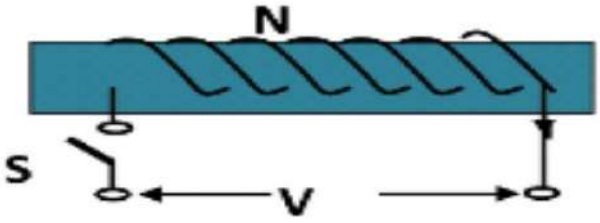
ق .د.ك. في الملف الثاني $E_2 = \frac{M_{12}\Delta I_2}{\Delta t_2} = \frac{0.548x\ 0.2}{0.015} = 7.31V$

9-1 الطاقة المخزونة Stored Energy :

عند وضع ملف عدد لفاته (N) على قضيب معدني كما في شكل (1-33) ، فان فتح المفتاح (S) أو قطع الدائرة الكهربائية فان المجال المغناطيسي سيقل تدريجياً. وهذا يعني انجاز شغل يذهب لتحويل الطاقة المغناطيسية إلى طاقة كهربائية تتحول كلها إلى حرارة في لفات الملف ، ويتم انجاز هذا الشغل حال اختفاء المجال المغناطيسي عند غلق المفتاح (S) ثانية فان التيار (I) سيمر ثانية في الملف الذي محاثته (L) وان الطاقة الكهربائية ستعود ثانية ، ويعتبر المجال المغناطيسي خازناً لها. ويعبر عن الطاقة المخزونة بما يلي:

$$w = \frac{1}{2} I^2 L \qquad Joule$$ .....(27-1)

وان وحدة الطاقة هي جول(Joule).



الشكل (1 - 33) حساب الطاقة المخزونة

مثال (1-8)

ملف ذو (500) لفة ، وصل إلى مصدر تيار مستمر فكان مقدار الفيض المغناطيسي المتولد (0.1) ملي ويبر عند مرور تيار خلال الملف (1) أمبير وبزمن (0.001) ثانية ، احسب الطاقة المخزونة في الملف؟

الحل:

$L=N\Phi/I = (500*0.1*10^{-3})/1 = 0.05H$

$w = \frac{1}{2} I^2 L$

$W = \frac{1}{2}(I^2) \times 0.05 = 0.025$ Joule

اسئلة الفصل الاول

س1: ما القاعدة العملية لتمرير اتجاه القوة الدافعة الكهربائية المحتلة في موصل يتحرك ضمن مجال مغناطيسي؟

س2 : عند مرور التيار الكهربائي في ملف يتكون مجال مغناطيسي ما احتمالات قطبية هذا المجال وعلى ماذا تعتمد ؟

س 3 : ما المقصود بالحلقة التخلفية ؟

س4: ما الخصائص المشتركة بين جميع المواد الفيرومغناطيسية ؟

س5 : ما مجالات المقارنة بين الدائرتين الكهربائية والمغناطيسية ؟

س 6: عدد انواع الحث . وماهو الفرق بينهما؟

س 7 : سلك طوله (100) سم يتحرك بسرعة (2) م/ ثا بصورة عمودية داخل مجال مغناطيسي كثافته (0.2) تسلا، اوجد القوة الميكانيكية المؤثرة على السلك، علما ان التيار المار فيه (0.5) امبير. وكذلك أوجد القدرة المستهلكة.

س 8: ملفان متجاوران معامل الحث الذاتي للملف الاول (50) ملي هنري ومعامل الحث التبادلي لهما (300) ملي هنري وصل الملف الاول الى مصدر أوجد معدل القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في كل ملف عندما يتغير التيار في الملف الأول من (12) الى (10) امبير خلال فترة زمنية مقدارها (500) مايكروثانية.

س 9: ملفان معامل الحث الذاتي للملف الأول (900) ملي هنري، ومعامل الحث الذاتي للملف الثاني (400) ملي هنري اوجد معامل الحث التبادلي لهما والقوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الملف الثاني اذا كان التيار المار في الملف الأول يتغير من 10 الى 8 امبير خلال فترة زمنية مقدارها (400) مايكروثانية، علما ان K =1

الفصل الثاني
التيار المتناوب

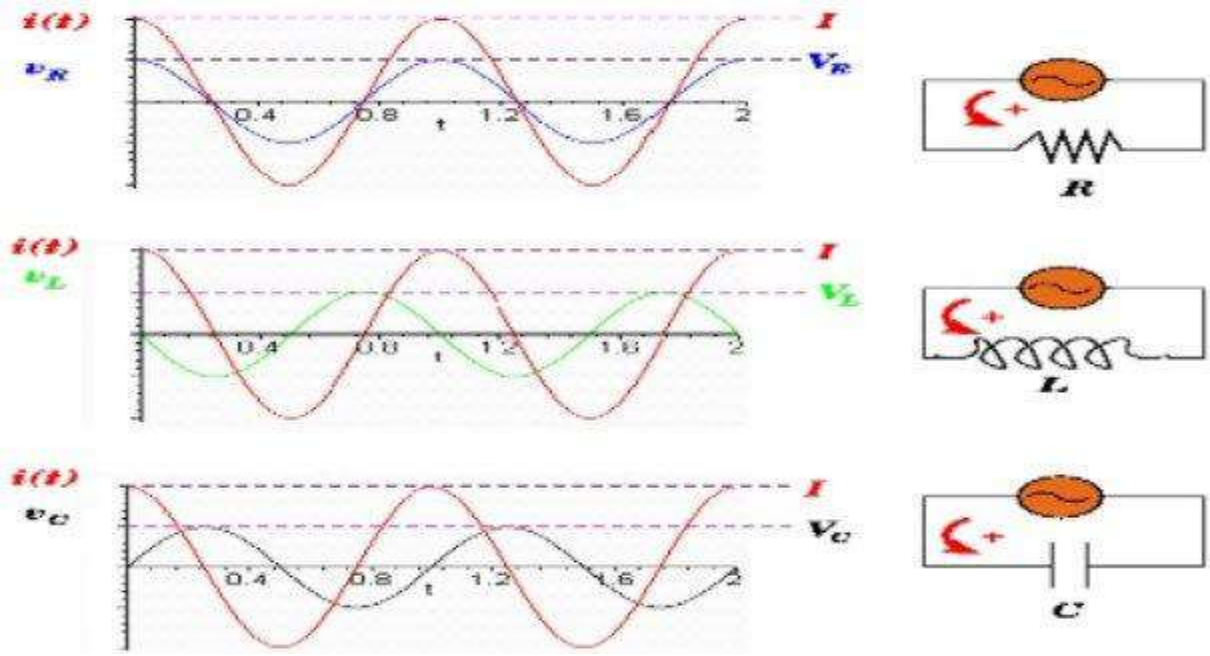
الأهداف

الهدف العام: الالمام بالتيار المتناوب من حيث توليده ودوائره المتناوب

الاهداف الخاصة:

عزيزي الطالب عندما تكمل هذا الفصل تكون قادراً على أن:

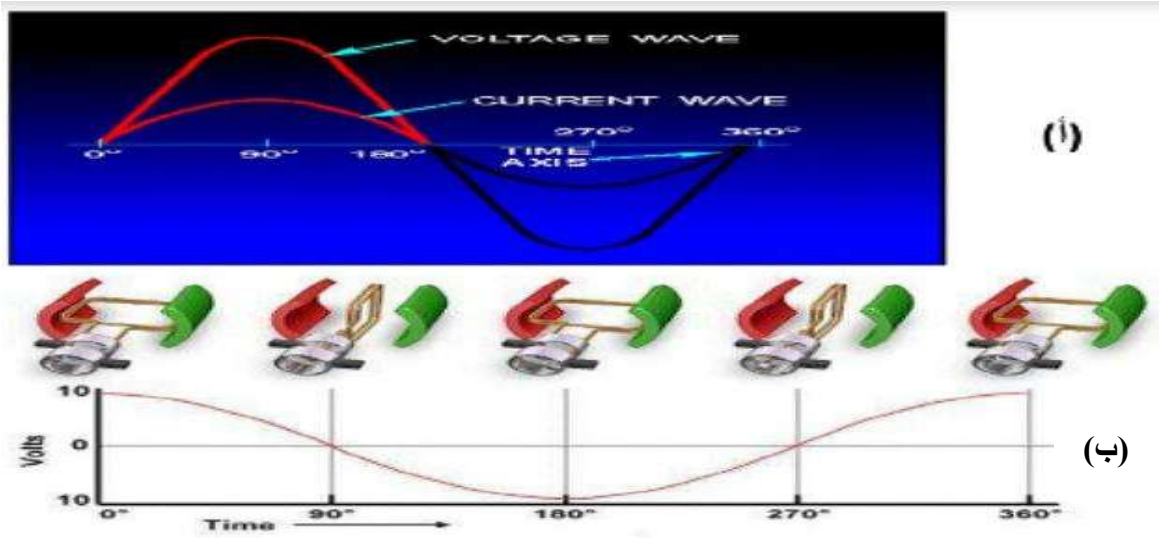
1. تعرف مميزات التيار المتناوب.
2. تميز بين قيم الموجة الجيبية.
3. تفهم كيفية توليد القوة الدافعة الكهربائية.
4. تحدد مكونات الدائرة الكهربائية للتيار المتناوب.
5. تحل مسائل لحساب قيم الموجة الجيبية.
6. ترسم متجه التيار والفولتية لكل دائرة من دوائر التيار المتناوب.
7. تميز بين الدائرة الكهربائية للتوالي والدائرة الكهربائية للتوازي.



الفصل الثاني
(التيار المتناوب)

(1-2) نبذة مختصرة عن التيار المتناوبA.C Current Summary:

يستخدم التيار المتناوب في مجالات واسعة وفي جميع مرافق الحياة المختلفة لسهولة توليده . فمولدات التيار المتناوب هي مكائن كهربائية خاصة تسمى المولدات التوافقية، تعمل على مبدأ الحث الكهرومغناطيسية لتوليد القوة الدافعة الكهربائية، ويعرف التيار المتناوب بأنه ذلك التيار الذي تتغير قيمته واتجاهه باستمرار خلال مدة زمنية معينة على وفق موجة تسمى الموجة الجيبية وكما في الشكل الآتي:



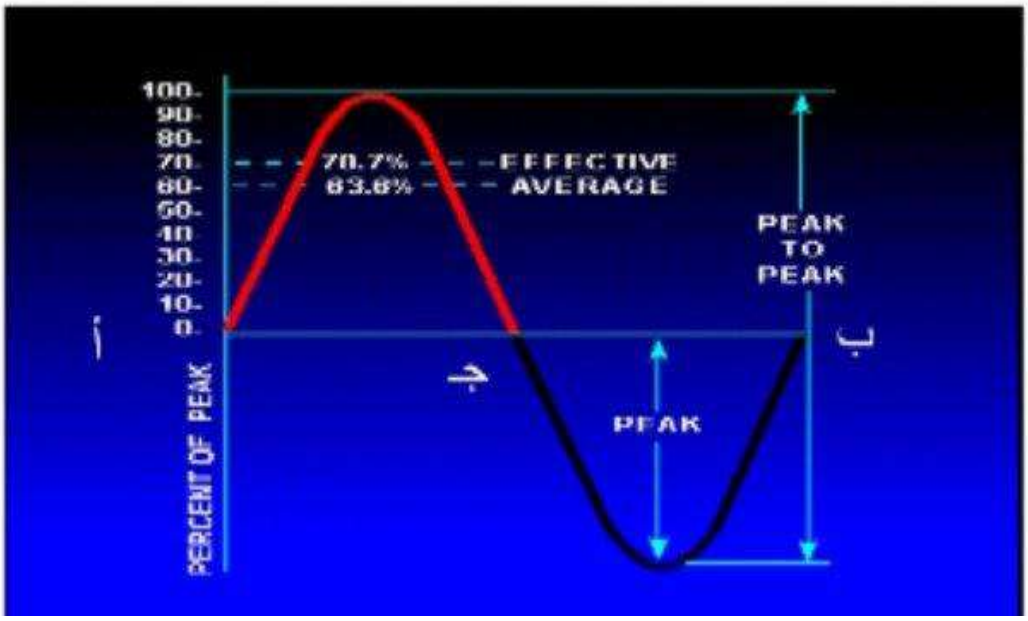
الشكل (2-1) أ ، موجة جيبية ب ، دائرة تيار متناوب

يتميز التيار المتناوب بعدة مزايا أهمها :

1. يتغير في القيمة والاتجاه ، وذو قطبية غير ثابتة.
2. يتولد بالطرق الميكانيكية بقطع المجالات المغناطيسية مثل المولدات الكهربائية.
3. يستعمل على نطاق واسع .
4. كلفة انتاجة قليلة ولاسيما عند توليده بقدرات كبيرة .
5. يمكن تغيره الى تيار مستمر باستعمال المقومات الكهربائية .
6. يمكن تحويله من جهد واطئ إلى جهد عال، وبالعكس باستعمال المحولات الكهربائية .
7. يمكن نقله إلى مسافات بعيدة باستعمال أبراج الجهد العال.

(2-2) دورة الموجة الجيبية (الذبذبة)(Sine Wave Cycle

ان الدورة الكاملة التي تعملها الموجة الجيبية تسمى الذبذبة ، وان عدد الذبذبات في الثانية الواحدة يسمى بالتردد ويرمز له بالحرف (f) وان المدة الزمنية التي تستغرقها هذه الموجة تسمى بزمن الموجة ، ويرمز لها بالحرف (T) ومن ملاحظة الشكل (2-2) يسمى الجزء المحصور بين النقطتين (أ - ب) بالموجة الكاملة والجزء المحصور بين (أ - ج) يسمى بنصف الموجة الموجب و(ج – ب) يسمى بنصف الموجة السالب.



الشكل (2-2) موجة جيبية كاملة

يعرف تردد الموجة الجيبية (F) بأنه عدد الدورات التي تعملها الموجة في زمن مقداره ثانية واحدة و وان العلاقة بين زمن الموجة (T) والتردد (F) هي:

$$f = \frac{1}{T}$$
$$T = \frac{1}{F}$$

Hz .....(1-2)

sec .....(2-2)

مثال (2-1) : إذا كانت زمن الدورة لأحدى الموجات الجيبية (10 msec) فما هو التردد؟

الحل:

$F = 1 / T = 1/10 \times 10^{-3} = 1000/10 = 100$ Hz

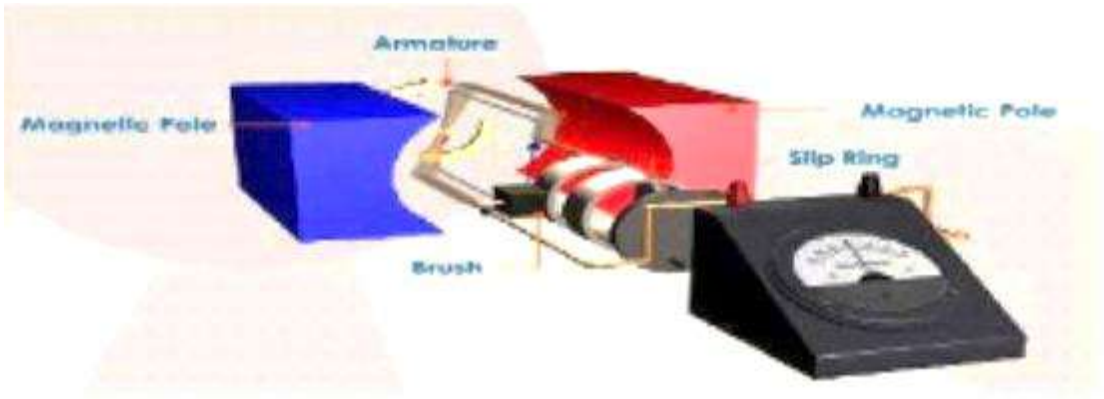
مثال (2-2) : أوجد زمن دورة الموجة الجيبية إذا علمت إن التردد هو (50 Hz) .

الحل:

$T = 1 / F = 1/50 = 0.02$ sec

(3-2) توليد القوة الدافعة الكهربائية E.M.F Generating

لتوضيح عملية توليد الموجات الجيبية للتيار المتناوب ، فأن شكل (3-2) يبين نموذج أحد المولدات التي تقوم بتوليد التيار المتناوب.



الشكل (3-2) نموذج لمولد تيار متناوب

وان المولد أعلاه يتكون من ملف ذو أسلاك من النحاس على شكل إطار مستطيل يربط طرفاه إلى ملفات توصيل نحاسية معزولة مثبتة على محور دوران يتحرك بسرعة ثابتة داخل قطبين مغناطيسيين شمالي وجنوبي . ونتيجة دوران الملف وتقاطع جانبية مع خطوط القوى المغناطيسية تنحث فيه قوة دافعة كهربائية كما في الشكل (4-2) تعتمد قيمتها على كثافة الفيض المغناطيسي (B) ، وطول الملف الواقع ضمن المجال المغناطيسي(L) وبسرعة دوران الملف (V) ، ومقدار الزاوية المتكونة من اتجاه الدوران مع أتجاه خطوط المجال المغناطيسي والتعبير الآتي لأي لحظة زمنية هو:

القيمة الآنية للقوة الدافعة الكهربائية

$$e = BLV \sin\theta$$ .....(3-2)

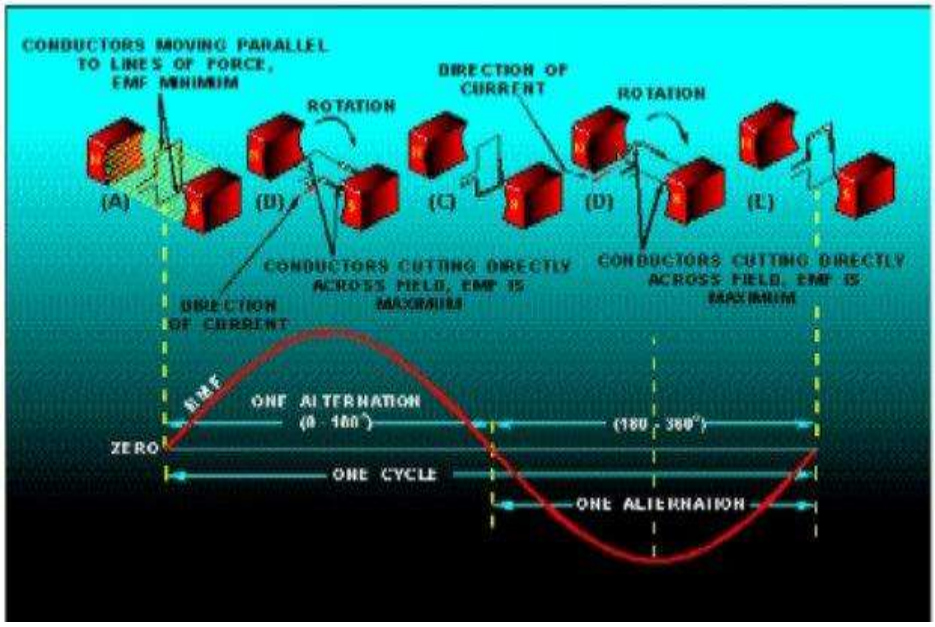
إذ إن الملف يدور (n) من الدورات في الدقيقة الواحدة ، لذا فأن التردد يحسب من القانون الأتي-:

$$F = \frac{n}{60} HZ$$ .....(4-2)

وبهذا يمكن حساب عدد الاقطاب p من القانون الاتي:

$$p = \frac{120F}{N}$$

إذ إن (F) = التردد



الشكل (2-4) يوضح عملية توليد (ق. د ك) في الملف

(4-2) مصطلحات ومفاهيم Terms and Concepts :

إن كل دورة تولد ذبذبة واحدة من (ق . د . ك) داخل قطبين من المغناطيس لأي لحظة زمنية ، وتسمى بالقيمة الآنية للقوة الدافعة الكهربائية كما في المعادلة الآتية :

$$E = 2\pi F N \sin\theta \qquad \text{.....(5-2)}$$

إذ أن (N) = عدد لفات الملف.

وعندما يكون اتجاه حركة الملف عمودية على خطوط المجال المغناطيسي، أي ان الزاوية تساوي 90 ، لذا فان (sin 90 = 1) وعلى هذا الأساس فأن القيمة العظمى للجهد هي:

$$V_{max} = 2\pi\emptyset FN \quad \text{Volts} \qquad \text{.....(6-2)}$$

لهذا فأن التعبير عن القيمة الآنية للجهد هو

$$e = E_{max}\sin\theta \quad \text{Volts} \qquad \text{.....(7-2)}$$

أما القيمة الفعلية للقوة الدافعة الكهربائية (V_{eff}) فهي القيمة التي تؤشر بواسطة أجهزة القياس وتساوي

$$V_{eff} = (0.707)V_{max} \qquad \text{.....(8-2)}$$

مثال (2- 3) :

ملف يحتوي على (100) لفة يدور بسرعة (1500) دورة بالدقيقة الواحدة في داخل قطبين مغناطيسيين احسب 1- التردد 2- الزمن 3- القوة الدافعة الكهربائية الآنية، إذا علمت إن الزاوية بين حركة الموصل وخطوط المجال هي (30) درجة ، والقيمة العظمى للجهد (3.14) فولت

الحل:

1) F = n/60 = 1500/60 = 25 هرتز
2) T = 1 / f = 1/25 = 0.04 ثانية
3) $E = E_{max} \sin\theta = 3.14 \times \sin 30 = 3.14 \times 0.5 = 1.57$ فولت

مثال (2- 4) :

ملف يحتوي على (50) لفة يدور بسرعة منتظمة في داخل مجال مغناطيسي منتظم ، احسب

1) السرعة التي يجب أن يدور فيها الملف ، ليكون تردد القوة الدافعة الكهربائية (25) هرتز.
2) عدد الأقطاب.
3) القيمة العظمى للقوة الدافعة الكهربائية إذا كانت القيمة الآنية (15) فولت ومقدار الزاوية (30^{o}).
4) القيمة الفعلية للقوة الدافعة الكهربائية.

الحل :

1) F = n / 60 Hz

n= 60x f =60x25 = 1500 r.p.m

2) p=(120 f) /n = (120x 25)/1500=2 قطب

3) $e = E_{max}. \sin\theta$

$E_{max} = e/\sin\theta = e / \sin 30 = 15 / 0.5 = 30$ volts

4) $E_{eff} = (0.707)E_{max}$

= 0.707 30 = 12.21 volts

(2- 5) قيم موجة التيار المتناوب A.c Current Wave Values :

إن التيار المتناوب يتغير في القيمة والاتجاه على وفق موجة جيبية ، اذ يمكن حساب بعض القيم المهمة لموجة التيار المتناوب على وفق ما يأتي:

1-**القيمة العظمى للتيار المتناوب :** تعد هذه القيمة أعلى ماتصل إليه موجه التيار ، وتنشأ في الحالة التي تكون فيها اتجاه حركة طرف الملف عمودية على خطوط المجال المغناطيسي ، ويرمز له (I_{Max}) ويحسب من القانون الآتي:

$$I_{max} = \sqrt{2} I_{eff} = 1.414\, I_{eff} \qquad \text{.....(9-2)}$$

2- معدل قيمة التيار المتناوب (القيمة الوسطية) :

يمكن حساب قيمة معدل التيار المتناوب من الموجة الجيبية له بحسب المعادلة الآتية ويرمز له بالرمز (I_{av})

$$I_{av} = 0.6371\ I_{max} \qquad \text{.....(10 - 2)}$$

3. القيمة الفعلية للتيار المتناوب:

وهي القراءة التي تؤشر بوساطة أجهزة القياس التي تقرأ على تلك الأجهزة إذ يرمز لها بالرمز(I_{eff}) من المعادلة الاتية:

$$I_{eff} = 0.707\, I_{max} \qquad \text{.....(11 - 2)}$$

4.القيمة الآنية للتيار المتناوب : وهي تلك القيمة التي نحصل عليها عند أية لحظة من لحظات التيار، ويرمز لها بالحرف (i) وتحسب من المعادلة الآتية

$$i = I_{max} \sin\theta \qquad \text{.....(12 - 2)}$$

مثال (2- 5) :

ما هي أعلى قيمة يتحملها عازل كبير ذات تيار متردد ذو جهد (220) فولت ؟

الحل:

$V_{eff} = 0.707\ V_{max}$ volt

$V_{max} = V_{eff} / 0.707$

$V_{max} = 220 / 0.707 = 311$ volt

مثال (2- 6) :

أمبير ميتر مربوط في دائرة يمر خلالها تيار متناوب فإذا كانت القراءة التي سجلها هذا الجهاز = 2 أمبير، أوجد القيمة العظمى للتيار.

الحل:

$I_{eff} = 0.707\ I_{max}$

$I_{max} = I_{eff} / 0.707$

$I_{max} = 2/ 0.707$

$I_{max} = 2.82\ A$

مثال (2- 7) :

سلك يدور بسرعة (300) دورة في الدقيقة الواحدة في داخل مجال مغناطيسي منتظم، فإذا كان التيار المغذي للدائرة بتردد (50) نبذبة ثا ، احسب عدد الأقطاب.

الحل:

$n = 60F/P$

$P = 60\ F/n = 60x50/3000$

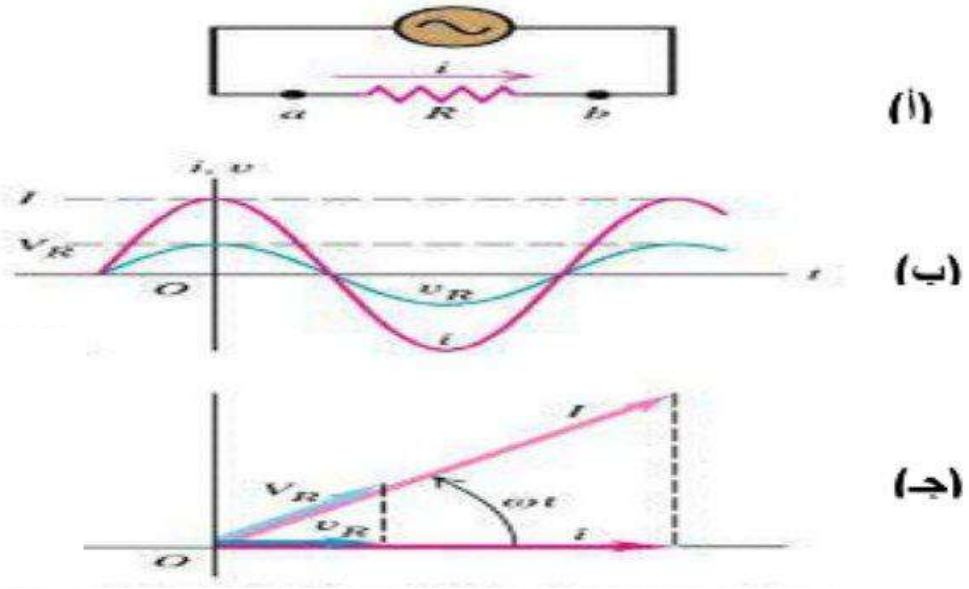
$P = 3000/3000 = 1$

إذن عدد الأقطاب = 2

(6-2) دوائر التيار المتناوب A.C Circuits :

(6-2-1) دائرة التيار المتناوب المحتوية على مقاومة طبيعية فقط:

في الشكل (2-5) أ، يمثل ربط مقاومة طبيعية إلى مصدر للتيار المتناوب، حيث تكون موجة التيار متفقة مع موجة الجهد، وكلا الموجتين تبدء ان من الصفر وتصلان إلى أعظم قيمة في زاوية (90)، ثم تخفضان إلى الصفر في زاوية (180) ، وهكذا تكتمل الموجتان في آن واحد، كما في شكل (2-5) ب ، أما شكل (2-5) جـ هو تمثيل الموجتين بخطوط اتجاهية.



الشكل (2-5) يوضح دائرة تيار متناوب محتوية على مقاومة مغناطيسية

تحسب المقاومة في الدائرة الكهربائية كما في القانون الاتي:

$$R = \frac{V}{I}\Omega \quad \text{.....(13-2)}$$

او من القانون الاتي:

$$R = \rho\frac{L}{A}\Omega \quad \text{.....(14-2)}$$

اذن ان :

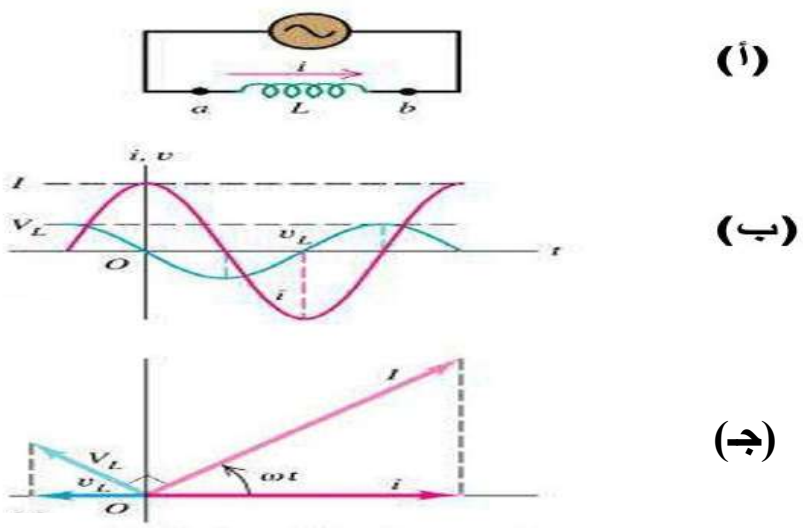
ρ : المقاومة النوعية ووحدتها اوم ملم^2/ متر

L :طول الموصل بالمتر

A : مساحة المقطع بالملم^2

(6-2-2) دائرة التيار المتناوب المحتوى على مقاومة مغناطيسية فقط :

في الشكل (2-6) أ ، يمثل ربط مقاومة مغناطيسية في دائرة التيار المتناوب، إذ إن موجة التيار تتأخر عن موجة الجهد بزاوية (90) بسبب ظاهرة الحث الذاتي، إذ تكون (ق.د.ك) العكسية في لحظة الصفر، مما تمنع مرور موجة التيار إلى ان تصل موجة الجهد إلى القيمة العليا في زاوية (90)، إذ تبدا موجة التيار بالظهور، وذلك لان (ق.د.ك) العكسية في هذه اللحظة مساوية إلى الصفر، وكما في شكل (2- 6) ب اما شكل (2-6)جـ، يمثل موجتي الجهد والتيار بخطوط اتجاهية.



الشكل (2-6) يمثل موجتي الجهد والتيار بخطوط اتجاهية

ويرمز للمقاومة المغناطيسية بالحرف (X_L) ، ووحدة قياسها الاوم، وتحسب من القانون الآتي:

$$X_L = 2\pi FL \quad \Omega$$ .....(15-2)

إذ ان π : النسبة الثابتة وتساوي (3.14)
F : التردد ويقاس بالهرتز(Hz)
L : معامل الحث الذاتي، ووحدة قياسها الهنري(H)

$$\omega = 2\pi F$$ .....(16-2)

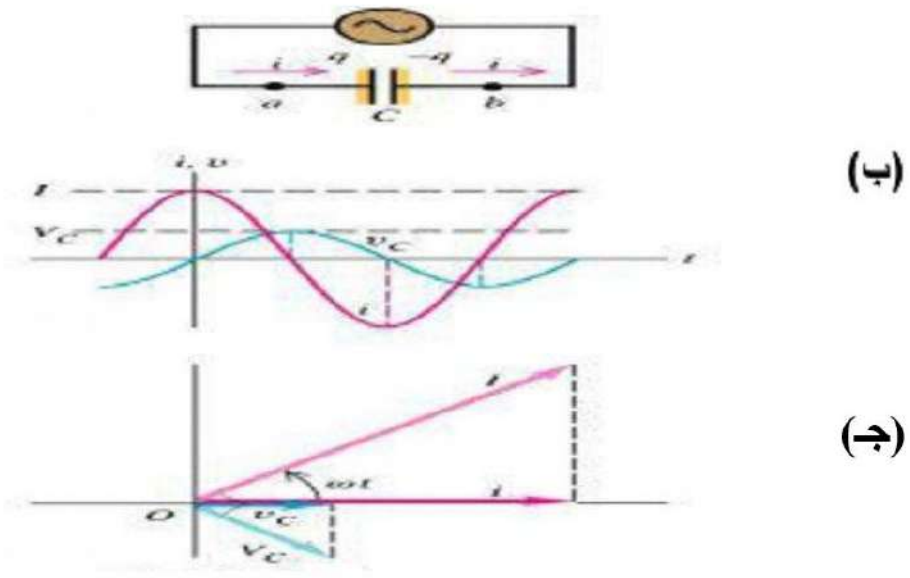
ω : سرعة الزاوية (اوميكا)

$$X_L = \omega L$$ .....(17-2)

من الناحية العلمية فان لكل ملف مقاومة طبيعية Ω(R=PL/A)، ومقاومة مغناطيسية ($X_L = 2\pi F_L$).

(6-2-3) دائرة التيار المتناوب المحتوية على مقاومة سعوية فقط :

في الشكل (2 -7) يمثل ربط متسعة (مكثف) في دائرة التيار المتناوب ، إذ تكون موجة التيار في هذه الحالة متقدمة على موجة الجهد بزاوية (90) ، وذلك لمرور التيار الكهربائي في المتسعة لشحنها ، ثم يظهر الجهد على طرفي المتسعة تدريجياً ، كما في الشكل (2-7) ب ، أما شكل (2-7)جـ فأنه يمثل موجتي الجهد والتيار بخطوط اتجاهية.



الشكل (2-7) يمثل موجتي الحمل والتيار للمتسعة والخطوط الاتجاهية لها

ويرمز للمقاومة السعوية بالحرف (X_C) ووحدة قياسها الاوم وقيمتها ، تعتمد على التردد (F) وسعة المتسعة (c)، وتحسب من القانون الآتي :

$$XC = \frac{1}{2\pi fc} \quad \Omega \qquad \text{.....(18-2)}$$

$$\omega = 2\pi F \qquad \text{.....(19-2)}$$

$$XC = \frac{1}{\omega C} \quad \Omega \qquad \text{.....(20-2)}$$

ω : سرعة الزاوية (اوميكا)

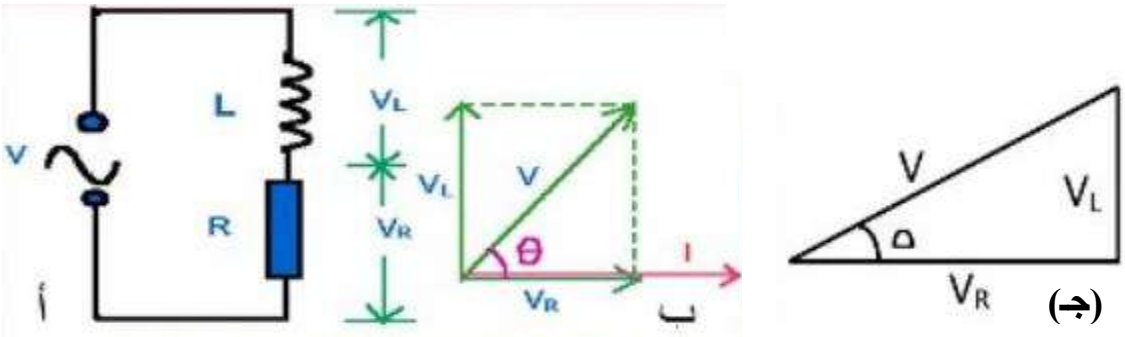
مما تقدم أعلاه ومن الناحية العلمية حيث لكل متسعة مقاومة طبيعية (R) وتساوي (R=PL⁄A)Ω ومقاومة سعوية تساوي Ω ($XC = \frac{1}{2\pi fc}$) ، وتعد هاتان المقاومتان مربوطتان بالتوالي دائما.

(7-2) ربط المقاومات في دائرة التيار المتناوب

(7-2-1) ربط التوالي :

أ ـ دائرة التوالي المحتوية على مقاومة طبيعية ومقاومة مغناطيسية (R_L) :

في الشكل (2-8) أ، دائرة توالي تحتوي على مقاومة طبيعية (R) ومقاومة مغناطيسية (L) ، موصلة بمصدر للتيار المتناوب نلاحظ أن الجهد (V) على المقاومة الطبيعية (R) ويكون متفقاً بالزاوية مع تيار الدائرة ، والجهد (V_L) على المقاومة المغناطيسية يكون متقدماً على التيار بزاوية (90) لذا فأن الجهد الكلي للدائرة (V) هو محصلة كلا الجهدين.



الشكل (2-8) يمثل متجهي الحمل على طرفي المقاومة

من المثلث القائم الزاوية في الشكل (2-8) وبحسب نظرية فيثاغورس فان الجهد الكلي يساوي:-
وبذلك يمكن حساب معامل القدرة من هذا المثلث:

$$V = \sqrt{V_R^2 + V_L^2}$$

volt .....(21-2)

ويمكن حساب معامل القدرة ايضا من مثلث الفولتيات كما في شكل (2-8) جـ وكما ياتي:

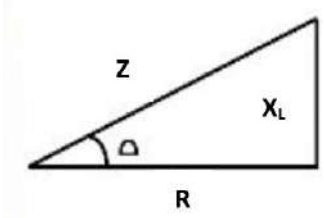
$$cos\theta = \frac{V_R}{V}$$

volt .....(22-2)

اذن ان :-
Cosθ = معامل قدرة الدائرة (جيب تمام الزاوية)
ويمكن حساب معامل القدرة ايضا من مثلث المقاومات كما في شكل (2- 9) وكما ياتي:

$$cos\theta = \frac{R}{Z}$$

.....(23-2)



الشكل (2-9) يمثل مثلث المقاومات

من الشكل (8-2) أ، وبما أن الدائرة توالي فأن التيار يكون فيها متساوي في جميع المقاومات لذا فالمقاومة الكلية للدائرة تساوي-:

$$Z = \frac{V}{I} \quad \Omega$$ .....(24-2)

حيث أن -:

Z =المقاومة الكلية للدائرة وتحسب بالاوم (وتسمى الممانعة).
V = الجهد الكلي للدائرة وتحسب بالفولت.
I =تيار الدائرة الكلي ويحسب بالامبير.

ويمكن حساب المقاومة الكلية للدائرة من مثلث المقاومات شكل(2-9)

$$Z = \sqrt{(R^2 + x_l{}^2)} \quad \Omega$$ .....(25-2)

$$R = \frac{V_R}{I} \quad \Omega$$ .....(26-2)

$$x_l = \frac{V_L}{I} \quad \Omega$$ .....(27-2)

مثال (2- 8) :

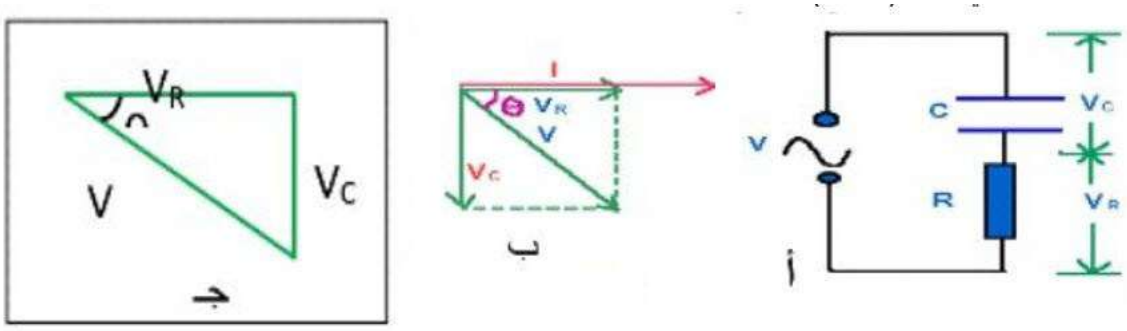
ملف معامل حثه الذاتي (0.01) هنري . ومقاومته الطبيعية 5 أوم، وصل إلى مصدر للتيار المتناوب جهده 200 فولت ، وتردده 50 هرتز ، أحسب التيار المار في الدائرة والجهد على طرفي المقاومة الطبيعية والمغناطيسية .

