جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

العلوم الصناعية
الاجهزة الطبية
الاول

المؤلفون

حبيب حســـن شهاب
عصام حيـــدر جاســـم
علي عبد الحسين علي

كاظم جـــواد احمـد
علي هاشـــم جبـــر
شروق محمود محـمد

الطبعة العاشرة
1446 هـ -2024م

نضع بين أيدي مدرسينا الكرام كتاب العلوم الصناعية للصف الاول أجهزة طبية والذي أنجز بتعاون بين فريقي تأليف من التعليم المهني والتعليم التقني. روعي في تأليف هذا الكتاب أن تكون المادة قد أمليت بتسلسل منطقي وباسلوب سلس، يسهل على الطلبة الاعزاء فهمه وأستيعابه وأن كنا قد اسهبنا في شرح بعض الفقرات فذلك يرجع لأهمية التفصيل والشرح في ذلك الموضوع.

كتابنا هذا شأنه شأن أي كتاب وليد جديد، قد لايخلو من بعض الهفوات والاخطاء غير المقصودة لذلك نناشد مدرسينا الاعزاء أن يحرصوا على كتابة هذه الملاحظات، ونلتمس منهم النقد البناء المبني على أساس علمي والذي يسهم في تطوير علمية الكتاب خدمة لصالح هذا القسم الجديد وخدمة لمسيرة التعليم بشكل أعم.

وأخيرا نتمنى الموفقية والنجاح لكل طلبتنا الاعزاء آملين منهم أن يساهموا بشكل فعال في خدمة وطنهم العزيز بالمثابرة على النجاح والله الموفق.

المؤلفون

المحتويات

الموضوع	الصفحة
المقدمة	3
الفصل الأول: مبادئ الكهربائية	14-5
الفصل الثاني: المقاومات	27-15
الفصل الثالث: الكهربائية الساكنة	33-28
الفصل الرابع: المتسعات	44-34
الفصل الخامس: البطاريات والخلايا الكهربائية	54-45
الفصل السادس: المغناطيسية	61-55
الفصل السابع: التيار المتناوب	71-62
الفصل الثامن: ممانعات التيار المتناوب	77-72
الفصل التاسع: دوائر التيار المتناوب ذات الطور الواحد	100-78
الفصل العاشر: الرنين	108-101
الفصل الحادي عشر: المحولات	117-109
الفصل الثاني عشر: تأثيرات التيار الكهربائي	131-118
الفصل الثالث عشر: الكهربائية في جسم الأنسان	144-132
الفصل الرابع عشر: أشباه الموصلات	154-145
الفصل الخامس عشر: ثنائي الزينر	162-155
الفصل السادس عشر: قياس ضغط الدم	172-163

الفصل الأول
مبادىء الكهربائية

الأهداف:

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل الى التعرف على الاساسيات العامة للمبادىء الكهربائية.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1- يتعرف على التركيب الذري للمادة.
2- يدرك معنى الشحنة الكهربائية وكيف تتولد.
3- يميز بين التيار الكهربائي والجهد الكهربائي.
4- يتعلم على معنى المقاومة الكهربائية والعوامل التي تؤثر في مقاومة سلك موصل.
5- يتعلم على أنواع التيار الكهربائي.
6- يتعرف على مكونات الدائرة الكهربائية ويطبق قانون أوم عليها.

المحتويات

- 1-1 التركيب الذري للمادة.
- 2-1 الشحنة الكهربائية.
- 3-1 المواد الموصلة والمواد العازلة.
- 4-1 الجهد الكهربائي.
- 5-1 التيار الكهربائي.
- 6-1 المقاومة الكهربائية
- 7-1 العوامل التي تتوقف عليها مقاومة سلك موصل.
- 8-1 أنواع التيار الكهربائي.
- 9-1 الدائرة الكهربائية.
- 10-1 قانون أوم.
- 11-1 أسئلة ومسائل الفصل .

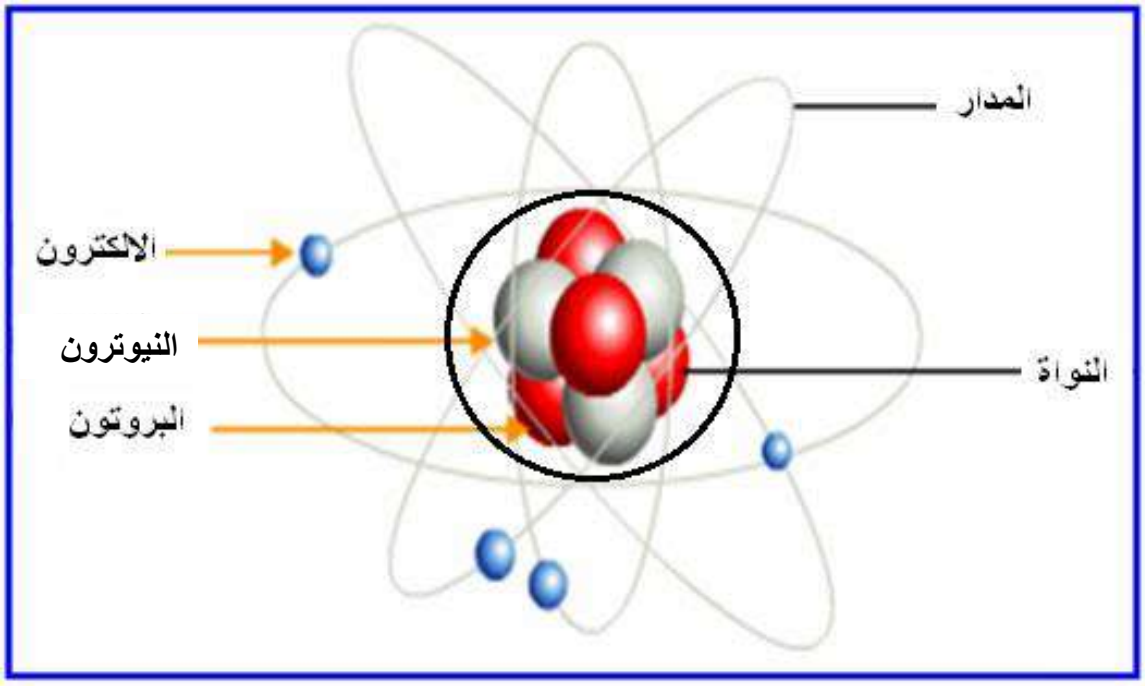
الفصل الأول
مبادىء الكهربائية

1-1 التركيب الذري للمادة :

قدمت النظرية الالكترونية تفسيراً وتصوراً مقبولاً لمعرفة طبيعة الكهرباء. ولفهم مبادئ الكهرباء لابد من معرفة خصائص وتركيب المادة.

تعرف المادة بأنها أي شئ يشغل حيزاً في الفراغ وله وزن. إنّ كل المواد سواء كانت صلبة ام غازية ام سائلة تتكون من عدد كبير من الذرات ترتبط مع بعضها البعض بعدة أواصر. تحتوي الذرة على نواة تقع في مركز الذرة ، وتحتوي النواة على جسيمات صغيرة تسمى بالبروتونات، وتكون مشحونة بشحنة موجبة كذلك تحتوي على جسيمات صغيرة تسمى بالنيوترونات، وتكون مشحونة بشحنة متعادلة كهربائياً، وللبروتون والنيوترون كتلتان متساويتان تقريباً.

يدور حول النواة جسيمات صغيرة جداً تسمى بالألكترونات، وتكون مشحونة بشحنة سالبة. علماً ان كتلة البروتون تبلغ (1836) مرة كتلة الالكترون. يوضح الشكل (1-1) نموذجاً للذرة.



شكل 1-1 نموذج الذرة

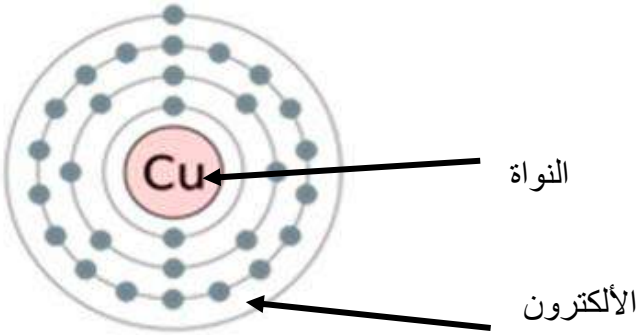
نتيجة لحركة الألكترونات المستمرة حول النواة، فالذرة تشبه المجموعة الشمسية عندما تدور الكواكب حول الشمس، حيث توجد قوة تجاذب تجعل المجموعة الشمسية في حالة توازن. إن قوة التجاذب الكهربائية بين البروتونات والالكترونات تجعل الذرة في حالة توازن، وتزداد قوة التجاذب هذه كلما قرب مدار الالكترونات من النواة وتقل كلما بعد عنها، حيث تستطيع الكترونات المدارات الخارجية الانتقال من ذرة الى اخرى.

تختلف ذرات العناصر فيما بينها بالعدد الذري والذي يمثل عدد البروتونات، فمثلا العدد الذري لذرة الهايدروجين (H) البسيطة هو(1) اما العدد الذري لذرة اليورانيوم (U) وهو (92).

تتوزع الألكترونات في المدارات حول النواة، وكل مدار يتسع عدد محدد من الالكترونات كما يلي :-

المـــدار الاول : 2 الكتـــــرون، المـــدار الثاني: 8 الكتـــرون و المـــدار الثالث :18 الكتـــــرون، المدار الرابع :32 الكتـــــرون، المدار الخامس :18 الكتـــــرون، المدار السادس :12 الكتـــــرون، المدار السابع :2 الكتـــــــرون.

يوضح الشكل (1-2) توزيع الكترونات حول نواة لذرة نحاس تحتوي ذرة النحاس على (29) الكترون موزعة على اربعة مدارات، وتكون المدارات الثلاث الاولى مشبعة بالالكترونات، ويحتوي المدار الرابع على الكترون واحد.



شكل 1-2 توزيع الالكترونات لذرة النحاس

2-1 الشحنة الكهربائية (Electric Charge) :

في الحالة الطبيعية تكون الذرة متعادلة كهربائياً، وتكون الشحنة الكلية تساوي صفراً. فاذا زاد عدد الالكترونات عن عدد البروتونات كانت الشحنة سالبة، أما اذا قل عدد الالكترونات عن عدد البروتونات كانت الشحنة موجبة، وتقاس الشحنة بوحدة الكولوم (c).

الكولوم = 6.250×10^{18} الكترون .

1- 3 المواد الموصلة والمواد العازلة :

1- المواد الموصلة (Conductors)

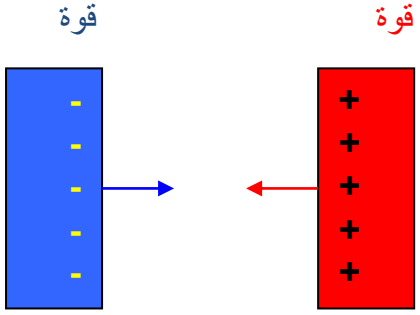
هي المواد التي تسمح لألكترونات مداراتها الخارجية بالحركة بصورة عشوائية في المسافات البينية بين الذرات، بسبب ضعف قوة التجاذب بين الكترونات المدار الخارجي والنواة، وتدعى هذه الالكترونات بالألكترونات الحرة. تعتبر المعادن من أجود المواد في توصيل الكهرباء مثل الفضة والنحاس والالمنيوم.

2- المواد العازلة (Insulators)

هي المواد التي لا تسمح لألكترونات مداراتها الخارجية بالحركة، لأن قوة التجاذب بين الكترونات المدار الخارجي والنواة تكون قوية، لذا تكون ضعيفة في توصيل الكهرباء مثل الزجاج والورق والبلاستك.

4-1 الجهد الكهربائي (الفولتية) (Electric Voltage) :

تنشأ قـوة جذب بين جسمين عندما يكـون احدهما مشحـون بشحنة سالبة والاخـر مشحـون بشحنة موجبة كما موضح في الشكل (3-1)، عند ربط الجسمين بموصل سوف تسري الالكترونات من الجسم المشحون بشحنة سالبة الى الجسم المشحون بشحنة موجبة.



