جمهورية العراق

وزارة التربية

المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية

الصناعي/ صيانة المصاعد الكهربائية

الاول

تأليف

ضياء عبد الرزاق محمد زيدان خلف كريم خضير علي

ثائر مزهر غانم خضير عباس محمد

الطبعة الثالثة

2024 م / 1446 هـ

المقدمة

بتكليف من المديرية العامة للتعليم المهني قمنا بتأليف فصول هذا الكتاب منسجمة مع المفردات والاهداف الموضوعة لاختصاص صيانة المصاعد الكهربائية. ونظراً لما للمصاعد الكهربائية وطرق صيانتها من اهمية بالغة ، اصبح رفع كفاءة الفنيين العاملين في هذا التخصص هدفاً رئيسياً لمواكبة التطور العلمي والتقني وتمكين الطلبة من الاطلاع على اهم الطرق الصحيحة في تفكيك وتركيب واستخدام المعدات والاجهزة بصورة سليمة للكشف عن الاعطال وصيانتها في المصاعد الكهربائية مع مراعاة قواعد السلامة المهنية في العمل .

تمثل المصاعد الكهربائية سمة بارزة للتطور والتقدم التكنولوجي للبشرية في عصرنا الحاضر، حيث دخلت في مختلف المجالات واصبحت جزءاً ضرورياً ومهماً من متطلبات الحياة.

يتكون الكتاب من ثلاثة ابواب تتضمن ثمانية فصول تسهيلاً لمتابعة الموضوع :-

الباب الاول/الفصل الاول : يتناول تاريخ تطور صناعة المصاعد الكهربائية وانواعها والاجزاء الرئيسة التي يتكون منها المصعد واهمية كل جزء .

الباب الاول/الفصل الثاني: يتناول نظام التعليق ونظام اللف في المصاعد الكهربائية.

الباب الثاني/الفصل الاول: يتناول مباديء علم الكهرباء والتي تتضمن النظرية الذرية والشحنة الكهربائية.التيار الكهربائي وانواعه ووحداته.الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية ووحداتها.المقاومات الكهربائية وانواعها وطرق ربطها وقياسها، المقاومة النوعية، قانون اوم، قانوني كيرهشوف وهبوط الجهد.

الباب الثاني/الفصل الثاني: يتناول المتسعات وانواعها وطرق ربطها بالاضافة الى وحدات قياسها والعوامل التي تعتمد عليها.

الباب الثاني/الفصل الثالث: يتناول تأثيرات التيار الكهربائي والتي تتضمن التأثير المغناطيسي ويشمل المجال المغناطيسي وخواصه والحث الذاتي والمتبادل ،كذلك التأثير الكيمياوي ويشمل البطاريات ومصادر التيار المستمر.

الباب الثاني/الفصل الرابع: يتناول قيم التيار المتناوب ودوائر الرنين بالاضافة الى ممانعات وقيم التيار المتناوب و الموجة الجيبية وكيفية توليدها وثوابتها.

الباب الثالث/الفصل الاول: يتناول اشباه الموصلات وانواعها واستخدامات كل نوع.

الباب الثالث/الفصل الثاني: يتناول الانظمة الرقمية والدوائر المنطقية والبوابات وتجميعها .

وفي الختام نشكر مؤلفي مراجع هذا الكتاب التي تم اعتمادها في ان يكون الكتاب بين ايدي زملائنا المدرسين وابنائنا الطلبة .وكلنا أمل ان نكون قد وفقنا في عملنا هذا لما فيه دعم للنهضة الصناعية في وطننا الحبيب آملين من السادة مدرسي المادة تزويدنا بملاحظاتهم ومقترحاتهم للأفادة منها في الطبعات اللاحقة ونرجو مخلصين ان نكون قد وفقنا في عرضنا لمواد الكتاب والله ولي التوفيق

المؤلفون

الفرع	التخصص	المادة الدراسية	المرحلة الدراسية	عدد الحصص الاسبوعية
الصناعي	صيانة المصاعد الكهربائية	العلوم الصناعية	الاول	4 حصص

الاهداف التعليمية للكتاب :-

تتحقق الاهداف التعليمية من خلال تحقيق مايلي:-

أ- الهدف المعرفي:-

ان يكون الطالب ملماً بـ :-

1) اجزاء المصعد الكهربائي وانواعه وانظمة التعليق في المصعد.
2) القيم الكهربائية ووحداتها وطرق ربط المقاومات وقانون اوم.
3) المتسعات وانواعها وطرق ربطها.
4) تأثيرات التيار الكهربائي.
5) التيار المتناوب وقيمه وممانعاته.
6) اشباه الموصلات والدوائر المنطقية.

ب- الهدف الوجداني:-

1) فهم اساسيات علم الكهرباء كمعلومات اساسية لمهنة او حرفة.
2) تقبل المعلومات لتنمية الميول باتجاه التخصص.
3) تقدير حاجة المجتمع لهذا التخصص المهم في التنمية والتطور

محتويات الكتاب

الفصل الاول

المصعد الكهربائي 29-6

الفصل الثاني

نظام التعليق واللف في المصاعد الكهربائية 36-30

الفصل الثالث

مبادئ علم الكهرباء 60-37

الفصل الرابع

المتسعات 79-61

الفصل الخامس

تأثيرات التيار الكهربائي 97-80

الفصل السادس

التيار المتناوب 130-98

الفصل السابع

اشباه الموصلات 150-131

الفصل الثامن

الانظمة الرقمية والدوائر المنطقية 179-151

محتويات

الفصل الاول

المصاعد الكهربائية

الاهداف :

1) التعرف على تاريخ المصاعد الكهربائية وتطورها .

2) التعرف على انواع المصاعد الكهربائية .

3) التعرف على اجزاء المصعد الكهربائي واهمية كل جزء .

1-1 نبذة تاريخية عن المصاعد الكهربائية .

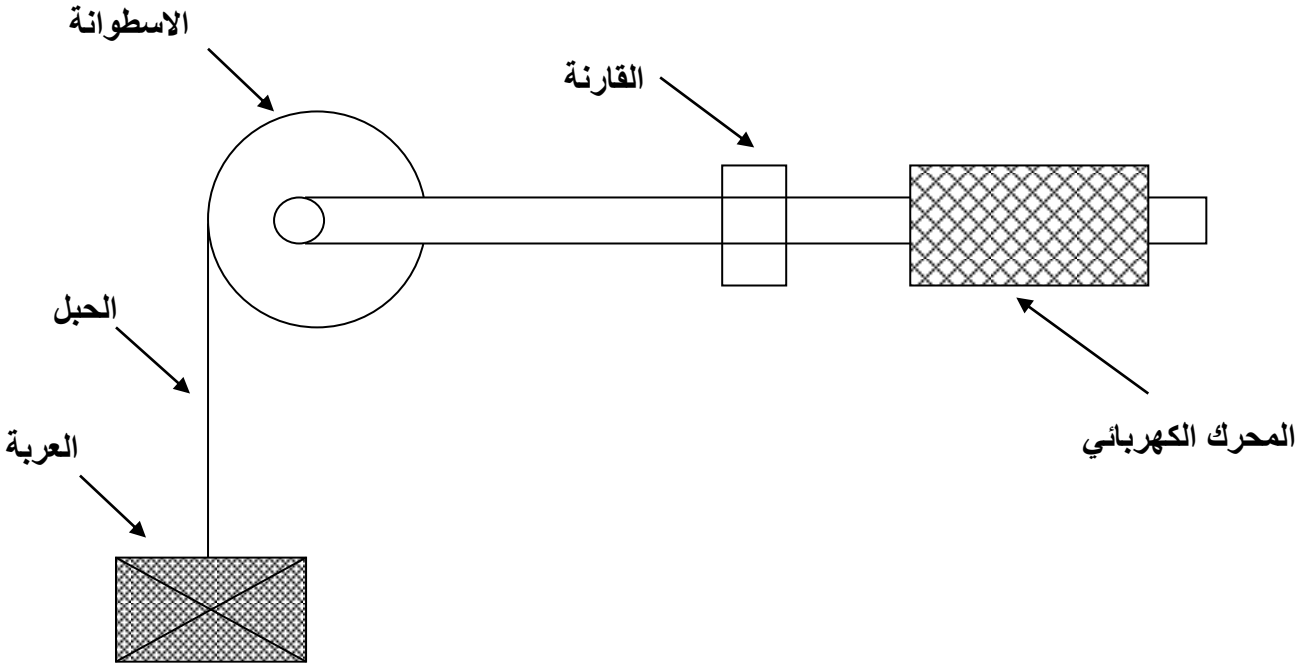
ان اختراع المصاعد الكهربائية كان السبب المباشر في توسع المدن والابنية فيها بشكل عمودي وأدى الى ظهور المباني الشاهقة ذات الطوابق العديدة . وقد مرت صناعة المصاعد الكهربائية بمرحلتين رئيسية :-

المرحلة الاولى:-

تم اختراع اول مصعد كهربائي ويسمى (DROM TYPE)،حيث كان عبارة عن اسطوانة حديدية يلف حولها حبل تتصل بواسطة محرك كهربائي يقوم المحرك الكهربائي بلف الحبل عند الصعود الى الأعلى، وعندما يراد انزال العربة الى الأسفل يقوم المحرك الكهربائي بفل الحبل عن الاسطوانة ، وكما موضح في الشكل (1-1)

ومن مساوىء هذا النوع :-

1- ارتفاع المصعد يكون محدود ، وذلك لانه كلما ازداد ارتفاع الطريق كلما ازداد طول الاسطوانة بحيث يصبح طول الاسطوانة في الارتفاعات العالية خيالياً.
2- سعة المصعد محدودة لعدم امكانية استعمال اكثر من حبل واحد.
3- يتحمل المحرك جميع الحمولة في حالة الصعود والنزول لعدم وجود ثقل معادل للتخفيف عن المحرك.
4- عدم توفر احتياطات الامان (كاتم الصدمات، محكم السرعة).



شكل رقم (1-1) المصعد الكهربائي نوع Drom

المرحلة الثانية:-

قامت اول شركة امريكية أسمها (أوتس) بأختراع اول مصعد كهربائي حديث سنة 1830م ويسمى (TRACTION TYPE)، حيث تم استخدام مكائن السحب للتغلب على مساوىء النوع القديم .وكما موضح في الشكل (1-2).

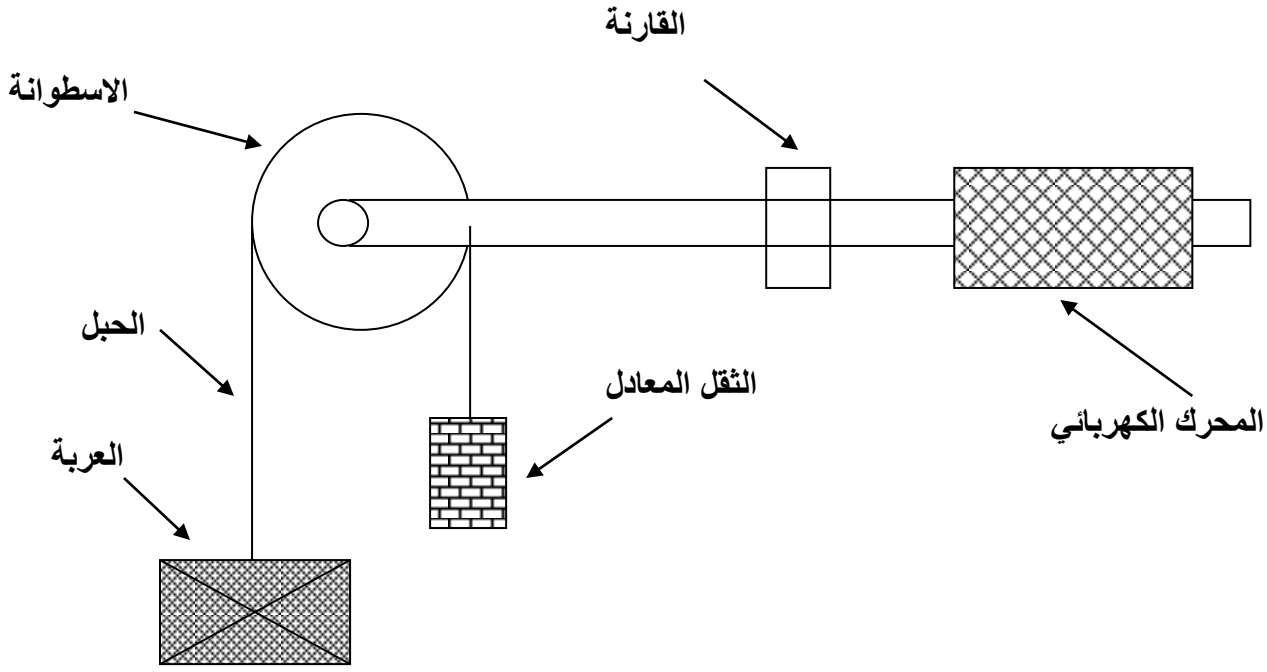
ومن اهم مزايا هذا النوع :-

1- ان عدد الحبال المستعملة في هذا النوع غير محدود مما يساعد على زيادة التحميل للمصاعد ،حيث يمكن توزيع الحمل على اكثر من حبل واحد.

2- الارتفاع في هذا النوع يكون غير محدود.

3- استعمل الثقل المعادل لتخفيف الحموله عن المحرك.

4- توفر احتياطات الامان باستعمال محكم السرعة وكاتم الصدمات.



شكل رقم (1-2) المصعد الكهربائي نوع أوتس

2-1 انواع المصاعد (Elevators Types) .

انواع المصاعد من حيث الاستعمال:-

توجد خمسة انواع من هذه المصاعد:-

1- مصاعد نقل الاشخاص :-

تستخدم هذه المصاعد لنقل الاشخاص في المؤسسات الحكومية والفنادق والشقق السكنية . ومعظم هذه المصاعد تكون ذات سرعات عالية ويتم تصميم العربات بمواصفات خاصة من حيث المظهر الداخلي والخارجي والسلامة . كما ان نظام التشغيل يختلف من بناية الى أخرى . شكل رقم (1-3) .

شكل رقم (1-3) مصعد نقل الاشخاص

2- مصاعد نقل البضائع:-

تستخدم هذه المصاعد لنقل البضائع والمواد في المعامل والمخازن ،لذلك تكون ذات سرعات واطئة وكفاءة تحميلية عالية . لاحظ شكل رقم (1-4) .

توجد بعض انواع مصاعد الحمل تصمم لنقل الاشخاص بالاضافة الى نقل البضائع.

شكل رقم (1-4) مصعد نقل البضائع

3- مصاعد المستشفيات :-

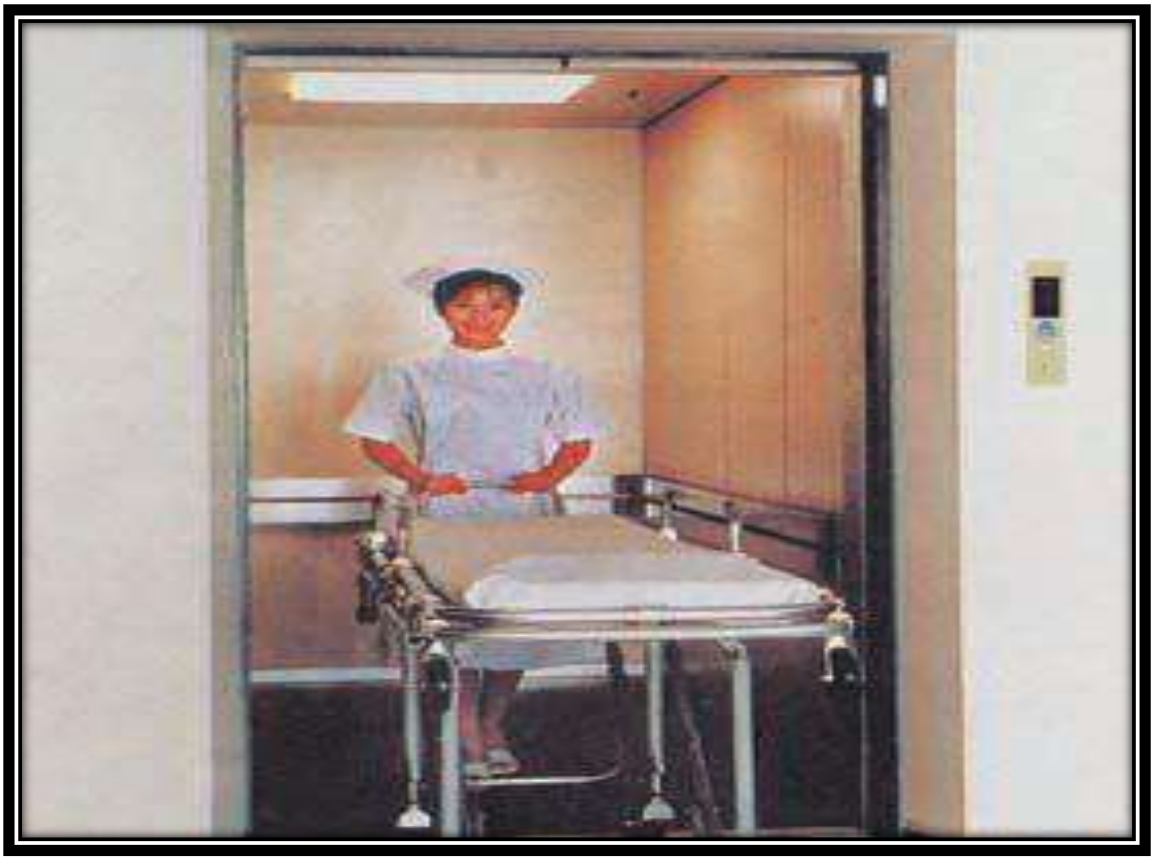
تستخدم هذه المصاعد لنقل عربات المرضى في المستشفيات .

ومن اهم مزايا هذا النوع :-

أ- تكون ذات سرعة بطيئة بالاضافة الى ان وقوف المصعد يكون هادىء وذلك للمحافظة على راحة المرضى .

ب - يكون طول العربة اكثر من الطول الاعتيادي لتكون كافية لنقل عربات المرضى.

لاحظ شكل رقم (1-5)



شكل رقم (1-5) مصعد المستشفيات

4- مصاعد السيارات :-

تستخدم هذه المصاعد لنقل السيارات في كراجات السيارات ذات الطوابق المتعددة لذلك تمتاز بسرعتها البطيئة وسعتها العالية. لاحظ شكل رقم (1-6).

شكل رقم (1-6) مصاعد السيارات

5- مصاعد الخدمة:-

تستخدم هذه المصاعد في المطاعم لنقل الاغذية والاطباق لذلك يكون حجمها صغير وتكون مساحة العربة بحدود واحد متر مربع وارتفاعها بحدود 1,2 متر، لاحظ شكل رقم (1-7).

شكل رقم (1-7) مصاعد خدمة

انواع المصاعد بالنسبة لنوع التيار الكهربائي المستعمل

يوجد نوعين من هذه المصاعد:-

1- مصاعد التيار المتناوب:-

في هذا النوع من المصاعد تستخدم المحركات الحثية ذات الاطوار الثلاثة لتحريك مكائن السحب . وتقسم المحركات المستعملة الى نوعين من المحركات، محركات حثية ذات سرعتين ومحركات حثية ذات سرعة واحدة.

2- مصاعد التيار المستمر:-

في هذه المصاعد يجهز المصعد بمولد التيار المستمر الذي يقوم بتغذية المحرك الكهربائي الذي يقوم بدوره بتحريك ماكنة السحب .

ومن مزايا هذا المصاعد انها تكون ذات سرعات عالية ووقوفها هادىء مقارنة بمصاعد التيار المتناوب.

انواع المصاعد بالنسبة لمكائن السحب:-

يوجد نوعين من هذه المصاعد:-

1- مصاعد ذات صندوق تروس:-

في هذا النوع من المصاعد يستخدم صندوق التروس الحلزوني لتقليل سرعة دوران المحرك الكهربائي الى السرعة المطلوبة . ويستخدم صندوق التروس في جميع مصاعد التيار المتناوب اما مصاعد التيار المستمر فيستخدم صندوق التروس في المصاعد التي سرعتها لا تزيد عن (105م / دقيقة).

2- مصاعد بدون صندوق تروس:-

في هذا النوع من المصاعد تربط بكرة السحب مباشرة مع المحرك الكهربائي. ويستخدم هذا النوع في مصاعد التيار المستمر التي سرعتها تزيد عن (120 م / دقيقة).

انواع المصاعد بالنسبة لنظام التشغيل

ويوجد نوعين من هذه المصاعد:-

اولاً:-نظام التشغيل المعتمد :-

يوجد ثلاثة انواع من هذا النظام:-

أ-نظام السيطرة بمفتاح العربة:-

في هذا النظام يعتمد المصعد في تشغيله على المشغل الذي يكون متواجد داخل العربة ، حيث يستلم المشغل الطلبات من الاشخاص المتواجدين في الطوابق و تظهر امامه على مؤشر الطوابق الموجود داخل العربة ،وتوجد طريقتين لايقاف العربة في الطوابق المحددة ، أما يدوياً حيث يقوم المشغل برفع عتلة التشغيل عند الوصول الى الطابق المطلوب فيقف حالاً، او بطريقة اتوماتيكية حيث يقوم المشغل برفع عتلة التشغيل قبل الوصول الى الطابق فعند الوصول الى الطابق يقف المصعد حالاً.

ب-نظام السيطرة بالخزن:-

في هذا النظام تنقل الطلبات الخارجية الى المشغل من خلال المؤشر الموجود داخل العربة، حيث ان المشغل يحدد الطوابق المحددة من قبل الاشخاص الموجودين داخل العربة وكذلك الطلبات الخارجية المؤشرة على المؤشر عن طريق الضغط على الازرار الموجودة داخل العربة ، ثم يبدأ المصعد بالحركة عن طريق تشغيل ذراع من قبل المشغل ثم يبدأ بالوقوف اتوماتيكياً بالطوابق المحددة بالتعاقب.وعند وصول المصعد الى الطوابق النهائية (العلوية او السفلية) فيغير المصعد اتجاهه اتوماتيكيا.

ج-نظام السيطرة بالأشارات:-

في هذا النظام يتم تشغيل المصعد بواسطة عتلة التشغيل الموجودة في لوحة السيطرة داخل العربة ،بعدها تبدأ العربة بالوقوف في الطوابق السفلية لتلبية نداءات الركاب الموجودين داخل العربة وكذلك الطلبات الخارجية المطلوبة من قبل الركاب الموجودين في خارج العربة ، وفي هذا النظام يلبي المصعد الطلبات في اتجاه سير العربة فقط ، عند وصول المصعد الى الطابق النهائي فانه اتوماتيكيا يعكس اتجاهه ويعود ، وان المصعد يعكس اتجاهه قبل وصوله الى الطابق النهائي في حالة عدم وجود نداء في الطابق العلوي.

ثانياً:-نظام التشغيل غير المعتمد

يوجد اربعة انواع من هذا النظام:-

أ-نظام التشغيل بواسطة الازرار :-

يعتبر هذا النظام من ابسط الانظمة للتشغيل الاتوماتيكي حيث يوجد في كل طابق زر نداء خارجي الى الاعلى والاسفل ،عندما يضغط الراكب على زر النداء فأن المصعد يتحرك بصورة اتوماتيكية ثم يقف عند الطابق المطلوب، وفي هذا النظام لا تستجيب العربة الى الطلبات الخارجية اثناء حركتها لأن أسبقية التشغيل في هذا النظام تعطى للنداءات الداخلية للعربة.

ب-نظام السيطرة الجامع:-

في هذا النظام تستجيب العربة لنداءات العربة الداخلية بالتعاقب وكذلك للنداءات الخارجية التي هي بنفس اتجاه حركة العربة. وعندما تلبي العربة اخر نداء فانها اتوماتيكيا تعكس اتجاه حركتها وتبدأ بتلبية الطلبات بالاتجاه المعاكس وبالتعاقب .

جـ-نظام السيطرة الثنائي(المزدوج):-

في هذا النظام يمكن بواسطة مفتاح تغيير التشغيل من اتوماتيكي الى يدوي وبالعكس . ويحتوي هذا النظام على :-

نظام السيطرة المعتمد بمفتاح العربة ونظام السيطرة غير المعتمد بواسطة الازرار ونظام السيطرة الجامع بالأشارات ونظام السيطرة الجامع بمفتاح العربة.

د-نظام الاشراف للمجموعة:-

يستخدم هذا النظام لتشغيل مجموعة من المصاعد على التوازي حيث يتم السيطرة على مجموعة المصاعد الموجودة في جهة واحدة بواسطة زري نداء الى الاعلى والاسفل في كل طابق ويتم السيطرة على انطلاق المصاعد ووقوفها بكفاءة عالية تتلائم وظروف الازدحام الموجود في النهاية. يستخدم هذا النظام لغرض الحصول على كفاءة تشغيل عالية للمصاعد الموجودة في البناية .

يقسم هذا النظام الى نوعين هما:-

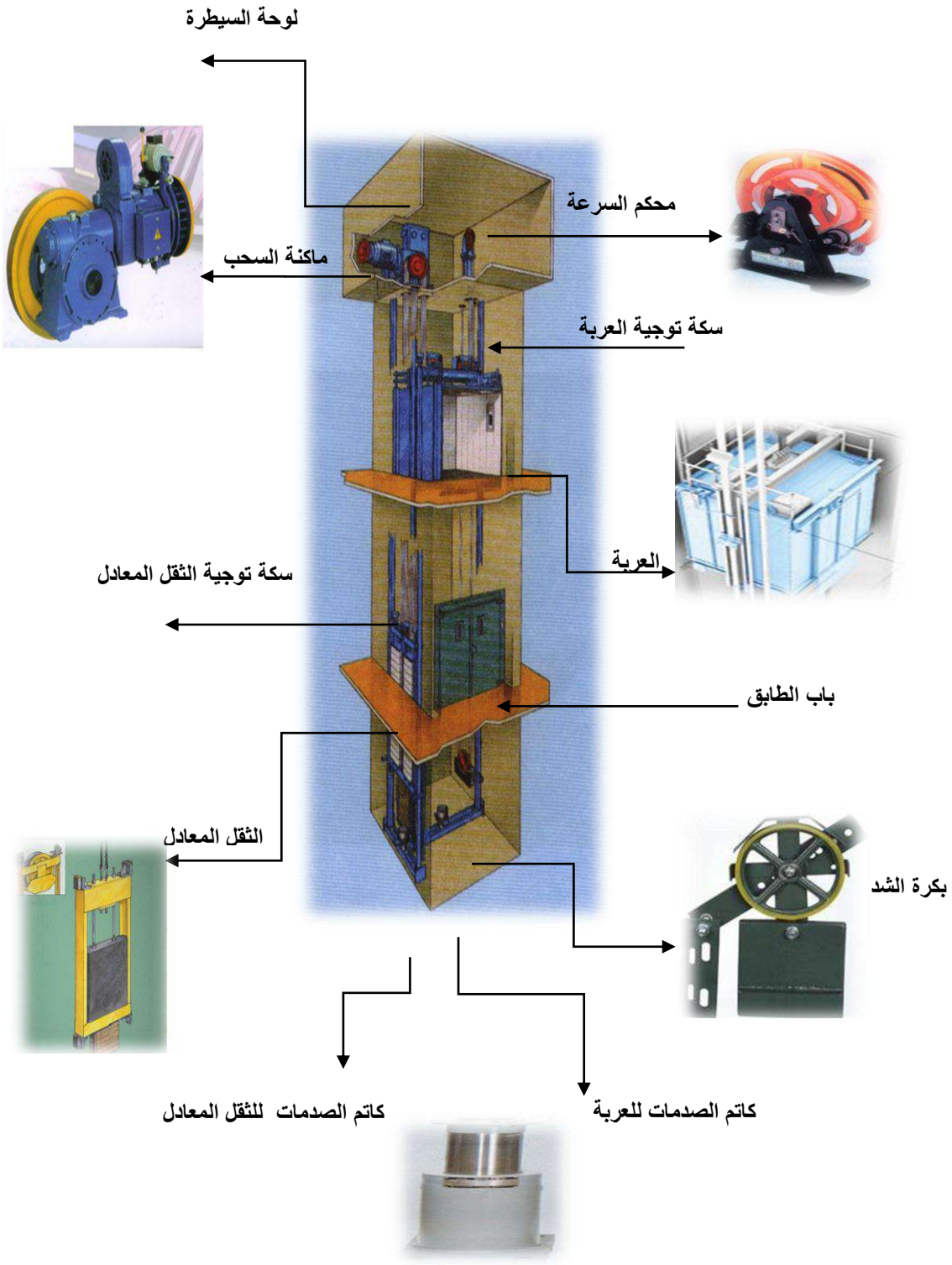
1-نظام الاشراف التحكمي (اليدوي):-

يستخدم هذا النظام عندما يراد تشغيل مصعدين او اكثر على التوازي ،حيث يعطي المشرف الاوامر الى المصاعد عن طريق الضغط على الازرار الموجودة على لوحة السيطرة وحسب ظروف الازدحام الموجودة في البناية.

2-نظام الاشراف التحكمي (الاوتوماتيكي) :-

يستخدم هذا النظام عندما يراد تشغيل مجموعتين او اكثر من المصاعد على التوازي بصورة اتوماتيكية وفقاً لمتغيرات كثافة مستخدمي المصاعد في البناية.عندما يشغل مصعدين على التوازي يدعى النظام نظام السيطرة الثنائي الجامع ، وعندما يستخدم ثلاثة مصاعد يسمى نظام السيطرة الثلاثي الجامع ، وعندما يستخدم اكثر من ثلاثة مصاعد يسمى نظام السيطرة المتعدد .

3-1 الاجزاء الرئيسة للمصعد الكهربائي.



شكل رقم (1-8) مخطط توضيحي لاجزاء المصعد الكهربائي

يتكون المصعد الكهربائي من الاجزاء الرئيسة التالية:-

اولاً:- ماكنة السحب (traction Machine).

يوجد نوعين من مكائن السحب:-

1- مكائن سحب ذات تروس.

2- مكائن سحب بدون تروس .

تتكون مكائن السحب ذات التروس كما موضح في الشكل رقم (1-9) من الاجزاء الرئيسة التالية:-

شكل رقم (1-9) ماكنة سحب ذات تروس

أ-المحرك الكهربائي (Traction motor):

يقوم المحرك الكهربائي بتحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية دورانية تنقل مباشرة الى بكرة السحب في المكائن عديمة التروس وفي هذه الحالة يكون المحرك كبير الحجم وتكون سرعة المصعد عالية ،اما في المكائن ذات التروس تنقل الطاقة الميكانيكية الدورانية الى صندوق التروس الذي يتم بواسطته الحصول على السرعة المطلوبة.

ب- الكابح المغناطيسي (Magnetic brake):

يعمل الكابح المغناطيسي على ايقاف عربة المصعد عند المستوى المطلوب بحيث تكون ارضية العربة مستوية تماماً مع ارضية الطابق مع المحافظة على عدم حركة العربة اثناء وقوفا النهائي دون شعور الاشخاص الراكبين بالارتجاج او عدم ارتياح للمحافظة على سلامتهم.

ويكون الكابح المغناطيسي على نوعين :-

1-الكابح المغناطيسي العمودي.

2- الكابح المغناطيسي الافقي.

ج- صندوق التروس (Gear box):

يربط صندوق التروس مع محور دوران المحرك الكهربائي ويخرج من صندوق التروس محور دوران تثبت عليه بكرة السحب لتحويل الحركة الدورانية الى حركة عمودية،بحيث يمكن بواسطة صندوق التروس الحصول على السرعة المطلوبة دون زيادة حجم المحرك الكهربائي وبكرة السحب وخاصة في المصاعد ذات السرعة البطيئة وكذلك يعمل على زيادة كفاءة ماكنة السحب (نقصان بالسرعة زيادة في القوة) وبكلفة اقل .

د-بكرة السحب (Traction sheave):

تثبت بكرة السحب مباشرة مع المحرك الكهربائي في مكائن السحب التي لاتحتوي على صندوق التروس ،اما في مكائن السحب ذات التروس تثبت بكرة السحب مع صندوق التروس والتي بدورها تقوم بتغيير الحركة الدورانية الى حركة خطية (عمودية) وتنقل الحركة بواسطة الحبال الرئيسة الى العربة والثقل المعادل مما يؤدي الى حركتها نتيجة الاحتكاك بين البكرة والحبال الرئيسة.

ثانياً:- محكم السرعة (Speed Governor):

وهو جهاز أمان موضح في الشكل رقم (1-10) يثبت في غرفة المكائن حيث يربط هذا الجهاز بواسطة حبل يتحرك مع عربة المصعد بواسطة عتلة جهاز الأمان الميكانيكي المثبت على جانبي العربة ، فعندما تزداد سرعة العربة عن الحد المقرر والمثبته على محكم السرعة يقوم المحكم بمسك الحبال ونتيجة لنزول العربة الى الاسفل فأن عتلة جهاز الامان الميكانيكي ترتفع الى الاعلى فتعمل على تحريك جهاز المسك الميكانيكي الذي يقوم بدوره بأيقاف العربة على السكة وذلك بتلامس فكوك الجهاز مع سكة توجية العربة .

توجد ثلاثة انواع من محكم السرعة :-

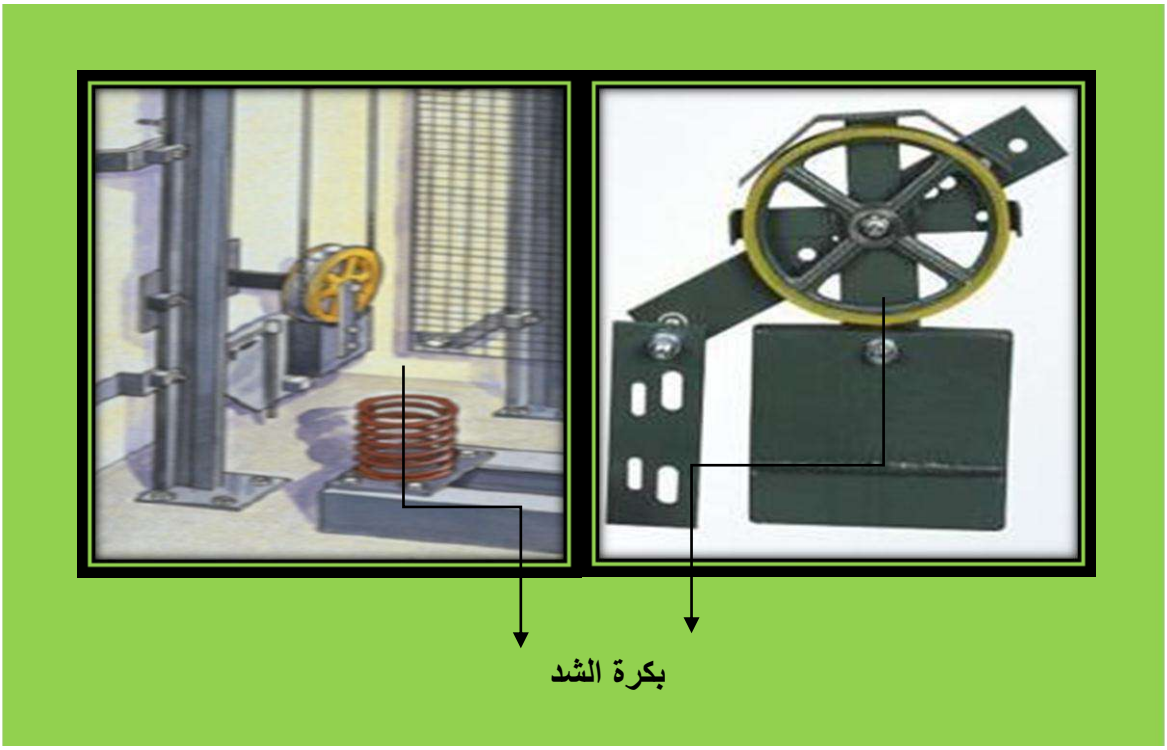
1-محكم السرعة ذو الكرات الطائرة (Fly bull – type Governor)

2-محكم السرعة ذو الاوزان الطائرة (Inertia – type Governor)

3-محكم السرعة القرصي (Disc – type Governor)

شكل رقم (1-10) محكم السرعة

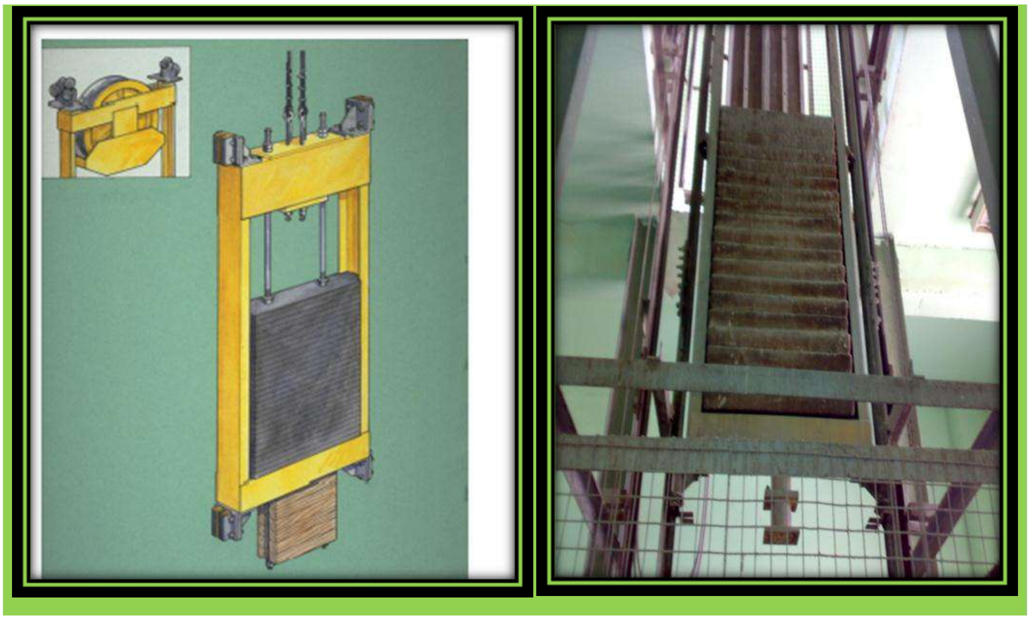
توجد بكرة مثبتة في حفرة بئر المصعد تسمى بكرة الشد والتي يمر من خلالها حبل محكم السرعة، وكما موضح في الشكل رقم (1-11).



شكل رقم (1-11) بكرة الشد

ثالثاً:- الثقل المعادل (Counter weight):

يصنع الثقل المعادل من بلوكات مصبوبة من المعدن او الاسمنت المسلح مرصوفة فوق بعضها داخل اطار معدني كما موضح في الشكل رقم (1-12)، يستخدم الثقل المعادل في المصاعد الكهربائية لمعادلة الحمولة المسلطة على محرك السحب من قبل العربة والحمولة ، حيث ان عدم وجود الثقل المعادل يعني ان المحرك يتحمل وزن العربة وحمولتها وهذا يتطلب وجود محرك سحب ذو كفاءة عالية وكبير الحجم ليتغلب على هذا الوزن بمفرده ، وكلما ازداد حجم محرك السحب كلما ازدادت الكلفة لذا فأن استعمال الثقل المعادل يقلل الكلفة.



شكل رقم (1-12) الثقل المعادل

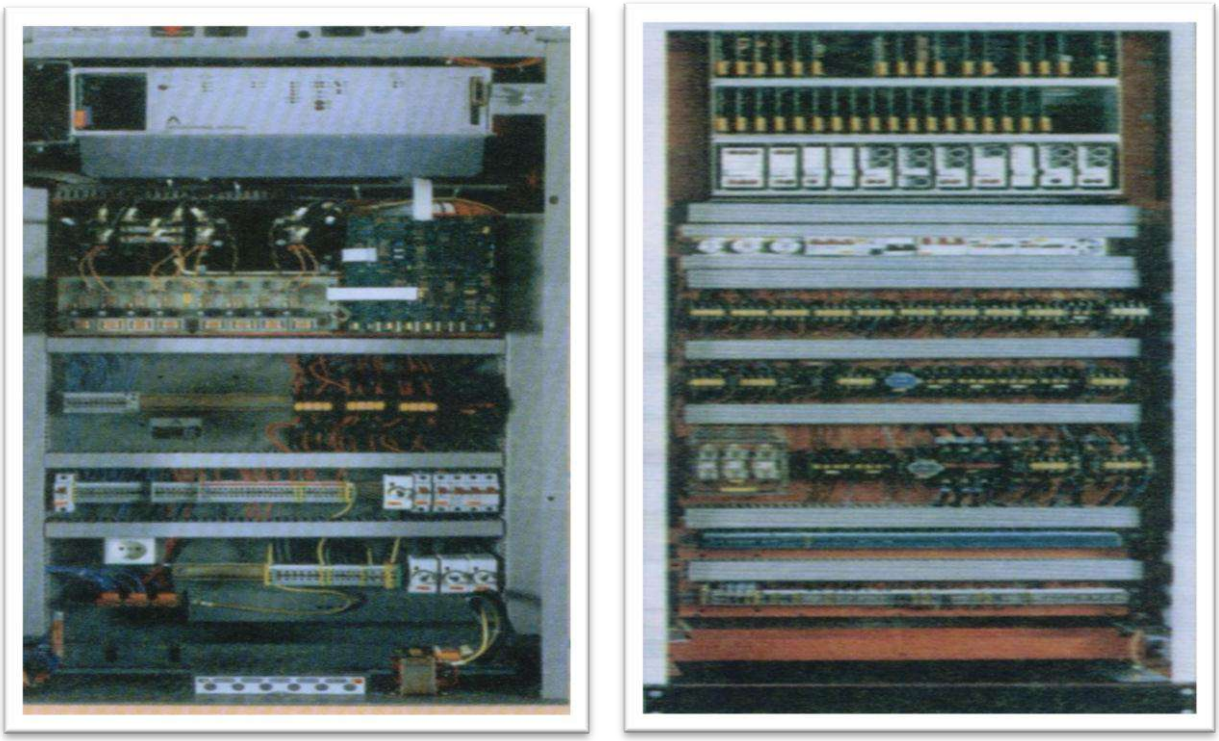
رابعاً:- العربة (Car) :

عبارة عن غرفة كما مبين في الشكل رقم (1-13) تتحرك بصورة عمودية لتنتقل بين طوابق البنايات لنقل الاشخاص او البضائع وتكون معلقة بأحد اطراف الحبال الرئيسة للمصعد وتمر هذه الحبال عبر بكرة السحب الى الثقل المعادل ويعلق الثقل المعادل في الطرف الاخر من الحبل الذي يحمل العربة وذلك لغرض الموازنة ، ويتم تصميم العربة حسب نوع المصعد. وتعتمد العربة في حركتها على الطلبات الواردة من داخل العربة او خارجها.

شكل رقم (1-13) عربة مصعد كهربائية

خامساً:- لوحة السيطرة (Control panel):

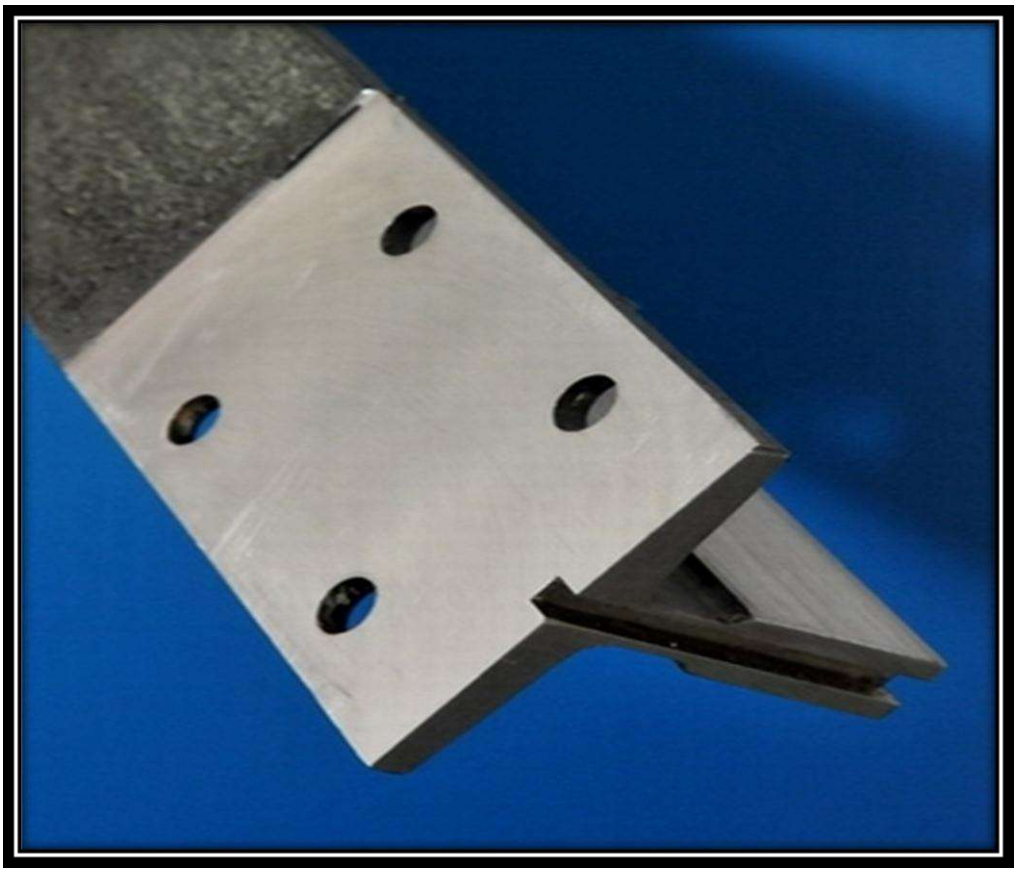
تحتوي على مكونات دوائر السيطرة الالكترونية (كارتات الكترونية) او مكونات دوائر السيطرة الكهربائية من (ريلي ، متسعات، مقاومات، مؤقتات زمنية) ومكونات دائرة القدرة من الكونتكترات الرئيسة لماطور السحب، والغاية منها السيطرة على جميع حركات المصعد من صعود ونزول وتوقف وكذلك السيطرة على دوائر الامان الكهربائية .كما موضح في الشكل رقم (1-14).