الحـل:

$X_L = 2\pi FL \quad \Omega$
$X_L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.01$
$X_L = 3.14\ \Omega$
$z = \sqrt{R^2 + X_L^2} = \sqrt{(5)^2 + (3.14)^2}$
I=V/Z = 200/5.91 =33.9 امبير
$V_R = I \times R = 33.9 \times 5 = 169.5$ فولت
$V_L = I \times L = 33.9 \times 3.14 = 106$ فولت

ب - دائرة التوالي المحتوية على مقاومة طبيعية وسعوية دائرة (R_C) :

في الشكل (2-10) ب ، نلاحظ أن الجهد على المقاومة الطبيعية يكون متفقا بالزاوية مع تيار الدائرة ، أما الجهد على المقاومة السعوية يكون متأخراً عن التيار بزاوية (90) و لذا فأن الجهد الكلي للدائرة يكون محصلة كلا الجهدين كما في شكل (2-10) جـ



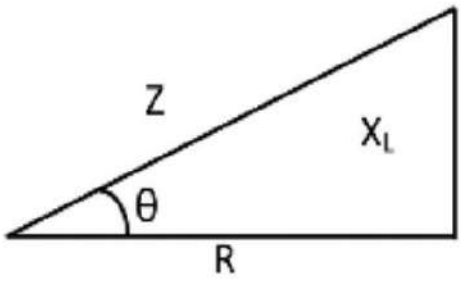
الشكل (2-10) يمثل متجهي الجهد للمقاومة والمكثف

ان الشكل (2-10) يمثل مثلث الجهد ويمكن إيجاد قانون معامل القدرة منه:

$$cos\theta = \frac{V_R}{V}$$ .....(28-2)

أما من مثلث المقاومة كما في الشكل (2 -11) يمكن حساب قانون معامل القدرة:

$$cos\theta = \frac{R}{Z}$$ .....(29-2)



الشكل (2-11) يمثل مثلث المقاومات

مثال (2- 9) :

مقاومة طبيعية مقدارها 30 أوم، وصلت بالتوالي مع مكثف سعته 80 مايكرو فاراد ، ثم وصلت إلى مصدر للتيار جهده 200 فولت تردد 50 ذ ثا . احسب التيار الكلي للدائرة والجهد على المكثف.

الحل :

$$XC = \frac{1}{2\pi fc}$$

$$= \frac{1}{2\ x\ 3.14\ x\ 50\ x\ 80} = 40\ \Omega$$

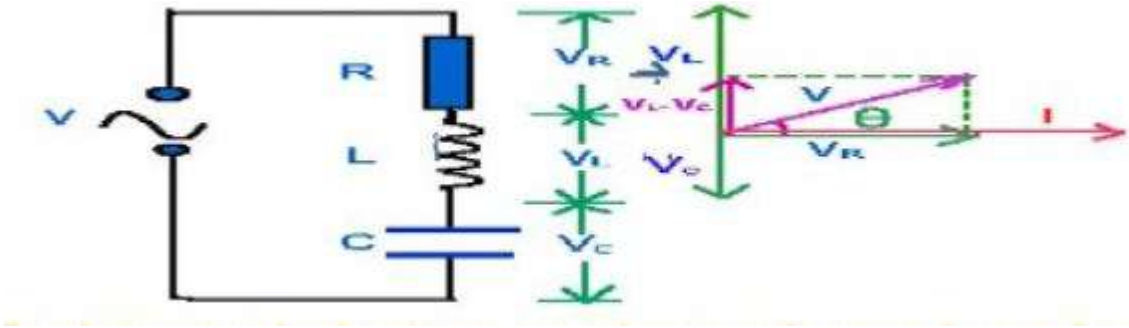
$$Z = \sqrt{R^2 + X_C^2} = \sqrt{(30)^2 + (40)^2} = 50\ \Omega$$

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{50} = 4\ A$$

$$V_C = I\ x\ X_c = 4x40 = 160\ volts$$

جـ ــ دائرة التوالي المحتوية على مقاومة طبيعية ومغناطيسية وسعوية (RLC) :

من الدائرة الكهربائية أدناه نلاحظ أن الجهد على طرفي المقاومة الطبيعية متفق مع التيار ، والجهد على طرفي المقاومة المغناطيسية متقدم على التيار بزاوية (90)، بينما الجهد على طرفي المقاومة السعوية يكون متأخراً عن التيار بزاوية (90) وكما موضح في الشكل (2-12) الذي يمثل خطوط اتجاهية ، إذ أن الجهد على المقاومة المغناطيسية ، والجهد على المقاومة السعوية على استقامة واحدة ، وبزاوية $^0(180)$ أي إنهما متعاكسان بالاتجاه



الشكل (2-12) متجهات الجهد لدائرة التوالى (R-C-L)

في الشكل(2-12) ، المثلث (أ ب جـ) نلاحظ

$$V_{LC} = V_L - V_C$$

نظرية فيثاغورس

$$V = \sqrt{V_R^2 + (V_L - V_C)^2}$$ .....(30-2)

اذا كان (x_l) اكبر من X_C

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_l - X_c)^2}$$ .....(31-2)

اذا كان (X_c) اكبر من x_l

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_C - X_L)^2}$$ .....(32-2)

$$COS\ \theta = \frac{R}{Z}$$

مثال (2- 10) :

دائرة توالي تحتوي على ملف مقاومته الطبيعية مقدارها (20) أوم، ومعامل حثه الذاتي (0.16) هنري ، ومكثف سعته (91) مايكرو فاراد ، وصلت إلى مصدر للتيار المتناوب جهده (200) فولت وتردده (50) ذا ثا ، احسب المقاومة الكلية والتيار الكلي للدائرة.

الحل :

$X_L = 2\pi FL$

$X_L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.16 \cong 50\ \Omega$

$Xc = 1 / (2\pi fc)$

$Xc = 1 / (2X3.14 \times 50 \times 91 \times 10^{-6})$

$Xc = 10^6 / (91x3.14) = 35\ \Omega$

$$Z = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2}$$

$$Z = \sqrt{20^2 + (50 - 35)^2}$$

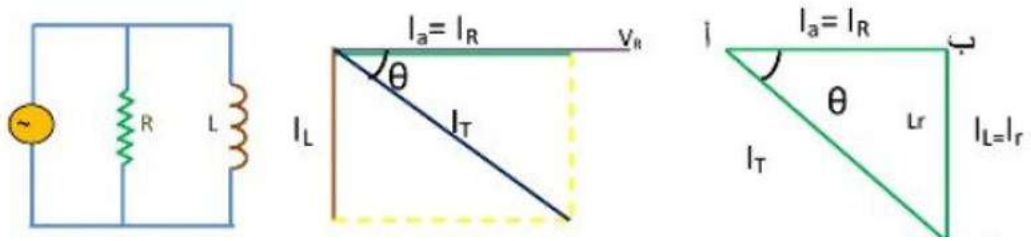
$$\sqrt{20^2 + 15^2} = \sqrt{400 + 225} = \sqrt{625}$$

$Z= 25\ \Omega$

$I = 200/25 = 8\ A$

(7-2-2) ربط التوازى - أ- دائرة التوازى المحتوية على مقاومة طبيعية ومقاومة مغناطيسية:

في الدائرة الكهربائية شكل (2-13) نلاحظ أن الجهد الكلي (V) للدائرة هو الجهد على طرفي كل من المقاومة المغناطيسية والمقاومة الطبيعية ، لذا فأن رسم خطوط اتجاهية للفولتيات توضح الخط الأفقي يمثل الجهد الكلي للدائرة ، وأن التيار المار في المقاومة الطبيعية يكون متفقاً مع الجهد ، والتيار المار في المقاومة المغناطيسية يكون متأخراً عن الجهد بزاوية (90) .



الشكل (2-13) يمثل متجهات الجهد و التيار لدائرة التوازي(R-L)

ومن الشكل (2-13) جـ المثلث (أ ب جـ) وحسب نظرية فيثاغورس

$$I_T = \sqrt{I_a^2 + I_R^2} \quad \text{.....(33-2)}$$

$$\sin\theta = \frac{I_R}{I} \quad \text{.....(34-2)}$$

$$I_R = I_T Sin\ \theta \quad \text{.....(35-2)}$$

$$I_a = I_T Cos\ \theta \quad \text{.....(36-2)}$$

إذ ان :

I_R =I_a =التيار الفعال

I_R = I_L =التيار الغير الفعال

I_T =التيار الكلي

Sinθ = جيب الزاوية

Cosθ = جيب تمام الزاوية

مثال (2-11) :

دائرة تحتوي على مقاومة طبيعية قيمتها (50) أوم ، وصلت بالتوازي مع ملف معامل حثه الذاتي (0.089) هنري ، وصلت الدائرة إلى مصدر للتيار المتناوب جهدة (200) فولت ، وتردده (50) ذانا ، احسب التيار الكلي للدائرة . أهمل المقاومة الطبيعية للملف.

الحل :

I_a = V/R

I_a = 200/50 = 4 A

X_L = 2 π FL

X_L = 2 x 3.14 x 50 x0.089

X_L = 28 Ω

I_R = 200/28 = 7.14

I = $\sqrt{Ia^2 + I_R^2}$

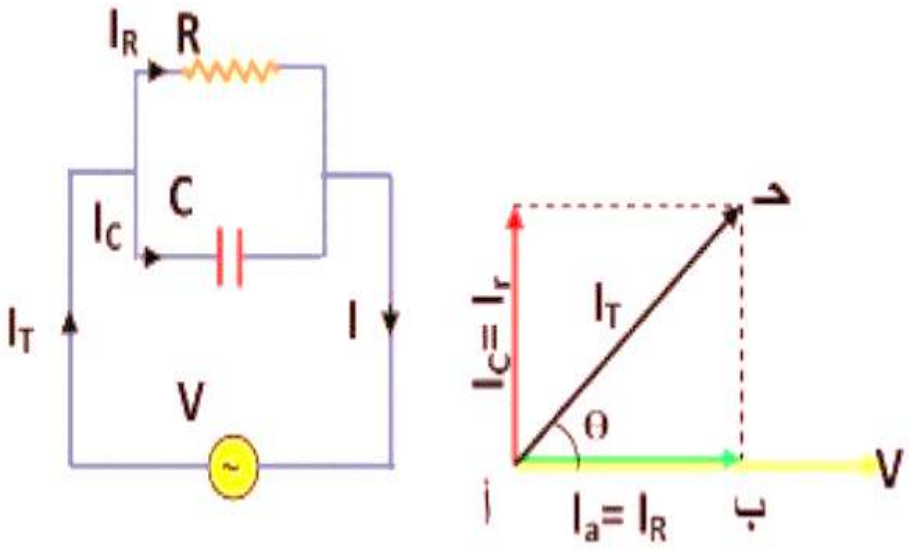
I = $\sqrt{4^2 + 7.14^2}$

$= \sqrt{66.9796}$= 8.18 A

ب - دائرة التوازي المحتوية على مقاومة طبيعية وسعوية :

في الدائرة الكهربائية شكل (2-14) نلاحظ أن الجهد الكلي للدائرة (V) هو نفسه على طرفي كل من المقاومة الطبيعية والسعوية.

لذا فأن التيار في المقاومة الطبيعية يكون متفقاً مع الجهد والتيار في المقاومة السعوية متقدماً عن الجهد بزاوية $(90)^{\circ}$ ، وان محصلة كلا التيارين هو التيار الكلي (I_T) .



الشكل (2-14) يمثل متجهات الجهد والتيار لدائرة التوازي

من المثلث (أ ب جـ):

$I_T^2 = I_a^2 + I_R^2$

$$I_T = \sqrt{I_a^2 + I_R^2}$$ ..... (37-2)

I_T = التيار الكلي.

$I_R = I_a$ = التيار في المقاومة الطبيعية

$I_R = I_c$ = التيار في المقاومة السعوية

مثال (12-2) :

دائرة توازي تحتوي على مقاومة طبيعية مقدارها (25) أوم ، ومكثف سعته (95.5) مايكروفاراد ، وصلت إلى مصدر للجهد مقداره (200) فولت وتردده 50 ذ/ثا ، احسب التيار الكلي للدائرة.

الحل:

$XC = \frac{1}{2\pi FC}$

$= 1 / (2 \times 3.14 \times 50 \times 95.5 \times 10^{-6})$

$= 1 / 0.029987$

$= 33.342\ \Omega$

$I_R = \frac{V}{x_c}$

$= 200 / 33.34 = 6$ A التيار في المكيف

$I_a = \frac{V}{R}$

$= 200/25 = 8$ A

$I = \sqrt{Ia^2 + I_R^2}$

$I = \sqrt{8^2 + 6^2}$

$= \sqrt{100} = 10$ A

أسئلة الفصل الثاني

س 1: ما مميزات التيار المتناوب ؟

س 2 : عدد المقاومات التي يلاقيها التيار المتناوب ، وارسم المنحني للفولت والتيار لكل مقاومة.

س 3 : وضح أجابتك بالرسم حول علاقة التيار والجهد في دائرة التيار المتناوب المحتوية على:

1. مقاومة طبيعية 2- مقاومة مغناطيسية (ملف) 3- مقاومة استاتيكية (متسعة)

س 4 : عرف ما يأتي : التيار المتناوب ، الذبذبة ، القيمة الآنية للتيار المتناوب ، زمن الموجة ، التردد.

س 5 : علل سبب تأخر موجة التيار عن موجة الجهد في دائرة التيار المتناوب المحتوية على مقاومة مغناطيسية

س 6 : علل سبب تقدم موجة التيار عن موجة الجهد في دائرة التيار المتناوب المحتوية على مقاومة سعوية فقط

س 7 : مولد كهربائي عدد أقطابه (4) قطب ، وسرعة دورانه (1500) دورة بالدقيقة ، أحسب مقدار التردد؟ (ج: 50 HZ)

س 8 : سلك من النحاس طوله (400) متر ، ومساحة مقطعة (2) ملم^2، أوجد المقاومة الطبيعية ، أذا علمت أن مقاومته النوعية 0.01735 (ج: 0.3470) متر

س 9: أحسب سرعة الملف الدائر داخل مجال مغناطيسي ناشئ من (12) قطب علماً ، أن التردد هو 60 هرتز . (ج: 600 داد)

س 10: أحسب قيمة المقاومة المغناطيسية لملف معامل حثه الذاتي (0.1) هنري ، اذا علم أنه موصل إلى دائرة كهربائية ذات تردد 50 ذاتا . (ج 31.4 اوم)

س 11: أحسب مقدار المقاومة السعوية لمكثف سعته (31.8) مايكرو فاراد ، اذا علم أنه موصل في دائرة كهربائية ترددها 50 هرتز . (ج: 100 اوم)

س 12: احسب قيمة المقاومة المغناطيسية لملف مربوط على التوالي مع مقاومة طبيعية قيمتها (8) أوم، والدائرة تتغذى من مصدر كهربائي (110) فولت ، والتيار المار في الدائرة (11) أمبير. (ج: 6 اوم)

س 13: دائرة توالي تحتوي على مقاومة طبيعية مقدارها (20) أوم ، ومتسعة سعتها (100) مايكرو فاراد ، ربطت هذه الدائرة إلى مصدر تيار متناوب مقداره (200) فولت بتردد (50) هرتز ، أحسب:

1)التيار الكلي للدائرة 2) الجهد على طرفي المقاومة الطبيعية 3)الجهد على طرفي المتسعة

4) المقاومة الكلية للدائرة 5) معامل القدرة

س 14: أوجد القيمة العظمى لتيار متناوب شدته (10) أمبير . (ج: 14.1 امبير)

س 15 : أوجد معامل قدرة دائرة كهربائية تحتوي على مقاومة طبيعية قيمتها (6) أوم ، ومربوطة على التوالي مع مقاومة مغناطيسية قيمتها (8) أوم. (ج: 0.6)

س 16 : ملف مقاومته المغناطيسية (10) اوم، ومعامل الحث الذاتي له (150) ملي هنري ، أحسب التردد له.

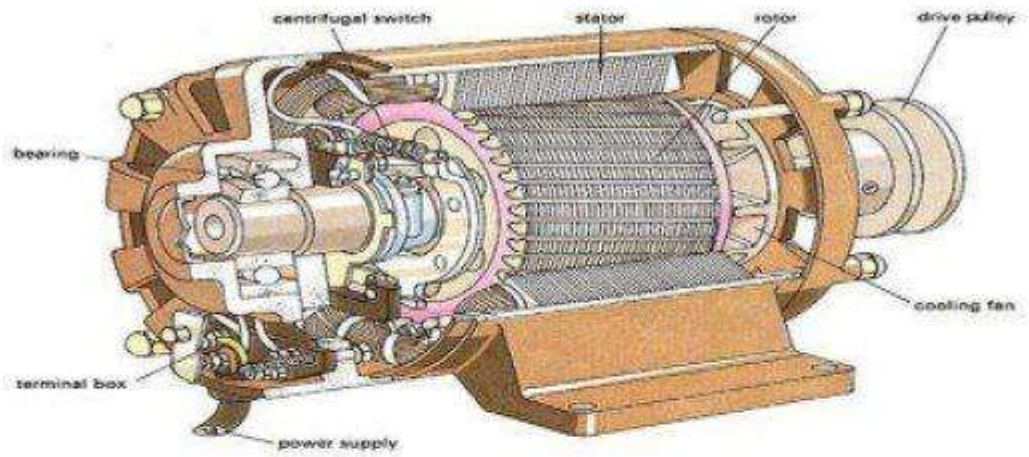
س 17 : ملف مقاومته الطبيعية (62.25) أوم ، احسب معامل الحث الذاتي له ، اذا وصل هذا الملف لمصدر تيار متغير جهده (240) فولت وتردد (25) ذبذبة / ثانية . علما أن المقاومة الكلية للدائرة تســـــاوي 80 اوم. (ج: 0.318 هنري)

س 18 : دائرة توالي ذات مقاومة طبيعية مقدارها (10) أوم، وملف معامل حثه الذاتي يساوي (0.2) هنري ، وصلت إلى مصدر للتيار المتناوب جهده (64) فولت وتردده (50) هرتز ، 1-أحسب :

1) التيار الكلي للدائرة. (ج: 1 أمبير)
2) التيار المار بكل من المقاومة الطبيعية والملف . (ج: $I_R = I_L$=1)
3) الجهد على طرفي الملف. (ج: 62.8 فولت)
4) معامل القدرة. (ج: 0.156)

الفصل الثالث

مكائن التيار المتناوب



الهدف العام : الالمام بمحركات التيار التناوب.

الاهداف الخاصة: عزيزي الطالب عندما تكمل هذا الفصل تكون قادرا على:

1. تعرف أنواع هذه المحركات التي تستعملها في بيئتك ، وفي معظم الأماكن التي لا تحتاج إلى قدرات عالية.
2. عرف أجزاء هذه المحركات وكيف تعمل ومجال استعمالها .
3. تستعمل محركات الطور الواحد كل حسب نوعه.
4. تميز بين الطرق المختلفة لبدء حركة المحركات الحثية وغيرها من المحركات.

الفصل الثالث

محركات ومحولات التيار المتناوب للطور الواحد

(3-1) تمهيد:

ان الجهاز الذي يحول الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية هو المحرك الكهربائي. وتتميز المحركات الكهربائية بإمكانية تصنيفها بأحجام وقدرات تتراوح من الصغيرة جدا التي يمكن وضعها في الساعات إلى الكبيرة جدا التي تستخدم في الرافعات والمضخات الكبيرة وفي مختلف الصناعات.

وتتميز أيضا باختلاف سرعاتها وإمكانية التحكم بسرعة دورانها وطول عمرها التشغيلي وانخفاض الصوت (ضجيجها، وإمكانية دورانها باتجاهين وقلة الحاجة لصيانتها وعدم خروج اية عوادم منها وتستخدم المحركات الكهربائية في مختلف الأجهزة كالثلاجات والغسالات والمكانس والخلاطات والمكيفات والمراوح والمصاعد الكهربائية وكثير من الأجهزة، وفي المستقبل إمكانية صنع السيارة الكهربائية البديلة عن السيارات التي تحتوي محركات الاحتراق الداخلي الموجودة الآن التي تسهم في تلوث البيئة بنحو كبير.

وقد تم استخدام المحركات الكهربائية في تشغيل مختلف أنواع الأجهزة والمعدات الحديثة التي ظهرت مع ظهور هذه المحركات كالمسجلات السمعية والمرئية ومحركات أقراص الحواسيب والطابعات والألعاب والروبوتات الصناعية وكثير من الاستخدامات الشكل (3-1) يوضح انواع من محركات التيار المتناوب.

الشكل (3-1) يوضح انواع من محركات التيار المتناوب احادية الطور

(2-3) مبدا عمل محركات التيار المتناوب للطور الواحد:

أن مبدأ عمل المحرك الكهربائي هو على العكس من مبدأ عمل المولد الكهربائي، فعند تمرير تيار كهربائي في سلك موجود داخل مجال مغناطيسي ثابت تتولد قوة ميكانيكية تؤثر على السلك فتدفعه للحركة، وبهذا كان بالإمكان تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية كما ذكرنا في بداية الموضوع.

تكون المحركات الكهربائية أحادية الطور على أنواع عديدة بحسب طبيعة عملها وتصميمها، ومن أنواع هذه المحركات ما يأتي:

1. المحركات الحثية Induction - Motors التي تهبط سرعتها مع زيادة الحمل المسلط.
2. المحركات التزامنية (التوافقية) Synchronous - Motors التي لا تتأثر سرعتها عند تغير الحمل المسلط على محور الدوران.
3. المحركات العامة (التوالي) Universal – Motors .

(3-3) المحركات الحثية Induction Motors :

تعد هذه المكائن من أكثر المحركات استعمالا وانتشارا في الاستخدامات اليومية للأغراض المنزلية والمكتبية والطبية وما شابه ذلك، لما عليها من بساطة في التصميم والكلفة الواطئة والكفاءة الجيدة وانخفاض قدرتها وبالتالي مقدار العزم الذي تولده مقارنة بالمحركات الأخرى، وتدور بسرعة مختلفة.

(3-3 -1) تركيب المحرك :

تتكون هذه المحركات من أجزاء رئيسة تكون موجودة في جميع الأنواع، وأجزاء إضافية تكون موجودة في بعضها فقط والأجزاء الرئيسة هي:

أولا : الساكن : ويتكون من ثلاثة أجزاء أساسية وهي:

ا . الهيكل الخارجي (الاطار):

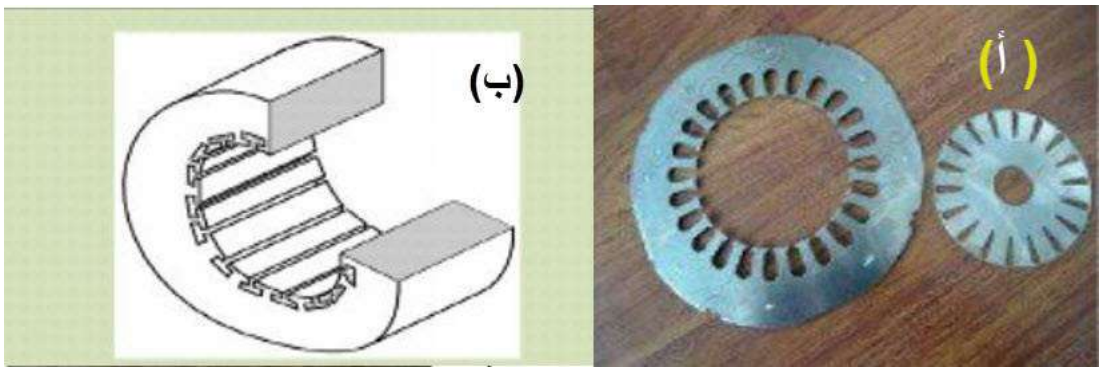
يصنع من الصلب (حديد الزهر) ويحتوي على زعانف على سطحه الخارجي تعمل على تبريد الملفات خلال الهواء المندفع من مروحة التبريد ويستخدم الإطار لحمل الصفائح (الرقائق) المكونة للقلب الحديدي، وكذلك لتثبيت الغطائين الجانبيين، وصندوق لوحة التوصيل، وتثبت عليه ايضا لوحة بيانات المحرك التي يسجل عليها

مواصفات المحرك مثل التيار والجهد والتردد والسرعة، والقدرة، وغير ذلك. كما في الشكل (3-2).

الشكل (3-2) يوضح الشكل الخارجي (الهيكل الخارجي) لمحرك حثي

ب - القلب الحديدي :

يصنع من رقائق او صفائح من الحديد السليكوني معزولة عن بعضها البعض بالورنيش ومضغوطة لتكون القلب الحديدي ، يشق على محيطها الداخلي مجاري طولية متوزعة بانتظام توضع بها ملفات الساكن. الشكل (3-3) ا، يوضح رقائق القلب الحديدي للساكن والدوار الشكل رقم (3-3) ب يوضح القلب الحديدي بعد تجميع الرقائق .



الشكل (3-3) أ ، يوضح رقائق القلب الحديدي شكل رقم (3-3) ب ، القلب الحديدي بعد تجميع الرقائق

جـ ملفات الساكن (Running Winding) :

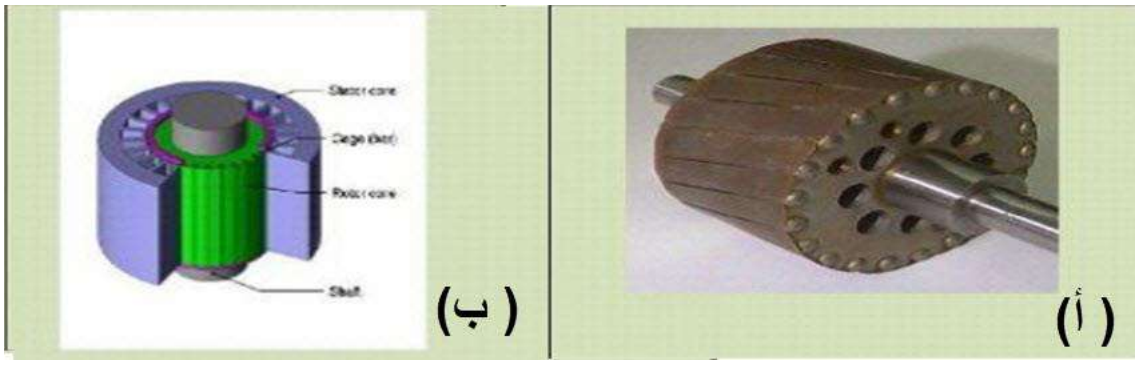
تصنع من أسلاك نحاسية معزولة بالورنيش ، سميكة بعض الشئ ، تسمى ملفات التشغيل ، وتكون بعدد لفات يتناسب مع قدرة المحرك وتوصل إلى مصدر التيار المتناوب . الشكل (3-4) يوضح ملفات الساكن.

الشكل (3-4) يوضح ملفات الساكن

ثانيا - الدوار:

يتكون الدوار من محور الدوران (الشفت) الذي يستند على الغطائين الجانبيين بصورة متوازية بالنسبة للساكن تضغط على الشفت صفائح من الحديد المعزولة عن بعضها بالورنيش ويكون على محيطه الخارجي مجاري طولية مستقيمة او مائلة توضع فيها قضبان (اسياخ) من النحاس أو الالمنيوم . وتوصل اطراف القضبان، وتلحم من الناحيتين بحلقتين من النحاس . وعادة يتم صب الالمنيوم مباشرة في هذه المجاري . وهذه الملفات لاتغذى بأي تيار كهربائي ، يسمى هذا النوع من المحركات بمحركات القفص السنجابي.

والشكل (3-5) أ، يوضح الدوار في المحركات الحثية الذي فيه المجاري مائلة و (3-5) ب، يمثل المجاري فيه مستقيمة داخل الساكن.



الشكل (3-5) أ يوضح الدوار وفيه المجاري مائلة و شكل (3-5) ب يمثل المجاري فيه مستقيمة داخل

والشكل (3-6) يوضح اشكال مختلفة من القلوب الحديدية للساكن والدوار.

الشكل (3-6) يوضح أحجام مختلفة من القلوب الحديدية للدوار والساكن

من ملاحظة تركيب هذه المحركات انه لا يوجد ترابط أو اتصال كهربائي بين الساكن والدوار، والترابـــــــط الوحيد هو ترابط كهرومغناطيسي، أي أن هذا النوع من المحركات يعمل بالحث المغناطيسي .

ثالثا / الغطاءان الجانبيان : يصنعان من الحديد الصلب، أي من معدن الإطار نفسه ، ويثبتان بوساطة مسامير قلاووظ ، ويوضع في الغطاء الأمامي الجزء الثابت لمفتاح الطرد المركزي. ويتم تركيب الغطائين على عمود الدوران، وتعمل على اتزان الدوار، وتسهل حركة دورانه وجعله في وضع يسمح له بحرية الحركة . والشكـــل (3-7) يوضح الغطاء الجانبي للمحرك.

الشكل (3-7) يوضح الغطاء الجانبي للمحرك

رابعا – مروحة التهوية :

وهي جزء مهم إذ تصنع من الألمنيوم أو البلاستك ، وتعمل في أثناء دوران المحرك ، فيندفع الهواء بين زعانف الإطار ، فتنخفض درجة الحرارة التي تنشأ عن مرور التيار في ملفات القلب الحديدي للثابت.

(3-3-2) العلاقة بين السرعة التوافقية (N_S) وعدد الاقطاب (2p) والتردد (F) :

في المحركات الحثية تكون سرعة المجال المغناطيسي للساكن أعلى من السرعة الفعلية للدوار، والسبب هو مقاومة الهواء للدوار، والاحتكاك بين محور الدوران والمساند ، وهذا الفرق يسمى بالانزلاق والذي سنتناوله بشكل تفصيلي في المرحلة الثالثة . وتتناسب سرعة المجال المغناطيسي في الساكن (السرعة التوافقية) طرديا مع تردد المصدر، وعكسيا مع عدد الأقطاب للمحرك (2P) ، وذلك بموجب القانون الآتي :

$$N_S = \frac{60F}{P}$$ .....(1-3)

Ns : تمثل سرعة المجال المغناطيسي وتقاس بوحدة (دورة / دقيقة)

F : يمثل تردد المصدر ، ويقاس بوحدة (ذبذبة / ثانية) ، او هيرتز

P : يمثل عدد أزواج الأقطاب

2P : يمثل عدد الأقطاب

مثال (3-1) :

محرك يحتوي على أربعة أقطاب موصل إلى مصدر تردده (50) هرتز، احسب سرعته التوافقية ؟ نظريا

الحل:

Ns = 60 F/P

Ns=60 ×50 /2 = 1500 (دورة / دقيقة)

مثال (3-2):

محرك سرعته التوافقية (3000) دورة / دقيقة موصل إلى مصدر تردده (50) ذبذبة / ثانية أوجد عدد أقطابه

الحل :

Ns = 60 F/P

ومن حاصل ضرب الوسطين في الطرفين نحصل على

$Ns\ P = 60\ F$

$P = 60 \times F / N_s$

$P= 60x50 /3000 = 1$ عدد ازواج الاقطاب

$2p= 2$ عدد الأقطاب

(3- 3-3) نظرية الاشتغال :

عند تسليط جهد متناوب أحادي الطور على ملفات الثابت ، فأن التيار المار فيها سيولد مجالاً مغناطيسياً متذبذباً ينتقل إلى ملفات الدوار من خلال الفجوة الهوائية ، فيقطعها ، وفي هذه الحالة ستحتث ق . د . ك ومن ثم تؤدي إلى مرور تيار كهربائي مكونا مجالاً مغناطيسيا آخر من التفاعل المتبادل بين المجالين المغناطيسيين للثابت والدوار، تتكون قوى كهرومغناطيسية ، محصلة هذه القوى تساوي صفر.و بالنتيجة عزم الدوارن الذي تسلطه على الدوار يساوي صفراً . ولأجل تشغيل المحرك يتطلب تدوير الدوار، وذلك بخلق عزم دوران ابتدائي ذاتي ، ويتم ذلك بإزاحة المجال المغناطيسي في الدوار عن موضعه لإحداث زاوية بينه وبين المجال المغناطيسي في الثابت ، ومن اختلاف المجالين بالزاوية تسبب نشوء قوة ميكانيكية وعزم دوران ابتدائي وتسمى هذه العملية بتجزئة الطور.

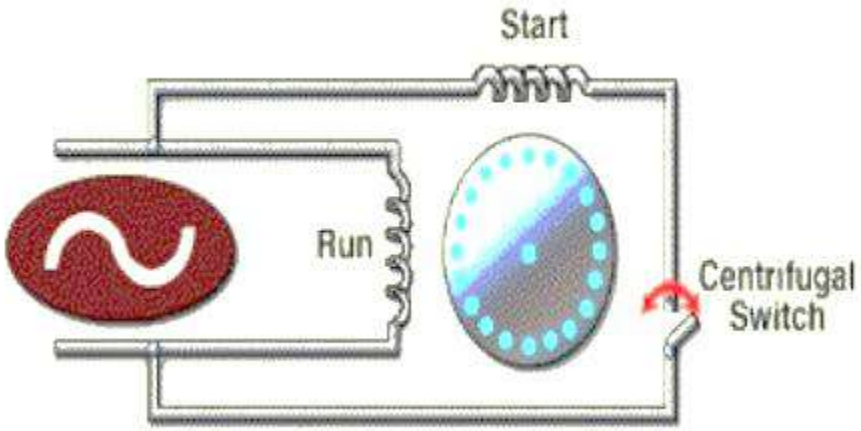
(3-3-4) بدء تشغيل المحرك :

توجد عدة طرائق لبدء تشغيل المحركات الحثية أحادية الطور وتعتمد على الوسيلة المساعدة المستعملة لانتاج عزم بدء الحركة، ومنها:

(أ) طريقة الملفات المساعدة (Starting Winding):

توضع هذه الملفات في مجاري الساكن، وتكون ذات مقطع صغير ومقاومتها عالية ، وتشغل ثلث عدد المجاري الكلية وتوصل بالتوازي مع ملفات التشغيل وتصمم عادة للعمل لفترة محدودة لا تتجاوز عدة ثوان ويربط مفتاح الطرد المركزي بالتوالي مع ملفات البدء) الملفات المساعدة (لكي يفصلها عن الدائرة الرئيسة عند وصول سرعة المحرك (75%) من السرعة الفعلية يكون عزم الدوران في هذا النوع واطئ نسبيا ، والكفاءة ومعامل القدرة واطئة.

والفائدة من هذه الملفات هي عند توصيل المحرك إلى المصدر يمر تيار في ملفات البدء يختلف بزاوية عن تيار ملفات التشغيل الرئيسة ومن ثم يحدث مجالين مختلفين، ومحصلة هذين المجالين ينشأ مجال مغناطيسي دوار ينتج عنه عزم دوران ابتدائي للمحرك والشكل (3-8) يوضح توصيلة الدائرة.

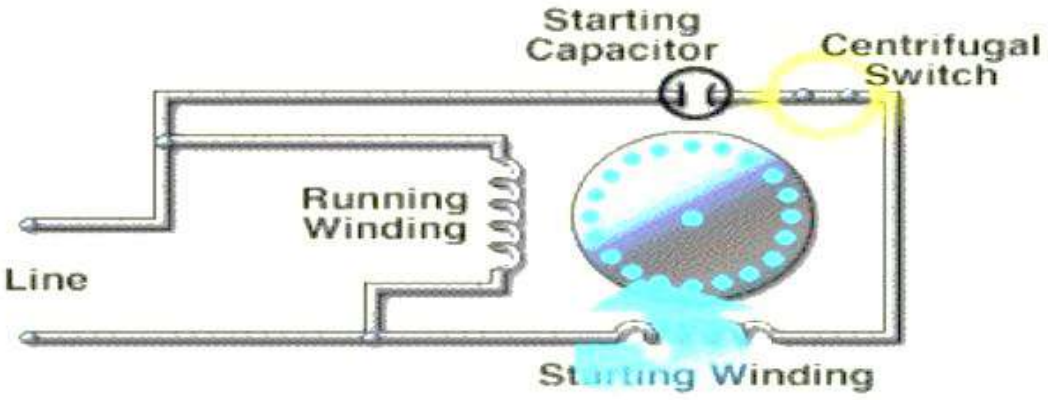


الشكل (3-8) يوضح توصيلة الدائرة التي تحتوي على الملفات المساعدة ومفتاح الطرد

هذه الطريقة غير كافية لإعطاء عزم دوران ابتدائي عالي ، ولهذا يجب إضافة عامل آخر.

(ب) طريقة المكثـــف :

في هذه الطريقة يوصل المكثف (الورقي المشبع بالزيت)، بالتوالي مع ملفات البدء ومفتاح الطرد المركزي وهذه الدائرة توصل على التوازي مع ملفات التشغيل الرئيسة وسعة المكثف المستعمل تعتمد على قدرة المحرك، والشكل (3-9) يوضح توصيلة الدائرة.

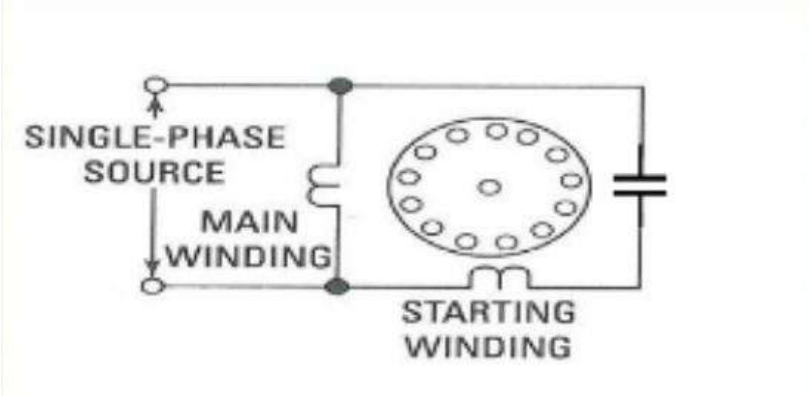


الشكل (3-9) يوضح التوصيلة للدائرة

وعند توصيل المحرك إلى المصدر يمر تيار في كل من ملفات التشغيل وملفات البدء لكن وجود المكثف يعمل على تقدم التيار المار في ملفات البدء عن التيار في ملفات التشغيل بزاوية معينة ، وبذلك ينشأ عزم دوران ابتدائي نتيجة لاختلاف طوري للمجالين ، ويكون عزم الدوران الابتدائي في هذا النوع من المحركات عالياً وذا كفاءة عالية وكذلك يعمل على تخفيض استهلاك التيار . ويستعمل هذا النوع من المحركات في الغسالات والثلاجات الكبيرة.

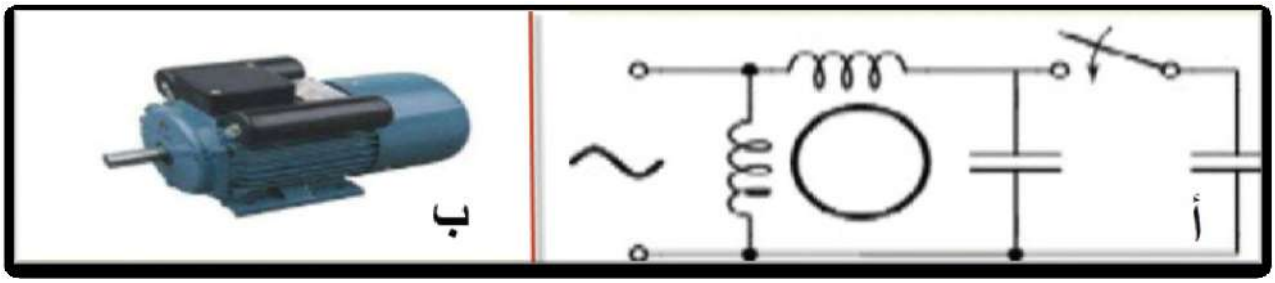
وقد يبقى المكثف متصلا مع ملفات البدء إلى المصدر ، وبشكل مستمر عند اشتغال المحرك ، وعلى هذا الأساس تصمم الملفات المساعدة والمكثف بشكل يضمن عدم تلفها وفي هذه الحالة لا تحتاج إلى مفتاح طرد مركـــزي.

وتكون النتيجة محرك هادئ الصوت في أثناء التشغيل وكذلك تحسين في معامل القدرة . ويستخدم هذا النوع من المحركات في التطبيقات التي تتطلب هدوءا في الصوت أثناء التشغيل كما في المراوح السقفية والمنضدية.
والشكل (3-10) يوضح التوصيلة للدائرة .



الشكل (3-10) يوضح التوصيلة للدائرة

وهناك محركات تحتوي على مكثفين، الأول دائم وهو صغير، ويسمى مكثف التشغيل وتكون سعته مساوية الى (3\1) من سعة مكثف البدء، ويوصل على التوازي مع دائرة الملفات المساعدة ، والثاني مكثف البدء الذي يوصل على التوالي مع الملفات المساعدة ومفتاح الطرد المركزي. كما موضح في الشكل (3-11).