شكل 1-3 قوة جذب بين جسمين

يعرف الجهد الكهربائي بأنه الطاقة التي تعطى للألكترون ليتمكن من الحركة، وتعتبر البطارية احد مصادر الطاقة الكهربائية. للجهد الكهربائي عدة تسميات متشابهة منها : (الضغط الكهربائي، القوة الدافعة الكهربائية،الفولتية) يرمز للجهد بالرمز (V) ويقاس بالفولت (v)
وللفولت مضاعفات واجزاء وهي:

1- مضاعفات الفولت : الكيلو فولت (kV) = 1000 فولت = 10^3 فولت

2- اجزاء الفولت :

أ- الملي فولت (mV) ,الفولت (V) = 1000 ملي فولت = 10^3 ملي فولت.

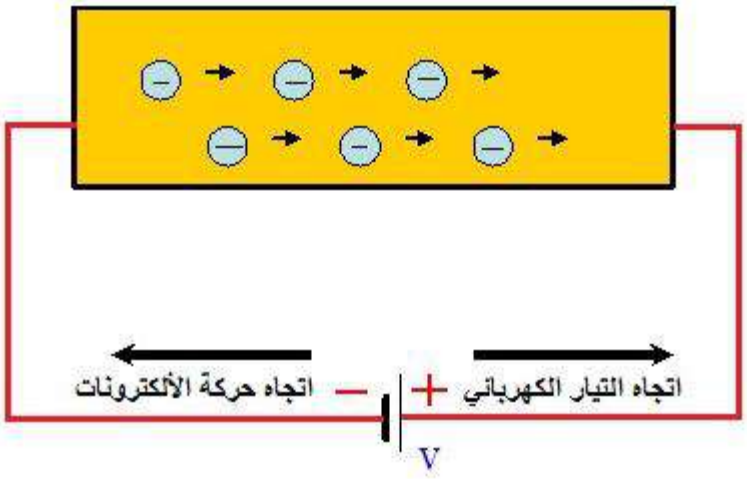
ب- الملي فولت (mV) = 10^{-3} فولت .

ت- المايكروفولت (µV)، الفولت (V) = 1000000 مايكروفولت = 10^6مايكروفولت .

ث- المايكروفولت (µV) = 10^{-6} فولت.

5-1 التيار الكهربائي (Electric Current) :

تمتلك الألكترونات الحرة في المواد الموصلة طاقة كامنة تجعلها تتحرك بصورة دائمة وعشوائية في جميع الاتجاهات داخل الفراغات بين الذرات. عند توصيل الموصل الى مصدر خارجي (قطبي بطارية) ينشأ فرق جهد كهربائي يحرك الالكترونات.



شكل 1-4 اتجاه حركة الالكترونات واتجاه التيار الكهربائي

وينظم حركتها من ذرة الى اخرى، حيث أصطلح على ان يكون إتجاه التيار الكهربائي من القطب الموجب الى القطب السالب وهو عكس اتجاه حركة الالكترونات في الموصل، كما موضح في الشكل (4-1) يعرف التيار بأنه **سيل من الالكترونات الحرة المارة خلال موصل او هو معدل الشحنة الكهربائية المارة خلال سلك موصل في زمن مقداره ثانية واحدة**. يرمز للتيار بالرمز (I) ويقاس بالأمبير(A).

$$\text{التيار (I)} = \frac{\text{الشحنة}}{\text{الزمن}}$$

$$I = \frac{Q}{t} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1\text{-}1)$$

حيث ان :

Q: الشحنة الكهربائية، t: الزمن

الأمبير: هو الوحدة القياسية للتيار، وله مضاعفات وأجزاء هي :-

1- مضاعفات الأمبير : الكيلو أمبير (kA) = 1000 أمبير = 10^3 أمبير.

2- اجزاء الامبير :

أ- الملي أمبير (mA), الأمبير (A) = 1000 ملي أمبير = 10^3 ملي أمبير.

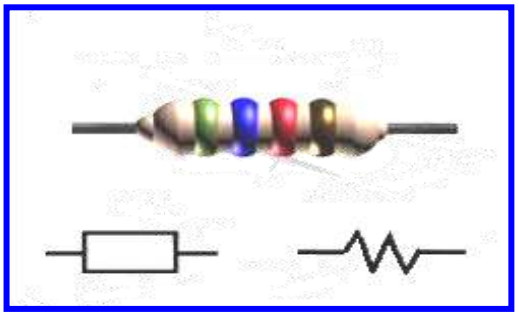
ب- الملي أمبير (mA) = 10^{-3} أمبير.

ت- المايكرو أمبير (μA), الأمبير (A) = 1000000مايكرو أمبير = 10^6مايكرو أمبير.

ث- المايكرو أمبير (μA) = 10^{-6} أمبير.

6-1 المقاومة الكهربائية (Electrical Resistance) :

هي الإعاقة التي تبديها المادة لمرور التيار الكهربائي. لكل مادة موصلة مقاومة تعتمد على مادة الموصل ويرمز للمقاومة بالرمز (R) وتقاس بالأوم (Ω)، وترسم المقاومة في الدوائر الكهربائية كما موضح في الشكل (1-5).



شكل 1-5 رمز المقاومة في الدوائر الكهربائية

الاوم : مقاومة موصل يسري فيه تيار كهربائي شدته (1) أمبير والجهد المسلط عليه (1) فولت.

$$\text{الأوم} = \frac{\text{الفولت}}{\text{الأمبير}} \quad \text{.....} \quad (2\text{-}1)$$

وللأوم مضاعفات هي :-

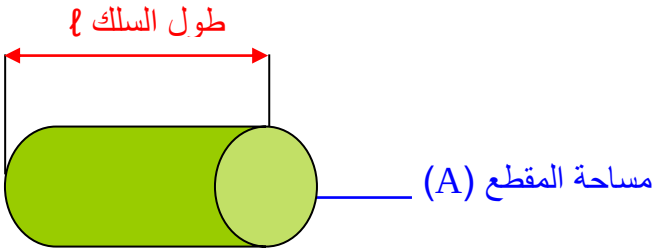
1- الكيلو اوم (kΩ) = 1000 أوم = 10^3 أوم

2- الميكا اوم (MΩ) = 1000000 أوم = 10^6 أوم

7-1 العوامل التي تتوقف عليها مقاومة سلك موصل :

1- طول السلك (ℓ): كلما زاد طول السلك الموصل زادت مقاومته، أي ان المقاومة تتناسب تناسباً طرديا مع طول السلك الموصل، شكل (1-6) يوضح سلك موصل.

$$R \propto \ell \quad \text{.....} \quad (3\text{-}1)$$



شكل 1-6 سلك موصل

2- مساحة المقطع العرضي للسلك (A): كلما زادت مساحة مقطع السلك الموصل كلما قلت مقاومة السلك.

تناسب عكسي

$$R \propto \frac{1}{A} \quad \text{.....} \quad (4\text{-}1)$$

3- نوع مادة السلك : تعتمد مقاومة السلك الموصل لمرور التيار الكهربائي على نوع المادة المصنوع منها. مما سبق يتضح ان مقاومة الموصل تتناسب طرديا مع طوله وعكسيا مع مساحة مقطعه كما في العلاقة الآتية:

$$R \propto \frac{\ell}{A} \quad \text{.....} \quad (5\text{-}1)$$

لتحويل العلاقة اعلاه الى معادلة تساو تكون بالشكل:

$$R = \frac{\rho \times \ell}{A} \quad \text{.....(6-1)}$$

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

حيث أن ρ (رو) هي ثابت التناسب، تمثل المقاومة النوعية للسلك الموصل ولكل مادة مقاومة نوعية خاصة بها تتناسب طردياً مع مقاومـــــة الموصـــل، وتقاس المقاومة النوعية بوحدة (أوم .ملم^2/ متر)، (Ω. mm^2/m).

4- درجة الحرارة :- كلما زادت درجة الحرارة تزداد قيمة المقاومة اي تتناسب المقاومة تناسبا طردياً مع درجة الحرارة كما سيتم شرحها لاحقا في الفصل الثاني عشر بالتفصيل.

مثال (1)

سلك من الألمنيوم طوله (200m) ومساحة مقطعه (4mm^2)، إحسب مقاومة السلك علما ان المقاومة النوعية للالمنيوم (0.0287 Ω mm^2 / m).

$$R = \frac{\rho \ell}{A}$$

$$\text{مقاومة السلك} = \frac{\text{المقاومة النوعية x الطول}}{\text{مساحة المقطع}}$$

$$R = \frac{0.0287 \times 200}{4} = 1.435\ \Omega$$

مثال (2)

سلك موصل من النحاس مقاومته (4.3Ω) ومساحة مقطعه (2mm^2) والمقاومة النوعية للنحاس (0.0172 Ω mm^2/m) احسب طول السلك.

$$R = \frac{\rho \ell}{A}$$

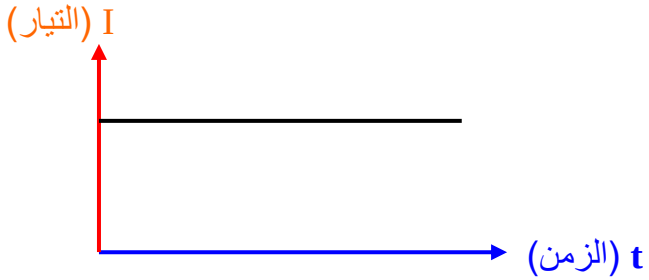
$$\ell = \frac{R \times A}{\rho}$$

$$\ell = \frac{4.3 \times 2}{0.0172} = 500\ \text{m}$$

8-1 أنواع التيار الكهربائي :

1- التيار المستمر (Direct Current D.C)

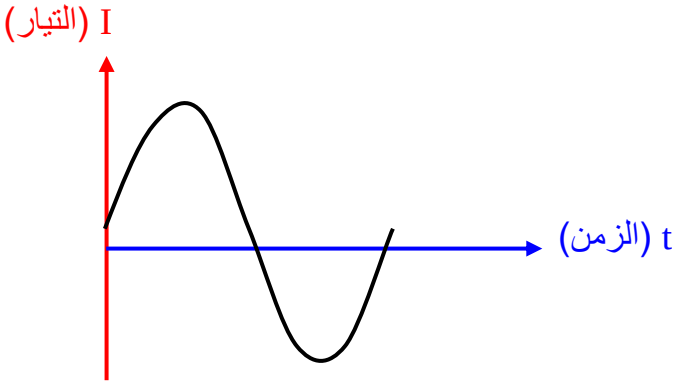
هو تيار ثابت الشدة والأتجاه مع مرور الزمن، من مصادر الحصول عليه هي البطاريات ومولدات التيار المستمر. الشكل (1-7) يوضح ذلك.



شكل 1-7 التيار المستمر

2-التيار المتناوب **Alternating Current (A.C)**:

هو تيار متغير الشدة والاتجاه مع مرور الزمن، يمكن الحصول عليه من مولدات التيار المتناوب، هذا النوع هو الشائع الاستعمال في المنازل والمصانع. شكل (1-8) يوضح ذلك.



شكل 1-8 التيار المتناوب

9-1 الدائرة الكهربائية (Electric Circuit) :

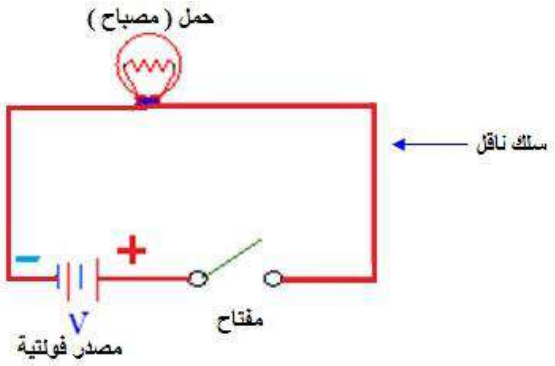
تتكون الدائرة الكهربائية من اربعة اجزاء كما موضح في الشكل (1-9):

1- المصدر : يقوم بتوليد الطاقة الكهربائية كالبطارية اوالمولدة .

2- الحمل: يقوم بتحويل الطاقة المجهزة من المصدر الى طاقة ذات شكل اخر كأن تكون طاقة ضوئية او حرارية... الخ.

3- اسلاك ناقلة : لنقل التيار الكهربائي من المصدر الى الحمل.

4- مفتاح : يعمل على توصيل وقطع التيار الكهربائي.