شكل رقم (1-14) لوحة السيطرة

سادساً:- سكة التوجية Guide rails:

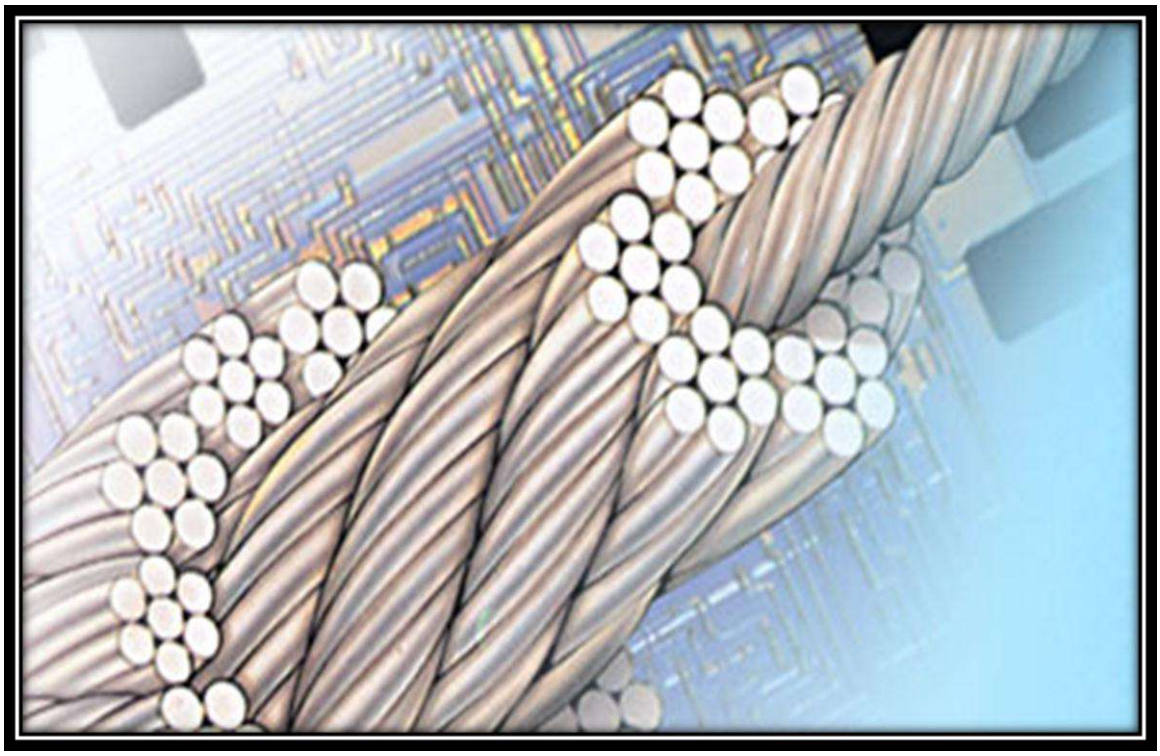
تصنع سكة التوجية من الحديد ويكون مقطعها على شكل حرف (T) كما موضح في الشكل رقم (1-15)، ولسكة التوجية الدور الكبير في عملية تشغيل وسلامة المصعد لانها تقوم بتحديد مسار العربة والثقل المعادل وتحدد مواضع جميع المفاتيح والاجهزة الموجودة في طريق العربة والتي تسطير على عملية الحركة والوقوف والسلامة للمصعد.



شكل رقم (1-15) سكة التوجيه

سابعاً:- الحبال السلكية (Wire Ropes):

و هي عبارة عن عدة اسلاك تصنع من مواد معدنية خاصة وتحتوي على نواة من القنب المزيت كما موضح في الشكل رقم (1-16) ، وتكون الحبال ذاتية التشحيم مجدولة لتكون حبل واحد قابل للمرونة يستخدم لحمل الثقل المعادل و العربة وحمولتها ، كما يرتبط محكم السرعة بجهاز الامان الميكانيكي بواسطة حبل والذي يمنع العربة من السقوط في الحالات الطارئة ويحافظ على سلامة الركاب ، وان زيادة عدد الحبال هي لزيادة مساحة الالتصاق الاحتكاكي بين الحبال وبكرة السحب ، ويعتمد عدد الحبال المستعملة في المصاعد الكهربائية على سعة المصعد وسرعته .



شكل رقم (1-16) مقطع حبال سلكية

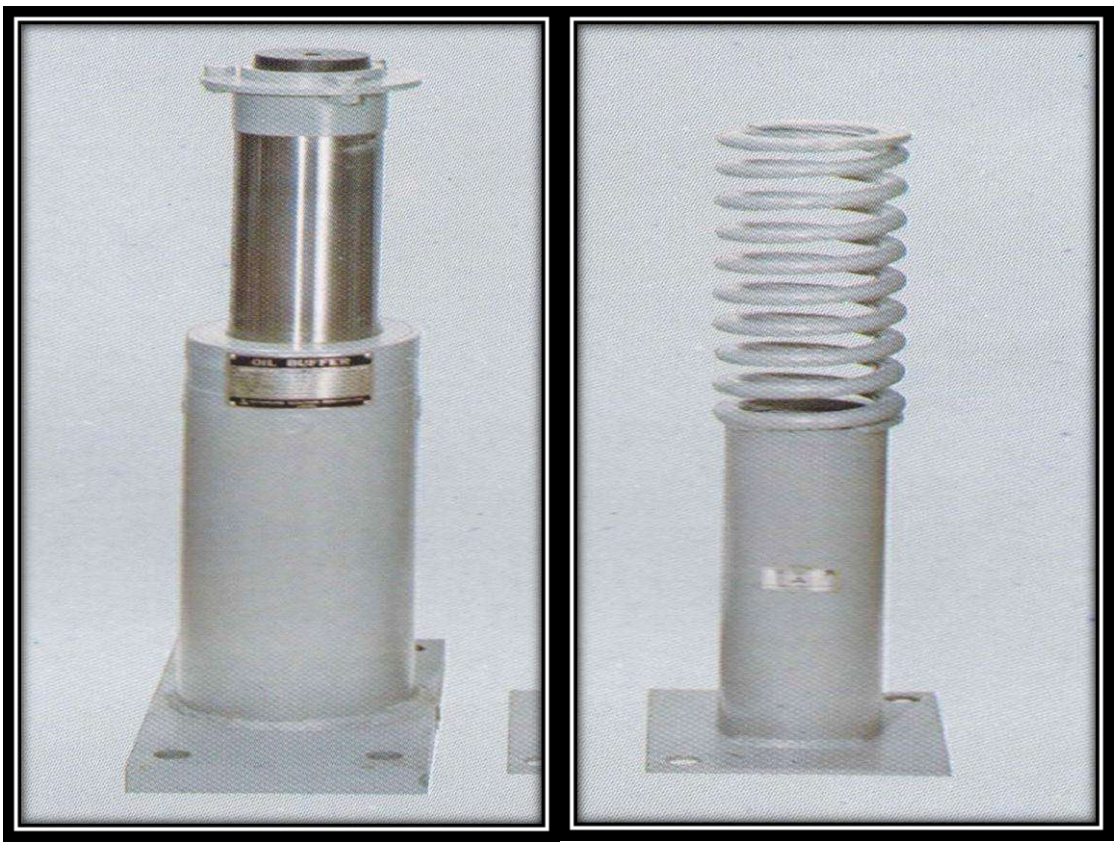
ثامناً:- كاتم الصدمات (Buffer):

يعتبر كاتم الصدمات من اجهزة الأمان الميكانيكية ، حيث يتم تركيبه في حفرة المصعد اسفل العربة والثقل المعادل لامتصاص الصدمة التي تحدث للمصعد في الحالات الطارئة عند نزول العربة او الثقل المعادل على الكاتم بسرعة كبيرة .

يوجد نوعين من كاتم الصدمات المستعملة في المصاعد الكهربائية :-

1- كاتم الصدمات اللولبي (Spring buffer) كما موضح في الشكل رقم (1-17)

2- كاتم الصدمات الزيتي (Oil buffer) كما موضح في الشكل رقم (1-18)



شكل رقم (1-17) كاتم الصدمات اللولبي

شكل رقم (1-18) كاتم الصدمات الهيدروليكي

تاسعاً:- أبواب المصعد (Elevator Doors):

يوجد نوعان من الابواب المستعملة في المصاعد الكهربائية ، وكما هو موضح في الشكل (1-19) .

1- ألا بواب اليدوية (Manual Doors).

2- الابواب اللآلية (Automatic Doors).

أ- باب مركزية الفتح ذات سرعة واحدة .

ب- باب مركزية الفتح ذات سرعتين .

جـ- باب جانبية الفتح ذات سرعتين .

د- باب جانبية الفتح ذات ثلاث سرع .

شكل رقم (1-19) انواع ابواب المصاعد الكهربائية

أسئلة الفصل الاول

س 1 :- ما الفرق بين مصعد (DORM) ومصعد (TRACTION) ؟ عددها مع الرسم .

س 2 :- عدد انواع المصاعد الكهربائية من حيث الاستعمال واذكر مزايا كل نوع ؟

س 3 :- عدد انواع المصاعد الكهربائية بالنسبة لنوع التيار الكهربائي المستعمل ؟ واذكر الفرق بينها.

س 4 :- عدد انواع المصاعد الكهربائية بالنسبة لماكنة السحب ؟ عددها واذكر الفرق بينها.

س 5 :- عدد انواع المصاعد الكهربائية بالنسبة لنظام التشغيل ؟ عددها مع الشرح .

س 6 :- ماهي الاجزاء الرئيسة في المصعد الكهربائي ؟ عددها واذكر موقع ووظيفة كل جزء.

س 7 :- عدد انواع كل من (كاتم الصدمات،محكم السرعة،ماكنة السحب،الكابح المغناطيسي).

س 8 :- كيف يتم نقل عربة المصعد الكهربائي بين الطوابق؟

س 9 :- لماذا تزداد سعة التحميل للعربة كلما ازداد عدد الحبال المستعملة في المصعد الكهربائي؟

محتويات

الفصل الثاني

نظام التعليق واللف في المصاعد الكهربائية

الاهداف :

التعرف على نظام اللف والتعليق في المصاعد الكهربائية .

تمهيد

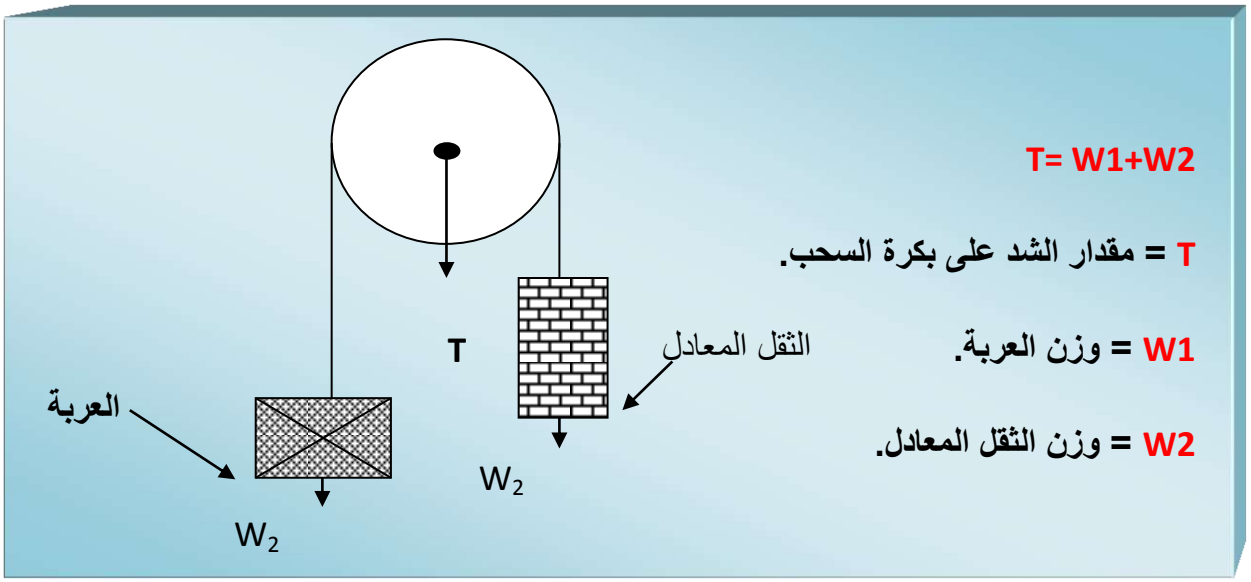
تعتبر البكرة المثبتة في الماكنة هي البكرة الرئيسة في المصعد وتسمى بكرة السحب والتي تقوم بنقل الحركة من المحرك الى العربة ، ويثبت على بكرة السحب حبل يسمى الحبل الرئيسي ويقوم بربط العربة مع الثقل المعادل عن طريق ماكنة السحب لتحويل حركة ماكنة السحب الدورانية الى حركة عمودية تعمل على صعود ونزول العربة.وعندما لاتكون بكرة السحب بوضع شاقولي فوق العربة يستخدم بكرة اخرى تسمى بكرة الانحراف والتي تقوم بنقل الحركة من بكرة السحب لمسافة معينة الى العربة . يثبت حبل اخر على بكرة جهاز محكم السرعة يسمى حبل محكم السرعة والذي يقوم بربط محكم السرعة بجهاز الامان الميكانيكي ، حيث تتصل احد نهايتي الحبل بجهاز الامان الميكانيكي اما النهاية الثانية للحبل فتمر حول بكرة موجودة في حفرة المصعد تسمى بكرة الشد .

1-2 نظام التعليق (Suspension System)

يوجد نظامين لتعليق الحبل في المصاعد الكهربائية وهما:-

النظام الاول:- نظام التعليق 1:1 (One to one system)

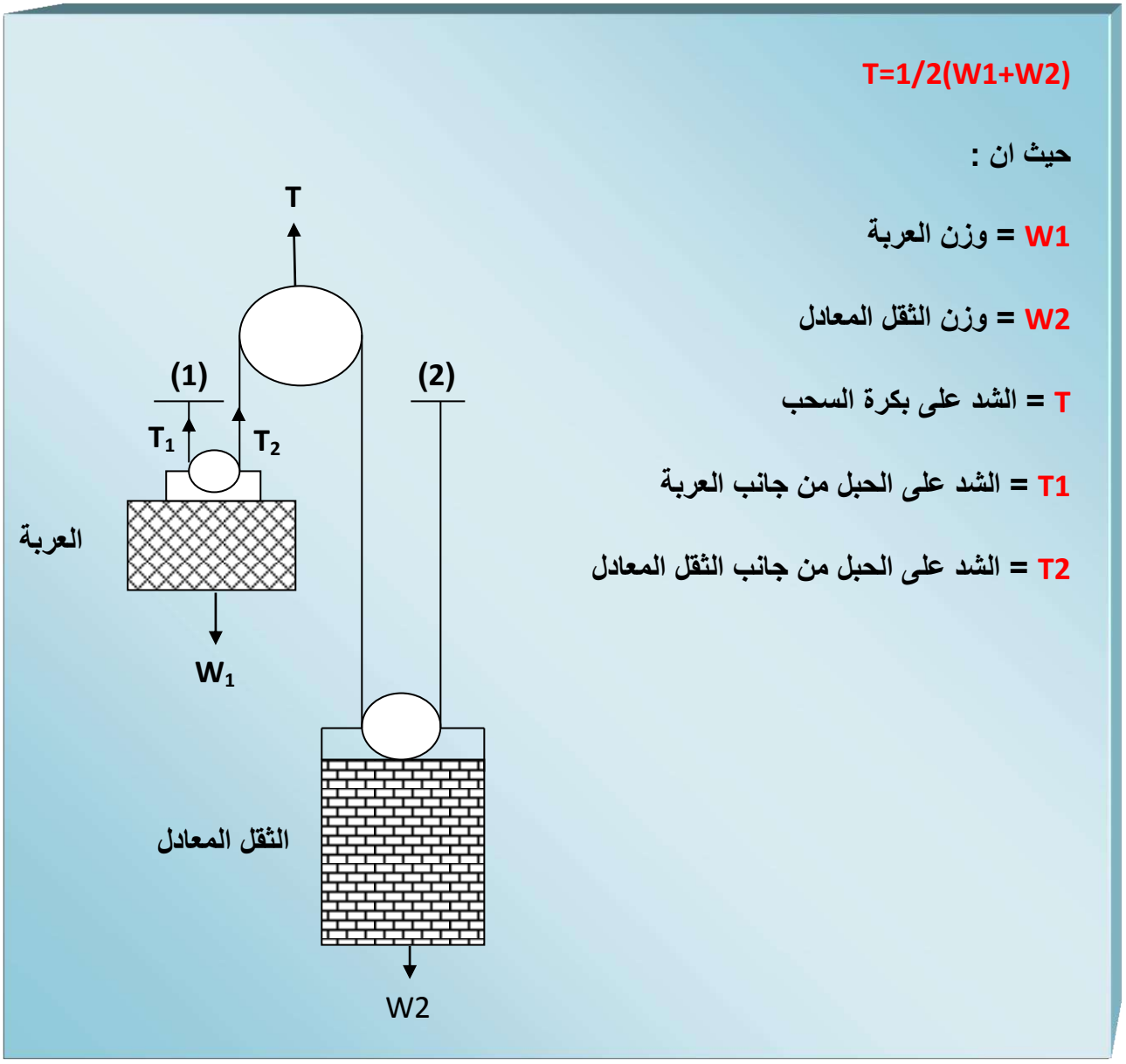
يعتمد هذا النظام على تثبيت احد نهايتي الحبل في العربة ثم يلف حول بكرة السحب ومن ثم تثبيت النهاية الاخرى في الثقل المعادل وكما موضح في الشكل رقم (2-1)، ومن خصائص هذا النظام ان سرعة العربة تكون مساوية لسرعة الحبل كما ان مقدار الشد على بكرة السحب يساوي مجموع وزن العربة والثقل المعادل .



شكل رقم (2-1) نظام التعليق 1:1

النظام الثاني:- نظام التعليق 1:2 (Tow to one system)

في هذا النظام تثبت احد نهايتي الحبل في النقطة المبينة (1) ثم يلف الحبل حول بكرة التعليق للعربة ثم يمر حول بكرة السحب ومن ثم حول بكرة التعليق للثقل المعادل حيث تثبت النهاية الثانية للحبل في النقطة المبينة رقم (2-2). ومن خصائص هذا النظام ان سرعة العربة تساوي نصف سرعة الحبل، كما ان الشد على بكرة السحب يساوي نصف وزن العربة والثقل المعادل. ويستخدم هذا النظام في مصاعد نقل البضائع حيث تكون سرعة العربة بطيئة وسعتها كبيرة، ومن مساويء هذا النظام ان عمل الحبل يكون اقصر مما هو في النظام الاول لان الحبل يلف في اتجاهات متعددة.



شكل رقم (2-2) نظام التعليق 1:2

2-2 نظام اللف (Warping system)

توجد طريقتان للف الحبل حول بكرة السحب وهي :-

الطريقة الاولى:- طريقة السحب ذات اللف الاحادي (Half- warping).

ومن خصائص هذا النظام:-

أ- تثبت احد نهايتي الحبل في العربة ثم يلف الحبل نصف لفة حول بكرة السحب ومن ثم تثبت النهاية الثانية في الثقل المعادل وكما مبين في الشكل رقم (2-3).

ب- ان مقدار العمل على بكرة السحب يساوي مجموع وزن العربة والثقل المعادل اي :-

$$T=W1+W2$$

حيث ان :-

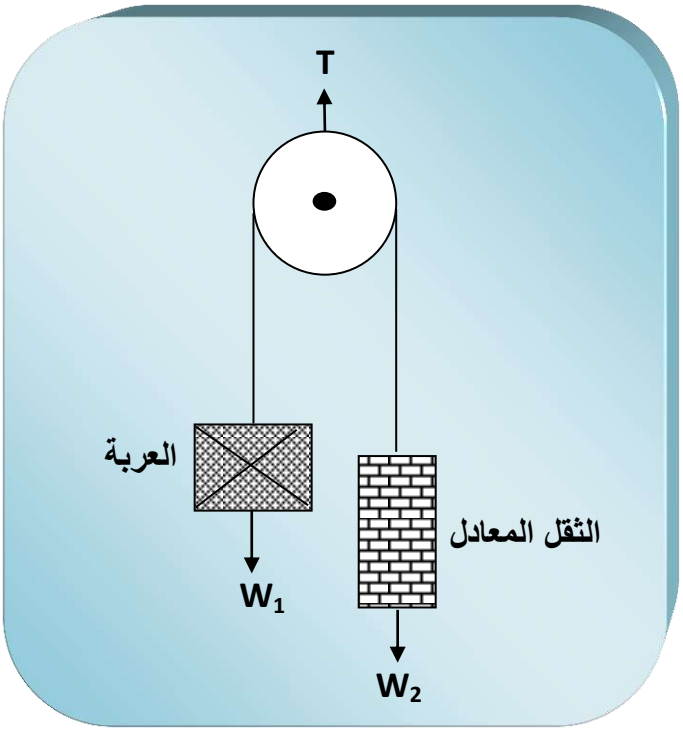
W1 = وزن العربة

W2 = وزن الثقل المعادل.

جـ - ان عدد الانحناءات في الحبل تكون قليلة مما يساعد على زيادة طول عمر الحبل مقارنة بالانواع الاخرى .

د - بكرة الحسب تكون ذات اخاديد باشكال خاصة تساعد على مسك الحبل بين حافات الاخاديد وتمنع انزلاقه اثناء حركة المصاعد .

ومن مساويء هذا النظام انه لايمكن استعماله في المصاعد ذات السرع العالية والسعة الكبيرة.



شكل رقم (2-3) طريقة السحب ذات اللف الاحادي

الطريقة الثانية:- طريقة السحب ذات اللف المزدوج (Double –warp system).

ومن خصائص هذا النظام:

أ- تثبت احد نهايتي الحبل في العربة ثم يلف الحبل حول بكرة السحب ثم يمر حول بكرة الانحراف ،حيث يمر ثانيا حول بكرة السحب ومن ثم ثانيا حول بكرة الانحراف ومنه الى الثقل المعادل حيث تثبت النهاية الثانية ، ومن هذا يتبين ان الحبل يلف لفة كاملة حول بكرة السحب لذلك يسمى باللف المزدوج.

ب - تكون عدد الاخاديد في بكرة السحب مساوية لضعف عدد الحبال المستعملة.

جـ - يستعمل هذا النظام في المصاعد ذات السرعة العالية والسعة الكبيرة.

د - رد الفعل على بكرة السحب مساوياً لضعف وزن العربة والثقل المعادل كما مبين في الشكل

رقم (2-4) .

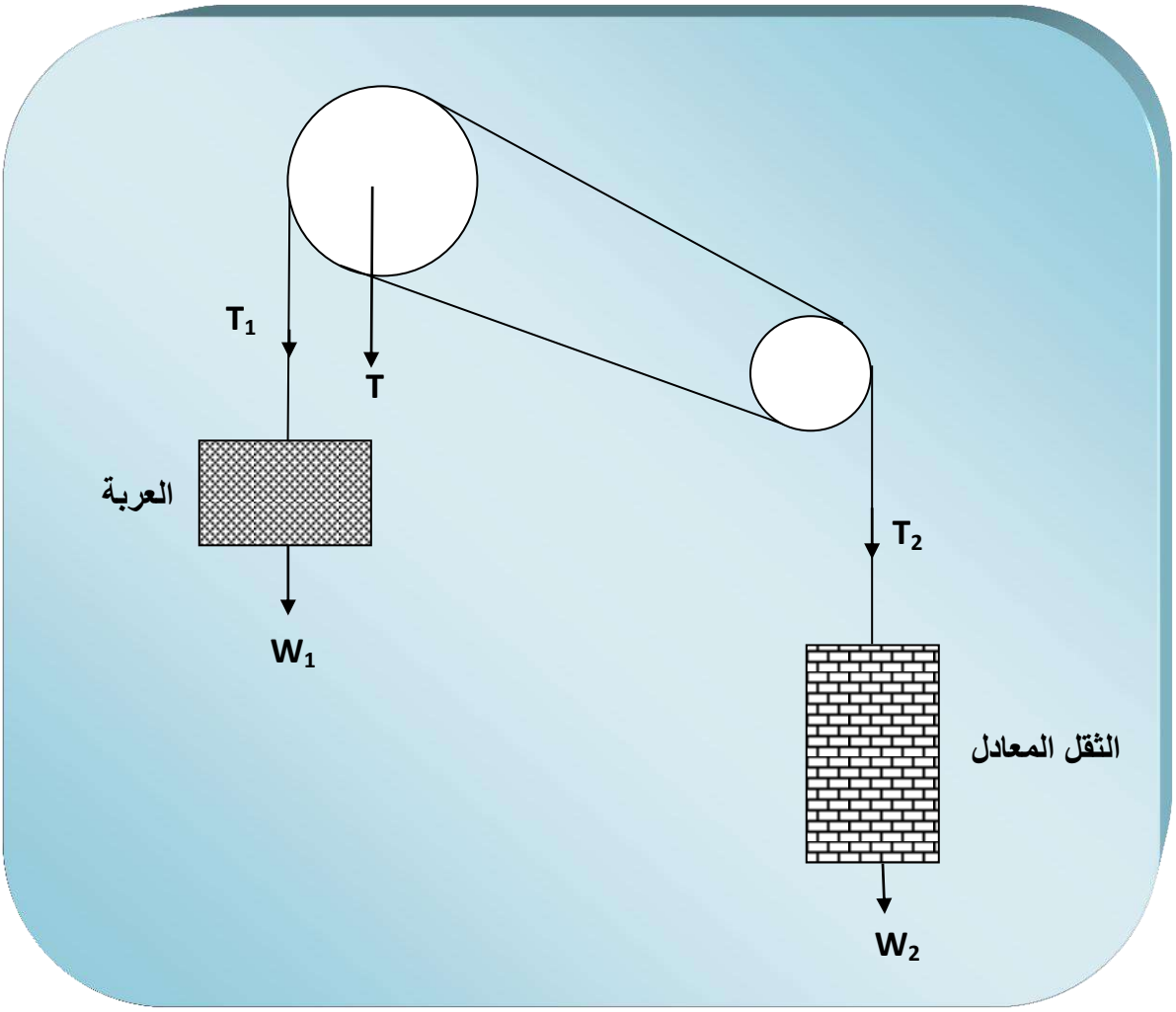
$$T = 2 (W1 + W2)$$

حيث ان :-

$$T1 = W1$$

$$T2 = W2$$

ومن مساويء هذا النظام ان عمر الحبل يكون اقصر مما هو في نظام اللف الاحادي وذلك لانه عدد الانحناءات في الحبل كبيرة في هذا النظام.



شكل رقم (2-4) طريقة السحب ذات اللف المزدوج

اسئلة الفصل الثاني

س 1 :- ما هي انواع انظمة تعليق الحبال في المصاعد الكهربائية؟ عددها واذكر الفرق بينها مع الرسم.

س 2 :- ما هي مساوىء نظام تعليق الحبال (1:2) في المصاعد الكهربائية ؟

س 3 :- ما هي انظمة لف الحبال في المصاعد الكهربائية؟ عددها واذكر خصائصها مع الرسم.

س 4 :- ما هي مساوىء طريقة السحب ذات اللف المزدوج؟

س 5 :- ما هي مساوىء طريقة السحب ذات اللف الاحادي؟

س 6 :- لماذا يستعمل نظام اللف المزدوج في المصاعد ذات السرعة العالية والسعة الكبيرة؟

س 7:- ما هو الفرق بين بكرة السحب وبكرة الانحراف؟

محتويات

الفصل الثالث

مبادئ علم الكهرباء

الاهداف :

1) التعرف على القيم الكهربائية ووحداتها .

2) التعرف على قانون اوم وكيفيه استخدامه في الدوائر الكهربائية .

3) التعرف على المقاومة الكهربائية وطرق ربطها وقياسها.

4) التعرف على قانوني كيرشوف .

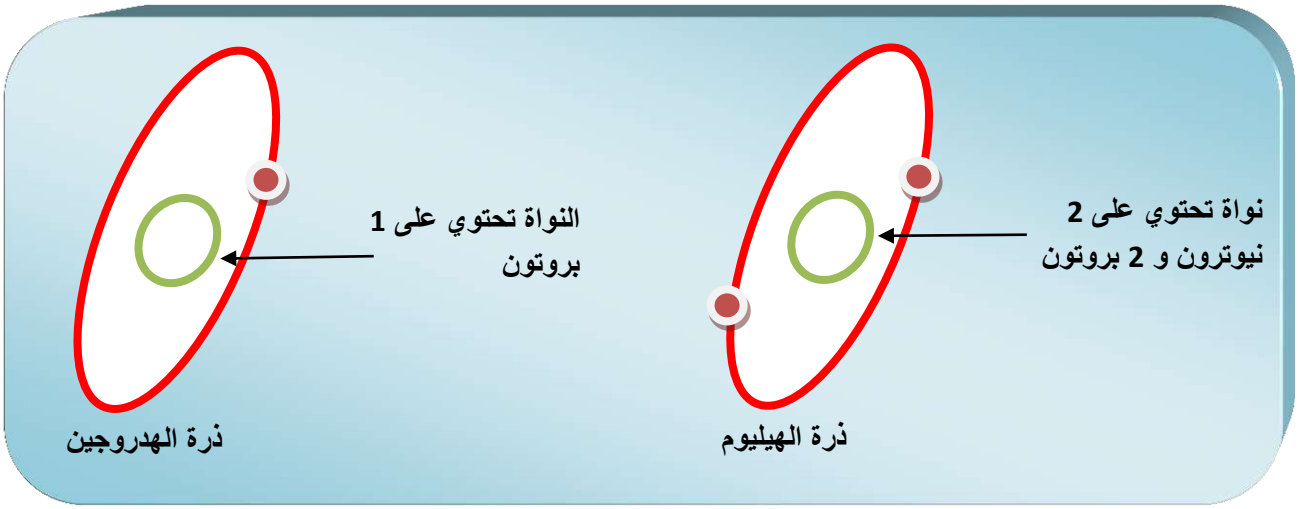
1-3 النظرية الذرية والشحنة الكهربائية

النظرية الذرية :

تتكون جميع المواد سواء الصلبة او السائلة او الغازية من جزيئات صغيرة جداً وهي بدورها تتكون من ذرات في منتهى الصغر وهذة الذرات كان يعتقد سابقاً انها اصغر جزء في المادة ، الا ان الذرة تتكون من نواة ومن الكترونات تدور حول النواة وبذلك فأن الذرة تتكون من الالكترونات (Electrons) ذات الشحنات السالبة ومن البروتونات (Protons) ذات الشحنات الموجبة ومن النيترونات (Neutrons) ذات الشحنات المتعادلة او المحايدة . ولكن الذرة تحوي ايضاً على بوزيترونات (Positrons) التي تكون شحنتها موجبة وكتلتها تساوي كتلة الالكترون وتحوي على الميزونات (Mesons) والتي تكون شحنتها محايدة وهي اثقل من الالكترونات واخف من البروتونات وايضاً تحوي على نيترينوات (Neutrinos) وتكون شحنتها صفر وكتلتها اقل بكثير من كتلة الالكترون .

وتعتبر النواة بشكل عام محايدة كهربائياً اذا كان عدد الالكترونات فيها يساوي عدد البروتونات ، بالرغم من عدم اعتراف الفيزياء الحديثة بأمكانية دوران الالكترونات في مدارات حركية معينة واعتبار حركتها عشوائية غير واضحة ، الا ان استخدام مفهوم المدارات لحركة الالكترونات يساعد في تبسيط فهم النظرية الذرية ، ان حركة الالكترونات المستمرة حول النواة تشبة الذرة بالمنظومة الشمسية عندما تدور الكواكب حول قطب ثابت هو الشمس (النواة هي الشمس والالكترونات هي الكواكب).

تعتبر ذرة الهيدروجين من ابسط الذرات حيث تتكون من بروتون واحد والكترون واحد ثم تليها ذرة الهيليوم والليثيوم، تحوي المدارات على عدد محددمن الالكترونات فالمدار الاقرب للنواة يحوي الكترونين (كحد اقصى)ثم المدار الثاني على ثمانية ،ثم ثماني عشر ،ثم ثماني عشر، فمثلاً ذرة النحاس تحوي على (29) الكترون تتوزع على مداراتها بالشكل التالي (1,18,8,2) وذرة الفضة تحوي على (47) الكترون تتوزع كالاتي (1,18,18,8,2) وهكذا، والشكل (3-1) يوضح كيفية توزيع الالكترونات لذرتي الهيدروجين والهيليوم .يزن الالكترون الواحد (9.1×10^{-31}) كيلو غرام وتزيد كتلة البروتون بـ (1850) على كتلة الالكترون ويقدر القطر الفعلي للذرة (10^{-10}) بينما قطر النواة بـ (10^{-15}).



شكل رقم (3-1) يوضح ذرة الهيليوم وذرة الهدروجين

الشحنة الكهربائية

لاحظ قدماء اليونان قبل اكثر من (2500) سنة انة عندما ندلك مادة الكهرب بقطعة قماش يمتلك الكهرب قابلية جذب الاجسام الصغيرة ومن هنا جاءت كلمة كهرباء (Electricity) من كلمة (Electron) والتي تعني كلمة كهرب باليونانية ، ونتذكر في دراستنا السابقة انة لو دلك قضيب من الزجاج بقطعة جلدية تتكون شحنة كهربائية موجبة ، واذا دلك قضيب الاوبنيت بالحرير تتكون شحنة كهربائية سالبة ، اي ان هناك نوعان من الشحنات هما الشحنة الموجبة والشحنة السالبة ، وتؤكد التجارب ان الشحنات المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب . لما كان لكل من مكونات الذرة شحنتة الخاصة ولما كان اتحاد ذرتين اواكثر يكون جزيئة ومجموع الجزيئات يكون المادة ، فأن الشحنة الكهربائية هي وجود اساسي في تكوين جميع المواد ، والمادة التي تحوي عدد شحنات سالبة تساوي عددالشحنات الموجبة تعتبر محايدة او متعادلة كهربائياً. يصبح الجسم مشحوناً عندما تكون هناك زيادة اما في الشحنات الموجبة او الشحنات السالبة ، وهذة الزيادة ناتجة عن فقدان او اكتساب الكترونات . ان عملية اكتساب ذرة الجسم او فقدانها لالكترون واحد او اكثر تسمى (التأين) ، اذا ترك الكترون او اكثر المدار الخارجي لذرتة فأن عدد البروتونات يكون اكبر من عدد الالكترونات وبذلك تصبح الذرة موجبة الشحنة (ايون موجب). واذا انتقل الكترون او اكثر من مادة ما من المدار الخارجي للذرة الى مادة اخرى تصبح الذرة في المادة الثانية مشحونة بشحنة سالبة تسمى (ايون سالب).

الشحنة الكهربائية :- وهي كمية الشحنة السالبة للالكترون وتقاس بالكولوم

كولوم = 6.25×10^{18} الكترون

2-3 التيار الكهربائي ووحداته وانواعه.

لما كانت شحنتا الالكترونات والنواة لذرة واحدة مختلفتين فأن هناك قوة جذب معينة تشدهما الى البعض وتزداد قوة الجذب كلما اقترب مدار الالكترونات من النواة وتضعف كلما بعد عنها ، اذا استطاعت الالكترونات ان تتحرك بسهولة ظمن نطاق الجسم نتيجة ضعف قوة الجذب مع النواة فأن هذا الجسم قادر على توصيل التيار ، والتيار الكهربائي هو سريان الشحنات الكهربائية ضمن حدود الجسم الواحد او الاجسام المتصلة فيما بينها ، وتقسم جميع المواد المعروفة في الطبيعة حسب قابليتها على توصيل التيار الى:-

1. **المواد الموصلة (Conductors):**

ويكون انشداد الكتروناتها الى النواة ضعيف جداً بحيث تستطيع الانتقال بسهولة من ذرة الى اخرى ، وتعتبر المعادن من اجود الموصلات وكذلك الكاربون ومحاليل الاملاح والحوامض والقواعد.

2. **المواد العازلة (Dielectrics) :**

ويكون ارتباط الالكترونات فيها الى النواة قوياً جداً ولا يسمح لها بحرية الحركة ، وهي لا تسمح بمرور التيار الكهربائي خلالها مثل الزجاج، المطاط، الشمع، الزيت والمايكا .

3. **المواد الشبة الموصلة (Semiconductors) :**

وهي مواد عازلة في حالتها الطبيعية ولكن اذا سلط عليها مؤثر خارجي معين يمكن فك ارتباط الكتروناتها القوي بالنواة تصبح المواد موصلة بشكل جيد للتيار الكهربائي.

اذن التيار الكهربائي هو مقياس لسريان الشحنات الكهربائية في الموصل و يكون معاكس لحركة الالكترونات .

ويعرف التيار: بأنة كمية الشحنات التي تمر خلال نقطة معينة وفي زمن مقداره ثانية واحدة.

ويرمز له بالحرف (I) ووحدة قياسة الامبير :-

$$\text{(التيار } = \frac{\text{الشحنة}}{\text{الزمن}} = \frac{\text{كولوم}}{\text{ثانية}} = \text{امبير)}$$

$$\text{(Current } = \frac{\text{charge}}{\text{time}} = \frac{Q}{t} = \frac{C}{S} = \text{A)}$$

ويعرف الامبير: بأنة مرور كولوم واحد خلال المقطع العرضي للموصل خلال ثانية واحدة ، ويرمز لة بالحرف (A).

ومن مضاعفات التيار (الكيلو امبير) ومن اجزاءة (الملي امبير ، المايكرو امبير)

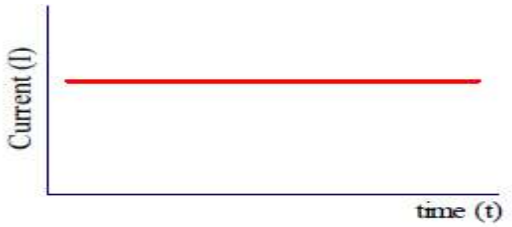
الكيلو امبير= 10^3 امبير $KA= 10^3 A$

ملي امبير = 10^{-3} امبير $MA= 10^{-3} A$

مايكرو امبير= 10^{-6} امبير $\mu A= 10^{-6} A$

انواع التيار الكهربائي

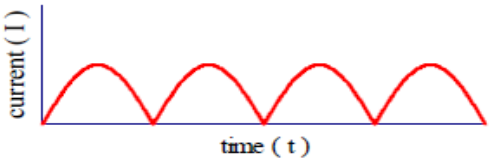
1. التيار المستمر(D.C. current): وهو التيار الذي يبقى مقدارة واتجاهة ثابتين مع الزمن بشكل مستمر .كما موضح في الشكل (3-2 أ) .



شكل رقم (3-2 أ) التيار المستمر

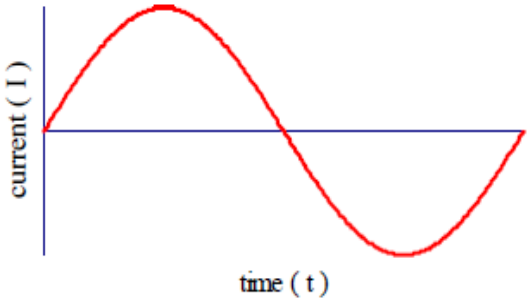
2 .التيار الموضعي (Pulsating current):

وهو تيار مستمر تغير قيمتة دورياً ولا يتغير اتجاهة . كما مبين في الشكل (3-2 ب) .



شكل رقم (3-2 ب) التيار الموضعي

3.التيار المتناوب (A.C. current): وهو التيار الذي يتغير مقداراً واتجاهاً مع الزمن، كما مبين في الشكل(3-2ج).



شكل (3-2 ج) التيار المتناوب

3-3 الجهد الكهربائي والقوة الدافعة الكهربائية ووحداتها .

يعرف فرق الجهد الكهربائي : بأنة الشغل المنجز لنقل الشحنة بين نقطتين_ . ويقاس بالفولت (V) ، ويرمز لة بالحرف (V) .

اما القوة الدافعة الكهربائية فهي التأثير المحرك الذي يسبب سريان التيار ، و ال ق. ء. ك هي ليست قوة بل هي الطاقة المستهلكة عند مرور وحدة الشحنة خلال المصدر ، ووحدة قياسها هي الفولت ايظاً ويرمز لها بالحرف (E) او (E.M.F) ، ومما سبق يلاحظ ان ال ق. ء. ك وفرق الجهد هما كميتان متشابهتان الا ان ال ق. ء. ك تكون فعالة على الدوام حيث تحاول انتاج تيار كهربائي في الدائرة بينما يمكن ان يكون فرق الجهد فعالاً اوخاملاً ، ويكون فرق الجهد خاملاً حينما لا يكون بأمكانه استحداث تيار في الدائرة ، ومن مضاعفات الفولت :

الكيلو فولت = 10^3 فولت	**$KV= 10^3$ V**
الميكا فولت = 10^6 فولت	**$MV= 10^6$ V**
الملي فولت = 10^{-3}فولت	**$mV = 10^{-3}$ V**
المايكرو فولت = 10^{-6} فولت	**$\mu V = 10^{-6}$ V**

4-3 المقاومة الكهربائية وانواعها وطرق ربطها وقياسها .

المقاومة الكهربائية : هي مقياس للممانعة التي تبديها المادة بأتجاه التيار الكهربائي المار خلالها .

وذكرنا سابقاً ان المواد تقسم الى موصلات جيدة وهي تحوي على مقاومة واطئة وموصلات رديئة وهي التي تبدي مقاومة عالية لمرور التيار فيها ، وعند معارضة المقاومة للتيار الكهربائي فأن مقداراً من الطاقة الكهربائية يستهلك فيها ومن ثم يتحول الى نوع اخر من الطاقة ، فمثلاً المحرك الكهربائي هو مقاومة يستهلك الطاقة الكهربائية ويحولها الى طاقة حركية، والمصباح الكهربائي هو مثال اخر للمقاومة الذي يستهلك الطاقة ويحولها الى طاقة ضوئية وهكذا .

ويرمز للمقاومة بالحرف (R) ووحدة قياسها هي الاوم ويرمز له بالحرف (Ω) .

ويعرف الاوم : هو مقاومة الموصل الذي لو سلط علية جهد مقدارة فولت واحد يتسبب في مرور تيار مقدارة أمبير واحد .

وتستخدم مضاعفات الاوم مثل

الكيلو اوم = 10^3 أوم **$K\Omega=1000 = 10^3\ \Omega$**

الميكا اوم =10^6 أوم **$M\Omega=1000000 = 10^6\ \Omega$**

شكل (3-3) يبين رمز المقاومة

انواع المقاومات الكهربائية

تقسم المقاومات الكهربائية الى ثلاثة انواع :

1. المقاومات الثابتة . 2.المقاومات المتغيرة . 3. المقاومات الخاصة

1. المقاومات الثابتة : وهي تقسم الى:

أ- المقاومات الكربونية : وهي عبارة عن اجسام اسطوانية مصنعة من الكاربون او الكرافيت وتكون ذات احجام وقيم مختلفة تعتمد على مجال استخدامها .

ب- المقاومات المعدنية السلكية : وهي عبارة عن سلك معدني مصنوع من مادة النيكل كروم ملفوف على اسطوانة خزفية او سيراميكية عازلة تتحمل درجات الحرارة العالية .

جـ -المقاومات المعدنية الصفائحية :- وتتكون من طبقة رقيقة من معدن معين مطلي على حامل اسطواني خزفي وتغلف بغلاف متين للوقاية من العوامل الخارجية .

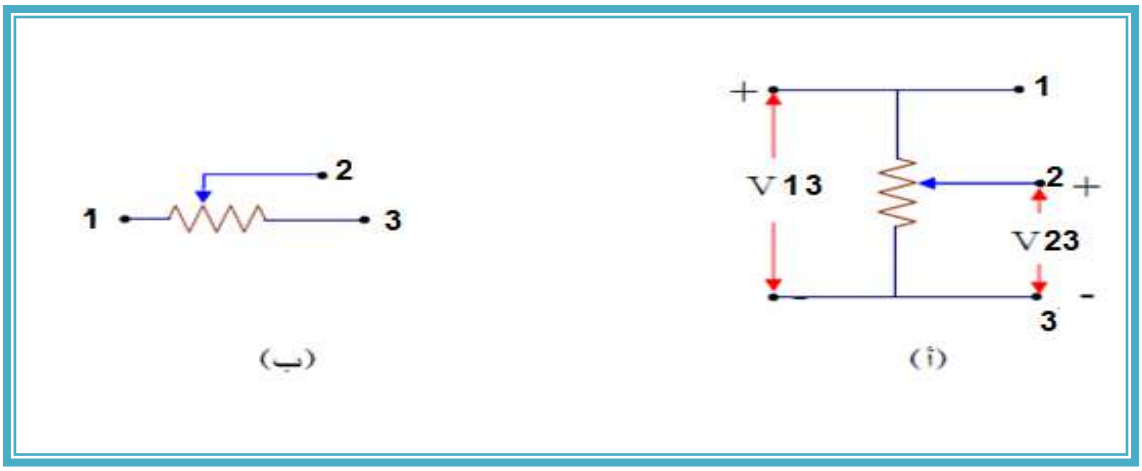
2.المقاومات المتغيرة : وهي المقاومات التي يمكن التحكم في قيمتها حسب الرغبة ومن انواعها:

أ. المقاومة المتغيرة ذات الذراع المنزلق (Rheostat) .

ب. صندوق المقاومات (Resistance Box) .

ج. المقاومات الكاربونية المتغيرة .

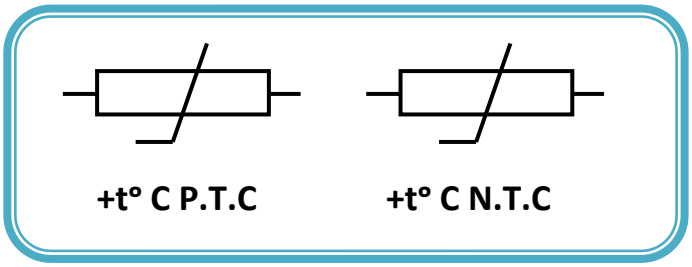
وهذه المقاومات يمكن مشاهدتها في ورشنا العملية والتعرف على اجزائها، والشكل (3-4) يبين رمز المقاومات المتغيرة .



شكل (3-4) رمز المقاومة الكهربائية المتغيرة

3 .المقاومات الخاصة : وهي مقاومات قيمتها غير ثابتة بعد التصنيع بل تتوقف على عوامل مثل التيار، الجهد، الضوء والحرارة وهي على ثلاثة انواع .

أ . المقاومات الحرارية : وهي مقاومات تتغير قيمتها بتغير درجة الحرارة، والشكل (3-5) يبين رمز المقاومات الحرارية، وهي على نوعين.



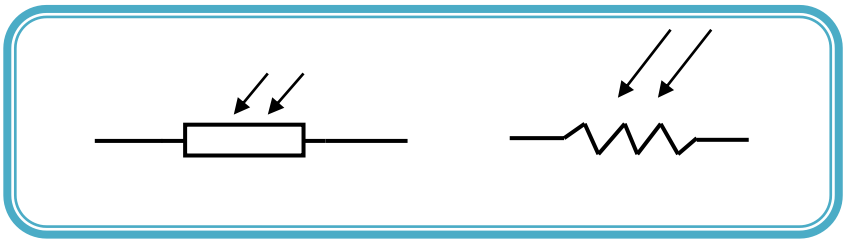
شكل (3-5) رمز المقاومات الحرارية

1. المقاومات ذات المعامل الحراري السالب (NTC) :وهي تقل مقاومتها بأرتفاع درجة الحرارة ، وتستخدم في قياس درجة حرارة السيارة ،حماية الترانزستور .

2. المقاومات ذات المعامل الحراري الموجب (PTC) : وهي تزداد مقاومتها بأرتفاع درجة الحرارة .وتستخدم في حماية المكائن الكهربائية من السخونة الزائدة .

ب.المقاومات الجهدية (VDR) (Voltage Dependent Resistance) **:** وهي تعتمد قيمتها على فرق الجهد المسلط عليها فأن زيادة فرق الجهد يؤدي الى انخفاض قيمة المقاومة، وتستخدم لحماية الدوائر الالكترونية من الارتفاع المفاجيء في فرق الجهد .

ج .المقاومات الضوئية (LDR) (Light Dependent Resistance) :وهي تتغير قيمتها مع تغير مقدار الضوء الساقط عليها حيث تزداد قيمتها في الظلام وتقل عند سقوط الضوء عليها، وهذا المبدأ يمكن ان يستخدم لإنارة الشوارع اوتوماتيكياً، والشكل (3-6) يوضح رمز هذه المقاومة .