شكل (3-11) أ يوضح طريقة توصيل المكثفين في دائرة المحرك

(3-11) ب يوضح شكل محرك يحتوي على مكثفين

(جـ) محركات الأقطاب المظللة Shaded Pole Motor

في هذه المحركات يكون عزم الدوران الابتدائي واطناً ويختلف الثابت فيها عن المحركات التي تحتوي على ملفات بدء حركة.
يكون الثابت عبارة عن صفائح رقيقة من الحديد بعد تجميعها مع بعضها تتكون أقطاب بارزة توضع حولها ملفات التشغيل وللحصول على مجال مغناطيسي دوار لبدء الحركة يحدث شق في احد جانبي القطب وتوضع حوله حلقة من سلك النحاس تكون سميكة بعض الشيء وتمثل ملفا مقصورا تسمى بالقطب المظلل. وتعوض هذه الحلقة عن ملفات البدء في محركات الطور الواحد. أما الدوار لهذه المحركات فهو من نوع القفص السنجابـــي.

إن المفاقيد الكهربائية في الحلقة المقصرة تكون كبيرة نسبيا عند السرعة المقررة مما يجعل عامل الكفاءة فيها واطنا، ولهذا فان هذه المحركات في الغالب تصمم عند قدرة واطنة، ومع ذلك وبسبب إدخال بعض التحسينات على تصميم المحرك، بدأت في الفترة الأخيرة استخدامات شائعة لهذا المحرك لقدرة تصـــل إلى (300) واط.

ويمتاز أيضا إن معامل قدرته واطئ أيضا، وعلى الرغم من السلبيات في هذا النوع من المحركات إلا أنه يجد استخدامات متعددة ، كلفته الواطئة وبساطة التصميم، وكذلك ان مستوى الضوضاء فيها واطئ جدا بسبب عدم وجود مجاري، وكذلك الاختيار المناسب للأجزاء التركيبية والحساب الدقيق لأبعاد المحرك حتى انه من الممكن أصبح تحسين مؤشر الطاقة ورفع عزم الدوران الابتدائي فيه، وقد يصمم في بعض الأحيان باستخدام حلقتين مقصرتين لكل قطب، وهناك تصميمات أخرى الغرض منها الحصول على المجال المغناطيسي الدوار الأمثـــل والشكل (3-12) يوضح أشكال مختلفة للثابت والدوار.

الشكل (3-12) يوضح أشكال مختلفة للثابت والدوار

(3-3-5) نظرية الاشتغال للمحرك ذى الأقطاب المظللة :

إن الملف الرئيس في الثابت يعمل كملف إثارة في محركات التيار المستمر وهو المسؤول عن تكوين المجال المغناطيسي في المحرك فعند مرور تيار متناوب في الملفات ينشا مجال مغناطيسي ينتقل إلى الحلقة النحاسية المقصورة، وبما أنها تختلف عن الملفات الرئيسة من حيث مساحة المقطع لهذا يتولد فيها تيار عالي وكذلك مجال مغناطيسي معاكس للمجال الأصلي ومتأخر عنه بزاوية وبذلك تحصل زاوية فرق بين المجالين تؤدي إلى نشوء عزم دوران بمقدار زاوية التخلف.
ان مقدار زاوية التخلف بين المجالين في هذا النوع من المحركات تكون قليلة جدا، ولهذا يكون عزم الدوران واطنا، وبمقدار يكفي لتشغيل الأحمال الخفيفة .

(3- 4) المحركات التزامنيةSynchronus Motors

(4 -3-1) تمهيد :

سميت بالمحركات التزامنية وذلك لتزامن سرعة المجال المغناطيسي (Ns) في الساكن مع سرعة الدوار (n) حيث لا يوجد فرق بينهما، أي أن السرعتين متساويتين والانزلاق يساوي صفراً.

تتراوح قدرة المحركات التزامنية من أجزاء الواط الواحد ولغاية (10 MW) أو أكثر، وتعمل عند أي مقدار مقنن للجهد (أحادي الطور أو متعدد الأطوار) وعند سـرع تتراوح من (125rpm) ولغاية (1000 rpm)، وتكون المحركات التزامنية مناسبة عمليا للعمل عند السرع التي تقل عن (500 rpm) وعند الربط المباشر إلى الحمل كما في حالة إدارة المضخات والطواحين والخباطات مثلا ولاسيما عند قدرة تزيد على (75 KW) يكون المحرك التزامني عند هذه السرع الواطئة المقننة اقل كلفة عند مقارنته مع المحرك الحثي من الحجم نفسه وان أي تغيير في قدرة المحرك التزامني سوف لا يؤثر في هذه السرعة أي أن سرعتها تبقى ثابتة بصرف النظر عن الحمل المسلط عليها، ولا يمكن للمحركات التزامنية أن تبدأ الدوران من تلقاء نفسها بل تحتاج إلى وسيلة خارجية مساعدة لتدويرها وما أن تصل سرعة دورانها إلى سرعة الدوران التزامنية فأنها تبقى تدور بسرعة ثابتة . والشكل (3-13) يوضح انواع مختلفة من المحركات التزامنية.

الشكل (3-13) يوضح انواع مختلفة من المحركات التزامنية

أن الوسائل المساعدة على تدوير المحرك التزامني هي:

1. وضع ملف قفص سنجابي في أقطاب الدوار يسمى ملف البدء، لهذا فان المحرك يبدأ كمحرك حتي إلى أن يصل إلى سرعته التزامنية، فعند تسليط جهد التيار المستمر على ملف الإثارة ينجذب المحرك إلى حالة التزامن.
2. تقليل سرعة دوران مجال الساكن بدرجة كبيره، وذلك بتقليل تردد الجهد المسلط على ملف الساكن عندها يبدأ الدوار دورانه ببطيء بحيث يزداد مع زيادة التردد.

(3-2- 4) تركيب المحرك التزامني :

اولا : الساكن

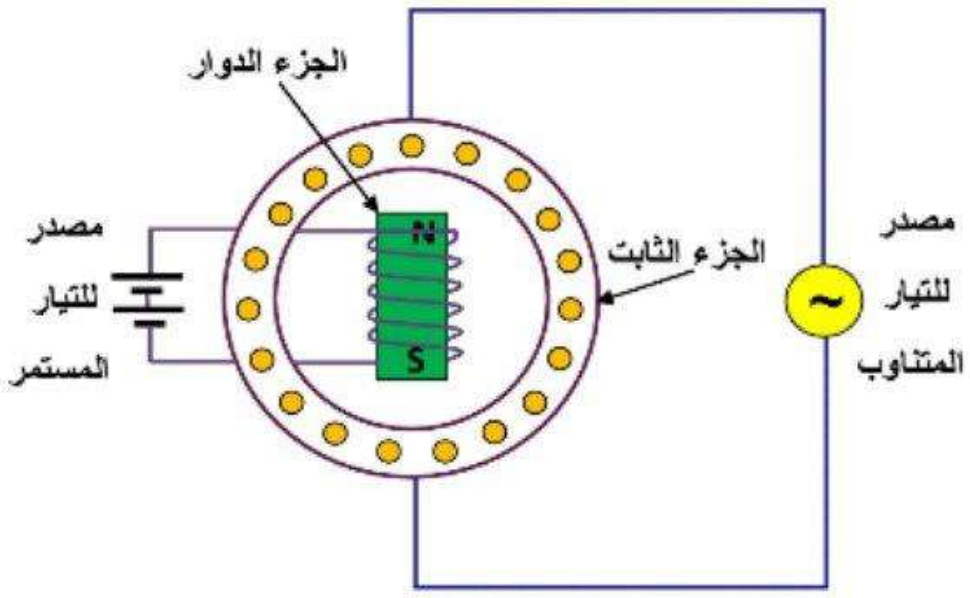
يشبه الساكن في المحركات الحثية، إذ ان القلب الحديدي يتكون من رقائق من الحديد، ويحتوي على مجاري من الداخل توضع فيها الملفات الرئيسة التي توصل إلى مصدر تيار متناوب.

ثانيا / الدوار :

يحمل الأقطاب المغناطيسية التي قد تكون دائمية التمغنط ، إذ يتكون من سبيكة من مختلف المعادن وتكون حلقة الهسترة فيها أو قوة ازالة المغناطيسية عالية ، وتستعمل في المكائن الصغيرة ، أو ملفات تتغذى من تيار مستمر خلال حلقات الانزلاق وفرش الكاربونية.
يختلف شكل الدوار بحسب نوع الاقطاب المستخدمة وعددها وحجم الماكنة وسرعتها، فقد تكون اقطاب بارزة ، وهذه تصلح في حالة السرع البطيئة والمتوسطة اما في المكائن ذات السرع العالية ، فيكون الدوار عبارة عن اقطاب مخفية ، يظهر على شكل اسطواني يحتوي على مجاري ، توضع فيها ملفات الاقطاب المغناطيسية التي تتغذى من مصدر تيار مستمر عن طريق حلقات انزلاقية وفرش كاربونية.

(4-3-3) نظرية اشتغال المحرك التزامني :

عند مرور التيار المتناوب من المصدر إلى ملفات الساكن (مرور نصف الموجة الموجبة) سيجعل قطبية الملفات موجبة ، وبذلك يحدث تنافر بين الملفات وبين الأقطاب المغناطيسية وذلك لتشابه القطبية (موجب مع موجب)، وهذا التنافر يجعل الأقطاب تنحرف عن موضعها بزاوية معينة.
وفي لحظة تغير نصف الموجة إلى نصف الموجة السالب سيجعل قطبية الملفات سالبة ، وبذلك يحدث تجاذب بينها وبين الأقطاب ، وعند ذلك ترجع الاقطاب المغناطيسية إلى موضعها الأصلي، ولهذا السبب أن عزم الدوران الابتدائي لهذه المحركات يساوي صفراً. والشكل رقم (3-14) يوضح الثابت والدوار وكيفية مرور التيار. وللحصول على عزم دوران ابتدائي تتبع الإجراءات التي سبق ذكرها. تعد كفاءة هذه المحركات عالية، وتشتغل بمعامل قدرة عالي وتستخدم بعض أنواع هذه المحركات في الساعات الجدارية ، وفي أجهزة التوقيت وأجهزة القياس الحساسة ، وتستخدم في مكائن الطباعة ومعامل النسيج كما في الشكل (3-14) .



الشكل (3-14) يوضح الثابت والدوار وكيفية مرور التيار

(4 -3-4) مميزات المحرك التزامني :

1. معامل قدرته كبير.
2. ذو كفاءة عالية وقدرة على التحميل الزائد.
3. سرعة دورانه ثابتة ضمن مجال حمله النظامي.

(5-3) المحرك العام (التوالي) Universal Motor :

المحرك العام هو ذلك المحرك الذي يمكن تشغيله بالتيار المستمر، أو بالتيار المتغير وبالسرعة نفسها تقريبا، ويكثر استعماله في المحركات ذات القدرة الكسرية بالحصان التي تستخدم في الاستعمالات المنزلية مثل الخلاطات والمثاقب ومكائن الخياطة . الشكل (3-15) يوضح شكل محرك توالي والتركيب الداخلي له.

الشكل (3-15) يوضح شكل محرك توالي والتركيب الداخلي للمحرك

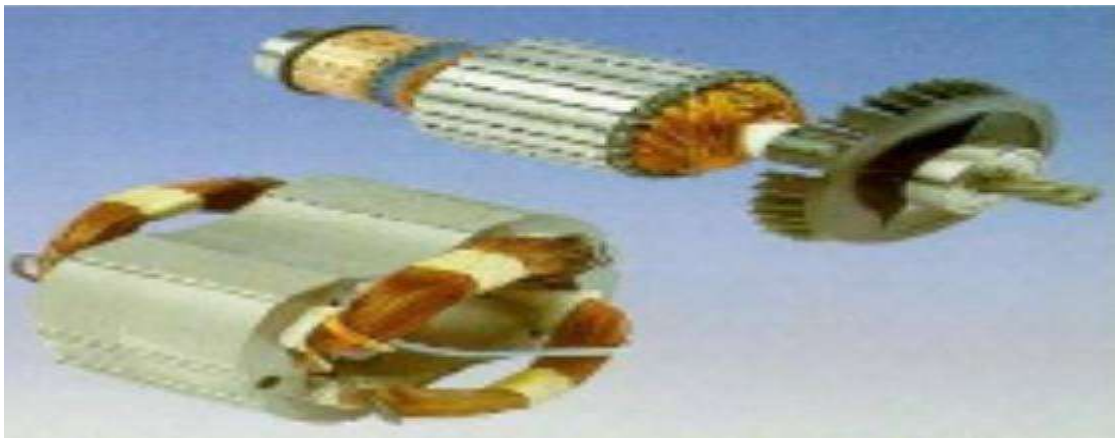
ويمتاز بان له عزم دوران ابتدائي عالي ، وهو متغير السرعة، وتصل سرعته إلى درجة الخطورة عندما لايكون محملا وتتناقص سرعته كلما زاد الحمل.

(5-3-1) تركيب محرك التوالي :

1.الساكن :- هو الذي يحتوي على اقطاب مغناطيسية بارزة توضع حولها ملفات من النحاس ، وتوصل ملفات الاقطاب المغناطيسية على التوالي مع الدوار عن طريق الفرش الكاربونية

2.الدوار : يصنع من محور دوران (شفت) توضع حوله رقائق من الحديد بعد جمعها تكون القلب الحديدي الذي يحتوي على مجاري طولية من الخارج، توضع فيها ملفات من النحاس المعزول ، وتوصل اطراف الملفات إلى قطع المبدل بحسب نوع اللف الذي مر ذكره في الفصل الثاني (مكائن التيار المستمر) الشكل (3-16) أ ، يوضح القلب الحديدي للساكن والدوار قبل وضع الملفات و (ب) بعد وضع الملفات.

الشكل (3-16) أ ، يوضح القلب الحديد للساكن والدوار قبل وضع الملفات



الشكل (3-16) ب ، يوضح القلب الحديدي للساكن والدوار بعد وضع الملفات

(3- 6) مفاتيح فصل ملفات البدء :

من المفاتيح الشائعة الاستعمال في معظم المحركات للطور الواحد مفتاح الطرد المركزي . الذي يتألف من جزئين أساسين هما :-

1- جزء يحتوي على نقطتي اتصال ويثبت بأحد الأغطية الجانبية او في مقدمة الساكن.

2-الجزء الثاني متحرك يثبت على عمود الدوران ويتأثر بالقوى الطاردة المركزية الناتجة عن دوران الدوار، ويحتوي على مجموعة نوابض تعمل على جعل نقطتي الاتصال متلامستين عندما يكون المحرك ساكنا . والشكل (3-17) يوضح تركيب مفتاح الطرد المركزي. ويعمل المفتاح على فتح وغلق نقطتي التلامـــــس (الاتصال) في دائرة الملفات المساعدة. وعند بدء الدوران تكون النقطتان مغلقتين فتكملان دائرة مرور التيار في الملفات المساعدة، وبعد أن يصل دوران الدوار إلى (75%) من سرعته الفعلية تفتح نقطتي التلامس بفعل القوة الطاردة المركزية المؤثرة في الجزء المتحرك من المفتاح، فتعمل على سحب قرص

ضاغط على نقطتي التلامس في الجزء الثابت من المفتاح فيبتعد عنها، وتنفتح دائرة الملفات المساعدة وعند ايقاف المحرك يعود القرص الضاغط إلى وضعه فيقفل نقطتي التلامس ويكمل دائرة الملفات المساعدة.

شكل (3-17) يوضح تركيب مفتاح الطرد المركزي

بالإضافة الى مفتاح الطرد المركزي توجد انواع اخرى من المفاتيح مثل المفتاح الحراري والمغناطيسي.

فضلا عن الأنواع الرئيسة من المحركات التي مر ذكرها توجد أنواع خاصة من المحركات صممت لتلبي حاجة بعض التطبيقات ومن أهمها:

(3-7) محركات الخطوة Stepper Motor :

يطلق عليها المحركات المتدرجة الحركة، فبعد التقدم العلمي الذي أحرز في مجال الكترونيات القدرة وفي إمكانية توصيل وفصل تيار مستمر ذو قيمة عالية في ملفات المحركات ، وهذا جهاز يمكن ان يعطي حركة دورانية في صورة انحراف زاوي ثابت . ويستعمل هذا المحرك في الحواسيب (في مشغلات الأقراص والطابعات) ، وكذلك في آلات القطع، وفي معظم خطوط الإنتاج في المصانع ، والرادارات وأنظمة التوجيه وتطبيقات أخرى لا حصر لها في الصناعة والأجهزة الطبية والعدادات الرقمية . الشكل (3-18) يوضح اشكال مختلفة من محركات الخطوة.

الشكل (3-18) يوضح شكل وتركيب محركات الخطوة

(7-3-1) تركيب المحرك :

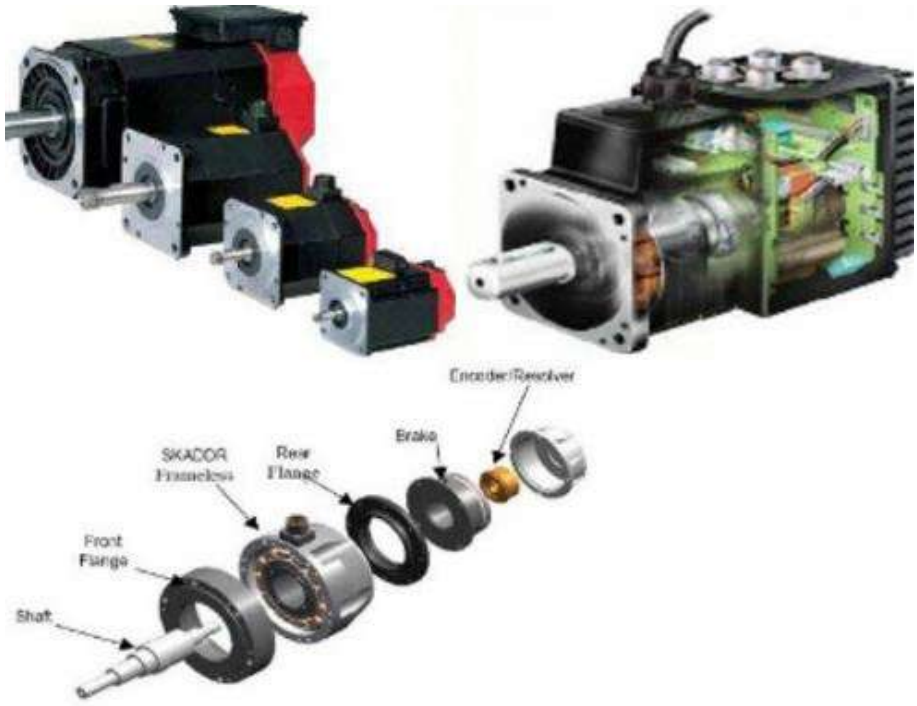
يتكون المحرك الخطوي من ساكن بعدد معين من الملفات ودوار يحتوي على عدد من المغناطيسيات الدائمة أو قلب حديدي مسنن بدون مغناطيسات.

ويمكن تحريك المحرك على شكل خطوات من خلال تغذية ملفات الساكن بنبضات كهربائية بترتيب معين بحيث يغذى ملف واحد فقط من هذه الملفات وغالبا ما يتم هذا من خلال المتحكمات الرقمية والحواسيب.

(3 – 8) محركات التحكم او الخدمة Servo Motor :

تحول محركات الخدمة الإشارة الكهربائية ، وهي الجهد المسلط على الملف الابتدائي إلى إزاحة ميكانيكية للمحور الدوار، وتجد هذه المحركات انتشاراً واسعاً في منظومات السيطرة والتحكم.

وتصمم هذه المحركات خصيصا في أنظمة التحكم والسيطرة، وفي أجهزة القياس، وفي كافة انواع المنظمات، وتكون استجابتها سريعة من حيث التغيير في السرعة لاي تغيير في الجهد حيث يربط المحرك ميكانيكيا مع محور الحمل مباشرة أو من خلال تروس مسننة فيقوم بتحريكه ، وهو محرك خدمي مؤازر يساعد الأجهزة الكهربائية التي لا تتمكن من توليد عزم دوران كاف على تحريك الحمل فيقوم بهذه المهمة بدلا عنها . الشكل (3- 19) يوضح اشكال مختلفة من محركات الخدمة مع التركيب الداخلي للمحرك.



الشكل (3- 19) يوضح اشكال مختلفة من محركات الخدمة مع التركيب الداخلي للمحرك

(1- 3- 8) تركيب المحرك :

هو عبارة عن محرك حتي ثنائي الطور أي انه يحتوي على ملفين في الثابت بينهما زاوية (90) ويكون كل ملف مستقل عن الآخر حيث يتم تسليط مصدر جهد ثابت القيمة والتردد على احد الملفات الذي يسمى (ملف الإثارة)، وجهد متغير يمكن التحكم فيه على الملف الآخر، ويسمى (ملف التحكم أو السيطرة) أما الدوار فعليه ملفات القفص السنجابي ويكون عادة صغير القطر، وقطره يقل كثيراً عن طوله لكي يقلل عزم القصور الذاتي، ولكي يكون سريع الاستجابة.

(3- 9) المحولة الكهربائية Electrical transformer :

هي جهاز يحول الطاقة الكهربائية ذات الجهد المعين إلى طاقة كهربائية ذات جهد اخر من خلال زوج من الملفات الكهربائية . وتعرف بانها جهار كهرومغناطيسي ستاتيكي تحول القدرة الكهربائية للتيار المتناوب من مكونات معينة إلى مكونات أخرى.(P=IV) .

تعد المحولات من المكائن الكهربائية الكفوءة إذ لها القابلية على تحويل 99.75% من الطاقة الداخلة للمحولة إلى خرج المحولة ، وتصنع المحولات الكهربائية بأحجام مختلفة تتراوح من محولات بحجم اظفر الابهـــــام ، حيث يمكن ان يتكون مكبر الصوت (Microphone (من زوج من هذه المحولات) ، إلى محولات ذات احجام كبيرة ذات قدرات تتراوح بمئات الاطنان التي تستخدم في شبكات القدرة الكهربائية. كل انواع المحولات تعمل بالمبادئ الاساسية نفسها على الرغم من الاختلاف في الاحجام ، ويمثل الشكل (3- 20) انواع واحجام مختلفة للمحولات الكهربائية . سيتم التركيز في هذه المرحلة الدراسية على المحولات

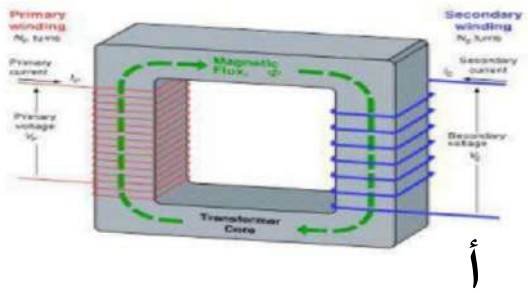
الشكل (3-20) يوضح محولات كهربائية مختلفة الاحجام والاشكال

(3- 10) تركيب المحولة Transformer Construction :

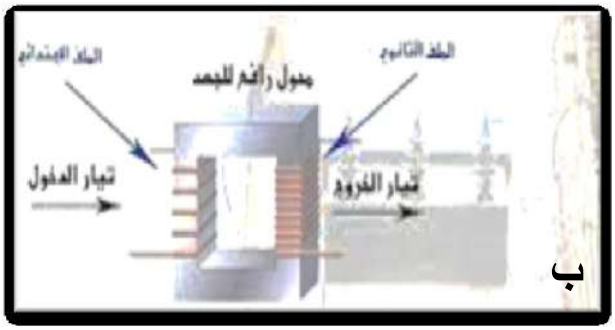
تتكون المحولة من ملفين من الاسلاك الملفوفة حول قلب حديدي، يسمى الطرف المرتبط بمصدر التيار بالملف الابتدائي ، في حين يطلق على الطرف المرتبط بالحمل بالملف الثانوي ، كما مبين في الشكل (3-21) أي أنه يمكن اعتبار المحولة مكونة من دائرتين احداهما دائرة مغناطيسية تتمثل بالقلب . والأخرى دائرة كهربائية تتمثل بالملفات الابتدائي والثانوي، وتوضع مكونات المحولة في داخل حاوية للحفاظ على المكونات من الاتربة والرطوبة والصدمات الميكانيكية.

وتستخدم المحولة لتغيير قيمة الجهد الكهربائي في نظام نقل الطاقة الكهربائية الذي يعمل على التيار المتناوب حيث لا يمكن ان تعمل المحولة في انظمة التيار المستمر . فإذا كان جهد الطرف الثانوي اقل من جهد الابتدائي كانت المحولة خافضة للجهد كما في الشكل (3-21) أ ،أما لو كان جهد الثانوي اعلى من جهد الابتدائي كانت المحولة رافعة للجهد كما مبين في الشكل (3-21) ب .

تختلف ملفات المحولة باختلاف تياراتها وجهودها الاسمية و تصنع من اسلاك مصنوعة من النحاس او الالمنيوم ذات مقاطع دائرية او مستطيلة.



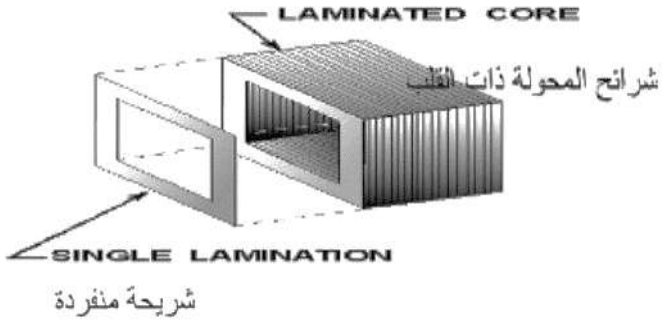
الشكل (3-21) أ يمثل محولة خافضة للجهد



الشكل (3-21) ب، يمثل محولة رافعة للجهد

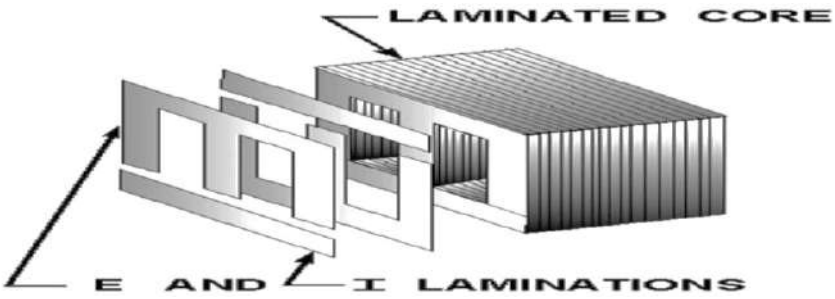
(11-3) شكل القلب Iron Core Shape :

ان تركيب القلب للمحولة يعتمد على العوامل الأتية : الفولتية والتيار والتردد ويؤخذ في الحسبان الحجم وتكاليف التركيب للقلب . ويستعمل عادة قلب هوائي (Air-Core) من الحديد اللين (Soft-Core) ، او الفـــــولاذ (Steel-Core) ` إن اختيار أي من انواع القلب يعتمد على مجال استعمال المحولة ، وبنحو عام فأن المحولات ذات القلب الهوائي تستعمل عندما تكون فولتية المصدر ذات تردد عالي أكثر من (20KHz)، كما انها تحول قدرة افضل من المحولة ذات القلب الهوائي، أما المحولات ذات القلب الحديدي اللين تكون مفيدة جدا عندما يتطلب أن يكون حجم المحولة صغيراً وكفؤا ، والمحولة ذات القلب المصنوع من شرائح الفولاذ تفقد الحرارة بسهولة وبذلك تستعمل لتحويل القدرة بشكل كفوء . يوجد نوعان من اشكال الشرائح التي يصنع منها القلب الفولاذي للمحولات، وتسمى المحولة بحسب شكل القلب ، فتسمى محولة ذات القلب ، كما موضح في الشكل (3-22) ، إذ يمكن ملاحظة أن القلب يصنع من عدد من الشرائح الفولاذية بالشكل المبين .



الشكل (3-22) يوضح محولة ذات القلب

الشكل الثاني للقلب هو الاطار (Shell Core) ، فتسمى المحولة ذات الإطار ، وهي الأكثر شيوعا وكفاءة كما موضحة في الشكل (3-23) إذ ان كل طبقة او شريحة للقلب تتكون من جزء بشكل حرف (E) والآخر بشكل حرف (I) ، عند تجميعها مع بعضها ينتج شكل الشريحة الواحد ، تعزل هذه الشرائح عن بعضها بعازل وتضغط لتكون القلب.

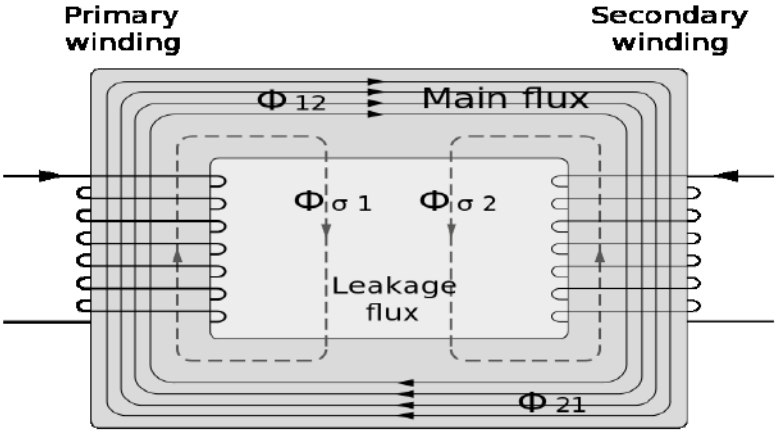


الشكل (3-23) يوضح شكل شرائح المحولة ذات الاطار

في هذا النوع من المحولات يوضع ملفي المحولة حول العمود الوسطي للقلب الحديدي.

(3- 12) مبدأ العمل Operation Principle :

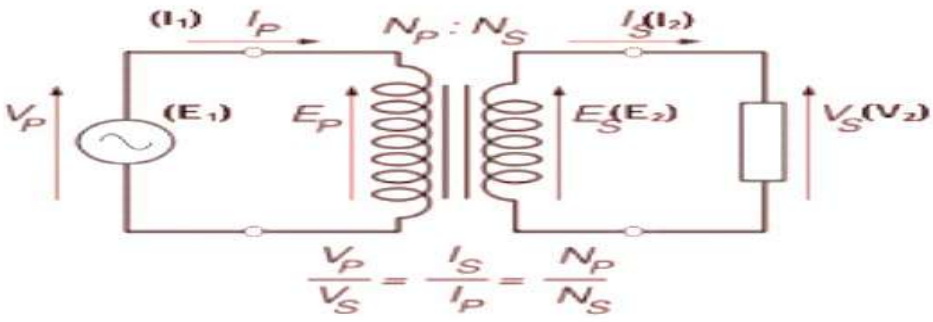
يعتمد مبدأ عمل المحولة الكهربائية على قانون فراداي للحث الكهرومغناطيسي الذي ينص على أن قيمة القوة المحركة الكهربائية (الجهد الكهربائي) تتناسب طردياً مع معدل تغير التدفق المغناطيسي، و لهذا السبب فإن المحولة لا تعمل في أنظمة التيار المستمر لإن التيار المستمر يخلق مجالا مغناطيسيا ثابتا مقدار تغيره يساوي الصفر، فلا يمكن خلق جهد كهربائي حينها بطريقة الحث و هذا أحد الأسباب الرئيسة لتفضيل التيار المتردد على المستمر في الوقت الذي لا يوجد له حتى طريقة عملية واقتصادية لتحوير قيمة الجهد حيث يسري تيار كهربائي (I_1) في ملفات الطرف الابتدائي ينتج فيض مغناطيسي $\emptyset_{12}$. يمكن تحديد اتجاهه عن طريق قاعدة اليد اليمنى الى اتجاه الملفات فان الابهام يشير الى اتجاه التدفق المغناطيسي يسري في دائرة مغناطيسية بين الطرفين وحينما يصل الفيض لملفات الطرف الثانوي يبدأ سريان تيار في هذه الملفات I_2 يمكن تحديد اتجاهه بالطريقة المذكورة اعلاه لكن هذه المرة بجعل اتجاه الابهام اولا موافقا لاتجاه الفيض المغناطيسي $\emptyset_{12}$ وحينما تكون الاصابع مشيرة الى اتجاه سريان التيار في الملفات ،كما مبين في الشكل (3- 24) .



شكل (3-24) مبدأ عمل المحولة الكهربائية

(3- 13) العلاقات الخاصة بالمحولة المثالية (Ideal Transformer Formulas of) :

المحولة المثالية هي افتراض نظري فقط، ويستخدم لفهم المحولة الحقيقية ، ويفترض في المحولة المثالية انه لا يوجد فيها فقد في الطاقة حيث تنتقل الطاقة من دائرة الملف الابتدائي إلى دائرة الملف الثانوي دون أي فقد . ايضا يفترض في المحولة المثالية أن الملفات ليس لها مقاومة لمرور التيار ، كذلك لا يوجد تسرب في الفيض المغناطيسي، وهذه الفروض تساعد على استنتاج العلاقات المختلفة . والمحولة المثالية تتركب من ملفين لهما ممانعة حثية فقط وملفوفين حول قلب من الحديد كما موضح في الشكل (3- 25) ، فإذا وصلنا الملف الابتدائي بمصدر جهد متردد فانه ينتج تدفق (فيض) مغناطيسي متناوب، ويعتمد مقداره على قيمة الجهد والتردد وكذلك عدد لفات الملف الابتدائي. وهذا التدفق المتناوب يتشابك مع الملف الثانوي مولداً فيه جهداً متناوباً تعتمد قيمته على عدد لفات الملف الثانوي . ولو فرضنا ان الجهد الابتدائي هو (V_1) والفيض المغناطيسي الناشئ هو (Θ)، فأنه تتولد قوة دافعة كهربائية عكسية (E) في الملف الابتدائي تعطى بالمعادلـــــة



الشكل (3- 25) يوضح مبدا عمل المحولة الكهربائية

$$E_1 = V_1 = N_1 \frac{d\emptyset}{dt}$$ .....(2-3)

إذ ان :

E_1: تمثل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الابتدائي بوحدات الفولت.

N_1 :عدد لفات الملف الابتدائي بوحدات لفة.

$\emptyset$: مقدار الفيض المغناطيسي بوحدات الوبير، أو بوحدات الخط (Line) .

t : الزمن بوحدات الثانية.

$d\emptyset$: التغير بالفيض.

ان مرور تيار كهربائي متغير في الملف الثانوي يسبب توليد فولتية محتلة بحسب قانون فارداي تساوي:

$$E_2 = V_2 = N_2 \frac{d\emptyset}{dt}$$ ..... (3 -3)

إذ ان :

E_2 :تمثل القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الابتدائي بوحدات الفولت.

V_2: تمثل الفولتية المحتثة على طرفي الملف الثانوي.

N_2:تمثل عدد لفات الملف الثانوي.

$\emptyset$:الفيض المغناطيسي المحتث في لفة واحدة من لفات الثانوي.

بقسمة معادلة (3- 2) إلى معادلة (3- 3) ينتج :

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$ ..... (4 -3)

ان المحولة المبينة. في حالة توصيل ملفها الثانوي للحمل سوف يمر تيار كهربائي خلاله ، وبذلك سوف تنقل القدرة الكهربائية من دائرة الابتدائي إلى دائرة الثانوي . وفي الحالة المثالية (بإهمال المفاقيد) فان كل الطاقـــة

الداخلة سوف تحول من دائرة الابتدائي إلى المجال المغناطيسي والى دائرة الثانوي، وبذلك يمكن ان تكون القدرة الداخلة مساوية للقدرة الخارجة كما مبين في المعادلة الآتية:

$$S_1 = S_2$$ ..... (5 -3)

S_1 و S_2 تمثل القدرة الظاهرة للمحولة لملفيه الابتدائي والثانوي.

$$S_1 = I_1 V_1$$ ..... (6 -3)

$$S_2 = I_2 V_2$$ ..... (7 -3)

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$ ..... (8 -3)

أي ان معادلة المحولة المثالية تساوي:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$ ..... (9 -3)

وعليه يمكن حساب الفولتية على طرفي الملف الابتدائي بدلالة الفولتية على طرفي الملف الثانوي بالمعادلة الآتية

$$V_1 = \frac{N_1}{N_2} \times V_2$$ ..... (10 -3)

وكذلك يمكن حساب التيار المار في الملف الابتدائي بدلالة التيار المار في الملف الثانوي بالمعادلة الاتية:

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} \times I_2$$ ..... (11 -3)

ملاحظة:

يرمز عادة (V_P) او (V_1) لفولتية الملف الابتدائي ، و (V_S) او (V_Q) لفولتية الملف الثانوي.

ويرمز (N_P) او (N_1) لعدد لفات الملف الابتدائي و (N_S) او (N_2) لعدد لفات الملف الثانوي.

ويرمز (I_P) أو (I_1) لتيار الملف الابتدائي ، و (I_S) او (I_2) لتيار الملف الثانوي .

معادلة المحولة على النحو الآتي:

$$\frac{V_S}{V_P} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{I_P}{I_S} = \alpha$$ .....(12-3)

واذا كانت المحولة رافعة للجهد تكون ($V_S > V_P$)، فإن التيار سوف يقل ($I_S < I_P$) بالنسبة نفسها وتسمى هذه النسبة (نسبة التحويل) ويرمز لها بالرمز (α) .

يمكن ايجاد قدرة العمل من العلاقة الاتية:

حيث يمثل cosθ عامل القدرة

$$P_2 = S\cos\theta$$

.....(13 - 3)

وتحسب القوة الدافعة الكهربائية للملف الابتدائي بالمعادلة الاتية:

$$E_1 = 4.44\emptyset F N_1$$

.....(14 - 3)

حيثF يمثل التردد ويقاس ب ذبذبة / ثانية

وتحسب القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف الثانوي بالمعادلة الآتية:

$$E_2 = 4.44\emptyset F N_2$$

.....(15 - 3)

(3- 14) أمثلة محلولة عن المحولات الكهربائية

مثال (3-3):

نحتاج إلى محولة تعطي (500) ملي أمبير عند (24) فولت، عند تغذيتها بفولتية مصدر مقدارها (120) فولت كم عدد اللفات المطلوبة في الثانوي؟ علماً أن عدد لفات الملف الابتدائي (3000) لفة،وما مقدار التيار الابتدائي؟

المعطيات

V_1= 120 volt V_2= 24 volt I_2= 500 mA N_2= 3000

الحل :

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

$$N_2 = \frac{V_2}{V_1} \times N_1 = \frac{24}{120} \times 3000 = 600\ turns$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{I_1}{I_2}$$

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} \times I_2 = \frac{600}{3000} \times 500 = 100\ mA$$

مثال (3 - 4):

محولة خافضة للجهد، اذا كان عدد لفات جهة الفولتية العالية تساوي (500) لفة، في حين عدد لفات جهة الفولتية القليلة (100) لفة عندما تربط كمحولة خافضة للجهد، يكون تيار الحمل (12) أمبير، احسب:

1- نسبة التحويل(α) .
2- تيار الملف الابتدائي.

المعطيات

N_1= 500 t N_2=100 t I_2= 12 A

الحل :

$$\alpha = \frac{N_1}{N_2}$$

$$\alpha = \frac{500}{100}$$

$$\alpha = 5$$

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$I_1 = \frac{N_2}{N_1} \times I_2$$

$$I_1 = \frac{100}{500} \times 12$$

$$I_1 = 2.4\ A$$

مثال (3 - 5):

محول احادي الطور يعمل على جهد تردده (50) ذبذبة ثانية، فإذا كان القلب الحديدي على شكل مربع المقطع طول ضلعه (20) سم وكثافة الفيض المغناطيسي العظمى المسموح بها للمرور في القلب الحديدي (10000) خط اسم ، احسب عدد الملفات المطلوب وضعها لكل من الملف الابتدائي والثانوي لتكون نسبة تحويل الجهد 220/3000.