شكل 1-9 الدائرة الكهربائية

10-1 قانون أوم (Ohm's Law) :

وجد العالم جورج أوم هذا القانون من خلال التجارب التي قام بها، حيث يربط العلاقة بين فرق الجهد وشدة التيار والمقاومة. **ينص القانون على أن: (التيار المار في سلك موصل يتناسب طرديا مع فرق الجهد عند ثبوت المقاومة ويتناسب التيار تناسبا عكسيا مع المقاومة عند ثبوت فرق الجهد).**

$$\text{شدة التيار} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{.....(7-1)}$$

فرق الجهد = شدة التيار × المقاومة

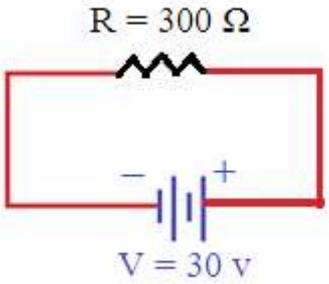
$$V = I \times R \quad \text{.....(8-1)}$$

$$\text{المقاومة} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{شدة التيار}}$$

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{.....(9-1)}$$

مثال (3)

وصلت مقاومة قيمتها (300Ω) الى مصدر جهد كهربائي قيمته (30 V)، احسب شدة التيار ؟



$$\text{شدة التيار} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

$$I = \frac{V}{R} = \frac{30}{300} = 0.1 \text{ A}$$

مثال (4)

وصلت مقاومة مقدارها (0.5 kΩ) الى مصدر جهد كهربائي، فكان التيار المار فيها (60 mA) اوجد فرق جهد المصدر

فرق الجهد = التيار × المقاومة

$$V = I \times R$$

$$V = \frac{60}{1000} \times 0.5 \times 1000 = 30\ V$$

أسئلة ومسائل الفصل الاول

س1- عرف مايأتي :-

الالكترون، الجهد الكهربائي، التيار الكهربائي، المقاومة الكهربائية، قانون أوم، الأوم، المواد الموصلة، المواد العازلة.

س2 - سلك من الالمنيوم طوله (500m) ومساحة مقطعه ($1mm^2$). احسب مقاومة السلك علماً أن المقاومة النوعية للألمنيوم ($0.0287\ \Omega.mm^2/m$) .

س3 - أحسب مقدار التيار المار في مقاومة مقدارها (900Ω) وفرق الجهد على طرفيها (30V) .

س4 - ربط مصباح كهربائي الى مصدر جهد كهربائي (220V)، وكان التيار المار فيه (500mA) أحسب مقاومة المصباح .

س5 - مصدر جهد كهربائي (12V)، وُصل الى مقاومة قيمتها (6Ω), احسب التيار المار في المقاومة، وعند زيادة الجهد الى (24V) احسب مقدار الزيادة في التيارالمار في المقاومة .

الفصل الثاني
المقاومات

الأهداف

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى التعرف على طرق ربط المقاومات ودراسة انواعها.

الأهداف الخاصة:

بعد إكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على ان :

1- يفهم طرق ربط المقاومات على التوالي وعلى التوازي والربط المختلط.

2- يعرف كيفية التمييز بين أنواع المقاومات الكهربائية.

3- يطبق قانوني كيرشوف على الدائرة الكهربائية.

المحتويات

- 2-1 أنواع المقاومات
- 2-2 طرق ربط المقاومات الكهربائية
- 2-3 قانونا كيرشوف
- 2-4 القدرة الكهربائية
- أسئلة ومسائل الفصل

الفصل الثاني
المقاومات

2-1 انواع المقاومات :

ذكرنا سابقا ان المقاومة هي الأعاقة التي تبديها المادة لمرور التيار الكهربائي، كما أن لكل جهاز كهربائي مقاومة معينة تحدد قيمة التيار الكهربائي المار فيه. مقاومة الجهاز تستهلك الطاقة الكهربائية وتحولها الى شكل اخر للطاقة، فمثلا مقاومة المصباح الكهربائي تحول الطاقة الكهربائية الى طاقة ضوئية. هناك عدة انواع من المقاومات تستعمل في الدوائر الكهربائية والالكترونية لتحديد قيمة فرق الجهد والتيار الكهربائي، وتصنع هذه المقاومات من مواد مختلفة التركيب. تنقسم المقاومات الى نوعين هما مقاومة ثابتة ومقاومة متغيرة.

تنقسم المقاومات الثابتة الى انواع عديدة منها :-

1-**المقاومات الكاربونية:** وتصنع من الكاربون أو الكرافيت وتستعمل في الدوائر الالكترونية.

2-**المقاومات السلكية**: تصنع من سلك معدني ملفوف حول مادة عازلة من الخزف أو السيراميك، أما السلك فيصنع من النيكل والكروم، تستعمل هذه المقاومات في المدافئ والسخانات الكهربائية.

3- **المقاومات الحرارية**: تستعمل لحماية الدوائر الالكترونية وتكون على نوعين :-

أ- **المقاومات ذات المعامل الحراري الموجب** (PositiveTemperature Coefficient P.t.c)

هي المقاومات التي تزداد قيمتها عند ارتفاع درجة حرارتها.

ب- **المقاومات ذات المعامل الحراري السالب** (Negative Temperature Coefficient N.t.c)

هي المقاومات التي تقل قيمتها عند ارتفاع درجة حرارتها.

4- **المقاومات الضوئية**: تصنع من سلفيد الكادميوم حيث تنخفض قيمتها عند ازدياد شدة الضوء الساقط عليها، وتزداد قيمتها عند ارتفاع درجة حرارتها.

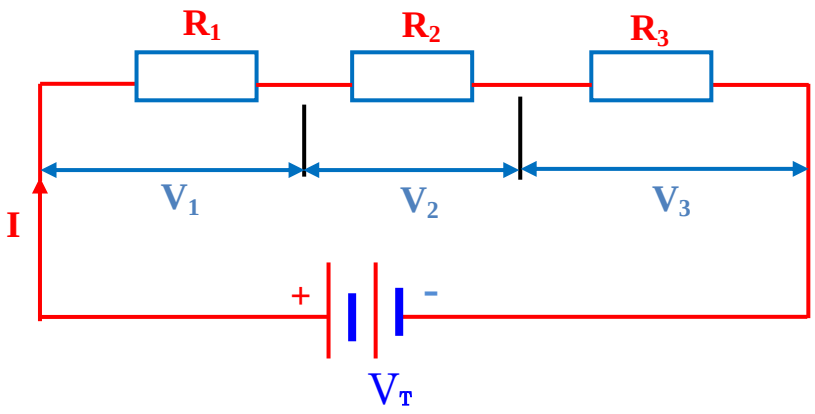
5- **المقاومات الجهدية**: تصنع من كربيد السليكون، حيث تقل قيمتها عند ارتفاع فرق الجهد على طرفيها وتستعمل لحماية الدوائر الكهربائية من الارتفاع المفاجئ في الجهد.

2-2 طرق ربط المقاومات :

تربط المقاومات في الدوائر الكهربائية بثلاث طرق:

1. ربط التوالي (Series Connection)

تربط فيه نهاية المقاومة الاولى ببداية المقاومة الثانية وتربط نهاية المقاومة الثانية ببداية المقاومة الثالثة. تربط المقاومة الاولى ونهاية المقاومة الثالثة الى طرفي مصدر الجهد الكهربائي كما موضح في الشكل (2-1). لهذا الربط الصفات التالية:



شكل 2-1 ربط التوالي

1- تيار المصدر والتيار المار في جميع المقاومات يكون متساوي القيمة.

$I_T = I_1 = I_2 = I_3$ .....(1-2)

2- فرق الجهد الكلي (جهد المصدر) يساوي مجموع الجهود الكهربائية على طرفي كل مقاومة.

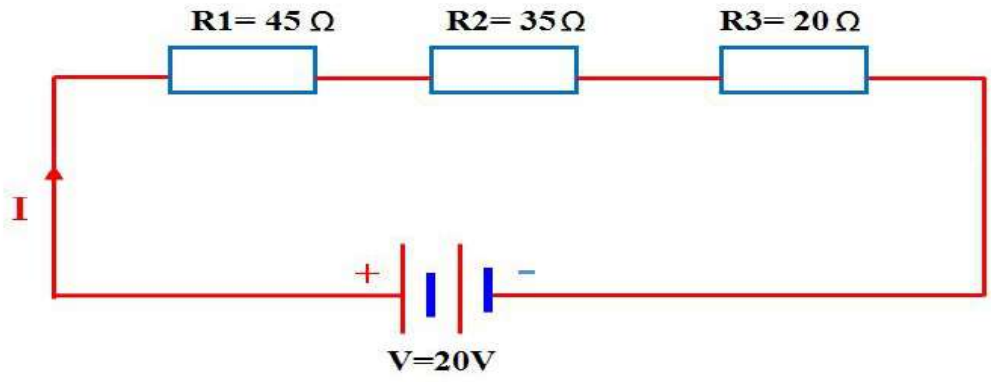
$V_T = V_1 + V_2 + V_3$ .....(2-2)

3- المقاومة الكلية (المكافئة) للدائرة تساوي مجموع المقاومات .

$R_T = R_1 + R_2 + R_3$ .....(3-2)

مثال (1)

ثلاث مقاومات قيمها (20Ω،35Ω، 45Ω) وصلت بالتوالي الى مصدر جهد كهربائي (20V)، احسب التيار المار في الدائرة ؟



شكل 2-2 مثال (1)

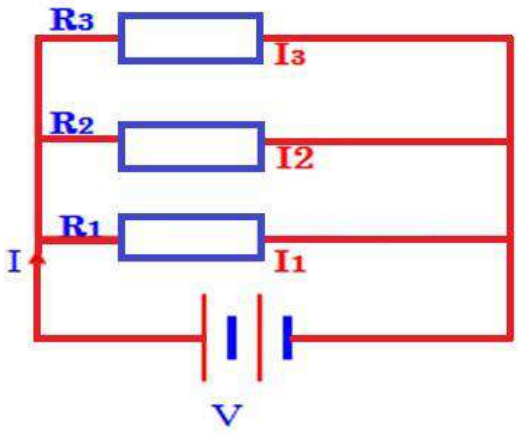
$R_T = R_1 + R_2 + R_3$
$R_T = 45 + 35 + 20 = 100\ \Omega$

$$\text{التيار} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{20}{100} = 0.2\ A$$

2- ربط التوازي (Parallel Connection)

تربط بدايات المقاومات الى احد طرفي المصدر وتربط نهايات المقاومات الى الطرف الثاني للمصدر كما موضح في الشكل (2-3) ويتميز هذا الربط بالصفات الآتية:-



شكل 2-3 ربط التوازي

1- الجهد على جميع المقاومات متساوي:

$$\mathbf{V_T = V_1 = V_2 = V_3 \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4-2)}$$

2- التيار الكلي (I) يساوي حاصل جمع التيارات المارة في المقاومات

$$\boldsymbol{I_T = I_1 + I_2 + I_3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (\mathbf{5-2})$$

3- مقلوب المقاومة الكلية يساوي مجموع مقلوب المقاومات المربوطة بالتوازي كالاتي:

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6-2)$$

وحسب قانون اوم:

$$\text{التيار} = \frac{\text{فرق الجهد}}{\text{المقاومة}}$$

$$I_T = \frac{V}{R_T} \text{ ، } I_1 = \frac{V_1}{R_1} \text{ ، } I_2 = \frac{V_2}{R_2} \text{ ، } I_3 = \frac{V_3}{R_3}$$

بالتعويض في معادلة (2-5) ينتج:

$$\frac{V}{R_T} = \frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} + \frac{V_3}{R_3} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (7-2)$$

بما ان:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$

تصبح المعادلة كما يـأتي:

$$\frac{V}{R_T} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (8-2)$$

وبتقسيم طرفي المعادلة (2-8) على (V) ينتج:-

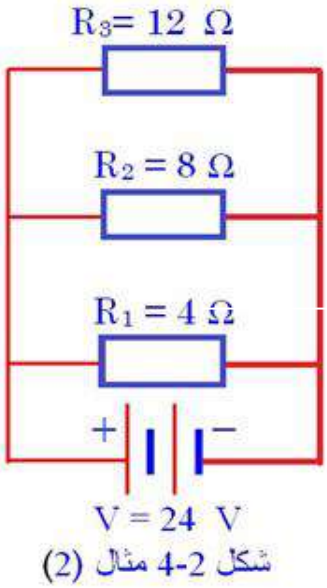
$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots\dots\dots\dots\dots\dots (9-2)$$

ملاحظة : أذا كانت الدائرة تحتوي على مقاومتين مربوطتين على التوازي فيستخدم القانون التالي

$$R_T = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

مثال (2)

وصلت ثلاث مقاومات قيمها (4 Ω، 8Ω، 12Ω) على التوازي الى مصدر جهد مقداره (24 V).
إحسب:
أ- المقاومة الكلية. ب- التيار المار في كل مقاومة. ج- التيار الكلي المار في الدائرة.