شكل (3-6) رمز المقاومات الضوئية

طرق قياس المقاومات

لمعرفة قيمة المقاومة هناك عدة طرق ووسائل لمعرفة قيمتها .

1.ان تكون قيمة المقاومة مطبوعة عليها اي يمكن قراءتها عند النظر اليها .

2.ان تكون المقاومة ملونة بعدة الوان على شكل اشرطة ولكل لون دلالة خاصة بة ، والجدول الاتي يبين الدلالات الخاصة لكل لون من الالوان نسبة الى موقعه على المقاومة .

3.ان تقاس المقاومة بواسطة جهاز الاوم ميتر .

اللون	الشريط الاول رقماً	الشريط الثاني رقماً	مضروب في الشريط الثالث	الشريط الرابع السماحية
اسود	صفر	صفر	1	
بني	1	1	10	
احمر	2	2	10^2	
برتقالي	3	3	10^3	
اصفر	4	4	10^4	
اخضر	5	5	10^5	
ازرق	6	6	10^6	
بنفسجي	7	7	10^7	
رصاصي	8	8	10^8	
ابيض	9	9	10^9	
ذهبي			0.1	5%
فضي			0.01	10%
لا شيء				20%

جدول رقم (3-1) يبين قيم الوان المقاومات ونسب السماحية

ملاحظات مهمة :

1. **اذا جاء اللون الاسود في بداية او نهاية المقاومة يهمل اما اذا في الوسط فيحسب صفراً .**

2. **اللون الرابع (ذهبي ، فضي) يمثل مقدار الزيادة والنقصان في قيمة المقاومة .**

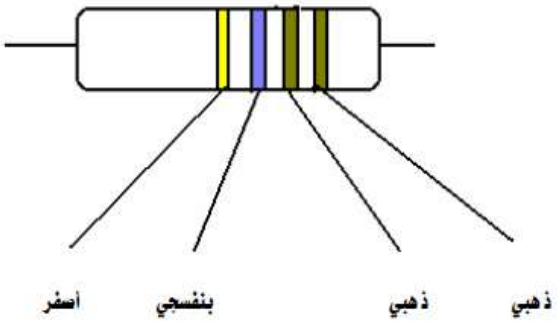
3. **اذا كان اللون الثالث (ذهبي ، فضي) فأن هذا يعني ان قيمة المقاومة تضرب في (0.1) اذا كان ذهبي ، و(0.01) اذا كان فضي .**

4. **الشريط الاول يحدد من المكان البعيد من حافة المقاومة .**

من الشائع هو ان يتم معرفة قيمة المقاومة من النضر اليها ويعني هذا ماورد في الفقرة (1،2) اعلاه

مثال: ما هي قيمة المقاومة المرسومة ادناه .مع بيان مقدار الزيادة والنقصان في قيمة المقاومة .

ذهبي	ذهبي	بنفسجي	اصفر
5%	0.1	7	4



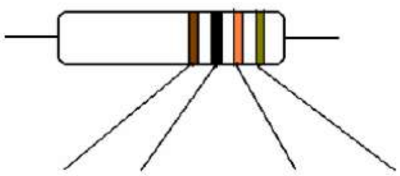
وبسماحية مقدارها5% **R = 47×0.1 =4.7 Ω**

$$4.7 \times \frac{5}{100} = 0.235\ \Omega$$

قيمة المقاومة في حالة الزيادة **4.7+0.235 =4.935 Ω**

قيمة المقاومة في حالة النقصان **4.7-0.235 =4.465 Ω**

مثال : ما هي قيمة المقاومة المرسومة ادناه .



ذهبي	برتقالي	اسود	بني
5%	1000	0	1

وبسماحية مقدارها 5 %

R = 10×1000 =10000 Ω =10 KΩ

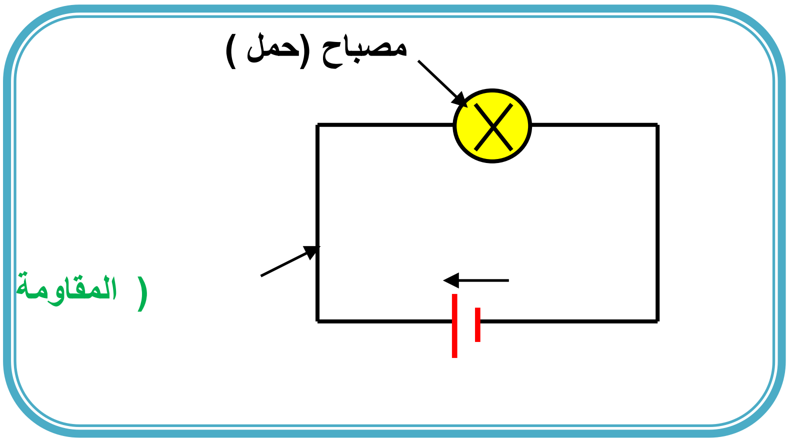
ملاحظة : هنالك قسم من المقاومات تحتوي على خمسة اشرطة لونية يتم التعامل معها بجدول خاص بها .

الدائرة الكهربائية البسيطة

وهي التوصيلة التي يتوفر ما يلي :-

1.مصدر الجهد (بطارية)   2.مقاومة كهربائية (حمل)

3. اسلاك توصيل لنقل التيار الكهربائي، والشكل (3-7) يبين مكونات الدائرة الكهربائية



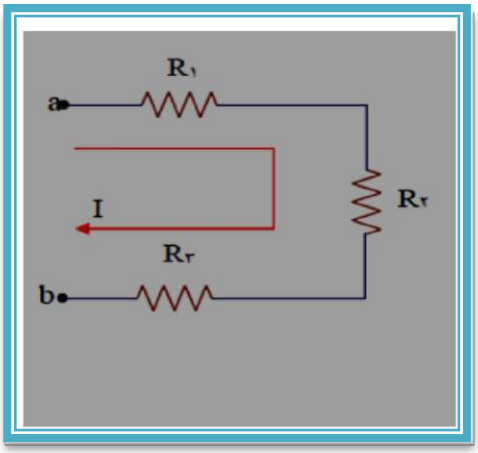
شكل (3-7) دائرة كهربائية بسيطة

طرق ربط المقاومات الكهربائية.

هناك ثلاث طرق لربط المقاومات الكهربائية :-

أ- الربط على التوالي :

لو ربطت المقاومات R_3,R_2,R_1 بحيث تربط نهاية المقاومة الاولى مع بداية المقاومة الثانية ونهاية المقاومة الثانية مع بداية المقاومة الثالثة ، ثم تربط بداية المقاومة الاولى ونهاية المقاومة الثالثة الى المصدر ، يقال ان المقاومات مربوطة على التوالي كما مبين في الشكل (3-8).



شكل (3-8) ربط المقاومات على التوالي

خواص الدائرة :-

1- التيار الكلي للدائرة (I_t)= التيار المار في اي مقاومة من المقاومات المربوطة على التوالي .

$$I_t = I_1 = I_2 = I_3$$

2- الضغط الكلي للدائرة (V_t) = مجموع الضغوط على طرفي كل مقاومة من المقاومات المربوطة.

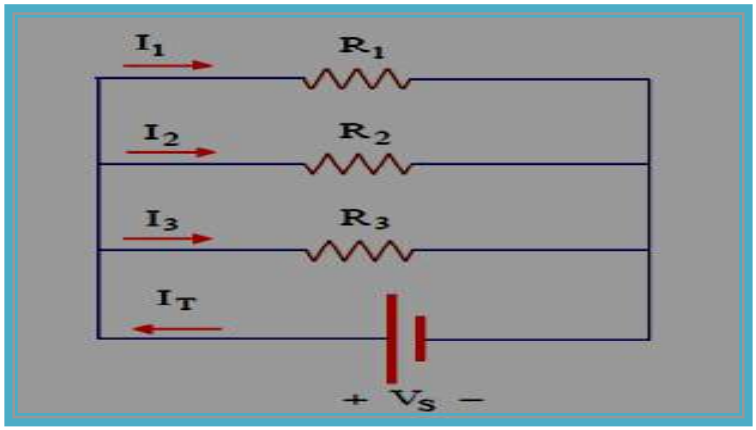
$$V_t = V_1 + V_2 + V_3$$

3- المقاومة الكلية للدائرة (R_t)= مجموع المقاومات المربوطة على التوالي .

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$

ب- الربط على التوازي :

لو ربطت المقاومات R_3,R_2,R_1 بحيث ان بداياتها تجتمع في نقطة واحدة ونهاياتها تجتمع في نقطة اخرى وربطت النقطتان على طرفي المصدر يقال ان المقاومات مربوطة على التوازي ، كما مبين في الشكل (3-9) .



شكل (3-9) ربط المقاومات على التوازي

خواص الدائرة :

1. التيار الكلي للدائرة (I_t)=مجموع التيارات المارة في كل مقاومة من المقاومات المربوطة.

$$I_t = I_1 + I_2 + I_3$$

2. الضغط الكلي للدائرة(V_t) = الضغط على طرفي اي مقاومة من المقاومات المربوطة .

$$Vt = V_1 = V_2 = V_3$$

3. مقلوب المقاومة الكلية للدائرة ($\frac{1}{R_t}$) = مجموع مقلوب كل مقاومة من المقاومات المربوطة .

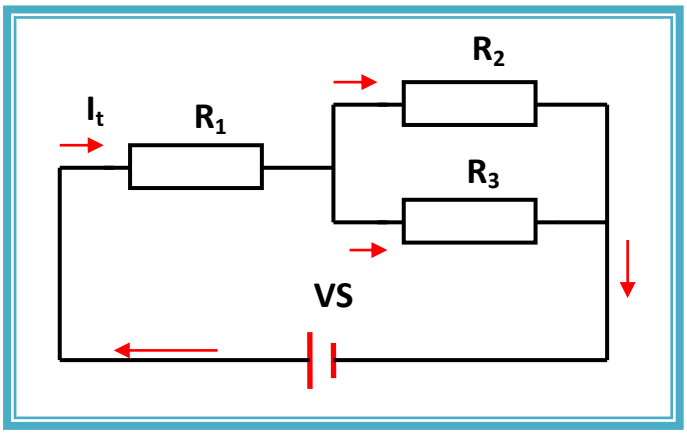
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

ملاحظة : في حالة ربط مقاومتان R_2,R_1 على التوازي فأن المقاومة المكافئة يمكن حسابها بالشكل

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} = \frac{R_1+R_2}{R_1 \times R_2} \qquad (\text{المقاومة المكافئة} = \frac{\text{حاصل جمع المقاومتين}}{\text{حاصل ضربهما}})$$

جـ . الربط المختلط : وهو يشمل الدائرة الكهربائية التي تحتوي على نوعي الربط التوالي والتوازي والغرض من هذا الربط هو للحصول على فرق جهد مختلف وقيم مختلفة للتيار في الدائرة .فمثلاً لو ربطت المقاومة R_1 بالتوالي مع المقاومتان R_3,R_2 المربوطة على التوازي، كما مبين في الشكل (3-10) فأن المقاومة المكافئة يمكن حسابها مما جاء اعلاة في ربط التوالي والتوازي .

$$R_t = R_1 + \frac{R_2 + R3}{R_2 \times R3}$$

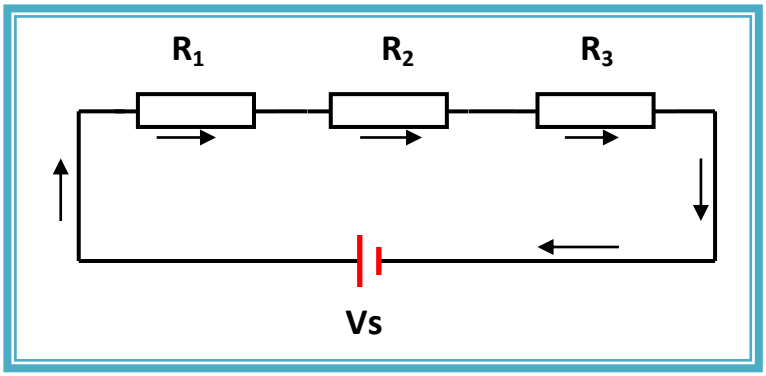


شكل (3-10) الربط المختلط

ملاحظة : في حالة الربط المركب يمكن معرفة طريقة ربط المقاومات في الدائرة من خلال مرور التيار الكهربائي فأذا كان التيار يمر في اتجاه واحد خلال المقاومات فأن المقاومات مربوطة على التوالي اما اذا تفرع التيار خلال المقاومات فأن المقاومات مربوطة على التوازي.

مثال : احسب المقاومة المكافئة للمقاومات (R_3, R_2, R_1) والتي قيمها (6,4,2) أوم اذا ربطت 1- على التوالي، 2- على التوازي، 3- المقاومة R_3 بالتوالي مع المقاومتان R_2,R_1 المربوطتين على التوازي مع رسم طريقة الربط في كل حالة .

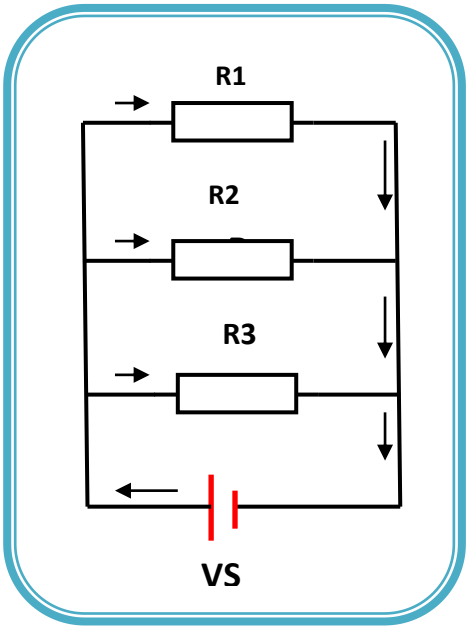
1. ربط التوالي



$R_t = R_1 + R_2 + R_3$

$R_t = 2 + 4 + 6 = 12\ \Omega$

2. ربط التوازي



$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

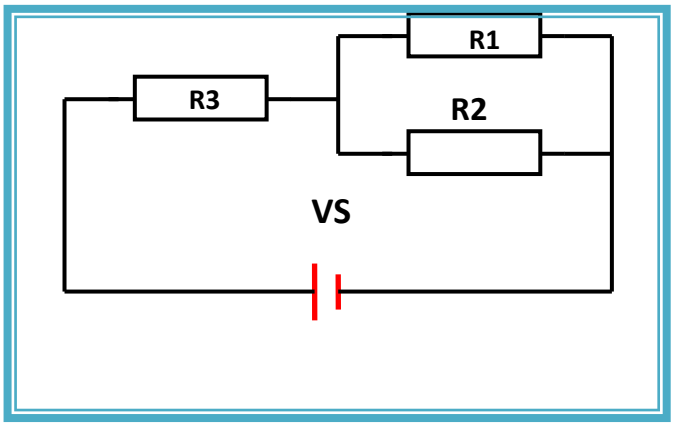
$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{6}$$

$$\frac{1}{R_t} = \frac{6+3+2}{12} = \frac{11}{12}$$

$$R_t = \frac{12}{11} = 1.05\ \Omega$$

3. الربط المختلط :

في هذه الحالة تحسب المقاومة المكافئة لكل جزء من الدائرة ويرمز لها بالرمز R_{t1}, R_{t2} ، اما المقاومة المكافئة للدائرة فيرمز لها بالرمز R_t



$$R_{t1} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} \quad \blacktriangleright = \frac{4 \times 2}{4+2}$$

$$R_{t1} = \frac{8}{6} = 1.3\ \Omega$$

$$R_t = R_3 + R_{t1}$$

$$= 6 + 1.3 = 7.3\ \Omega$$

ملاحظات مهمة : من خلال حل التمرين نستنتج

1. **ان المقاومة الكلية للمقاومات المربوطة على التوالي تكون اكبر من اكبر مقاومة مربوطة .**
2. **ان المقاومة الكلية للمقاومات المربوطة على التوازي تكون اصغر من اصغر مقاومة مربوطة.**

5-3المقاومة النوعية :

لكل موصل مقاومية (Resistivity) تعتمد على نوع مادة الموصل والشوائب الموجودة فية والتعامل الحراري لتحضيره تسمى بالمقاومة النوعية ويرمز لها بالحرف " رو " (ρ) ووحدة قياسها (اوم . ملم^2 / م) . وتعتمد مقاومة الموصل على ثلاثة عوامل رئيسية .

1. **طول الموصل (L) : ان قيمة المقاومة تتناسب طردياً مع طول الموصل (R α L) ويقاس بالمتر (م).**
2. **مسحة المقطع العرضي للمادة الموصلة (A) : ان مقاومة الموصل تتناسب عكسياً مع مساحة المقطع العرضي للموصل $R \ \alpha \ \frac{1}{A}$ ويقاس بالملمتر المربع " ملم^2 " .**
3. **نوع مادة الموصل (ρ) : ويقصد بها المقاومة النوعية والتي تتناسب طردياً مع مقاومة الموصل R α ρ .**

ومما جاء اعلاه نستنتج ان المقاومة (R) لاي موصل

$$R \alpha L \quad \blacktriangleright \quad R \alpha \frac{1}{A} \quad \blacktriangleright \quad R \alpha \frac{L}{A}$$

$$\therefore R = \rho \frac{L}{A} \ \Omega$$

$$\text{المقاومة} = \text{المقاومة النوعية} \times \frac{\text{طول السلك}}{\text{مساحة المقطع}}$$

5-3أ الموصلية (قابلية التوصيل النوعي): وهي مقلوب المقاومة النوعية ويرمز لها بالحرف (X) ووحدة قياسها م/ اوم .ملم^2 ويمكن استخدامها لحساب مقاومة الموصل .

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \blacktriangleright \quad X = \frac{1}{\rho} \quad \blacktriangleright \quad \therefore R = \frac{L}{X.A} \ \Omega$$

والجدول التالي يبين المقاومة النوعية وقابلية التوصيل النوعي لقسم من المواد .

اسم المادة	المقاومة النوعية	قابلية التوصيل النوعي
الفضة	0.0165	61
النحاس	0.0178	56
الالمنيوم	0.0287	35
البرونز	0.056-0.018	6.6-10
الرصاص	0.21	4.8

جدول رقم (3-2) يبين المقاومة النوعية وقابلية التوصيل النوعي لبعض المواد

مثال : سلك من الالمنيوم قطرة (2) ملم ومقاومته (3.5) أوم فما طولة علماً ان المقاومة النوعية للالمنيوم (0.0287) اوم .ملم^2 / م .

$$A = r^2 \pi \quad \blacktriangleright \quad = 1^2 \times 3.14 \quad \blacktriangleright \quad = 3.14 \text{ mm}^2$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad \blacktriangleright \quad 3.5 = 0.0287 \times \frac{L}{3.14} \quad \blacktriangleright \quad \therefore L = \frac{3.5 \times 3.14}{0.0287}$$

$$L = 382.7 \text{ m} \quad .$$

6-3 قانون أوم

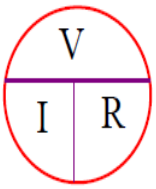
اكتشف العالم الالماني جورج أوم سنة 1827 قانوناً بسيطاً سمي بأسمة ويعتبر القانون الاساسي للهندسة الكهربائية . وينص هذا القانون على ان (التيار المار في سلك موصل يعتمد على مقدار الجهد المسلط على نهايتي السلك) اي يزداد التيار بزيادة الجهد اذا كانت المقاومة ثابتة .

الجهد = التيار × المقاومة $\qquad V = I \times R$

المقاومة = الجهد / التيار $\qquad R = \frac{V}{I}$

التيار = الجهد / المقاومة $\qquad I = \frac{V}{R}$

ولنتذكر هذه العلاقات يمكن استخدام الشكل الدائري المبين في الشكل (3-11) فأذا كان المطلوب حساب اي قيمة من القيم الثلاث تحجب تلك القيمة وتبقى لدينا قيمتين مفصولتين بخط ، اذا كان الخط عمودي يعني عملية ضرب واذا كان الخط افقي يعني عملية تقسيم .



الشكل (3-11) يوضح قانون اوم

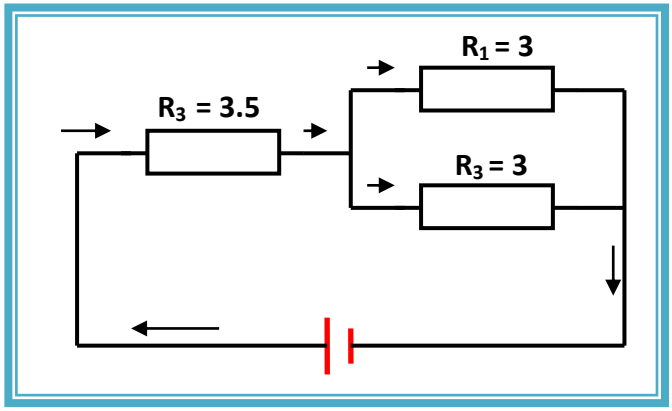
مثال :مصباح مقاومته (2) أوم وفرق الجهد على طرفية (12) فولت، جد مقدار التيار المار خلال المصباح .

$$I = \frac{V}{R} = \frac{12}{2} = 6\ A$$

مثال : من الرسم ادناه ، احسب 1. التيار الكلي للدائرة

2. فرق الجهد على طرفي كل مقاومة

3. التيار المار في كل مقاومة علماً ان ضغط المصدر"10 V "



$$R_{t1} = \frac{R1.R2}{R1+R2} = \frac{3\times3}{3+3} = 1.5\ \Omega$$

$$R_t = R_{t1} + R_3 = 1.5 + 3.5 = 5\ \Omega$$

$$I_t = \frac{V_t}{R_t} = \frac{10}{5} = 2\ A \qquad ، \qquad V_3 = I_t \times R_3 = 2\times 3.5 = 7\ V$$

$V_t = V_3 + (V_1 \; Or \; V_2)$ ، $\therefore V_1 = V_2 = V_t - V_3$ ► = 10

$-7 = 3\,V$ $I_1 = \frac{V_1}{R_1} = \frac{3}{3} = 1\ A$ ، $I_2 = \frac{V_2}{R_2} = \frac{3}{3} = 1\ A$

$I_3 = I_T = I_1 + I_2 = 1 + 1 = 2\ A$

7-3 هبوط الجهد وقانوني كيرشوف

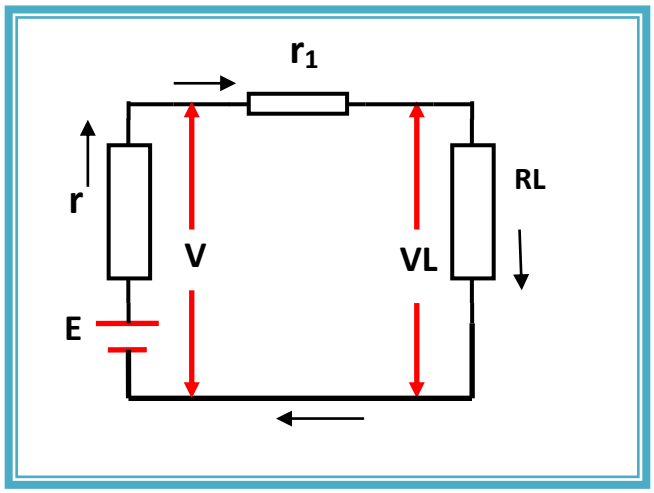
هبوط الجهد:

ان مرور التيار الكهربائي في اي مقاومة يسبب هبوطاً في الفولتية في تلك المقاومة ، ان اي مصدر للطاقة الكهربائية لم تكن كفاءته 100% فأنة يحتوي على مقاومة معينة ضد مرور التيار فيه، وهذة المقاومة تسمى بالمقاومة الداخلية للمصدر (Internal Resistance) ويرمز لها بالرمز (r) ، واذا اخذنا ابسط دائرة كهربائية كما مبينة في الشكل (3-12)، تتكون من مصدر للطاقة الكهربائية (بطارية) ومن مقاومة اعتيادية كحمل واسلاك ناقلة للطاقة ذات مقاومة معينة يرمز لهل بالرمز (r_1)، فأن تياراً كهربائياً سيمر في هذه الدائرة ما دامت مغلقة ، لنفرض ان ال ق. ء. ك للمصدر هي (E) ونتيجة لمرور تيار كهربائي خلالها فأن الفولتية على طرفي المصدر هي (V) وهي اقل من ال ق.ء.ك بمقدار الجهد المفقود في المقاومة الداخلية للمصدر وكذلك فأن الضغط على طرفي الحمل هو (V_L) وهو اقل من (V) بمقدار هبوط الجهد في مقاومة الاسلاك .

$V = E - I_r$

$V_L = V - I_{r1}$

ومن هذا نستنتج ان هبوط الجهد : هو فقدان في الجهد من المصدر الى الحمل .



شكل (3-12) يوضح هبوط الجهد

مثال : بطارية مقاومتها الداخلية (0.2) أوم و ال ق.ء.ك فيها (12) فولت جد مقدار المقاومة المربوطة الى هذة البطارية والمتسببة بمرور تيار مقدارة (2) امبير .

$$E = I \times R_t \quad \blacktriangleright \quad 12 = 2 \times R_t \quad \blacktriangleright \quad \therefore R_t = \frac{12}{2} = 6\ \Omega$$

$$R_T = R + r \quad \blacktriangleright \quad 6 = R + 0.2 \quad \blacktriangleright \quad \therefore R = 6 - 0.2 = 5.8\ \Omega$$

ملاحظة : في اغلب دوائرنا الكهربائية غالباً ما تهمل المقاومة الداخلية للمصدر ومقاومة الاسلاك الناقلة للتيار بسبب صغرها نسبة الى مقاومة الحمل .

قانوني كيرشوف :

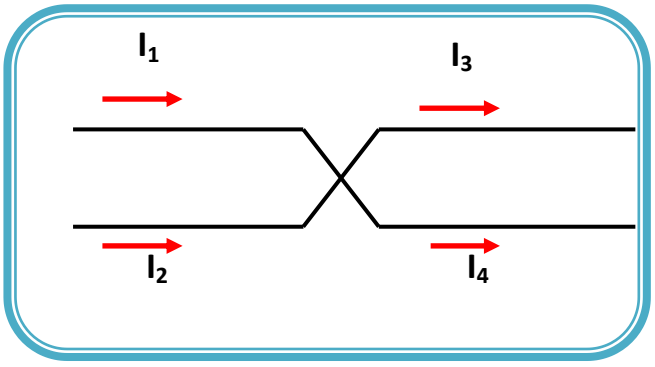
في بعض الاحيان تكون عملية تحليل الدائرة الكهربائية بأستخدام قانون اوم غير ممكنة وخاصة عندما تحتوي الدائرة على اكثر من مصدر للجهد . ولتحليل مثل هذه الدوائر نستخدم قانوني كيرشوف نسبة للعالم الالماني غوستاف روبرت كيرشوف .

1. القانون الاول : قانون التيارات (Current Law) .

ان المجموع الجبري للتيارات المجتمعة عند اي نقطة يساوي صفراً او ان مجموع التيارات الداخلة لاي نقطة يساوي مجموع التيارات الخارجة منها . نلاحظ من الشكل (3-13) ان I_1, I_2 تمثل التيارات الداخلة الى النقطة في حين ان التيارات I_3, I_4 هي التيارات الخارجة من تلك النقطة .

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 = 0$$

$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4$$



شكل (3-13) قانون كيرشوف الاول

2. القانون الثاني : قانون الفولتيات (Voltage Law) .

مجموع القوة الدافعة الكهربائية لمصادر الجهد في اي دائرة كهربائية مغلقة يساوي مجموع الفولتيات المفقودة على المقاومات .

اسئلة الفصل الثالث

س1 : عرف كلاً مما يأتي (التيار الكهربائي ،الشحنة الكهربائية، الامبير، المقاومة الكهربائية، قانون اوم ، قانون كيرشوف الثاني ،القوة الدافعة الكهربائية . اشباه الموصلات، هبوط الجهد)

س2 : عدد طرق قياس المقاومة الكهربائية .

س3 : ما هي العوامل التي تعتمد عليها مقاومة الموصل . عددها .

س4 : متى تصبح الذرة ايوناً، اشرح ذلك .

س5 : عدد انواع المقاومات وبين كيف يمكن حساب مقاومة الموصل .

س6 : ما هي اوجه التشابه والاختلاف بين الجهد الكهربائي وال ق.ء.ك .

س7 : ما المقصود بالمقاومات الخاصة ، وعدد انواعها .

س8 : مقاومة عليها الالوان التالية (برتقالي – برتقالي – احمر – ذهبي) حدد ما هي اقصى قيمة واقل قيمة متوقعة للتيار عند القياس. اذا كان مصدر الجهد الموصل بالدائرة (12).

ج/ (3.46 mA , 3.8 mA)

س9 : ثلاث مقاومات مربوطة على التوالي (45 , 15 ,90) والتيار المار خلال الدائرة (100 ملي امبير) .احسب الضغط على طرفي المصدر (Vs) .

ج/ (15 V)

س10 : مقاومة موصلة عبر مصدر جهد قيمته (25) فولت .اوجد قيمة التيار المار في المقاومة اذا كانت المقاومة تحمل الالوان (اصفر ، بنفسجي ، برتقالي ، فضي) .

ج/ (0.53 mA)

س11 : المقاومتان R_2,R_1 مربوطتين على التوالي قيمة المقاومة R_1 (1.5) كيلو اوم والضغط على طرفيها (4.69) فولت . احسب قيمة المقاومة الثانية اذا علمت ان ضغط المصدر (15) فولت .

ج/ (3.29 KΩ)

س12 : من الرسم (3-14) ادناة احسب المقاومة الكلية بين كل زوج من النقاط C,B,A .

ج/

Rab = (R1 +R3) x R2 / R1 + R2 + R3

Rac = (R1 + R2) x R3 / R1 + R2 + R3

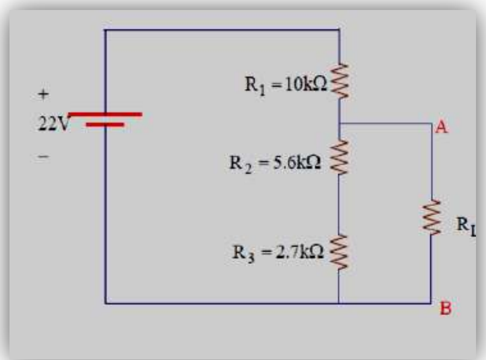
Rcb = (R2 + R3) x R1 / R1 + R2 + R3

س13 : من الرسم (3-15) ادناة احسب التيار الكلي للدائرة في حالة عدم اتصال الحمل (R_L) بين النقطتين B,A ثم احسب التيار الكلي في حالة ربط حمل مقاومتة (10) كيلو اوم وكذلك احسب الضغط على طرفي الحمل .

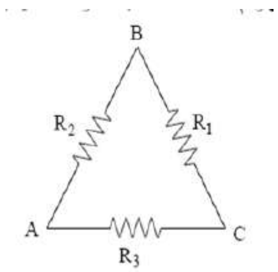
ج/ (7 V , 1.2 mA , 1.5 mA)

س14 : ما هو قطر السلك اللازم استخدامه لعمل ملف من النحاس اذا علمت ان عدد لفات الملف (200) لفة وان طول اللفة الواحدة (50) سم .وان المقاومة الكلية للملف (130) اوم. علماً ان قابلية التوصيل النوعي للنحاس (56) م/ اوم. ملم^2 .

ج/ (0.123 mm)



شكل (3-15)



شكل (3-14)

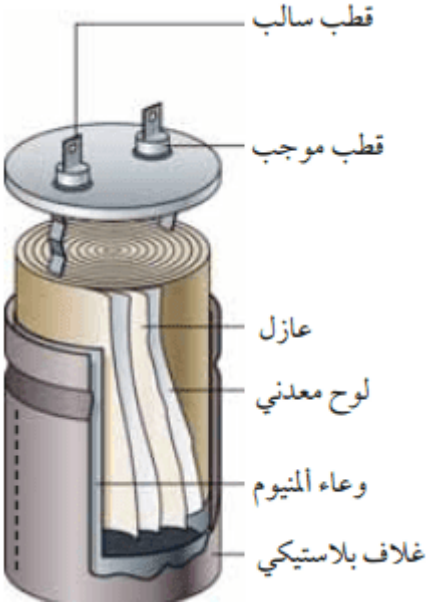
محتويات

الفصل الرابع

المتسعات

الاهداف :

1) التعرف على تركيب المتسعة .
2) التعرف على حساب سعة المتسعة .
3) التعرف على وحدات قياس سعة المتسعة .
4) التعرف على العوامل التي تعتمد عليها المتسعة .
5) التعرف على حساب الطاقة المخزونة في المتسعة .
6) التعرف على انواع المتسعات .
7) التعرف على كيفية التمييز بين طرق ربط المتسعات .



1-4 المتسعة ووحداتها والعوامل التي تعتمد عليها المتسعة

المتسعة (المكثف) :

تعتبر من العناصر المهمة في الدوائر الكهربائية و تستخدم لخزن الشحنات الكهربائية و زيادتها عند زيادة الجهد و تفريغها عندما يهبط الجهد على طرفيه ، المتسعة عبارة عن لوحين أو صفيحتين مصنوعتين من مادة موصلة يفصل بينهما عازل كالهواء أو غيره .

سعة المتسعة :

هي كمية الشحنات الكهربائية التي تستوعبها المتسعة عند تسليط فرق جهد كهربائي معين على طرفي المتسعة و يرمز لها بالحرف (C) و تقاس بالفاراد (F).

يمكن حساب سعة المتسعة من العلاقة الرياضية الآتية

$$\text{السعة} = \frac{\text{الشحنة}}{\text{فرق الجهد}} \qquad C = \frac{Q}{V}$$

حيث أن :

Q = الشحنة الكهربائية و وحدتها (كولوم)

V = فرق الجهد على طرفي المتسعة و وحدتها (فولت)

C = السعة و وحدتها (فاراد)

وحدات القياس: أن الوحدة الأساسية لقياس السعة هي الفاراد (F)

الفاراد Farad : هي سعة المتسعة التي تتطلب فرق جهد مقداره فولت واحد للحصول على شحنة مقدارها كولوم واحد ، أن الفاراد وحدة قياس كبيرة جدا لذلك جزء الفاراد إلى وحدات صغيرة تستعمل في قياس سعة المتسعات و هي :

1- المايكرو فاراد و يرمز له (µ F) حيث أن : $1F= 10^6$ µF
2- النانو فاراد و يرمز له (nF) حيث أن: $1F=10^9$ nF
3- البيكو فاراد و يرمز له (PF) حيث أن : $1F= 10^{12}$ PF

مثال/ حول (77 PF) الى الفاراد ، المايكرو فاراد

(77 PF) = 77 × 10^{-12} F

(77 PF) = 77 × 10^{-6} µF

مثال/ حول (55 µF) الى الفاراد ، النانو فاراد ، البيكو فاراد

(55 µF) = 55 × 10^{-6} F

(55 µF) = 55 × 10^{3} nF

(55 µF) = 55 × 10^{6} PF

العوامل التي تعتمد عليها السعة : توجد ثلاثة عوامل تعتمد عليها سعة المتسعة و هي:

1- المساحة السطحية لصفائح المتسعة : أن سعة المتسعة تتناسب طرديا مع المساحة السطحية للصفائح أو الألواح فإذا ازدادت مساحة الصفائح ازدادت سعة المتسعة ، و ذلك لزيادة استيعابه للشحنات الكهربائية ، و تقل السعة أذا قلت المساحة السطحية للصفائح .

2- المسافة بين الصفائح : تقل السعة عندما تزداد المسافة بين الصفائح و تزداد السعة كلما قلت المسافة بين الصفائح أي يوجد تناسب عكسي بين سعة المتسعة و المسافة بين الصفائح و لذلك يوضع بين الصفائح المعدنية عازل خفيف ذو قابلية عزل كبيرة و تضغط الصفائح المعدنية على العازل بشدة لتقليل المسافة بينها .

3- المادة العازلة : تتغير سعة المتسعة بتغير المادة العازلة الموجودة بين الصفائح و يعتبر الهواء الوحدة الأساسية لمقارنة قابلية عزل المواد الأخرى المستعملة في المتسعات ، فإذا كانت للمتسعة سعة معينة في حالة كون الهواء هو المادة العازلة بين الصفائح فان استعمال مواد أخرى عازلة عوضا عن الهواء سيودى إلى زيادة السعة . والقانون الآتي يبين العلاقة بين العوامل المذكورة أعلاه و السعة: $C = \frac{a}{d} \times E_r E_O$

حيث أن:

C = سعة المتسعة و تقاس بالفارد (F)

a = المساحة السطحية للصفيحة الواحدة و تقاس بالمتر المربع (m^2)

d = المسافة بين الصفيحتين و تقاس بالمتر (m)

Er = معامل عزل المادة (كمية نسبية)

Eo = معامل عزل الهواء يساوي (8.85×10^{-13} فاراد / متر)

الطاقة المخزونة في المتسعة : عند توصيل المتسعة في دائرة التيار المستمر ، وفصله منها تبقى الشحنة مخزونة فيه ، هذه الشحنة يستفاد منها لتغذية دوائر كهربائية معينة لفترة قصيرة ، وذلك عندما ينقطع المصدر المغذي ، هذه الشحنات المخزونة في المتسعة تعد طاقة كهربائية يمكن حسابها للاستفادة منها في الدائرة الكهربائية ، وعندما تكون سعة المتسعة ثابتة ، تتغير قيمة فرق الجهد تبعا لمقدار الشحنة ، يمكن حساب الطاقة المخزونة في المتسعة من العلاقة الرياضية الآتية :

$$E = \frac{1}{2} \times Q\,V$$

حيث أن :

E = هي الطاقة المخزونة في المتسعة ووحدة قياسها جول .

V = هي فرق الجهد على طرفي المتسعة ووحدة قياسها الفولت .

Q = هي شحنة المتسعة ووحدة قياسها الكولوم .

2-4 أنواع المتسعات وطرق ربطها :

انواع المتسعات : يوجد نوعان من المتسعات هما المتسعات الثابتة و المتسعات المتغيرة .

1- المتسعات الثابتة : تعتبر من المتسعات الأكثر استخداما و تتكون من صفيحتي معدن الألمنيوم أو النحاس متقابلتين تفصل بينهما مادة عازلة و تصنف حسب نوع المادة العازلة المستعملة فيها، لكل نوع من هذه الأنواع سعته و مقدار الجهد الذي يمكن تسليطه والفقدان الكهربائي فيه ، ونرمز لها كما مبين شكل رقم (4-1).

شكل رقم (4-1) الرمز الكهربائي
للمتسعة الثابتة

و تكون المتسعات الثابتة على انواع مختلفة كما هو مبين في الشكل (4-2) .

شكل رقم (4-2) متسعات ثابتة مختلفة الأنواع والأحجام

أ- المتسعات الورقية:- تتكون من صفيحتين من الألمنيوم تفصلهما طبقة من الورق المشبع بالشمع وتغلف أحيانا بغلاف معدني وتستعمل في دوائر الجهد العالي ، كمرسلات الإذاعة أو في دوائر تجهيز جهد التيار المستمر وتتراوح سعة هذه المتسعات بين (0.00001) إلى (4) مايكرو فاراد .

ب-المتسعات البلاستيكية:- تكون المادة العازلة عبارة عن شريط بلاستيكي ويكون حجمها اكبر من حجم المتسعات الورقية .

ج-متسعات المايكا :- تكون المادة العازلة هي المايكا التي تجعل الفقدان الكهربائي قليل جدا والجهد المسموح به عالي جدا يصل (30) كيلو فولت وتستخدم في دوائر الإرسال والاستقبال الإذاعي ولكن بشكل محدود بسبب كلفتها العالية .

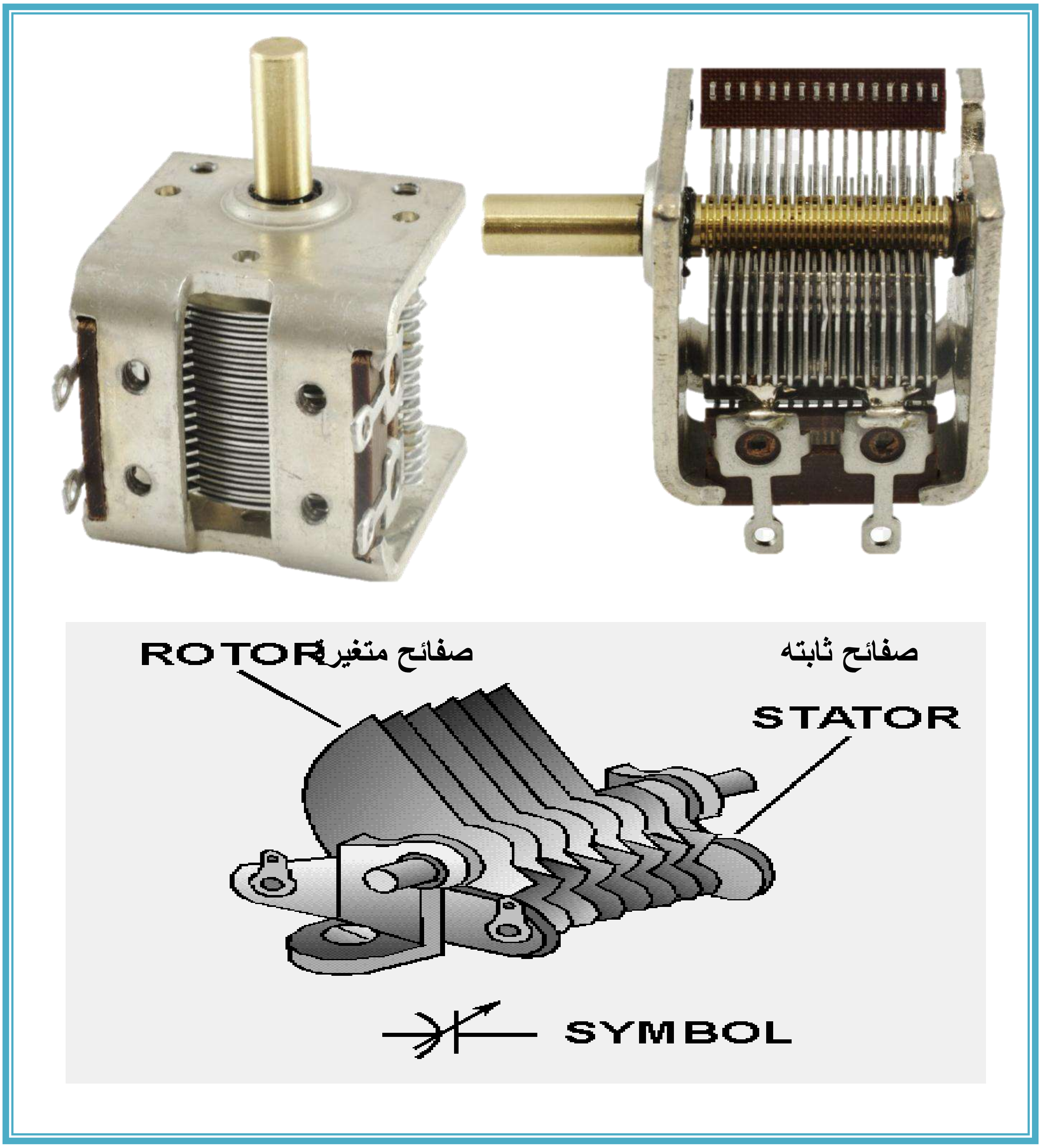
د-المتسعات السيراميكية :- تستعمل للجهد العالي وان سعتها تتغير مع تغير الحرارة .

هـ-المتسعات الزجاجية:- تصل سعتها إلى (0.01) مايكرو فاراد وتتحمل جهد مقداره (6000) فولت وتمتاز بعدم تأثر سعتها بالحرارة قليلا .

و-المتسعات الالكتروليتية:- تتكون من وعاء من الألمنيوم مملؤ بمحلول الكتروليتي يمثل القطب السالب للمتسعة وفي وسطه قضيب من الألمنيوم يمثل القطب الموجب يعزل بطبقة اوكسيدية رقيقة عن الالكتروليت الذي يحيط به .تحدد سعة هذه المتسعات بـ (150) مايكرو فاراد والجهد المسلط بـ (600) فولت.ونرمز لها

شكل رقم (4-3) الرمز الكهربائي للمتسعة الالكتروليتية

2- المتسعات المتغيرة : تتكون من صفائح ثابتة وأخرى مثبتة على محور متحرك ويكون الهواء هو المادة العازلة بينهما وتكون الصفائح مصنوعة من الألمنيوم وان تغير موقع الصفائح المتحركة يغير من المساحة السطحية الفعالة للمتسعة والتي تساوي المساحة المتداخلة مما يغير السعة الكلية للمتسعة وتستخدم هذه المتسعات في أجهزة الراديو والتلفزيون ويمثل الشكل رقم (4-4) المتسعات المتغيرة.



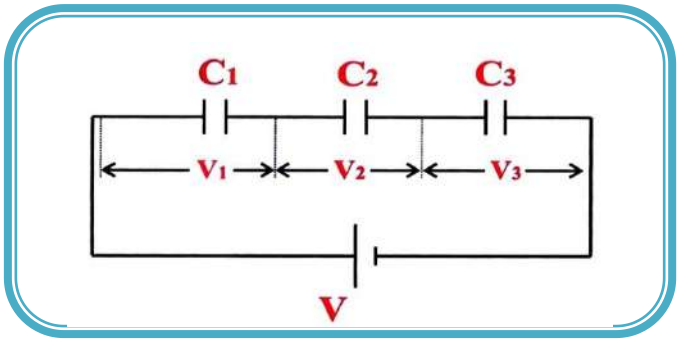
شكل رقم (4-4) المتسعات المتغيرة

طرق ربط المتسعات :

يمكن ربط مجموعة من المتسعات بطرق مختلفة للحصول على سعة معينة قد لا يمكن الحصول عليها من متسعة واحدة ومن هذه الطرق ما يلي :

ربط المتسعات على التوالي:

لأجل ربط مجموعة من المتسعات على التوالي ولتكن ثلاثة متسعات حيث تربط بداية المتسعة الأولى مع القطب الموجب للمصدر ونهايته مع بداية المتسعة الثانية ، ونهاية المتسعة الثانية مع بداية المتسعة الثالثة ونهاية المتسعة الثالثة مع القطب السالب للمصدر كما في الشكل (4-5).



شكل (4-5) ربط المتسعات على التوالي

أن شحنة المصدر هي نفس شحنة كل متسعة،اي ان: $Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$

أن جهد المصدر يساوي مجموع فروق الجهد على جميع المتسعات ،أي أن :

$$V_T = V_1 + V_2 + V_3$$

حيث أن: $V_T = \frac{Q_T}{C_T}$, $V_1 = \frac{Q_1}{C_1}$, $V_2 = \frac{Q_2}{C_2}$, $V_3 = \frac{Q_3}{C_3}$

وبالتعويض $\frac{Q_T}{C_T} = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3}$

وبما أن الشحنة متساوية فأن السعة الكلية (المكافئة) $\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$

أي أن مقلوب السعه الكلية لسعات عدد من المتسعات المربوطة على التوالي يساوي مجموع مقلوب هذه المتسعات.