المعطيات:

F=50Hz A=20×20 cm^2 $B = \frac{10000 Line}{cm^2}$ $E_1/E_2 = V_1/V_2 = 3000/220$

الحل :

$$\emptyset = A \times B = 20 \times 20 \times 10^{-8} \times 10000 = 0.04\ wb$$

$$E_1 = 4.44 \emptyset F N_1$$

$$N_1 = \frac{E_1}{4.44\ \emptyset\ F}$$

$$N_1 = \frac{3000}{4.44 \times 0.04 \times 50} = 338\ turns$$

$$E_2 = 4.44 \emptyset F N_2$$

$$N_2 = \frac{E_2}{4.44 \emptyset F N_2} = \frac{220}{.4.44 \times 0.04 \times 50} = 25\ turns$$

ملاحظة: 1ويبر = $(10)^8$خط (لتحويل ويبر نضرب $\times (10)^{-8}$)

مثال (3- 6) :

محولة مثالية طور واحد تعمل على مصدر (200) فونت، يمر في ملفه الابتدائي تيار مقداره (2) امبير. وصل حمل على ملفه الثانوي بعامل قدرة (0.8)، أوجد قدرة الحمل.

الحل :

$$P_2 = S \cos\theta$$

$$S = S_1 = S_2$$

$$S_1 = I_1 V_1 = 2 \times 200 = 400\ VA$$

$$P_2 = 400 \times 0.8 = 320\ W$$

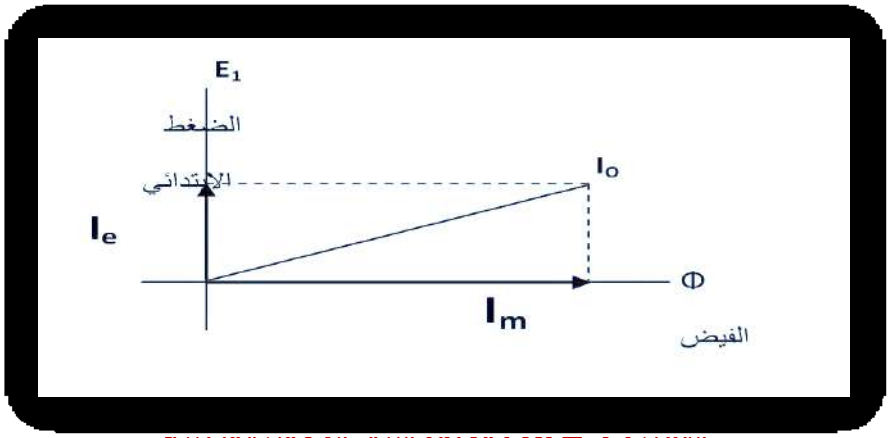
(3- 15) تشغيل المحولة Transformer Operation :

(1 - 3- 15) تشغيل المحولة عند اللاحمل No Load Operation :

عرفنا فيما سبق أن نظرية تشغيل المحولة تعتمد على الحث الكهرومغناطيسي فعندما يوصل المحول إلى مصدر تيار متناوب فانه يمر تيار في الملف الابتدائي يسمى بتيار اللاحمل (I_0)، وينشا عن مرور هذا التيار فيض مغناطيسي متغير يتبع التيار المسبب له، ويقطع هذا الفيض كل من الملف الابتدائي والملف الثانوي، فيولد في كل منهما قوة دافعة كهربائية عكسية تتناسب مع عدد اللفات ومعدل تغير الفيض بالنسبة للزمن كما ذكرنا آنفـــاً.

وتيار اللاحمل محصلة لتيارين هما-:

1. المركبة العمودية ويسمى بالتيار الفعال وهو التيار المسؤول عن المفاقيد الحديدية في القلب الحديدي للمحول (وهي الحرارة الناتجة في القلب الحديدي عند عمل المحولة) ، ويرمز له بالرمز (Ie).
2. المركبة الافقية ويسمى بتيار المغنطة او المغطسة وهو التيار المسؤول عن المجال المغناطيسي الناشئ في القلب الحديدي ويرمز له بالرمز(Im) . وكما موضح في الشكل رقم (3 - 26).



الشكل (3 – 26) العلاقة التيار المغنطة والمركبة

ان القدرة المصروفة في حالة اللاحمل هي المفاقيد الحديدية ΔP_{Fe} والتي تحسب بالعلاقة الاتية :

$$\Delta P_{Fe} = V \times I_0 \cos\theta \quad \text{.....(16 -3)}$$

$$\Delta P_{Fe} = V \times I_e \quad \text{.....(17 -3)}$$

وان التيار الفعال الذي يسبب المفاقيد الحديدية يحسب بالعلاقة الاتية :

$$I_e = \Delta P_{Fe}/V \quad \text{.....(18 -3)}$$

$$I_{O2} = I_{e2} + Im_2 \quad \text{.....(19 -3)}$$

$$Im = \sqrt{I_{O2} - I_{e2}} \quad \text{.....(20 -3)}$$

مثال (3-7) :

محول يعمل بدون حمل وصل إلى مصدر جهد (200) فولت فكان التيار المار في الملف الابتدائي (0.5) أمبير والقدرة المصروفة كمفاقيد حديدية (60) واط احسب تيار المغطسة.

الحل :

$$I_\circ = 0.5\ volt$$

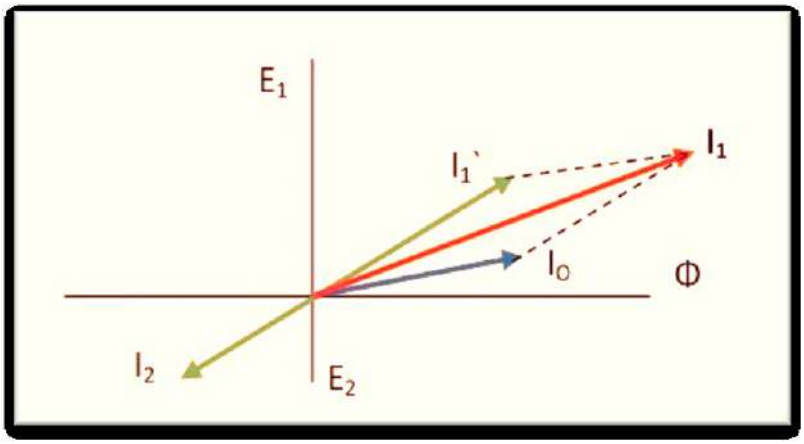
$$\Delta P_{Fe} = 60\ w$$

$$I_e = \frac{60}{200} = 0.3A$$

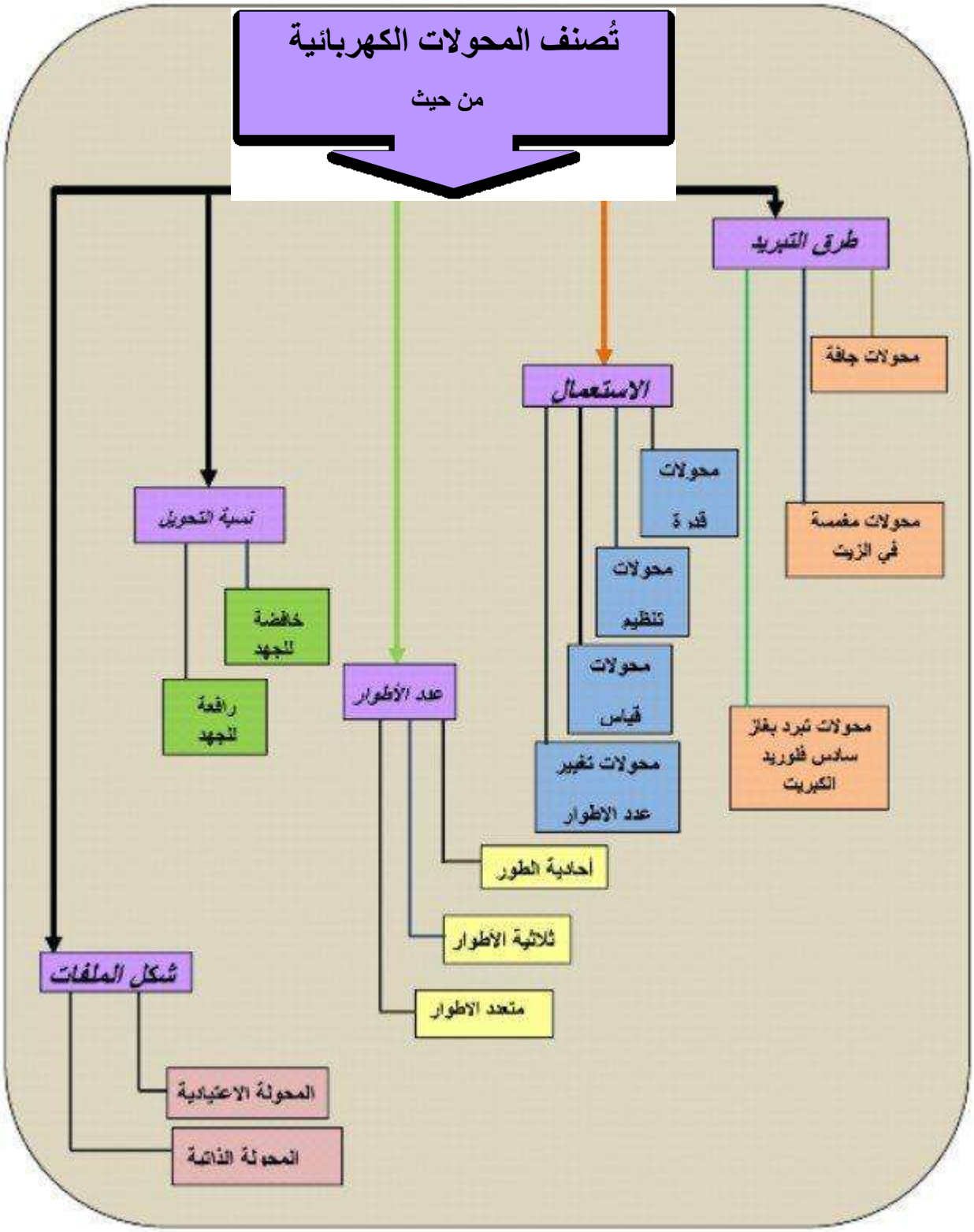
$$I_m = \sqrt{I_0^2 - I_E^2} = \sqrt{(0.5)^2 - (0.3)^2} = \sqrt{0.25 - 0.09} = \sqrt{0.16} = 0.4\ A$$

(2- 3 – 15) تشغيل المحولة عند وجود الحملLoad Operation :

اذا تم توصيل الحمل على طرفي الملف الثانوي فانه يمر به تيار يسمى تيار الملف الثانوي (I_2) الذي يسبب نشوء فيض مغناطيسي وقوة دافعة كهربائية محتثة ($-E_2$) تعاكس القوة الدافعة الكهربائية المحتلة في الملف الابتدائي (E_1). وبذلك ينشا تيار آخر في الملف الابتدائي (I_1) معادل للتيار الثانوي (I_2) أي يساويه بالمقدار ويعاكسه بالاتجاه، فضلاً عن تيار اللاحمل (I_0) ، وبذلك يكون التيار المار في الملف الابتدائي عند وجود الحمل كبيراً لانه محصلة تيارين هما تيار اللاحمل (I_0) والتيار المعادل لـ (I_2) وهو (I_1) كما موضح في الشكـــل (3 – 27) مخطط تيار الحمل .



الشكل (3-27) مخطط تيار الحمل


تُصنف المحولات الكهربائية
من حيث
طرق التبريد
محولات جافة
محولات مغمسة في الزيت
محولات تبرد بغاز سادس فلوريد الكبريت
الاستعمال
محولات قدرة
محولات تنظيم
محولات قياس
محولات تغيير عدد الاطوار
نسبة التحويل
خافضة للجهد
رافعة للجهد
عدد الأطوار
أحادية الطور
ثلاثية الأطوار
متعدد الاطوار
شكل الملفات
المحولة الاعتيادية
المحولة الذاتية

(3 – 16) تصنيف المحولات الكهربائية Categories of Electrical :

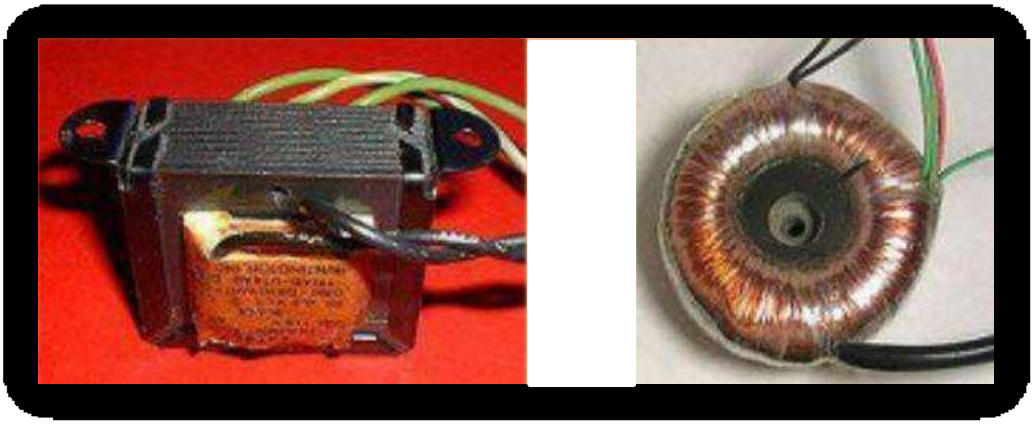
يمكن تصنيف المحولات الكهربائية من حيث:

(أ) طريقة تبريد المحولات وتقسم على مايأتي:

1- محولات جافة : يتم تبريدها بالهواء الطبيعي أو القسري، وهي في العادة محولات ذات قدرات صغيرة ومتوسطة . الشكل (3- 28) يوضح محولة جافة.

2- محولات مغمسة بالزيت : ويتم تبريدها بالزيت كمحولات القوى ذات القدرات المتوسطة والكبيرة المستخدمة في المحطات الكهربائية المختلفة ، الموضحة في الشكل (3- 29) وتتصف هذه المحولات بأخطار الانفجار ولهذا تزود بدوائر تحكم متقدمة.

3- محولات يتم تبريدها بسادس فلور الكبريت (SF6) : وقد شاع استخدامها في الآونة الاخيرة في الاماكن المغلقة.



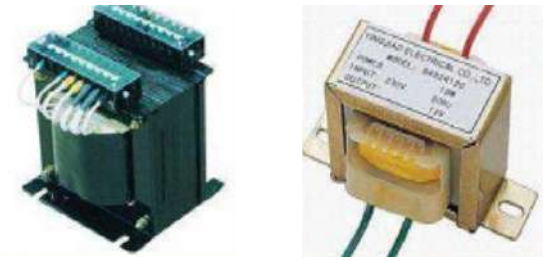
الشكل (3 - 28) محولة يتم تبريدها بالهواء الطبيعي

الشكل (3 - 29) محولة التبريد بالزيت

(ب) يمكن تقسيم المحولات بحسب مجالات استعمالاتها الى ماياتي :

1- محولات القوى (Power Transformers) :

وتقوم بتحويل جهود القدرة الكهربائية من مستوى إلى اخر، وتستعمل في نقل القدرة الكهربائية وفي شتى مجالات التصنيع ، موضحة في الشكل (3 - 30) وفي الاستخدامات المنزلية.



الشكل (3-30) محولة قدرة تستخدم في محطة توليد الطاقة

2- محولات التنظيم والتعيير(Reguiation Transformers) : وتستعمل للحصول على قيم مختلفة للجهد في المختبرات ومراكز الابحاث والتحكم الآلي . محولة تنظيم الفولتية توضع خارج الابنية ثلاثية الاطوار الملفات الابتدائية موصلة دلتا (مثلث)، والثانوية موصلة نجمة بقيمة تيار متناوب 230/400 فونت وبقدرة 15 او 30 كيلو فولت أمبير، ومصممة لتطبيقات تنظيم القدرة الخارجة وبشكل آمن، والشكل (3-31) يوضح محولات تنظيم تستعمل في المختبرات عند الحاجة لتوفير امكانية تنظيم ضغط خط مع حماية بدرجة عالية.

الشكل (3-31) محولات تنظيم

3- محولات القياس (Measurement Transformers) : مثل محولات التيار التسلسلية ومحولات الجهد التفرعية ، وتستخدم في القياسات الكهربائية ، وفي لوحات التوزيع والتغذية ، كما موضحة في شكل (3-32).

الشكل (3- 32) يوضح محولة تيار

4- محولات لتغيير عدد أطوار التيار الكهربائي(M) : تغيير التيار المتناوب والتردد (F) وشكل النبضة، وتستخدم بشكل أساسي في الاجهزة الالكترونية والاتصالات السلكية والتحكم الآلي ، ولا تتعدى قدرة مثل هذه المحولات عدة فولت أمبيرات.

(جـ) - تقسم المحولات من حيث عدد أطوارها على:

1- محولات أحادية الطور(Monophasic Transformers)
2- محولات ثلاثية الطور(Three - phase Transformers)
3- محولات متعددة الأطوار (Polyphasers Transformers)

الشكل (3- 33) يوضح محولات احادية الطور ومحولات ثنائية الطور ومحولات ثلاثية الأطوار

الشكل (3 - 33) يوضح محولات احادية الطور والثانية الطور وثلاثية الأطوار

(د) تقسم من حيث نسب تحويلها على :

1- محولات خافضة للجهد:

تحول جهد الملف الابتدائي المرتفع V_1الى جهد منخفض V_2($V_1 > V_2$) الشكل رقم (3- 34) يوضح محولات خافضة للجهد.

2- محولات رافعة للجهد:

تحول جهد الملف الابتدائي V_1 إلى جهد مرتفع للثانوي V_2 ($V_1 < V_2$) الشكل رقم (3- 35) يوضح محولة رافعة للجهد.

الشكل (3- 34) يوضح محولات خافضة للجهد

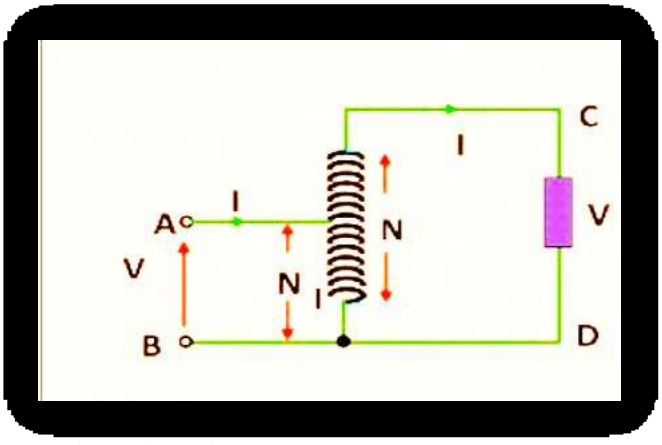
الشكل (3- 35) يوضح محولة رافعة للجهد

(3 – 17) المحولة الذاتية Auto Transformer :

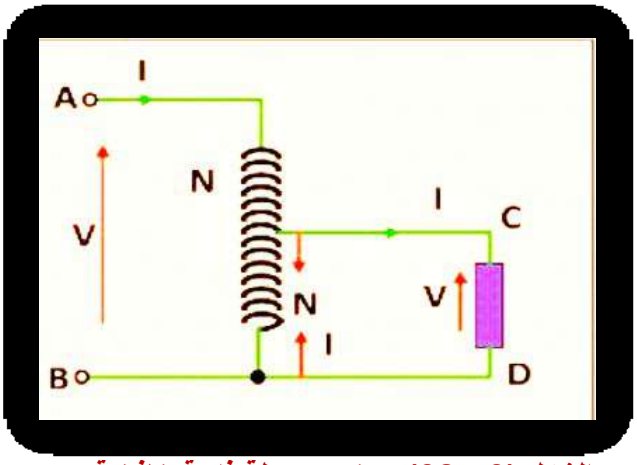
المحولة الذاتية من الاجهزة البسيطة والقليلة الثمن مقارنة بالمحولة الاعتيادية. الشكل (3- 36) يوضح محولات ذاتية.

الشكل (3-36) يوضح محولات ذاتية

وهي تعمل بنظرية اشتغال المحولة الاعتيادية نفسها، ولكن فيها يستعمل ملف واحد فقط ويمثل هذا الملف كله الملف الابتدائي أو الثانوي، ويمثل جزء فقط من هذا الملف ذاته الملف الآخر ويمكن توضيح محولة رافعة للجهد كما في الشكل رقم (3-37) ومحولة خافضة للجهد كما في الشكل (3- 38) ويعتمد ذلك على طريقة التوصيل.



الشكل (3 -37) يوضح محولة ذاتية رافعة



الشكل (3 - 38) يوضح محولة ذاتية خافضة

$$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$$

في هذا النوع من المحولات تكون كفاءتها قليلة نسبة الى المحولات الأخرى بسبب التيار الناتج عن محصلة التيار الابتدائي والثانوي، وهو المسبب في نشوء المفاقيد، ويرمز له بالرمز (I_3) ويحسب بالعلاقة:

$$I_3 = I_1 - I_2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \text{(20 -3)}$$

من مميزات المحولة الذاتية بأنها تعطي جهداً متغيراً بتغيير موضع النقطة C وبذلك يمكن تغيير عدد لفات الثانوي للحصول على جهد يتراوح من صفر وحتى جهد الابتدائي أو أكبر منه كما في المحولة الذاتية الرافعة للجهد وتستخدم هذه المحولة في المختبرات واجهزة بدء الحركة عندما تكون نسبة التحويل المطلوبة في حدود من 24:1 أي الجهد الثانوي والابتدائي متقاربين. وتتميز هذه المحولة عن الاعتيادية بصغر الحجم للقدرة نفسها، وذلك لتوفير النحاس المستعمل في الملفات، ولكن من عيوب هذا المحول أن العزل الكهربائي بين المصدر والحمل غير متوافر بسبب استعمال ملف واحد بين الدخل والخرج، ولذلك لا يفضل أيضا استخدامها بنسبة تحويل كبيرة إذ تسبب خطورة، وإمكانية حدوث قصر بين ملفات الجهد العالي والمنخفض وذلك للسبب نفسه، وهذا على عكس ما هو عليه في المحولات الاعتيادية.

مثال(3 - 8)

محولة ذاتية نسبة التحويل فيها (6/5) ، وصل حمل قدرته (3) كيلوواط، عامل قدرة (0.6). جد التيار في كل جزء من اجزاء المحولة (مع اهمال المفاقيد).

الحل :

$P_2 = S\cos\theta$

3000= S X 0.6

S=3000/0.6 = 5000 VA

$S_1 = S_2 = S = 5000\,VA$

$\frac{N_2}{N_1} = \frac{V_2}{V_1}$

$\frac{5}{6} = \frac{500}{V_1}$

$V_1 = 600\,V$

$I_1 = S/V_1 = 5000/600 = 8.3$ A

$I_2 = S/V_2 = 5000/500 = 10$ A

$I_3 = I_1 - I_2 = 8.3 - 10 = -1.7\,A$

(3- 18) معامل التنظيم للمحولة Transformer Regulation

من العوامل المهمة عند اختيار محول لتطبيق معين هو معامل تنظيم الجهد. ويعرف بانه التغيير في جهد الثانوي عندما يتغير تيار الحمل من صفر إلى القيمة المقننة ، ويحسب بالعلاقة الاتية:

$$\text{Voltage Regulation} = \frac{V2(\text{no load}) - V2(\text{rated})}{V2(\text{rated})} \times 100\%$$

أسئلة الفصل الثالث

س1 : ما المحرك ؟ وما أنواع المحركات ؟ وما مبدأ عمل المحرك ؟

س 2 : ما المحركات الحثية ؟ ولماذا سميت بهذا الاسم ؟

س 3: محرك سرعته التوافقية (1500 دورة / دقيقة) موصل إلى مصدر تيار متناوب تردده (50 H) ، احسب عدد اقطابه نظرياً . ج (2p=2)

س 4 : محرك سرعته التوافقية (600) دورة / دقيقة وعدد اقطابه (10) ، فما مقدار تردد المصـــــــــدر ؟

نظريا: F = 50 H

س 5 : ما أجزاء المحرك الحثي ؟ وما فائدة اللوحة المثبتة على الإطار الخارجي ؟

س6 : ما أنواع ملفات الدوار وكيف يكون وضعها في القلب الحديدي ؟

س7 : عدد طرق التشغيل للمحرك الحثي للطور الواحد.

س 8 : اذكر خواص ملفات البدء وكيف توصل مع ملفات التشغيل ؟

س 9 : ما فائدة مكثف البدء في محركات الطور الواحد ؟ وبماذا تمتاز مثل هذه المحركات ؟ وأين تستعمل ؟

س 10 : هل يوجد مكثف أخر ؟ وما مواصفاته ؟

س 11 : ما مميزات وعيوب محرك الأقطاب المظللة ؟ وأين يستعمل ؟

س 12 : اشرح نظرية اشتغال المحرك ذو القطب المظلل.

س 13 : لماذا سميت المحركات التزامنية بهذا الاسم ؟ وأين تستعمل ؟

س 14 : ما الوسائل المساعدة لتدوير المحرك التزامني ؟

س 15 : اذكر اجزاء المحرك التزامني ووظيفة كل جزء.

س 16 : أشرح نظرية اشتغال المحرك التزامني. مع ذكر خواصه.

س 17 : عرف المحرك العام ؟ وأين يستعمل ؟

س 18 : أشرح تركيب المحرك العام .

س 19 : عدد مفاتيح فصل ملفات البدء.

س 20 : أين يستعمل مفتاح الطرد المركزي ؟ وهل يوجد في المراوح السقفية ؟

س 21 : أين تستعمل محركات الخطوة ؟ وما مكوناته ؟

س 22: اشرح تركيب المحولات الكهربائية ؟

س23: ما انواع المحولات من حيث شكل القلب الحديدي ؟

س24 : أشتق نسبة التحويل في المحولات الكهربائية ؟

س25 : اشرح عمل المحولة في حالة اللاحمل ؟

س26 : ما الفرق بين المحولة الذاتية والمحولة الاعتيادية ؟

س 27: ما القصود بنسبة التنظيم في المحولات الكهربائية ؟

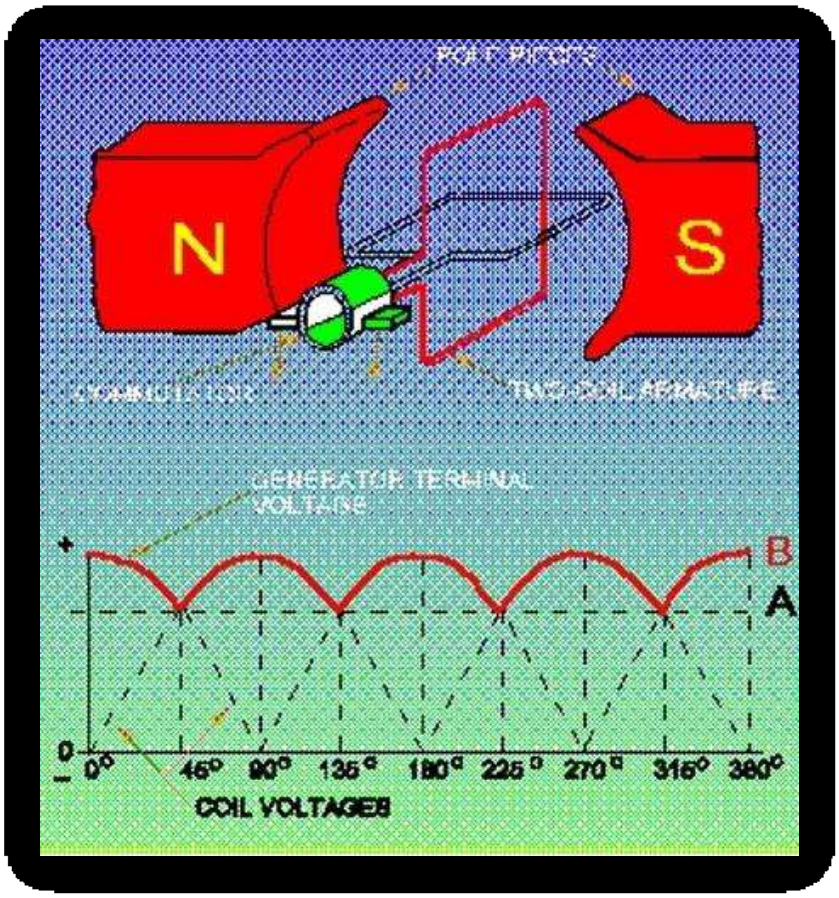
س 28: محولة طور واحد رافعة للجهد نسبة التحويل فيها 3/2 تعطي جهد مقداره (120) فولت ، احسب قيمة المصدر (الجهد الابتدائي).

س 29 : محولة ذاتية تعمل بنسبة تحويل 110/220، احسب التيار المار في كل جزء من أجزاء المحولة اذا علمت ان قدرة المحولة (880) فولت . أمبير ثم أرسم المحولة المطلوبة في هذا السؤال .

س 30: محولة طور واحد ملفها الابتدائي موصل الى مصدر (220) فولت وتردد (50 ذ/ ثا) ، أحسب مقدار الفيض المغناطيسي الحاصل في الدائرة المغناطيسية اذا علمت ان عدد لفات الملف الابتدائي (200) لفة.

الفصل الرابع

مكائن التيار المستمر



الهداف العام: الإلمام بمكائن التيار المستمر.

الاهداف الخاصة: عزيزي الطالب عندما تكمل هذا الفصل تكون قادرا على:

1. تشرح تركيب ماكنة التيار المستمر.
2. تمييز بين اللف الانطباقي واللف التموجي.
3. تشتق قانون القوة الدافعة الكهربائية.
4. تحدد طريقة اثارة ملفات المجال لماكنة التيار المستمر.
5. تحل مسائل عن مولدات ومحركات التيار المستمر.
6. تحسب الكفاءة المولدات التيار المستمر.
7. التمييز بين المحرك والمولد.
8. تعرف القوة الميكانيكية المتولدة في محرك التيار المستمر، وعلى ماذا تعتمد.
9. تمييز بين انواع محركات التيار المستمر.
10. تدرك كيفية تنظيم السرعة في محركات التيار المستمر.
11. تفهم طرائق بدء الحركة في محركات التيار المستمر.

الفصل الرابع

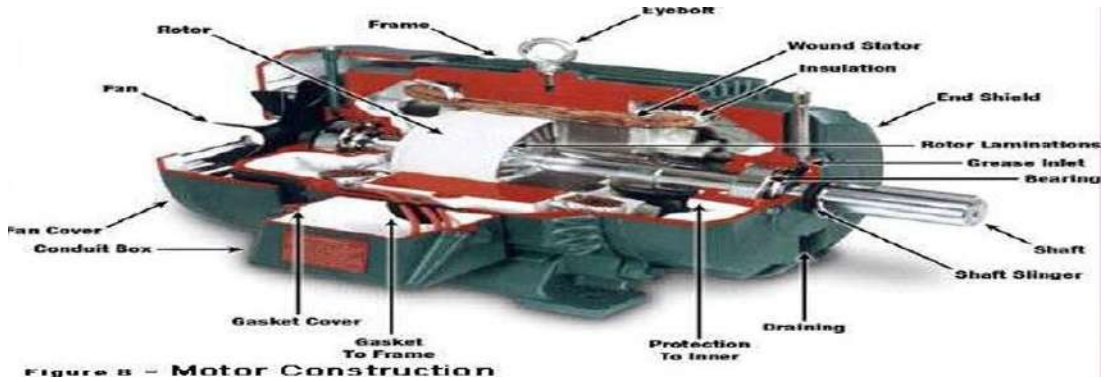
مكائن التيار المستمر(Direct Current Machines) :

4 -1 ماكنة التيار المستمر:

على الرغم من انتشار استخدام ماكنات التيار المتناوب فأن ماكنات التيار المستمر لا تزال واسعة الانتشار في الصناعة لبساطة تشغيلها وسهولة تنظيم سرعتها.

ان ماكنة التيار المستمر التي تستعمل في تحويل الطاقة الميكانيكية إلى كهربائية تسمى بمولد التيار المستمر والماكنه التي تحول الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية تسمى بمحرك التيار المستمر ، والماكنات تصمم عادة بحسب طبيعة عملها.

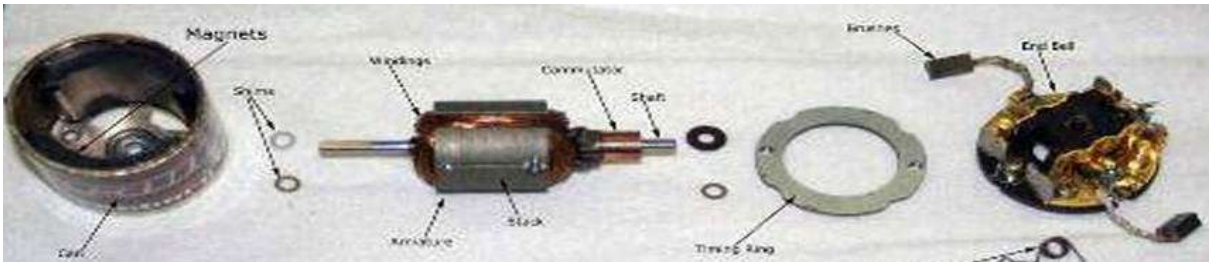
وعلى الرغم من إن مولدات التيار المستمر يمكن تشغيلها كمحركات والعكس صحيح، إلا أن طبيعة التصميم تحدد عمل الماكنة "مولدا" أو "محركا" والشكل (4 -1) يمثل ماكنة تيار مستمر.



الشكل (4 -1) ماكنة تيار مستمر

(4 - 2) اجزاء مكائن التيار المستمر :

تتكون مكائن التيار المستمر من الأجزاء الأساسية الآتية، والموضحة في الشكل (4 -2) .



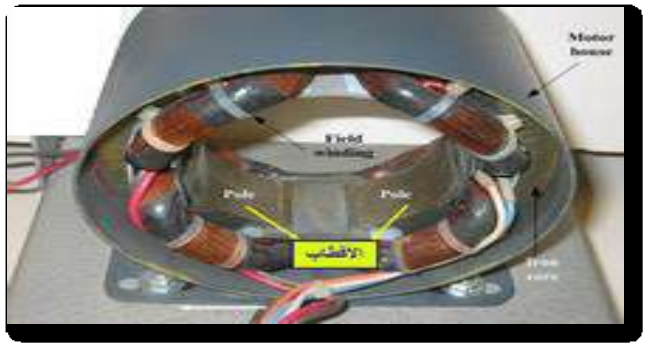
الشكل (4 - 2) اجزاء ماكنة التيار المستمر

1- 4 - 2 الساكن (Stator) :

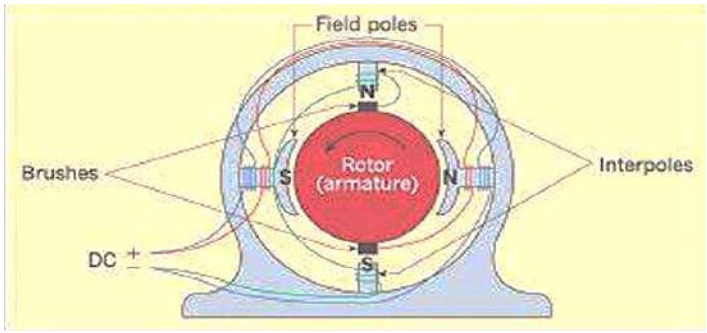
وهو المسؤول عن توليد المجال المغناطيسي ويتكون من الإطار الخارجي ومصنوع من الحديد المطاوع أو حديد الزهر. وفي بعض المكائن يصنع من مجموعة صفائح الصلب يعمل كمسار لاستكمال الدائرة المغناطيسية. وكذلك يتم تثبيت الأقطاب عليه كما مبين في الشكل (4 - 3).

وتصنع الأقطاب الرئيسة (Main poles) من صفائح الصلب ويتم تثبيتها في الإطار الخارجي، ويركب عليها واجهة القطب تسمى حذاء القطب (pole chose) فائدتها لإسناد ملفات القطب المغناطيسي وتقليل الفجوة الهوائية بين الدوار والقلب الحديدي للقطب المغناطيسي.

وتوضع بين الأقطاب الرئيسة أقطاب مساعدة أقطاب التبديل (Inter poles) ، كما مبين في شكل (4-4) فائدتها تقليل الشرر بين الفرش الكاربونية والمبدل ، وتقلل من تأثير رد الفعل في المنتج وتربط على التوالي مباشرة مع المنتج ، وفي الإطار الخارجي للجزء الثابت يثبت حامل الفرش الكاربونية ، وفائدة الفرش الكاربونية لنقل التيار من والى المنتج .



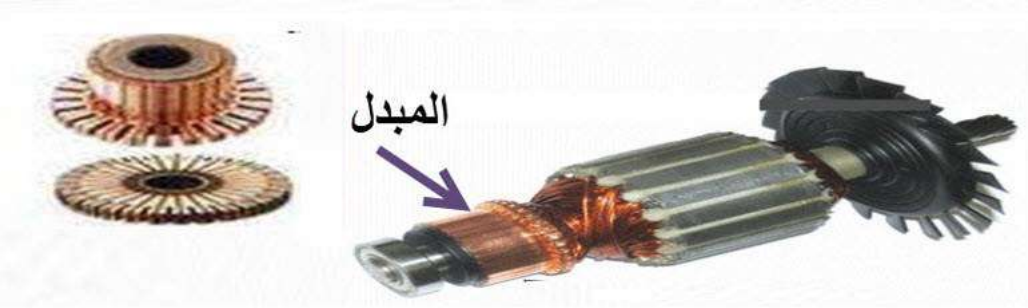
الشكل (4 -3) يوضح الساكن لماكنة تيار مستمر



الشكل (4 - 4) الاقطاب الرئيسية والاقطاب المساعدة

2- 4 -2 الدوار (Rotor) :

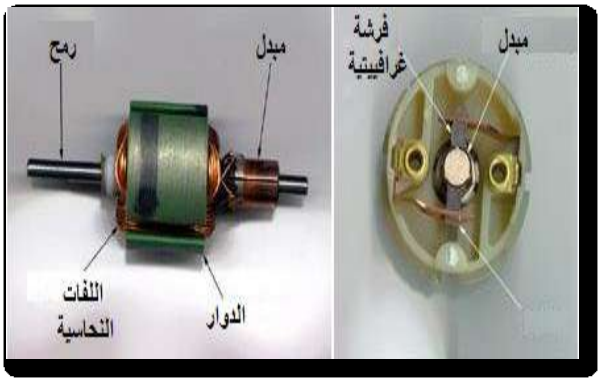
يسمى بعضو الاستنتاج أو المنتج (Armature) . ففى مولد التيار المستمر تتحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، وتتولد فيه القوة الدافعة الكهربائية (emf) كما في شكل (4 - 5) ويتكون المنتج من القلب (core) الذي يحتوي على المجاري (Slots) التي توضع فيها أسلاك المنتج ، ويحتوي أيضا على المبدل (Commutator) الذي يعمل على تبديل التيار المتناوب إلى تيار مستمر . وتوصل جميع أطراف الملفات إلى المبدل - وهو عبارة عن مجموعة من قطع نحاسية متراصفة معزولة فيما بينها وأيضا معزولة بينها وبين محور الدوران وجسم المنتج عزلاً تاما . ويفصل بين الساكن والدوار الفجوة الهوائيـــــــة (Air cap) والشكل (4 - 5) بين الأجزاء مفككه لماكنة تيار مستمر.



الشكل (4-5) الدوار لماكنة تيار مستمر

2-4-3 المبدل (Commutator) :

يكون على شكل اسطواني مثبت على محور دوران المنتج بوساطة ماسك مناسب ، يتكون من مجموعة قطـــع نحاسية معزولة الواحدة عن الأخرى بالمايكا أو الفايبر الصلب، ويعزل عزلا" جيدا" عن محور الدوران كما في شكل (4-6) .



الشكل (4 - 6) المبدل

3-4 ملفات المنتج (Armature Coils) :

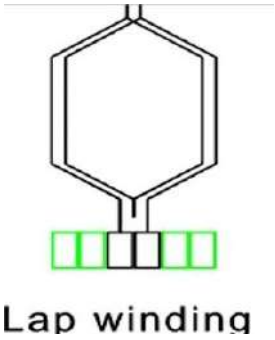
يحتوي المنتج على عدد من اللغات من سلك النحاس أو احياناً الألمنيوم ، وبأقطار مختلفة بحسب نوعية الماكنة التي سيستعمل فيها ، وتوضع هذه اللفات داخل مجاري المنتج (Armature) ، وكل لفه لها بداية ونهايـــــة توصل أطرافها إلى القطع النحاسية التي يتكون منها المبدل ، ويمكن توصيلها بطريقتين.