شكل 2-4 مثال (2)

أ- المقاومة الكلية

$$\frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} = \frac{1}{4} + \frac{1}{8} + \frac{1}{12} = \frac{6+3+2}{24} = \frac{11}{24}$$

$$R_T = \frac{24}{11} = 2.18\ \Omega$$

أ- التيار المار في كل مقاومة :

$$I_1 = \frac{V}{R_1} = \frac{24}{4} = 6\ A$$

$$I_2 = \frac{V}{R_2} = \frac{24}{8} = 3\ A$$

$$I_3 = \frac{V}{R_3} = \frac{24}{12} = 2\ A$$

جـ - التيار الكلي المار في الدائرة :

$I_T = I_1 + I_2 + I_3$
$I_T = 6 + 3 + 2$
$I_T = 11\ A$

أو يمكن ايجاد التيار الكلي حسب قانون أوم :

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{24}{\frac{24}{11}} = \frac{24 \times 11}{24} = 11\ A$$

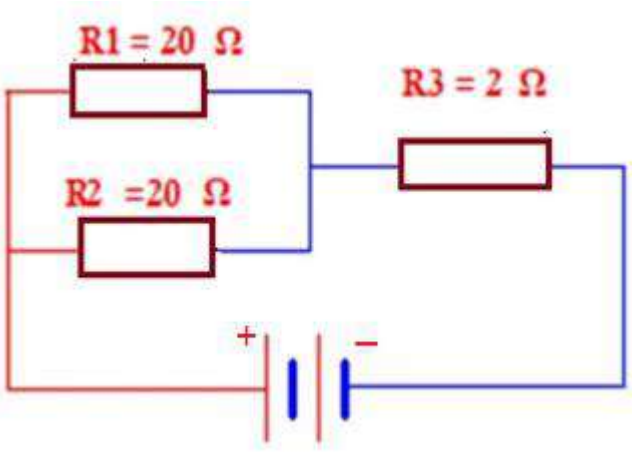
3- الربط المركب (المختلط)

في هذا الربط تحتوي الدائرة الكهربائية على مقاومات ربطت على التوالي ومقاومات ربطت على التوازي ولحساب فرق الجهد، التيار، المقاومة الكلية نستخدم قوانين ربط التوالي والتوازي.

مثال(3)

من الدائرة المرسومة في الشكل (2-5) احسب الآتي:

1. المقاومة الكلية.
2. تيار المصدر وتيار المقاومة R_3.
3. فرق الجهد على طرفي كل مقاومة، تيار المقاومة R_1، المقاومة R_2.



شكل 2-5 الربط المركب

1- المقاومة الكلية.

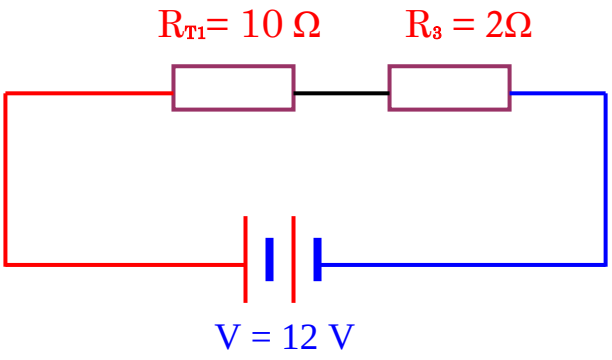
يمكن حساب المقاومة المكافئة للمقاومتين R_1، R_2 حسب القانون :

$$R_{T1} = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2} = \frac{20 \times 20}{20 + 20}$$

$$R_{T1} = \frac{400}{40} = 10\ \Omega$$

يكون شكل الدائرة كالآتي:

$R_{T1} = 10\ \Omega$ $R_3 = 2\ \Omega$



شكل2-6 مثال (3)

بتطبيق قانون ربط التوالي نحسب المقاومة الكلية:

$$R_T = R_{T1} + R_3$$
$$R_T = 10 + 2 = 12\ \Omega$$

2- تيار المصدر هو نفس التيار المار في المقاومة R_3

$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{12}{12} = 1\ A$$

3- فرق الجهد على طرفي المقاومة R_3:

$$V_{R3} = I \times R_3 = 1 \times 2 = 2\ V$$

فرق الجهد على طرفي كل من R_1، R_2:

$$V_{R1} = V_{R2} = I \times R_{T1} = 1 \times 10 = 10\ V$$

تيار المقاومة R_1 والمقاومة R_2:

$$I_{R1} = \frac{V_{R1}}{R_1} = \frac{10}{20} = 0.5\ A$$

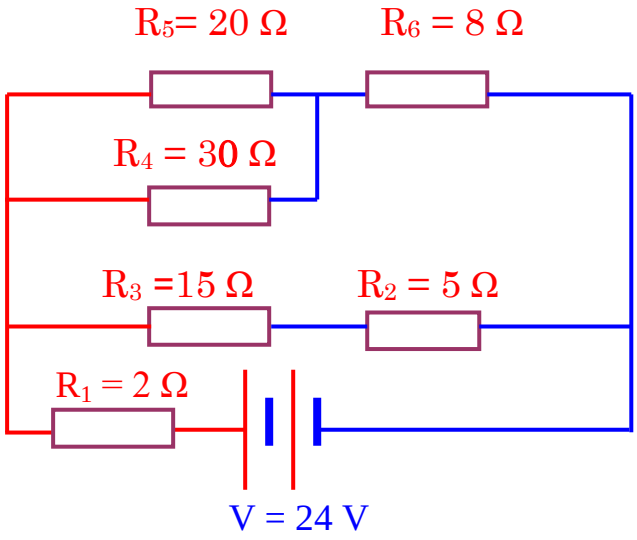
$$I_{R2} = \frac{V_{R2}}{R_2} = \frac{10}{20} = 0.5A$$

مثال (4)

من الدائرة المرسومة ادناه احسب:-

أ- المقاومة المكافئة.

ب- تيار المصدر.



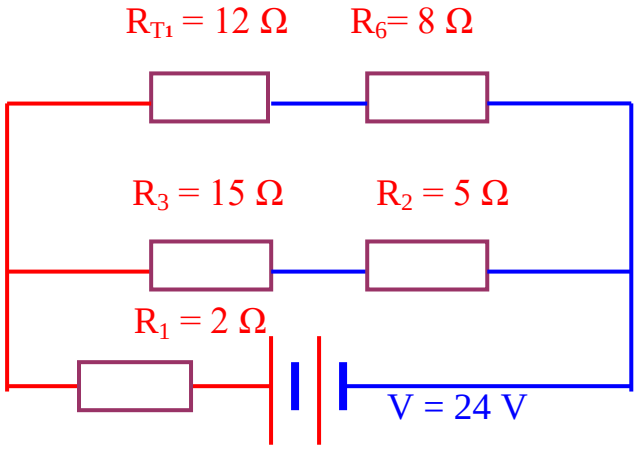
شكل 2-7 مثال (4)

أ ـ المقاومة المكافئة.

نحسب المقاومة المكافئة للمقاومتين R_4، R_5:

$$R_{T1} = \frac{R_4 \times R_5}{R_4 + R_5} = \frac{20 \times 30}{20 + 30} = 12\ \Omega$$

يكون شكل الدائرة كما في الشكل ادناه :



شكل 2-8 مثال (4)

نحسب قيمة المقاومة المكافئة للمقاومتين (R_{T1}،R_6) وعلى التوالي وكذلك قيمة المقاومتين (R_2،R_3) المربوطتين على التوالي.

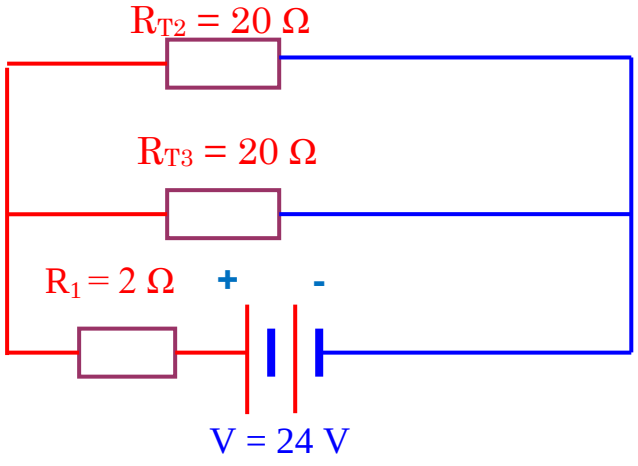
$R_{T2} = R_{T1} + R_6$

$R_{T2} = 12 + 8 = 20\ \Omega$

$R_{T3} = R_3 + R_2$

$R_{T3} = 15 + 5 = 20\ \Omega$

يكون شكل الدائرة كما في الشكل ادناه:

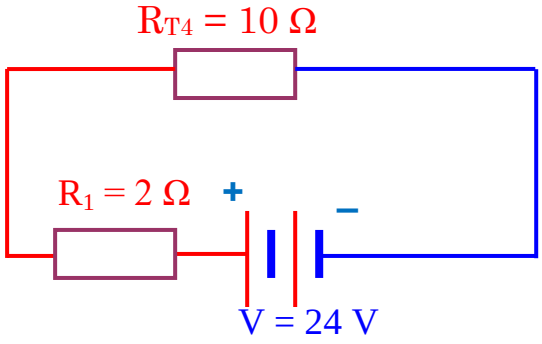


شكل 2-9 مثال (4)

نحسب المقاومة المكافئة للمقاومتين $\mathbf{R_{T3}}$، $\mathbf{R_{T2}}$ وعلى التوازي:

$$R_{T4} = \frac{R_{T2} \times R_{T3}}{R_{T2} + R_{T3}} = \frac{20 \times 20}{20 + 20} = \frac{400}{40} = 10\ \Omega$$

يكون شكل الدائرة المبسط كما موضح في الشكل المرسوم ادناه:



شكل 2-10 مثال (4)

تكون المقاومة المكافئة كالآتي:

$$\mathbf{R_T = R_{T4} + R_1}$$
$$\mathbf{R_T = 10 + 2 = 12\ \Omega}$$

ب – تيار المصدر:

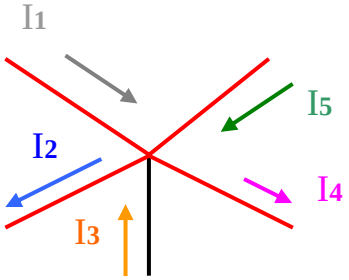
$$I = \frac{V}{R_T} = \frac{24}{12} = 2\ A$$

2-3 قوانين كيرشوف (Kirchhof 's Laws)

يستخدم قانونا كيرشوف في تحليل وتسهيل حل الدوائر الكهربائية.

1- القانون الاول (قانون التيار)

ينص هذا القانون على أن : المجموع الجبري للتيارات الداخلة في أي نقطة من نقاط الدائرة الكهربائية تساوي مجموع التيارات الخارجة من تلك النقطة كما موضح بالشكل (2-11)



شكل 2-11 القانون الأول (قانون التيار)

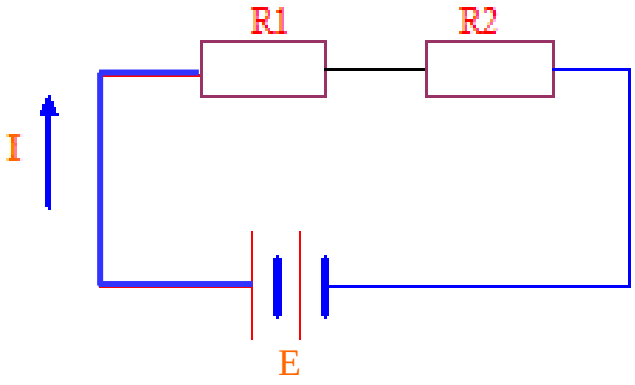
التيارات الداخلة = التيارات الخارجة

وتكون الصيغة الرياضية كالآتي:

$$I_1 + I_3 + I_5 = I_2 + I_4 \qquad \text{.....(10-2)}$$

2- القانون الثاني (قانون الفولتية)

ينص هذا القانون على أن : في أي دائرة كهربائية يكون المجموع الجبري للقوى الدافعة الكهربائية مساويا للمجموع الجبري لهبوط الفولتية. كما موضح في الشكل (2-12).