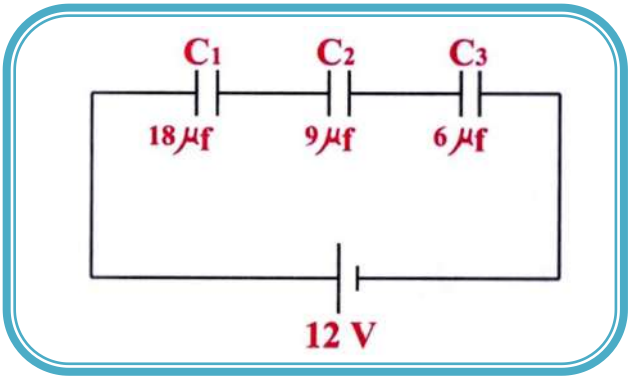
أما الطاقة المخزونة في الدائرة (E) و وحدة قياسها (جول) فتحسب من القانون التالي :

$$E = \frac{1}{2} \times Q \times V$$

مثال : في الشكل (4-6) ثلاثة متسعات قيمها (6,9,18) مايكرو فاراد مربوطة على التوالي إلى مصدر جهد للتيار المستمر و مقداره (12) فولت . احسب:-

1- السعه الكلية للدائرة. 2 - شحنة الدائرة الكلية. 3 - فرق الجهد على طرفي كل متسعة.

4 - جهد مصدر الدائرة. 5 -الطاقة المخزونة في الدائرة .



شكل (4-6)

الحل :(1) السعة الكلية للدائرة

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{18} + \frac{1}{9} + \frac{1}{6} = \frac{1+2+3}{18} = \frac{6}{18}$$

$$C_T = \frac{18}{6} = 3\ \mu F$$

(2) شحنة الدائرة الكلية

$Q_T = C_T \times V_T$ كولوم

$$Q_T = 3 \times 10^{-6} \times 12 = 36 \times 10^{-6}$$

$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$

(3) فرق الجهد على طرفي كل متسعة

$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{36\times10^{-6}}{18\times10^{-6}} = 2$ فولت

$V_2 = \frac{Q_2}{C_2} = \frac{36\times10^{-6}}{9\times10^{-6}} = 4$ فولت

$V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{36\times10^{-6}}{6\times10^{-6}} = 6$ فولت

(4) جهد مصدر الدائرة

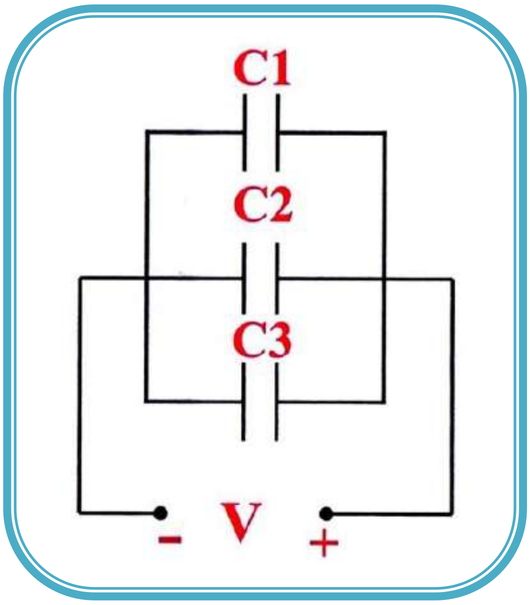
$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 2 + 4 + 6 = 12$ فولت

(5) الطاقة المخزونة في الدائرة

$E = \frac{1}{2} \times Q_T \times V_T$

$E = \frac{1}{2} \times 36 \times 10^{-6} \times 12 = 216 \times 10^{-6}$ جول

ربط المتسعات على التوازي : يمكن ربط مجموعة من المتسعات على التوازي ولتكن ثلاثة متسعات حيث تربط نهاياتها بنقطه واحده و توصل إلى القطب الموجب للمصدر و تربط بداياتها بنقطه واحده و توصل إلى القطب السالب للمصدر كما في الشكل (4-7).



الشكل رقم (4-7) ربط المتسعات على التوازي

أن فرق الجهد على المتسعات يكون متساوي و يساوي جهد المصدر :

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

الشحنة الكلية لمصدر الجهد تساوي مجموع الشحنات لهذه المتسعات :

$$Q_T = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

حيث أن :

$$Q_1 = C_1 \times V_1$$

$$Q_2 = C_2 \times V_2$$

$$Q_3 = C_3 \times V_3$$

$$Q_T = C_T \times V_T$$

وبالتعويض $$C_T \times V_T = (C_1 \times V_1) + (C_2 \times V_2) + (C_3 \times V_3)$$

وبما أن فرق الجهد على المتسعات يكون متساوي ويساوي جهد المصدر إذن :

السعة الكلية (المكافئة) لسعات عدد من المتسعات المربوطة على التوازي تساوي مجموع سعات هذه المتسعات .

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

مثال : في الشكل (4-8) ثلاث متسعات قيمها (4،8،12) مايكرو فاراد مربوطة على التوازي إلى مصدر جهد للتيار المستمر مقداره (10) فولت احسب :

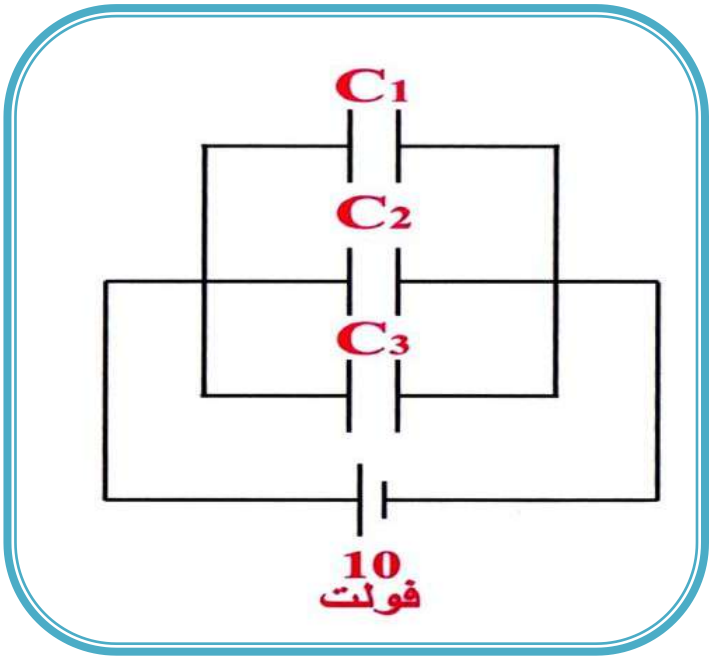
1- السعة الكلية .

2- الشحنة الكلية للدائرة .

3- فرق الجهد على طرفي كل متسعة .

4- شحنة كل متسعة .

5- الطاقة المخزونة في الدائرة .



شكل (4-8)

الحل :

(1) السعة الكلية

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3$$

$$CT = 4 + 8 + 12 = 24\ \mu F$$

(2) الشحنة الكلية للدائرة

$Q_T = C_T \times V_T$

$Q_T = 24 \times 10^{-6} \times 10 = 240 \times 10^{-6}$ كولوم

(3) فرق الجهد على طرفي كل متسعة

$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = 10$ (فولت)

(4) شحنة كل متسعة

$Q_1 = C_1 \times V_1 = 4 \times 10^{-6} \times 10 = 40 \times 10^{-6}$ كولوم

$Q_2 = C_2 \times V_2 = 8 \times 10^{-6} \times 10 = 80 \times 10^{-6}$ كولوم

$Q_3 = C_3 \times V_3 = 12 \times 10^{-6} \times 10 = 120 \times 10^{-6}$ كولوم

(5) الطاقة المخزونة في الدائرة

$E = \frac{1}{2} \times Q_T \times V_T$

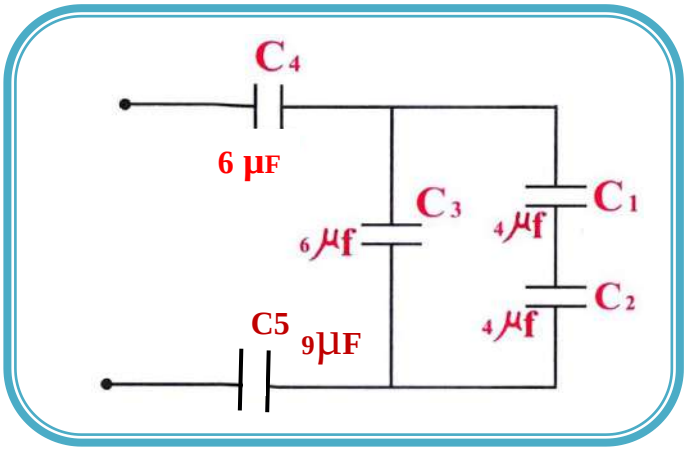
$E = \frac{1}{2} \times 240 \times 10^{-6} \times 10$

$E = 1200 \times 10^{-6} = 1.2 \times 10^{-3}$ جول

الربط المختلط للمتسعات:

يتم توصيل المتسعات بالتوالي والتوازي معا في دائرة كهربائية واحدة وتطبق على تلك الدائرة قوانين ربط التوالي والتوازي .

مثال : احسب السعة الكلية للمتسعات المربوطة في الشكل (9-4)

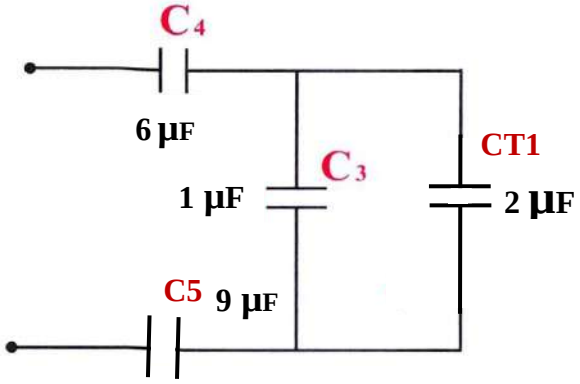


الشكل (9-4)

نلاحظ أن المتسعة C_1 ، C_2 مربوطتان على التوالي والسعة الكلية لهما هي :

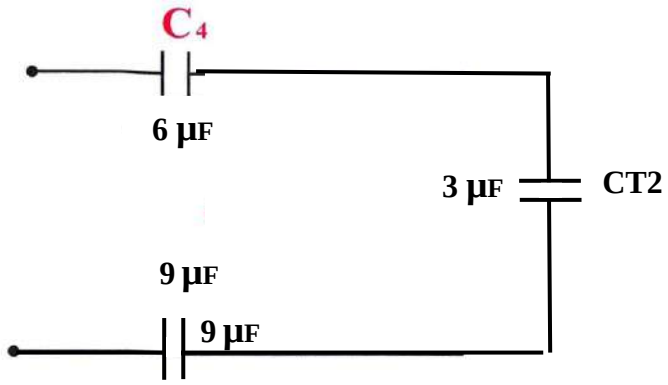
$$\frac{1}{C_{T1}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} = \frac{1}{4} + \frac{1}{4} = \frac{1+1}{4} = \frac{2}{4}\ \mu F$$

$$C_{T1} = \frac{4}{2} = 2\ \mu F$$



المتسعة المكافئة C_{T1} والمتسعة C_3 مربوطتان على التوازي والسعة الكلية لهما هي :

$$C_{T2} = C_3 + C_{T1} = 1 + 2 = 3 \ \mu F$$



المتسعة المكافئة CT2 والمتسعة C4 والمتسعة C5 مربوطتان على التوالي والسعة الكلية لهما هي :

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_4} + \frac{1}{C_{T2}} + \frac{1}{C_5} = \frac{1}{6} + \frac{1}{3} + \frac{1}{9}$$

$$\frac{1}{C} = \frac{3+6+2}{18} = \frac{11}{18} \ \mu F$$

السعة الكلية للدائرة

$$C = 1.636 \ \mu F$$

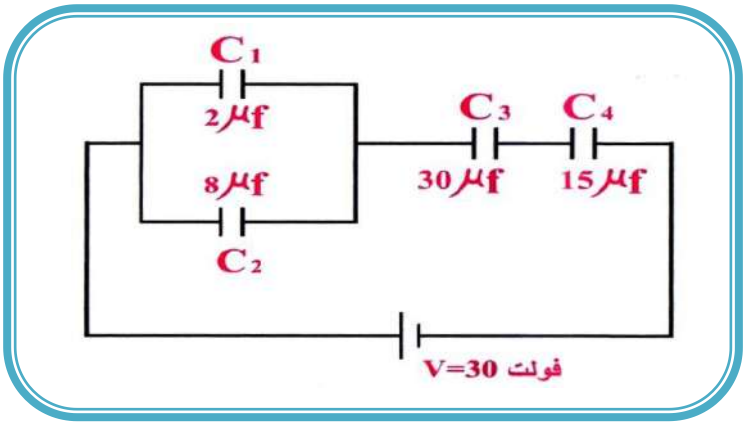
مثال: من الشكل (4-10) المطلوب حساب ما يلي :

1- السعة الكلية للدائرة .

2- الشحنة الكلية للدائرة .

3- الشحنة على كل متسعة .

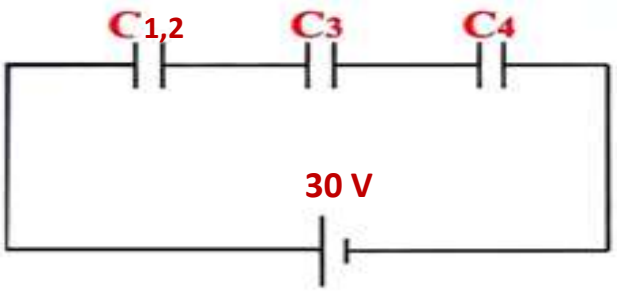
4-الطاقة المخزونة في الدائرة .



الشكل (4-10)

(1) السعة الكلية للدائرة

$C_{1,2} = C_1 + C_2 = 2 + 8 = 10 \quad \mu F$



$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_{1,2}} + \frac{1}{C_3} + \frac{1}{C_4} = \frac{1}{10} + \frac{1}{30} + \frac{1}{15} = \frac{6}{30}$$

$$\therefore C_T = \frac{30}{6} = 5\ \mu F$$

(2) الشحنة الكلية للدائرة

$Q_T = C_T \times V_T = 5 \times 10^{-6} \times 30 = 150 \times 10^{-6}$ كولوم

(3) الشحنة على كل متسعة

المتسعة $C_{1,2}$ والمتسعة C_3 والمتسعة C_4 مربوطة على التوالي لذلك تكون شحنة كل متسعة متساوية وتساوي الشحنة الكلية.

$Q_T = Q_{1,2} = Q_3 = Q_4 = 150 \times 10^{-6}$ كولوم

$V_{1,2} = \frac{Q_T}{C_{1,2}} = \frac{150\times10^{-6}}{10\times10^{-6}} = 15$ فولت

$\therefore Q_1 = C_1 \times V_{1,2} = 2 \times 10^{-6} \times 15 = 30 \times 10^{-6}$ كولوم

$\therefore Q_2 = C_2 \times V_{1,2} = 8 \times 10^{-6} \times 15 = 120 \times 10^{-6}$ كولوم

(4) الطاقة المخزونة في الدائرة

$E = \frac{1}{2} \times Q_T \times V_T = \frac{1}{2} \times 150 \times 10^{-6} \times 30 = 2250 \times 10^{-6}$ جول

اسئلة الفصل الرابع

س1 : عرف ما يلي (المتسعة ، سعة المتسعة ، الفاراد)؟

س2 : عدد وحدات قياس سعة المتسعة .

س3 : اذكر العوامل التي تتوقف عليها سعة المتسعة .

س4 : عدد أنواع المتسعات .

س5: ما انواع المتسعات الثابتة ؟

س6 كيف نحصل على الطاقة المخزونة في المتسعة ؟

س7 : ما الفرق بين ربط المتسعات على التوالي والتوازي .

س8 : ربطت متسعتان على التوالي (3 , 6) مايكرو فاراد الى مصدر جهد مقداره (12) فولت أحسب :
1- السعة الكلية للدائرة . 2- الشحنة الكلية .

الجواب : 2- $Q = 24 \times 10^{-6}$ C 1- $C = 2\mu F$

س9 : ربطت ثلاث متسعات على التوالي (2 , 3 ,6) مايكرو فاراد الى مصدر جهد مقداره (24) فولت أحسب :
1- السعة الكلية . 2- الشحنة الكلية . 3- فرق الجهد على طرفي كل متسعة .

الجواب : 3- $V1 = 12$ V , $V2 = 8V$, $V3 = 4$ V 2- $Q = 24 \times 10^{-4}$ C 1- $C = 1\ \mu F$

س10 : ربطت ثلاث متسعات على التوازي قيمها (2 , 3 ,5) مايكرو فاراد الى مصدر جهد مقداره (12) فولت احسب :

1- السعة الكلية (المكافئة) للدائرة . 2- الشحنة الكلية .

الجواب : 2- $Q = 120 \times 10^{-4}$ C 1- $C = 10\ \mu F$

س[11] : ربطت متسعتان على التوازي قيمهما (2 , 4) مايكرو فاراد الى مصدر جهد مقداره (16) فولت احسب مقدار الشحنة على كل متسعة .

الجواب : $Q1 = 32 \times 10^{-6}\ C$ $Q2 = 64 \times 10^{-6}\ C$

س[12] : متسعة قيمتها (6) مايكرو فاراد وصلت بمصدر جهد (12) فولت ، أحسب :

1- الطاقة المخزونة فيها . **2- شحنة المتسعة .**

الجواب : $1- E = 432 \times 10^{-6}\ J$ $2- Q = 27 \times 10^{-6}\ C$

س[13] : ربطت متسعتان على التوازي قيمة المتسعة الاولى (6) مايكرو فاراد وقيمة المتسعة الثانية (8) مايكرو فاراد ، ربطت المتسعتان بدائرة كهربائية مع متسعة اخرى بالتوالي قيمتها (14) مايكرو فاراد وربطت المتسعات الثلاثة الى مصدر جهد مقداره (30) فولت ، المطلوب حساب :

1- السعة الكلية للدائرة .

2- الشحنة الكلية للدائرة .

3- الشحنة على طرفي كل متسعة .

4- الطاقة المخزونة في الدائرة الكهربائية .

الجواب :

$1- C = 7\ \mu F$

$2- Q = 210 \times 10^{-6}\ C$

$3- Q1 = 90 \times 10^{-6}\ C$

$Q2 = 120 \times 10^{-6}\ C$

$Q3 = 210 \times 10^{-6}\ C$

$4- E = 3150 \times 10^{-6}\ J$

محتويات

الفصل الخامس

تأثيرات التيار الكهربائي

الاهداف :

1) التعرف على تأثيرات التيارالكهربائي .

2) التعرف على خواص المجال المغناطيسي والحث الذاتي والمتبادل .

3) التعرف على مصادر التيار المستمر .

تصحب التيار الكهربائي تأثيرات عدة على المواد التي ينتقل خلالها وتظهر واضحة في كثير من الاجهزة الكهربائية مثل السخانات ،المصابيح ،الجرس الكهربائي وغيرها ، وهذة التأثيرات هي

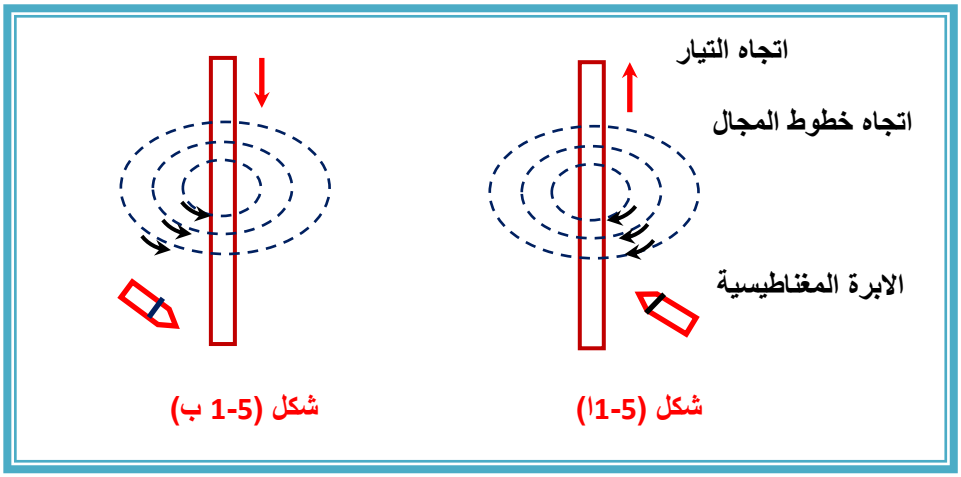
1. **التأثير الحراري للتيار الكهربائي .**
2. **التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي .**
3. **التأثير الكيمياوي للتيار الكهربائي .**
4. **التأثير الفسيولوجي للتيار الكهربائي على الاحياء .**

وسنتناول في هذا الفصل التأثيرين المغناطيسي والكيمياوي للتيار الكهربائي .

1-5 التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي

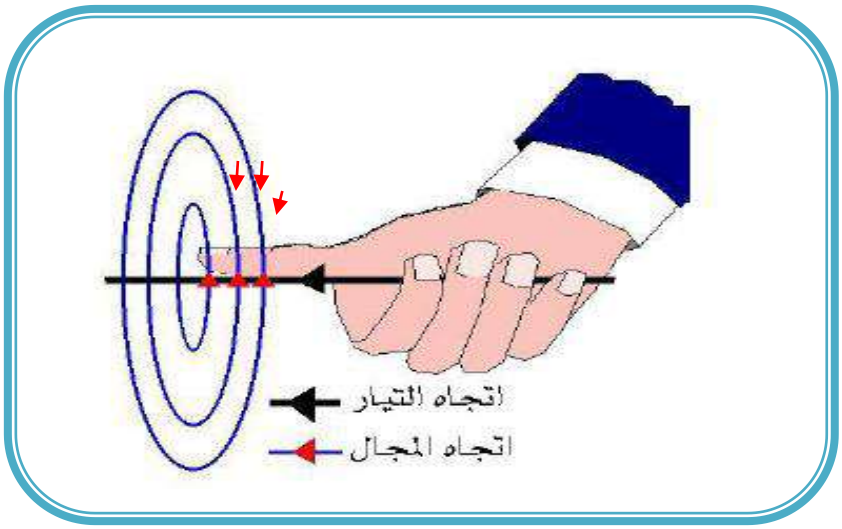
وضع العالم الفيزياوي الانكليزي وليم جلبرت سنة (1600) كتاباً اسمة "المغناطيس " ربط بين الظواهر الكهربائية والظواهر المغناطيسية المعروفة في ذلك الوقت .ويعتبر هذا الكتاب العامل الاساسي في تكوين علم الهندسة الكهربائية ، وفعلاً بدون المغناطيسية لا يمكن ان يكون هناك ما يسمى بتكنولوجيا الكهرباء او اي تقدم حضاري ، حيث ان المغناطيسية كظاهرة وتطبيق تعتبر اساساً لاغلب الاجهزة والمكائن الكهربائية .

عند وضع الابرة المغناطيسية بالقرب من موصل حامل للتيار الكهربائي مثل سلك او ملف ، نلاحظ انحراف الابرة المغناطيسية واتجاه انحرافها يعتمد على اتجاه التيار المار في السلك او الملف ، والشكل (5-1 ا ، ب) يبين ذلك ، ان حركة الابرة المغناطيسية دليل على وجود المغناطيسية حول السلك .ان المجال حول الموصل والذي تظهر فية التأثيرات المغناطيسية يسمى (المجال المغناطيسي للموصل)" Magnetic Field " والقوة التي اثرت في انحراف المغناطيسية تسمى بالقوة المغناطيسية " Magnetic Force " ويبين الشكل (5-1 ا ، ب) شكل المجال بصورة واضحة اذا حركت الابرة المغناطيسية بالقرب من الموصل تدريجياً باتجاة القطب الشمالي حيث تخطط الابرة دائرة مغناطيسية مغلقة .



شكل (5-1ا)　　شكل (5-1 ب)

من المفيد معرفة القاعدة التي تربط بين اتجاه المجال واتجاه سريان التيار في الموصل وتسمى " قاعدة اليد اليمنى " فأذا امسكنا الموصل باليد اليمنى بحيث يشير الابهام الى اتجاه التيار والاصابع الاربع تشير الى اتجاه خطوط المجال كما مبين في الشكل (5-2)



شكل (5-2) قاعدة اليد اليمنى

تعاريف مهمة :-

1. القطب المغناطيسي : هو مجموعة من النقاط الواقعة عند نهايتي الساق المغناطيسي والتي تكون فيها قوة الجذب المغناطيسي اكبر ما يمكن .ان الاقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر والمختلفة تتجاذب .

2. الخطوط المغناطيسية : وهي خطوط وهمية تنتقل من القطب الشمالي للساق المغناطيسي الى القطب الجنوبي منة ويستمر داخل الساق لتكوين منحني مغلق .

3. المجال المغناطيسي : وهو الحيز الذي تظهر فية اثار القوى المغناطيسية .

4. نقطة الخمود : وهي مجموعة من النقاط الواقعة في منتصف الساق المغناطيسية والتي يفقد فيها المغناطيس صفاتة المغناطيسية .

خواص المجال المغناطيسي "خواص خطوط القوى المغناطيسية " :-

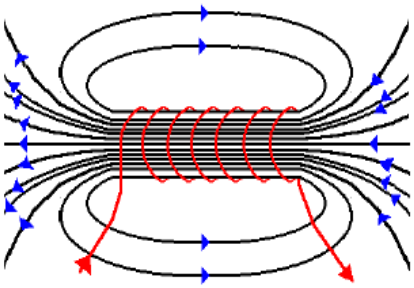
1. لكل ساق مغناطيسية قطبان هما القطب الشمالي والجنوبي وخطوط المجال تنتقل من القطب الشمالي الى القطب الجنوبي .
2. ان خطوط المجال لا تتقاطع مطلقاً .
3. خطوط المجال تشكل دائماً منحنى مغلق حول الموصل .
4. خطوط القوى المغناطيسية تسلك اقصر الطرق بين القطبين كلما تيسر ذلك .
5. خطوط قوى المجال المتجاورة تتنافر اذا كان اتجاهها متشابهاً وتتجاذب اذا كان اتجاهها متعاكساً .
6. خطوط المجال المغناطيسي هي خطوط وهمية .

الفيض المغناطيسي :

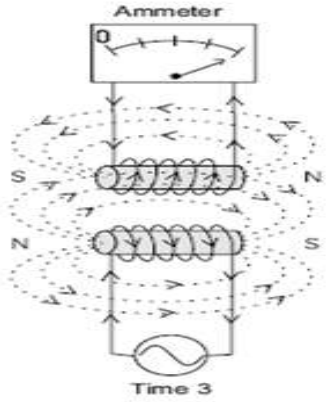
وهو مجموعة خطوط المجال المغناطيسي الوهمية والمتكونة نتيجة مرور تيار كهربائي في الموصل او الملف ، ووحدة قياسة هي الويبر (Wb) ويرمز له بالرمز (Φ) "فاي" ويسمى الفيض المغناطيسي احياناً بالتدفق المغناطيسي .

ان مرور التيار الكهربائي خلال ملف يسبب توليد فيض مغناطيسي وهذا الفيض يكون على نوعين لدائرة واحدة او لعدة دوائر .

1. الفيض المغناطيسي الذي يتكون حول ملف نتيجة مرور تيار كهربائي في ذلك الملف يسمى "بالفيض الذاتي او النفسي" كما مبين في الشكل (5-3)
2. في حالة وجود ملفين متجاورين فأن الفيض المغناطيسي المتولد في الملف الاول نتيجة مرور تيار كهربائي فية قد يكمل دورتة خلال الملف الثاني ويسمى "بالفيض المغناطيسي المتبادل " ، كما مبين في الشكل (5-4) .



الشكل (5-3) الفيض الذاتي



الشكل (5-4) الفيض المتبادل

القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (Induced E.M.F) .

اكتشف العالم الانكليزي فراداي اكتشافاً مهماً هو انة (عندما يقطع موصل مجالاً مغناطيسياً او عندما يقطع مجالاً مغناطيسياً موصل تتولد في الموصل "ق. ء. ك") ويشترط في احد العنصرين (المجال المغناطيسي او الموصل) ان يكون ثابتاً والاخر متحرك او متغير . ويبين الشكل (5-4) السابق ملفين متجاورين يوصل احدهما الى مصدر تيار متغير ويتكون في الملف مجالاً مغناطيسياً متغيراً تبعاً للتيار المار فية ، ان بعض خطوط المجال المغناطيسي او جميعها تقطع الملف المجاور ولما كان المجال متغير تنشأ في الملف الثانوي (ق. ء. ك) تسمى ب ال (ق. ء. ك)المحتثة يعتمد مقدارها على مقدار الفيض المغناطيسي وعدد لفات الملف وعلى سرعة القطع "الزمن" ، وكذلك تتولد في الملف الاول (ق. ء. ك) تسمى ب ال (ق. ء. ك) المحثة ذاتياً نسبة للفيض المغناطيسي المتولد في الملف الابتدائي نتيجة مرور التيار فية . ومن هذا نستنتج ان ال (ق. ء. ك) المحتثة .

$$E = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t}$$

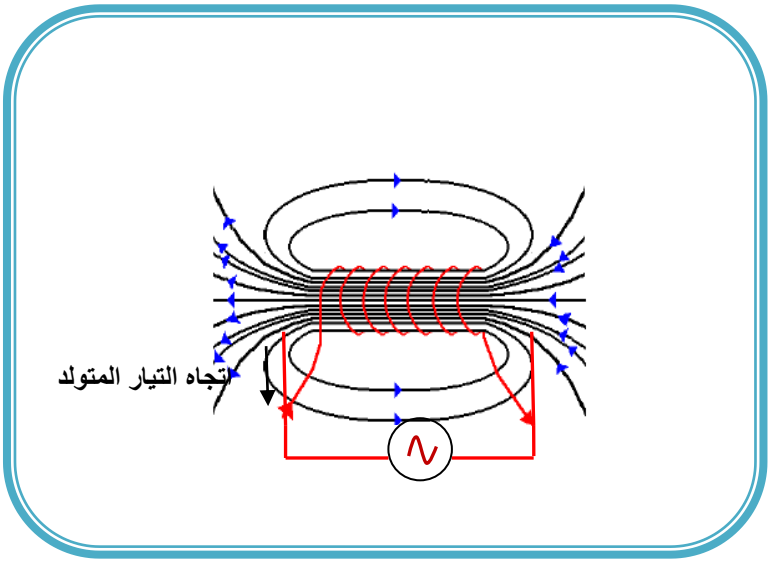
حيث ان N = عدد اللفات ..... ΔΦ = التغير في الفيض..... Δt = التغير في الزمن

مثال : ملف يتحرك داخل مجال منتظم ($3x10^{-4}$) ويبر احسب عدد لفاتة اذا كان مقدار ال ق. ء. ك المحتثة (0.45) فولت خلال فترة زمنية مقدارها (0.01) ثانية .

$$E = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \quad \blacktriangleright \quad 0.45 = N \times \frac{3\times10^{-4}}{0.01} \quad \blacktriangleright \therefore N = \frac{0.45\times0.01}{3\times10^{-4}} = 15 \text{ لفة}$$

قانون لنز (Lens Law)

ينص قانون لنز (عند سريان تيار كهربائي متغير في ملف يسبب نشوء فيض مغناطيسي متغير يقطع لفات الملف ويسبب توليد ق. ء. ك عكسية في ذلك الملف وهي بدورها تسبب مرور تيار كهربائي معاكس لاتجاه التيار الاول " تيار المصدر ") كما مبين في الشكل (5-5) .



شكل (5-5) يوضح قانون لينز

الحث الذاتي : عندما يسري تيار كهربائي متغير في ملف ينشأ حولة فيض مغناطيسي متغير وهذا الفيض يقطع لفات الملف مولداً فية ق. ء. ك وهذة الظاهرة تسمى بالحث الذاتي للملف .

$$E = N\frac{\Delta\Phi}{\Delta t} \text{ volt} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (1)$$

واذا كان الملف بدون قلب حديدي فأن ($N\Phi$) تتناسب طردياً مع شدة التيار $I \propto N\Phi$

$$\therefore E \propto \frac{I}{\Delta t}$$

ولتحويل التغاير الى معادلة يضرب التغاير في كمية ثابتة تسمى بثابت التغاير وهذا الثابت يسمى بمعامل الحث الذاتي للملف ويرمز له بالحرف (L) ووحدة قياسة هي (الهنري) .

ويعرف الهنري : بأنة مقدار الحث الذاتي لملف تنشأ فية ق. ء. ك محتثة مقدارها " 1 " فولت عندما يتغير التيار بمعدل "1" امبير في الثانية.

$$\therefore E = L \frac{\Delta I}{\Delta t} \quad Volt \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (2)$$

ومن المعادلة " 1 " و" 2 " ينتج

$$N \frac{\Delta \Phi}{\Delta t} = L \frac{\Delta I}{\Delta t}$$

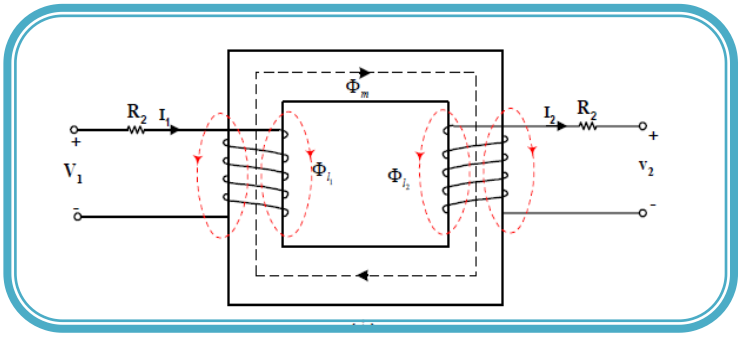
$$\therefore L = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta I} \quad H$$

مثال : ملف ذو (960) لفة مقاومتة (50) اوم عندما يكون فرق الجهد على طرفية (230) فولت . اوجد معامل الحث الذاتي لهذا الملف اذا علمت ان الفيض المغناطيسي المحيط بالملف (0.005) ويبر.

$$I = \frac{V}{R} = \frac{230}{50} = 4.6 \ A$$

$$L = N \frac{\Delta \Phi}{\Delta I} = 960 \times \frac{0.005}{4.6} = 1.04 \ H$$

الحث المتبادل .لو وضع ملف يسري فية تيار كهربائي متغير بالقرب من ملف اخر كما الشكل (5-6) فأن قسماً من الفيض المغناطيسي المتولد في الملف الاول يخترق الملف الثاني قاطعاً ملفاتة مسبباً فية (ق. ء. ك) ، وهذة الظاهرة التي تحدث بين ملفين تسمى بالحث المتبادل (وهي فكرة عمل المحول الكهربائي) ، ويرمز لمعامل الحث المتبادل **بالحرف (M) ووحدة قياسه هي الهنري .**



(6-5) الحث المتبادل

ال ق. ء. ك المحتثة في الملف الثانوي $E2 = M \frac{\Delta I_1}{\Delta t_1}$

ويمكن حساب معامل الحث المتبادل من القانون التالي $M = K\sqrt{L_1 L_2}$

حيث ان K يمثل معامل ازدواج الملفين وهو مجرد من الوحدات وقيمتة اقل من الواحد الصحيح .

L_1 = معامل الحث الذاتي للملف الاول

L_2 = معامل الحث الذاتي للملف الثاني

K = 1 في حالة عدم وجود اي تسرب مغناطيسي .

مثال : ملفان (B,A) موضوعان بحيث ان (0.8) من الفيض المغناطيسي الناتج من احدهما يوصل للاخر . يحوي الملف (A) على (2000) لفة والملف (B) على (3000) لفة .عندما يتغير التيار في الملف (A) بسرعة (500) امبير في الثانية فأن التدفق يتغير بسرعة (1) ملي ويبر في الثانية . احسب 1. ال ق. ء.ك المحتثة في كل ملف . 2. المحاثة المتبادلة

$E_1 = N1\frac{\Delta\Phi_1}{\Delta t} = 2000 \times 1 \times 10^{-3} = 2\ V$

$E_2 = N2\frac{\Delta\Phi_2}{\Delta t} = 3000 \times 0.8 \times 10^{-3} = 2.4\ V$

$E_2 = M\frac{\Delta I_1}{\Delta t}$ ► $2.4 = M \times 500$ ► $\therefore M = \frac{2.4}{500} = 4.8 \times 10^{-3}\ h = 4.8\ mh$

2-5 التأثير الكيمياوي للتيار الكهربائي:

عند مرور التيار الكهربائي خلال الاجسام الصلبة لا يحدث فيها تأثيرات كيمياوية ولا تتغير خواصها الاساسية ، وان التيار الكهربائي لا يقتصر مرورة على الاجسام الصلبة بل يمكن ان يمر خلال السوائل ، ان مرور التيار الكهربائي خلال السوائل سيؤثر في خواصها الكيمياوية ، وتقسم السوائل من حيث تأثيرها بالتيار الكهربائي الى ثلاثة اقسام .

1. سوائل لا تتأثر بالتيار الكهربائي لانها لا تسمح بمرور التيار خلالها مثل زيت المحولات والماء المقطر .
2. سوائل لا تتأثر بالتيار الكهربائي ولكنها تسمح بمرور التيار خلالها مثل الزئبق .
3. سوائل تتأثر بالتيار الكهربائي وتسمح له بالمرور خلالها وتسمى بالمحاليل مثل محاليل الحوامض ، القواعد والاملاح.

الخلايا والبطاريات : **ان الخلايا الكهربائية هي احدى الوسائل لتوليد التيار الكهربائي المستمر (D.C) وهي على نوعين :**

1 . الخلايا الابتدائية (Primary Cells) .

2 . الخلايا الثانوية (Secondary Cells) .

1 . الخلايا الابتدائية : وهي يمكن بواسطتها تحويل الطاقة الكيمياوية الى طاقة كهربائية ، وتتكون من موصلين موضوعين في محلول كيمياوي ، وهي على ثلاثة انواع .

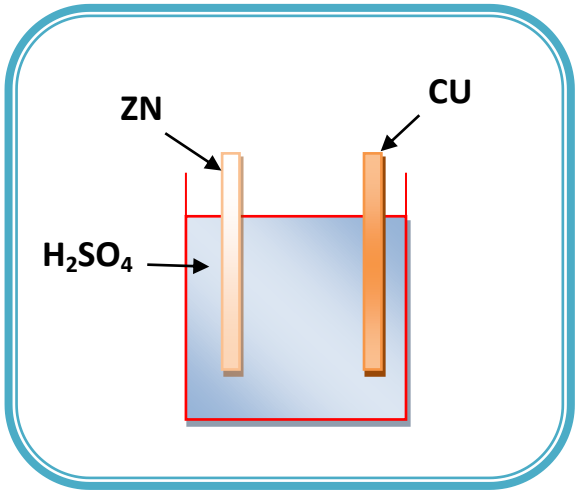
ا. عمود فولتا ب. العمود الجاف ج. عمود لاكلانشية

ا. عمود فولتا :

اكتشف العالم الايطالي فولتا هذا العمود وسمي باسمة . ويتكون من أناء زجاجي موضوع فية لوحين احدهما من النحاس والاخر من الخارصين يغمران في حامض الكبريتيك المخفف بنسبة "1" حامض و"10" ماء مقطر والشكل (5-7) يبين تركيب العمود ، يتحلل حامض الكبريتك المخفف الى ايون الهدروجين الموجب وايون الكبريتيك السالب

$$H_2SO_4 \longrightarrow 2H^+ + SO_4^-$$

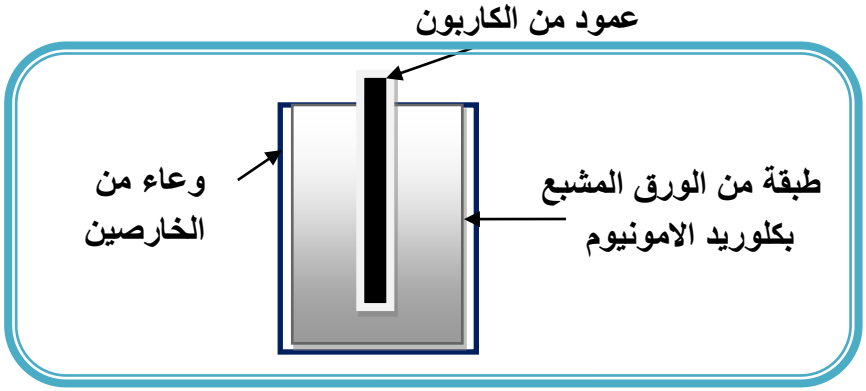
فيذهب ايون الهيدروجين الى لوح النحاس فيكتسب شحنة موجبة ويسمى بالقطب الموجب وتذهب ايونات الكبريتات الى لوح الخارصين ويكسبة شحنة سالبة ويسمى بالقطب السالب ، وعند توصيل اللوحين بسلك خارجي تنتقل الالكترونات المتراكمة على لوح الخارصين نحو النحاس خلال السلك وبذلك **يمر** تيار كهربائي



شكل (5-7) عمود فولتا

ب. العمود الجاف :

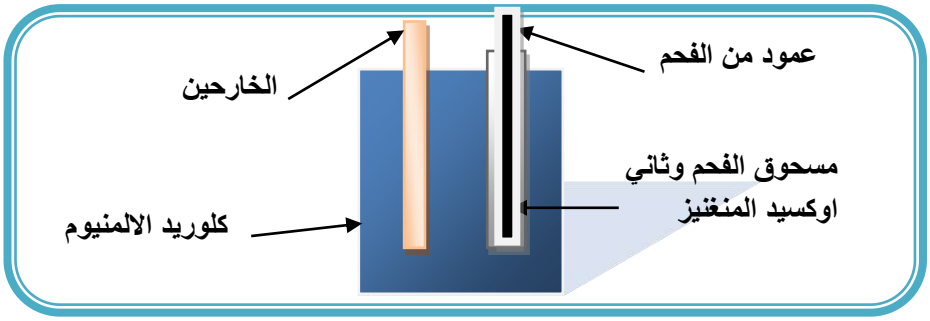
وهو من اكثر الاعمدة استعمالآ ويتكون من غلاف خارجي مصنوع من الخارصين مبطن من الداخل بطبقة من الورق او اي مادة اخرى مشبعة بمحلول كلوريد الامونيا ويمثل القطب السالب .ويثبت في وسط الغلاف عمود من الكاربون محاط بخليط من ثاني اوكسيد المنغنيز مع ذرات فحمية على شكل عجينة ويمثل القطب الموجب كما موضح في الشكل (5-8) ، ان فرق الجهد الناتج من هذا العمود هو (1.5) فولت .ويستخدم في تشغيل اجهزة الراديو والاجهزة الالكترونية واجهزة القياس .



شكل (5-8) العمود الجاف

ج. عمود لاكلانشية :

ويتكون هذا العمود من اناء زجاجي بداخلة اسطوانة فخارية يوضع فيها مسحوق من الفحم وثاني اوكسيد المنغنيز وقضيب من الكاربون والذي يمثل القطب الموجب ، ويثبت خارج الاسطوانة الفخارية قضيب من الخارصين المطلي بالزئبق ويمثل القطب السالب، وتغمر كل من الاسطوانة الفخارية ومحتوياتها وقضيب الخارصين في محلول كلوريد الامونيوم كما موضح في الشكل (5-9)، ونتيجة التفاعلات الكيمياوية ينتج فرق جهد بين القطبين مقداره (2) فولت ، الا ان التيار الذي يزوده هذا العمود يكون اكبر من تيار العمود الجاف ، ويستخدم في تشغيل اجهزة التلفون وغيرها.



شكل (5-9) عمود لاكلانشية

2. الخلايا الثانوية : تختلف الخلايا الثانوية عن الخلايا الابتدائية بما يلي :

ا. الخلايا الابتدائية تصبح غير صالحة للاستخدام بعد تفريغها ولكن الخلايا الثانوية يمكن اعادة شحنها وتجديد فعاليتها .

ب. الخلايا الابتدائية مقاومتها الداخلية عالية وهذا يجعل استعمالها مقتصراً على التيارات الصغيرة ، بينما الخلايا الثانوية تستعمل لانتاج تيارات عالية نسبياً .

وتتكون الاعمدة الثانوية من :

1. اللوح السالب من مادة الرصاص (Pb) .
2. اللوح الموجب من مادة ثاني اوكسيد الرصاص (Pbo_2) .
3. تجمع الالواح السالبة سوية وتربط بوصلة من الرصاص ذات النهاية البارزة وتكون القطب السالب ، ومثلها للقطب الموجب .
4. توضع الالواح داخل صندوق او علبة مصنوعة من مادة عازلة مثل المطاط الصلب الحاوي على حامض الكبريتيك المخفف .
5. ال ق.ء.ك للعمود الواحد (2) فولت .

البطاريات الرصاصية :

عند توصيل عدد من خلايا الرصاص الحامضية فيما بينها على التوالي تتكون البطارية الرصاصية . ويعتمد عدد الخلايا التي تكون البطارية على الجهد المطلوب منها .ففي البطارية (12) فولت تربط (6) خلايا على التوالي وفي البطارية ذات (6) فولت تربط ثلاث خلايا على التوالي . وتستعمل هذة البطارية لاغراض متعددة منها تزويد المركبات بالطاقة الكهربائية .

المقاومة الداخلية للخلية :

ان التيار المتولد في الخلية لابد ان يسري خلال الالواح والمحلول لاكمال دورتة الكهربائية داخل الخلية . لذلك فأن الالواح والمحلول يبديان مقاومة ضد سريان التيار وتسمى (المقاومة الداخلية للخلية).. ويرمز لها بالحرف (r) وتتوقف قيمتها على .

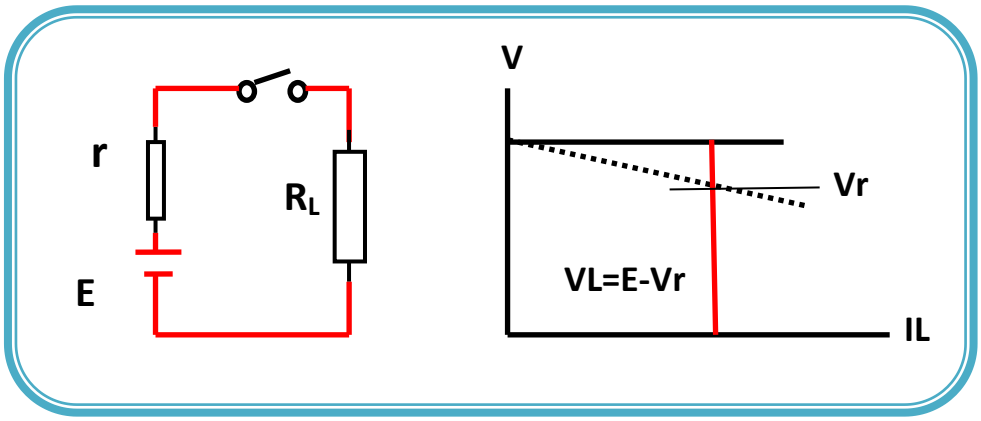
1. التركيب الكيمياوي لمادة الالواح والمحلول .

2. المسافة بين الالواح .

3. المساحة السطحية للالواح .

ان قيمة هذة المقاومة هي التي تحدد كفاءة الخلية فكلما كانت المقاومة صغيرة كلما كانت كفاءة الخلية اعلى ولحساب قيمة المقاومة الداخلية للخلية نلاحظ الشكل (5-10) .