3-4-1 اللف الانطباقي (Lap winding) :

توصل بداية ونهاية الملف إلى قطعتين متجاورتين من قطع التبديل ، وستكون عدد دوائر التوازي مساوية إلى عدد الأقطاب ، ويستعمل هذا النوع من اللف في المكائن التي تعمل بالجهد الواطئ والتيار العالي ، كما مبين في شكل (4 -7) . حيث تكون عدد دوائر التوازي فيه مساوية إلى عدد الأقطاب.

2a: تمثل عدد دوائر التوازي

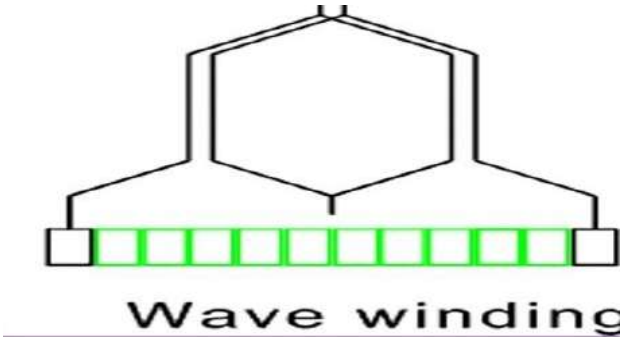
2p: تمثل عدد الأقطاب



الشكل (4 -7) اللف الانطباقي

(3-4-2) اللف التموجي (wave winding) :

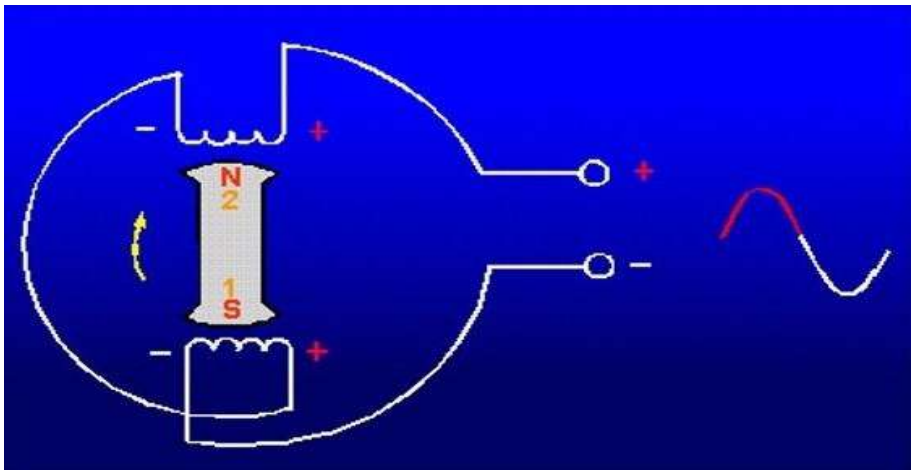
يتم توصيل بداية ونهاية الملف الى قطعتين متباعدتين بمقدار معين من القطع النحاسية للمبدل يتم تحديدها في قوانين اللف المتبعة كما مبين في الشكل (4-8) ، وتكون عدد دوائر التوازي تساوي اثنين بصرف النظـــر عن عدد الأقطاب ، ويستعمل هذا النوع من اللف في المكائن التي تعمل بالجهد العالي والتيار الواطئ.



الشكل (4 – 8) اللف التموجي

4-4 مولد التيار المستمر(D.C Generator) :

هو الماكنة التي تحول الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية، ويعمل المولد عند دوران ملف داخل مجال مغناطيسي (الأقطاب المغناطيسية) تنشأ قوة دافعة كهربائية في الملف نتيجة لقطعه خطوط المجال المغناطيسي بحسب نظرية (فراداي) ، وتكون موجة الـ .ق . د. ك المتولدة في الملف على شكل موجة جيبية . وكما موضـح في الشكل (4-9).



الشكل (4-9) موجة كاملة عند توليد ق . د. ك

4-4-1 حساب القوة الدافعة المتولده في المولد (E.M.F) :

تحسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في المعادلة الاتية –

$$E = \frac{N}{60} X \frac{Z}{2a} x\emptyset x 2p$$

.....(1-4)

حيث ان :

E : تمثل القوة الدافعة الكهربائية المتولدة (فولت).

N: تمثل سرعة المولد (د/د) دوره / الدقيقة .

Z: تمثل عدد الموصلات في مجاري المنتج (الدوار) .

Ø :تمثل الفيض المغناطيسي خط او ويبر(weber) .

2P : تمثل عدد الأقطاب .

2a :عدد دوائر التوازي.

(أ) في حالة اللف الانطباقي تكون الصيغة كما يأتي:

2a=2p

$$E = \frac{N\emptyset Z}{60} \quad \text{Volt} \qquad \text{.....(2-4)}$$

(ب) في حالة اللف التموجي تكون الصيغة كما ياتي :

2a=2

$$E = \frac{N\emptyset Z x 2p}{60 x 2a} \quad \text{Volt} \qquad \text{.....(3- 4)}$$

مثال (4 -1)

مولد تيار مستمر عدد أقطابه (8) أقطاب ، ملفوف لفا" انطباقياَ" ثم أعيد لفه تموجياً ، احسب القوة الدافعة المتولدة في كل حالة ، إذا علمت انه عدد الموصلات في مجاري المنتج (240) موصلا . ومقدار الفيض المغناطيسي لكل قطب (0.04) ويبر ويدور بسرعة (1200) د/ د.

المعطيات :

2P = 8 Z = 240 ∅ = 0.04 wb N = 1200 د / د

الحل :

(أ) في حالة اللف الانطباقي:

$$E = \frac{N\emptyset Z}{60} = \frac{1200X240X0.04}{60} = 192\ V$$

(ب) في حالة اللف التموجي :

$$E = \frac{NZ\emptyset 2P}{60X2} = \frac{1200X240X0.04x8}{120} = 768\ V$$

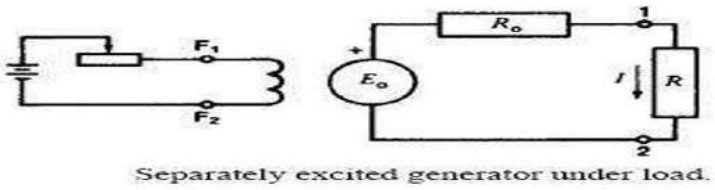
E : القوة الدافعة الكهربائية

5-4 طرائق إثارة مكائن التيار المستمر(Methods of Excitation) :

تحتاج مولدات التيار المستمر إلى وسيلة لإثارة ملفات المجال ، وذلك لتوليد القوة الدافعة المغناطيسية لمغنطة الملفات والحصول على القوة الدافعة الكهربائية عند الدوران تستمد ملفات المجال التيار اللازم أما عن طريق مصدر خارجي ، أو من الجهد المتولد من الماكنة ذاتها ، وتنقسم مولدات التيار المستمر من حيث طرائق التغذية على نوعين هما:

(5-4-1) المولدات ذات الإثارة المنفصلة (Separatly excited generator) :

تغذي ملفات الأقطاب المغناطيسية من مصدر خارجي للتيار المستمر (بطارية أو أي مصدر آخر) كما في شكل (4-10) ، ومن خواص هذا النوع من القوة الدافعة الكهربائية المتولدة تعتمد على مقدار تيار التغذية ، وعليه من خلال مقاومة متغيرة وتستعمل هذه الطريقة في المجالات التي تحتاج إلى تنظيم الجهد مثل (مكائن ليونارد).



Separately excited generator under load.

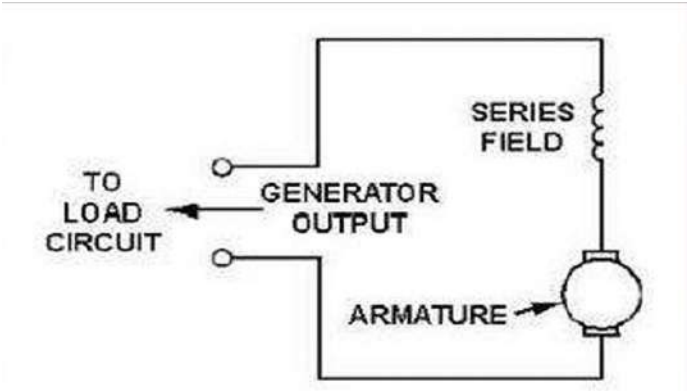
الشكل (4 - 10) مولد تغذية منفصلة

5-4-2 المولدات ذات الإثارة الذاتية (Self excited generator) :

يتم تغذيه ملفات الأقطاب المغناطيسية بتيار المنتج ، حيث توصل الملفات بدائرة المنتج عن طريق الفرش الكاربونية وتعتمد قطبية المولدات ذات الإثارة الذاتية على المغناطيسية المتبقية توصل ملفات المجال مع المنتج بحيث أن تيار المجال يساعد المغناطيسية المتبقية في الماكنة ، وأي توصيل معكوس لملفات المجال سوف يتسبب في الغاء المغناطيسية المتبقية ، وبناء علية لا يتولد جهد على ألاطراف، وتوجد ثلاث طرائق لتوصيل هذه الملفات مع المنتج وعلى أساسها تتم تسمية مولد التيار المستمر وهي-:

اولا : مولد التوالي (Series generator) :

توصل ملفات الأقطاب المغناطيسية (R_f) (series field) بالتوالي مع المنتج ، وكما في الشكل (4-11) ، وتكون ذات قطر كبير ، وعدد لفات قليلة لكى تتحمل تيار المنتج المار بها ، وهو تيار الحمل . ويكون الجهد الناشئ على طرفي المولد يساوي صفرا في حالة عدم وجود حمل ، لان دائرة المجال المغناطيسي تكون في هذه الحالة مفتوحة، ويزداد الجهد تبعا لزيادة الحمل ، ويصل إلى القيمة العظمى عند الحمل الكامل. ويستعمل هذا النوع من المولدات كمعوض للجهد المفقود في أسلاك شبكات نقل الطاقة الكهربائية للتيار المستمر ، وتحسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة فيه كالاتي:



الشكل (4-11) مولد التغذية التوالي

$I_a = I_L = I_f$ .....(4-4)

$E_a = V_L + I_a(R_a + R_f)$ .....(4-5)

I_a : تيار المنتج (التيار الذي ينتجه المولد) (A)
I_L : تيار الحمل (A)
I_f : تيار المجال (A)
V_L : جهد الحمل (فرق الجهد على الحمل) (V)
E_a: القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في المنتج (V).
R_a : مقاومة المنتج (Ω).
R_f : مقاومة لملفات الأقطاب المغناطيسية (Ω).
Load (R_L) : مقاومة الحمل (Ω).

مثال (4 -2):

مولد تيار مستمر توالي يغذي حملا بتيار (20) أمبير وبجهد (220) فولت احسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في المنتج ، إذا علم أن مقاومة المنتج (0.02) أوم ومقاومة ملفات الأقطاب المغناطيسيــة (0.01) أوم.

المعطيات :

$I_L = 20$ A $R_a = 0.02\Omega$ $R_f = 0.01\Omega$ $V_L = 220$ $E_{a=?}$

الحل :

$I_a = I_L = I_f = 20$ A
$E_a = V_L + I_a (R_a + R_f)$
$E_a = 220 + 20\ (0.02 + 0.01)$
$E_a = 220 + 20 \times 0.03$
$E_a = 220 + 0.6 = 220.6$ v القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في المنتج

.

مثال (4 - 3):

مولد تيار مستمر توالي يغذي حملا ذا مقاومة طبيعية ، إذا علم إن التيار الذي ينتجه المولد (20) أمبير ، ومقاومة ملفات الأقطاب المغناطيسية (0.2) أوم و مقاومة المنتج (0.1) أوم والقوة الدافعة الكهربائية المتولدة (230) فولت احسب مقاومة الحمل.

المعطيات :

V_L=220V , R_a = 0 . 2 Ω , R_f = 0.2 Ω , $I_a = I_L = I_f$ = 20A

Ea?

الحل :

$E_a = V_L + I_a (R_a + R_f)$

$230 = V_L + 20 (0.2+0.1)$

$230 = V_L + 20 \times 0.3$

$230 = V_L + 6$

$V_L = 230 - 6 = 224$ Volt فرق الجهد على الحمل

$V_L = I_L R_L$

$224 = 20 X R_L$

$R_L = 224/20 = 11.2$ Ω مقاومة الحمل

مثال (4 - 4):

مولد تيار مستمر توالي يغذي حملا متكونا من (22) مصباحا قدرة كل مصباح (100) واط ، وبجهد 220 فولت ، احسب مقدار القوة الدافعة الكهربائية المتولدة ، إذا علم إن مقاومة المنتج (0.2) أوم مع إهمال مقاومة ملفات الأقطاب المغناطيسية (مقاومة التوالي).

المعطيات :

V_L=220 V , R_a=0.2 Ω، قدرة كل مصباح (100) واط ،عدد المصابيح= 22 مصباح

Ea = ?

الحل :

$E_a = V_L + I_a(R_a + R_F)$

R_F =مهملة صفر

$P_L = I_L V_L$ .....(6-4)

$E_a = V_L + I_a R_a$

22× 100 = 2200 واط قدرة الحمل

$I_L = P_L / V_L$ = 2200/220 =10 A

$I_a = I_L = I_F = 10$ A

$E_a = 220 + 10 \times 0.2$

$E_a = 220 + 2 = 222$ V القوة الدافعة الكهربائية المتولدة

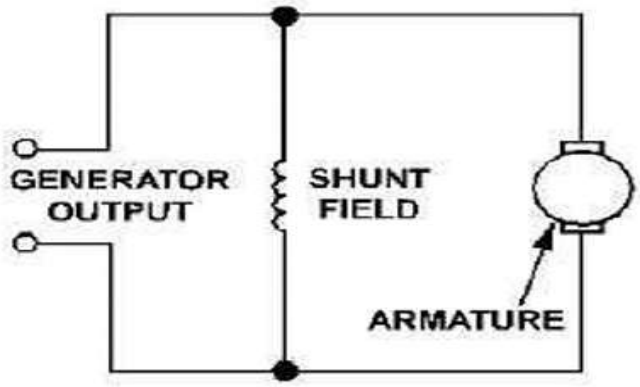
ثانيا : مولد التوازي (shunt generator) :

توصيل ملفات الأقطاب المغناطيسية (R_f) على التوازي مع ملفات المنتج كما في شكل (12-4) وتكون ذات عدد كبير من اللفات، وذات مقطع صغير لان التيار المار خلالها قليل نسبيا ، ويكون الجهد على طرفي المولد في حالة عدم الحمل في نهايته العظمى ، لان دائرة المجال المغناطيسي مغلقة ، ولهذا لا يغير الجهد على طرفي المولد في حالة وجود حمل أو عدم وجوده، ويستعمل هذا النوع من المولدات في الحالات التي يتطلب فيها جهدا ثابتا كما فى كهربائية السيارة والطلاء الكهربائي، وتغذية مولدات التيار المتناوب وتحسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة على ما يأتي:

$E_a = V_L + Ia\ R_a$ .....(7-4)

$V_F = V_L = I_f R_f$ .....(8-4)

$I_a = I_L + I_F$ .....(9-4)



الشكل (4 - 12) مولد التغذية التوازي

مثال (4 - 5):

مولد توازي يغذي حملا بتيار قيمته (300) أمبير ، عند جهد مقداره (240) فولت ، فإذا كانت مقاومة ملفات المنتج (0.02) اوم، ومقاومة ملفات الأقطاب (60) اوم ، احسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة.

المعطيات:

$R_f = 60\Omega$, $R_a = 0.02\ \Omega$, $V_L=240\ v$, $I_L = 300A$ Ea=?

الحل :

$$I_f = \frac{V_f}{R_f} = \frac{V_L}{R_f} = \frac{240}{60} = 4A$$

$I_a = I_L + I_F = 300+4 = 304$ A

$E_a = V_L + I_a R_a$

$E_a = 240 + 304 \times 0.02$

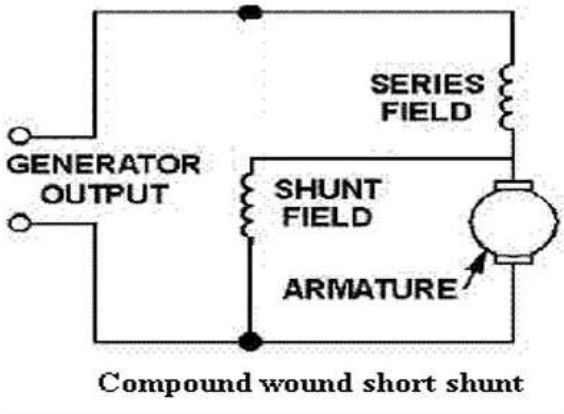
$E_a = 6.08 + 240$

$E_a = 246.08$ volt القوة الدافعة الكهربائية المتولدة

ثالثا : المولد المركب (Compound generator) :

يحتوي على ملفات التوالي ، وملفات التوازي معا ، توصل ملفات التوازي أما مباشرة مع أطراف المنتج ، وتسمى هذه الطريقة بالمولد القصير كما في الشكل (4-13) ، او توصل ملفات التوازي عبر الأطراف للدائرة الخارجية (المنتج مع ملفات التوالي) وتسمى بالمولد الطويل كما في الشكل (4-14) .ويكون المولد المركب على نوعين:

ا- مولد مركب قصير:



الشكل (4 -13) مولد مركب قصير

R_{se} : مقاومة ملفات التوالي (أوم).
R_{sh} : مقاومة ملفات التوازي (أوم).
I_{sh} : تيار التوازي (أمبير).
I_{se} : تيار التوالي (أمبير).

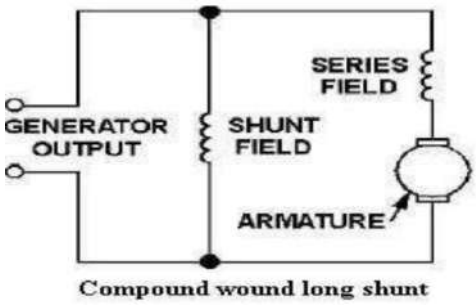
$$E_a = V_L + I_a R_a + I_L R_{se} \quad \text{.....(10-4)}$$

$$I_a = I_L + I_{sh} \quad \text{.....(11-4)}$$

$$I_{se} = I_L \quad \text{.....(12-4)}$$

$$I_{sh} = \frac{V_L + I_L . R_{sh}}{R_{sh}} \quad \text{.....(13-4)}$$

ب - مولد مركب طويل :



الشكل (4 -14) مولد مركب طويل

$$E_a = V_L + I_a (R_a + R_{se}) \quad \text{.....(14-4)}$$

$$I_a = I_L + I_{sh} \quad \text{.....(15-4)}$$

$$I_{se} = I_a \quad \text{.....(16-4)}$$

$$I_{sh} = V_L / R_{sh} \quad \text{.....(17-4)}$$

مثال (4 - 6):

مولد مركب طويل يغذي حملا بتيار(100) أمبير، عند جهد (230) فولت ، احسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة ، إذا كانت مقاومة المنتج (0.04) اوم ، ومقاومة ملفات التوالي (0.01) اوم ومقاومة ملفات التوازي (115) اوم.

المعطيات:

$R_{sh} = 115\ \Omega$ ، $I_L = 100A$, $V_L = 230\ v$, $R_a = 0.04\ \Omega$, $R_{se} = 0.01\ \Omega$

الحل:

$$E_a = V_L + I_a(R_a + R_{se})$$
$$E_a = 230 + I_a(0.04 + 0.01)$$

$$I_a = I_L + I_{sh}$$
$$I_{sh} = \frac{V_L}{R_{sh}}$$

$$I_{sh} = \frac{230}{115} = 2\ A$$

$$I_a = 100 + 2 = 102$$

$$E_a = 230 + 102 * 0.05$$

$E_a = 230 + 501 = 235.1\ V$ القوة الدافعة الكهربائية المتولدة

مثال (4 - 7):

مولد مركب قصير يغذي حملا قدرته (22) كيلو واط ، وبجهد (220) فولت ، مقاومة المنتج فيه (0.2) اوم، ومقاومة التوالي (0.1) اوم ، ومقاومة ملفات التوازي (120) اوم ، احسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة.

المعطيات:

Ea = ? $R_{sh} = 120\ \Omega$، $P_L = 22$ Kw , $V_L = 220$ V , $R_a = 0.2\ \Omega$، $R_{se} = 0.1\ \Omega$

الحل:

$$E_a = V_L + I_a R_a + I_L R_{se}$$

$P_L = 22 \times 1000 = 22000$ W

$I_L = P_L / V_L = 22000/220 = 100$ A

$I_{sh} = (V_L + I_L R_{se}) / R_{sh} = (220 + 101.9) / 120 = 1.9$ A

$I_a = I_L + I_{sh}$ = 100 + 1.9 = 101.9 A

$$E_a = V_L + I_a R_a + I_L R_{se}$$

$E_a = 220 + 101.9 \times 0.2 + 100 \times 0.1$

$E_a = 220 + 20.38 + 10 = 250.38$ V ق. د .ك. المتولدة

6- 4 المفاقيد لمولدات التيار المستمر (Losses in D.C. Generator) :

عند تحويل الطاقة الميكانيكية الداخلة للمولد الى طاقة كهربائية على أطرافه يفقد جزء من هذه الطاقة وتتحول الطاقة المفقودة عادة الى طاقة حرارية في المقاومة، والحرارة المتولدة تعمل على تسخين الماكنة مما قد يتسبب عن تلف المواد العازلة، وحدوث دوائر قصر بين الملفات، ويؤدي هذا إلى تلف الماكنة نفسها لذلك يجب العمل على تصريف الحرارة والحد من الفقدان في الماكنة حتى نحصل على معامل جوده (كفاءه عالية، وارتفاع الكفاءة يعني خفض تكاليف تشغيل الماكنة. وفي أثناء تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بواسطة المولد، يفقد جزء من الطاقة في الدائرة المغناطيسية وجزء في الدائرة الكهربائية ، وكذلك جزء في العملية الميكانيكية (الاحتكاك) عند دوران الجزء الدوار .ويمكن تقسيم المفاقيد على النحو الآتي:

أ -الفقدان في الدائرة المغناطيسية فقدان الحديد (Iron Losses) : ويشمل الفقدان في التخلف المغناطيسي.

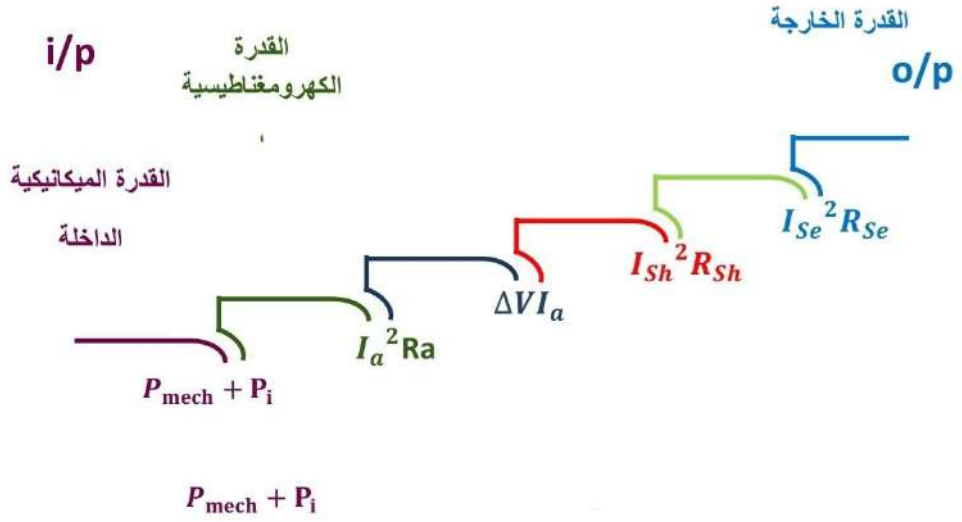
ب -الفقدان في الدائرة الكهربائية فقدان النحاس (Cupper Losses) : ينشا نتيجة لمرور التيار في اجزاء الدائرة الكهربائية في ملفات الجزء الدوار وملفات الاقطاب المغناطيسية واقطاب التوحيد وهو من المفاقيد المتغيرة ويحسب:

المفاقيد النحاسية

$$P_{CU} = I_a^2 R_a \qquad \text{.....(18-4)}$$

جـ -الفقدان الميكانيكي (الاحتكاك) Mechanical Losses :

وهو ينشأ نتيجة دوران الجزء الدوار بين محور الدوران والحوامل التي يستند عليها فضلا عن الاحتكاك (Friction)الموجود بين الفرش الكاربونية وعضو التبديل ، ويعتمد على سرعة دوران المنتج (الجزء الدوار) ومساحة السطح الخارجي، ومعامل الاحتكاك ، والشكل (4-15) يبين مخطط مسار القدرة في المولد .



الشكل (4 - 15) مخطط مسار القدرة في المولد

$$P_g = E_a I_a \quad \text{.....(19-4)}$$

$$P_O - (P_{mech} + P_i) + P_{cu} \quad \text{.....(20-4)}$$

$$P_0 = P_{in} - (P_{mech} + P_i) + P_{cu}$$

P_g = قدرة المنتج المتولدة في الفجوة الهوائية

P_{in} = القدرة الداخلة (قدرة ميكانيكية) (قدرة حصانيه)

P_{mech} = المفاقيد الميكانيكية

P_0 = القدرة الخارجة

P ∴ = المفاقيد الحديدية

$$P_0 = V_L I_L$$

حساب الكفاءة (معامل الجودة) Efficiency :

بالرجوع إلى مسار القدرة في داخل مولد التيار المستمر يمكن حساب الكفاءة الكلية كما ياتي:

$$\eta = \frac{O/P}{i/p} = \frac{V_L I_L}{H_P \times 746} \quad \text{.....(21-4)}$$

$$\eta = \frac{P_o}{P_i} = \frac{P_o}{(P_o + Losses)} \quad \text{.....(22-4)}$$

$$\eta = \frac{(P_{in} - losses)}{P_{in}} = 1 - (\frac{losses}{P_{in}}) \quad \text{.....(23-4)}$$

مثال (4 - 8):

مولد تيار مستمر مركب طويل ، يدور بسرعة (1000) د/د ويغذى حملا قدرته (22) كيلو واط عند جهد (220) فولت ، فإذا كانت مقاومة ملفات المنتج (0.02) أوم ، ومقاومة التوالي (0.01) أوم، ومقاومة التوازي (110) أوم، احسب كفاءة المولد إذا كانت المفاقيد الحديدية والميكانيكية (2500) واط.

المعطيات:

V_L= 220 , P_{out} = 22 KW , N =1000 r.p.m , R_{sh} = 110Ω , R_{se}=0.01Ω
R_a=0.02

الحل:

$P_i + P_{mec}$ = 2500 واط

$I_L = P_{out} / V_L = \frac{22x\ 1000}{220} = 100A$

$I_{sh} = V_{sh}/R_{sh} = V_L/R_{sh} = 220/110 = 2\ A$

$I_a = I_L + I_{sh} = 100 + 2 = 102\ A$

$P_{cu} = I_a^2 R_a = I_a R_{se} + I_{sh}^2 R_{sh}$

$P_{cu} = 102^2 \times 0.02 + 102^2 \times 0.01 + 2^2 \times 110$

$P_{cu} = 752.12\ W$

$P = P_{cu} + (P_i + P_{mech})$

$P = 752.12 + 2500 = 3251.1\ W$

$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out}+P\ losses} = \frac{22000}{25252.1} = 87\%$ الكفاءة

مثال (4 - 9):

مولد توازي للتيار المستمر يغذي حملاً بتيار (20) أمبير ، وبجهد (200) فولت ، احسب كفاءة المولد إذا علم أن مقاومة المنتج (0.02) أوم، ومقاومة التوازي (100) أوم، والمفاقيد الميكانيكية والحديدية (201) واط.

المعطيات:

I_L= 20 A , V_L= 200 V , R_a = 0.02Ω , R_P= 100Ω, P_i = P_{mech}= 201, η = ?

الحل:

$If = \frac{V_f}{R_f} = \frac{V_l}{R_f} = \frac{200}{100} = 2A$

$I_a = I_L + I_f = 20+2=22A$

$P_{cu} = I^2_a R_a + (I_f)^2 R_f = (22)^2 x\ 0.02+(2)^2 x100$

P_{cu} = 9.68 + 400 = 409.68 watt

$P_{losses} = P_{cu} + (P_i + P_{mech})$ = 409.68+201

$P_{losses} = 610.68\ W$

$$P_{losses} = I_L \times V_L = 20 \times 200 = 4000\ W$$

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{out} + losses} = \frac{4000}{4000 + 610.68} = 86.7\%$$

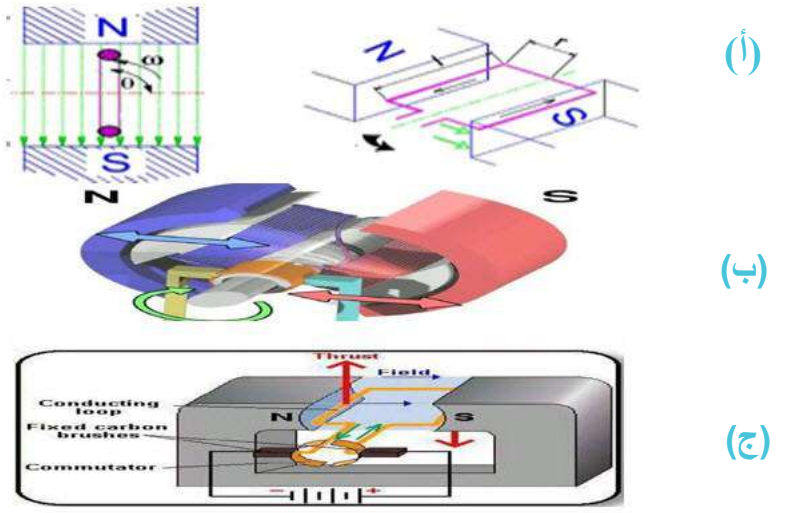
7-4 محركات التيار المستمر Direct Current Motors :

يتكون محرك التيار المستمر من الأجزاء نفسها التي يتكون منها مولد التيار المستمر.أما نظرية الاشتغال فهي كما يأتي:

عند وضع سلك حاملاً للتيار الكهربائي داخل مجال مغناطيسي فإن قوة ميكانيكية تؤثر في ذلك السلك، ويعتمد مقدارها على كثافة الفيض المغناطيسي وطول السلك وشدة التيار كما في الشكل (4-16). (أ ، ب، ج)

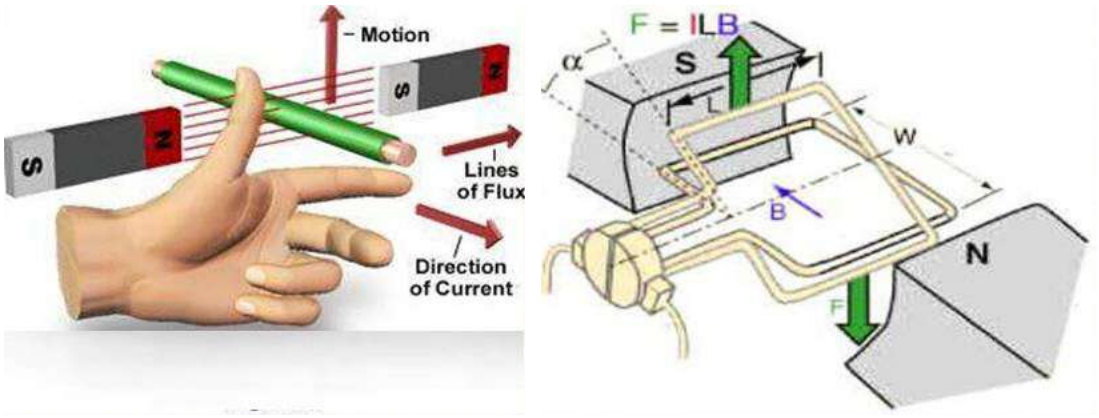
$$F = BLI \qquad \text{.....(24- 4)}$$

F :القوة الميكانيكية (نيوتن)
B :كثافة الفيض (ويبر / م)
I : شدة التيار (أمبير)
L : طول السلك (م)



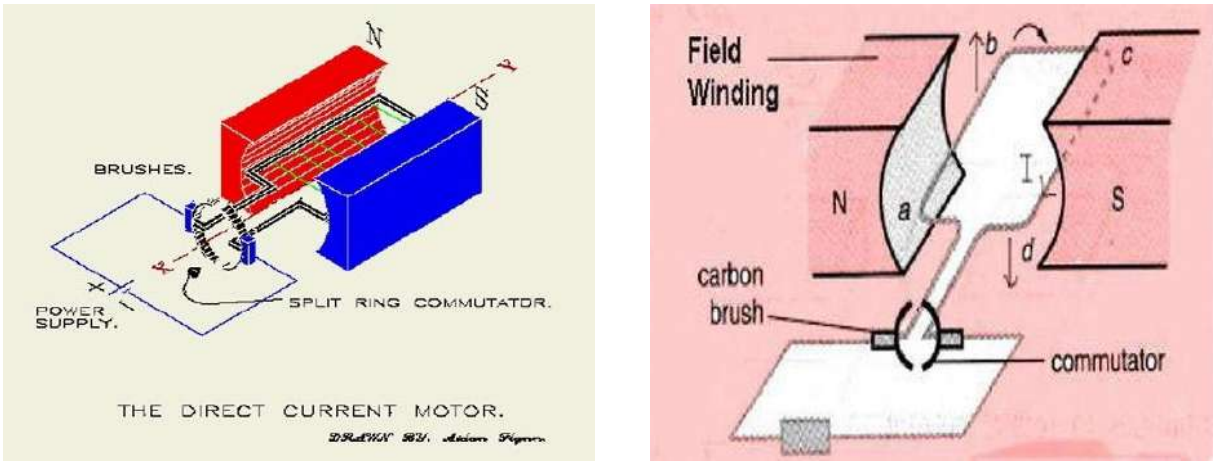
الشكل (4 -16) تأثير قوى خطوط المجال

عند وضع سلك موصل على شكل ملف يحمل تيارا "كهربائيا ، ليدور حول محور معين داخل مجال مغناطيسي بقطبين، فإن اتجاه الخطوط المغناطيسية حول السلك يكون معاكسا لأتجاه الخطوط الناتجة من الأقطاب المغناطيسية من إحدى جهتي طرف الملف وتتفق معها من الجهة الثانية وبسبب ذلك تنتج قوة ميكانيكية تؤدي الى تحريك الملف باتجاه يمكن ان نعينه وفقا لقاعدة اليد اليسرى كما في الشكل (4 -17) .



الشكل (4 - 17) قاعدة اليد اليسرى

والشكل (4-18) يوضح مقارنة بين المولد والمحرك.



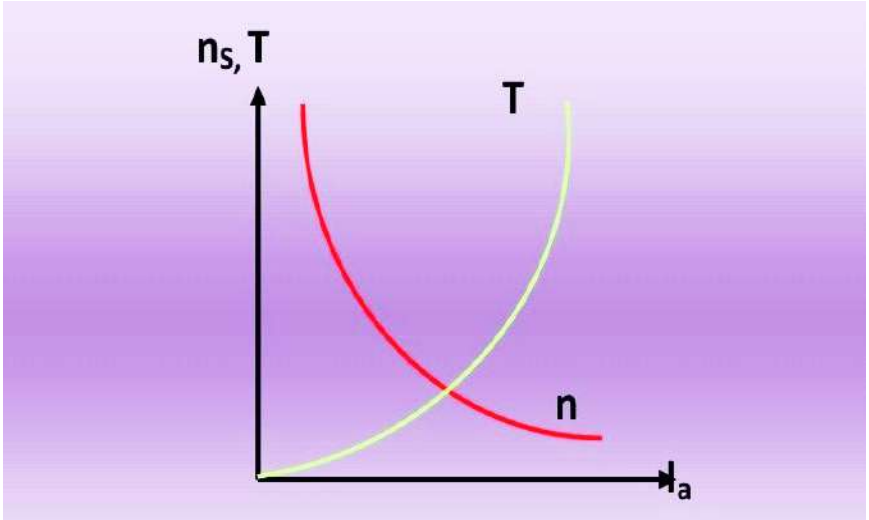
الشكل (4-18) مقارنة بين المولد والمحرك لاحظ اتجاه التيار في كل منهما

8-4 أنواع محركات التيار المستمر:

أولا : محرك التوالي Series Motor :

توصل ملفات الأقطاب المغناطيسية على التوالي مع ملفات المنتج، وتكون ذات عدد قليل من اللفات ذو مقطع سميك، ويستعمل المحرك في الحالات التي يتطلب فيها عزم دوران ابتدائي عال ، كما في تحريك القطارات الكهربائية والرافعات، وتشغيل بادئ محرك السيارة ، ويمكن تغير اتجاه الدوران بعكس أطراف ملفات الأقطاب المغناطيسية.

يلاحظ من منحني الخواص ان السرعة تزداد بمقدار كبير جداً عند اللاحمل (صفر =T) لذلك لا يفضل استخدام محرك التوالي عند عدم وجود حمل حثي لا يتسبب في وجود مشكلات ميكانيكية متعلقة بزيادة السرعة كما في الشكل (4-19).



الشكل (4 - 19) منحني بياني يمثل العلاقة بين تيار المنتج والسرعة والعزم

لا يجاد القوة الدافعة الكهربائية المعاكسة للجهد (جهد المصدر) كما يلي:

$$E_b = V_{in} - I(R_a + R_{se}) \quad \text{.....(25 - 4)}$$

$$I_a = I_{in} = I_{se} \quad \text{.....(26 - 4)}$$

I_{in} : التيار المسحوب من قبل المحرك (A)

I_{se} :تيار المجال التيار المار في ملفات الأقطاب المغناطيسية (A)

I_a : تيار المنتج.(A)

R_{se} : مقاومة التواليΩ

R_a : مقاومة المنتج Ω

E_b : القوة الدافعة الكهربائية المعاكسة (V)

V_{in} : المصدر V

T : العزم نيوتن متر

n : السرعة دورة / دقيقة

مثال (4 - 10):

محرك توالي مقاومة ملفات التوالي (0.2) أوم ، ومقاومة المنتج (0.1) أوم ، أحسب القوة الدافعة الكهربائية العكسية، إذا علم إن قيمة التيار الذي يسحبه (50) أمبير ، وجهد المصدر (220) فولت.

المعطيات :

V_{in} = 220 V , I_{in} = 50 A , , R_a= 0.1 Ω , R_{se} = 0.2 Ω , E_b = ?

الحل :

$$E_b = V_{in} - I(R_a + R_{se})$$

$$I_a = I_{in} = I_{se} = 50\ A$$

$$E_b = 220 - 50(0.1 + 0.2)$$

$$E_b = 220 - 50 \times 0.3$$

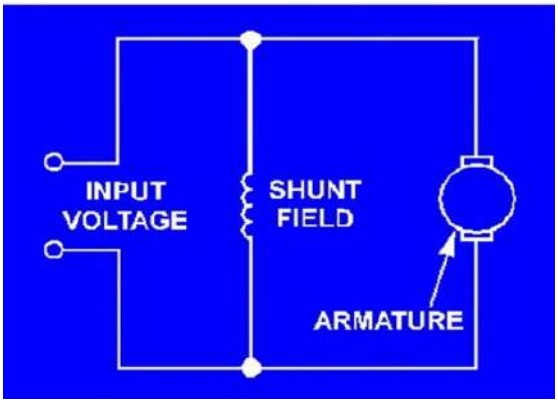
$$E_b = 220 - 15$$

$$E_b = 205\ V$$ القوة الدافعة الكهربائية العكسية

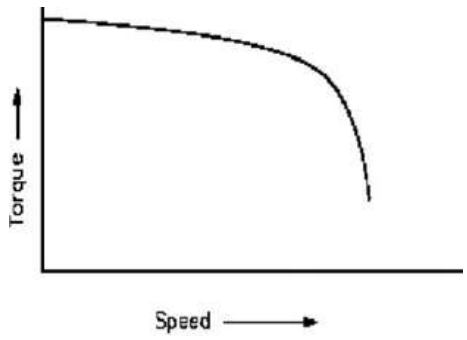
ثانيا : محرك التوازي D.C Shunt motor :

توصل ملفات الأقطاب المغناطيسية بالتوازي مع المنتج عن طريق الفرش الكاربونية ، وتكون ملفات الأقطاب المغناطيسية ذات عدد كبير من اللفات ومساحه مقطع صغير للحصول على مقاومه عالية نسبيا. ولذلك فأن سرعة المحرك لا تتغير بتغير الحمل ، وعلى هذا الأساس فهو يستعمل في الحالات التي تتطلب سرعة ثابتة وعند تغير الحمل مثل القاطرات الكهربائية والمصاعد ومكائن الطباعة ومكائن صناعة الورق.