شكل 2-12 القانون الثاني (قانون الفولتية)

وتكون الصيغة الرياضية كالآتي:

$$E = I R_1 + I R_2 \qquad \text{.....(11-2)}$$

الرمز (E): القوة الدافعة الكهربائية، تقاس بوحدة (الفولت).

4-2 القدرة الكهربائية (Electric Power)

القدرة الكهربائية المصروفة في دوائر التيار المستمر هي حاصل ضرب الفولتية في التيار كما يأتي:
القدرة = الفولتية × التيار

$$P = V I \qquad \text{..... (12-2)}$$

حيث إن :
P: القدرة وتقاس بوحدة الواط (W)
V: الفولتية وتقاس بالفولت (V)
I: التيار ويقاس بالأمبير (A)

وحسب قانون اوم:

$$V = I\,R \qquad \text{……..(13 -2)}$$

$$I = \frac{V}{R} \qquad \text{……..(14-2)}$$

$$P = V\,I = I\,R \times I = I^2\,R \qquad \text{……..(15-2)}$$

$$P = V\,I = V \times \frac{V}{R} = \frac{V^2}{R} \qquad \text{……..(16-2)}$$

كما تعرف الطاقة الكهربائية بانها المعدل الزمني للطاقة المصروفة وتقاس الطاقة الكهربائية بوحدة (الجول) حيث ان:

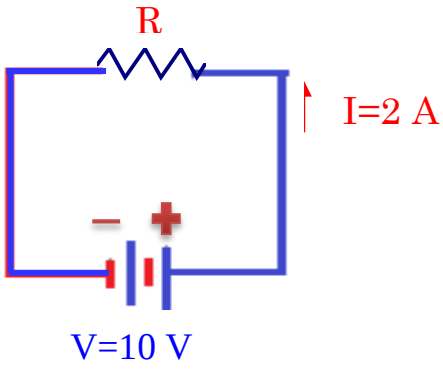
الجول = واط. ثانية

مثال (5)

في الدائرة المبينة ادناه احسب الآتي :-

أ. قيمة القدرة المصروفة.

ب. قيمة المقاومة.



شكل 2-13 دائرة مثال (5)

أ- قيمة القدرة المصروفة:

$$P = V\ I$$
$$P = 10 \times 2 = 20\ W$$

ب- قيمة المقاومة:

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

$$R = \frac{10}{2} = 5\ \Omega$$

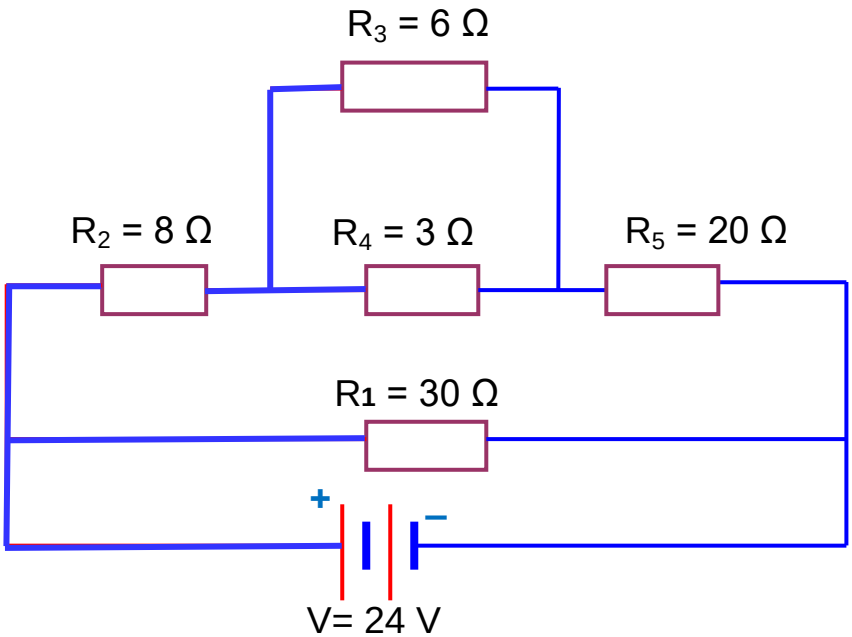
أسئلة ومسائل الفصل الثاني

س1- عرف الآتي:-
المقاومة الضوئية، المقاومة الحرارية، المقاومة الجهدية، القدرة الكهربائية، قانون كيرشوف الاول، قانون كيرشوف الثاني.

س2- ربطت مقاومتان على التوالي قيمة الاولى (8Ω) والثانية (4Ω) الى مصدر جهد مقداره (6V)، احسب الآتي:-
أ- المقاومة الكلية، ب - التيار المار في الدائرة، جـ - فرق الجهد على طرفي كل مقاومة

س3- ربطت ثلاث مقاومات على التوازي قيمها (4Ω)، (6Ω)، (8Ω) الى مصدر جهد مقداره (24V)، احسب المقاومة المكافئة للدائرة والتيار الكلي المار في الدائرة .

س4- من الدائرة الكهربائية في الشكل ادناه، احسب الآتي :-
أ- المقاومة الكلية، ب - التيار المار في كل مقاومة، جـ - فرق الجهد على طرفي كل مقاومة



شكل 2-14 سؤال(4)

س5- ربطت مقاومتان على التوازي الى مصدر جهد مقداره (100V). فأذا كان التيار المار في المقاومة الاولى (500 mA) والتيار الكلي المار في الدائرة (2.5 A)، احسب قيمة كل مقاومة .

س6- مصباح كهربائي قدرته (30 W) يعمل على فولتية (220 V)، احسب مقاومته .

الفصل الثالث

الكهربائية الساكنة

الاهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة المبادىء العامة للكهربائية الساكنة.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على أن:

1- يعرف ماهية الكهربائية الساكنة وكيفية توليدها.
2- يعرف خواص الشحنات الكهربائية.
3- يحسب الشحنة الكهربائية بأستخدام قانون كولوم.
4- يفهم المجال الكهربائي وشدة المجال الكهربائي.

المحتويات

- 3-1 الكهربائية الساكنة
- 3-2 توليد الكهربائية الساكنة
- 3-3 خواص الشحنات الكهربائية
- 3-4 قانون كولوم
- 3-5 المجال الكهربائي
- 3-6 شدة المجال الكهربائي
- 3-7 اسئلة ومسائل الفصل

الفصل الثالث
الكهربائية الساكنة

1-3 الكهربائية الساكنة (Static Electricity):

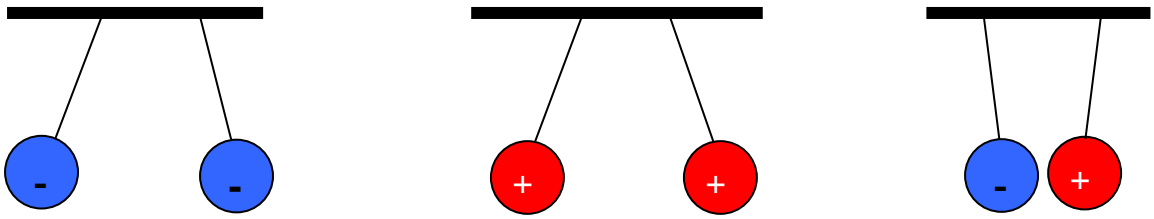
الكهربائية الساكنة هي كهربائية مستقرة تتولد في الاجسام على هيئة شحنات متزنة وهي عكس الكهربائية المتحركة. قد ذكرنا سابقا بأن المادة المتعادلة كهربائيا تكون مشحونة بشحنة سالبة عندما تكتسب الكترونات او تكون مشحونة بشحنة موجبة عندما تفقد الكترونات.

2-3 توليد الكهربائية الساكنة :

يمكن الحصول على الكهربائية الساكنة عن طريق دلك قضيب من المطاط بالفرو، حيث تنتقل الالكترونات من الفرو الى قضيب المطاط شاحنة اياه بالشحنات السالبة وقطعة الفرو بالشحنات الموجبة. عند دلك قضيب الزجاج بالحرير تنتقل الالكترونات من قضيب الزجاج الى الحرير شاحنة قضيب الزجاج بالشحنات الموجبة والحرير بالشحنات السالبة. ان الكهربائية المتولدة هذه تجعل الجسم مشحونا وتمكنه من جذب الاجسام الخفيفة كقطعة ورق. ظاهرة تكوين شحنة كهربائية على جسم ما تسمى بالتكهرب، وللكهرباء الساكنة مخاطرعلى الاجسام فأذا زادت الشحنة وتراكمت على مادة عازلة وجدت طريقا للتفريغ الكهربائي محدثة شرارة كهربائية.

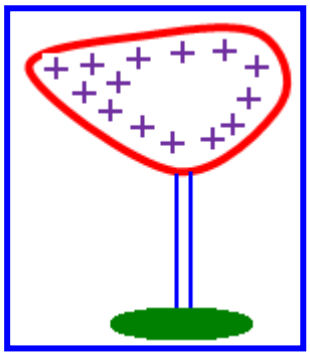
3-3 خواص الشحنات الكهربائية :

1 - الشحنات المختلفة تتجاذب فيما بينها والمتشابهة تتنافر فيما بينها كما موضح في الشكل (3-1).



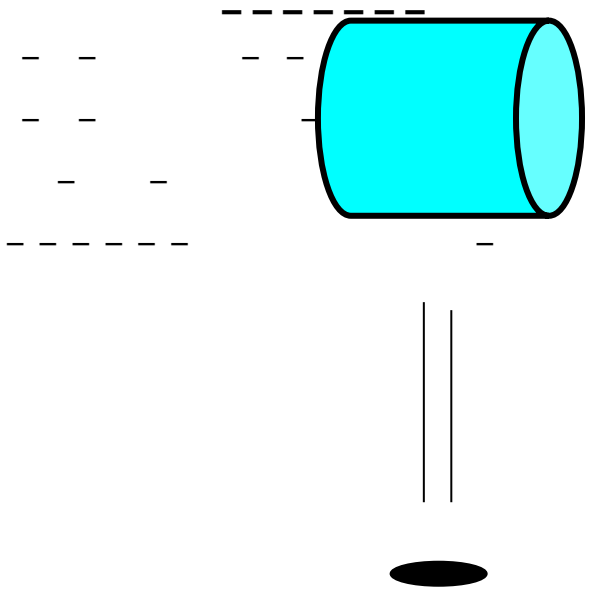
شكل 3-1 قوى التجاذب والتنافر بين الشحنات

2 - تتركز الشحنات الكهربائية في المناطق المدببة في الاجسام المشحونة كما موضح في الشكل (3-2)



شكل 3-2 الشحنات في جسم مدبب مشحون

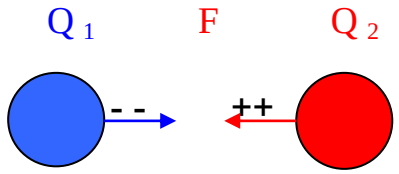
3 - تستقر الشحنات الكهربائية على السطوح الخارجية للاجسام المشحونة كما موضح في الشكل (3-3).



شكل 3-3 توزيع الشحنات على السطوح الخارجية للأجسام المشحونة

4-3 قانون كولوم (Coulomb's Law)

من خلال التجارب التي قام بها العالم كولوم حول الشحنات الكهربائية وجد أن القوة بين كرتين مشحونتين بالكهرباء تتناسب طرديا مع حاصل ضرب مقداري الشحنتين وعكسيا مع مربع البعد بينهما. الشكل (4-3) يوضح قوة التجاذب بين كرتين مشحونتين.