حيث تمثل E = ال ق. ء. ك للخلية . R = مقاومة الحمل . r = المقاومة الداخلية للخلية



شكل (5-10) المقاومة الداخلية للخلية

سعة البطارية :

وهو مقدار الامبير ساعة الذي تجهزة البطارية الى الحمل الى ان ينخفض فرق جهدها الى الجهد المسموح بة . ويرمز لها بالحرف (K) ووحدة قياسها امبير .ساعة (A.H)، فمثلاً اذا كانت لدينا بطارية بسعة (40) امبير .ساعة فهذا يعني انها يمكن ان تجهزنا بتيار مقدارة "1 " امبير لمدة "40" ساعة وممكن ان تجهز تيار مقدارة "40" امبير لمدة ساعة واحدة وهكذا .

$$K = I\,t \quad AH$$

كفاءة البطارية :

وهي النسبة بين الامبير .ساعة المأخوذة من البطارية اثناء التفريغ الى الامبير .ساعة المعطى لها اثناء الشحن . ويرمز لها بالحرف " £" "ايتا" وهي نسبة مئوية .

$$£\,\% = \frac{K_2}{K_1} \times 100\%$$

حيث ان K_1 = الامبير .ساعة شحن K_2 = الامبير .ساعة تفريغ £ = الكفاءة

ملاحظة : غالباً ما يثبت على البطارية الامبير .ساعة ويمثل سعتها اثناء التفريغ .

مثال : ما مقدار ال ق.ء.ك لخلية تزود تيار شدتة "*0.3*" امبير لمقاومة خارجية مقدارها "6" اوم ، اذا علمت ان المقاومة الداخلية للخلية "*0.4*" اوم .

$$E = Ir + IR \quad = 0.3 \times 0.4 + 0.3 \times 6 \quad = 1.92 \ V$$

مثال : شحنت بطارية بمعدل "*5*" امبير لمدة "*10*" ساعات . فأذاكانت كفاءة البطارية "*90 %*". كم من التيار يمكنها تجهيزة الى الحمل لمدة ساعتين .

$K_1 = I_1 . t_1 = 5 \times 10 = 50 \ AH$

$£\% = \frac{K2}{K1} \times 100\ \% \ \blacktriangleright\ 90 = \frac{K2}{50} \times 100 \ \blacktriangleright\ \therefore K_2 = \frac{90 \times 50}{100} = 45 \ AH$

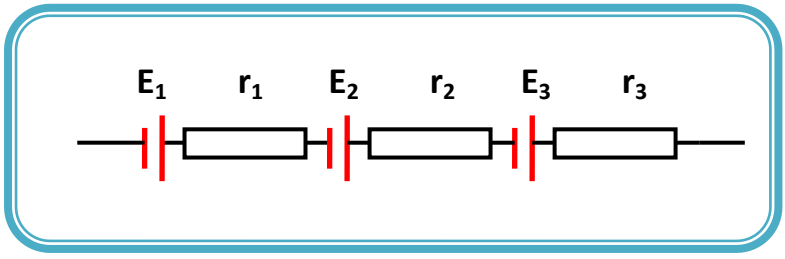
$K_2 = I_2 \ t_2 \ \blacktriangleright\ 45 = I_2 \times 2 \ \blacktriangleright\ I_2 = \frac{45}{2} = 22.5 \ A$

ربط الخلايا والبطاريات:

من المعروف ان اعلى جهد يمكن الحصول علية من الخلية السائلة هو "*2*" فولت بينما لا يزيد جهد الخلية الجافة عن "*1.5*" فولت . لذلك وجد من الظروري توصيل مجموعة من الخلايا بطرق مختلفة للحصول على فرق جهد عالي او سعة اكبر تتناسب مع حالة الاستعمال . وهناك ثلاثة طرق للربط .

1- ربط التوالي :

يستخدم هذا النوع من الربط من اجل الحصول على ضغط اكبر من ضغط الخلية الواحدة . ويتم هذا بربط الطرف السالب للخلية الاولى بالطرف الموجب للخلية الثانية والطرف السالب للخلية الثانية بالطرف الموجب للخلية الثالثة وهكذا ، فنحصل على طرفين احدهما موجب للخلية الاولى والاخر سالب للخلية الاخيرة والشكل (5-11) يوضح ذلك .



شكل (5-11) ربط التوالي

ال ق.ء.ك للبطارية = مجموع ال ق.ء.ك للخلايا المربوطة $E = E_1 + E_2 + E_3$

اذا كانت ال ق. ء.ك للخلايا متساوية $E = N E_1$

حيث تمثل N عدد الخلايا

المقاومة الداخلية للبطارية = مجموع المقاومة الداخلية للخلايا المربوطة $r = r_1 + r_2 + r_3$

اذا كانت المقاومة الداخلية للخلايا متساوية $r = Nr_1$

التيار الكلي للبطارية = التيار المار في اي خلية من الخلايا المربوطة $I = I_1 = I_2 = I_3$

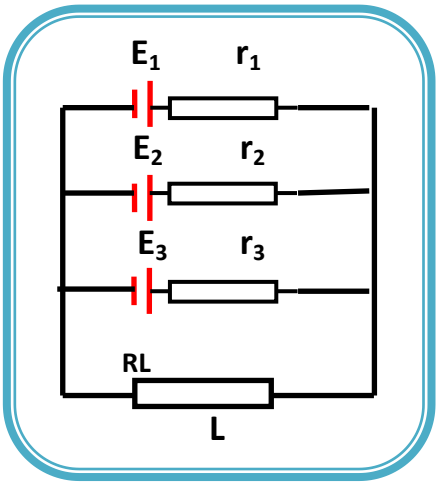
2. ربط التوازي :

ويستخدم هذا الربط للحصول على تيار اكبرمن تيار الخلية الواحدة . ويتم هذا الربط بتوصيل جميع الاطراف الموجبة للخلايا معاً وكذلك السالبة معاً وفي النهاية يتم الحصول على قطب موجب واخر سالب .كما موضح في الشكل (5-12) .

ال ق.ء.ك للبطارية = ال ق.ء.ك لكل خلية من الخلايا المربوطة $E = E_1 = E_2 = E_3$

المقاومة الداخلية للبطارية = المقاومة الداخلية للخلية الواحدة مقسوماًعلى عدد الخلايا $r = \frac{r_1}{N}$

التيار الكلي للبطارية = مجموع تيارات الخلايا $I = I_1 + I_2 + I_3$



شكل (5-12) ربط التوازي

3 . الربط المركب :

ويستخدم هذا الربط من اجل الحصول ضغط وتيار عاليين عند توصيل عدد نمن الخلايا . كما مبين في الشكل (5-13) .

ال ق.ء.ك للمجموعة الواحدة $E_{t1} = E_1 + E_2 + E_3 \blacktriangleright E_{t1} = N\,E_1$

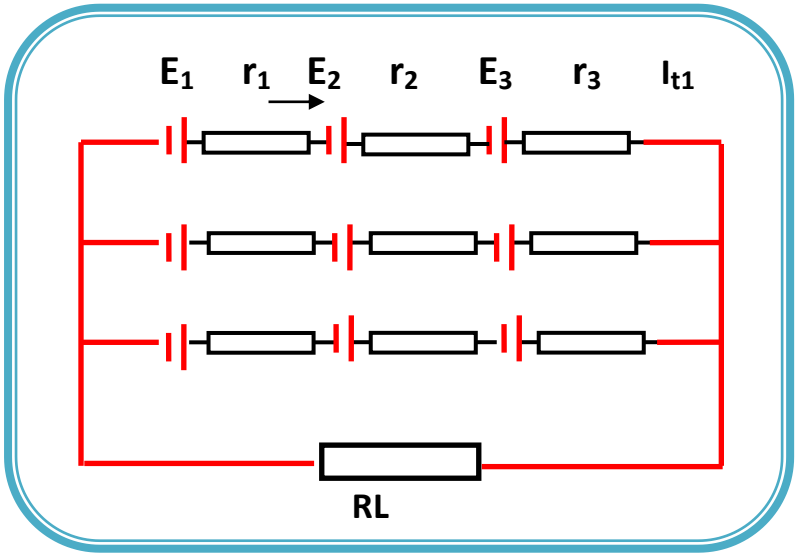
المقاومة الداخلية للمجموعة الواحدة $r_{t1} = r_1 + r_2 + r_3 \blacktriangleright r_{t1} = N\,r_1$

تيار المجموعة الواحدة $I_{t1} = I_1 = I_2 = I$

ل ق.ء. ك للبطارية $E = E_{t1} = E_{t2} = Et_3$

المقاومة الداخلية للبطارية $r = \frac{rt1}{N}$

التيار الكلي للبطارية $I = I_{t1} + I_{t2} + I_{t3}$



شكل (5-13) الربط المركب

مثال : بطارية تتكون من (6) خلايا موصلة على التوالي ال ق.ء.ك للخلية الواحدة (2.5) فولت . ربطت ثلاث بطاريات على التوازي . اذا كانت المقاومة الداخلية للخلية الواحدة (0.1) اوم احسب :

1. ال ق.ء.ك للبطارية والمجموعة .
2. تيار المجموعة المجهزة لحمل مقاومتة (9.8) اوم
3. تيارالبطارية الواحدة .
4. فرق الجهد على طرفي الحمل .

الحل /

ا ل ق.ء.ك للبطارية الوا الواحدة $E = N E_1 = 6 \times 2.5 = 15\ V$

المقا ومة الداخلية للبطارية الواحدة $r = N r_1 = 6 \times 0.1 = 0.6\ \Omega$

ال ق.ء. ك للمجموعة = ال ق.ء.ك للبطارية $E = E1 = E2 = E3$

المقاومة الداخلية للبطاريات الثلاث (المجموعة) $r_t = \frac{r}{N} = \frac{0.6}{3} = 0.2\ \Omega$

التيار الواصل للحمل $I_t = \frac{E}{rt+R} = \frac{15}{0.2+9.8} = 1.5\ A$

$I = \frac{It}{N} = \frac{1.5}{3} = 0.5\ A$

$V = E - It\ r = 15 - 1.5 \times 0.2 = 14.7\ v$

اسئلة الفصل الخامس

س1 . عرف ما يأتي : المجال المغناطيسي ، قانون لنز ، الهنري ، الخلايا الابتدائية ، سعة البطارية ، كفاءة البطارية .

س2 . عدد خواص خطوط القوى المغناطيسية (المجال المغناطيسي) .

س3 . من الشكل (5-5) السابق . هل تتولد ق.ء.ك في الملف الثانوي اذا امررنا تيار مستمر في الملف الابتدائي . ولماذا .

س4 . ما هي مكونات العمود الجاف وما مقدار فرق الجهد على طرفية .

س5 . ما هو الفرق بين الخلية الابتدائية والخلية الثانوية .

س6 . تقسم السوائل من حيث تأثيرها بالتيار الكهربائي الى ثلاثة اقسام .عددها .

س7 . ما هي مكونات الاعمدة الثانوية .عددها .

س8 . عدد العوامل التي تؤثر على المقاومة الداخلية للخلية .وما تأثيرها على البطارية .

س9 . ما هي الغاية من استخدام الربط المركب لخلايا البطاريات .

س10 . ملف عدد لفاتة "300" لفة عندما يتغير التيار المار فية من "2" الى "2.8" امبير مسبباً تغير في الفيض من "200" الى "224" مايكرو ويبر .جد معامل الحث الذاتي للملف .

ج/ 9mH

س11. ملف ذو "500" لفة . معامل الحث الذاتي لة "0.5" هنري والفيض المغناطيسي المتكون نتيجة مرور تيار متغير . يتغير من (0.5-0.7) ملي ويبر احسب: 1 . التغير في التيار 2. ال ق.ء.ك المتولدة خلال "0.01" ثانية .

ج/ - 0.4 V , 0.2A -

س12 . ملفان متجاوران "B,A" عندما يتغير التيار في الملف "A" من"200" الى "50" امبير في "20" ملي ثانية تظهر ق.ء.ك في الملف "B" مقدارها "150" فولت . احسب قيمة الحث المتبادل بين الملفين .

ج/ 20 mH

س13. ال ق.ء.ك لخلية "2.2" فولت .مربوط عليها حمل مقاومتة "5" اوم والتيار المار فيها "0.4" امبير . احسب فرق الجهد على طرفي الحمل و المقاومة الداخلية للخلية .

ج/ 0.5 Ω

س14 . بطارية كفاءتها "84" % تسحب تيار مقدارة "5" امبير لتصل الى حالة الشحن خلال زمن مقدارة "10" ساعات احسب . 1. سعتها 2.متى تصبح مفرغة اذا جهزت حملاً بتيار مقدارة "0.5" امبير بشكل ثابت .

ج/ 84h , 50Ah

س15 . ثلاث خلايا وصلت على التوازي . ال ق.ء.ك لكل منها "2" فولت والمقاومة الداخلية لكل خلية "1.5 " اوم .ربطت المجموعة الى مقاومة قيمتها "6.5" اوم احسب :

1. **التيار الذي تجهزة الخلية الواحدة.**
2. **التيار الكلي للدائرة .**
3. **الجهد على طرفي الحمل .**

ج/ 1.85V , 0.285A , 0.09A

محتويات

الفصل السادس

التيار المتناوب

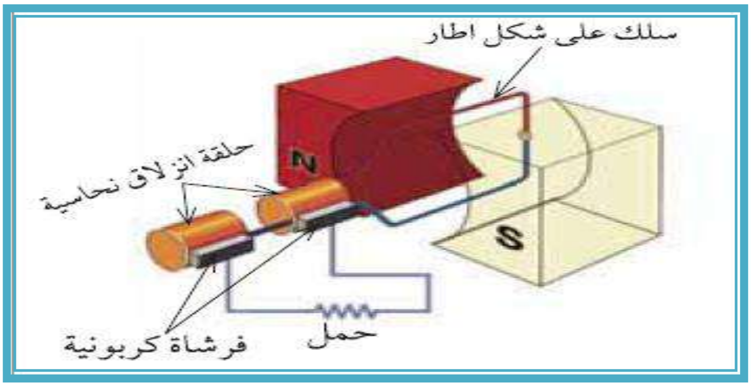
الاهداف :

1) التعرف على الموجة الجيبية وقيم التيار المتناوب .

2) التعرف على عمل الممانعة في دوائر التيار المتناوب .

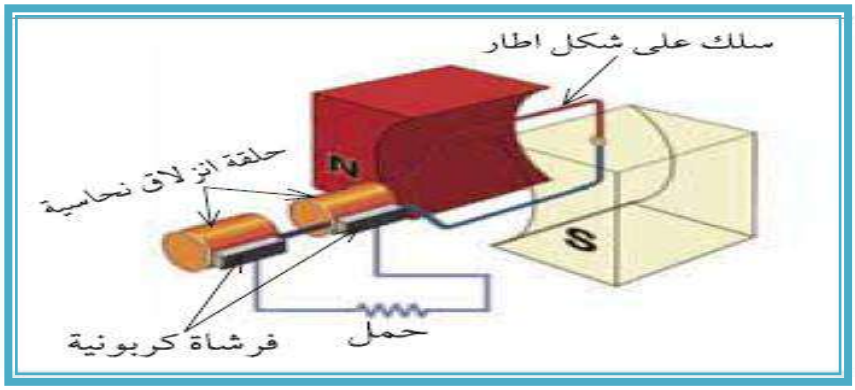
3) التعرف على كيفية حساب المحصلة الكلية للتيار والجهد والممانعات في دوائر التيار المتناوب .

4) التعرف على حالة الرنين لدوائر التوالي والتوازي لممانعات التيار المتناوب وعلاقتها بالتردد .

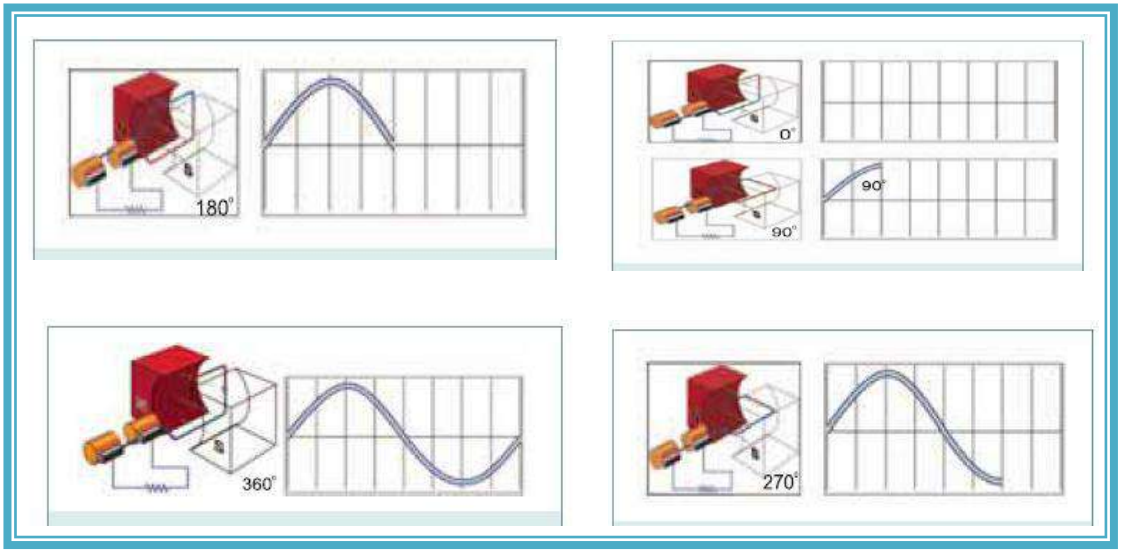


6-1الموجة الجيبية وكيفية توليدها وثوابتها

أن المكائن المستعملة في توليد التيار المتناوب تسمى بمولدات التيار المتناوب ونظرية عملها يعتمد بشكل اساسي على نظرية فاراداي (أذا تحرك سلك داخل مجال مغناطيسي تتولد في السلك قوة دافعة كهربائية) والشكل (6-1أ) يوضح ملف متكون من لفة واحدة يدور بسرعة ثابتة حول محور بأتجاه عقرب الساعة داخل مجال مغناطيسي ويتحرك من القطب الشمالي الى القطب الجنوبي وقد وصلت نهايتا السلك الى حلقتين انزلاقيتين تسمحان بدوران السلك .ونتيجة لدوران الملف فأن زاوية القطع بين المجال المغناطيسي والملف تتغير بمرور الزمن ، ولذلك فأن القوة الدافعة الكهربائية المتولدة تعتمد على زاوية القطع وتتغير قيمتها بأختلاف الزاوية والشكل(6-1ب) يوضح العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف وزاوية القطع تسمى هذه الموجة (الموجة الجيبية) .



الشكل (6-1أ)

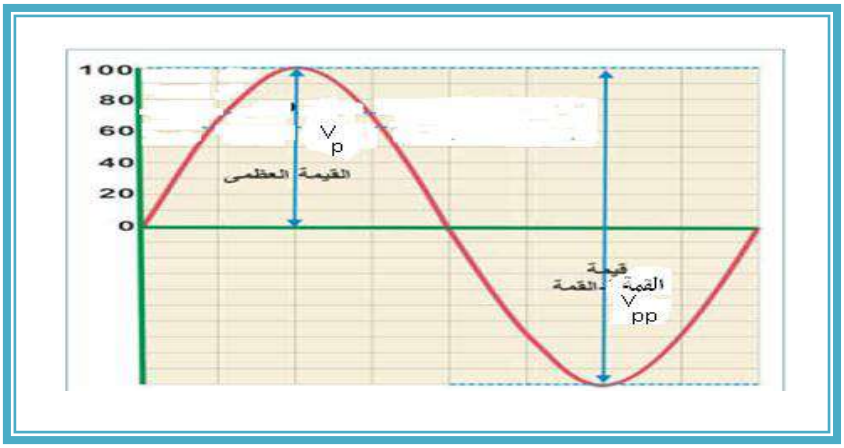


شكل رقم (6-1ب) علاقة القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في الملف وزاوية الدوران

ثوابت الموجة الجيبية :

من الممكن رسم الموجة الجيبية التي تمثل الفولتية او التيار المتناوب على انها العلاقة بين الفولتية او التيار مع الزمن (t) بدلا من الزاوية (Ɵ) كما مبين في الشكل (6-2) حيث نلاحظ أن الموجة تتحدد بثلاث متغيرات هي:

1ـ الاتساع (Amplitude) : هو اقصى ارتفاع تصله الاشارة بالاتجاه العمودي .



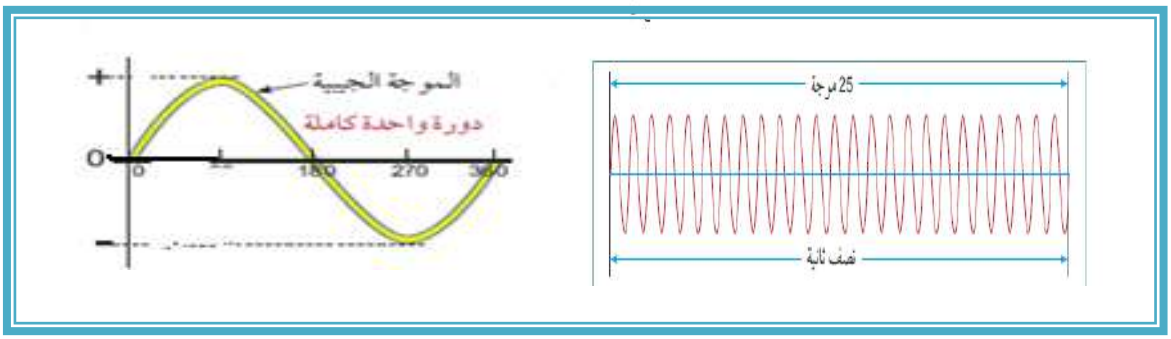
شكل رقم (6-2) ثوابت الموجة الجيبية

لذلك فأن شكل موجة التيار المتناوب الذي يغذي من مولدات التيار المتناوب تسمى موجة جيبيه (sin wave) .

2- دورة الموجة الجيبية:

تعرف الدورة بأنها الزمن اللازم لسريان الالكترونات حيث تتغير قيمتها من الصفر إلى أعلى قيمة ثم تبداء بلانخفاض إلى الصفر ثم تنعكس بالاتجاه السالب وتزداد إلى إن تصل اعلي قيمة وتبداء بلانخفاض الى إن تصل الى الصفر مرة أخرى كما في شكل الموجة (6-3) .

ويرمز لزمن الدورة الواحدة بالرمز (T) ويقاس بوحدة الثانية (sec) .



شكل (6-3) دورة الموجة الجيبية

3- تردد الموجة الجيبية :

هو عدد الدورات التي تعملها الموجة في زمن مقداره ثانية واحدة ويرمز لها بالرمز (F) ويقاس بالدورة لكل ثانية آو الهرتز .

أما العلاقة بين التردد وزمن الموجة الواحدة فيمثل كالتالي :

$$F = \frac{1}{T}$$ HZ (هيرتز)

$$T = \frac{1}{F}$$ SEC (ثانية)

مثال : اذا كانت الدورةلاحدى الموجات الجيبية هي 10 msec فما هو التردد

$$F = \frac{1}{T}$$ HZ (هيرتز)

$$F = \frac{1}{10\ ms}$$ HZ (هيرتز)

$$F = \frac{1}{10\ x\ 10-3}$$ HZ (هيرتز)

F = 100 HZ (هيرتز)

2-6 قيم التيار المتناوب.

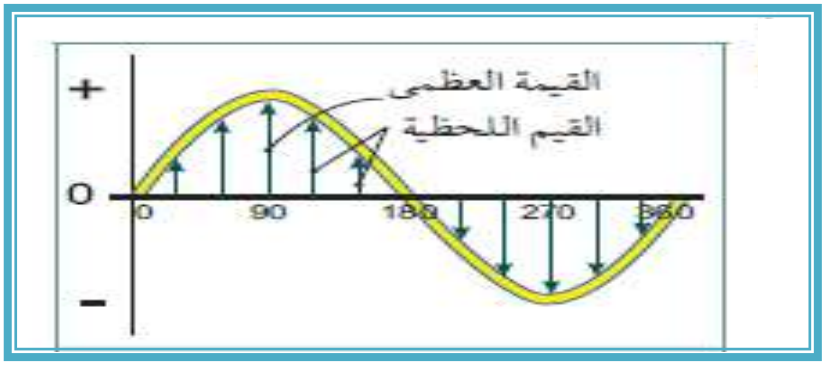
لما كان التيار المتناوب يتغير في القيمة والاتجاه وفق موجة جيبية لذلك يمكن حساب بعض القيم المهمة لموجة التيار او الضغط وفقا لما يلي :

1- القيمة اللحظية : عند النظر الى الشكل (6-4)

فان الفولتية لها قيمة معينة عند أي لحظة زمنية تسمى القيمة اللحظية ويرمز لها (v) ويمكن حسابها

$$V = Vm \sin \theta$$

حيث يرمز لجيب الزاوية ب (SINθ) و Vm اعلى قيمة فولتية



شكل (6-4) ثوابت الموجة الجيبية

2-القيمة القصوى(العظمى) :

اكبر قيمة تبلغها القيمة اللحظية ويرمز (Vp) وللموجة الجيبية قيمتان عظمى عندما تكون الزاوية 90^o = Θ وتكون موجبة والثانية عندما تكون $\theta = 270^o$ وتكون سالبة حيث يكون :

$$\sin 270^0 = -1$$

$$\text{Sin}90^o = 1$$

لذلك يرمز للقيمة القصوى من اعلى قيمة موجبة الى اقل قيمة سالبة بالرمز (Vpp) .

ولما كانت الموجة الجيبية تتغير زاويتها خلال الفترة الزمنية فأنه يمكن التعبير عن الزاوية (θ) كما يلي :

$$\theta = Wt$$

$$W = 2\pi f$$

مثال / أذا علمت آن القيمة اللحظية للجهد هي $V=100\sin 100t$ احسب التردد – القيمة القصوى

ا) التردد

$W = 2\pi f \Longrightarrow f = \frac{\omega}{2\pi}$

من السؤال

$\omega = 100$

$$f = \frac{100}{2\pi}$$

$$f = 15.92 \text{ Hz}$$

ب) القيمة القصوى

تكون القيمة القصوى عند $\sin 100t = 1$

$$V_m = 100 \sin 100t$$

$$V_m = 100\ V$$

3- القيمة الفعالة (RMS) Root Mean Square

أن مهمة التيار المتناوب والتيار المستمر هو نقل الطاقة الكهربائية من احد أجزاء الدائرة الى جزء آخر في نفس الدائرة، ولذلك عند مقارنة هذين التيارين فأن القيمة الفعالة للتيار التناوب هي التي تساوي قيمة التيار المستمر الذي ينتج نفس كمية الحرارة عندما يوفر نفس المقاومة لنفس الفترة الزمنية ولذا كانت القدرة المستهلكة في المقاومة (R)نتيجة مرور تيار مستمر فيها هي:

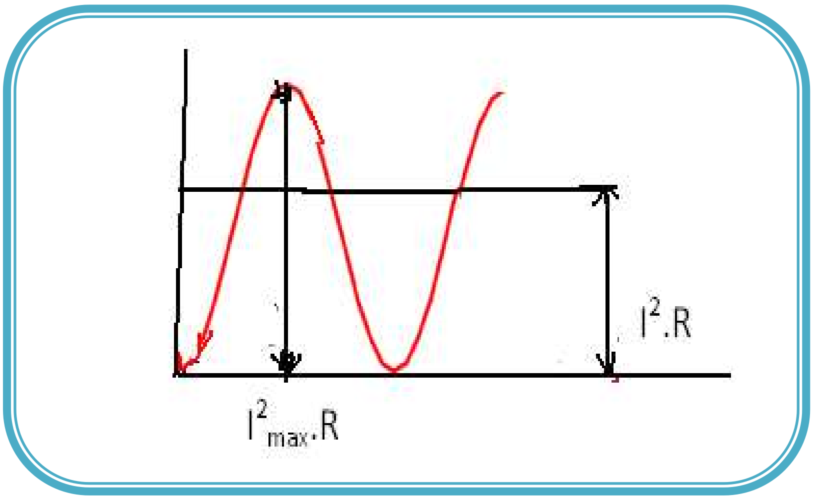
$$P_{DC} = I^2 R$$

حيث ان :-

P : power (W) واط

I : Current (A) امبير

R : Resistance (Ω) اوم



شكل رقم (5-6) منحني الجيب للتيار المتناوب والتيار المستمر

وعند توصيل المقاومة نفسها الى دائرة التيار المتناوب ، فأن معدل القيمة الفعلية للقدرة يكون مساوياً الى نصف القيمة العظمى للقدرة ، وكما هو مبين في الشكل (6-5) اعلاه .

$$I^2R = \frac{1}{2} I^2_{max} \cdot R$$

حيث تكون كلا المعادلتين متساويتين

$$P_{DC} = P_{AC}$$

$$I^2 R = \frac{1}{2} (I^2_{Max} \cdot R)$$

$$I^2 = \frac{1}{2} I^2_{max}$$

$$I = \frac{Vm}{\sqrt{2}} = 0.707\ I_m$$

$I_{r.m.s} = I$ **اذن التيار الفعال**

$$I_{r.m.s} = 0.707\ I_m$$

وتنطبق العلاقة نفسها في حساب قيم الفولتية المتناوبة للموجة الجيبية إذ

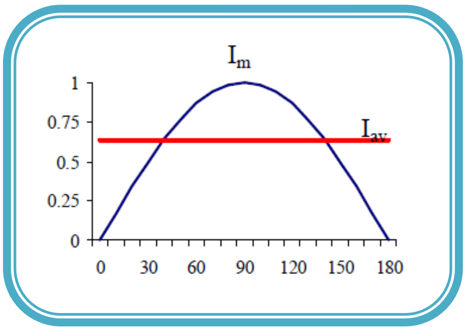
$$V_{r.m.s} = \frac{Vm}{\sqrt{2}}$$

$$V_{r.m.s} = 0.707\ V_m$$

4 -القيمة المتوسطة :-

أ) **القيمة المتوسطة للموجة الجيبية :** عندما تؤخذ للدورة الكاملة تكون مساوية للصفر لان النصف الموجب يلغي النصف السالب من الموجة نفسها .

ب) **القيمة المتوسطة لنصف دورة للموجة الجيبية: كما موضح في الشكل (6-6)**

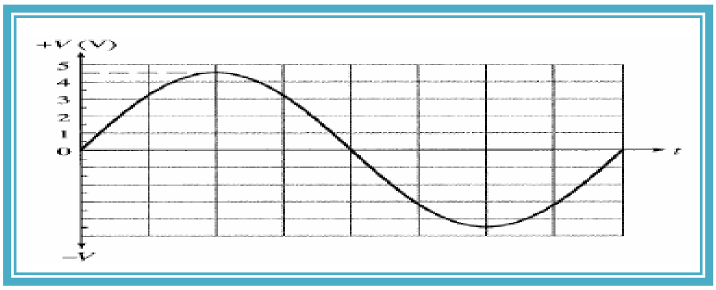


شكل رقم (6-6) القيمة المتوسطة لنصف الموجة

$$V_{avg} = \frac{2}{\pi} V_m$$

$$V_{avg} = 0.637V_m$$

مثال : أوجد Vrms و Vpp و Vp لموجة جيبية كاملة وكذلك V_{avg} لنصف الموجة الجيبية أدناه ؟



الحل :

من الرسم القيمة القصوى للفولتية $V_m = 4.5$ V

القيمة القصوى الموجبة والسالبة للفولتية $V_{mm} = 2V_m = 2 \times 4.5 = 9$ V

القيمة الفعالة للفولتية $V_{r.m.s} = 0.707\ V_m = 0.707 \times 4.5 = 3.18$ V

متوسط القيمة لنصف الموجة $V_{avg} = 0.637\ V_m = 0.637 \times 4.5 = 2.865$ V

3-6 ممانعات التيار المتناوب IMPEDANCE (z) ودوائر االرنين (RESONANCE)

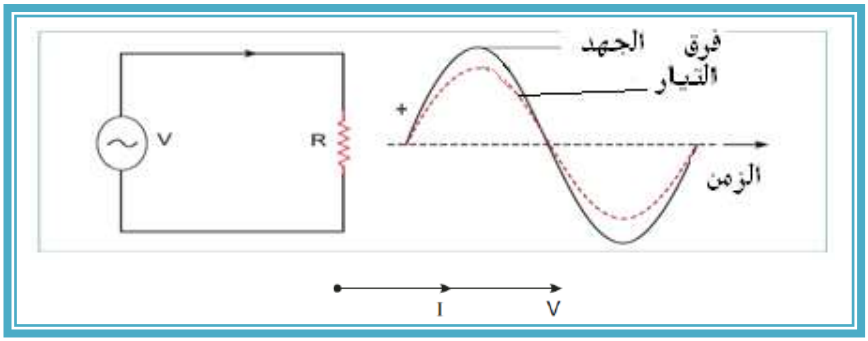
1- المقاومة الطبيعية (R)

عند توصيل مقاومة طبيعية في دائرة تيار متناوب كما مبين في الشكل (6-5) أ فأن قانون أوم يطبق كما في الصيغة التالية :

$$I = \frac{Vm \sin\omega t}{R} \quad Amp = I_m \sin\omega t$$ التيار اللحظي

$$I_m = \frac{Vm}{R} \quad amp$$ التيار الاعظم

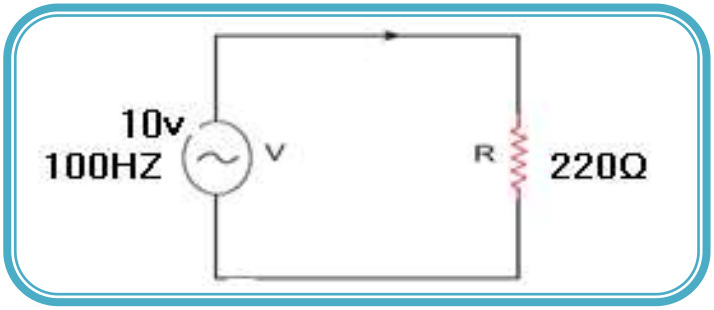
ان الدائرة المحتوية على مقاومة فقط فأن موجةالتيار تتطابق مع موجة الجهد اى ان لهما نفس الزاوية كما مبين في الشكل (6-7) حيث كلا الموجتين تصلا ن الى اعظم قيمة في زاوية 90 درجة ثم تنخفضان الى الصفر ثانية بزاوية 180 درجة وهكذا في النصف السالب من الموجتين .



شكل (6-7) يمثيل العلاقة بين الجهد والتيار

لذلك تكون ممانعة (z) مساوية لقيمة (R)

مثال في الدائرة التالية اوجد القيمة اللحظية والقيمة الفعالة للتيار المار في المقاومة .



الحل:

القيمة اللحظية للجهد هي: $V = Vm \sin\omega t$

عندما تثبت مقدار الفولتية على مصادر القدرة لاجهزة التيار المتناوب . فانها تعني القيمة الغعالة للجهد (Vrms) وتساوي (10) فولت

للذالك تكون القيمة اللحظية للتيار هي : $Vm = \sqrt{2}\ Vr.ms$

الزمن (t) يعد ثانية واحدة

$$V = \sqrt{2}\ Vr.ms \sin\omega t$$

$$V = \sqrt{2} \times 10 \times \sin 2\pi \times 100 \times t$$

$$V = 14.14 \sin 628\ V$$

القيمة الفعالة للتيار هي: $i = \frac{v}{R}\ A$

$$i = \frac{14.14\ \sin 628}{220}\ A$$

القيمة الفعالة للتيار (Ieff) تساوي : $i = 0.0062 \sin 628\ A$

$$I_{eff} = \frac{Im}{\sqrt{2}}\ A$$

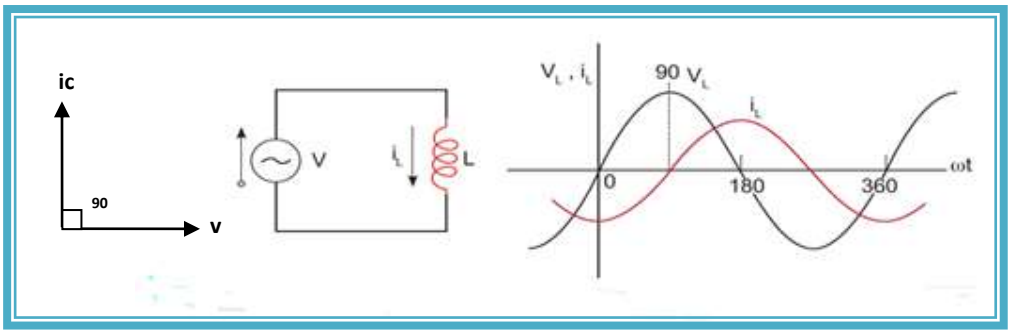
$$I_{eff} = \frac{0.062}{\sqrt{2}}\ A$$

$$I_{eff} = 0.044\ A$$

2- ممانعة المحاثة (XL)(Inductance)

أذا وضع محاثة(L) في دائرة تيار متناوب ذات موجة حيبية نلاحظ ان موجة التيار الجيبية تتأخر بزاوية 90^O عن موجة الجهد الجيبية كما مبين في الشكل (6-8)، وهذه الحالة تحدث بسبب ظاهرة الحث الذاتي التي تكون القوة الدافعة الكهربائية العكسية في لحظة الصفراكبر ما يمكن مما تمنع مرور موجة التيار

الى ان تصل موجة الجهد الى القيمة العظمى بزاوية 90 درجة تبداء موجة التيار بالتزايد وذلك لان القوة الدافعة الكهربائية العكسية في هذه اللحظة مساوية الى الصفر



شكل رقم (6-8) العلاقة بين الجهد والتيار لممانعة المتسعة

لذلك فأن قيمة الممانعة $Z=\omega L$

ووحدة قياسها الاوم (Ω)

حيث : $\omega = 2\pi f$

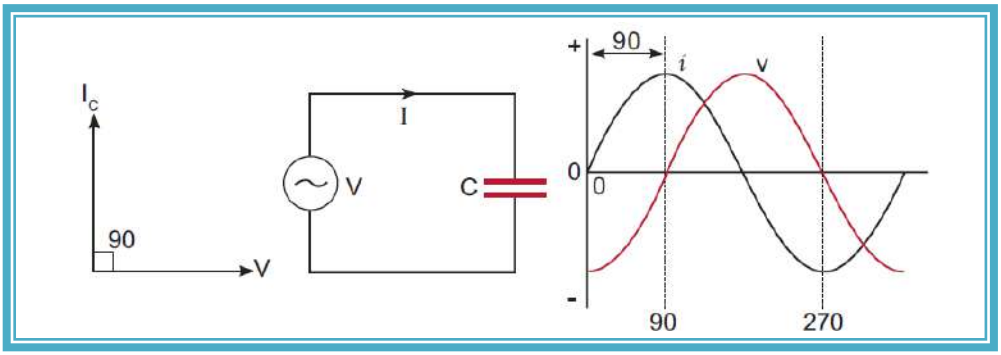
تردد المصدر (f) وحدة قياسها هيرتز HZ

والمحاثة (L) ووحدة قياسها هنري

$X_L = 2\pi f L$

3- ممانعة المتسعة (Xc) :

عند توصيل مصدر جهد متناوب ذات موجة جيبيه الى متسعة فأن موجة التيار الكهربائي المار خلال المتسعة تتقدم عن موجة الجهد بزاوية 90^o كما مبين في الشكل (6-9)، حيث يتوجب مرور تيار في المكثف لشحنه ثم يظهر الجهد على طرفيه تدريجيا



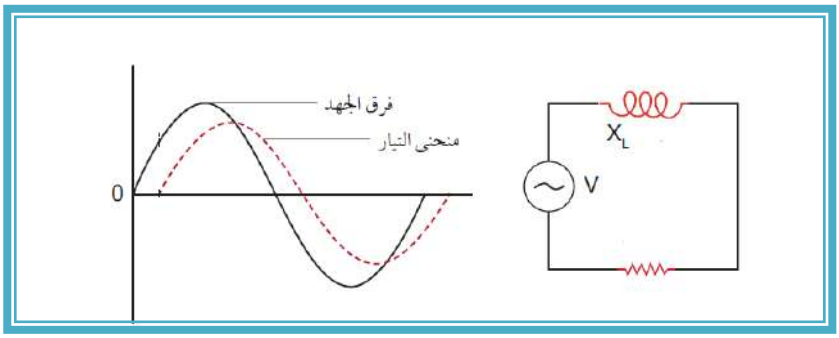
شكل رقم (6-9) العلاقة بين الجهد والتيار لممانعة المتسعة

وتحسب ممانعة المتسعة كالتالي:

$$Xc = \frac{1}{wc} = \frac{1}{2\Pi fc} \quad \Omega$$

4- ممانعة دائرة توالي تتكون من (RL) :

يمثل شكل رقم (6-10) العلاقة بين الجهد والتيار لممانعة RL في دائرة توالي



شكل رقم (6-10) العلاقة بين الجهد والتيار لممانعة RL في دائرة توالي

نلاحظ من الشكل أعلاه ان موجة التيار تتأخر بزاوية تعتمد على المحاثة والمقاومة الطبيعية عندما توصل الى مصدر ذات موجة جيبيه.

أما حساب الممانعة الكلية (Z) في الشكل (6-11) فهي تساوي:

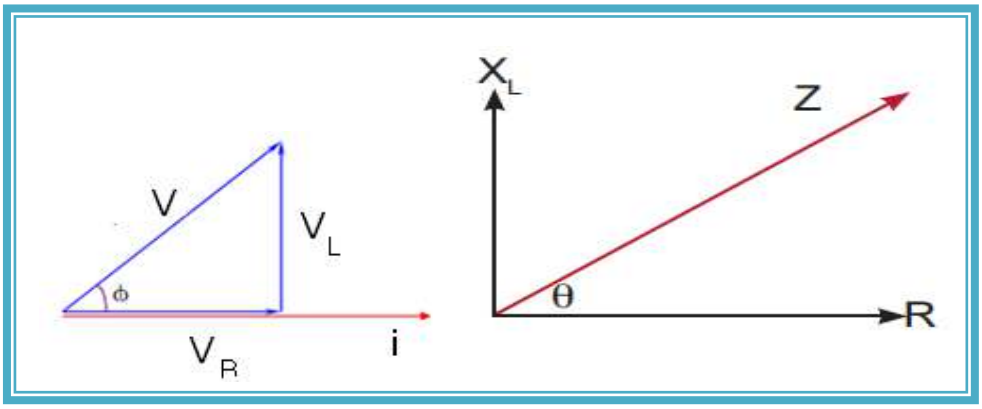
$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$\cos\theta = \frac{R}{Z}$ طريقة اولى

$\theta = \cos^{-1}\left(\frac{R}{Z}\right)$

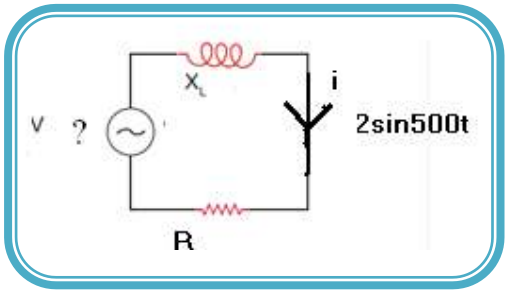
$\sin\theta = \frac{XL}{Z}$ طريقة ثانية

$\theta = \sin^{-1}\left(\frac{XL}{Z}\right)$



شكل رقم (6-11) المحصلة الاتجاهية للجهد والممانعة

مثال : الشكل ادناه يبين دائرة توالي تتكون من مقاومة طبيعية قيمتها (10) اوم ومحاثة قيمتها (10) اوم يسري فيها تيار كهربائي ذات موجة جيبيه مقدارها i=2sin500t احسب مقدار الجهد الكلي لدائرة التوالي (V_t)



الحل :

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$Z = \sqrt{10^2 + 10^2}$$

$$Z = 14.142\ \Omega$$

$$Vt = Z\ x\ i$$

$$Vt = Z \times 2\ Sin(500t + \theta^{\circ})$$

$$\tan\theta = \frac{XL}{Z} = \frac{10}{10} = 1$$

$$\theta = \tan^{-1} 1 = 45^{\circ}$$

$$Vt = 14.142 \times 2\ Sin(500t + 45^{\circ})$$

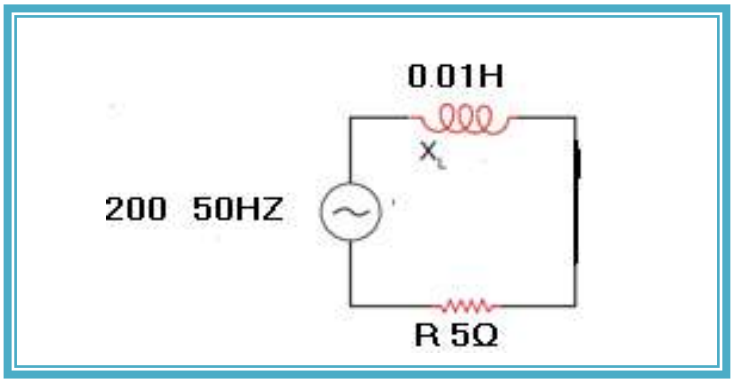
$$Vt = 28.282\ Sin(500t + \theta^{\circ})$$

اذ نلاحظ ان الموجة الجيبية للجهد تتقدم بزاوية (45) عن موجة التيار .