الشكل (4-20) يمثل الدائرة الكهربائية المكافئة لمحرك التوازي ، والشكل (4-21) يمثل المنحني البياني للعلاقة بين السرعة والعزم وتيار المنتج.



الشكل (4 - 20) يوضح الدائرة الكهربائية المكافئة



الشكل (4 - 21) يوضح منحنى بياني للعلاقة بين

السرعة والعزم المحرك التوازي

$$E_b = V_{in} - I_a \times R_a \quad \text{.....(27-4)}$$

$$I_a = I_{in} - I_{sh} \quad \text{.....(28-4)}$$

$$I_{sh} = V_{in}/R_{sh} \quad \text{.....(29-4)}$$

$$\eta = \frac{V_{in}}{K_b \emptyset} \quad \text{.....(30-4)}$$

$$k_b = \frac{Z \times 2P}{60 \times 2a} \quad \text{.....(31-4)}$$

حيث k_b : مقدار ثابت

مثال (4 - 11):

محرك توازي يعمل على جهد (220) فولت ويسحب تيار (22) أمبير ، فإذا كانت مقاومه ملفـــات التـوازي (110) أوم ، ومقاومة المنتج (0.2) اوم ، أحسب القوة الدافعة الكهربائية العكسية؟

المعطيات:

E_b = ? , V_{in} = 220 V , I_{in} = 22 A , R_{sh} = 110 Ω , R_a = 0.2 Ω

الحل:

$$E_b = V_{in} - I_a \times R_a$$

$$I_{sh} = V_{in}/R_{sh} = 220/110 = 2\ A \quad \text{تيار التوازي}$$

$$I_a = I_{in} - I_{sh} = 22 - 2 = 20\ A \quad \text{تيار المنتج}$$

$$E_b = 220 - 20 \times 0.2 = 220 - 4 = 216\ V \quad \text{القوة الدافعة الكهربائية العكسية}$$

مثال (4 - 12):

محرك توازي ذو أربعة أقطاب يعمل على مصدر (220) فولت ، وعدد الموصلات في المنتج (1000). وملفوف لف تموجي ، والتيار الذي يسحبه المحرك (52) أمبير والفيض المغناطيسي لكل قطب (0.02) ويبر ومقاومة المنتج (0.2) أوم ، ومقاومة التوازي (110) أوم أحسب سرعة المحرك.

المعطيات:

Z = 1000 , 2P =4 , V_{in} =220 V , R_{sh} = 110 Ω , تموجي I_{in} = 52 A ,
$\emptyset = 0.002\ wb$, Ra = 0.2 Ω , n= ?

الحل:

$$E_b = V_{in} - I_a \times R_a$$

$$I_{sh} = V_{in}/R_{sh} = 220/110 = 2\ A$$

$$I_a = I_{in} - I_{sh} = 52 - 2 = 50\ A$$

$$E_b = 220 - 50 \times 0.2 = 210\ V$$

$$E_b = \frac{n\,Z\,\emptyset\,2P}{120}$$

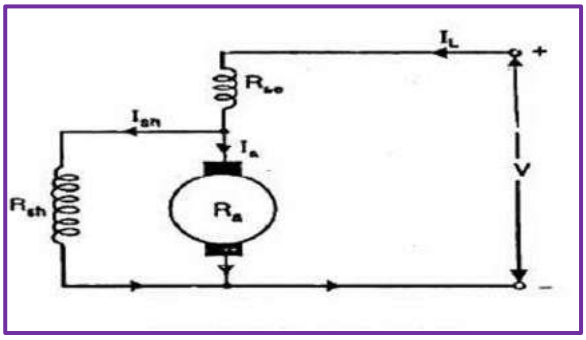
$$210 = \frac{n \times 1000 \times 0.02 \times 4}{120}$$

$$n = \frac{210 \times 120}{1000 \times 0.02 \times 4} = 315 \quad c/s$$

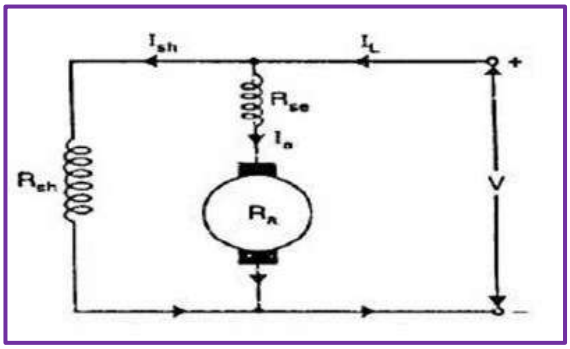
السرعة للمحرك بوحدات الدورة في الدقيقة

ثالثا : المحرك المركب Compound D.C Motor :

المحرك المركب هو أساس محرك توازي أضيف إليه ملفات توالي يمر فيه تيار المصدر في المحرك القصير في الشكل (4-22) او تيار المنتج في المحرك الطويل كما في الشكل (4-23) في اتجاه معين بحيث يؤدي تأثير المجال المغناطيسي الذي تعطيه هذه الملفات في المجال المغناطيسي لملفات التوازي . وبذلك يكتسب المحرك خصائص معينه بالنسبة للسرعة والعزم ويمكن استخدام المحرك المركب للحصول على عزم دوران ابتدائي عال وسرعة ثابتة لا تتأثر بشكل واسع بتغير الحمل . كما في تحريك القاطرات والباصات الكهربائية ومكائن الطباعة.



الشكل (4-22) يمثل محرك مركب قصير



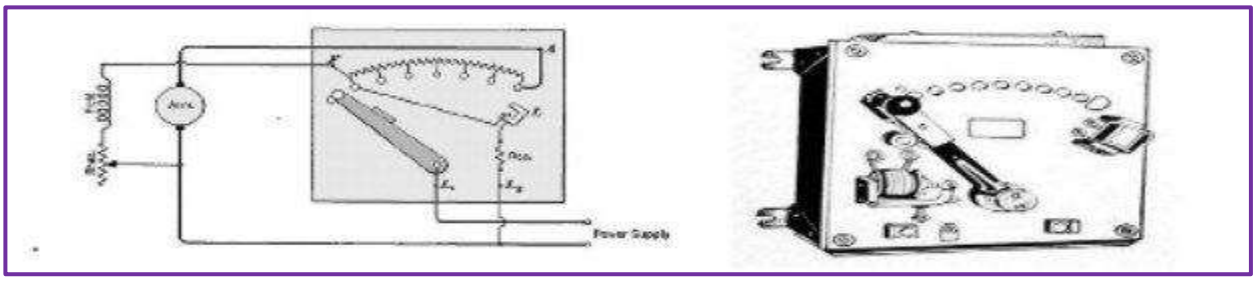
الشكل (4-23) يمثل محرك مركب طويل

(9-4) تنظيم السرعة في محركات التيار المستمر D.C Motor Speed Control :

عند استخدام محركات التيار المستمر في الأغراض الصناعية يتطلب السيطرة على بدء حركتها وتنظيم سرعتها بشكل يلائم الأغراض المستعملة، والسرعة تتغير أما عن طريق مقاومة متصلة مع المنتج أو عن طريق الجهد المسلط على أطراف المحرك، وأما عن طريق تغير الفيض المغناطيسي عن طريق دائرة المجال. يتشابه كل من محرك التوازي والمركب في طرائق تنظيم السرعة.

1 - 4 - 9 استخدام مقاومة متغيرة:

توصل مقاومة متغيرة بالتوالي مع دائرة المنتج، فتتغير السرعة بتغيير قيمة المقاومة بوساطة مفتاح يتحكم بقيم المقاومة المتغيرة ومن عيوب هذه الطريقة تقليل كفاءة المنظومة ككل. وكما موضح في الشكل.(4-24)



الشكل (4-24) تنظيم السرعة لمحرك توازي باستخدام مقاومة مع منتج

4 - 2 – 9 تنظيم السرعة بالتحكم في الجهد المسلط :

يمكن تنظيم سرعة محرك التوازي بالتحكم في مقدار الجهد المسلط عليه وكما هو الحال في توصيلة (وورد ليونارد). إلا إن هذه الطريقة ذات كلفة عالية.

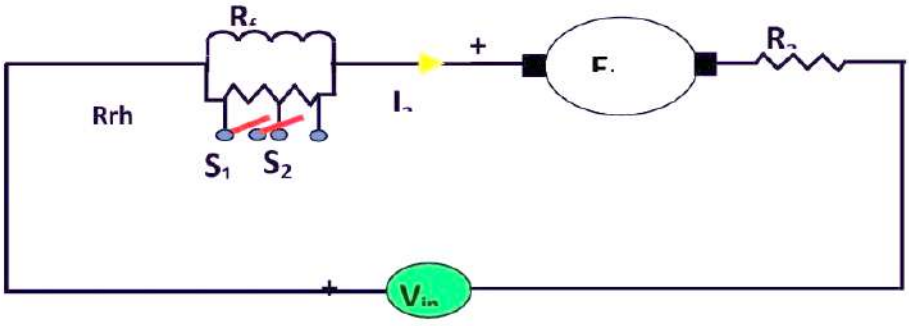
4 - 3 - 9 تنظيم السرعة عن طريق المجال :

تعد هذه الطريقة من الطرائق البسيطة والقليلة الكلفة، إذ تستخدم مقاومة تنظيم المجال بقدرة منخفضة، وعن طريقها يتم التحكم في تيار المجال ومن ثم الفيض المغناطيسي.

4 - 4 - 9 تنظيم السرعة لمحرك التوالي:

أ- توصيل مقاومة بالتوالي مع دائرة المحرك، يمكن تغير سرعة المحرك بإضافة مقاومة بالتوالي مع دائرة المنتج للسيطرة على التيار الابتدائي للمحرك .

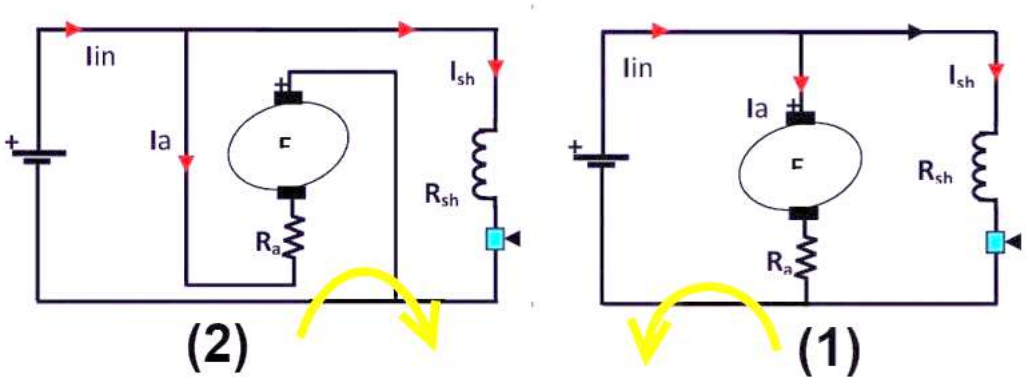
ب- توصيل مقاومة على التوازي مع ملفات المجال ، إن التحكم في قيمة تيار المجال لا ياتي إلا عن طريق توصيل مقاومة على التوازي مع ملفات المجال، وبذلك تستطيع التحكم في تيار المجال، ومن ثم في سرعة المحرك، كما في الشكل (4-25)



الشكل (4-25) مقاومة S1 S2 تتحكم بسرعة المحرك

4-10 عكس السرعة المحركات التيار المستمر:

يتم عكس اتجاه الدوران بعكس اتجاه التيار في ملفات المنتج، أو في ملفات المجال يراعى أن يتم عكس التيار في إحدى الملفين فقط كما في الشكل (4-26).



الشكل (4-26) (1) و(2) يوضح عكس السرعة لمحرك

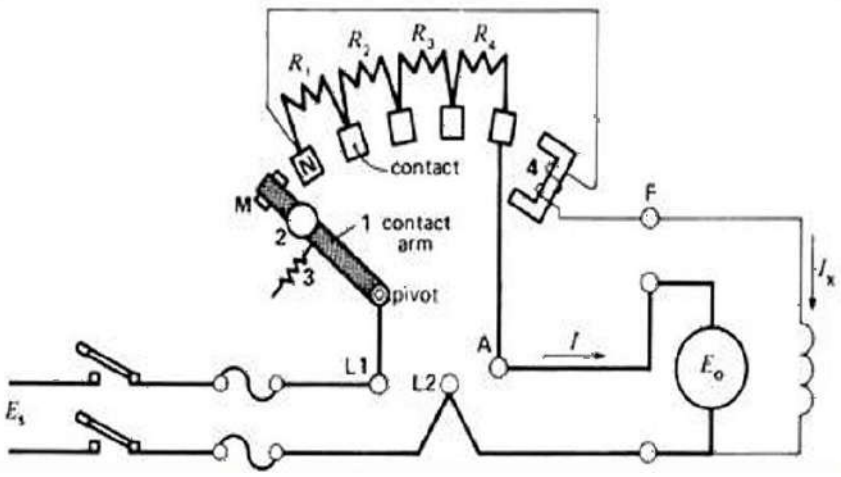
(4 -11) طرائق بدء الحركة Starting Methods :

ان الهدف من استخدام طرائق مختلفة لبدء الحركة لمحركات التيار المستمر هو تقنين التيار المسحوب لحظة البداية، حيث يكون هذا التيار مرتفع جداً، ويتضح من ذلك معادلات التيار في أدناه:

$$I_a = (V_{in} - E_b)/R_a \quad \text{.....(32- 4)}$$

$$I_a = (V_{in} - E_b)/(R_a + R_{se}) \quad \text{.....(33-4)}$$

وهذا يعني أن التيار سيكون عال جدا بسبب المقاومة القليلة لملفاته ، لذا يجب استعمال مقاومة بدء الحركة لحين وصول المحرك إلى 75% من سرعته الفعلية بعد نشوء قوة دافعة كهربائية عكسية ، حيث تقلل المقاومة تدريجيا إلى أن تصل إلى قيمة الصفر. ويستعمل بادئ حركة أما يدوي أو أوتوماتيكي وبادئ الحركة هو مجموعة من المقاومات موصلة على التوالي وذات أطراف يمكن إضافة أي عدد منها أو فصلها عن المحرك بوساطة مفتاح متغير كما في الشكل (4-27).



شكل (4 -27) يبين مخطط بادئ حركة يدوي

أسئلة الفصل الرابع

س 1: ماذا يحتوي الجزء الساكن في مكائن التيار المستمر ؟

س 2 : ما طرائق لف المنتج في ماكنة التيار المستمر ؟

س 3: ما طرائق تغذية ملفات الأقطاب المغناطيسية في مولدات التيار المستمر؟

س4 : ما فائدة المبدل في ماكنة التيار المستمر؟

س 5 : ما فائدة الأقطاب المساعدة (أقطاب التوحيد) في ماكنة التيار المستمر؟

س 6 : ارسم الدائرة الكهربائية للمولد والمحرك لنوع التوازي للتيار المستمر موضحا فيها اتجاه التيار.

س 7: لماذا لا يسمح بتشغيل محرك التوالي للتيار المستمر بدون حمل؟

س 8 : ما هي أنواع المفاقيد في مولدات التيار المستمر؟

س 9 : وضح بالرسم مخطط لمسار القدرة في مولدات التيار المستمر.

س 10: ما طرائق تنظيم السرعة لمحرك التوازي ذو التيار المستمر؟

س 11: كيف يمكن عكس اتجاه دوران محركات التيار المستمر؟

س 12: ما فائدة استعمال مقاومة بدء الحركة في محركات التيار؟

س 13: ما نظرية تشغيل محركات التيار المستمر؟

س 14: ما فائدة الفرش الكاربونية في مولدات التيار المستمر ؟

س 15: ما تأثير تيار التغذية في سرعة دوران محرك التيار المستمر؟

س 16: مولد تيار مستمر عدد أقطابه (4) ، ملفوف "لفا" "تموجيا" وعدد الموصلات في المنتج(1000) موصل، فإذا كانت القوة الدافعة الكهربائية المتولدة (200) فولت وقيمة الفيض المغناطيسي(0.02) ويبر احسب سرعته . (ج د / د 300)

س 17: مولد تيار مستمر توالي يغذي حملا ذا مقاومة طبيعية (10) أوم، وبجهد (200) فولت، مقاومة التوالي (0.2) أوم، ومقدار القوة الدافعة الكهربائية المتولدة (220) فولت احسب مقاومة المنتج فيه.

(R_a=0.8 اوم ج)

س 18 : مولد تيار مستمر توازي يغذي حملا قدرته (22) كيلو واط، فكان التيار المار في الحمل (88)أمبير، احسب التيار المار في ملفات التوازي إذا علمت ان مقاومة التوازي (125) أوم. (ج I_f =2 A)

س 19: مولد مركب قصير يغذي حملا بتيار (98) أمبير مقاومة التوازي فيه (100) أوم، ومقاومة التوالي (0.2) أوم، والتيار المار في ملفات التوازي (2) أمبير، احسب مقاومة المنتج. (ج R_a=2 Ω)

س 20 : مولد مركب قصير ذو (8) أقطاب، وملفوف انطباقيا"، عدد الموصلات فيه (1200)، ويدور بسرعة (600 د/د) ، تيار المنتج (50) أمبير والفيض المغناطيسي (0.02) ويبر، ومقاومة ملفات المنتج (0.4) أوم، ومقاومة ملفات التوالي (0.1) أوم، ومقاومة ملفات التوازي (110) أوم، أوجد الكفاءة إذا كانت المفاقيد الميكانيكية والحديدية (1330) واط (ج η =0.771)

س 21 : محرك توالي للتيار المستمر ذو (4) أقطاب، المنتج فيه ملفوف "لفا نموذجيا"، عدد الموصلات فيه (1000) موصل، مقاومة ملفات التوالي (0.2) أوم، ومقاومة ملفات المنتج (0.4) أوم، احسب سرعته إذا علم إن الفيض المغناطيسي المتولد في كل قطب (0.02) ويبر، والتيار الذي يسحبه (50)أمبير ويعمل على مصدر (230) فولت . (ج د/د N=300)

س 22 : محرك توازي للتيار المستمر يراد تقليل سرعته، فأضيفت مقاومة على التوالي مع ملفات التوازي، احسب قيمة هذه المقاومة المضافة، إذا علم إن مقاومة المنتج للمحرك (0.5) أوم ومقاومة التوازي (10) أوم، والتيار الذي يسحبه المحرك (60) أمبير ، والتيار الذي يمر في مقاومة المنتج (10) أمبير ويعمل على مصدر (220) فولت (ج اوم R= 12)

س 23 : مولد مركب طويل يغذي حملا قدرته (2200) واط بجهد (220) فولت ومقاومة المنتج فيه (0.2) أوم، ومقاومة ملفات التوازي (44) أوم، والقوة الدافعة الكهربائية المتولدة (227.5) فولت احسب مقاومة ملفات التوالي. (ج $R_a = 0.32\Omega$)

الفصل الخامس

الكترونيات القدرة

الهدف العام: الإلمام ببعض دوائر التوحيد (نصف الموجة والموجة الكاملة).

الأهداف الخاصة:

عزيزي الطالب بعد دراستك لهذا الفصل ستكون قادرا على ان:

1. تعرف دوائر التوحيد وتطبيقاتها في تحويل الجهد المتناوب إلى مستمر.
2. تميز بين الموحدات غير المسيطر عليها والمسيطر عليها.
3. تعرف جهد الأحمال المجهزة من الموحدات.

الفصل الخامس
الموحـــدات

(5-1) تمهيد :
تناولنا في كتاب العلوم الصناعية للمرحلة الأولى أهم عناصر الكترونيات القدرة، ودرسنا خواصها وأنواعها، ونظرية عملها، وسنتناول في هذه المرحلة أهم تطبيقاتها، في دوائر الكترونيات القدرة وأهمها هي دوائر التوحيد (التقويم) غير المحكومة والمحكومة منها.

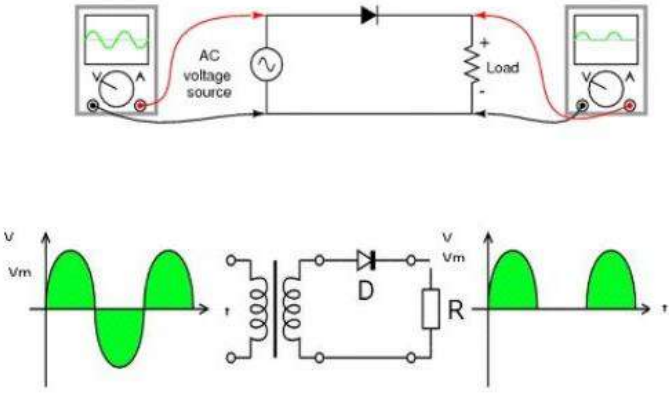
(5-2) موحدات نصف موجة غير محكومة:
تسمى مغيرات القدرة التي تحول التيار المتردد إلى تيار مستمر في صورة نبضات بالموحدات أو (المقومات) والموحدات التي تستخدم دايود القدرة، يطلق عليها بالموحدات غير المحكومة، وذلك لأنها تعطي جهداً خارجاً مستمراً وثابت القيمة طالما كانت قيمة الجهد الداخل (الجهد المتردد) ثابتة. يعد الدايود عنصراً ملائماً لدوائر التوحيد غير المحكومة بسبب خواص التوصيل في اتجاه واحد وتصنف الدوائر على أساس:

1- **عدد الأطوار :** طور واحد وثلاثة أطوار.
2- **الهيئة المستخدمة (شكل موجة الخرج) أي نصف موجة أو موجة كاملة :** سنستعرض في هذا الفصل موحدات ذات الطور الواحد، مع افتراض أن الدايود له خواص مثالية، أي أن مقاومته للتيار تكون صفراً في حالة كون الدايود منحاز انحيازاً أمامياً، ومقاومته عالية جداً في حالة كونه منحازاً انحيازاً عكسياً. الشكل (1-5) يوضح الشكل الخارجي للموحد.

الشكل (5-1) يوضح الشكل الخارجي للموحد

(5-2-1) موحد نصف الموجة الاحادي الطور Half - Wave - Rectifier :
تعد هذه الدائرة من ابسط دوائر الموحدات الذي يتصل طرف المصعد للثنائي (الموحد) بمصدر الجهد المتردد المراد توحيده ويتصل طرف المهبط بمقاومة الحمل.
خلال النصف الموجب لموجة جهد الدخل يكون الموحد في حالة انحياز أمامي ويسمح للتيار بالمرور خلاله إلى مقاومة الحمل، وفي حالة استخدام موحد مثالي، فان قيمة الجهد المفقود على طرفي الموحد تساوي صفراً وبالنتيجة يكون الجهد الناتج على طرفي مقاومة الحمل مطابقاً تماماً لشكل النصف الموجب لموجة جهد الدخل كما موضح في الشكل (5-2).
وهناك ميزتان لعملية الربط باستخدام المحول، **الأولى** انه يسمح برفع وخفض جهد المصدر حســـــــب الحاجة.

والثانية انه يحقق العزل الكهربائي بين المصدر للتيار المتناوب والموحد، وذلك لمنع الصدمات الكهربائية المفاجئة في دائرة الملف الثانوي .



الشكل (2-5) يوضح موحد نصف موجة

يمكن حساب جهد الاخراج المستمر من القانون الاتي:

$$V_{out} = V_{dc} = \frac{V_m}{\pi} = \frac{\sqrt{2}}{\pi} \times V_{rms} \quad \text{..... (1-5)}$$

وكذلك تيار الاخراج يحسب من القانون الاتي :

$$I_{out} = I_{dc} = \frac{V_{dc}}{R} = \frac{V_m}{\pi R} = \frac{\sqrt{2}V_{rms}}{\pi R} \quad \text{.....(2-5)}$$

اذ ان:

V_M تمثل القيمة العظمى للجهد الخارج .

(V_{rms}) الجهد الفعال الداخل للموحد .

مثال (5-1) :

موحد نصف موجة أحادي الطور ذو حمل مقاومة خالصة قيمتها (8) اوم وكان جهد المصدر قيمته (100) فولت عند تردد (50) هيرتز احسب: 1 - جهد الإخراج 2 - تيار الإخراج.

المعطيات :

R= 8 Ω

V_{rms}= 100 v

F = 50 Hz

الحل :

V_0=Vdc = Vm/π = $\frac{\sqrt{2}\ V_{rms}}{\pi}$

= $\frac{\sqrt{2}\ x\ 100}{\pi} = 45\ v$

I_0=Idc = V_{dc}/R

=45/8 =5.63 A

لحساب القيمة المتوسطة لجهد الخرج لموحد نصف الموجة هي القيمة التي تقاس بوساطة جهاز قياس الجهد المستمر (Dc voltmeter) ورياضيا يمكن حسابها من:

$$V_{av} = \frac{V_m}{\pi} \qquad \text{.....(3-5)}$$

مثال (5-2) :

أوجد القيمة المتوسطة (V) لجهد موحد نصف موجة ، إذ كانت القيمة العظمى للجهد الخارج = (50) فولت.

المعطيات :

V_m= 50 v

V_{av} =?

الحل :

$V_{av} = V_m/\pi$

= 50 /3.14

=15.9 v

(3-5) موحدات الموجة الكاملة Full - Wave Rectifiers :

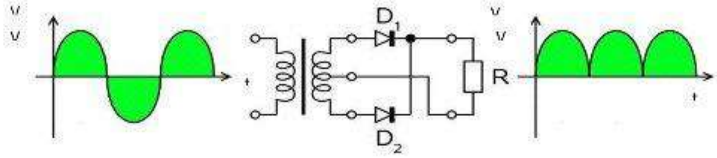
على الرغم من أن موحد نصف الموجة له بعض التطبيقات، إلا أن استخدام موحد الموجة الكاملة اكثر انتشاراً في مصادر القدرة للتيار المستمر ، والفرق بين توحيد الموجة الكاملة ونصف الموجة هو ان موحد الموجة الكاملة يسمح بمرور التيار في اتجاه واحد خلال الحمل على هيئة نبضات خلال نصفي موجة الدخل . في حين يسمح موحد نصف الموجة بمرور التيار خلال النصف الموجب للموجة فقط ، ونتيجة لذلك نحصل على عدد النبضات الموجبة من خرج موحدات الموجة الكاملة يساوي ضعف عدد النبضات الموجبة التي نحصل عليها من خرج موحد نصف الموجة ، وخلال المدة الزمنية نفسها . كما في شكل (3-5) ويمكن الحصول على موجة كاملة من نصفي موجة.

الشكل (3-5) يوضح مخطط الموحد موجة كاملة

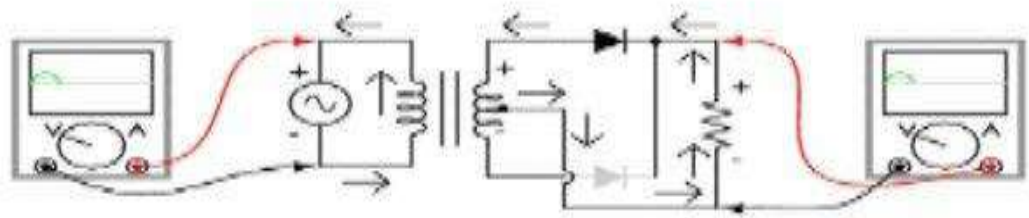
(5-3-1) موحد الموجة الكاملة ذات التفرع الوسطي Full - Wave center Tapped Rectifier :

شكل (4-5) أ ، يوضح دائرة موحد موجة كاملة إذ يتم استعمال محول ذي نقطة تفرع وسطية . في هذه الدائرة عندما تكون الموجة الجيبية في النصف الموجب ، فان الموحد (D_1) يكون في حالة انحياز أمامي ، ومن ثم يكون الموحد (D_2) في حالة انحياز عكسي.

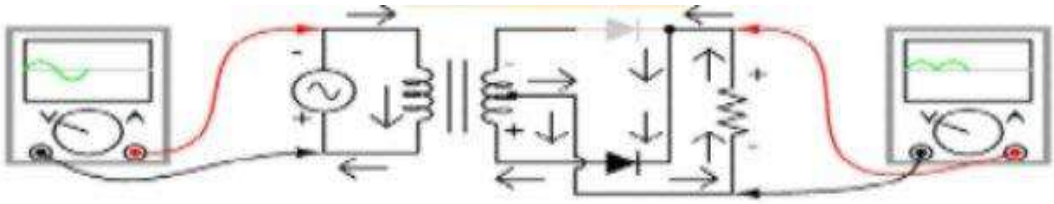
أما في حالة أن تكون الموجة الجيبية في النصف السالب ، فان الموحد (D_1) يكون في حالة انحياز عكسي ، والموحد (D_2) في حالة انحياز أمامي ، وبالنتيجة فانه يوصل التيار وبهذا فان نصف الموجة الموجب والسالب يظهر على الخرج، ويتكون لنا موجة تتكون من نصفي موجة . والشكل (4-5) ب ج د يوضح ذلك.



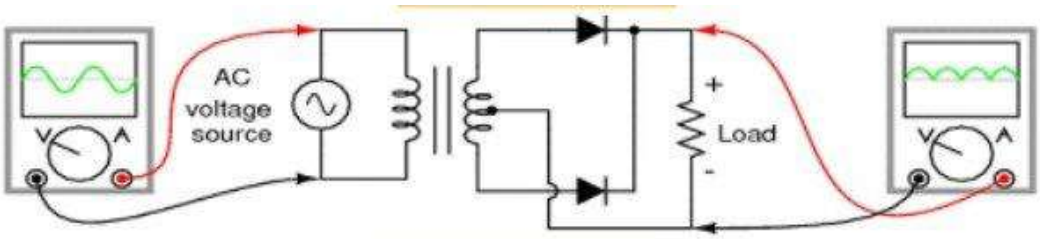
شكل (4-5) أ يوضح دائرة موحد موجة كاملة



الشكل (4-5) ب



الشكل (4-5) جـ



الشكل (4-5) د

الشكل (4-5) ب - جـ - د ، يوضح المراحل التي يتم بها الحصول على الموجة الكاملة

وتحسب القيمة المتوسطة للجهد في هذه الحالة من القانون الآتي:

$$V_{av} = \frac{2V_m}{\pi} \quad \text{.....(4-5)}$$

نلاحظ أن القيمة المتوسطة لجهد الخرج (V_{av}) في هذه الحالة (موجة كاملة) تساوي ضعف القيمة التي تحصل عليها في حالة موحد نصف موجة.

مثال (3-5) :

أوجد القيمة المتوسطة (V_{av}) للجهد الموحد موجة كاملة إذا كانت القيمة العظمى لجهد الخـــرج تســـــــاوي (15) فولت ، وأوجد تيار الحمل ، إذا كانت مقاومة الحمل = (3) اوم.

المعطيات :

$V_m = 15$ ،V_{av}? , $I_L = I_{dc}$=?

الحل :

$$V_{av} = \frac{2V_m}{\pi}$$

= 2 × 15 / 3.14

= 9.55 v

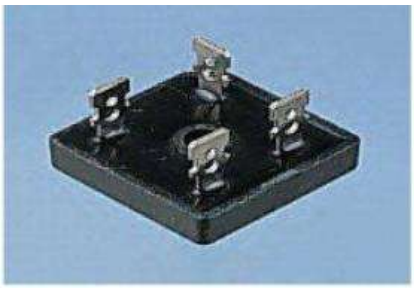
$I_{dc}=v_{av}/R$

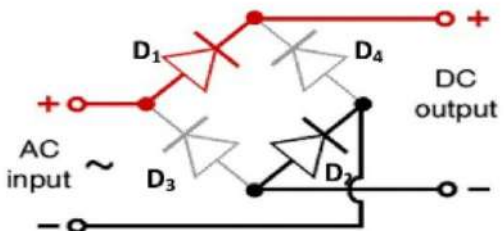
= 9.55 / 3

= 3.18 A

(3-5-2) موحد القنطرة ذو الموجة الكاملة أحادى الطور (Single – Phase Full Wave Bridge Rectifier)

يحتاج هذا الموحد إلى أربعة دايودات لتكوين الدائرة، وكما مبين في الشكل رقم (5-5).

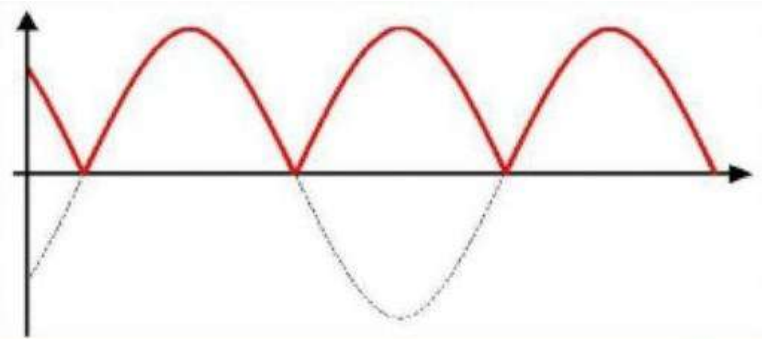




الشكل (5-5) يوضح موحد قنطرة احادي الطور

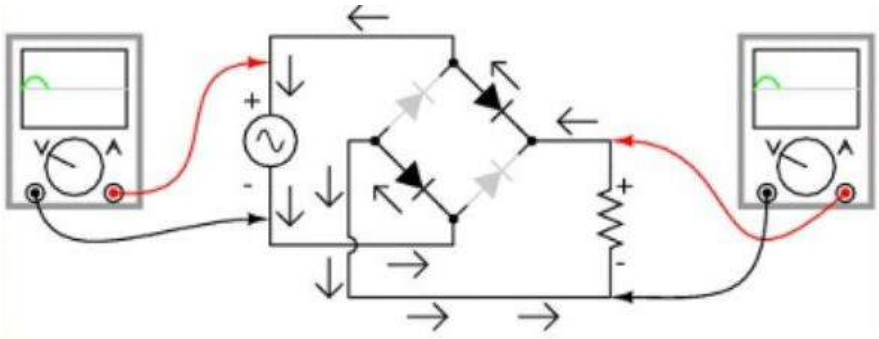
إن الدايودين (D_1,D_2) يكونان في حالة توصيل خلال الجزء الموجب من جهد الإدخال والدايودين (D_3,D_4) يكونان منحازان عكسيا . لذا يمر التيار إلى الحمل عبر الدايودين (D_1,D_2) وخلال النصف السالب لموجة جهد الدخل يكون (D_4,D_3) في حالة توصيل ، والدايودين(D_2,D_1) يكونان في حالة انحياز عكسي . ويمر التيار إلى الحمل عبر الدايودين (D_4,D_3) .

والشكل رقم (5-6) يوضح شكل موجة التيار المستمر الناتجة من دائرة موحد القنطرة ذي الموجـــــة الكاملة.

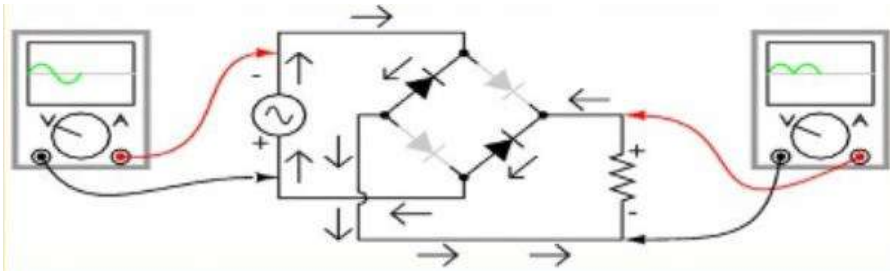


الشكل (5-6) يوضح شكل موجة التيار المستمر الناتج (تيار الحمل)

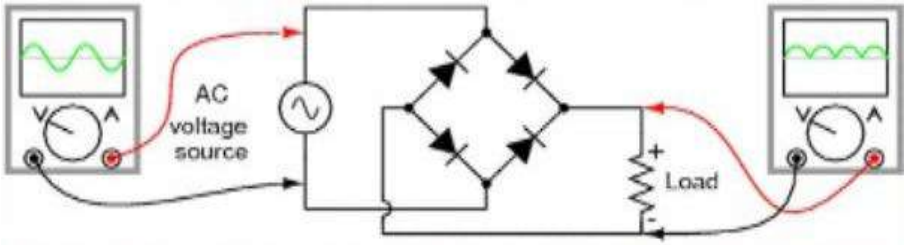
تستخدم معادلات حساب الجهد والتيار في موحد الموجة الكاملة ذات التفرع الوسطي ، ويجب ملاحظة أن الدايود في موحد القنطرة يتعرض لجهد عكسي يساوي نصف الجهد الذي يتعرض له الدايود في الموحد ذو التفرع الوسطي مما يقلل من مقنن الدائرة . والشكل (5-7) أ ب جـ، يوضح مراحل توحيد موجة كاملة باستعمال اربع موحدات.



الشكل (5-7) أ



الشكل (5-7) ب

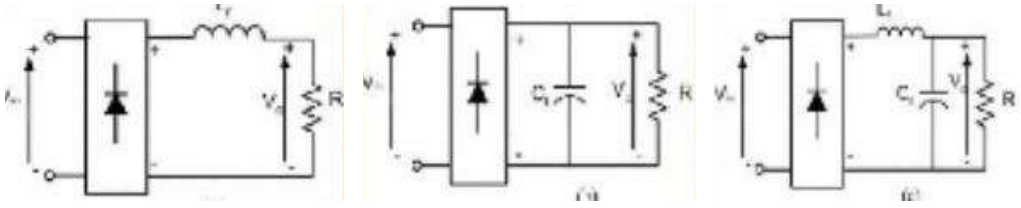


الشكل (5-7) جـ

الشكل (5-7) أ ب جـ يوضح مراحل توحيد موجة كاملة باستعمال اربع

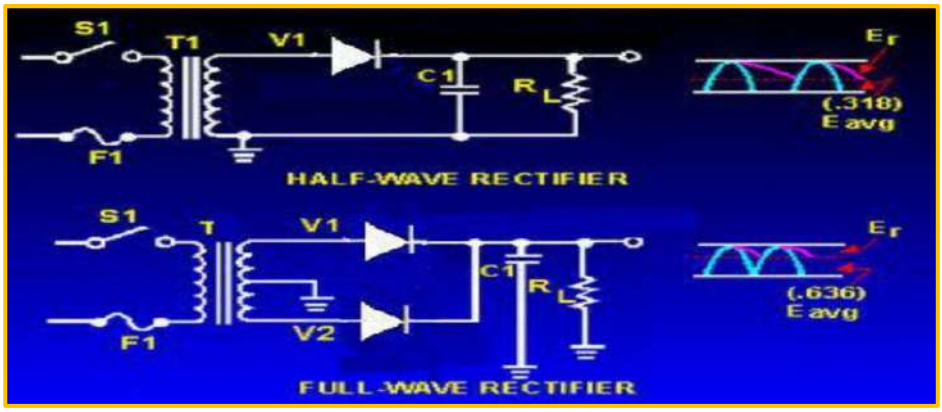
(4-5) دوائر الترشيح :

علمنا من خلال دوائر التوحيد السابقة أن الخرج عبارة عن جهد موحد الاتجاه متغير القيمة في صورة نبضات ، ولتقليل قيمة التموجات في الجهد ، فأننا نستخدم بعض أنواع من المرشحات (Filters) التي تطبق على خرج دوائر التوحيد وعادة يكون مرشح التيار المستمر إما محاثه (L) ، وإما متسعة (C) أو محاثة ومتسعة (LC) والشكل رقم (5-8) يوضح دوائر ترشيح .



شكل (5-8) يوضح دوائر ترشيح

إذ تقوم هذه المرشحات بعملية تنغيم وتنقية للجهد الخارج، وذلك للحصول على قيمة شبه ثابتة . وابسط أنواع المرشحات هي استخدام المكثف بالتوازي مع الحمل، ويلاحظ أن وضع المكثف جعل الخرج أقرب للجهد المستمر المثالي (جهد البطارية) إذ إن الارتفاع والهبوط صار أقل، وكلما كان التموج صغيراً صار الخرج أجودا و الشكل رقم (5-9) يوضح عملية الترشيح.