شكل 4-3 يوضح قوة التجاذب بين كرتين مشحونتين

لتحويل العلاقة الى علاقة تساو تكون بالشكل الآتي:

$$F \propto \frac{Q_1 . Q_2}{d^2} \quad \text{.....(1-3)}$$

$$F = K \frac{Q_1 . Q_2}{d^2} \quad \text{.....(2-3)}$$

حيث أن:
F: القوة وتقاس بوحدة النيوتن (N)
Q_1: الشحنة الاولى وتقاس بوحدة الكولوم (C)
Q_2: الشحنة الثانية وتقاس بوحدة الكولوم (C)
d: البعد بين الشحنتين ويقاس بوحدة المتر (m)
K: يمثل ثابت العزل ويعتمد على نوع المادة العازلة بين الشحنتين ويكون مقداره بالهواء يساوي 9×10^9 نيوتن. متر ² / كولوم ² (9×10^9 $(N.m^2)/C^2$)

مثال (1)

احسب مقدار القوة المؤثرة بين شحنتين الاولى (+100µc) والثانية (-50µc)، يفصلهما الهواء والبعد بينهما (50cm) مبينا نوع هذه القوة ؟

$$F = K \frac{Q_1 . Q_2}{d^2}$$

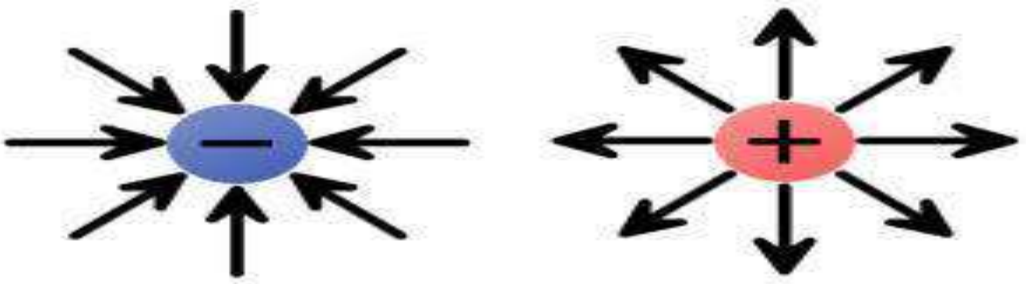
$$d = \frac{50}{100} = 0.5 \quad ، \quad \mu c = 10^{-6} c$$

$$F = \frac{9 \times 10^9 \times (+100)\ 10^{-6} \times (-50)\ 10^{-6}}{(0.5)^2} = -(180) N$$

الأشارة السالبة تشير الى قوة تجاذب.

5-3 المجال الكهربائي (Electric Field)

اتضح من قانون كولوم ان أي شحنتين موضوعتين قريباً من بعضهما البعض تؤثر احداهما على الاخرى بقوة تنافراو تجاذب، ويعرف المجال الكهربائي بأنه الحيز الذي تظهر فيه تأثيرات القوى الكهربائية. شكل (5-3) يوضح شكل خطوط المجال لشحنة موجبة وشحنة سالبة، تتميز هذه الخطوط بانها تنبع من الشحنة الموجبة وتتجه نحو الشحنة السالبة، وهي خطوط وهمية لا تتقاطع فيما بينها وتكون في حالة شد وتوتر لتأخذ اقصر طول ممكن. شكل (6-3) يوضح شكل المجال لشحنتين مختلفتين.



ب – خطوط المجال لشحنة موجبة أ– خطوط المجال لشحنة سالبة

شكل 5-3 خطوط المجال لشحنتين مختلفتين

شكل 6-3 شكل المجال لشحنتين مختلفتين

6-3 شدة المجال الكهربائي (Electric Field Intensity)

هي القوة الكهربائية التي يؤثرفيها المجال على وحدة الشحنة الكهربائية الموجبة الموضوعة في تلك النقطة. حيث اتفق على أن تكون وحدة الشحنات المستخدمة لقياس المجال موجبة، فشدة المجال الكهربائي هي حاصل قسمة القوة على الشحنة أي:

$$E = \frac{F}{Q} \qquad \text{.....(3-3)}$$

$$\text{شدة المجال} = \frac{\text{القوة}}{\text{الشحنة}}$$

حيث أن:

E: شدة المجال الكهربائي وتقاس بالنيوتن /كولوم (N/C).

F: القوة وتقاس بالنيوتن (N).

Q: الشحنة وتقاس بالكولوم (C).

مثال (2)

وضعت شحنة كهربائية مقدارها (4μc) في مجال كهربائي فأثرت فيها قوة مقدارها (0.032N) إحسب مقدار شدة المجال الكهربائي ؟

$$\text{شدة المجال} = \frac{\text{القوة}}{\text{الشحنة}}$$

$$E = \frac{F}{Q}$$

$$\mu c = 10^{-6}\ c$$

$$E = \frac{0.032}{4 \times 10^{-6}} = 8 \times 10^{3}\ \ (N/C)$$

أسئلة ومسائل الفصل الثالث

س1- عرف الآتي:-
التكهرب، قانون كولوم، المجال الكهربائي، شدة المجال الكهربائي.

س2- اذكر خواص مايلي :-
أ.خطوط المجال الكهربائي.
ب. الشحنات الكهربائية.

س3- ما نوع الشحنة المتكونة على قضيب المطاط عند دلكه بالفرو؟

س4- شحنتان صغيرتان الاولى (+4μc) والثانية (+6μc) فاذا كانت الشحنتان موضوعتان في الهواء والبعد بينهما (80cm), إحسب القوة المؤثرة بين الشحنتين ؟

س5- مجال كهربائي منتظم شدته (4000N/C), إحسب القوة الكهربائية المؤثرة في الكترون يدخل هذا المجال ؟
ملاحظة: شحنة الالكترون ($Qe=1.6x10^{-19}C$).

الفصل الرابع

المتسعات

الاهداف :

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة خواص المتسعة الكهربائية وانواعها وتركيبها وطرق ربطها.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على أن:

1- يعرف ماهية المتسعة الكهربائية وكيفية التمييز بين انواعها.
2- يدرك العوامل المؤثرة في سعة المتسعة.
3- يتعلم كيف تتم عملية الشحن والتفريغ في المتسعة.
4- يحسب الثابت الزمني للشحن والتفريغ من خلال تطبيق علاقة رياضية.

محتويات

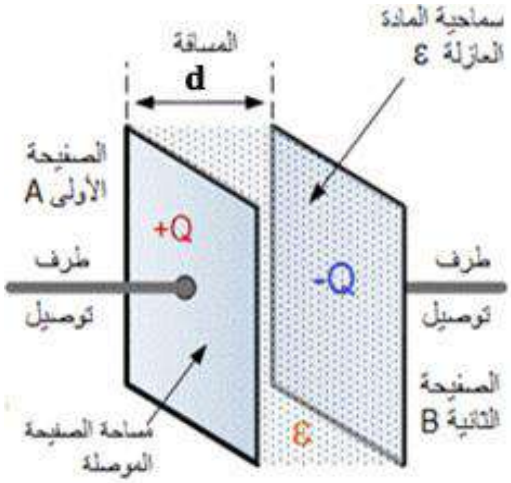
- 1-4 المتسعات
- 2-4 سعة المتسعة
- 3-4 أنواع المتسعات
- 4-4 العوامل المؤثرة في سعة المتسعة
- 5-4 شحن وتفريغ المتسعة
- 6-4 ثابت الزمن
- 7-4 ربط المتسعات
- 8-4 اسئلة ومسائل الفصل

الفصل الرابع

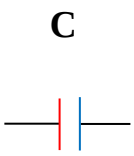
المتسعات (Capacitors)

1-4 المتسعات (المكثفات) :

المتسعة هي احدى عناصر الدائرة الكهربائية التي بإمكانها خزن الشحنات الكهربائية. تتكون مبدئيا من صفيحتين متقابلتين بينهما عازل كما موضح في الشكل (1-4)، وعادة تغلف المتسعة لغرض حمايتها من العوامل الخارجية.



(أ) شكل المتسعة



(ب) رمز المتسعة

شكل 1-4 المتسعة

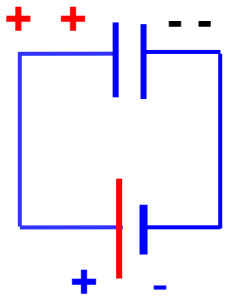
2-4 سعة المتسعة :

سعة المتسعة هي قدرة المتسعة على تخزين الشحنات الكهربائية، ويرمز للسعة بالرمز (C) وتقاس بوحدة الفاراد(Farad)، وعند توصيل المتسعة الى مصدر جهد مستمر ستنتقل الشحنات الكهربائية الى المتسعة كما موضح في الشكل (2-4)، وتتناسب كمية الشحنة طرديا مع الجهد المسلط على طرفي المتسعة.

يمكن حساب سعة المتسعة من العلاقة الآتية:

$$C = \frac{Q}{V} \quad \text{.....(1-4)}$$

حيث أن :
C: سعة المتسعة وتقاس بالفاراد (F)
Q: الشحنة الكهربائية وتقاس بالكولوم (C)
V: الجهد الكهربائي ويقاس بالفولت (V)



شكل 4-2 شحن المتسعة

تستعمل وحدات صغيرة لقياس سعة المتسعة وهي من اجزاء وحدة القياس الفاراد مثل المايكروفاراد، النانو فاراد والبيكوفاراد.
اذ ان:

1 فاراد = 10^{6} مايكرو فاراد
1 فاراد = 10^{9} نانو فاراد
1 فاراد = 10^{12} بيكو فاراد

4-3 انواع المتسعات :

يتم تصنيف المتسعات الكهربائية تبعاً لنوع المادة العازلة في المتسعة، التي تكون غالبا من الهواء او الورق او المايكا... الخ.
وفي الآتي انواع المتسعات الواسعة الانتشار:
1-المتسعات الورقية المعدنية
2-المتسعات الخزفية
3-المتسعات الكيمياوية (الالكتروليتية)
4-متسعات المايكا
5-المتسعات المتغيرة

4-4 العوامل المؤثرة في سعة المتسعة

تعتمد سعة المتسعة على العوامل الرئيسة الآتية:

1- المساحة السطحية لصفائح المتسعة: حيث كلما زادت مساحة اللوح ازدادت سعة المتسعة.
2- المسافة بين الصفائح: تقل سعة المتسعة عندما تزداد المسافة بين الصفائح وتزداد كلما قلت المسافة بين الصفائح.
3- المادة العازلة : تتغير سعة المتسعة بتغير المادة العازلة (فأن أستخدام مواد عازلة بدلاً من الهواء يؤدي الى زيادة سعة المتسعة)

القانون التالي يبين العلاقة بين العوامل المذكورة اعلاه:-

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} \quad \text{.....(2-4)}$$

حيث إن:

$$\varepsilon = \varepsilon_r \times \varepsilon_o \quad \text{.....(3-4)}$$

C: سعة المتسعة وتقاس بالفاراد (F)
A: المساحة السطحية للصفيحة الواحدة وتقاس بـ (m^2)
d : المسافة بين الصفيحتين وتقاس بـ (m)
ε: السماحية (معامل العزل) المطلقة
ε_o: السماحية (معامل العزل) للفراغ = 8.854×10^{-12} F/m
ε_r: السماحية النسبية للمادة العازلة

حيث أن المتسعة التي سعتها واحد فاراد هي التي تجمع شحنة مقدارها كولوم واحد عند تسليط جهد مقداره فولت واحد.

مثال (1)

احسب سعة المتسعة التي تتكون من صفيحتين مربعتين طول ضلعها (2cm) والمسافة بين الصفيحتين (4cm) والمادة العازلة من الزجاج ؟ (علما ان السماحية النسبية للزجاج =7).