مثال ملف معامل حثه الذاتي 0,01 هنري ومقاومة طبيعية مقدارها 5 اوم وصلا على التوالي مع مصدر للتيار المتناوب جهده 200 فولت وتردد 50 ذ/ثا احسب

1- التيار المار في الدائرة ؟

2 - الجهد على طرفي الملف والمقاومة الطبيعية؟



الحل :

$$XL = 2\Pi FL$$

$$XL = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.01$$

$$XL = 3.14\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$Z = \sqrt{5^2 + 3.14^2}$$

$$Z = 5.91\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$I = \frac{200}{5.91}$$

$$I = 23.9\ A$$

$$V_R = I \times R$$

$$V_R = 23.9 \times 5 = 169.5V$$

$$V_L = I \times XL$$

$$V_L = 23.9 \times 3.14$$

$$V_L = 106\ V$$

مثال: دائرة توالي تتكون من ملف معامل حثه الذاتي 0.03 هنري ومقاومة طبيعية قيمتها 10 اوم وصلت الى مصدر للتيار المتناوب ذات جهد 200 فولت وتردد 50 ذ/ثا احسب : الممانعة الكلية ؟

الحل/

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$XL = 2\pi FL$$

$$XL = 2 \times 3.14 \times 50$$

$$XL = 314\Omega$$

$$Z = \sqrt{10^2 + 314^2}$$

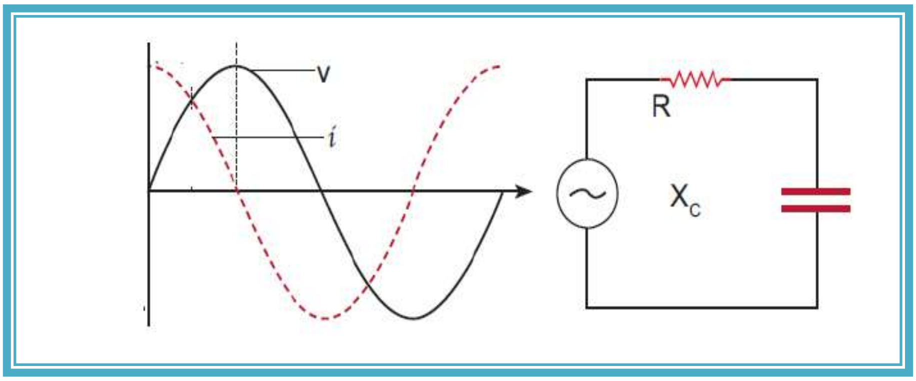
$$Z = \sqrt{100 + 98596}$$

$$Z = \sqrt{98696}$$

$$Z = 314.159\Omega$$

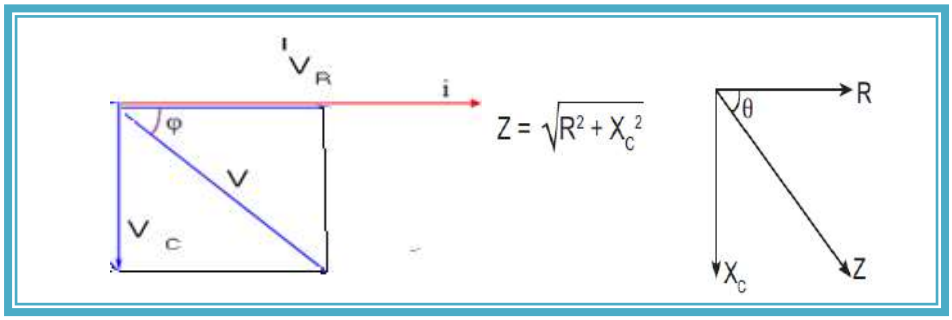
5- ممانعة دائرة توالي تتكون من (RC) :

يمثل شكل (6-12) دائرة RC توالي مع مصدر تيار متناوب



شكل (6-12) دائرة RC توالي مع مصدر تيار متناوب

موجة الجهد على المقاومة الطبيعية تكون متفقة بالزاوية مع موجة تيار الدائرة أما موجة الجهد على المتسعة (المقاومة الاستاتيكية) يكون متأخرا عن التيار بزاوية 90 درجة لذا يكون الجهد الكلي للدائرة



شكل رقم (6-13) محصلة الجهد الكلي و الممانعة

محصلة لكلا الجهدين كما مبين في الشكل (6-13) حيثV هو الجهد الكلي وحسب نظرية فيثاغورس في الرياضيات يمكن حساب الممانعة الكلية (Z) .

$$V^2 = V^2{}_R + V_C{}^2 \quad \Longrightarrow \quad V = \sqrt{V^2{}_R + V_C{}^2}$$

$$I^2Z^2 = I^2R^2 + I^2X^2{}_C \quad \Longrightarrow \quad Z^2 = R^2 + X_C{}^2$$

$$Z = \sqrt{R^2 + X^2{}_C} \ \ OHM$$

اما حساب معامل القدرة لهذا النوع من الربط حيث ان مثلث الفولتية والمقاومات كما في الشكل اعلاه .

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

$$COS\Phi = \frac{V_R}{V}$$

مثال: مقاومة مقدارها 10 أوم موصلة على التوالي مع مكثف سعته 100 مايكروفاراد وجهد الدخل 10V موجة جيبية بتردد 100 هيرتز . اوجد قيمة التيار ؟

الحل:

$$Xc = \frac{1}{2\Pi fc} = \frac{1}{2 \times \Pi \times 100 \times 100 \times 10^{-6}}$$

$$Xc = 15.92\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + Xc^2}$$

$$Z = \sqrt{10^2 + 15.92^2}$$

$$Z = 18.8\ \Omega$$

$I = \frac{V}{Z}$ التيار المار هو

$$I = \frac{10}{18.8} = 0.532A$$

مثال: مقاومة طبيعية مقدارها 30 اوم وصلت على التوالي مع متسعة (مقاومة استاتيكية) ذات سعة 80 مايكروفاراد وصلت الى مصدر للتيار المتناوب جهده (200) فولت وتردد (50) ذ / ثا احسب التيار الكلي للدائرة والجهد على المتسعة؟

الحل/

$$X_C = \frac{1}{2\Pi FC}$$

$$X_C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 80 \times 10^{-6}}$$

$$X_C = 40OHM$$

$$Z = \sqrt{R^2 + {X_C}^2}$$

$$Z = \sqrt{30^2 + 40^2}$$

$$Z = 50OHM$$

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

$$I = \frac{200}{50}$$

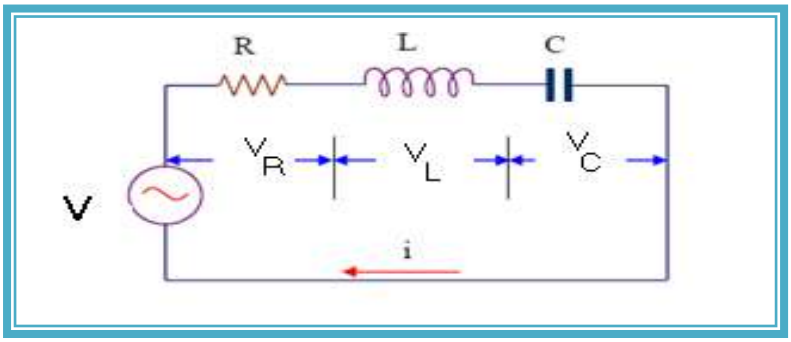
$$I = 4AMP$$

$$V_C = 40 \times 4$$

$$V_C = 160VOLT$$

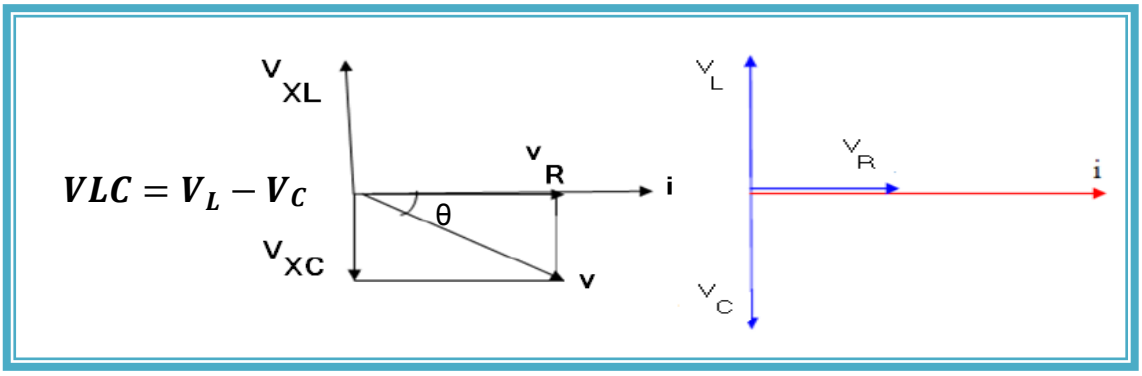
6- ممانعة دائرة توالي تتكون من (RLC):

الشكل رقم (6-14) دائرة (RLC) متوالية



شكل رقم (6-14) دائرة (RLC) متوالية

الجهد على طرفي المقاومة الطبيعية يكون متفق بالزاوية مع التيار المار في الدائرة بينما يكون موجة الجهد على طرفي المقاومة المغناطيسية متقدما بزاوية (90) درجة عن الجهد على طرفي المتسعة (المقاومة الاستاتيكية) متأخرا عن التيار بزاوية (90) درجة كما في الشكل (6-15)



شكل رقم (6-15) المخطط الاتجاهي للجهد

ومن مثلث الجهد يمكن حساب الجهد الكلي

$$V = \sqrt{V^2{}_R + V^2{}_{LC}}$$

$$V = \sqrt{V^2{}_R + (V_L - V_C)^2}$$

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

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

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

حيث ان التيارالمارفي دائرة التوالي متساوي

حساب معامل القدرة لدائرة RLC توالي حيث

$$COS\varphi = \frac{V_R}{V}$$

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

ويمكن حساب زاوية الفرق بين الجهد والتيار باستعمال جداول الزوايا

مثال: دائرة توالي تحتوي على ملف مقاومته الطبيعية مقدارها 20 اوم ومعامل حثه الذاتي 0.16 هنري ومكثف سعته 91 مايكرو فاردا وصلت الى مصدر للتيار المتناوب جهده 200 فولت وتردد50 ذبذبه /ثانية احسب :-

1- المقاومة الكلية للدائرة،

2- التيار الكلي المار في الدائرة

الحل

$$XL = 2\Pi FL$$

$$XL = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.16$$

$$XL = 50\Omega$$

$$XC = \frac{1}{2 \times 3014 \times 50 \times 91 \times 10^{-6}}$$

$$XC = \frac{10^6}{314 \times 91}$$

$$XC = 35\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2}$$

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

$$Z = \sqrt{400 + 225}$$

$$Z = \sqrt{625}$$

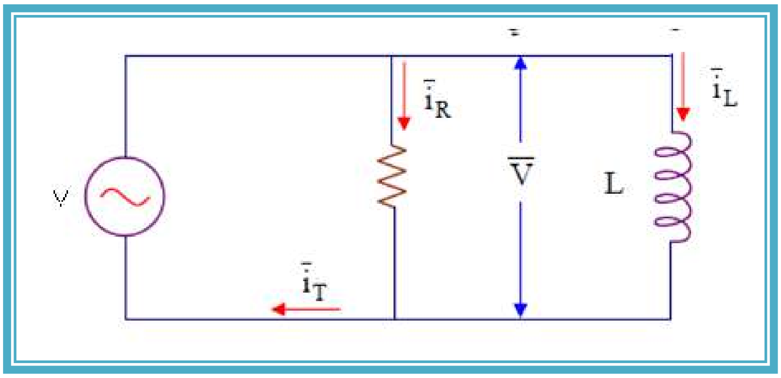
$$Z = 25\Omega$$

$$I = \frac{V}{Z}$$

$$I = \frac{200}{25}$$

$$I = 8AMP$$

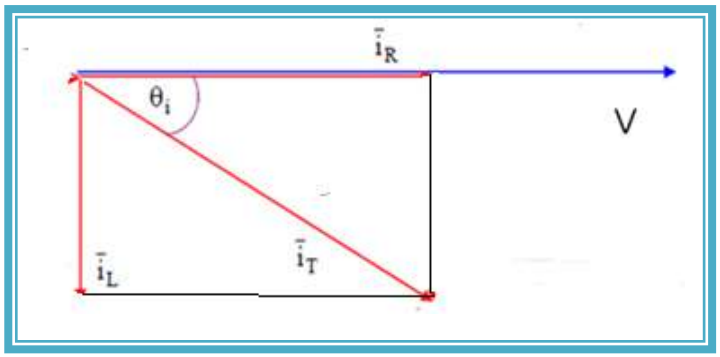
7- ممانعة دائرة التوازي التي تتكون من (RL): يمثل الشكل رقم (6-16) دائرة توازي تتكون من (RL)



شكل رقم (6-16) دائرة توازي تتكون من (RL)

حيث ان الجهد الكلي للدائرة هو الجهد على طرفي كل من المقاومة الطبيعية (R) والمقاومة المغناطيسية (XL) والتيار المار في المقاومة الطبيعية يكون متفقا مع موجة الجهد بالزاوية والتيار المار في المقاومة المغناطيسية (XL) يكون متأخرا بزاوية مقدارها90 درجة، والشكل (6-17) يبين المخطط الاتجاهي للجهد والتيار حيث يكون التيار المار في المقاومة الطبيعية متفق مع الجهد إما التيار المار في المقاومة

المغناطيسية فيكون متأخر بزاوية 90 درجة وان التيار الكلي هو حاصل الجمع الاتجاهي لكلا التيارين حسب نظرية فيثاغورس.



شكل (6-17) مخطط للجمع الاتجاهي للتيار

$$I = \sqrt{I_R{}^2 + I^2{}_{XL}}$$

ولحساب معامل القدرة COSΘ من مثلث التيار

$$COS\Theta = \frac{IR}{I}$$

مثال : دائرة توازي تحتوي على مقاومة طبيعية مقدارها(50) اوم ومقاومة مغناطيسية ذات محاثة (0.089) هنري وصلت الدائرة الى مصدر للتيار المتناوب جهده (200) فولت وتردد (50) ذ/ثا احسب التيار الكلي للدائرة .

الحل/

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{200}{50} = 4AMP$$

$$XL = 2\Pi FL = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.098 = 28\Omega$$

$$I_{XL} = \frac{V}{XL} = \frac{200}{28}$$

$$I_{XL} = 7.12AMP$$

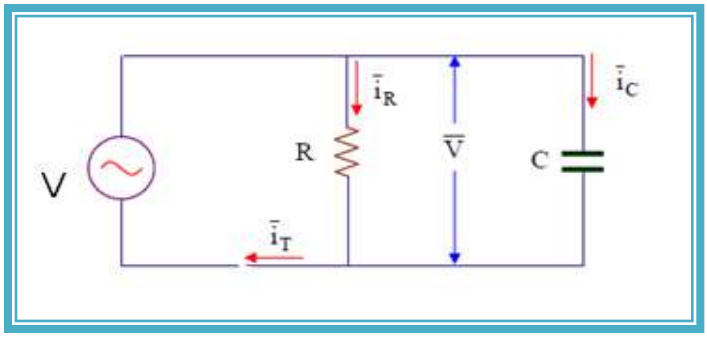
$$I = \sqrt{I_R{}^2 + I_{XL}{}^2}$$

$$I = \sqrt{4^2 + 7.12^2}$$

$$I = \sqrt{66.7}$$

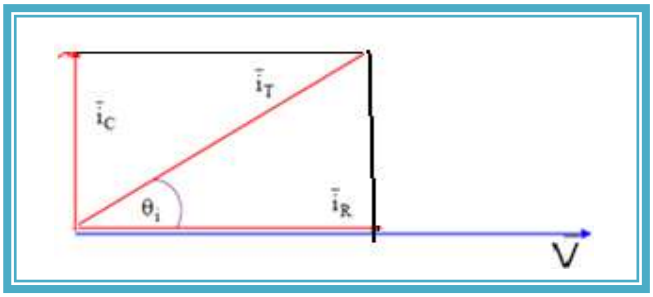
$$I = 8.18AM$$

7- ممانعة دائرة التوازي التي تتكون من (RC):توصل المقاومة الطبيعية على التوازي مع المقاومة السعوية كما مبين في الشكل (6– 18)



شكل رقم (6-18) يوضح ربط متسعة مع مقاومة طبيعية بالتوازي مع دائرة تيار متناوب

حيث يكون التيار المار في المقاومة الطبيعية متفق بالزاوية مع جهد المصدر والتيار المار في المقاومة السعوية (IXC) يكون متقدما عن الجهد بزاوية (90) درجة ويكون التيار الكلي هو حاصل الجمع الاتجاهي لكلا التيارين كما مبين في الشكل (6-19)



شكل (6-19) المخطط الاتجاه للتيار في دائرة (RC) المتوازية

بتطبيق نظرية فيثاغورس يكون التيار الكلي يساوي :

$$I = \sqrt{{I_R}^2 + {I_{XC}}^2}$$

مثال : ملف له مقاومة طبيعية مقدارها (20) اوم ومحاثة مقدارها (0.0477) هنري وصلا على التوازي مع مقاومة سعوية ذات سعة (159) مايكروفاراد ثم وصلت الدائرة الى مصدر للتيار المتناوب ذات جهد (200) فولت وتردد (50) ذ/ ثا . احسب التيار المار في كل من الملف والمتسعة والتيار الكلي ثم احسب المقاومة الكلية للدائرة؟

الحل

$$XL = 2\Pi FL$$

$$XL = 2 \times 3.14 \times 50 \times 0.0477$$

$$XL = 15\Omega$$

$$Z = \sqrt{R^2 + XL^2}$$

$$Z = \sqrt{20^2 + 15^2}$$

$$Z = \sqrt{400 + 225}$$

$$Z = \sqrt{625}$$

Z=25 Ω

$$I_L = \frac{V}{Z}$$

$$I_L = \frac{200}{25} = 8\ A$$

$$I_C = \frac{V}{XC}$$

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

$$XC = \frac{1}{2\Pi\ x\ 50\ x\ 159\ x\ 10^{-6}}$$

X_C = 20 Ω

$I_C = \frac{200}{20} = 10\ A$

$Sin\theta = \frac{XL}{Z}$

$Sin\theta = \frac{15}{25}$

$Sin\theta = 0.6$

$\theta = Sin^{-1}\ 0.6 = 36.8^{\circ}$

$Cos\ 36.8 = 0.8$

وهناك طريقة ثانية لايجاد قيمة الزاوية من القانون التالي :

$Sin^2\theta + Cos^2\theta = 1$

$I_L = I_1 \times Sin\ 36.8$ التيار

$I_L = 8 \times 0.6$

$I_L = 4.8\ A$

$I_R = I_1 \times Cos\ 36.8$

$I_R = 8 \times 0.8$

$I_R = 6.4\ A$

$$IT = \sqrt{{I_R}^2 + (IL - IC)^2}$$

$$IT = \sqrt{(6.4)^2 + (4.5 - 10)^2}$$

$$IT = \sqrt{(6.4)^2 + (-5.2)^2}$$

$$IT = \sqrt{40.5 + 27}$$

$I_T = 8.24\ A$

$$Z_T = \frac{V}{IT}$$

$$Z_T = \frac{200}{8.24}$$

$Z_T = 24.27\ \Omega$

مثال: دائرة توازي تحتوي على مقاومة طبيعية مقدارها (25) اوم ومقاومة سعوية ذات سعة (95.5) مايكروفاراد وصلت الى مصدر تيار متناوب ذات جهد مقداره (200) فولت وتردد (50) ذبذبة/ ثانية .احسب التيار الكلي للدائرة؟

الحل

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

$$XC = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 95.5 \times 10^{-6}}$$

$$XC = \frac{10^6}{29987}$$

$$XC = 33.34\Omega$$

$$I_{XC} = \frac{V}{X_C}$$

$$I_{XC} = \frac{200}{33.34}$$

$$I_{XC} = 6AMP$$

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

$$I_R = \frac{200}{25}$$

$$I_R = 8AMP$$

$$I = \sqrt{{I_R}^2 + {I_{XC}}^2}$$

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

$$I = \sqrt{64 + 36}$$

$$I = \sqrt{100}$$

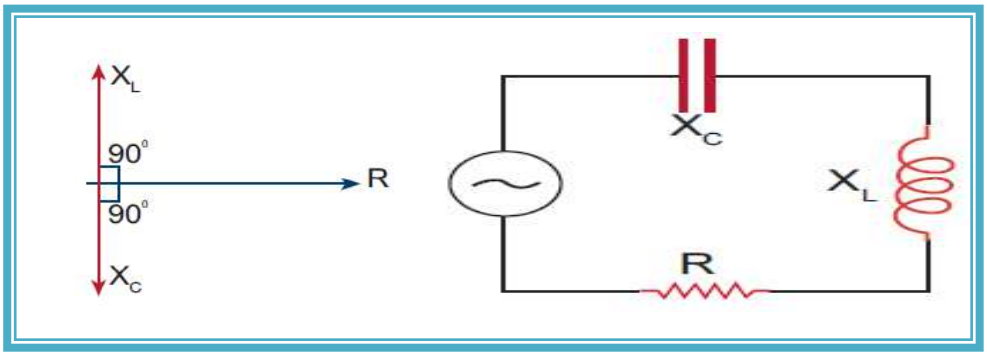
$$I = 10AMP$$

4-6 رنين التوالي والتوازي

عند توصيل دائرة تتكون من مقاومة (R) ومحاثة (L) ومتسعة (C) الى مصدر جهد متناوب ذات موجة جيبية ويمر فيها تيار متناوب ذات موجة جيبية بنفس زاوية جهد المصدر (V) تسمى هذه الدائرة بدائرة الرنين وتكون ممانعة الدائرة الكلية (Z) مساوية لقيمة المقاومة (R) الموجودة في الدائرة عندة تتردد معين (f_o)

1- رنين التوالي

دائرة توالي تتكون من (RLC) كما مبين في الشكل (6-20)



شكل (6-20) دائرة زنين التوالي

حيث ان الممانعة الكلية (Z) لدائرة التوالي هي :

$$Z = \sqrt{R^2 + (XL - XC)^2}$$

عندما تكون الدائرة في حالة رنين تكون ممانعة (Z) مساوية الى

$$Z = \sqrt{R^2} = R$$

حيث

$$(XL - \frac{1}{XC}) = 0$$

XL = XC

ولحساب التردد (f) الذي يحصل فيه الرنين

$$wl = \frac{1}{wc}$$

$$w^2 LC = 1$$

$$W^2 = \frac{1}{LC}$$

$$W = \frac{1}{\sqrt{LC}}$$

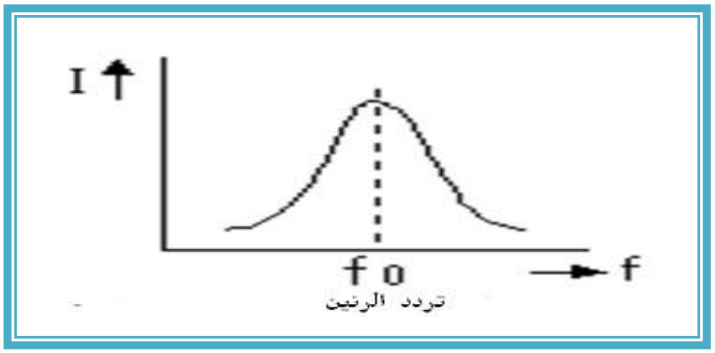
حيث

$$W = 2\pi f$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

حيث (fo) يسمى تردد الرنين

اذ يبين الشكل (6-21) منحني العلاقة بين التردد والممانعة قبل وبعد حصول حالة الرنين



شكل رقم (6–21) منحني رنين التوالي

مثال: دائرة توالي تتكون من مقاومة طبيعية $R = 100\Omega$ ومحاثة $L = 0.5h$ ومتسعة $C = 40\mu f$ احسب تردد الرنين للدائرة ؟

الحل

$$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

$$fo = \frac{1}{2\pi\sqrt{0.5\times40\times10^{-6}}}$$

$$fo = \quad \text{HZ}$$

مثال: دائرة توالي تحتوي على مقاومة طبيعية (R) مقدارها 5 اوم ومحاثة 20ملي هنري ومتسعة (C) وصلت الى مصدر تيار متناوب ذات موجة جيبية وتردد $f = 100HZ$ ، احسب قيمة المتسعة (C) التي يحصل عندها الرنين؟

الحل

$$f = \frac{1}{2\Pi\sqrt{LC}}$$

$$f^2 = \frac{1}{(2\Pi)^2 LC}$$

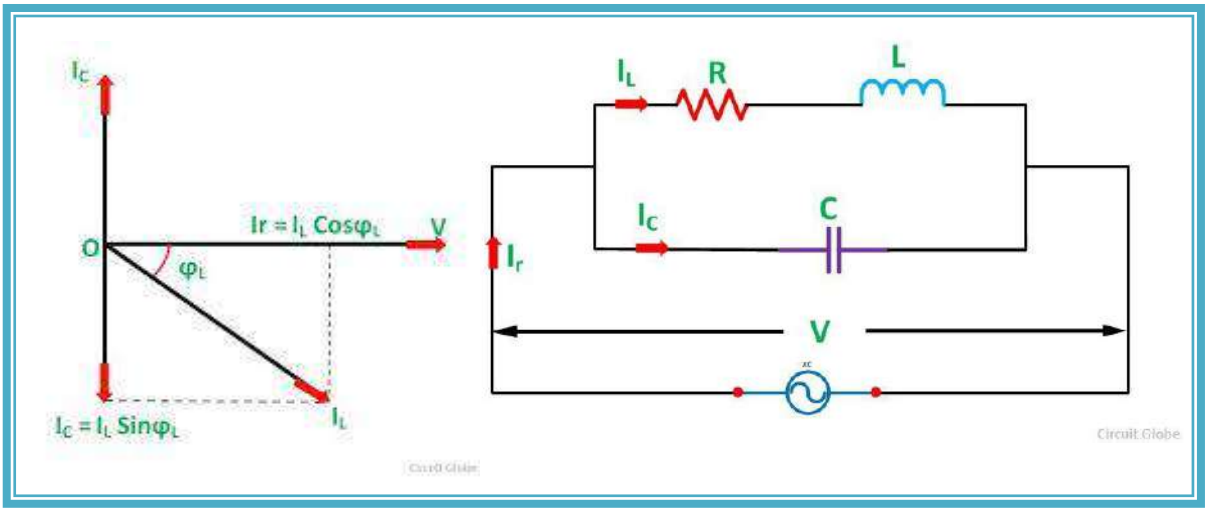
$$C = \frac{1}{(2\Pi)^2 \times L \times f^2}$$

$$C = \frac{1}{(2\Pi)^2 \times 20 \times 10^{-3} \times (1000)^2}$$

$$C = 1.27 \mu f$$

2- رنين التوازي (Resnance in parallel circuit)

عندما توصل محاثة على التوازي مع متسعة كما مبين في الشكل (22-6) تكون هذه الدائرة في حالة رنين عندما تكون مركبة التيار العمودية للمحاثة والمتسعة تساوي صفر .



شكل رقم (22-6) يوضح دائرة زنين التوازي مع المخطط الاتجاهي للتيارات

في دائرة التوازي لحظة الرنين يكون :

IL = sin θ = IC ..... (1)

IL = $\frac{V}{Z}$ .....(2)

Sin θ = $\frac{XL}{Z}$ .....(3)

IC = $\frac{V}{XC}$ .....(4)

نعوض المعادلات (4,3,2) في المعادلة رقم (1) نحصل على :

$$\frac{V}{Z} \times \frac{XL}{Z} = \frac{V}{XC}$$

$$XL \times Xc = Z^2$$

$$\frac{\omega L}{\omega C} = Z^2$$

$$\frac{L}{C} = Z^2$$

$$Z^2 = R^2 + XL^2$$

$$\frac{L}{C} = R^2 + XL^2$$

$$\frac{L}{C} - R^2 = (2\pi f_o L)^2$$

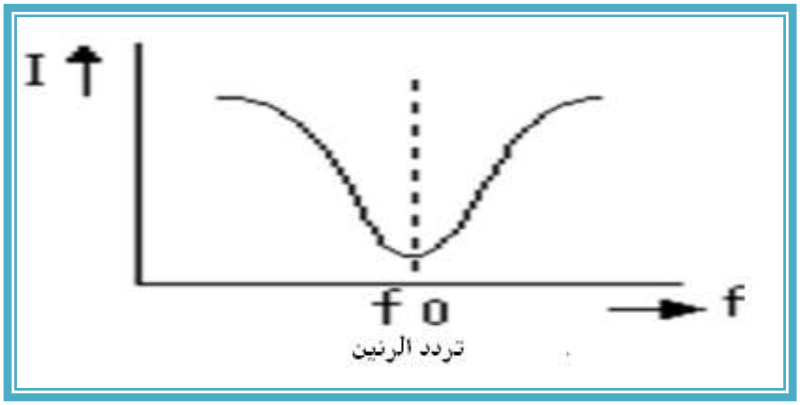
$$f_o^{\,2} = \left(\frac{1}{2\pi L}\right)^2 \frac{L}{C} - R^2$$

$$f_o = \frac{1}{2\pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}} \quad Hz$$

عندما تكون المقاومة في دائرة زنين التوازي صغيرة مقارنة مع المقاومة الحثية (XL) يصبح قانون رنين التوازي مسابه لقانون رنين التوالي

$$f = \frac{1}{2\Pi\sqrt{LC}} \quad Hz$$

يكون التيار المار في دائرة التوازي اقل ما يمكن في حالة الزنين ، كما في الشكل رقم (6-23).



شكل (6-23) العلاقة بين التيار والتردد في دائرة رنين التوازي

مثال: محاثة لها مقاومة طبيعية (10) اوم و (0.1) هنري وصلت على التوازي مع متسعة مقدارها (100) مايكرو فاردا احسب تردد الرنين لهذه الدائرة؟

الحل :

$$F_O = \frac{1}{2\Pi}\sqrt{\frac{1}{LC} - \frac{R^2}{L^2}}$$

$$F_O = \frac{1}{2\Pi}\sqrt{\frac{10^6}{0.1 \times 100} - \frac{10^2}{0.1^2}} = 47.8HZ$$

اسئلة الفصل السادس

س1- ارسم دوره كاملة لموجة جيبية مثبتا عليها قيم الجهد والتيار؟

س2- عرف مايأتي القيمة القصوى ـ القيمة الفعالةـ القيمة اللحظية ـ القيمة المتوسطة.؟

س3- اذكر العلاقة الرياضية لحساب القيمة الفعالة للجهد في موجة التيار المتناوب ؟

س4 ـ اوجد القيمة العظمى لتيار متناوب شدته (10) أمبير؟

س5ـ احسب القيمة الفعلية ، أذا علم أن القيمة العظمى لتيار والجهد في دائرة كهربائية يساوي (312) فولت و(9.5) أمبير؟

ج/ (220.6 V , 6.73 A)

س6 - متسعة ذات سعة (4) مايكروفاراد مربوطة على التوالي مع مقاومة (300) اوم ، على طرفي المقاومة يتواجد جهد مقداره (12) فولت بتردد مقداره (100) هيرتس ، احسب الجهد الكلي والجهد على طرفي المتسعة؟

ج/ (15.9 V , 19.9 V)

س7ـ دائرة توازي تتكون من متسعة سعته (0.022) ميكروفاراد ومقاومة طبيعية مقدارها 1000 اوم وصلت إلى مصدر جهد (10) فولت وتردد (5000)هيرتس احسب التيار المار في كل من المكثف والمقاومة؟

ج/ (0.01 A , 1.35×10^{-3} A)

س8 ـ مقاومة طبيعية قيمتها (50) اوم وصلت بالتوازي مع ملف له معامل حث ذاتي (0.255) هنري ومقاومة طبيعية (60) اوم ثم وصلت الدائرة إلى مصدر للتيار المتناوب جهده (220) فولت وتردد (50) هيرتس احسب تيار الدائرة ؟

ج/ (6.67 A)

س9 ـ دائرة توالي تحتوي على مقاومة طبيعية (R) مقدارها 5 اوم ومحاثة 20 ملي هنري ومتسعة (C) وصلت الى مصدر تيار متناوب ذات موجة جيبية وتردد $f = 50HZ$، احسب قيمة المتسعة (C) التي يحصل عندها الرنين؟

ج/ (5 مايكرو فاراد)

س10ـ دائرة توالي تتكون من مقاومة طبيعية $R = 100\Omega$ ومحاثة $L = 0.5h$ ومتسعة $C = 20\mu f$ احسب تردد الرنين للدائرة ؟

ج/ (50 هيرتز)

محتويات

الفصل السابع

أشباه الموصلات

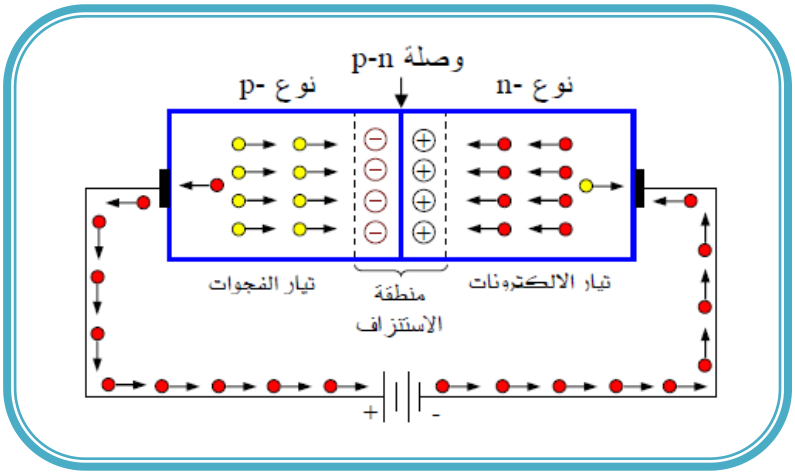
الاهداف :

1) التعرف على انواع وخواص وتركيب شبه الموصل .

2) التعرف على دوائر التقويم .

3) التعرف على تركيب وعمل وانواع الترانزستور .

4) التعرف على دوائر تقويم واستقرارية الجهد .



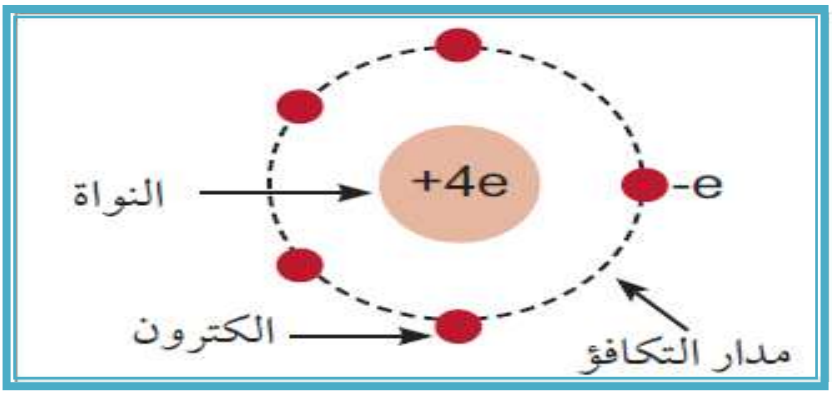
1-7 مقدمة

تعتمد الخواص الكهربائية للذرة على ما تشده نواة تلك الذرة لالكتروناتها الخارجية (التكافؤية) فتكون المواد موصلة (conductor) ، إن سهل إزالة الكتروناتها التكافؤية ، كما هو الحال في المعادن (كالفضة والنحاس) أما المواد التي يصعب فيها إزاحة الكتروناتها التكافؤية من ذراتها فأنها تعرف بالمواد العازلة للكهربائية insulators كالخشب والبلاستك.

ويوجد في الطبيعة مواد أخرى تقع بين النوعين المذكورين أعلاه من حيث إيصالها للكهربائية من عدمها وتسمى بأشباه الموصلات أو أنصاف الموصلات (Semi Conductor) كما هو الحال في عنصري الجرمانيوم (Ge) والسليكون (Si) وبعض المركبات الكيماوية .

2-7 شبه الموصل النقي Intrinsic Semi Conductor

يعتبر عنصر السليكون والجرمانيوم من أهم أشباه الموصلات المستعملة في الإغراض الالكترونية ويقعان ضمن مجموعة رباعية التكافؤ ولعنصر السليكون (14) إلكترونا في تركيبه الذري بينما تمتلك ذرة الجرمانيوم (32) الكترونا ولكن تتعادل ذرات كل منهما تكون نواتها على التوالي (14و12) ومن الخواص الفريدة كون الذرات قادرة على الاتحاد فيما بينها عن طريق ترابط الكترونات التكافؤ للذرات المتجاورة ويكون ما يسمى بآصرة تساهمية (covalent bound) يوضح الشكل (7-1) تركيبة بلورة السليكون في درجة الصفر المطلق وذلك برسم الكترونات التكافؤ فقط وما يعادلها من الشحنة الموجبة وعند توصيل جهد ما إلى مثل هذه البلورة فلن يحدث إي توصيل بسبب امتلأ حزمة التكافؤ.



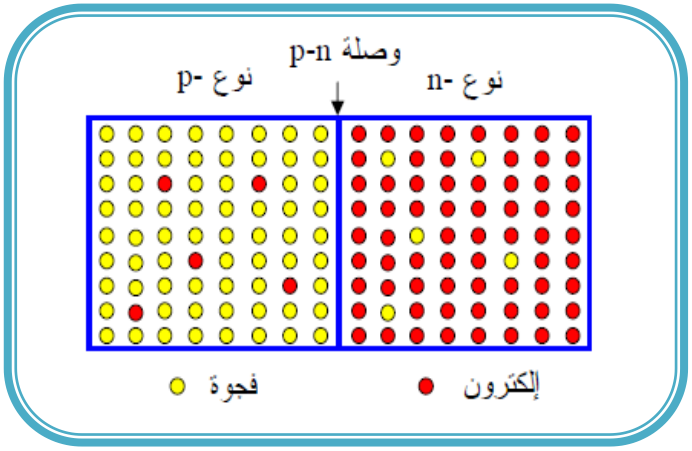
شكل رقم (7-1) توزيع الالكترونات على المدار الاخير لذرة السليكون

3-7 شبه الموصل المشوب Extrinsic Semi Conductor

يمكن التحكم بتوصيل أشباه الموصلات بإضافة نسبة قليلة محدودة من الشوائب (Impurities) إلى بلورة سبه الموصل وتدعى هذه العملية بالتطعيم (doping) وتعرف كمية الشوائب المضافة بمنسوب التطعيم (doping level) والشوائب على نوعين مانحة للالكترونات (donor) أو قابلة للالكترونات accepter وتصنف البلورة في الحالة الأولى كونها من النوع السالب (n) واختصار n- type ، كما وتصنف البلورة القابلة للالكترونات بأنها من النوع الموجب واختصارا p-type .

4-7 الثنائي شبه الموصل (دايود) Diode

يبين الشكل (2-7) مقطعا لبلورة طعم نصفها الأيمن بشوائب مانحة بينما طعم الصف الأيسر منها بشوائب قابلة وبذلك تكون وصلة (p-n) بينهما . وترمز الدوائر ذوات الإشارة الموجبة الايونات المانحة . فبعد أن منحت كل ذرة شائبة الكترونا أصبحت ايونا موجبا ، آما الايونات القابلة فقد أصبحت سالبة بعد أن قبلت كل ذرة فيها الكترونا ولذلك رمزت بالدوائر ذوات الإشارة السالبة.في أول الأمر تكون محصلة الشحنة في الجهة السالبة صفر رغم وفرة الالكترونات الحاملة للتيار فيها آذ أنها خلفت ايونات موجبة وبنفس عددها ، كذلك تكون الشحنة متعادلة في الجهة الموجبة رغم افتقاد كل ذرة منها الكترونا واحدا .يستنتج من هذا أن هناك انحدرا بين الجهتين فكثافة الالكترونات في الجهة اليمنى تزيد عن ذلك التي في الجهة اليسرى ، بينما تزيد كثافة الثقوب في الجهة اليسرى عن الجهة اليمنى آن مثل هذا الانحدار سيؤدي إلى انتقال (آو انتشار) بعض الالكترونات إلى الجهة اليسرى عبر الوصل وبعض الثقوب في الجهة اليمنى. ونتيجة لهذه الإزاحة في الشحنات فأن مجالا كهربائيا يتولد عبر هذا الوصل وتنمو قيمته حتى تصل الحد الذي يتوقف عملية الانتشار .



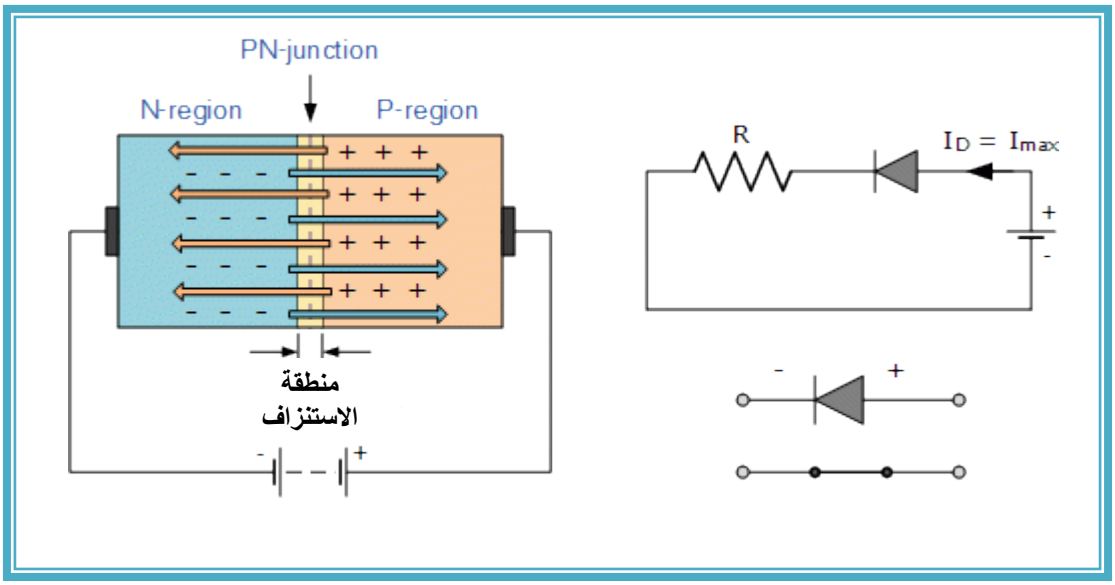
شكل رقم (2-7) الحاجز ومنطقة الاتصال

توصيل الثنائي شبه الموصل الى مصدر للتيار الكهربائي

هناك طريقتين لتوصيل الثنائي شبه الموصل (الدايود) مع المصدر هما

أ- التوصيل بالاتجاه الأمامي (Forward direction)

في هذه الطريقة يوصل القطب الموجب للبطارية الى القطعة الشبه الموصلة (P) للدايود في حين يوصل القطب السالب للبطارية بالقطعة الشبه الموصلة السالبة (N) كما موضح في الشكل(7–3)، في هذه الحالة تتجه الالكترونات نحو القطب الموجب للبطارية بينما تنجذب الفجوات الموجبة الشحنة نحو القطب السالب للبطارية ولذاك فأن جميع الالكترونات والفجوات تتحرك عبر منطقة الاتصال للدايود بسبب تجاذب الشحنات المختلفة وينتج من حركة الالكترونات والفجوات مرور تيار كهربائي . نستنتج من ذلك أن مقاومة الدايود في توصيله بالاتجاه الأمامي تكون قليلة.



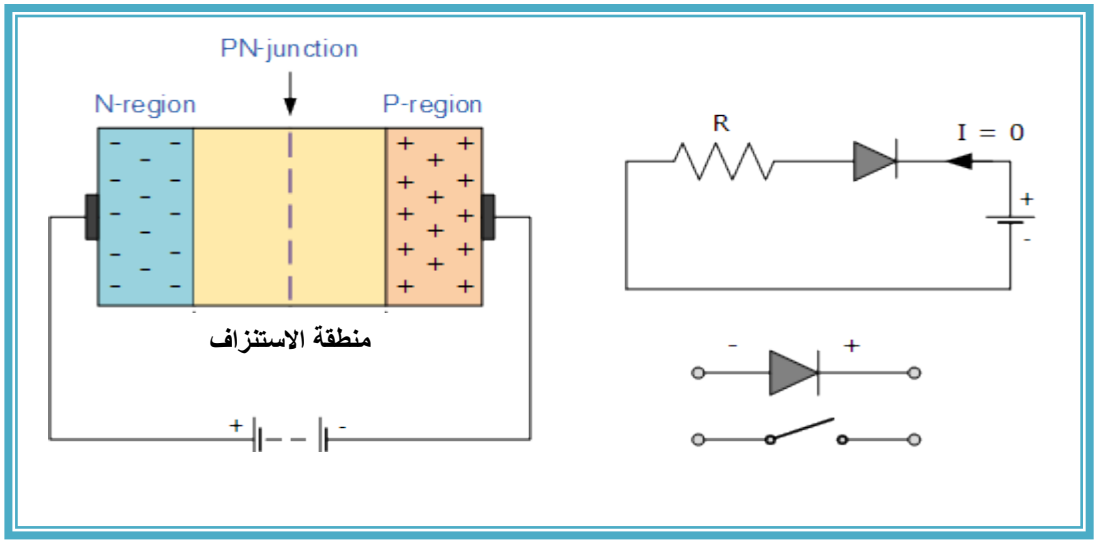
الشكل (7–3) التوصيل بالانحياز الامامي

ب ـ التوصيل بالاتجاه العكسي (Reverse direction)

عند توصيل الدايود الشبه الموصل ببطارية بحيث يكون القطب الموجب متصلا بالقطعة الشبه الموصلة (N) والقطب السالب للبطارية متصلا بالقطعة الشبه الموصلة الموجبة (P) تندفع الالكترونات نحو القطب الموجب في حين تنجذب الفجوات نحو القطب السالب للبطارية كما موضح في الشكل (7–4) .

في هذه الحالة فأن عدد قليل من الالكترونات تعبر منطقة الاتصال إلى القطعة الشبه موصلة الموجبة كذلك فأن عدد قليل من الفجوات تعبر إلى القطعة الشبه موصل السالبة ، تتجمع هذه المجموعة القليلة **من**

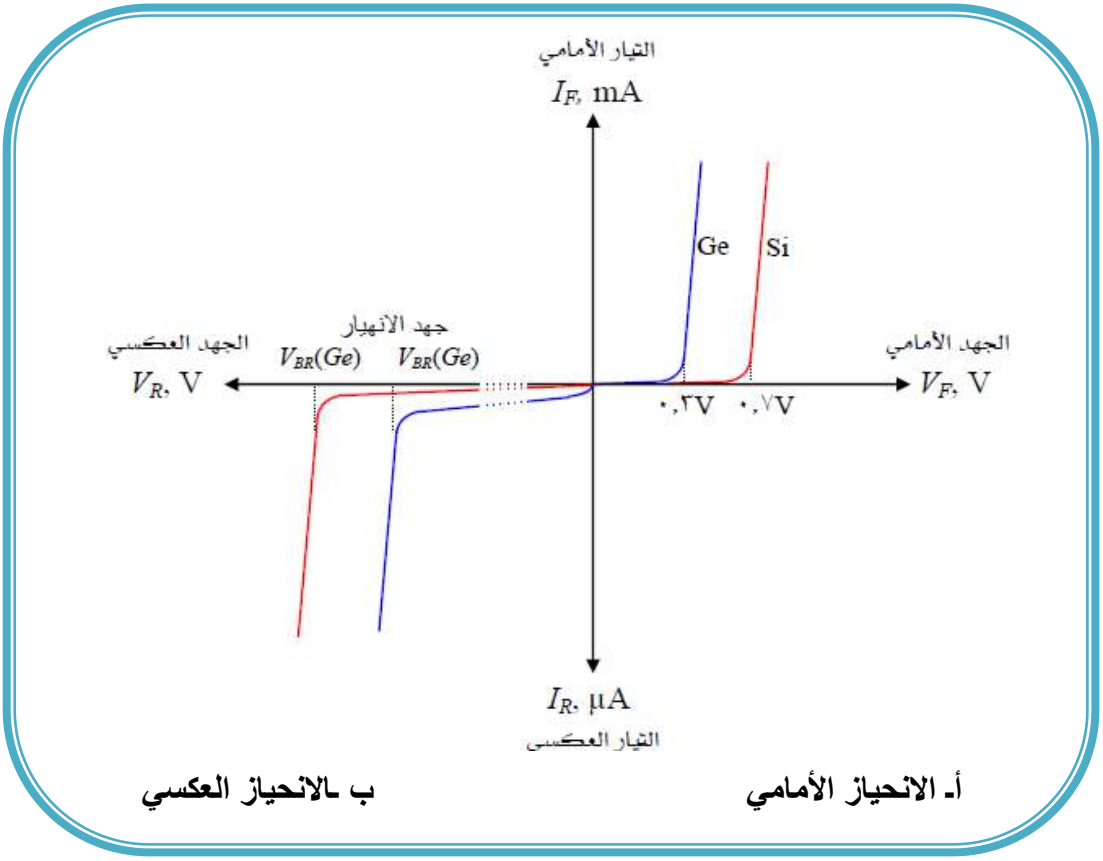
الالكترونات والفجوات حول منطقة الاتصال بين القطعتين وفي هذه الحالة تتنافر الفجوات القليلة الموجودة في المادة الشبه موصلة السالبة مع القطب الموجب للبطارية وتجذب نحو القطب السالب كذلك تتنافر الالكترونات القليلة الموجودة في القطعة الشبه موصلة الموجبة مع القطب السالب متجه نحو القطب الموجب أن عبور هذا العدد القليل من الشحنات الموجبة والسالبة لمنطقة الاتصال يعني مرور تيار قليل في الدايود عند توصيله بالاتجاه العكسي ، نستنتج من ذلك إن مقاومة الدايود تكون عالية عندما يتم توصيله بلاتجاه العكسي .