الشكل (5-9) يوضح عملية الترشيح

(5-5) الموحدات المسيطر عليها ذات الطور الواحد :

تستخدم هذه الموحدات الثايرستور وقيمة زاوية القدح للتحكم بجهد الإخراج وتياره.

(5-5-1) طرائق إشعال الثايرستور Thyristor Firing circuits :

ان الثايرستور يصبح موصلا إذا وجد جهد موجب مسلط عليه بين أطراف الأنود والكاثود ، وكذلك توفر قدحه عن طريق البوابة، وتكون القدحة عبارة عن إشارة مسلطة على البوابة على شكل نبضة تستغرق زمنا معينا كافيا لتشغيل الثايرستور.

وتوجد طريقة أخرى لاشعال الثايرستور وذلك عن طريق زيادة الجهد الامامي عن جهد الانهيار ، فان تيار التسرب للثايرستور (leakage Current) يكون كافيا لتحويل الثايرستور إلى حالة التوصيل الأمامي، وتعد الطريقة الأولى هي الأكثر استخداما في تشغيل الثايرستور.

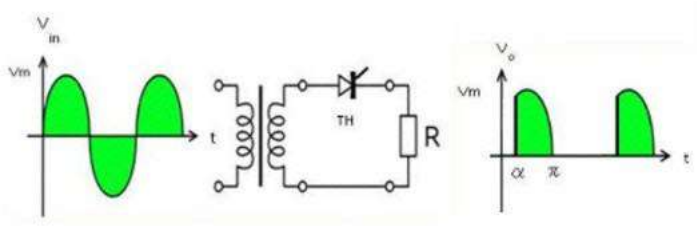
(5-5-2) استخدام الثايروستور في دوائر الموحدات المسيطر عليها :

يستخدم الثايروستور في دوائر الموحدات المسيطر عليها وذلك لتحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر ذي جهد يمكن التحكم به عن طريق زاوية اشعال الثايروستور(trigger angel) ، وتمتاز الموحدات المسيطر عليها بالبساطة والكفاءة العالية، فضلا عن قلة تكاليف تصنيعها، لذلك تستخدم في التطبيقات الصناعية التي تتطلب تغيير الجهد فيها للتحكم بسرعة المحركات.

(5-5-3) موحد نصف موجة احادي الطور لتغذية حمل (مقاومة)

Single phase half wave controlled rectifier with resistive load

تعد هذه الدائرة من أبسط التطبيقات على دوائر التوحيد المسيطر عليها، إذ تتكون من مصدر تيار متناوب وثايروستور وحمل (مقاومة) كما موضح في الشكـــــل (5-10).



الشكل (5-10) دائرة موحد نصف موجة

خلال النصف الموجب من الموجة يكون الانود (Anod) اعلى من جهد الكاثود (Cathod) ، ويكون الثايرستور في حالة انحياز امامي فعند اشعال الثايرستور عن طريق تيار البوابة (Gate)عند زاوية الاشعال (Current) فان جهد الادخال سوف يظهر على الحمل. ويبدأ مرور التيار في الحمل من خلال الثايرستور وعندما يصل جهد الدخل إلى قيمة الصفر((Trigger angle (α) ، فإن التيار المار بالحمل سوف يكون مساويا للصفر لذلك يصبح الثايرستور في حالة اطفاء (off) وعند بدء النصف السالب من موجة الإدخال سيكون عندها جهد الأنود أقل من الكاثود، ويكون الثايرستور في حالة انحياز عكسي ويتكرر ذلك مع كل دورة (2π).
ويمكن إيجاد القيمة المتوسطة للجهد المستمر لفولتية الإخراج (Average Value) من خلال المعادلة الآتية:

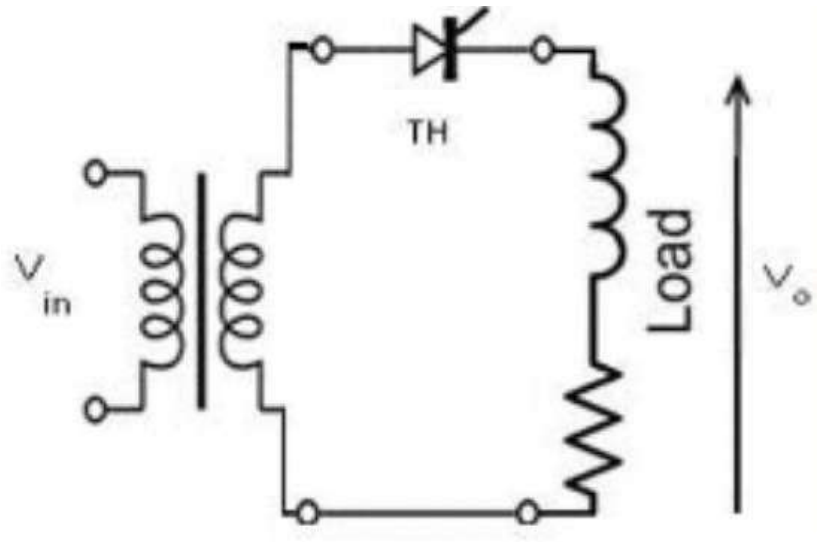
$$V_O = \frac{V_m}{2\pi}(1 + cos \propto) \qquad \text{..... (5-5)}$$

(5-5-4) موحد نصف موجة أحادي الطور مسيطر عليه لتغذية مقاومة وملف Single phase half :

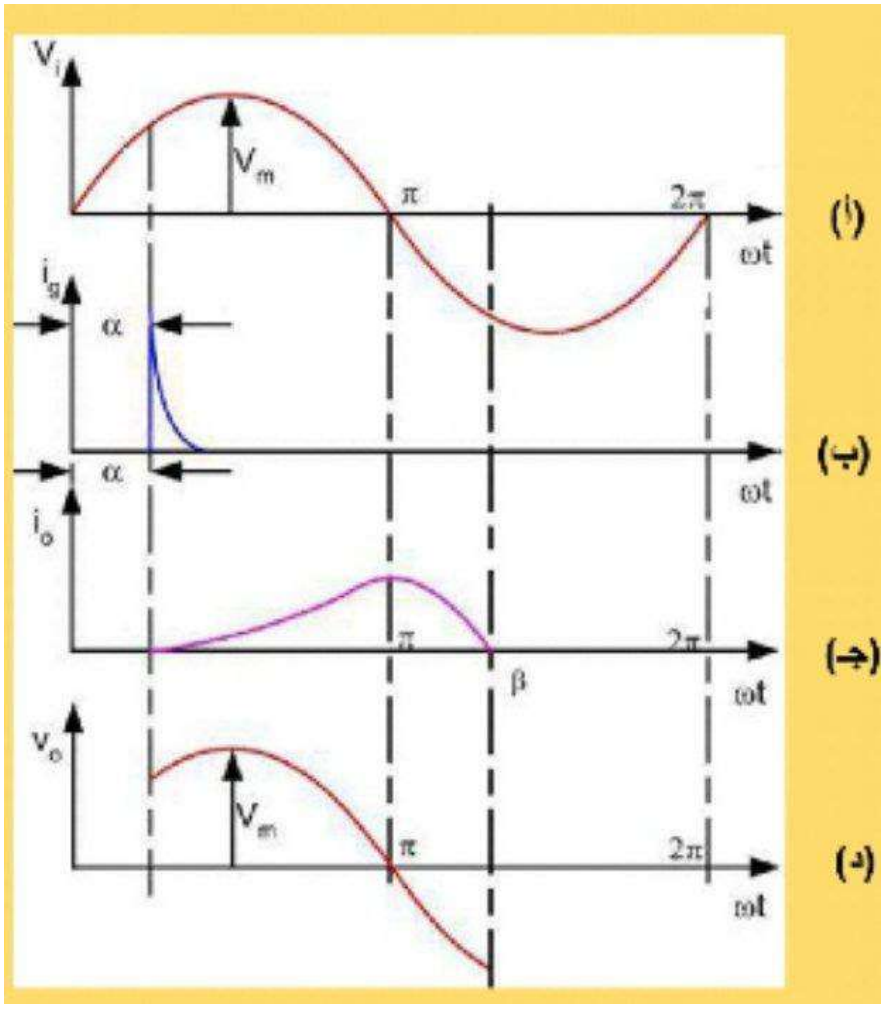
تكمن أهمية هذه الدائرة في كون ان غالبية الاحمال الصناعية هي إجمال حلية تحوي على مقاومة ومحاثة الشكل (5- 11) يوضح دائرة ذات حمل مقاومة ومحاثة، أما الشكل (5-12) فيوضح موجات الادخال والإخراج للفولتية والتيار لهذه الدائرة.
ان التيار سوف يبدأ بالمرور بالثايرستور عندما يتم إشعاله ، وان هذا التيار يكون متأخراً عن فولتية الادخال لوجود المحالة في الحمل، وعندما تكون موجة الفولتية سالبة يستمر مرور التيار لوجود الحالة العابرة (Transient) للتيار الذي سببه الملف، ويستخدم احيانا دايود المسار الحرF_D(Diode Freewheel) للتخلص من الجزء السالب من فولتية الحمل.
ويمكن ايجاد القيمة المتوسطة لجهد الإخراج بدون دايود المسار الحر عن طريق المعادلة الآتية:

$$V_O = \frac{V_m}{2\pi}(cos \propto - cos\beta) \qquad \text{..... (6-5)}$$

β : هي الزاوية التي ينطفئ عندها الثايرستور



شكل (5-11) موحد نصف موجة لتغذية حمل مقاومة ومحاثة



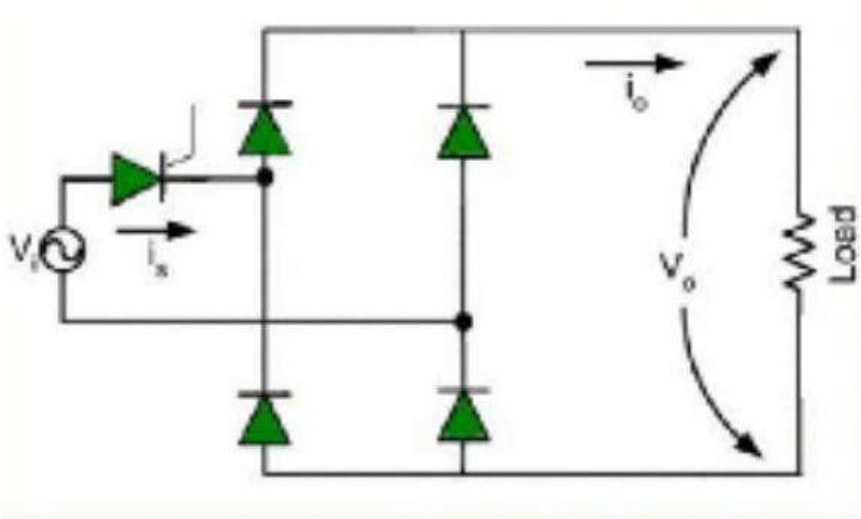
الشكل (5-12) يوضح

أ- موجة الادخال ب- تيار القدح جـ - تيار الاخراج د- فولتية الاخراج

(5-5-4) موحد كامل الموجة أحادي الطور مسيطر عليه لتغذية حمل مقاومة ومحاثة :

Single phase fullwave control rectifier with RL load

يتكون الموحد المسيطر عليه كامل الموجة من قنطرة تحتوي على اربع ثايرستورات . وسنفرض أن الحمل هنا يحتوي على مقاومة وممانعة حثية عالية ، وذلك لترشيح تيار الاخراج ، ليصبـــــــــــح تياراً مستمراً نقيـاً (Pure DC Current) يكون الثايرستورات (T_1,T_2) في حالة توصيل في الجزء الموجب بعد اشعالها عن الزاوية في الوقت نفسه ويستمران بالعمل لحد ورود للثايرستورات (T_3,T_4) في الجزء السالب من موجة الادخال ، وذلك بسبب الحالة العابرة لوجود محاثة في الحمل . وكما موضح في الشكل (5-13) .

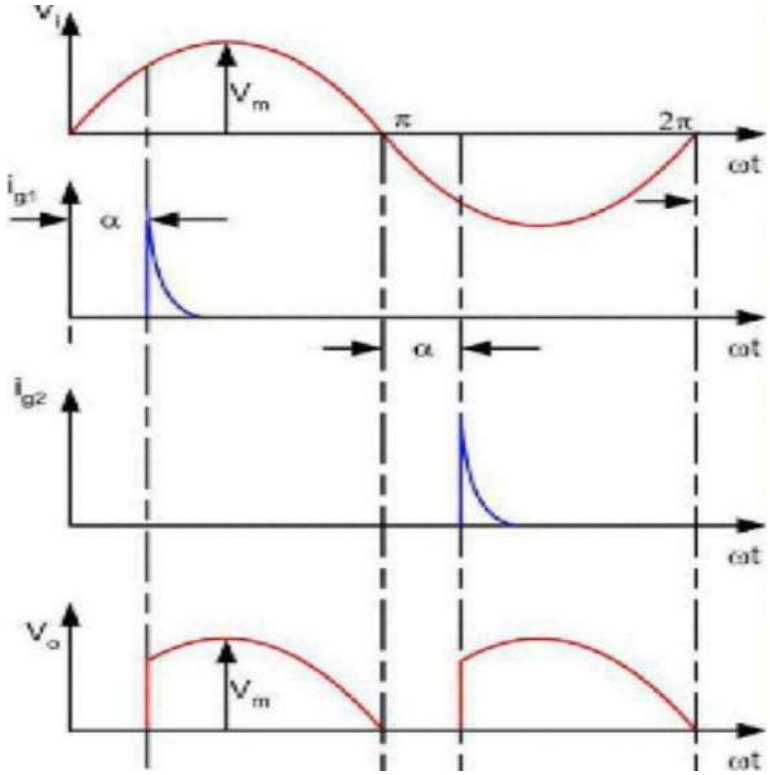


الشكل (5-13) يوضح دائرة موحد أحادي الطور كامل الموجة

ويوضح الشكل (5- 14) فولتية الإدخال والإخراج.

ويمكن إيجاد متوسط فولتية الإخراج عن طريق المعادلة الآتية:

$$V_O = \frac{2V_m}{\pi}(cos \propto) \qquad \text{.....(7-5)}$$



شكل (5-14) يوضح شكل الموجه

مثال (5-4) :

موحد أحادي الطور نصف موجة مسيطر عليه يستخدم لتغذية حمل مقاومة خالصة قيمتها R=100 Ω وكان جهد المصدر (220 V) عند تردد مقداره F= 50 Hz احسب:

1- فولتية الإخراج عند ($\propto = 90^{\circ}$).

2- تيار الإخراج عند ($\propto = 90^{\circ}$) وكذلك تيار الثايرستور.

الحل :

1- بالرجوع إلى معادلة (5-7) يمكن استخراج V_O.

$$V_O = \frac{V_m}{2\pi}(1 + cos \propto)$$

$$= \frac{220}{2\pi}\sqrt{2}\ (1+\cos 90^0)$$

V_0=49.51 V

$I_0=V_0/R$ = 49.51 /10 = 4.951A

$I_{av}=I_0$

= 4.951 A

مثال (5-5) :

موحد نصف موجة أحادي الطور ذو حمل مقاومة ومحالة مجهز من فولتية 1200 وتردد (50) HZ

1- احسب جهد الإخراج عند ($\propto = 60^{\circ}$)، ($\beta = 200^{\circ}$) .

2- احسب تيار الإخراج عند الزاويتين اعلاه.

الحل :

$$V_O = \frac{V_m}{2\pi}(cos \propto - \cos \beta)$$

$$V_O = (\frac{\sqrt{2}\, x\, 120}{2\pi})(\cos 60 - \cos 200)$$

$$V_O = 38.88\, V$$

$I_0 = V_0/R = 38.88/5$

$= 7.77$ A

مثال (5-5) :

موحد كامل الموجة أحادي الطور ذو حمل مقاومة Ω (R=22) ومحاثة عالية جداً مجهز من فولتية مقدارها (200V) وتردد (50 HZ) زاوية ايقاد كل ثايرستور ($\propto = 60^{\circ}$)، احسب

1- فولتية الإخراج.

2- تيار الإخراج .

الحل :

1. $V_O = \frac{V_m}{\pi}(\, cos \propto)$

   $= (\frac{2\sqrt{2}\, x200}{\pi}) \cos 60$

   = 90 V

2. $I_0 = V_0/R$

   = 90/2

   = 45 A

أسئلة الفصل الخامس

س 1 : موحد نصف موجة أحادي الطور مسيطر عليه يعمل الثايرستور عند زاوية ($\alpha = 90^{\circ}$) ، يجهز حمل ذو مقاومة خالصة . من مصدر متناوب ارسم فولتية الإدخال ، فولتية الإخراج وتيار الثايرستور ثم أرسم فولتية الإدخال، فولتية الإخراج وتيار الثايرستور اذا كانت ($\alpha = 0^{\circ}$).

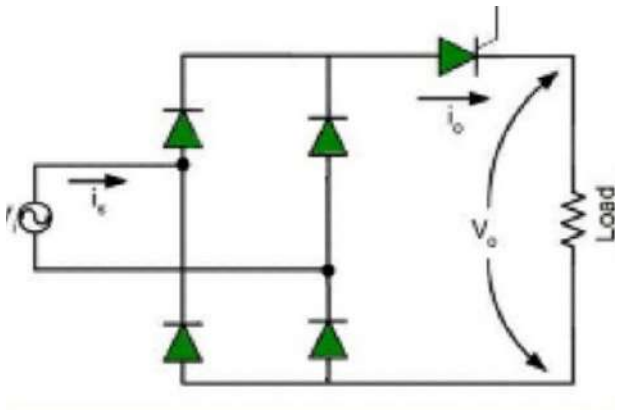
س 2: موحد موجة كاملة أحادي الطور مسيطر عليه، يعمل كل ثايرستور عند زاوية ($\alpha = 90^{\circ}$)، الحمل مجهز من قبل مصدر متناوب ارسم فولتية الإدخال ، فولتية الإخراج ، وتيار المصدر إذا كان الحمل :-

1- مقاومة خالصة. 2- مقاومة مع ملف عالي القيمة .

س 3 : موحد موجة كاملة أحادي الطور مسيطر عليه يعمل عند زاوية ($\alpha = 90^{\circ}$)، الحمل مقاومة خالصة قيمتها $R = 20\Omega$ مجهز من قبل مصدر متناوب قيمته $V = 20Sin\ wt$ عند تردد 50Hz احسب

1- فولتية الإخراج. 2- تيار الإخراج.

س 4 : الدائرة الموضحة بالشكل (5-15)



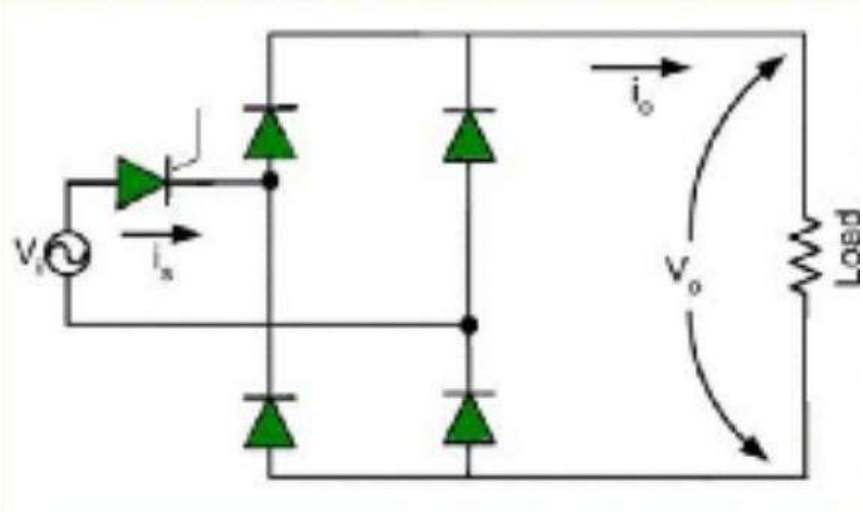
شكل (5-15) التوضيح للسؤال 4

المطلوب :

أ- ارسم شكل موجة الفولتية الداخلة للثايرستور عند ($\alpha = 60^{\circ}$)،

ب- ارسم شكل موجة الفولتية على أطراف مقاومة الحمل.

س 5 : الدائرة الموضحة بالشكل (5- 16)



شكل (5-16) توضيح للسؤال 5

المطلوب :

1- ارسم شكل موجة الفولتية الداخلة للدائرة .

2- ارسم شكل موجة الفولتية على أطراف مقاومة الحمل .

3- ارسم التيار الخارج .

س 6 : الدائرة المبينة بالشكل (5-16) ، إذا كانت مقاومة الحمل (10Ω)وفولتية المصدر 220 volt

المطلوب:

1- احسب قيمة فولتية الحمل .

2- احسب تيار المقاومة.

الفصل السادس

الطاقة المتجددة والطاقة البديلة

الهدف العـــــام : الالمام بموضوع الطاقة المتجددة والبديلة .

الاهداف الخاصة : عزيزي الطالب عندما تكمل هذا الفصل تكون قادرا على ان :

1- التعرف على تعريف الطاقة المتجددة والطاقة البديلة.
2- معرفة اهم اسباب الاهتمام بالطاقة المتجددة.
3- التعرف على مصادر الطاقة المتجددة.
4- التعرف على كيفية تولد الطاقة بواسطة الرياح.
5- طرق التوليد بالطاقة الشمسية.
6- التعرف على النظام الكهربائي في النظام الشمسي الكهروضوئي .
7- التعرف على طاقة حرارة الارض.
8- التعرف على مولدات القدرة الهيدروليكية المغناطيسية .
9- التعرف على طاقة الكتلة الحيوية .
10- معرفة كيفية تولد الطاقة من النفايات.
11- كيفية منع هدر الطاقة و توفيرها.

الفصل السادس

الطاقة المتجددة والطاقة البديلة Renewable and alternative energy

(1-6) تمهيد Introduction :

الطاقة المتجددة هي كل اشكال الطاقة التي يمكن انتاجها من مصادر غير ناضبة و غير منتهية متجددة باستمرار وعلى الدوام على خلاف مصادر الطاقة التقليدية التي تأتي من مصادر ناضبة و منتهية وهناك آجال محدودة متوقعة لانتهائها مثل النفط الخام والغاز الطبيعي والفحم ولا يوجد فرق بين الطاقة المتجددة والطاقة البديلة لان كلاهما يعتبران طاقة مستدامة لا تنفذ والتي تستمد من المواد الطبيعية مثل الرياح و الشمس و المياه والنباتات.

الشكل (6-1) الطاقة المتجددة

(2-6) اسباب الاهتمام بالطاقة المتجددة (مميزاتها) :

1 - متوفرة في معظم دول العالم لا تنفذ تتجدد باستمرار.

2- تستطيع الطاقة المتجددة المساعدة في تخفيض الاعتماد على الطاقة المستنفذة من النفط والغاز والفحـــم حيث ساعد الكثير من المواطنين الحصول على الطاقة ممن لا تصلهم الشبكة الوطنية.

3- خلق فرص عمل و التخفيف من حدة الفقر.

4- اقتصادية حيث يمكن استخدامها في نفس المكان الذي تنتج فيه مما يوفر الكثير من تكلفة النقل والمواصلات و تستخدم تقنيات غير معقدة ولا تتطلب الا القليل من الصيانة وعمرها طويل .

5- تحافظ على الصحة لا تلوث البيئة ولا تساهم في انبعاثات الغازية الحرارية الناتجة عن تولد الطاقة الملوثة للبيئة.

(3-6) مصادر الطاقة المتجددة والبديلة :

1- طاقة الرياح .
2- الطاقة الشمسية.
3- طاقة المد والجزر.
4- طاقة حرارة الارض.
5- طاقة الحيوية.
6- مولدات القدرة الهيدروليكية المغناطيسية .

والشكل (6-2) يوضح مصادر الطاقة المتجددة .

الشكل (6-2) مصادر الطاقة

(4-6) التوليد بطاقة الرياح :

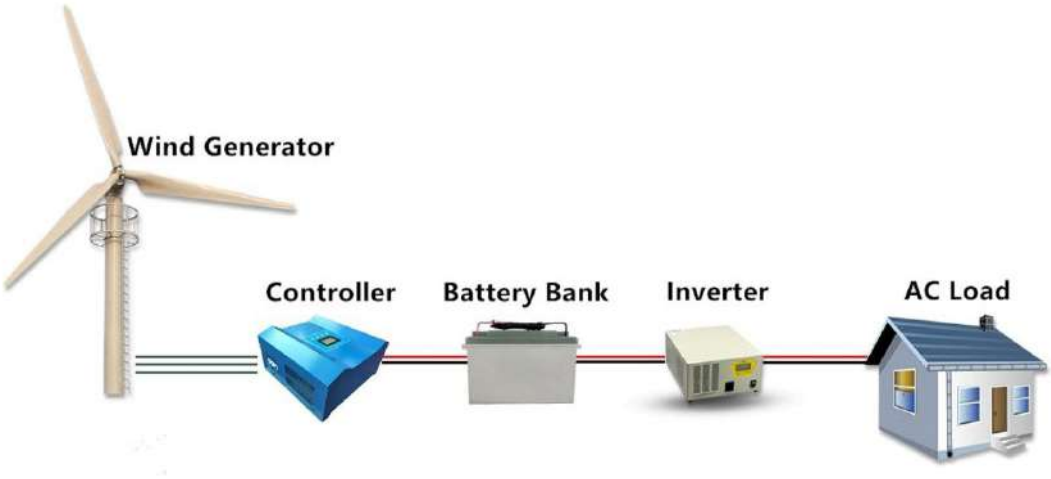
تعتبر الرياح طاقة متحركة بحركة كتل هوائية كبيرة متسببة عن التسخين المختلف للمحيط بواسطة الشمس حيث عند امتصاص الهواء للحرارة يرتفع لان حجمه اخف من الهواء البار بسرعة ليملأ الفراغ الذي خلفه الهواء الحار فتتكون الرياح نتيجة هذا الاندفاع للهواء فيقوم التوربين بالتقاط طاقة الرياح من خلال الشفرات التي تبدأ بالحركة وتقوم بتدوير ذراع التوصيل الممتد من مشبك المحور الدوار الى المولد فيقوم المولد بتحويل الطاقة الدورانية الى كهرباء

هناك تقنيات حديثة لطاقة الرياح وهي ان عنفات (توربينات) الرياح الحديثة تكون بتصميمان اساسيان وهما ذات المحور الافقي كما هو موضح في الشكل (6-3) أ ، و ذات المحور العمودي والتي تكون نادرة جدا والنوع الوحيد منها الموجه للانتاج التجاري حاليا هو عنفة داريوس التي تبدو كخفاقة البيض الشكل (6-3) ب ،وتنصب الوحدات اما بشكل منفرد او بشكل مجموعة وحدات مرتبة من التوربينات في حقول الرياح .

ان اول حقل رياح اسيوي تم انشائه في منطقة كوجرات واكر .ان من مشاكل هذا النوع من توليد الطاقة هو تعرضها للعواصف القوية وان شفرات المراوح لها تاثير سلبي على الطيور وتحدث ضوضاء في المناطق الزراعية لذلك انشا الكثير منها في بحر الشمال بعيدا عن السواحل .

الشكل (6- 3) أ- توليد الطاقة بالتوربين ذو المحور الافقي ب- توليد الطاقة بالتوربين ذو المحورالعمودي

ان الوحدة عبارة عن ثلاث مراوح كبيرة متصلة براس التوليد تدورها الرياح (طول الشفرة تصل الى 25 متر او اكثر) تكون محمولة على ابراج بارتفاعات عالية تصل الى اكثر من 100متر وتحتوي على اجهزة سيطـرة لضبط فرق الجهد والتردد كما في الشكل (6-4).



الشكل (6-4) التوليد بطاقة الرياح

5-6 التوليد بالطاقة الشمسية :

يعتبر الشمس مصدر العديد من الطاقات ويعتقد ان (1.5%) من (75000 KWH) من الطاقة الشمسية التي تصل الى الارض كافية لتلبية احتياجات كوكب الارض من الطاقة و سندرسها هنا بالتفصيل لأهميتها العظمى في توليد الطاقة .

تستخدم الطاقة الشمسية بثلاث طرق:

1- تحويلها الى طاقة حرارية.
2- تحويلها الى طاقة كهربائية.
3- التركيب الضوئي.

1- التحويل الى الطاقة الحرارية :

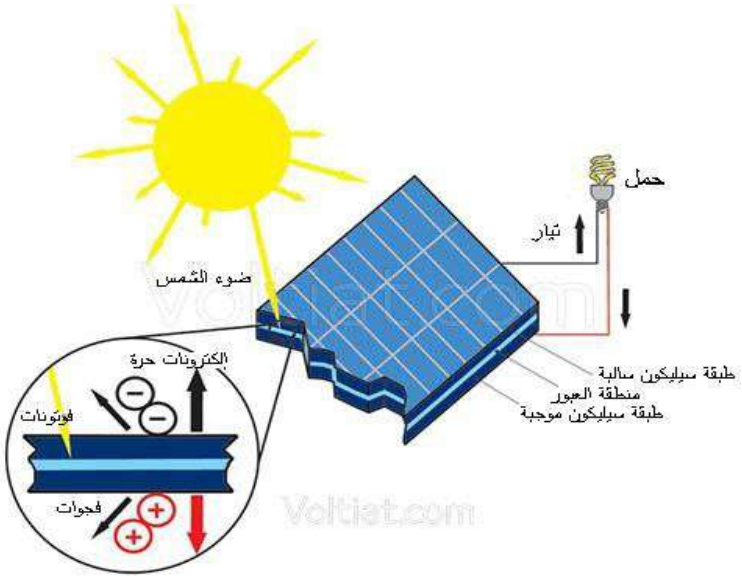
يمكن الحصول على الطاقة الحرارية من الشمس باستخدام المجمع الشمسي solar collector والتطبيقات الاخرى التي تحتاج الى طاقة حرارية واطئة الدرجة اصبحت هذه التطبيقات في الوقت الحاضر تجارية و تشمل الطبقات الشمسية لتسخين الشمس للهواء وتجفيف المحاصيل والتبريد بالثلاجات وضخ المياه وتقطير المياه وفي الشكل (5-6) انواع لمجمعات لتجميع الحرارة الشمسية .

الشكل(5-6) انواع لمجمعات لتجميع الحرارة الشمسية

2 - الخلايا الضوئية الشمسية (SPV) Solar photovoitac cells :

تولد الطاقة الكهربائية بمجرد سقوط الضوء على معدن معين كالسليكون فتتهيج وتتأين الكترونات المعدن و تنتقل الى معدن اخر وذلك بالانتقال عبر اسلاك مكونة تيار كهربائي تعتبر هذه الانظمة مهمة لتوليد الطاقة وذلك لسهولة التشييد والصيانة وعدم وجود الضوضاء و التلوث وطول فترة تشغيلها وامكانية استخدامها في الاماكن

البعيدة والمعزولة عن المدن كالغابات والمناطق الجبلية والصحراوية ولكن تعتبر كلفتها عالية تصنع من السليكون المتبلور وغير المتبلور المستخلص من الرمال والشكل (6-6) يوضح تركيب الخلية الضوئية.



الشكل (6-6) تركيب الخلية الضوئية

3- التركيب الضوئي :

ظاهرة التحويل الكيميائي لثاني اوكسيد الكاربون والماء الى سكريات بوجود ضوء الشمس والكلوروفيل في النباتات وهي اكفأ الطرق في الطبيعة في تحويل الطاقة الشمسية الى طاقة مخزونة والتي تحصل في الاشنات و النباتات المتطورة وفي وقت قصير عند توفر الظروف المثلى وعند شدة ضوء قليلة اذ ان (30%) من الضوء الممتص من قبل النباتات يتحول الى طاقة كيميائية.

(6-6) مكونات انظمة الطاقة الشمسية وطرق التوصيل

ان اغلب انظمة الطاقة الشمسية تتكون من :

اولا - الالواح الشمسية Solar panel .

ثانيـــا - المحول (العاكس) Inverter المنظم change controller .

ثالثـــا - منظم الشحن solar charge controller .

رابعـا - المركم (البطارية) The Battery.

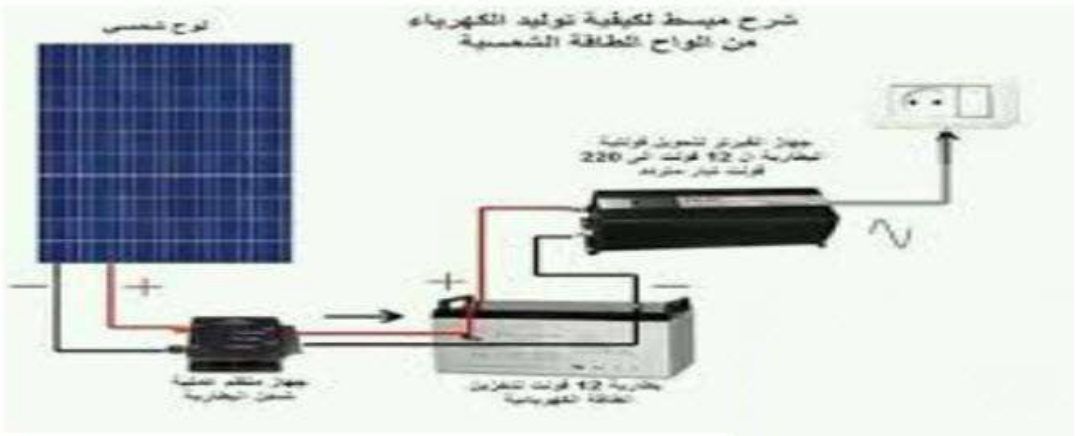
خامسا - لوحات تجميع عناصر النظام الشمسي Junction Box.

سادسـا - كابلات التوصيل لعناصر النظام الشمسي .

سابعـا - تأريض الانظمة الشمسية ومانعة الصواعق وبعض القواطع والمعدات والفيوزات .

اولاً- الالواح الشمسية Solar panel:

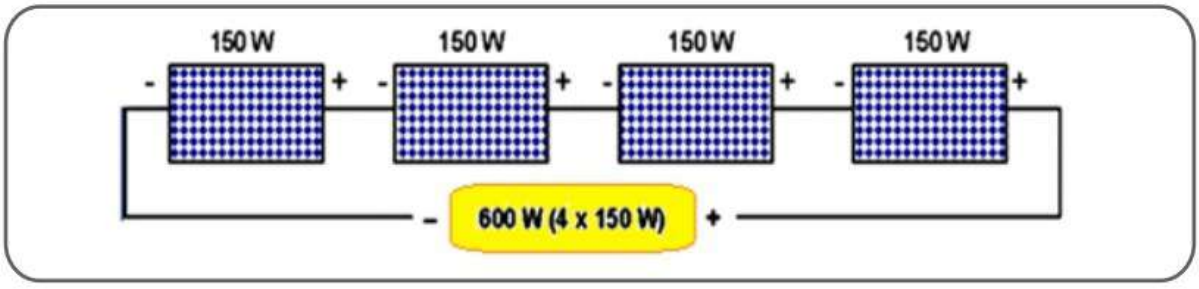
تم شرح تركيب الخلية الضوئية سابقا، تستخـــدم احجام مختلفة من كابلات توصيل الالواح الشمسيـــــــة (contactor) المقاومة للماء والغبار في توصيل الالواح الشمسية بعضها ببعض على التوالي و التوازي كما مبين في الشكل (6 -7) وذلك بحسب المخطط الكهربائي للمنظومة الشمسية ومن ثم يتم توصيل سلسلة الالواح الشمسية و مجموعة السلاسل بمجموعة بطاريات المنظومة عبر عاكـس المنظومة



الشكل (6-7) المنظومة الكهربائية الشمسية

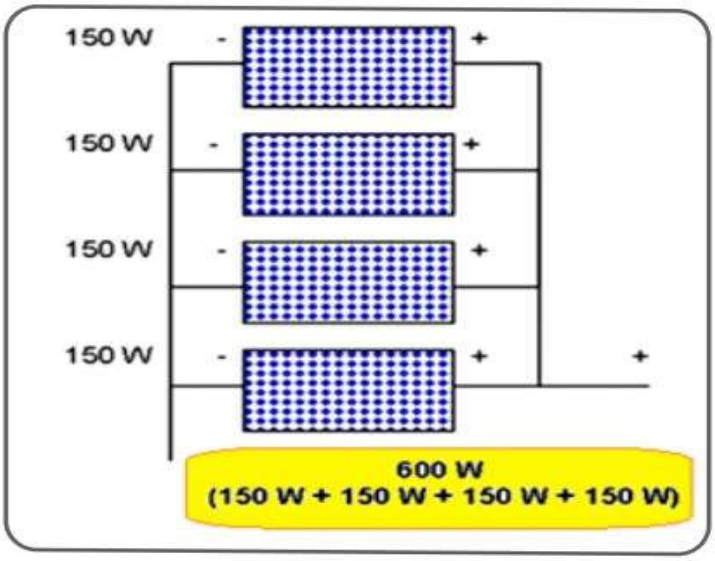
وهناك طريقتين لتوصيل الالواح الشمسية:

- **التوصيل على التوالي :-** وفيه تتضاعف الفولتية اي زيادة الطاقة تتم توصيل النهاية الموجبة لكل بلوك بالنهاية السالبة في اللوح الذي يليه لتشكل سلسلة الواح كما في الشكل (6-8).



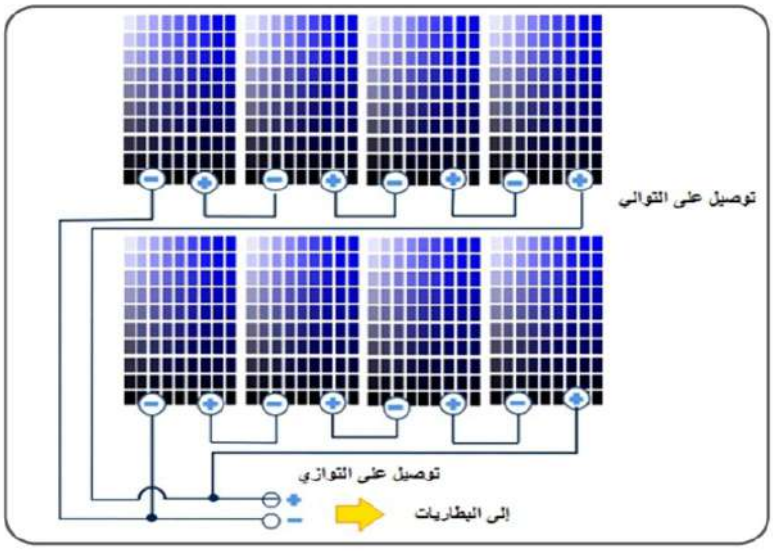
الشكل (6-8) زيادة الطاقة عند ربط الالواح على التوالي

- **التوصيل على التوازي :-** وفيه تزيد قيمة التيار (الامبير) للدائرة الكهربائية ويحافظ على ثبات الفولتية ويتم التوصيل فيه من خلال ربط النهاية الموجبة في اللوح الشمسي الاول بالنهاية الموجبة في اللوح الشمسي الذي يليه كما يتم توصيل النهاية السالبة في اللوح الاول بالنهاية السالبة في اللوح الثاني كما في الشكل (6-9) توصيل الالواح الشمسية على التوازي .



الشكل (6-9) توصيل الالواح الشمسية على التوازي

وقد توصل الالواح على التوالي والتوازي معا لتشكل مجموعة من السلاسل وبعد الانتهاء من توصيل الالواح ببعضها تربط بالعكس.



الشكل (6 - 10) توصيل الالواح الشمسية على التوالي و التوازي

ثانيــا - المحول (العاكس) Inverter :

يحول التيار المستمر DC الى تيار متردد AC لاستخدامه في الاغراض المنزلية مركب من مجموعة بطاريات النظام الشمسي والاعمال الكهربائية .

انواع العاكس :

يصنف حسب الموجة الناتجة من عملية تحويل التيار كما يلي :

1- العاكس ذو الموجة المربعة (square wave Inverter):

لا ينصح باستخدامه في تغذية الاجهزة المنزلية ولا في منظومة توليد الطاقة.