الحل:

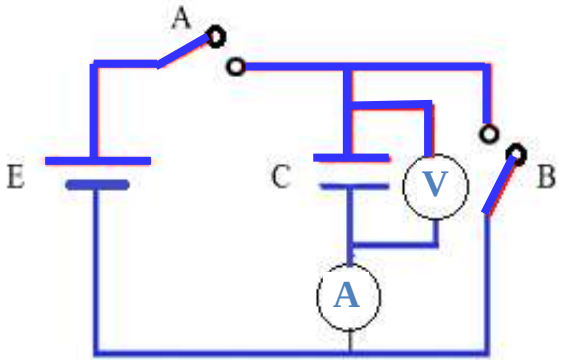
$$\varepsilon = \varepsilon_r \times \varepsilon_0 = 7 \times 8.854 \times 10^{-12} = 61.95 \times 10^{-12} \text{ F/ m}$$

$$C = \varepsilon \frac{A}{d} = 61.95 \times 10^{-12} \times \frac{(2 \times 2) \times 10^{-4}}{4 \times 10^{-2}} = 61.95 \times 10^{-14} \text{ F}$$

$$= 0.6195 \text{ PF}$$

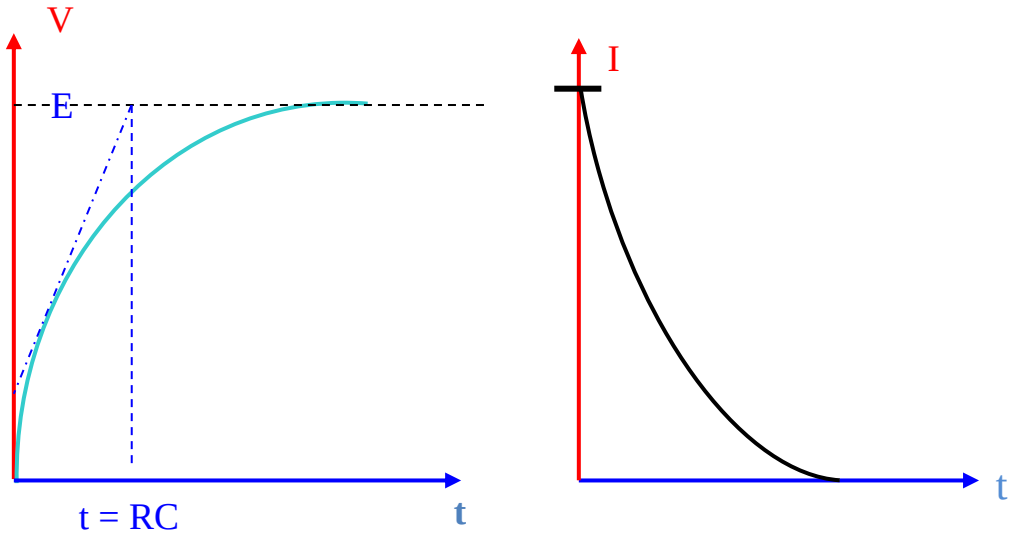
5-4 شحن وتفريغ المتسعة :

لمعرفة سلوك المتسعة في دوائر الفولتية (DC) يمكننا دراسة الدائرة كما موضح في الشكل (3-4).



شكل 4-3 شحن وتفريغ المتسعة

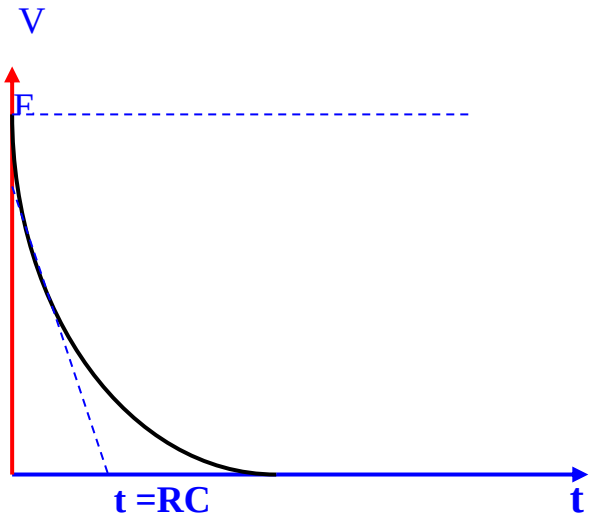
1- عند غلق المفتاح (A) وفتح المفتاح (B) سوف تشحن المتسعة، ويبدأ الفولتميتر بالصعود تدريجياً حتى يستقر على قيمة فولتية المصدر في حين ان التيار يكون في البداية في أعلى قيمة ثم يهبط الى الصفر عندما يقرأ الفولتميتر أعلى قيمة. يمكن توضيح هذه العملية بالشكل البياني التالي (4-4).



أ– العلاقة بين الفولتية والزمن إثناء الشحن ب – العلاقة بين التيار والزمن إثناء الشحن

شكل 4-4 ازدياد الفولتية ونقصان التيار في الدوائر السعوية

2- عند غلق المفتاح (B) وفتح المفتاح (A) تفرغ المتسعة الشحنة ويقرأ الفولتميتر صفر فولت في حين ان التيار يقرأ اقصى قيمة في البداية ثم يهبط الى الصفر كما موضح في الشكل البياني (4-5). العلاقة بين فرق الجهد والزمن إثناء التفريغ.



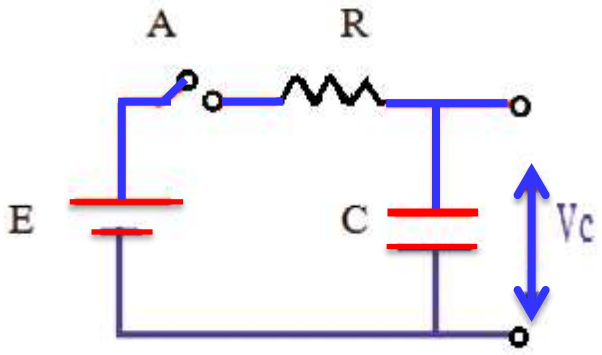
شكل 4-5 هبوط الفولتية في دائرة سعوية

4-6 ثابت الزمن

في الشكل (4-6) وهي احدى دوائر الفولتية المستمرة (DC) هناك متسعة ومقاومة ربطت على التوالي، عند توصيل المفتاح (A) سوف تشحن المتسعة ولكن بسبب وجود المقاومة يكون هناك تأخير زمني، حيث يرمز له بالرمز (***t***) ويحسب من المعادلة الآتية (4-4).

$$t = R \times C \qquad \text{.....(4-4)}$$

ان الرمز (***t***) هو ما يسمى بثابت الزمن في المعادلة اعلاه حيث ان حاصل ضرب المقاومة في سعة المتسعة هو عبارة عن الزمن ويقاس بالثانية.



شكل 4-6 دائرة فولتية مستمرة

ان ثابت الزمن (t) في دوائر المتسعات هو الميزة الاساسية لهذه الدوائر وهو الزمن اللازم لشحن المتسعة بقيمة فولتية مساوية الى (63%) من فولتية المصدر المجهز للقدرة.
من هذه النتيجة يمكن اعادة تعريف ثابت الزمن بأنه الزمن اللازم لرفع فولتية المتسعة الى (0.632) من أعلى قيمة للفولتية النهائية المستقرة.

مثال (2)

في الشكل (4-6) اذا كانت قيمة المتسعة ($10\mu F$) والمقاومة ($1k\Omega$)، احسب ثابت الزمن لهذه الدائرة.

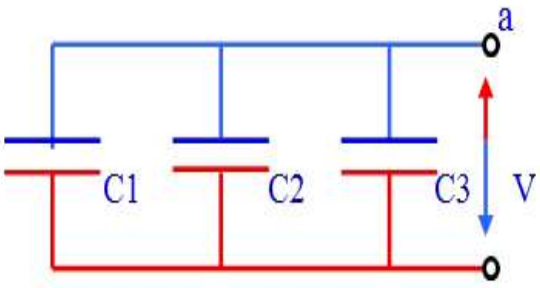
$$t = R \times C = (1 \times 10^{3}) \times (10 \times 10^{-6}) = 10 \times 10^{-3} sec = 10 \text{ m sec}$$

7-4 ربط المتسعات

1- ربط التوازي:

عند ربط المتسعات على التوازي كما موضح في الشكل (4-7) تكون كمية الشحنة المخزونة في جميع المتسعات هي الشحنة النهائية لمجموعة المتسعات.

$$Q_T = Q1 + Q2 + Q3$$
$$Q = C\,V$$
$$C_T V_T = C_1V_1 + C_2V_2 + C_3V_3$$
$$V_T = V_1 = V_2 = V_3$$



شكل 4-7 ربط المتسعات بالتوازي

أي ان السعة الكلية للمتسعات المربوطة على التوازي تساوي مجموع سعاتها:

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 \quad \text{..... (5-4)}$$

مثال (3)

في الدائرة (4-7) احسب قيمة الشحنة المخزونة في المتسعات الثلاث اذا سلطت فولتية مقدارها (10V) علما بان ($C_1=6\mu F$)، ($C_2=3\mu F$)، ($C_1=1\mu F$).

$$C_T = C_1 + C_2 + C_3 = 1 \times 10^{-6} + 3 \times 10^{-6} + 6 \times 10^{-6} = 10 \times 10^{-6} F = 10\ \mu F$$
$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = 10V$$
$$Q_T = C_T\, V = 10\ \mu F \times 10\ V = 100\ C$$

مثال (4)

متسعة سعتها (16μF) شحنت تحت فولتية (100V) ثم فصل عن المصدر وربط مع مكثف اخر ذو سعة (4μF) شحنته صفر. جد مقدار شحنة المتسعة الاولى ومقدار فولتية دائرته المكونة من متسعتين.

$V_1 = 100$ **V**

$Q_1 = C_1V_1 = 16 \times 10^{-6} \times 100 = 1.6 \times 10^{-3}$ C $= 1.6$ mC

$Q_1 = 1.6$ mC

السعة الكلية للمتسعتين

$C_T = C_1 + C_2 = 16\ \mu F + 4\ \mu F = 20\ \mu F$

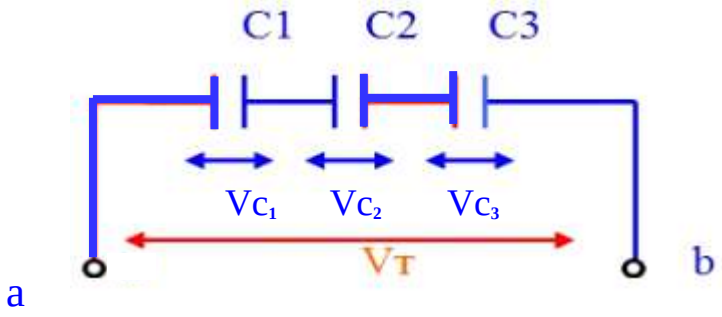
$C_T = 20 \times 10^{-6}$ F

$Q_T = Q_1 + Q_2 = 1.6 \times 10^{-3} + 0 = 1.6 \times 10^{-3}$ C

$$V_T = \frac{Q_T}{C_T} = \frac{1.6 \times 10^{-3}}{20 \times 10^{-6}} = 80\ V$$

2- ربط التوالي:

عند ربط المتسعات على التوالي سوف تتحرك الشحنات Q خلال الدائرة كما موضح في الشكل (8-4).