شكل رقم (7– 4) التوصيل بالانحياز العكسي

خواص الثنائي الشبه الموصل

المنحني الموضح في الشكل (7–5) يبين خواص الثنائي الشبه موصل والذي يمثل سلوك الدايود عندما يكون موصلا بالاتجاهين الأمامي والعكسي ، يمثل الجزء (أ) من منحني خواص الانحياز الأمامي للدايود ومنه نلاحظ إن التيار يبدأ بالازدياد بعد قيمة معينة للفولتية المطلوبة للتغلب على جهد الحاجز ، وان مقدار هذه الفولتية يتراوح بين (0.3) فولت أذا كان الدايود مصنوع من مادة الجرمانيوم و (0.7) فولت أذا كان مصنوع من السليكون إي إن اقل فولتية توضع على طرفي الدايود لإمرار تيار فيه بالانحياز الأمامي يجب إن تزيد على (0.3) فولت في حالة كونه مصنوع من الجرمانيوم و(0.7) فولت في حالة كونه مصنوعا من السليكون .



الشكل (7–5) منحني الخواص للثنائي شبه الموصل

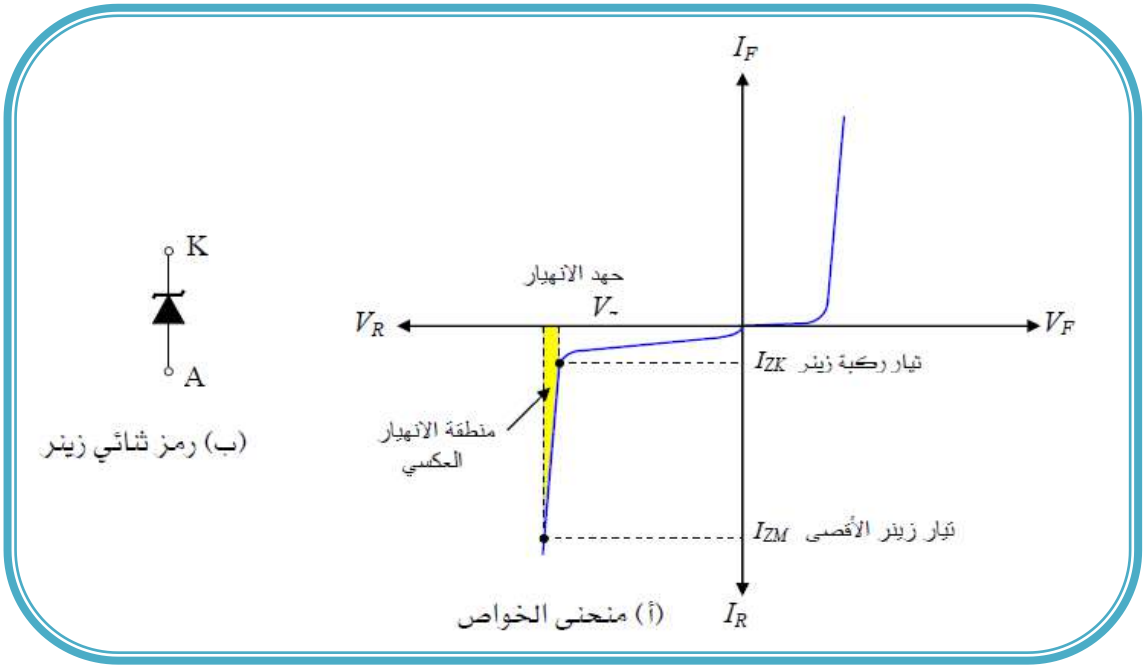
إن زيادة فولتية الانحياز أكثر من (V_f) تؤدي إلى زيادة متصاعدة للتيار المار في الدايود .آما الجزء (ب) من المنحني فيمثل خواص الدايود عندما يكون موصلا بالانحياز آو الاتجاه العكسي ، ومنه نلاحظ إن تيار الانحياز العكسي يكون قليلا ولا يتأثر بزيادة الفولتية بالاتجاه العكسي، ولكن يزداد هذا التيار فجأة إلى قيمة كبيرة جدا عند وصول قيمة فولتية الانحياز العكسي إلى قيمة معينة تسمى بفولتية الانهيار (Break down) والتي تتكسر الأواصر التساهمية فيتولد عنها عدد كبير من الالكترونات تسيب مرور هذا التيار العالي الذي يزيد من حرارة الثنائي وقد يتلفه .

أنواع ثنائيات شبه الموصل

1- ثنائي الزينر (Zener diode)

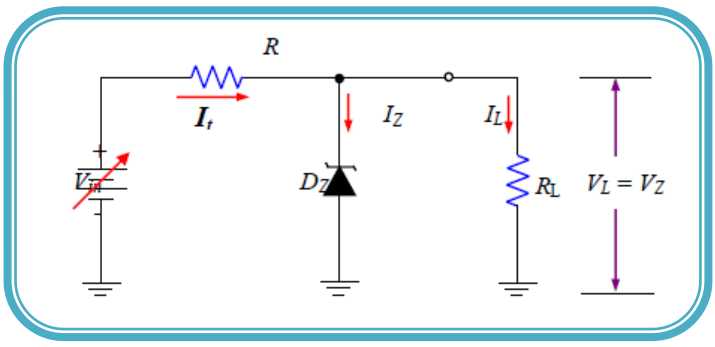
يتكون ثنائي الزينر من نفس مكونات الثنائي الاعتيادي اى من وصلتين من أشباه الموصلات احدهما موجبة وأخرى سالبة ولكن نسبة الشوائب في الوصلتين له تكون أكثر بكثير من نسبتها في الثنائي الاعتيادي ، إن زيادة الشوائب على عمل والثنائي وخاصة عند توصيلة بالاتجاه العكسي ، فكما هو معلوم عند توصيل الدايود بالانحياز العكسي فأنه يبدي مقاومة عالية جدا ولكن الاستمرار في زيادة الفولتية العكسية على طرفيه تؤدى الى هبوط مقاومته بشكل مفاجئ فيمر به تيار عالي وتسمى الفولتية **التي تتغير**

فيها مقاومة الدايود من قيمة عالية جدا الى قيمة قليلة بفولتية الانهيار (Break down voltage) الشكل (7–6) يوضح رمز وخواص ثنائي الزينر.



الشكل (7–6) خواص االثنائي الزينر

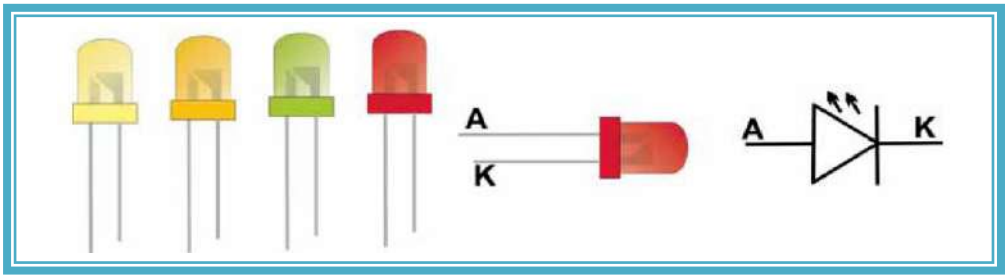
يستخدم الثنائي في دوائر تثبيت الفولتية كما موضحة في الشكل (7–7)



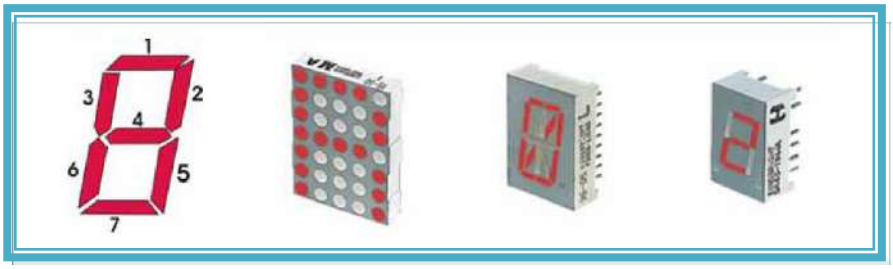
شكل (7–7) دائرة تثبيت الجهد

2- ثنائي الانبعاث الضوئي (LED) (Light Emitting Diode)

تستخدم مواد شبه موصلة يتحول فيها الجزءالاكبر من الطاقة الناتجة عن حركة الالكترونات والفجوات الى إشعاع ضوئي ومن ضمن المواد التي تتدخل في تركيبه مثل الغاليوم والزرنيخ والفسفور ويكون الضوء بألوان مختلفة أوقد تكون الطاقة المشعة غير مرئية كالأشعة تحت الحمراء.تستخدم هذه الثنائيات في عرض الأرقام في جميع الدوائر الرقمية وكما موضح في الشكل (7–8) .



(أ) الثنائيات المشعة للضوء رمزها واشكالها الشائعة



(ب) وحدات العرض

شكل رقم (7–8) يبين (أ) الثنائيات المشعة للضوء ورمزها (ب) وحدة شرائح ثنائي الضوئي

3- الثنائيات التي تتحسس بالضوء (Photodiodes)

استخدام نافذة صغيرة تطل على منطقة الاتصال يتحول الدايود الاعتيادي الى دايود يتحسس بالضوء فبسقوط أشعة الضوء على منطقة الاتصال تزداد درجة حرارتها وبالتالي يزداد تيار الانحياز العكسي للدايود . يستخدم في دوائر الكشف عن الضوء . الشكل (7–9) يمثل رمز الثنائي المتحسس بالضوء

الشكل (7–9) الثنائي الضوئي

4- الثنائي السعوي (Varactor diode)

يعمل الثنائي السعوي عمل المتسعة المتغيرة فعند توصيل الثنائي بالانحياز العكسي تتجمع على جهتي منطقة الاتصال شحنات موجبة وسالبة في حين تصبح المنطقة القريبة من منطقة الاتصال عازلة تقريبا لكونها خالية من الشحنات ، لذلك يمكن ان يقوم الثنائي الموصل بالانحياز العكسي مقام المتسعة فكلاهما يحتويان على منطقة عازلة وسط موصلين، أما سعة المتسعة (C) التي يكونها الانحياز العكسي في الدايود فتحسب بالقانون التالي

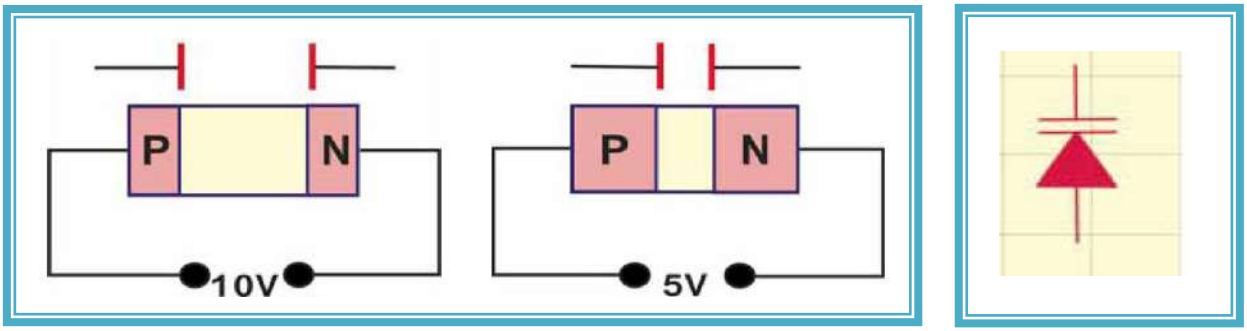
$$C = \epsilon \frac{A}{W}$$

حيث ان ثابت النفاذية بالنسبة للمادة الشبه الموصلة المكونة للدايود = ε

مساحة مقطع القطعتين المكونتين للثنائي = A

عرض المنطقة العازلة المحيطة بمنطقة الاتصال = W

الشكل (7–10) يوضح رمز الثنائي السعوي وعمل الثنائي.



(أ) رمز الثنائي (ب) عمل الثنائي

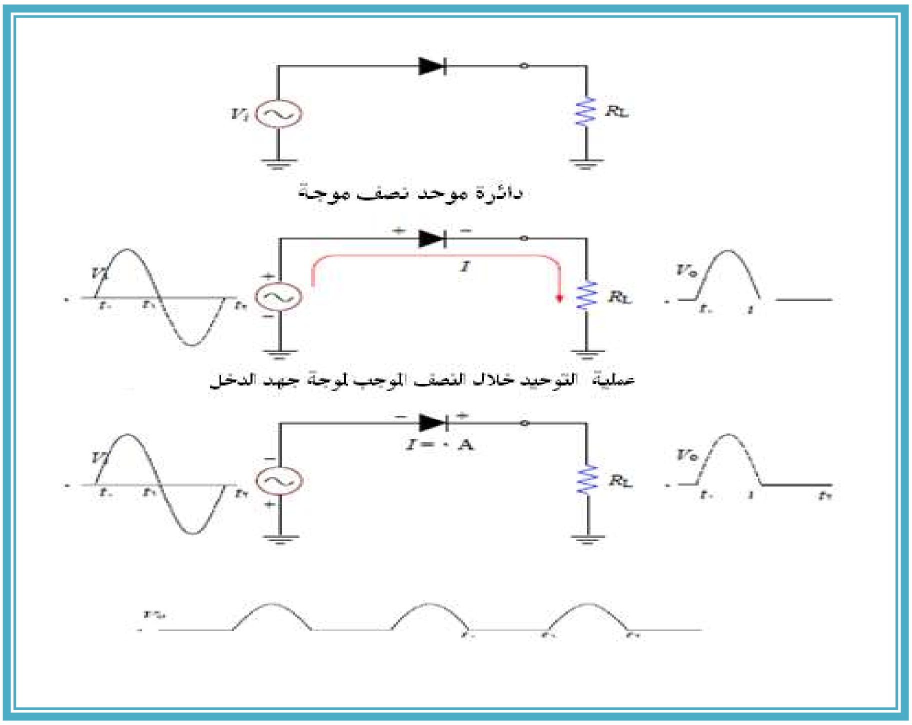
الشكل(7–10) (أ) رمز الثنائي السعوي (ب) عمل الثنائي السعوي

7–7 استخدامات الثنائي شبه الموصل

1- التقويم (التوحيد) Rectification : يستعمل لتحويل التيار المتناوب الى تيار مستمر حيث كما هو معلوم فأن التيار المتناوب يتصف بأنه يتغير في القيمة والاتجاه وتقسم دوائر التوحيد الى نوعين:

أ ـ موحدات نصف موجة The Half - Wave Rectifier

يستعمل الموحد في تحويل التيار المتردد الى تيار موحد الاتجاه في صورة نبضات شكل (7-11) يوضح دائرة موحد نصف موجة باستخدام ثنائي واحد ، حيث يتصل طرف الموجب للثنائي بمصدر الجهد المتردد المراد توحيده ويتصل الطرف السالب بمقاومة الحمل .خلال النصف الموجب لموجة جهد الدخل يكون الثنائي في حالة انحياز أمامي ويسمح للتيار بالمرور خلاله الى مقاومة الحمل .

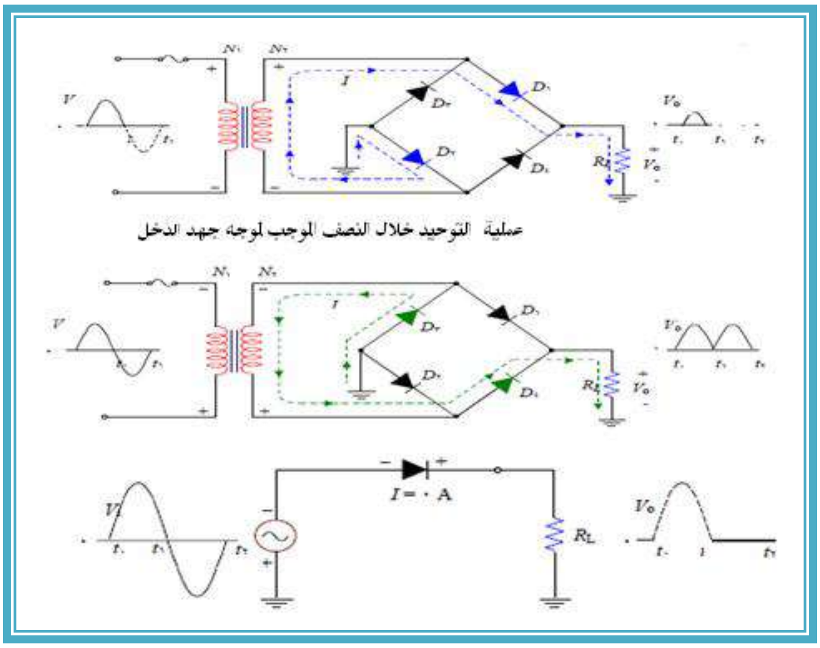


الشكل (7–11) دائرة تقويم نصف موجة

وفي حالة استخدام ثنائي مثالي فأن قيمة الجهد المفقود على طرفي الثنائي تساوي صفر. لذلك يكون الجهد الناتج على طرفي مقاومة الحمل مطابق تماما لشكل النصف الموجب لموجة الدخل كما هو مبين في الشكل (1–11).

ب ـ موحدات موجة كاملة The Full - Wave Bridge Rectifier

في هذا النوع يتم استخدام أربعة ثنائيات موصلة كما في الشكل (7–12) خلال النصف الموجب لموجة جهد الدخل يكون كل من الثنائي D_2 ، D_1 في حالة انحياز أمامي بينما يكون كل من الثنائي D_3، D_4 في حالة انحياز عكسي ، ولذا يمر التيار الى الحمل عبر كل من الثنائي D_2، D_1 خلال المسار المبين في الشكل (7–12).

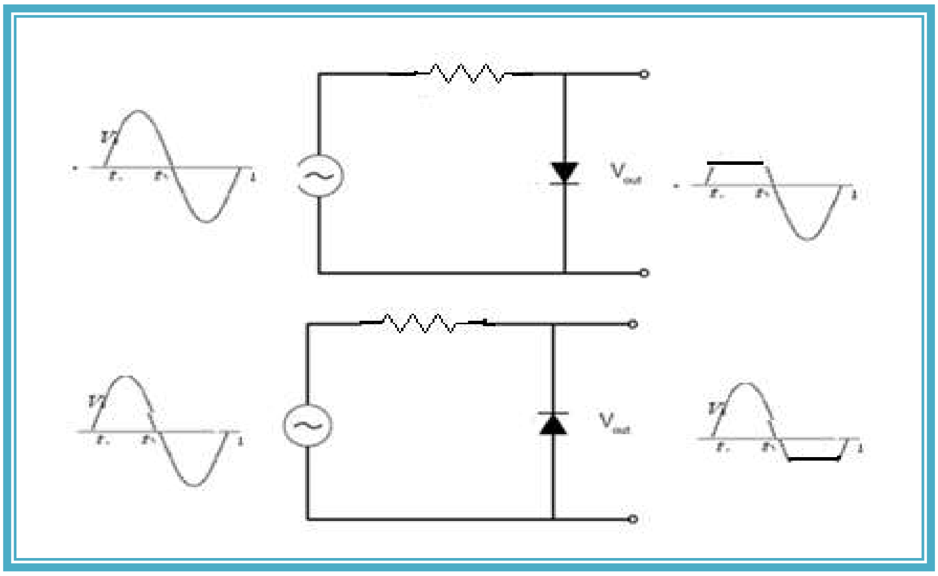


شكل (7–12) موحد موجة كاملة

خلال النصف السالب لموجة جهد الدخل يصبح كل من الثنائي D_2 ، D_1 في حالة انحياز عكسي بينما كل من الثنائي D_4، D_3 في حالة انحياز امامي ويمر التيار الى الحمل عبر كل من الثنائين D_4، D_3 خلال المسار المبين في الشكل (7–12) .

2- دوائر تحديد الفولتية

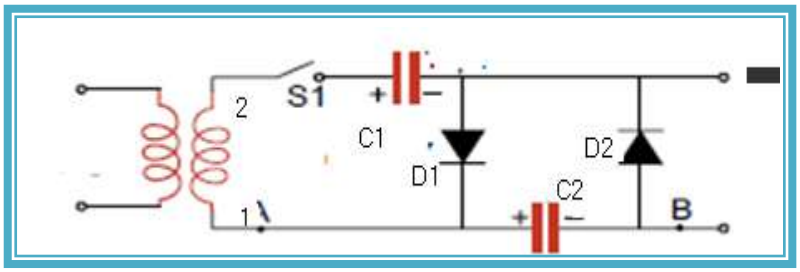
وهي دوائر تعمل على إزالة جزء من الإشارة وتحتوي هذه الدوائر على ثنائي ومقاومة ويكون شكل الموجة الخارجة من هذه الدوائر مشابه لشكل الموجة الداخلة مع اقتطاع جزء منه كما مبين في الشكل (7–13) .



الشكل (7–13) دائرة تحديد شكل الموجة

3- الدوائر المضاعفة للفولتية

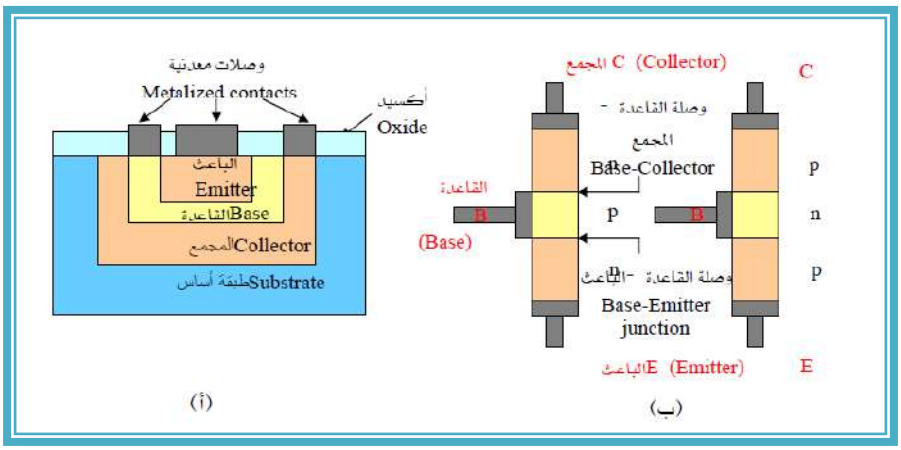
الدائرة المبينة بالشكل (7–14) توضح دائرة مضاعف جهد نصف موجة عندما تكون النقطة (2) موجبة والنقطة (1) سالبة تشحن المتسعة (C1) من خلال الدايود (D1) الى الفولتية العظمى للمصدر . وفي النصف الثاني من الموجة الداخلة تصبح النقطة (2) سالبة والنقطة (1) موجبة وبذلك تكون كل من فولتية المصدر وفولتية المتسعة (C2) على التوالي وتعزز وحدهما الاخرى فتظهر الفولتية الخارجة على طرفي مقاومة الحمل (RL) مساوية الى مجموعهما اي مساوية الى ضعف القيمة العظمى لفولتية المصدر.



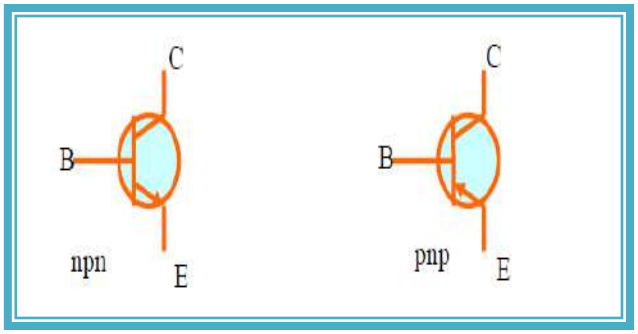
الشكل (7–14) دائرة مضاعف الفولتية

5-7 الترانزستور Transistor

يتكون الترانزستور من بلورة سيلكون أو (جرمانيوم) ذات ثلاث طبقات يكون نوع الطبقة الوسطى فيها عكس نوع الطبقتين الاخريتين فإذا كانت الطبقة الوسطى سالبة فتكون محاطة بطبقتين من المادة ذات النوع الموجب ويعرف حينئذ بالنوع (pnp) ويكون الترانزستور نوع(npn) أذا كانت المادة من نوع p موضوعة بين طبقتين من نوع (n) ويوضح الشكل (7–15أ) ذلك ويبين الشكل (7-15ب) رمزي كلا النوعين كما هما مستعملين في الدوائر الالكترونية.



الشكل (7–15أ) تركيب الترانزستور



الشكل (7– 15ب) رمز الترانزستور

أقطاب الترانزستور

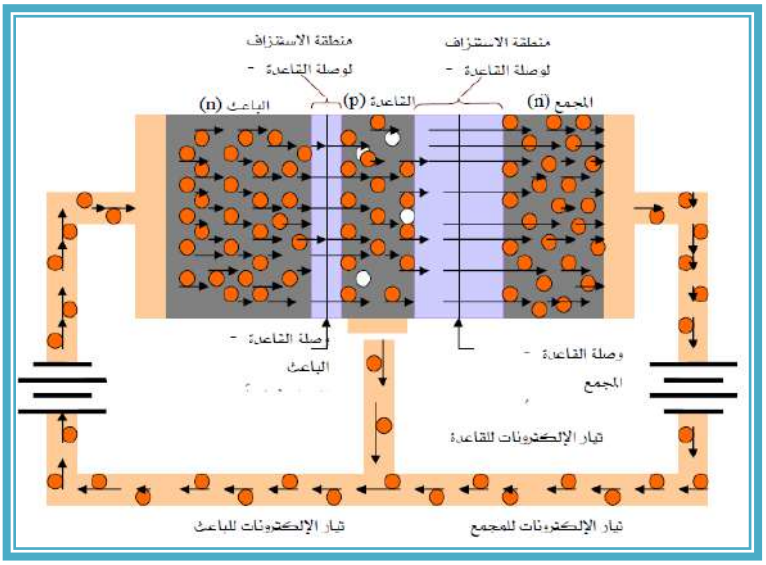
1- الباعث (Emitter) وتكون نسبة الشوائب فيها أعلى من نسبتها في القاعدة والجامع .

2- القاعدة (Base) وتكون نسبة الشوائب فيها اقل من نسبتها في كل من الجامع والباعث كما ان حجم القاعدة يكون صغيرا نسبة الى الباعث .

3- الجامع (Collector) ويكون حجمه اكبر من حجم القاعدة والباعث الا ان نسبة الشوائب فيه تكون اقل من الباعث وأعلى من القاعدة .

انحياز الترانزستور

ان الدوائر الالكترونية التي تستخدم الترانزستور يكون انحياز الباعث والقاعدة انحياز أماميا في حين يكون انحياز وصلة الجامع والقاعدة انحيازا عكسيا ولبيان كيفية عمل الترانزستور يجب ان نتعرف على حركة الالكترونات والفجوات كما مبين في الشكل (7–16) .



الشكل (7–16) يوضح الانحياز في الترانزستور NPN

حيث يوضح حركة الالكترونات في الترانزستور نوع (NPN) عند توصيل بطاريات الانحياز تكون الالكترونات في الباعث تتنافر مع الالكترونات في البطارية فتنتقل الى القاعدة ولكون حجم القاعدة صغير مقارنة مع حجم الباعث فأن الجزء الأكبر من الالكترونات يفيض الى وصلة الجامع تساعده على ذلك جهد الانحياز للقطب الموجب المتصل بالجامع كما مبين في الشكل (7–17) على هذا الأساس فأن تيار الباعث ينقسم الى قسمين تيار يمر في القاعدة ولآخر يمر في الجامع وعليه يمكن القول ان

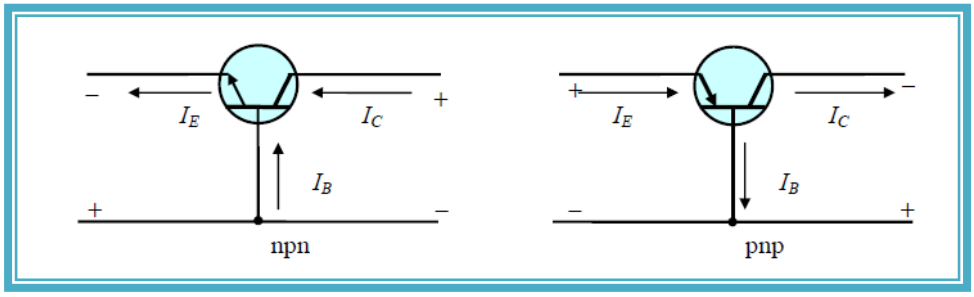
تيار الباعث = تيار الجامع + تيار القاعدة

فأذا رمز الى تيار الباعث I_E والى تيار الجامع I_C والى تيار القاعدة I_B فيكون

$$IE = IB + IC$$

العلاقة بين تيارات الترانزستور

ان أكثر الالكترونات المتنقلة من الباعث تذهب الى الجامع وان اقل عدد تنتقل الى القاعدة وعلى هذا الأساس فأن تيار الجامع يكون اقل من تيار الباعث بمعامل مقداره (α) وتلفظ ألفا .



شكل رقم (7–17) اتجاه التيار في الترانزستور

حيث تكون $$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1}$$

حيث تكون قيمة α اقل من 1

كما تسمى نسبة تيار الجامع الى تيار القاعدة ب(β) وتلفظ بيتا

حيث تكون $$\beta = \frac{I_C}{I_B}$$

وكذلك فأن $$\beta = \frac{\alpha}{1-\alpha}$$

مثال: ترانزستور فيه تيار الباعث يساوي (500) ملي امبير وتيار الجامع يساوي (490) ملي امبير اوجد قيمة (β) و (α)

الحل/

$$IB = IE - IC = 500 - 490 = 10\ mA$$

$$\beta = \frac{I_C}{I_B} = \frac{490}{10} = 49$$

$$\alpha = \frac{I_C}{I_E} = \frac{490}{500} = 0.98$$

مثال : ترانزستور فيه (β = 80) اوجد قيمة (α)

الحل

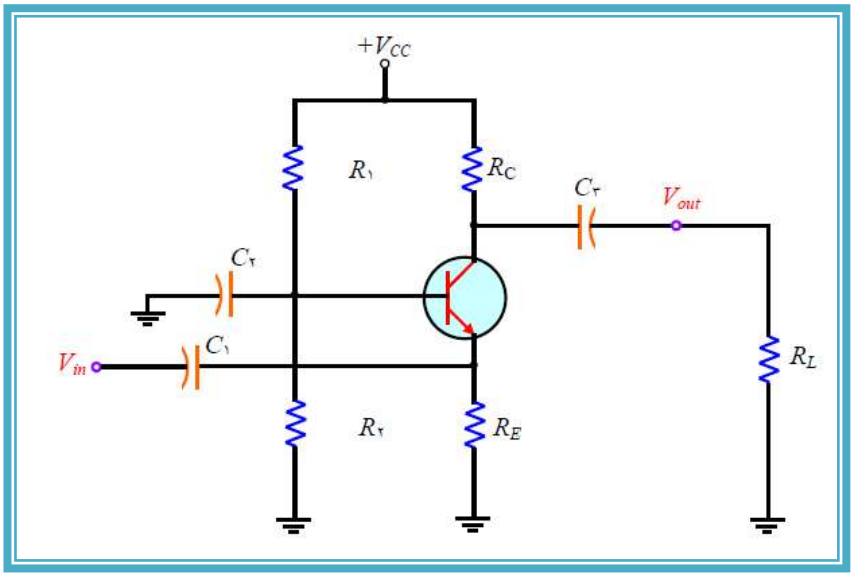
$$\alpha = \frac{\beta}{\beta+1} = \frac{80}{81} = 0.98$$

6-7انوع دوائرالتكبير

ان أهم استخدام للترانزستور يكون في دوائر التكبير حيث توجد ثلاث طرق لتوصيل الترانزستور في دوائر التكبير هي:

1- مكبر ترانزستور ذو القاعدة المشتركة Common Base Amplifier

يتم توصيل الترانزستور في الدائرة كما موضحة في الشكل (7- 18) حيث يبين ان نوع الترانزستور هو (PNP) في هذه الدائرة يكون ه القاعدة مشتركة بين الإشارتين الداخلة والخارجة .

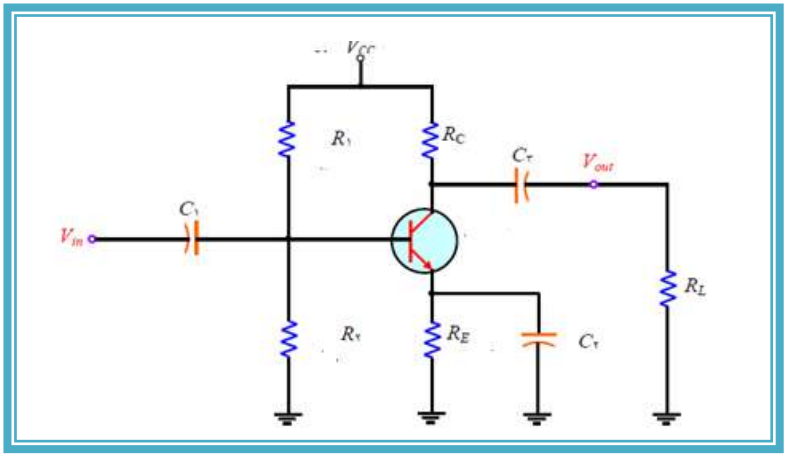


شكل رقم (7- 18) مكبر ذو قاعدة مشتركة

ان مجهز القدرة (Vcc) تعمل على جعل وصلة الباعث والقاعدة تعمل بالانحياز الأمامي في حين تعمل على جعل الجامع ينحاز عكسيا الى القاعدة آما المقاومة (RE) فتحدد قيمة تيار الانحياز الأمامي المار بين الباعث والقاعدة ، آما المتسعة (c1) فهي تعمل على منع مرور تيار مجهز القدرة (Vcc) المستمر الى مصدر الإشارة في حين تسمح للإشارة بالمرور من باعث الترانزستور، إما مقاومة الحمل (RL) فهي تعمل على تحويل التغير في تيار الجامع المار خلالها الى فولتية متغيرة على طرفيها وهي تمثل فولتية الإشارة الخارجة .تقوم المتسعة (C2) بمنع مرور التيار المستمر مع الإشارة الخارجة.

2ـ مكبر الباعث المشترك Common Emitter Amplifier

في هذا المكبر يكون باعث الترانزستور نوع (PNP) مشتركا بين دائرتي الإدخال والإخراج كما موضحة في الشكل(7–19).

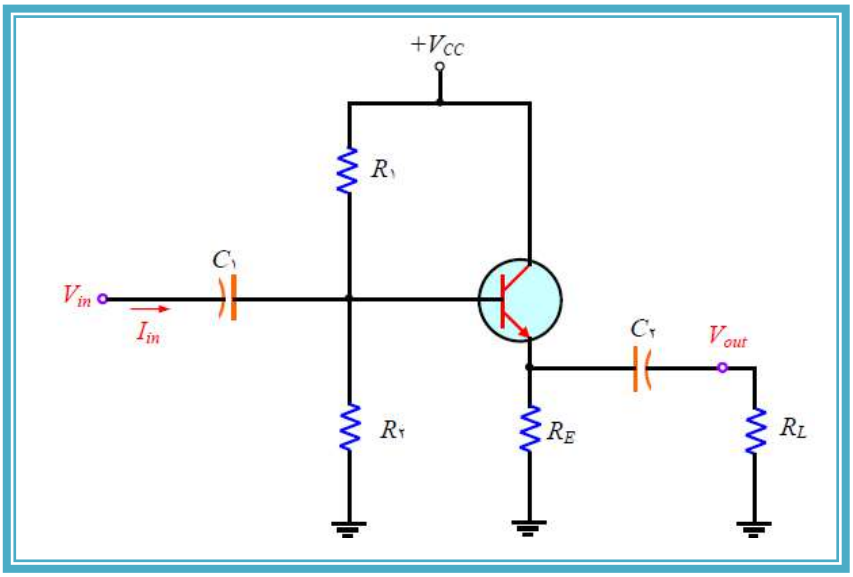


الشكل (7–19) مكبر ذو باعث مشترك

ان مكونات الدائرة هي نفسها التي ذكرت في دائرة الباعث المشترك ، المقاومة (RB) تقوم بتحديد الانحياز الأمامي بين الباعث والقاعدة أي تقوم بنفس عمل المقاومة (RE) في مكبر القاعدة المشتركة

3ـ مكبر الجامع المشترك (Common Collector Amplifier)

في مكبر الجامع المشترك يوصل الترانزستور نوع (NPN) بحيث ان الجامع فيه يكون مشتركا بين دائرتي الإدخال والإخراج كما موضحة في الشكل (7–20).



شكل (7–20) مكبر ذو الجامع مشترك

تكون الفولتية الخارجة مساوية للفولتية الداخلة أذا أهملت فولتية الانحياز (Vbe) اي ان عامل التكبير يساوي واحد .

ميزات دوائر التكبير الثلاثة

لغرض ان نبين خواص ومواصفات ومميزات دوائر التكبير الثلاثة يمكن إيجازه في الجدول المبين أدناه

دائرة التكبير	مقاومة الدخول	مقاومة الخرج	عامل تكبير التيار β	عامل تكبير الفولتية α	مقارنة زاوية الإشارة الداخلة مع الإشارة الخارجة
القاعدة المشتركة	واطئة	عالية جداً	اقل من الواحد	عالية	لايوجد اختلاف
الباعث المشترك	متوسطة	متوسطة	عالية	عالية	يوجد اختلاف بـ 180 درجة
الجامع المشترك	عالية	قليلة	عالية جداً	اقل من واحد	لايوجد اختلاف

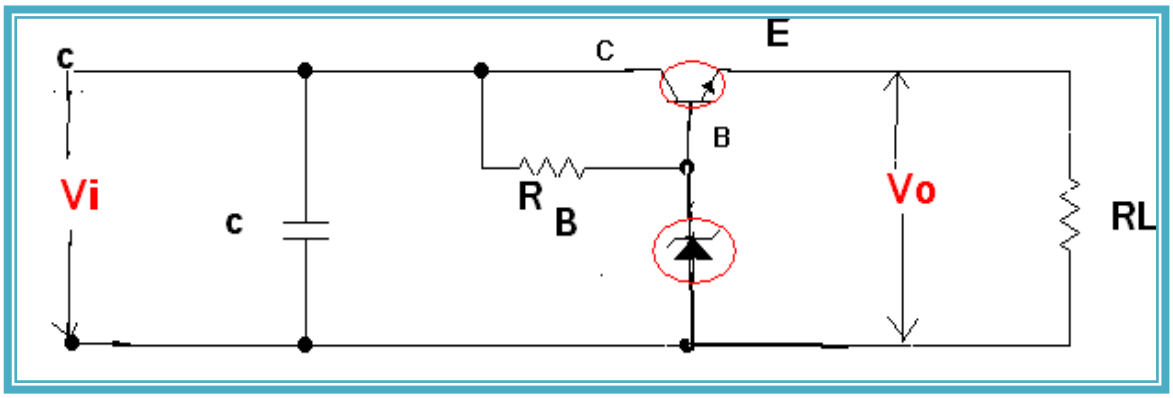
جدول رقم (7-1) مقارنة بين دوائر التكبير

7-7 دوائر تثبيت واستقرار وتنظيم الفولتية Tabilizing and Regulating Circuits

أن عمل الدوائر الالكترونية يحتاج الى فولتية مستمرة ثابتة لاتتغير مع تغير الفولتية المتناوبة وتغير مقاومة الحمل ولابد من استعمال دوائر خاصة توضع بعد المقوم لتعمل بهذه المهمة ومن هذه الدوائر

1ـ تثبيت الجهد باستعمال الترانزستور Emitter follower regulator

الدائرة الالكترونية الموضحة في الشكل (7–21) يمكن استعمالها لتحسين تنظيم الجهد وتقليل التموج في الجهد المجهز منها .

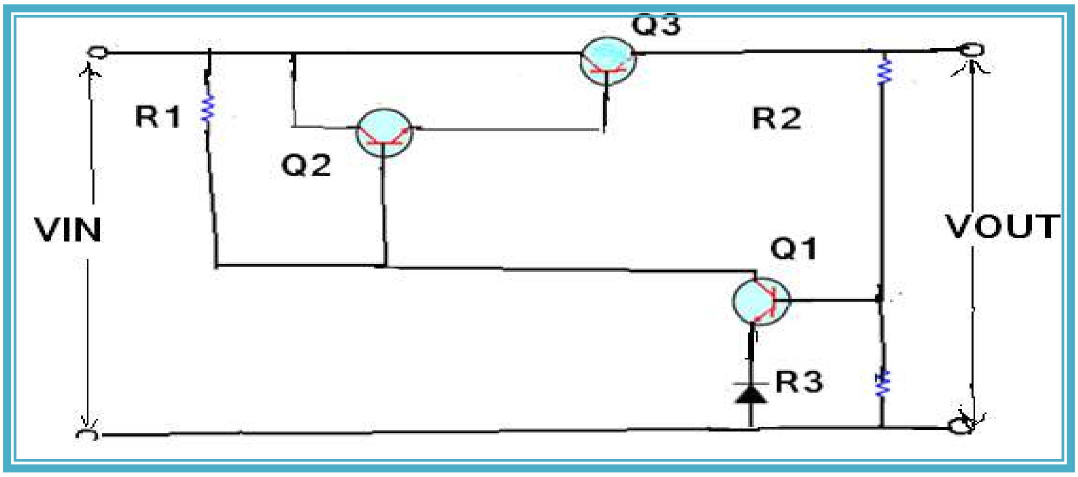


الشكل (7-21) دائرة تثبيت الجهد باستعمال ترانزستور وثنائي زينر

حيث يعمل الثنائي شبه الموصل (زينر دايود) بتثبيت جهد القاعدة ـالباعث (V_{BE}) عند زيادة الجهد الداخل (V_{in}) بقيمة اعلى من جهد الانهيار للثنائي الزينر حيث يبدأ بالعمل على تمرير جزء من التيار ويقلل انحياز الترانزستور.

2ـ تثبيت الجهد بأستعمال دائرة التنظيم المتوالية

تتكون دائرة التنظيم المتوالية الموضحة في الشكل (7–22) من مكبر موصل مباشرا لتكبير الفرق الناجم من مقاومة جزء من الفولتية الخارجة مع فولتية الاساس (V_R) .



الشكل(7–22) دائرة تنظيم جهد متوالية

يوصل ثنائي الزنر (Dz) المبين في الشكل اعلاه مع باعث الترانزستور (Q1) بحيث أن الفرق بين فولتية V_R وبعض من الفولتية الخارجة (VOUT) يكبر وتكون اشارة داخلة للترانزستورين (Q1,Q2) وان الخارج منهما يولد فولتية تتحكم بها المقاومة R1 يؤدي إلى تثبيت الفولتية (VOUT) بالرغم من التغير الحاصل في الفولتية الداخلة (Vin).

اسئلة الفصل السابع

س1: ما المقصود بالمادة شبه الموصلة ؟

س2: كيف يتم تكوين المادة شبه الموصلة الموجبة ؟

س3: كيف يتم تكوين المادة شبه الموصلة السالبة ؟

س4: أشرح تركيب ثنائي (الدايود) .

س5: ماهي انواع الثنائي ؟

س6: ما هي تطبيقات الثنائي ؟

س7: أرسم دائرة مقوم موجة كاملة موضحاً طريقة عمله .

س8: ماهو الترانزستور ؟ وما هو تركيبه ؟

س9: بين بالرسم توزيع التيارات في الترانزستور ، وما هي العلاقة بين هذه التيارات ؟

س10: عدد طرق ربط الترانزستور في دوائر التكبير .

س11: قارن بين مكبر القاعدة المشتركة والجامع المشترك من حيث المقاومتين الداخلية والخارجية .

س12: أرسم دائرة مكبر الباعث المشترك موضحاً طريقة عمله.

محتويات

الفصل السابع

أشباه الموصلات

الاهداف :

1) التعرف على مستوى الخرج للدوائر المنطقية .

2) التعرف على القواعد الاساسية للجبر البوليني.

3) التعرف على انواع الانظمة الرقمية .

4) التعرف على طريقة التحويل من النظام العشري الى النظام الثنائي وبالعكس .

5) التعرف على العمليات الحسابية (الجمع – الطرح) للنظام العشري .

6) التعرف على طريقة التحويل من النظام الثماني الى النظام العشري .

7) التعرف على طريقة التحويل من النظام السداسي عشري الى النظام العشري .

8) التعرف على طريقة عمل البوابات المنطقية وتجميعها ورموزها وجدول الحقيقة .

1-8 مقدمة عن الدوائر المنطقية والجبر البوليني.

الدوائر المنطقية

أن الأجهزة المستخدمة بكثرة وتحتوي على دوائر المنطق هي أجهزة الحاسبة الدقيقة حيث تمثل البوابات المنطقية حجر الأساس لبناء أي دائرة منطقية ، أن كلمة منطق ترمز إلى (عملية صنع القرار) لذا فان بوابة المنطق هي البوابة التي تعطي خرج فقط عندما تتحقق شروط معينة على مدخلات هذه البوابة .

هنالك مستويان للخرج يناسبان نظام الأعداد الثنائية فإذا كان جهد الخرج عاليا (HIGH) فانه يقابل المستوى (1) الثنائي ، وإذا كان منخفضا (LOW) فانه يقابل المستوى (0) الثنائي .ويوجد نوعان من المنطق الأول يسمى بالمنطق الموجب (Positive Logic) والثاني بالمنطق السالب (Negative Logic) . أذا كان مستوى أشارة خرج البوابة يقابل المستوى (1) الثنائي أكثر ايجابية من المستوى (0) الثنائي يعني أن البوابة تعمل على منطق الموجب ، أما أذا كان العكس فان البوابة تعمل على منطق السالب .

الجبر البوليني

اكتشف العالم جورج بوول أسلوبا جديدا في التفكير المنطقي والتعليل حيث استخدم الرموز بدلا من الكلمات في الاستنتاجات المنطقية . ولاقتراب أسلوبه وتشابه هذا مع الأساليب الجبرية المعروفة ، سمي بالجبر البوليني .وما البوابات المنطقية بأنواعها جميعا واختلاف عملها إلا دوائر منطقية والهدف الرئيسي من البوابة في الجبر البوليني هو حل المسائل المنطقية .وتستخدم قواعد الجبر البوليني (Rules of Boolean Algebra) كما في الجدول (1) لتبسيط الدوال المنطقية (التعبيرات البولينية) وذلك لتمثيلها بأقل عدد من البوابات المنطقية وبأقل عدد من المدخلات.