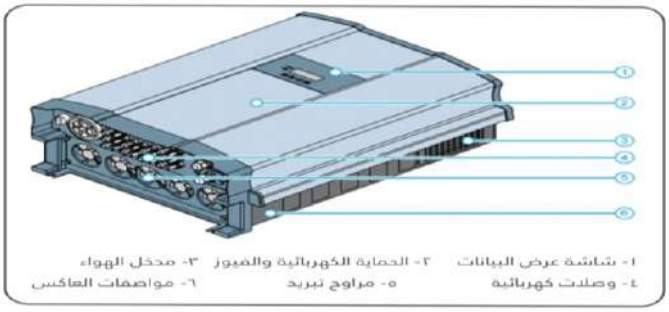
2- العاكس ذو الموجة الجيبية المعدلة (modified sine wave) :

تصلح فقط للإضاءة ولا تصلح لتشغيل الاجهزة التي تحتوي على محركات كهربائية AC .

3- العاكس ذو الموجة الجيبية النقية (Pure sine wave) :

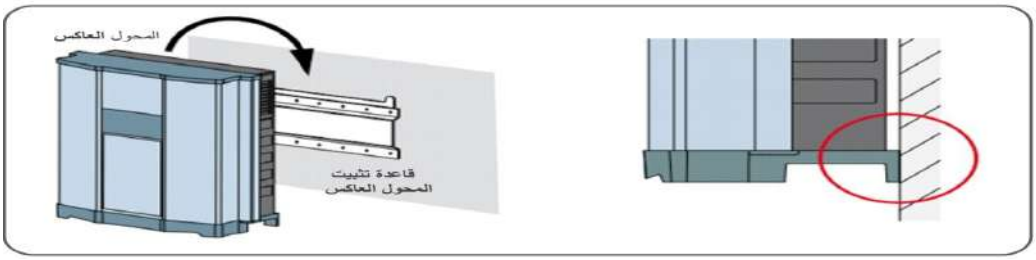
تستخدم من اجل توفير طاقات ذات جودة عالية و يصلح لتشغيل جميع الاجهزة الكهربائية المنزلية بكفاءة عالية وبدون ضوضاء وهو الاكثر موثوقية للاستخدام في انظمة الخلايا الكهروضوئية المنزلية والانظمة الارضية المربوطة على الشبكة .

يبين الشكل اجزاء (6-11) العاكس المستخدم في الانظمة الشمسية



الشكل (6-11) مكونات العاكس

يجب توصيل العاكس على البطارية (المراكم) بالفولتية نفسها اي انه لا يمكن توصيل عاكس (12v) على بطارية(24v) وتثبت على لوحة تعليق خاصة او على قاعدة ارضية كما في الشكل (6-12).



الشكل (6-12) تثبيت العاكس

وبعد تثبيت العاكس يتم ربط الكابلات الخاصة مع مراعاة تأمين تهوية جيدة لكل من العاكس والكابلات وتكون الكابلات على نوعين :

أ- كابلات ادخال التيار المستمر من وحدة الخلايا او من بطارية النظام .

ب- كابلات اخراج التيار المتناوب من العاكس الى قاطع التيار ومنه الى الاعمال الكهربائية او نظام التوزيع.

ويستخدم قاطع التيار المتناوب لقطع التيار بين العاكس والاعمال الخارجية وتحتاج التوصيلات الى صيانة فنية كتفقد الاسلاك.

ثالثـــا - منظم الشحن solar charge controller :

جهاز الكتروني يقوم بتنظيم الجهد الكهربائي الوارد من الخلايا الشمسية قبل مروره الى البطاريات وكذلك الصادر من البطارية الى الحمل الكهرباء.

وظيفة منظم الشحن:

اولا: يقون بمنع الشحن الزائد عن المركم.

ثانيا: تنقية و تثبيت الفولط الناتج من الخلية الشمسية.

ثالثا: تنظيم عملية الشحن المركم .

رابعا: يعمل على عدم رجوع تيار كهربائي من المركم الى الخلية.

الشكل (6- 13) يبين موقع و تركيب منظم الشحن.

الشكل (6- 13) موقع تركيب منظم الشحن

يكون منظم الشحن على نوعين:

أ- منظم الشحن ذو النبضات الكهربائية (PWM):

يقوم بأرسال التيار الى المراكم بشكل نبضات كهربائية PULS وتعديلها .

ب- منظم الشحن الذي ذو مبدء (تتبع نقطة القدرة القسوى):

تقوم باستخلاص الطاقة القصوى المنتجة من الخلايا الشمسية بتغير فرق الجهد .

رابعـا - المركم (البطارية) The Battery :

هي مستودع لتخزين الطاقة الكهربائية المنتجة بواسطة اي نظام شمسي غير مرتبط بالشبكة الكهربائية العامـــة يتكون المركم من مجموعة من الخلايا يحتوي كل منها على طاقة كيمياوية يمكن تحويلها الى طاقة كهربائية توصل الخلايا مع بعضها على التوالي او التوازي ويدخل في تركيب كل خلية عازل كهربائي يفصل بين اقطابها وتتكون كل خلية من ثلاثة اجزاء :

قطب موجب Positive electrode .

قطب سالب Negative electrode.

محلول كيمياوي Electrolyte .

وتوجد البطاريات المستخدمة في الانظمة الشمسية على انواع عدة منها :

أ- **بطاريات النيكل المعدنية :-** من سيئاتها تكلفتها العالية و كفاءتها منخفضة ومادة الكادميوم الداخلة في تركيبها سامة جدا يتراوح جهد الخلية الاسمي فيها(1-2 V) .

ب- **مراكم الليثيوم :-** وهي من اهم الانواع الواعدة في صناعة المراكم بسبب تمتع الليثيوم بخواص كهروكيميائية مميزة ومزايا عديدة ويبلغ جهد الخلية الاسمي فيها (3.7 V) .

ج- **المراكم الحمضية الرصاصية :-** وهي الاكثر استعمالا في الانظمة الكهروضوئية بسبب كلفتها المنخفضة ويمكن ان تعمر لعدة سنوات وجهد الخلية الاسمي فيها 2Vحيث يتم جمع 6 خلايا لتشكل بطارية 12 V

د- **المراكم الهلامية (بطارية الجل) مراكم الجل (GEL BATTERY) :-** المبينة في الشكل (6-14)هي مراكم حمضية تختلف بوجود الجل الذي يحمي المحلول الكهربائي ويمنع الغازات من التسرب للخارج مما يجعلها مناسبة جدا لاستخدامها.

ه- **مراكم الحشوة الزجاجي :-** تمتاز بوجود فاصل بين اليف زجاجية رقيقة (AGM) تحمل المحلول الكهربائي داخلها مثل الاسفنجة وهي مغلقة كما مبين في الشكل ادناه.

الشكل (6-14) مراكم الحشوة الزجاجي

ومن المعلوم ان لكل نوع او حجم من المراكم خصائص تميزها **هي فولتية وسعة المراكم** بالامبير في الساعة ترتب حسب مخطط التوصيل باستخدام كبلات مطابقة للمواصفات.

خامسا - لوحات تجميع عناصر النظام الشمسي Junction Box :

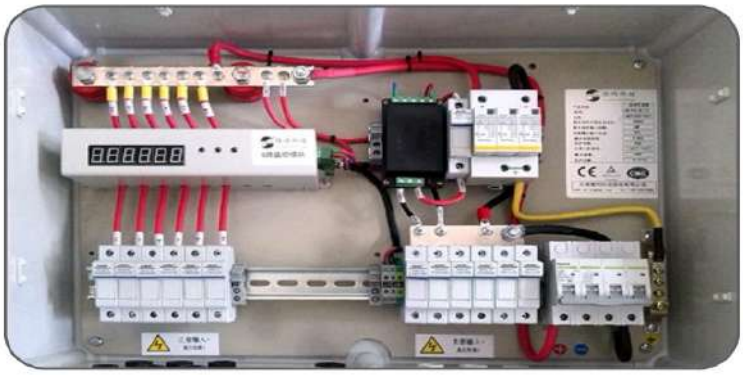
تستخدم في تجميع عناصر النظام الشمسي كما في الشكل (6-15) ،
(الخلايا الشمسية ، انظمة المراقبة ، وحدات التحكم ،باستخدام القواطع والفيوزات لتوصيل التيار وفصله)

انواعها :

أ- لوحات تجمع كبلات التيار المستمر DC من الخلايا الكهروضوئية.

ب- لوحات تجمع كابلات التيار المتناوب AC من العاكس .

ويجب اغلاق صندوق اللوحة لحمايتها من الرطوبة والعوامل الجوية.



الشكل (6-15) لوحة تجميع دارات النظام الشمسي

سادسا - كابلات التوصيل لعناصر النظام الشمسي :

ان معظم مشاكل النظام الشمسي تنتج من اسلاك الكبلات وخصوصا" في المنظومات متعددة الالواح و الاسلاك وهناك عدة عوامل مهمة في اختيار مواصفات الاسلاك الواجب استخدامها في توصيل عناصر النظام الشمسي من اهمها :

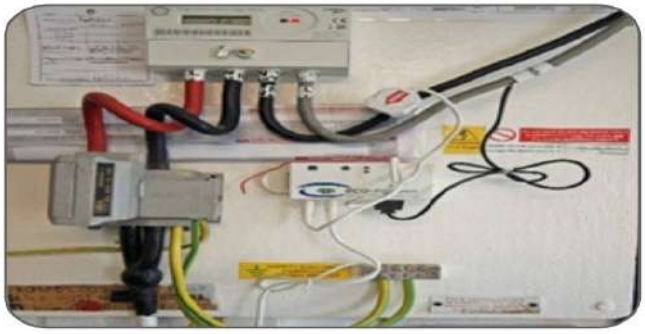
- فولتية الالواح الشمسية الاجمالية .
- تيار المنتج بواسطة الالواح الاجمالية .
- المسافة بين الالواح ومنظم الشحن .

وبناءا على العوامل السابقة يتم تحديد **مواصفات** الاسلاك الواجب استخدامهـــــــــــــا في توصيل العناصـــــر

أ- مقدار تحمل السلك لاقصى تيار مع معيار العزل كدابة في درجة الحرارة .

ب - مساحة مقطع السلك(الكبل) بحسب طوله و شده التيار المار فيه .الشكل (6-16) تعليم الكابلات

تختلف انواع الكابلات عن بعضها بالوان معينة لتميز كبلات التيار المستمر الموجودة مثل المحلـول (العاكس) عن كبلات التيار المتناوب التي تمدد بعد العاكس وكذلك فأت الكبلات المستخدمة لنقل البيانات تختلف عن غيرها من الكبلات حيث انها **اقل سمكاَ** من الكبلات الكهربائية. ويعتمد حجم الكيبل على مقدار التيار المار فيه



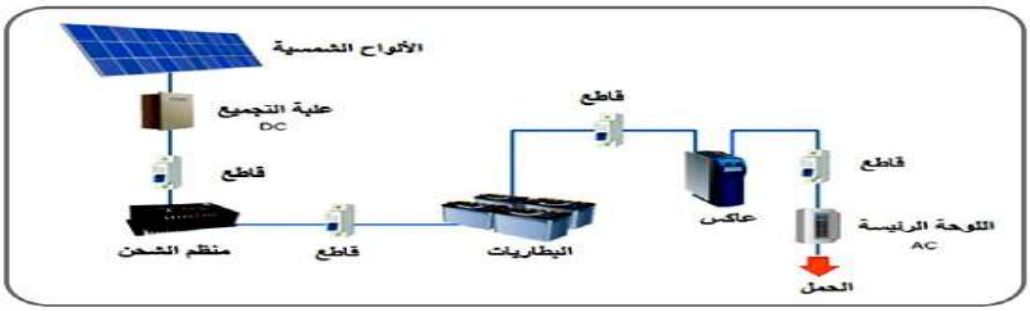
الشكل (6-16) تعليم الكابلات

سابعـا - تأريض الانظمة الشمسية ومانعة الصواعق وبعض القواطع والمعدات والفيوزات :

وهو توصيل الجهاز الكهربائي توصيلا كاملا بالارض لتوفير السلامة للمنظومة الشمسية ووضع قضيب التأريض بالقرب من النظام ووصله بكيبل التأريض وعناصر النظام مثل منظم الشحن والعاكس ولوحات التجميع وهيكل الحامل للنظام ويجب التأكد من عازلية الارض قبل تثبيت القضيب ويجب اجراء الفحص اللازم للتاكد من عمله بصورة صحيحة. الشكل (6-17) قضيب التأريض.

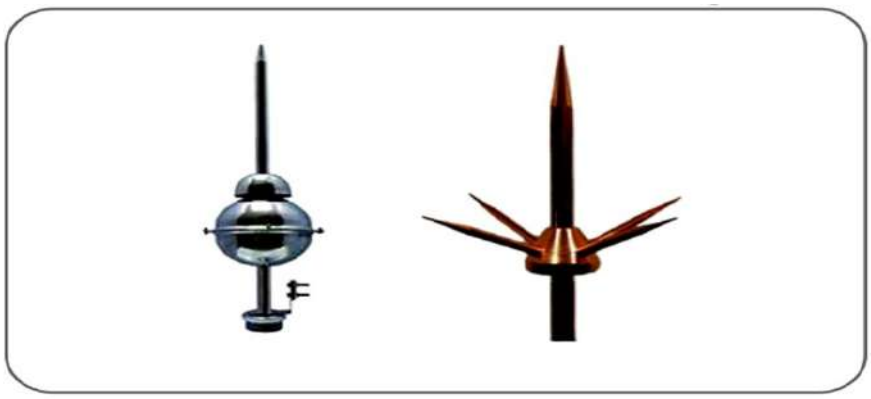
الشكل (6-17) قضيب التأريض

تستخدم القواطع (المفاتيح) و الفيوزات الخاصة بالنظام الشمسي في حماية وتوصيل عناصر النظام الشمسي بحسب المخطط الكهربائي ونوع النظام المستخدم في توليد الطاقة، الشكل (6-18) موقع تركيب القواطع



الشكل(6-18) موقع تركيب القواطع

كذلك تستخدم مانعة الصواعق (lightning arrester) التي هي عبارة عن مادة معدنية (نحاس او المنيوم) متصلة بالارض ولها طرف مدبب كما مبين في الشكل (6-19) تعمل على امتصاص التيار الكهربائي الهائل الناتج عن الصواعق والغرض منها حماية الاجهزة والمعدات الكهربائية من زيادة الفولتية (over voltage) الناتجة عن العوامل الحيوية .



الشكل (6-19) مانعة الصواعق

(6 -7) طريقة حساب الطاقة الشمسية من الالواح والبطاريات والمحول لتحويل منزل ليعمل بالكامل بالطاقة الشمسية

لحساب الطاقة الشمسية - بكل بساطة, طبق الخطوات التالية:

(1) حساب كمية الطاقة المستهلكة في اليوم:

وذلك بتطبيق المعادلات التالية:

العدد × قدرة الجهاز × ساعات العمل= الطاقة التي يستهلكها الجهاز في اليوم.

مثال :

4 مصابيح × 10 وات × 6 ساعات = 240 واط في الساعة.

1 تلفاز × 80 وات × 6 ساعات = 480 واط في الساعة.

1 حاسوب × 80 وات × 4 ساعات = 320 واط في الساعة.

1 ريسيفر × 20 وات × 6 ساعات = 120 واط في الساعة.

نجمع 240 + 480 +320 +120= 1160 واط في الساعة في اليوم.

إذن إجمالي الطاقة المستهلكة في اليوم هي 1160واط في الساعة يعني 1.16كيلو واط في الساعة.

حساب الفقد أثناء التركيب 30%

بطبيعة الحال يوجد فاقد أثناء تركيب أي منظومة كهربائية, والفاقد قد يصل الى 30% بسبب التوصيل و جودة الاسلاك ومقاومة البطاريات المستخدمة وكذلك كفاءة الألواح الشمسية, وعليه فإنه يجب اضافة هذا الفاقد لإجمالي الطاقة المستهلكة في اليوم وذلك بتطبيق المعادلة التالية:

إجمالي الطاقة المرادة = إجمالي الطاقة المستهلكة في اليوم × 1.3

ولتطبيقها على مثالنا، فإن الطاقة المراد توليدها = 1160×1.3 = 1508 وات ساعة

2- حساب عدد الالواح الشمسية:

لمعرفة طاقة الألواح الشمسية يجب قسمة الطاقة المراد توليدها على معدل الإشعاع الشمسي في اليوم للمنطقة التي سيتم تركيب الألواح فيها ، ما بين 4 إلى 6.3 وهو من أعلى النسب في العالم.
إذن طاقة الألواح اللازمة = 1508 ÷ 4 = 377 وات.

عدد الألواح = طاقة الألواح اللازمة ÷ قدرة اللوح الذي نريد شراءه

فمثلا اذا أردنا شراء ألواح 100 وات:
فإن عدد الألواح الشمسية = 377÷100 = 3.77 يساوي تقريبا 4 ألواح 100وات.
أو لوحين 200 وات.

3- حساب عدد البطاريات:

سعة البطاريات (أمبير في الساعة)={ (الطاقة المراد توليدها × عدد الأيام المغيمة (التي سينقطع فيها شحن الألواح) ×1.3 } ÷ الفولتية

(ضروري ابقاء 30% من سعة البطاريات للحفاظ عليها)

فمثلا سعة البطاريات في مثالنا على افتراض أن فولتية النظام ستكون 12 فولت=
(1508× 2 "افتراض ان الغيوم ستكون لمدة يومين"× 1.3) ÷ 12= 3920.8÷12 = 326.76أمبير في الساعة.
اما ادا افتراضنا أن فولتية النظام ستكون 24 فولت=
(1508× 2 "افتراض ان الغيوم ستكون لمدة يومين"× 1.3) ÷ 24= 3920.8÷24 = 163.36أمبير في الساعة.
في مثالنا هدا سنشتغل بنظام 24 فولط.

راجع هدا الدرس لمعرفة الفرق بين النظامين.
لماذا يتم استخدام نظام 24 و48 فولت بدلاً من 12 فولت للمنظومات الشمسية الكبيرة؟
لمعرفة عدد البطاريات نطبق العلاقة التالية:

عدد البطاريات = سعة البطاريات ÷ حجم البطارية المراد شراؤها

إذن عدد البطاريات في مثالنا 163.36÷ 80 أمبير = 2.042 ويساوي تقريبا بطاريتين 80 أمبير أو بطاريتين 100 أمبير في الساعة.
من الافضل ان يكون نوع البطارية جل ديب سايكل.

4- حجم المنظم الشمسي:

يتم حسابه كالتالي:

عدد الألواح المخطط تركيبها في المنظومة ×Isc (اعلى أمبير شحن للوح)

ففي مثالنا

حجم المنظم الشمسي = 2 × 8.5 = 17 أمبير تقريبا. والفولطية 24 فولط.
ويفضل مضاعفة الحجم لاخذ الاحتياط في المستقبل إذا اردنا توسيع المنظومة للعمل لوقت أطول أو لإضافة اجهزة اخرى.

5- حساب حجم المحول (من البطارية إلى 220 فولت):

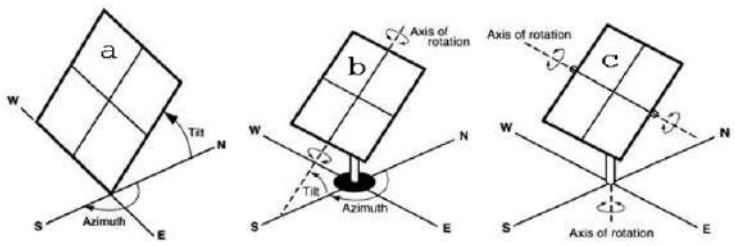
يعتمد حجم المحول (the inverter) **على اجمالي قدرة الأجهزة وقت الذروة**
ففي مثالنا:
4 مصابيح ×10 وات + 1 تلفاز × 80 وات +1حاسوب × 80 وات+1 ريسيفر × 20 وات = 220 وات.
ويجب اخذ 30% كعامل كفاءة لأداء المحول احتياطا وتختلف باختلاف شركة التصنيع وكفاءتها:
إذن حجم الانفراتر = 220 × 1.3= 286 وات تقريبا.

ملاحظة : يجب الأخذ بالحسبان قدرة الانفراتر على إمكانية إعطاء بدء تشغيل عالي في حالة تم استخدامه لتشغيل ثلاجة, تلفاز قديم , دينمو...
إذن نحتاج
2 لوح 200 وات.
2 بطارية 100 أمبير
منظم شمسي 20 أمبير
أسلاك التوصيل
الانفرتر بقدرة 300 وات أو أكثر...

(6-8) تطبيقات استخدام الخلايا الشمسية:

1- محطة خلية المياه التي تعمل على الطاقة الشمسية:

ان تصميم المنظومة الشمسية المباشرة يمكن أن يتكون من مصفوفة الواح شمسية مثبته عند زاوية ميل محددة بالنسبة للمستوي الأفقي وموجه نحو الجنوب أو مصفوفات للألواح الشمسية المجهزة بأنظمة التحكم لتوجيه هذه المصفوفات ومتابعة الحركة الظاهرية للشمس ومن المعروف أن هنالك نوعين من أنظمة التحكم المستخدمة بشكل عملي في توجيه مصفوفات الألواح الشمسية. نظام التحكم من النوع الأول يكون فيه المحور الطولي لمصفوفة الألواح الشمسية عبارة عن خط الشكل طرق التحكم المستخدمة في توجيه مصفوفات الألواح الشمسية لمتابعة الحركة الظاهرية للشمس.الشكل (6-20) انظمة التحكم لتوجيه مصفوفات الالواح الشمسية لمتابعة الحركة الظاهرية للشمس . ممدود من الشمال إلى الجنوب ويميل بزاوية بالنسبة للمستوي الأفقي تساوي زاوية خط العرض. وبذلك فان مصفوفة الألواح الشمسية سوف تدور حول محور يوازي محور الأرض وبسرعة تساوي سرعة دوران الأرض ولكن في الاتجاه المعاكس. أما في حالة نظام التحكم من النوع الثاني فان مصفوفة الألواح الشمسية تدور كحركة انتقالية حول المحور الطولي ، الذي هو عبارة خط ممدود من الشمال إلى الجنوب ويميل بزاوية بالنسبة للمستوي الأفقي ، وتدور كحركة نسبية حول محور عمودي على المحور الطولي بالمستوي الأفقي



الشكل (6-20) أنظمة التحكم لتوجيه مصفوفات الالواح الشمسية لمتابعة الحركة الظاهرية للشمس

2- منزل يعتمد على نفسه بانتاج الكهرباء –الماء –غاز الطبخ:

المنزل يمتلك سطح مائل ثقيل مع أفاريز معلقة وجدران ملونة، المنزل ذو الطاقة الشمسية هو ذو تقنية عالية وهو ترجمة جيدة منطقية لما يطلق عليه لوكور بوزييه (آلة للحياة) مطمور في الحديقة نظام كهربائي ضوئي ، وحدة غاز بيولوجي ، مكيف هواء ، وحدة تجميع للأبخرة المتكالفة ، معدات تدوير المياه ، وحدات فلترة، وخزانات للتخزين. لا شي في هذا المنزل ذو النظام البيئي يكون ضالعا (يذهب سدى) حتى جزازات الأعشاب والأوراق ومخلفات المطبخ الرطبة تخصب الحديقة العضوية ذات الخضراوات .
الشكل (6-21) منزل يعتمد على نفسه بانتاج الكهرباء –الماء –غاز الطبخ.
إن وحدة الغاز البيولوجي تنتج غاز الطبخ من ضياعات الأدوات المنزلية (استعمالات أهل المنزل) ولقد تكيف مع هذا فريق البحث في تايلاند التابع لإحدى الجامعات.

الشكل (6-21) منزل يعتمد على نفسه بانتاج الكهرباء –الماء –غاز الطبخ

3- شاحن للهواتف النقالة :

يعتبر هذا الشاحن من أفضل الأجهزة من حيث الوزن والحجم، ويعمل على نظام تزويد الطاقة حسب المواصفات العالمية، وتصل قوته 10 فولت، ويعتبر أفضل أنواع الأجهزة الشاحنة التي تعمل بالطاقة الشمسية، ويمكن لهذا الجهاز أن يمد جميع الأجهزة المحمولة التي تحتاج الطاقة عالية

4- شاحن الحاسب المحمول:

للشغل الحاسوب المحمول تم تصميم لوحين شمسيين كي يمكن وضعهما . في حقيبة الحاسوب الذي يحتاج لتشغيله إلى طاقة كافية، ويمكن بواسطة اللوحين الشمسيين توليد طاقة بقوة 70 وات

5- إشارات المرور للشوارع:

نسوق هنا مثال علي مجالات استخدام الطاقة الشمسية في الأماكن العامة، مثل تشغيل إشارات المرور الضوئية وإمدادها بالطاقة الكهربائية اللازمة، كما يمكن استخدامها في مجال إنارة الشوارع والطرقات العامة داخل المدن وخارجها، حيث يعتمد كل عامود إنارة على لوح الخلايا المثبت فوقه، وهناك خلية استشعارية للضوء، عندما يظهر ضوء النهار تقوم بفصل التيار عن مصباح الإثارة بطريقة ذاتية، ومن جديد عندما يحل الظلام، تقوم الخلية الاستشعارية للضوء بغلق الدائرة الكهربائية ذاتياً، ويستمد عامود الإثارة الطاقة من البطارية التيتم تخزين الكهرباء خلال النهار.

6 - أسطح الكراجات:

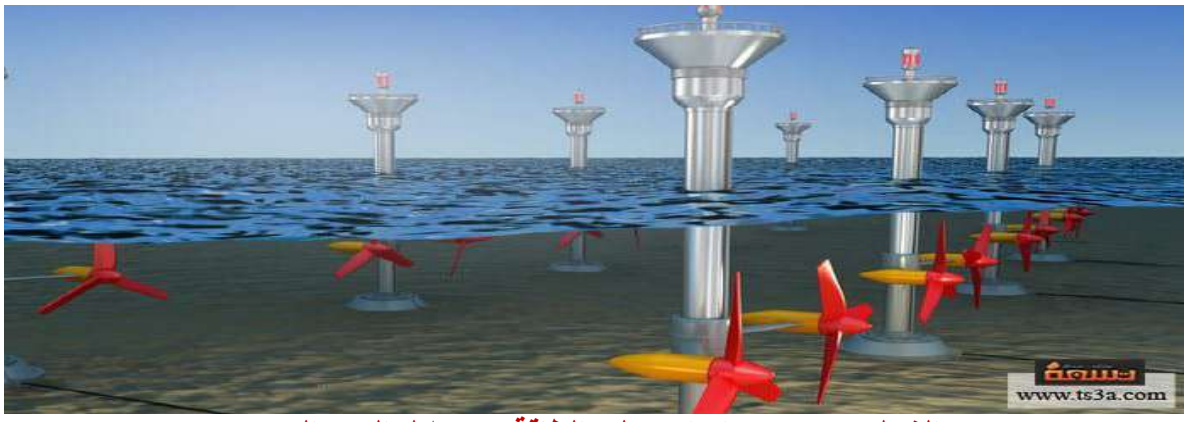
الاستغلال المساحة التي يشغلها موقف السيارات، يمكن توليد طاقة كبيرة في حالة استغلال هذه المساحة بطريقة جيدة، بحيث تكون غطاء وظل للسيارات وكذلك مصدر للطاقة النظيفة والدائمة، علما بأن كل 10 متر مربع يمكن توليد 1 كيلووات، الخلايا عليها ضمان لمدة 25 سنة، يجب معرفة المساحة الإجمالية لعمل مشروع متكامل مفتاح باليد

(9-6) طاقة موجات المد والجزر :

تتولد طاقة الموجات باستمرار من ارتفاع وانخفاض الموجة او من جريان المنظم لمد وجزر المياه الناتج عن جاذبية الشمس والقمر وخاصه عندما يكون الفرق بين المد المنخفض والعالي كبير جدا والتي يمكن تسخيرها لتوليد الكهرباء بتشغيل التوربينات بالماء ويمكن ان تمتد طاقة الموجات الى مسافة 6000 كم على السواحل الهندية والتي تقدر طاقتها 40000 MWوخاصة عند البحر العربي والخليج البنغالي التي تعد مناطق جيدة للحصول على موجات متجددة وغير ملوثة ولكنها مكلفة . وأول مصنع هندي لتوليد الطاقة يعتمد على اساس طاقه الموجات سبعه (150mw) كما طورت احدى المنظمات السويدية تكنولوجيا الطاقة البحر بتسخير طاقه الموجات التي اعتمدت من قبل الهند بأنشائها مصنع لطاقه الموجات سعه (1MW)على شواطئ الجزر.

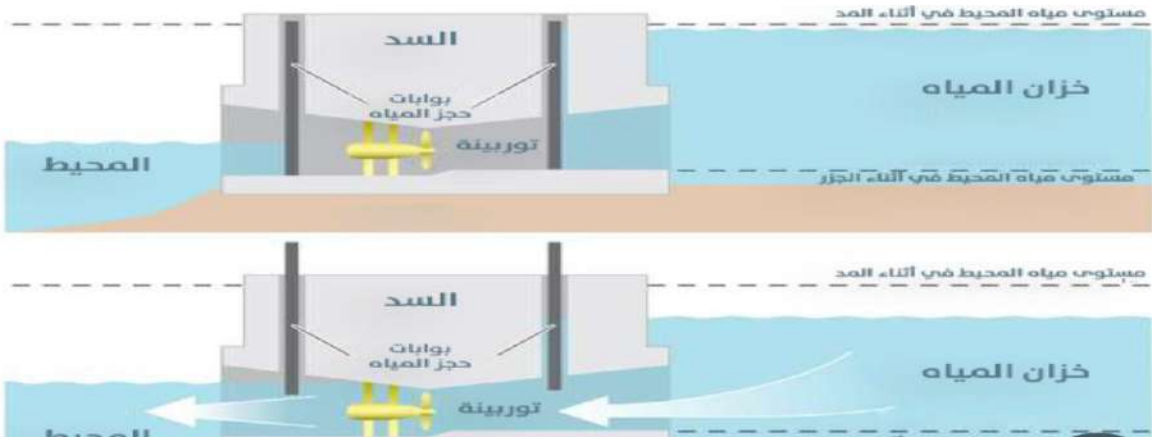
انواع المحطات التي تعمل بالمد والجزر :

1- **الابراج :-** وتتكون من برج يتم بنائه في البحر يكون في اعلى البرج للمولد الكهربائي وفي اسفل البرج (في الجزء الغاطس) مروحة كبيرة تعترض حركة المياه اثناء حدوث المد والجزر ايضا كما في الشكل (22-6) فتنتقل الحركة الى المولد بواسطة صندوق تروس ومحاور نقل الحركة .



الشكل (22-6) ابراج توليد الطاقة من خلال المد والجزر

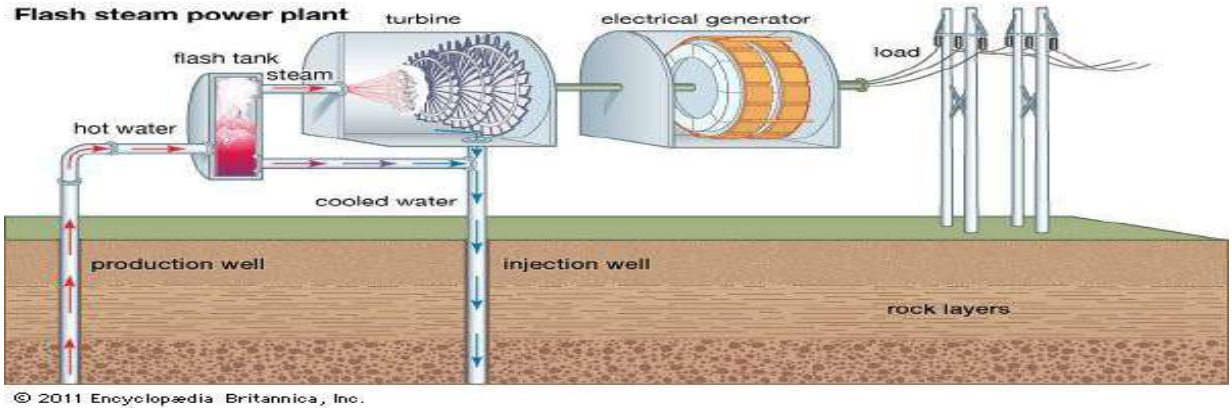
2- **السدود :-** عند حدوث المد تندفق المياه من البحر الى القنوات والانهار التي تصب فيه فيجري المياه في الاتجاه المعاكس لجريان النهر فتمتلئ البحيرات والانهار بكميات كبيرة ولذلك بنيت السدود و عند المصلات لحجز الماء و الاستفادة منه عند حدوث الجزر لينساب الى توربينات مائية لتوليد الطاقة الكهربائية كما في محطات التوليد الكهرومائية، انظر الشكل (23-6) توليد الطاقة من خلال السدود.



الشكل (6-23) توليد الطاقة من خلال السدود

(6- 10) طاقة حرارة الارض Geothermal Energy :

هي التي تلك الطاقة الناتجة من عمليات طبيعية تحصل في الارض المصدر الرئيسي لهذه الطاقة (بشكل حرارة) هي الصخور المتوهجة او المهجورة تحت الارض و التي تسمى Magma ممكن الاستفادة منها للتضخيم و توليد الطاقة الكهربائية من البخار الطبيعي حيث يقدر ان اكثر من 99% من كتلة الكرة الارضية عبارة عن صخور تتجاوز حرارتها (1000^0C) وترتفع درجة حرارتها بزيادة تعمقها في جوف الارض بمعدل نحو 2.7^0C لكل 100 متر في العمق اي انها تصل الى معدل 27 على عمق 1 كم او 55 على عمق 2كم وهكذا ويتطلب ذلك حفر انابيب قد تصل الى نحو 5 كم واحياناً تستخدم المياه الساخنة للتدفئة عندما تكون الحرارة قريبة من سطح الارض وتجدها على عمق 150 متر أو احيانا على صورة ينابيع حارة تصل الى سطح الارض كما في منطقة حمام العليل في نينوى هذه الطاقة المتجددة نظريا يمكن ان تكفي لتغطية حاجة العالم من الطاقة لمدة 100000 سنة قادمة الا ان تحويلها الى طاقة كهربائية هي عملية باهضه التكليف بسبب عمليات الحفر . استخدمت طاقة الارض في تسخين الفضاءات وتسخين البيوت الزجاجية و مشاريع زراعة الفطـــــر (المشروم) وحقول الدواجن، الشكل (6-42) توليد الطاقة من خلال طاقة حرارة الارض.



الشكل (6-24) توليد الطاقة من خلال طاقة حرارة الارض

(11-6) مولدات القدرة الهيدروليكية المغناطيسية:
Magneto Hydrodynamic Power Generator (MHD)

تعتمد مولدات القدرة الهيدروليكية المغناطيسية (MHD) على مبدا تحويل الطاقة الحرارية مباشرة الى كهرباء في حين ان الطاقة الحرارية للمحطات الكهرباء التقليدية تحول اولا إلى طاقة ميكانيكية التي بدورها تحول الى طاقة كهربائية ان توليد الطاقة الكهربائية من الطاقة الحرارية باستخدام تكنولوجيا الـ MHD تشمل التوسع في الغاز الموصل كهربائيا والأكثر حرارة عكس القوة التي تعيق حقل مغناطيسي قوي لانتاج القدرة الكهربائية مباشرة وهكذا في الـ MHD التوربينات والمولدات توجد سوية في وحدة واحدة بدون تحريك الاجزاء.

(12-6) الطاقة الحيوية:
هي تجميع الغازات المنبعثة من المخلفات النباتية كالأشجار والخضار وبقايا مخلفات قصب السكر وغيرها من المخلفات التي تقوم بالانبعاث واصدار غازات منها الميثان والذي يتم تجميعه ويستخدم لاحقا في تطبيقات عديدة منها تشغيل محطات الطاقة الكهربائية بواسطة حرقة مثلة مثل الغاز الطبيعي (الاحفوري) المستخرج من باطن الأرض.

(13-6) الطاقة من نفايات الريف والصناعة:
(Energy from Industrial and Urban Wastes)

تنتج كميات ضخمة من النفايات الصناعية والبلدية والريفية في العالم وترمى في البيئة مع معاملتها قليلا او بدون معاملة مما ينتج منها تلوث البيئة تتحلل النفايات في الطبيعة وينتج عنها غاز الميثان في الجو. ممكن ان تستخدم هذه النفايات كمصدر كبير لتوليد الطاقة، تتبنى دول العالم برامج معاملة النفايات بشكل مناسب واستثمار طاقتها بواسطة معامل حرق فضلات الريف الصلبة وتحويل الحرارة الى كهرباء منها يومياً او استخلاص الوقود السائل منها .

(14-6) هدر الطاقة:
يسرب اكثر من نصف الطاقة المستخدمة في المنازل عبر البلاد من النوافذ والأبواب والعليات والفجوات وثغرات اخرى هذا الهدر اليومي للطاقة يكلف بيتنا الكثير لأنه يستهلك الثروات ويسرب الغازات الخطيرة والسامة. في بعض الدول الداعمة لتحسين البيئة قدمت حسومات لتحسيم الفعالية القصوى للطاقة في البيوت كما طرأ تحسن على تكنولوجيا الابواب والنوافذ ما يساعد على تقليص استخدام الطاقة . توصل الباحثون الى نافذه سميت نافذه برسيتول سنه إلى مخترعها، .تتمتع بزجاجها العازل بقدره اكبر على حماية الطاقة وتوفيرها بشكل افضل .

(15-6) الزجاج لتوفير الطاقة :
ان الزجاج المكسور يتم تحويله من جديد ليستعمل كعازل لتوفير الطاقة في منازلنا كما يحدث في محطة التحويل العاملة من كاليفورنيا يجري تحويل 400 طن من الزجاج يوميا كاد ينتهي بها الحال بين اكوام النفايات يتم غسلها وطحنها وارسالها الى شولرالعالمية التي تستعمل كحد ادنى عشرين بالمئة من الزجاج التحويلي في صناعة زجاج المنازل والمباني .

يمكن لالياف شولر الزجاجية ان تعالج كل انواع الزجاج المخلوط . يمزج حطام الزجاج مع مواد اخرى ثم يذاب و يعزز بالأنسجة حتى تصنع منه انواع من منتجات الالياف الزجاجية العازلة ، تستعمل اللفائف لوضعها تحت السقوف وبين الجدران والمناطق الفارغة الاخرى و تعبا بألياف منفوخة حيث اعتبرت المنازل التي تستعمل خمس الطاقة المستهلكة وان نصف هذه الطاقة او ثلاثة ارباعها يستعمل في التدفئة والتبريد حيث لو تم عزل جميع المنازل المبنية حديثا لوفرنا اكثر من ثلاثمائة مليون برميل من النفط سنويا .
اي انها توفر 30% من فواتير التدفئة وغالبا ما تغطي عمليات العزل مصاريفها خلال سنوات قليلة ومن فوائدها تقليل التلوث البيئي .

اسئلة الفصل السادس

س1: ماهي اسباب تزايد الاهتمام بالطاقة المتجددة ؟

س2: ماهي مصادر الطاقة المتجددة عددها؟

س3: مما تتكون وحدة توليد الطاقة بالرياح؟

س4: عدد عناصر انظمة الطاقة الشمسية؟

س5: ماهي طرق توصيل الطاقة الشمسية وماهي مميزات و مساوئ كل طريقة ؟

س6: هل يمكن توصيل عاكس (12V) على بطارية ((24V) ولماذا؟

س7: ماهي وظيفة منظم الشحن ؟

س8:عرف البطارية (المراكم) وما هي مكوناتها؟

س9: ماهي اهم انواع البطاريات المستخدمة في النظام الشمسي ولماذا؟

س10 : كم لوحة شمسية (24w) ستحتاج لشحن بطارية (12v) سعتها (200A-h) اذا كان عدد ساعات تساقط الشمس باليوم 5 ساعات .

س11: بماذا تختلف انواع الكابلات المستخدمة في توصيل المنظومة الشمسية عن بعضها؟

س12: ماهي انواع المحطات التي تعمل بالمد والجزر، اشرحها

س13: ما المقصود بطاقة حرارة الارض وماهي مميزاتها و مساوئها ؟

س14: هناك نوعين من انظمة التحكم المستخدمة في توجيه مصفوفات الالواح الشمسية اشرح مع الرسم؟

س15: اشرح مبدأ عمل مولدات القدرة الهيدروليكية المغناطيسية؟

س16: ما المقصود بالطاقة الحيوية ؟

س17: كيف يتم منع هدر الطاقة اشرح مثالاً عن ذلك .

س18: كيف يتم توفير الطاقة اشرح مثالا عن ذلك.

تم بحمد الله