A + 0 = A	A . 0 = 0
A + 1 = 1	A . 1 = A
A + A = A	A . A = A
A + $\overline{A}$ =1	A . $\overline{A}$= 0
A + AB = A	$\overline{\overline{A}}$= A

جدول (1-8) القواعد الأساسية للجبر البوليني

2-8 الأنظمة الرقمية

1-2-8 النظام العشري للأعداد Decimal Numbering System

هو الأقدم استخداما ويطلق علية اسم نظام الأساس عشرة (10) ويشار إليه بالأساس (10) لأنه يعتمد في تكوينه على عشرة رموز مختلفة وهي :

0 1 2 3 4 5 6 7 8 9

هذا النظام لة خاصية مرتبة الرقم مثال على ذلك العدد (128) نجد ان الرقم الاول (8) يقع في المرتبة الاولى (مرتبة خانة الاحاد) اي ان قيمتة او وزنة هو الثمانية ، وتكون عبارة عن حاصل ضرب الرقم الذي يمثل هذة المرتبة في 1 (8=1×8) ،اما الرقم الثاني (2) فانة يقع في المرتبة الثانية (مرتبة العشرات) وقيمتة او وزنة عبارة عن حاصل ضرب الرقم الذي يحتل هذة المرتية في 10 (2×10=20) ،اما الرقم الثالث (1) فانة يقع في المرتبة الثالثة (مرتبة المئات) وقيمتة او وزنة عبارة عن حاصل ضرب الرقم الذي يحتل هذة الخانة في 100 (1×100=100) ، فاذا جمعنا قيمة او وزن كل خانة من الخانات السابقة نحصل على القيمة التي يمثلها العدد اي ان :

$$(1\times100) + (2\times10) + (8\times1) = 100 + 20 + 8 = 128$$

ان هذا النظام يعرف باسم نظام الاساس(10) فيمكننا ان نضع مراتب الخانات من اليمين الى اليسار بحيث تمثل قوى العدد الاساس (10) وتبدأ من $10^0=1$ كالاتي :

$$\cdots\cdots 10^7 \;\; 10^6 \;\; 10^5 \;\; 10^4 \;\; 10^3 \;\; 10^2 \;\; 10^1 \;\; 10^0$$

يمكن تمثيل العدد (128) طبقا لذلك كما يلي :

1	2	8
مرتبة المئات	مرتبة العشرات	مرتبة الآحاد
10^2	10^1	10^0
1×10^2	$+ \quad 2 \times 10^1$	$+ \quad 8 \times 10^0$
$(128)_{10}$	$= \quad 100$	$+ \quad 20 \quad + \quad 8$

ويلاحظ أننا وضعنا العدد العشري (1 28) داخل قوسين ثم وضعنا الأساس (10) على يمين العدد في الأسفل وذلك لنميز أن هذا العدد هو عدد في النظام العشري .

2-2-8 النظام الثنائي للأعداد Binary Numbering System.

يطلق على النظام الثنائي اسم نظام الأساس اثنين (2) ويشار إلية بالأساس (2) لأنة يعتمد رمزين اثنين فقط هما (0 ، 1) ومراتب الخانات في النظام الثنائي من اليمين إلى اليسار تمثل قوى العدد (2) أي أن :

-------- 2^4 2^3 2^2 2^1 2^0

وبالتالي فان مراتب الخانات او أوزانها العددية هي :

--------- 16 8 4 2 1

مثال: العدد الثنائي (11001) يكافئ ما يلي :

2^4 2^3 2^2 2^1 2^0

1 1 0 0 1

$= (1\times2^4)+ (1\times2^3)+ (0\times2^2)+ (0\times2^1)+ (1\times2^0)$

$= 16 + 8 + 0 + 0 + 1$

$= (25)_{10}$

والتعبير عن العدد الثنائي بهذة الطريقة يسمى بالشكل الموسع ، ولتمييز العدد الثنائي عن غيره من الاعداد يوضع العدد الثنائي داخل قوسين ثم يكتب الاساس (2) على يمين العدد في الاسفل وبالتالي فان العدد يكتب $(11001)_2$.

توجد بعض المصطلحات المستخدمة للنظام الثنائي منها :

الخانة الثنائية (Bit) هي اختصار لكلمتي (Binary Digit) والتي تعني الخانة الثنائية او الرقم الثنائي .هذا المصطلح يستخدم للتعبير عن مرتبة واحدة (خانة) التي يتكون منها العدد الثنائي ، فمثلا

العدد $(1001)_2$ يتكون من (4 – bits) أو أربع خانات ثنائية .

3-2-8 التحويل من النظام العشري إلى النظام الثنائي يوجد هنالك طريقتان للتحويل :

الطريقة الأولى هي طريقة تكرار القسمة على (2) ، وهي الطريقة الشائعة.

الطريقة الثانية هي طريقة جمع الأوزان .

تحويل الأعداد العشرية الصحيحة إلى النظام الثنائي / طريقة تكرار القسمة على (2)

لتحويل العدد العشري $_{10}$ (14) إلى الثنائي ،نبدأ بقسمة العدد (14) على (2) ثم نقسم خارج القسمة الذي نحصل عليه على (2) وهكذا حتى نحصل على خارج قسمة يساوي صفر (0) . في كل خطوة من خطوات القسمة نحصل على باقي من خارج القسمة وهو الذي يشكل العدد الثنائي .

وهذه الخطوات يمكن توضيحها كالآتي :

	الباقي
14 ÷ 2 = 7	0
7 ÷ 2 = 3	1
3 ÷ 2 = 1	1
1 ÷ 2 = 0	1

يكون الناتج كما يلي :

$(14)_{10} = (1110)_2$

مثال : حول العدد العشري $(25)_{10}$ إلى مكافئه الثنائي .

	الباقي
25 ÷ 2 = 12	1
12 ÷ 2 = 6	0
6 ÷ 2 = 3	0
3 ÷ 2 = 1	1
1 ÷ 2 = 0	1

يكون الناتج كما يلي :

$(25)_{10} = (\ 11001\ )$

4-2-8 التحويل من النظام الثنائي الى النظام العشري:

العدد الثنائي له مراتب في الخانات من اليمين الى اليسار تمثل قوى العدد (2) وبالتالي فان مراتب الخانات أو أوزانها العددية هي 1 ، 2 ، 4 ، 8 ، 16 وهكذا .قيمة العدد الثنائي معبرا عنها بالعدد العشري المكافئ يمكن حسابها عن طريق ضرب كل خانة (Bit) تساوي (1) في مرتبة الخانة المقابلة لها وبجمع حاصل الضرب لكل خانة نحصل على العدد المكافئ المطلوب . ويمكن توضيح عملية التحويل بالمثال التوضيحي التالي :

مثال: حول العدد الثنائي $(1101001)_2$ إلى مكافئه العشري

الحل : نحدد مرتبة كل خانة تساوي (1) ثم نقوم بضربها في الوزن المقابل لها ونجمع حاصل ضرب كل منها كما يلي :

الوزن	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
العدد الثنائي	1	1	0	1	0	0	1

$$= (1\times2^6) + (1\times2^5) + (0\times2^4) + (1\times2^3) + (0\times2^2) + (0\times2^1) + (1\times2^0)$$

$$= 64 + 32 + 0 + 8 + 0 + 0 + 1 = (105)_{10}$$

5-2-8 العمليات الحسابية في النظام الثنائي Binary Arithmetic

1-5-2-8 الجمع الثنائي Binary Addition

لاجراء عملية الجمع في النظام الثنائي هنالك اربعة قواعد اساسية لجمع الخانات الثنائية وهي

(1) 0 + 0 = 0

(2) 0 + 1 = 1

(3) 1 + 0 = 1

(4) 1 + 1 = 0 carry (الحامل) 1 ⟹ = 10

أن القواعد الثلاثة الأولى واضحة لا تحتاج إلى مزيد من الإيضاح .أما القاعدة الرابعة فانه في حالة جمع 1 + 1 = 10 وهي تعني رقم (2) بالعشري ،والواحد (1) هو المجموع الواجب ترحيله إلى العمود التالي كما في الجمع العشري العادي .ولتوضيح عملية الجمع الثنائي نأخذ المثالين التاليين

مثال: اجمع الرقمين الثنائيين (011 ، 110)

الحل :نرتب الأعداد الثنائية بحيث يظهر في صورة أعمدة أو خانات واضحة كما يلي :

			1	1			
			1	1	0		
+							
			0	1	1		
			1	0	0	1	

	6
+	
	3
	(عشري) 9

مثال : اجمع الرقمين الثنائيين (100 ، 011)

الحل : نرتب الأعداد الثنائية بحيث يظهر في صورة أعمدة او خانات واضحة كما يلي :

			1	0	0		
+							
			0	1	1		
			1	1	1		

	4
+	
	3
	(عشري) 7

مثال: اجمع الرقمين الثنائيين (110000 ، 101000)

الحل: نرتب الاعداد الثنائية بحيث يظهر في الصورة اعمدة او خانات واضحة كما يأتي :

			1	1			
			1	1	0	0	0
+							
			1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0

			1	1			
			1	1	0	0	0
+							
			1	0	0	0	0
1	9	2					

(عشري)

2-5-2-8 الطرح الثنائي Binary Subtraction

يمكن أجراء عملية الطرح الثنائي بواسطة الطريقة المباشرة (الطريقة الحسابية)،يجب معرفة القواعد الأساسية لهذه العملية مع ملاحظة أن المقدار المطروح منه على اليسار والمقدار المطروح على اليمين.

القواعد الاساسيه لعملية الطرح الثنائي هي :

(1) 0 – 0 = 0

(2) 1 – 0 = 1

(3) 1 – 1 = 0

(4) 0 – 1 = 1 ← واستلفنا (1) تكون النتيجة (1)

ويمكن تلخيص عملية الطرح في الطريقة المباشرة كما يلي :

- **رتب الأرقام تحت بعضها بحيث تظهر في صورة أعمدة أو خانات واضحة .**
- **ابدأ من الخانة الأولى على اليمين متجها إلى اليسار متبعا القواعد التالية في الطرح**

أ- عند طرح (0) من (0) أو (1) من (1) نضع في الناتج (0) .

ب- عند طرح (0) من (1) نضع الناتج (1) .

ت- عند طرح (1) من (0) نضع في الناتج (1) ثم نغير كل (0) من الخانات التالية (في المطروح منه) إلى (10) حتى نصل إلى اقرب (1) فنغيره إلى (0).

ث- أكمل بعد ذلك عملية الطرح باستخدام القواعد السابقة .

مثال: اطرح المقدار (011) من المقدار (101)

0 ← استلفنا (1) فاصبحت (0)

المطروح منه	~~1~~	0	1
–			
المطروح	0	1	1
	0	1	0

مثال: اطرح المقدار (101010) من المقدار (1010011)

= (101010) - (1010011)

		0		0			
المطروح منه	~~1~~	0	~~1~~	0	0	1	1
–							
المطروح	1	0	1	0	1	0	
	1	0	1	0	0	1	

	8	3
-		
	4	2
(عشري)	4	1

6-2-8 النظام الثماني للأعداد The Octal Numbering System

يطلق على هذا النظام اسم نظام الأساس ثمانية (8) لأنه يحتوي على ثمانية رموز وهي :

(0 ، 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 6 ، 7)

مراتب الخانات في النظام الثماني مرتبة من أقصى اليمين إلى اليسار وتمثل قوى العدد (8) أي

(- - - - 8^3 8^2 8^1 8^0) وهكذا ، وبالتالي فان مراتب الخانات أو أوزانها العددية هي

(- - - 512 64 8 1) وهكذا ،ولتميز العدد الثماني عن غيره من الأعداد يكتب الأساس في العدد الثماني على اليسار ، فعلى سبيل المثال $(2275)_8$

7-2-8 التحويل من النظام الثماني الى النظام العشري

مثال : حول العدد الثماني $(2275)_8$ الى مكافئه العشري

الاوزان	8^3	8^2	8^1	8^0
العدد العشري	2	2	7	5

$= (2 \times 8^3) + (2 \times 8^2) + (7 \times 8^1) + (5 \times 8^0)$

$= (2 \times 512) + (2 \times 64) + (7 \times 8) + (5 \times 1)$

$= 1024 + 128 + 56 + 5$

$= (1213)_{10}$

8-2-8 النظام السداسي عشري للأعداد Hexadecimal Numbering System

يطلق على هذا النظام اسم نظام الأساس ستة عشر (16) ويشار إليه بالأساس (16) لانة يعتمد على ستة عشر رمزا وهي :

(0 ، 1 ، 2 ، 3 ، 4 ، 5 ، 7 ، 8 ، 9 ، A ، B ، C ، D ، E ، F)

مع ملاحظة أن الحروف (A ، B ، C ، D ، E ، F) تكافئ الارقام العشرية وهي :

(10،11،12،13،14،15) على الترتيب .

مراتب الخانات في النظام السداسي عشري من اليمين إلى اليسار تمثل قوى العدد (16) اي ان:

(- - - - - - 16^3 16^2 16^1 16^0)

وهكذا، وبالتالي فان مراتب الخانات أو أوزانها هي :

(- - - - - 4096 256 16 1)

وهكذا، ولتميز العدد السداسي عشري عن غيره يوضع الأساس (16) على يمين العدد في الأسفل ، فعلى سبيل المثال $(522)_{16}$.

9-2-8 التحويل من النظام السداسي عشري الى النظام العشري

مثال: حول العدد السداسي عشري $(522)_{16}$ الى مكافئه العشري

الاوزان	16^2	16^1	16^0
العدد العشري	5	2	2

$= (5 \times 16^2) + (2 \times 16^1) + (2 \times 16^0)$

$= (5 \times 256) + (2 \times 16) + (2 \times 1)$

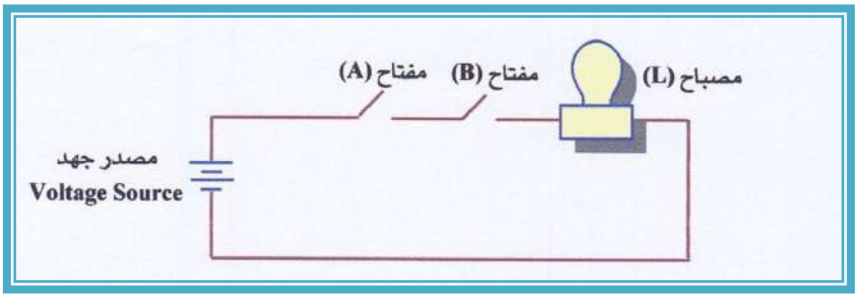
$= 1280 + 32 + 2$

$= (1314)_{10}$

8-3 البوابات

8-3-1 بوابة (و) AND GATE

تعتبر من البوابات الأساسية والتي تدخل في بناء معظم الدوال المنطقية (Logic Functions) هذه البوابة لها مدخلان او اكثر ولها مخرج واحد وتؤدي هذه البوابة ما يسمى بالضرب المنطقي (Logical Multiplication) . يمكن تمثيل هذه البوابة بعدد من المفاتيح الموصلة على التوالي في دائرة كهربائية كما موضح في الشكل (8-1) ، حيث المفتاحان A ، B يمثلان اثنين من المتغيرات الثنائية (Two Binary Varibles)، تكون قيمة المفتاح (1) ثنائي عندما يكون مغلق (Closed) وتكون قيمة المفتاح (0) ثنائي عندما يكون مفتوح (Open) .



شكل رقم (8-1) تمثيل البوابة AND كمفتاحين على التوالي

سوف نعتبر المصباح (L) يمثل الخرج (Y) ويساوي (1) ثنائي عندما يكون المصباح متوهج (ON) ويساوي (0) الثنائي عندما يكون مطفأ (OFF) ، وبما ان لهذه الدائرة مفتاحين ،فأنه يوجد هناك أربعة احتمالات لوضعهم ، وجدول (8- 2) يوضح هذه الاحتمالات الأربعة وكذلك حالة المصباح (L) عند كل احتمال .ويبين الجدول أن المصباح (L) لا يتوهج إلا عندما يكون كل من المفتاحين مغلق ،ويطلق على هذا الجدول اسم جدول الحقيقة (Truth Table).

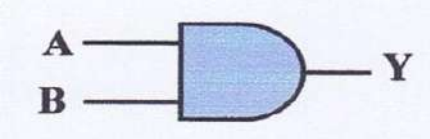
A	B	Y
مفتوح	مفتوح	مطفأ
مفتوح	مغلق	مطفأ
مغلق	مفتوح	مطفأ
مغلق	مغلق	متوهج

جدول (8-2) جدول الحقيقة للدائرة في شكل رقم (8-1)

يوضح الشكل (8-2) الرمز المنطقي القياسي (Standard) للبوابة AND ،حيث يظهر المدخلان A ، B والخرج Y ،ويسمى رمز البوابة AND بمدخلين، ويبين الجدول (8-3) جدول الحقيقة للبوابة AND بمدخلين .

المدخلات		الخرج
A	B	Y
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1

جدول (8-3) جدول الحقيقة للبوابة AND بمدخلين



شكل رقم (8-2) رمز البوابة AND

ويظهر المدخلان كأرقام ثنائية (bits)ويلاحظ أن الخرج يساوي (1)الثنائي فقط عندما يكون المدخلان B،A تساوي (1)الثنائي ،وبالتالي فانه لأي بوابة AND وبصرف النظر عن عدد المدخلات ،يكون الخرج يساوي (1) فقط عندما تكون جميع المدخلات تساوي (1).

أن عدد التشكيلات أو الاحتمالات للمدخلات الثنائية لأي بوابة عن طريق العلاقة :

$$N = 2^n$$

حيث : N عدد الاحتمالات n عدد المدخلات للبوابة

وللتوضيح نقول :

مدخلان للبوابة يكون عدد الاحتمالات $N = 2^2 = 4$

ثلاثة مدخلات للبوابة يكون عدد الاحتمالات $N = 2^3 = 8$

أربعة مدخلات للبوابة يكون عدد الاحتمالات $N = 2^4 = 16$

مثال استنتج جدول الحقيقة لبوابة AND لها ثلاث مدخلات .

الحل : يوجد ثماني احتمالات لبوابة AND ذات الثلاثة مدخلات، ويوضح جدول(8-4) جدول الحقيقة لهذه البوابة .

المدخلات			الخرج
A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	0
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	0
1	1	1	1

جدول (8-4) جدول الحقيقة للبوابة AND بثلاثة مدخلات

مثال : ما عدد الاحتمالات لبوابة AND لها خمس مدخلات ؟

الحل:عدد الاحتمالات يمكن حسابه من العلاقة السابقة كالاتي :

$$N = 2^n = 2^5 = 32$$

يعتبر الجبر البوليني صيغة للمنطق الرمزي والذي يبين كيف تعمل البوابات المنطقية ، والعبارة البولينية هي طريقة مختصرة لإظهار ماذا يحدث في دائرة منطقية ما . والعبارة البولينية لبوابة AND ذات مدخلين هي : $Y = A \cdot B$

وتقرا هذه العبارة كالتالي :الخرج Y يساوي A و B (. تعني AND) ،وأحيانا تحذف النقطة من العبارة البولينية وتصبح : $Y = AB$. وتقرأ الخرج Y يساوي A و B

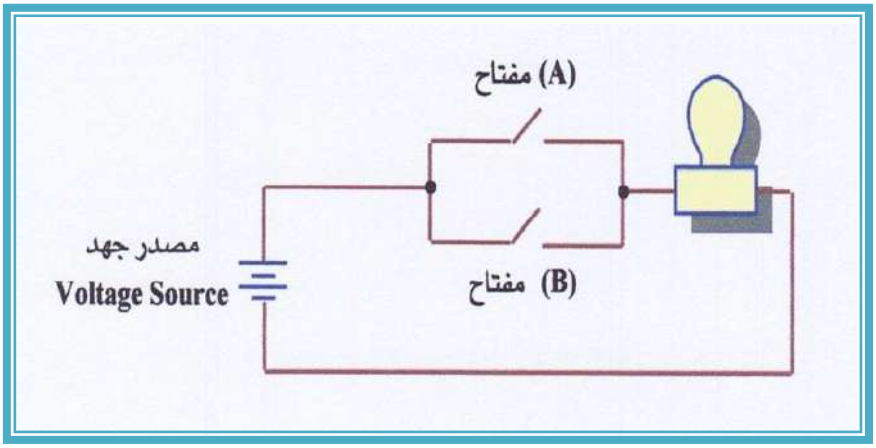
2-3-8 بوابة (او) OR GATE

تعتبر البوابة OR واحدة من البوابات الاساسية والتي تدخل في بناء معظم الدوال المنطقية ، والبوابة OR لها مدخلان أو أكثر ولها خرج واحد ،وتؤدي هذه البوابة ما يسمى بالجمع المنطقي (Logical Addition) ، ويمكن تمثيل هذه البوابة بعدد من المفاتيح الموصلة على التوازي في دائرة كهربائية كما موضح بالشكل (8-4) ، وكما في البوابة AND فان المفتاحين A ، B تكون قيمة أي متغير منهما تساوي (0) عندما يكون المفتاح مفتوح (Open) وتساوي (1)عندما يكون المفتاح مغلق (Closed).

سوف نعتبر المصباح يمثل الخرج (Y) ويساوي (1) ثنائي عندما يكون المصباح متوهج (ON) ويساوي (0) ثنائي عندما يكون مطفأ (OFF) .الجدول (8-5) يوضح العلاقة بين أوضاع المفتاحين وحالة المصباح ، ونلاحظ من هذه الدائرة ومن الجدول أن المصباح متوهج عندما يكون أي من المفتاحين أو كلاهما مغلقا .

A	B	Y
مفتوح	مفتوح	مطفأ
مفتوح	مغلق	متوهج
مغلق	مفتوح	متوهج
مغلق	مغلق	متوهج

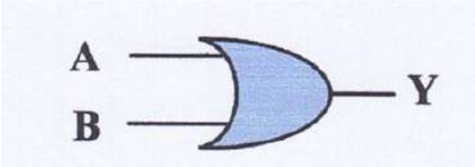
جدول (8-5) جدول الحقيقة للدائرة



شكل (8-4) تمثيل البوابة OR كمفتاحين على التوازي

يوضح الشكل (8-5) الرمز المنطقي القياسي للبوابة OR ، حيث يظهر المدخلان A ، B والخرج Y.

ويبين الجدول (8-6) جدول الحقيقة للبوابة OR بمدخلين .



شكل (8-5) رمز البوابة OR

المدخلات		الخرج
A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

جدول (8-6) جدول الحقيقة للبوابة OR بمدخلين

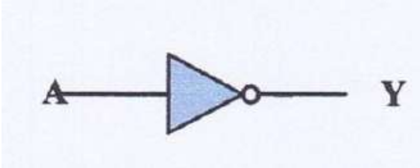
ويلاحظ من الجدول (2-5) أن الخرج يساوي (1) عندما يكون أي من المدخلين أو كليهما يساوي (1) ، وان الخرج يساوي (0) عندما تكون كل المدخلات تساوي (0) . والعبارة البولينية لبوابة OR ذات مدخلين هي : $Y = A + B$

وتقرأ هذه العبارة كالتالي : الخرج Y يساوي A أو B (+ تعني OR).

8-3-3 بوابة (لا) النفي NOT GATE (INVERTER)

النفي تعني بوابة NOT تؤدي عملية يطلق عليها النفي (Inversion). والنفي يغير المستوى المنطقي للدخل إلى عكسه ، فإذا كان دخله (1) يغيره في الخرج إلى (0) ،وإذا كان دخله (0) يغيره في الخرج إلى (1) .

وتعتبر البوابة NOT بوابة غير عادية وذلك لأنها لها خرج واحد ودخل واحد . يوضح شكل (8-6) الرمز المنطقي المستخدم لبوابة النفي ، أما الجدول (8-7) فيوضح جدول الحقيقة لهذه البوابة .



شكل (8-6) رمز البوابة NOT

الخرج	الدخل
Y	A
1	0
0	1

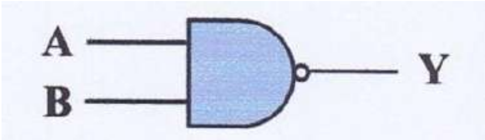
جدول (8-7) جدول الحقيقة للبوابة NOT

من جدول الحقيقة نجد أن الخرج يكون نفي أو عكس الدخل ، ويعبر عن هذه العملية بالتعبير البوليني الآتي : $Y = \bar{A}$

وتقرأعلى النحو التالي : الخرج Y يساوي A نفي ، وتسمى الإشارة فوق A بأسم bar وبالتالي فان التعبير البوليني يقرأ ، الخرج Y يساوي $\bar{A}$ (A bar) .

8-3-4 بوابة (لا و) NAND GATE N

كلمة (NAND) هي اختصار لكلمتي (NOT AND) وهي تعني نفي (عكس) AND ، وهذه البوابة يمكن الحصول عليها بتوصيل دخل بوابة النفي (عكس) مع خرج البوابة AND كما يبين الشكل (8-7) الرمز المنطقي لهذه البوابة حيث انه رمز بوابة AND ولكن مع دائرة صغيرة عند الخرج والتي ترمز إلى بوابة النفي . جدول (8-8) يوضح جدول الحقيقة للبوابة NAND بمدخلين .



شكل رقم (8-7) رمز البوابة NAND

المدخلات		الخرج
A	B	Y
0	0	1
0	1	1
1	0	1
1	1	0

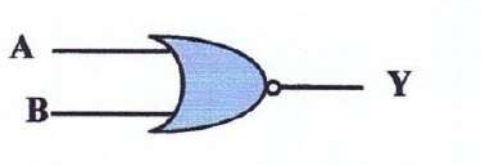
جدول (8-8) جدول الحقيقة للبوابة NAND بمدخلين

نلاحظ من الجدول أن الخرج يساوي (0) عندما تكون كل المدخلات تساوي (1) ، وان الخرج يساوي (1) عندما يكون احد المدخلات يساوي (0) ، وهذا عكس البوابة AND ، وتعتبر البوابة NAND أحدى البوابات الرئيسة الهامة في الدوائر الرقمية ، فهي تستخدم على نطاق واسع في معظم النظم الرقمية حيث يمكن أن تؤدي عمل كل من بوابات NOT ، AND ، OR ، أو أي تشكيلة من هذه البوابات ، ويعبر عن عمل البوابة NAND بالتعبير البوليني:

$$Y = \overline{AB}$$

8-3-5 بوابة (لا او) NOR GATE

كلمة NOR هي أيضا اختصار لكلمتي (NOT OR) وهي تعني نفي (عكس) OR ، وهذه البوابة يمكن الحصول عليها بتوصيل دخل بوابة النفي (NOT gate) مع خرج البوابة OR كما موضح في شكل (8-8) ويبين الشكل أيضا الرمز المنطقي للبوابة NOR ، وجدول الحقيقة للبوابة NOR بمدخلين موضح في جدول (8-9) .



شكل رقم (8-8) رمز البوابة NOR

المدخلات		الخرج
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

جدول (8-9) جدول الحقيقة للبوابة NOR بمدخلين

نلاحظ من الجدول ان الخرج (Y) يساوي (0) عندما يكون احد المدخلات على الأقل يساوي (1) ، وان الخرج يساوي (1) فقط عندما تكون جميع المدخلات تساوي (0) .

وتعتبر البوابة NOR كما هو الحال في البوابة NAND من البوابات الرئيسة الجامعة في الدوائر الرقمية ، حيث يمكن ان تؤدي عمل كل من بوابات AND ، OR ، NOT ، او اي تشكيلة منها ، والتعبير البوليني للبوابة NOR هو:

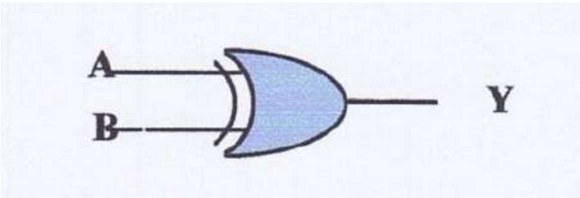
$$Y = \overline{A + B}$$

6-3-8 بوابة (او الحصرية) Exclusive - OR GATE

تسمى البوابة OR الحصرية بأسم بوابة " أيهما وليس كلاهما "وتكتب EX-OR gate ، ويوضح شكل (8-9) الرمز المنطقي للبوابة . والبوابة EX-OR تختلف عن البوابات السابقة لان عدد المدخلات لها هو مدخلين فقط .

الخرج	المدخلات	
Y	B	A
0	0	0
1	1	0
1	0	1
0	1	1

جدول (8-10) جدول الحقيقة للبوابة EX-OR



شكل رقم (8-9) رمز البوابة EX-OR

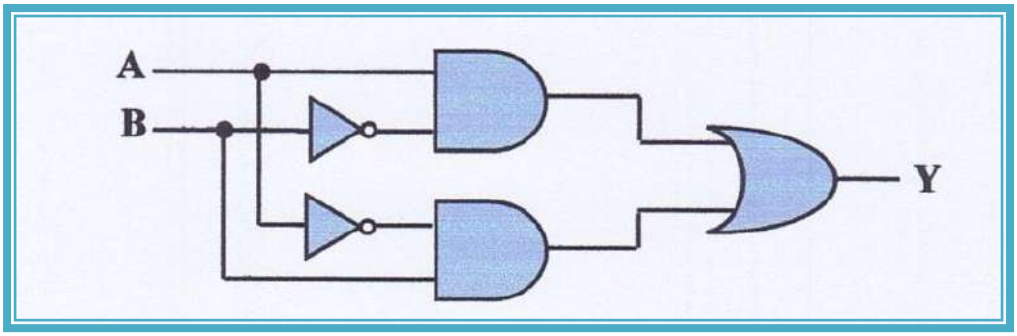
جدول الحقيقة للبوابة EX-OR موضح في جدول (8-10) ، ونلاحظ من الجدول أن الخرج (Y) لا يساوي (1) إلا أذا كان المدخلان A ، B مختلفين ، بمعنى أن يكون احدهما (1) والأخر (0) أو العكس ، وتعطي خرجا يساوي (0) عندما يكون المدخلان متساويين .نلاحظ أن جدول الحقيقة للبوابة EX-OR مشابه لجدول الحقيقة للبوابة OR فيما عدا الحالة التي يكون فيها A = B = 1 ، كما نلاحظ أن البوابة EX-OR تعطي خرجا يساوي (1) عندما يكون احد المدخلين (1) . ومن جدول الحقيقة يمكن استنتاج التعبير البوليني لهذه البوابة وهو:

$$Y = \bar{A}B + A\bar{B}$$

والذي يرمز إليه اختصارا بالتعبير المنطقي :

$$Y = A \oplus B$$

والعلامة ⊕ تعني أن A حصرية أو B حصرية ، ومن التعبير البوليني السابق للبوابة EX-OR يمكننا بناء البوابة باستخدام بوابات NOT ، OR ، AND ، وهذا ما يبينه الشكل (8-10) حيث تقوم هذه الدائرة المنطقية بوظيفة البوابة EX-OR المنطقية .



شكل رقم (8-10) البوابة EX-OR ممثلة بالبوابات NOT ، OR ، AND

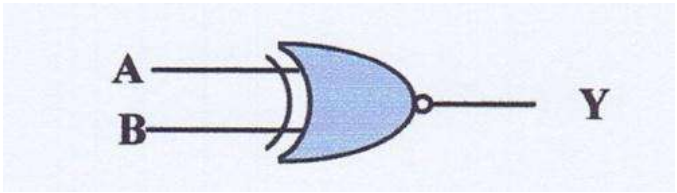
8-3-7 بوابة (لا او الحصرية) (Exclusive - NOR GATE)

البوابة NOR الحصرية وتكتب EX-NOR gate ، عدد المدخلات لها لا يزيد عن مدخلين كما هو الحال في البوابة EX-OR ، ويوضح شكل (8-11) الرمز المنطقي للبوابة .

جدول الحقيقة للبوابة EX-NOR موضح بالجدول (8-12) ، ويلاحظ من الجدول أن الخرج (Y) لا يساوي (1) إلا إذا كان المدخلان A ، B متساويين أي A = B = 0 أو A = B = 1 ويعطي خرجا يساوي (0) عندما يكون المدخلان مختلفين بمعنى أن يكون احدهما (1) والآخر (0) أو العكس .

المدخلات		الخرج
A	B	Y
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	1

جدول (8-12) جدول الحقيقة للبوابة EX-NOR



شكل رقم (8-11) رمز البوابة EX-NOR

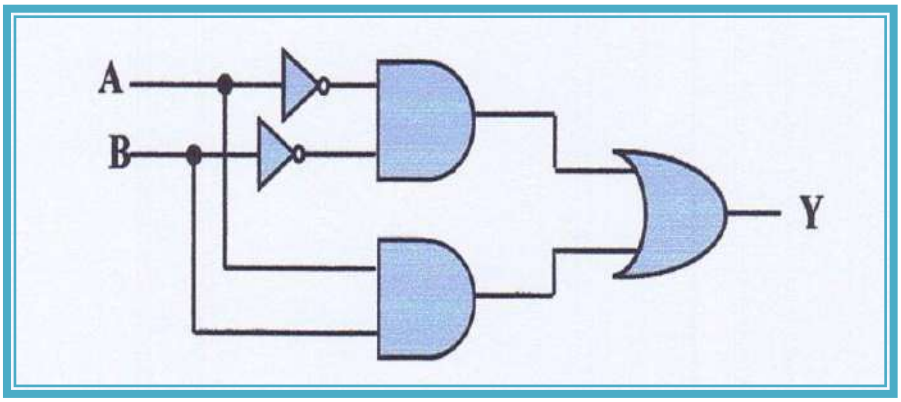
ومن جدول الحقيقة يمكن استنتاج التعبير البوليني لهذه البوابة وهو

$$Y = AB + \bar{A}\ \bar{B}$$

والذي يرمز إليه اختصارا بالتعبير المنطقي :

$$Y = \overline{A \oplus B}$$

ومن التعبير البوليني السابق للبوابة EX-NOR يمكننا بناء البوابة باستخدام بوابات NOT ، OR ، AND ، وهذا ما يبينه الشكل (8-12) حيث تقوم هذه الدائرة المنطقية بوظيفة البوابة EX-NOR المنطقية .



شكل (8-12) البوابة EX-NOR ممثلة بالبوابات NOT ، OR ، AND

4-8 تجميع البوابات

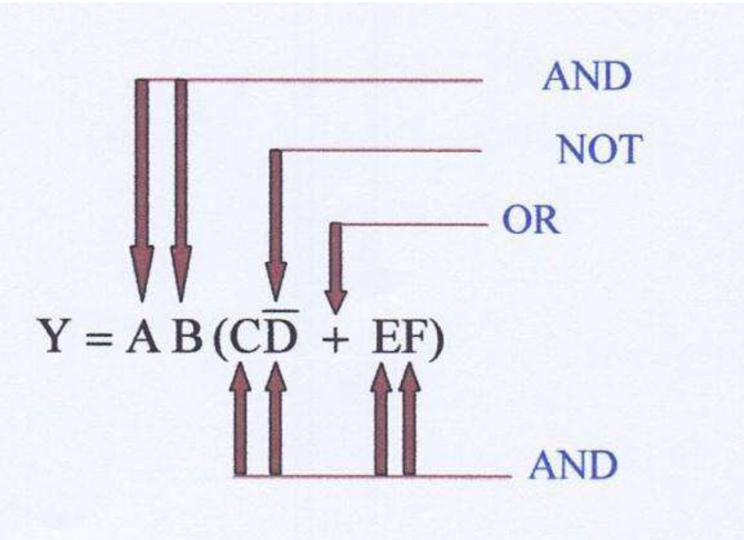
كثير من المسائل المتعلقة بالمنطق الرقمي تستخدم عددا من البوابات المنطقية ، لذلك يمكن تجميع هذه البوابات المنطقية الاساسية للاستفادة منها في التطبيقات العملية .

1-4-8 تمثيل دائرة منطقية باستخدام التعبير البوليني

نفترض أننا نريد تمثيل التعبير البوليني الآتي :

$$Y = AB(C\overline{D} + EF)$$

عند تقسيم هذا التعبير البوليني نجد أن المتغيرات A ، B ثم $(C\overline{D} + EF)$ تمثل ثلاث مدخلات لبوابة AND ، والمتغير $(C\overline{D} + EF)$ يمكن تشكيله بأخذ $\overline{D}$ ، C على دخلي بوابة AND ، واخذ F ، E على دخلي بوابة AND أخرى ،ثم نأخذ كل من خرج البوابتين AND على دخلي بوابة OR . ويمكن توضيح عملية التقسيم كالآتي :



قبل أن نبدأ في تمثيل هذا التعبير البوليني يجب أولا الحصول على الحد $(C\overline{D} + EF)$ ، ولكن قبل الحصول على هذا الحد علينا الحصول على الحدين EF ،$C\overline{D}$، ولكن قبل ذلك يجب الحصول على المتغير $\overline{D}$، وبذلك كما نرى هناك سلسلة من العمليات المنطقية يجب ان تتم على الترتيب . أن البوابات المنطقية

المطلوبة لتمثيل التعبير البوليني ($AB (C\bar{D} + EF)$ هي:

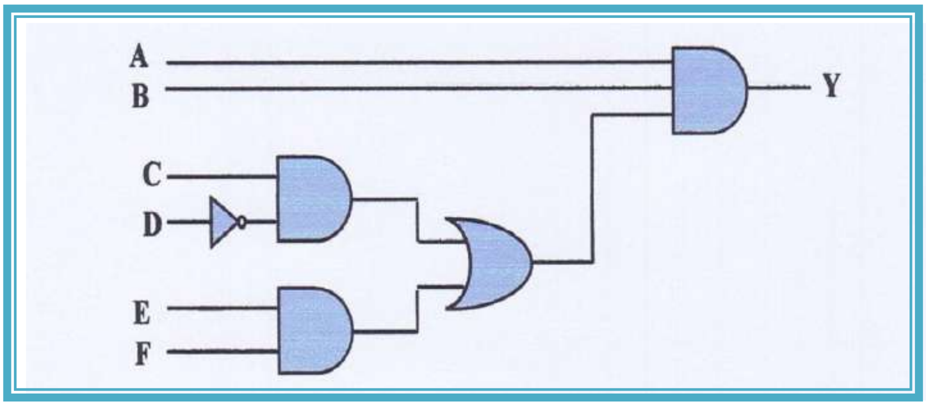
1- بوابة NOT لتمثيل المتغير $\bar{D}$.

2- بوابتا AND لكل منهما مدخلان لتمثيل الحدين EF ، $C\bar{D}$.

3- بوابة OR ذات مدخلين لتمثيل الحد ($C\bar{D} + EF$) .

4- بوابة AND لها ثلاثة مدخلات لتمثيل الخرج النهائي Y .

والدائرة المنطقية التي تمثل التعبير البوليني موضحة في شكل (8-13) .



شكل رقم (8-13) الدائرة المنطقية للتعبير البوليني $AB (C\bar{D} + EF)$

8-4-2 تحويل التعبير البوليني الى جدول الحقيقة

جدول الحقيقة هو عبارة عن قائمة الاحتمالات لعدد المتغيرات وقيم الخرج المقابلة لها (0 او 1).

وللتعبير البوليني المحتوي على متغيرين هناك أربع احتمالات مختلفة ($2^2 = 4$)

وللتعبير المحتوي على ثلاثة متغيرات هناك ثماني احتمالات مختلفة ($2^3 = 8$) ، و هكذا .

لعمل جدول الحقيقة للتعبير البوليني نبدأ بكتابة الاحتمالات المختلفة حسب عدد المتغيرات الموجودة بالتعبير البوليني ثم نضع (1) في عمود الخرج (Y) لكل حد موجود في التعبير البوليني ، ونضع (0) أمام الحدود المتبقية .

مثال: استنتج جدول الحقيقة للتعبير البوليني :

$$Y = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}\,B\,\overline{C} + A\,B\,\overline{C} + A\,B\,C$$

المدخلات			الخرج
A	B	C	Y
0	0	0	1
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	0
1	0	0	0
1	0	1	0
1	1	0	1
1	1	1	1

جدول (8-13) جدول الحقيقة للتعبير البوليني $Y = \overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} + \overline{A}\,B\,\overline{C} + A\,B\,\overline{C} + A\,B\,C$

الحل : هناك ثلاثة متغيرات (A ، B، C) في التعبير البوليني وبالتالي فهناك ثمانية احتمالات أو تشكيلات مختلفة لهذه المتغيرات كما هو موضح بالأعمدة الثلاثة على اليسار في الجدول (8-13) .

القيم الثنائية لكل حد من الحدود الأربعة في التعبير البوليني هي :

$\overline{A}\,\overline{B}\,\overline{C} = 000$ ، $\overline{A}\,B\,\overline{C} = 010$ ، $A\,B\,\overline{C} = 110$ ، $A\,B\,C = 111$

أمام كل من هذه القيم الثنائية يوضع (1) في عمود الخرج (Y) كما هو موضح بالجدول ، ولكل الاحتمالات الثنائية المتبقية يوضع (0) في عمود الخرج (Y) .

مثال : اكتب جدول الحقيقة للمعادلة الآتية مع رسم الدائرة المنطقية .

$$Y = \bar{A}\,B + AB$$

جدول الحقيقة

الحل :

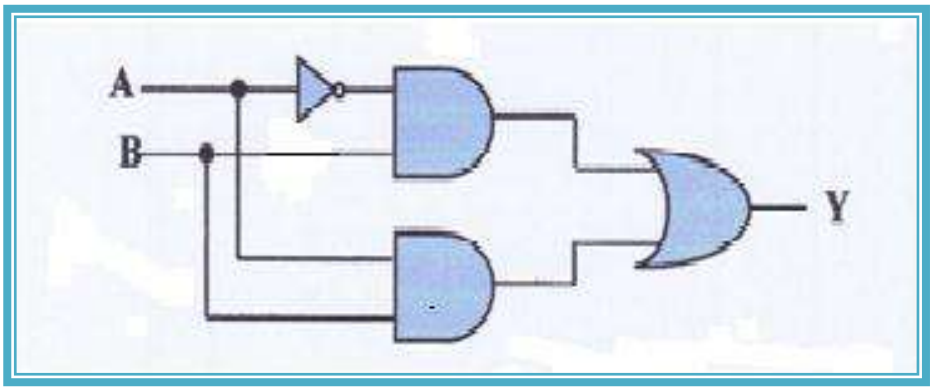
الدائرة المنطقية

أن البوابات المنطقية المطلوبة لتمثيل التعبير البوليني هي :

1- بوابة NOT لتمثيل المتغير $\bar{A}$.لم يتم العثور على إدخالات لجدول الرسوم التوضيحية.

2- بوابتا AND لكل منهما مدخلان لتمثيل الحدين AB ، $\bar{A}$ B .

3- بوابة OR لها مدخلان لتمثيل الخرج النهائي (Y) .



الدائرة المنطقية

هناك متغيران هما (A ، B) في التعبير البوليني وبالتالي هنالك أربعة احتمالات أو تشكيلات مختلفة لهذه المتغيرات . القيم الثنائية لكل حد من الحدود في التعبير البوليني هي :

$\bar{A}$ B = 0 1 ، A B = 1 1

أمام كل من هذه القيم الثنائية يوضع (1) في عمود الخرج (Y) كما موضح في جدول الحقيقة ،ولكل الاحتمالات الثنائية المتبقية يوضع (0) في عمود الخرج (Y) .

يكون الخرج (Y) في جدول الحقيقة طبقا للمعادلة فيكون (1) عندما يكون (A) يساوي (0) و (B) يساوي (1) ، وكذلك يكون الخرج (Y) يساوي (1) عندما يكون (A) يساوي (1) و (B) يساوي (1).

A	B	Y
0	0	0
0	1	1
1	0	0
1	1	1

جدول الحقيقة

مثال: اكتب جدول الحقيقة للمعادلة الاتية مع رسم الدائرة المنطقية .

$$Y = \overline{A}\,B + A\,C$$

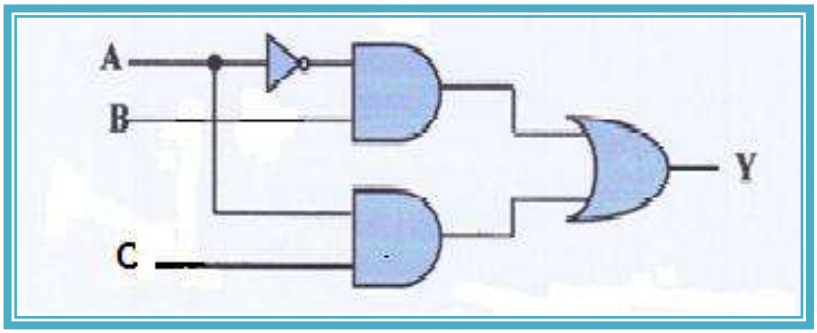
الحل :

أن البوابات المنطقية لتمثيل التعبير البوليني هي :

1- بوابة NOT لتمثيل المتغير $\overline{A}$.

2- بوابتا AND لكل منهما مدخلان لتمثيل الحدين $\overline{A}\,B$ ، $A\,C$.

3- بوابة OR ذات مدخلين لتمثيل الخرج (Y) .



الدائرة المنطقية

أن التعبير البوليني يحتوي على ثلاثة متغيرات ، أذن هناك ثمانية احتمالات . لعمل جدول الحقيقة للتعبير البوليني نبدأ بكتابة الاحتمالات حسب عدد المتغيرات الموجودة بالتعبير البوليني ثم نضع (1) في عمود (Y) لكل حد موجود في التعبير البوليني ، ونضع (0) أمام الحدود المتبقية .

$\bar{A}$ B = 0 1 ، A C = 1

A	B	C	Y
0	0	0	0
0	0	1	0
0	1	0	1
0	1	1	1
1	0	0	0
1	0	1	1
1	1	0	0
1	1	1	1

أسئلة الفصل الثامن

1- ما هي القواعد الأساسية للجبر البوليني ؟

2- جد ناتج عملية الجمع بين الأعداد الثنائية الاتيه :

- 111 + 110 الجواب : 1101
- 10001 + 1101 الجواب : 11110
- 1111 + 111 الجواب : 10110

3 - جد ناتج عملية الطرح بين الأعداد الثنائية الاتيه :

- 11111 – 0101 الجواب : 11010
- 101101 – 11011 الجواب : 10010
- 11101 – 11 الجواب : 11010

4- حول الأعداد العشرية الاتية إلى ما يكافئها في النظام الثنائي : 79 ، 15 ،108

الجواب : $(1101100)_2 = (108)_{10}$ ، $(1111) = (15)_{10}$ ، $(1001111)_2 = (79)_{10}$

5- حول الأعداد الثنائية الاتية إلى ما يكافئها في النظام العشري: 10000 ، 110101 ، 100

الجواب : $(4)_{10} = (100)_2$ ، $(110101)_2 = (53)_{10}$ ، $(10000)_2 = (16)_{10}$

6- ارسم الرمز المنطقي لبوابة AND ذات ثلاثة مدخلات واكتب جدول الحقيقة لها .

7- اكتب التعبير البوليني لبوابة OR .

8- ما عدد المداخل والمخارج لبوابة NOT ؟

9- ارسم الرمز المنطقي لبوابة NAND ذات ثلاثة مدخلات واكتب جدول الحقيقه لها .

10-ارسم الرمز المنطقي لبوابة EX-OR ذات ثلاثة مدخلات واكتب جدول الحقيقة لها.

11- اكتب التعبير البوليني لبوابة EX-NOR ذات ثلاثة مدخلات وجدول الحقيقة لها.

12- اكتب جدول الحقيقة للمعادلة التالية مع رسم الدائرة المنطقية : $Y=A\overline{B}+A\overline{C}$

مصادر الكتاب

1. العلوم الصناعية / المرحلى الاولى / اختصاص الكهرباء / وزارة التربية المديرية العامة للتعليم المهني طبعة 2007.
2. اسس الهندسة الالكترونية / جامعة الموصل .
3. الاسس النظرية لتكنولوجيا الكهرباء /الجزء الاول والثاني /تأليف الدكتور كريكور سيرون والدكتور منذر نعمان بكر .
4. الدوائر المنطقية /الموسسة العامة للتعليم الفني والتدريب المهني /المملكة العربية السعودية .
5. علم الهندسة الكهربائية الاساسي /تأليف (آي . مكنزي سميث / كي . تي .هوزي) / ترجمة الدكتور محمد زكي خضير والدكتور مظفر انور نعمة.
6. ميكانيكية المصعد / اعداد المهندس علي رؤوف /مركز التدريب المهني الزعفرانية .
7. Hitachi -elevator technical / school Training text book