شكل 4-8 ربط المتسعات بالتوالي

$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$

$C_TV_T = C_1V_1 = C_2V_2 = C_3V_3$

$V_T = V_1 + V_2 + V_3$

$$V_T = \frac{Q_1}{C_1} + \frac{Q_2}{C_2} + \frac{Q_3}{C_3} = Q_T\left(\frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3}\right)$$

$$V_T = Q_T \left(\frac{1}{C_T} \right)$$

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} \qquad \text{.....(6-4)}$$

مثال(5)

ثلاث متسعات (C1=20μF)، (C2=20μF)، (C3=10μF) وصلت على التوالي مع فولتية مقدارها (100V). احسب السعة الكلية للمتسعات والشحنة لكل متسعة والفولتية لكل من المتسعات الثلاث.

$$\frac{1}{C_T} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_3} = \frac{10^6}{20} + \frac{10^6}{20} + \frac{10^6}{10} = \frac{10^6}{5}$$

$C_T = 5 \times 10^{-6}\ F = 5\ \mu F$

$Q_T = C_T V_T = 5 \times 10^{-6} \times 100 = 500 \times 10^{-6}\ C$

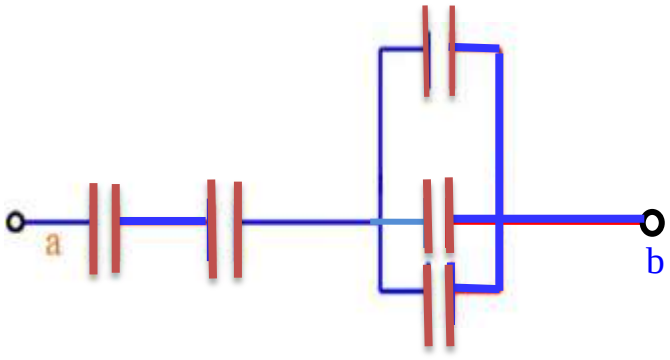
$Q_T = Q_1 = Q_2 = Q_3$

$$V_1 = \frac{Q_1}{C_1} = \frac{500 \times 10^{-6}}{20 \times 10^{-6}} = 25\ V = V_2$$

$$V_3 = \frac{Q_3}{C_3} = \frac{500 \times 10^{-6}}{10 \times 10^{-6}} = 50\ V$$

3- الربط المختلط:

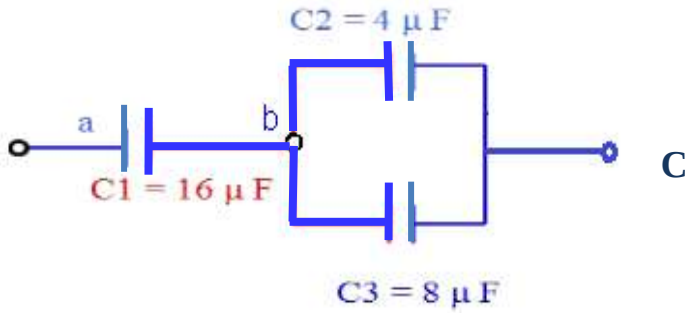
يمكن ربط المتسعات على التوازي والتوالي كما موضح في الشكل (4-9)



شكل 4-9 الربط المختلط

مثال(6)

جد السعة المكافئة لمجموعة المتسعات الموضحة في الشكل (4-10).



شكل 4-10 دائرة مثال (6)

السعة بين (b) - (c)

$$C_{bc} = C_2 + C_3$$

$$C_{bc} = 4 \times 10^{-6} + 8 \times 10^{-6} = 12 \times 10^{-6}\ F = 12\mu F$$

$$\frac{1}{C_{ac}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_{bc}} = \frac{C_1 + C_{bc}}{C_1 \times C_{bc}}$$

السعة بين (a) – (c)

$$\frac{1}{C_{ac}} = \frac{1}{16 \times 10^{-6}} + \frac{1}{12 \times 10^{-6}} = \frac{12 \times 10^{-6} + 16 \times 10^{-6}}{(16 \times 10^{-6})(12 \times 10^{-6})} = 0.1458 \times 10^{6}\ F$$

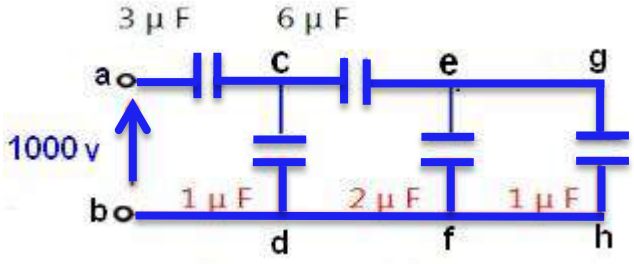
$$C_{ac} = 6.86\ \mu F$$

أسئلة مسائل الفصل الرابع

س1- متسعة من صفيحتين دائريتين المسافة بينهما (3mm) ونصف قطر الصفيحة (2mm) وضعت مادة عازلة بينهما من الورق (3.5)علماً ان السماحية النسبية للورق =3.5، احسب سعة المتسعة وقيمة الشحنة اذا سلطت عليها فولتية مستمرة (10V).

س2- متسعتان (8μF)، (2μF) ربطتا على التوالي وتحت فولتية (100V) عند فصل المصدر وربط المتسعتين على التوازي، احسب شحنة كل منهما.

س3- جد السعة الكلية بين النقطتين a،b (شكل 4-11) وفولتية كل متسعة عند ربط a،b مع فولتية المصدر 1000V.



شكل 4-11

$$V_{ac} = 500\ V\ ،\ V_{cd} = 500\ V،\ V_{ce} = \frac{500}{3}\ V\ ،\ V_{bf} = \frac{1000}{3}\ V$$

$$V_{gh} = \frac{1000}{3}\ V$$

س4- عرف الآتي:- المتسعة، ثابت الزمن

س5- عدد انواع المتسعات مع ذكر مميزات كل واحدة منها.

س6- قارن بين شحن المتسعة وتفريغها.

س7- ماهي العوامل المؤثرة على سعة المتسعة مع ذكر علاقتها مع سعة المتسعة ؟

س8 - قارن بين ربط المتسعات على التوازي والتوالي.

الفصل الخامس
البطاريات والخلايا الكهربائية

الاهداف:

الهدف العام:
يهدف هذا الفصل الى دراسة أنواع البطاريات والخلايا الكهربائية.

الاهداف الخاصة:
بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على ان:
1- يعرف أنواع الخلايا الكهربائية وكيفية التفريق بينها.
2- يعرف تركيب الخلية البسيطة وبطارية الرصاص الحامضية والفرق بينهما.
3- يتعلم آلية عمل الخلية.
4- يدرس تركيب خلية الكاربون – زنك.
5- يتعلم طرق ربط البطاريات وتأثير المقاومة الداخلية للبطارية على عمل البطارية.

المحتويات

- **1-5** الخلايا الكهربائية
- **2-5** الخلية البسيطة
- **3-5** بطارية الرصاص الحامضية
- **4-5** كيف تعمل الخلية
- **5-5** البطارية الجافة (خلية الكاربون- زنك)
- **6-5** ربط البطاريات
- **7-5** المقاومة الداخلية للبطارية
- **8-5** أسئلة ومسائل الفصل

الفصل الخامس
البطاريات والخلايا الكهربائية
(Batteries And Electric)

1-5 تمهيد :

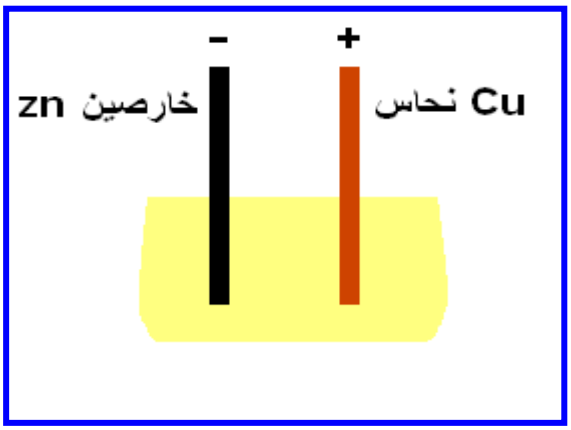
البطارية الكهربائية تتكون من مجموعة من الخلايا الكهروكيمياوية ربطت اما على التوازي او على التوالي. الخلية هي القاعدة الاساسية للبطارية الكهربائية، وتعرف على انها مصدر لتوليد القدرة والقابلية على تحويل الطاقة الكيمياوية المخزونة الى طاقة كهربائية.

اذا كانت الطاقة المخزونة في المادة الكيمياوية ذاتها تسمى بالخلية الاولية او الخلية الغير قابلة للشحن ومثال على هذه الخلايا هي خلية (زنك – كلورين) وخلية (المنغنيز – القاعدية). في الجانب الاخر الطاقة المنتجة من المادة الكيمياوية ذاتها بواسطة تسليط مصدر خارجي تسمى بالخلية الثانوية أو الخلايا القابلة للشحن ومثال على ذلك خلية الرصاص الحامضية ، خلية (نيكل – كاديميوم)، خلية (نيكل – حديد)، خلية (نيكل – زنك)، خلية (الفضة – زنك)، خلية (الليثيوم – كلورين)، خلية (الليثيوم – كبريت)، خلية (الصوديوم – كبريت).

2-5 الخلية البسيطة :

يمكن توليد جهد كهربائي بوضع قطبين احداهما من النحاس والاخر من الزنك في محلول ملحي موصل للكهربائية كما موضح في الشكل (5-1).

سوف تتولد فولتية مستمرة وتستعمل هذه الطريقة في البطاريات المختلفة.



شكل 5-1 الخلية البسيطة

3-5 بطارية الرصاص الحامضية :

هذا النوع من البطاريات يتكون من مجموعة من الخلايا كل خلية تتكون من (A) صفائح من القطب الموجب والقطب السالب (B) فواصل (C) – محلول حامضي. كل هذه المكونات توضع في حاوية واحدة من اصل مجموعة من الحاويات تربط على التوالي.

A- الصفائح: تتكون من شبكة شعرية من سبيكة (الانتيمون - الرصاص) مغطاة بطبقة فعالة من المعدن هذه الشبكة هي للقطب الموجب والسالب وبنفس الشكل ولكن للقطب السالب تكون اقل سمكاً.

الطبقة الفعالة من المعدن متكونة من ثاني اوكسيد الرصاص (Pbo_2) على القطب الموجب والرصاص الاسفنجي (pb) على القطب السالب.

B- الفواصل: وهي عبارة عن صفائح من مادة مسامية توضع بين الصفائح الموجبة والسالبة لتجنب التوصيل بينهما وحصول دائرة قصر (Short) وهذه الفواصل يجب ان تكون ذات كفاءة مسامية للسماح للسائل الحامضي بالنفوذ خلاله بسهولة. هذه الفواصل تصنع من خشب السيدار المعامل بشكل خاص او صوف زجاجي او مطاط ذو نفاذية دقيقة او بلاستك ذو نفاذية دقيقة، وللمواصفات الجيدة يجب ان تكون الفواصل قوية ميكانيكياً مع مقاومة كهربائية عالية.

C- المحلول الحامضي: هو عبارة عن حامض الكبريتيك المخفف ويوضع داخل الحاويات بحيث يغمر جميع الالواح والرمز الكيميائي له (H_2SO_4)، يمكن تحضيره من مزج حجم من حامض الكبريتيك المركز مع حجمين من الماء المقطر.

4-5 كيف تعمل الخلية :

1- التفريغ :- عندما تكون الخلية كاملة الشحن فأن القطب الموجب PbO_2 يكون ذو لون بني داكن والقطب السالب ذو لون رصاصي (Pb) عند تفريغ الخلية أي مرور التيار خلال الحمل الخارجي فأن الحامض (H_2SO_4) يتفكك الى (H_2) الموجب و(SO_4) السالب (ايونات). عندها يمر التيار في الخلية من السالب الى الموجب لذا فإن آيونات (H_2) تتحرك الى الموجب و (SO_4) الى السالب على القطب الموجب (PbO_2)، الايون (H_2) يتحد بالأوكسجين من (PbO_2) و(H_2SO_4) ويتفاعل مع (Pb) المتحرر ليكون ($PbSO_4$).

$$PbO_2 + H_2 + H_2SO_4 \longrightarrow PbSO_4 + 2\,H_2O \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(1\text{-}5)$$

على القطب السالب (SO_4)، (Pb) يتحد مع (Pb) ليكون ($PbSO_4$)

$$Pb + SO_4 \longrightarrow PbSO_4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(2\text{-}5)$$

من الملاحظ انه في حالة التفريغ:

1- يتكون ($PbSO_4$) على القطبين الموجب والسالب.
2- يخفف المحلول بسبب تولد (H_2O).
3- هبوط الفولتية للخلية.
4- فقدان الخلية لطاقتها.

2- الشحن:-

عندما يعاد شحن الخلية. يتولد أيون (H_2) ويتحرك الى القطب السالب وأيون (SO_4) الى القطب الموجب. التغيرات التالية تحدث على القطب الموجب:

$$PbSO_4 + 2\,H_2O \longrightarrow PbO_2 + 2\,H_2SO_4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots(3\text{-}5)$$

على القطب السالب:

$$PbSO_4 + H_2 \longrightarrow Pb + H_2SO_4 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(4\text{-}5)$$

في هذه الحالة تعاد (Pb)، (PbO_2) الى الأقطاب.

من الملاحظ أنه في حالة الشحن:-

1- رجوع لون القطب الموجب الى البني الداكن والقطب السالب الى الرصاصي.
2- زيادة تركيز المحلول بسبب استخدام الماء (H_2O) في التفاعل.
3- ارتفاع في الفولتية.
4- تولد طاقة مخزونة.

يمكن كتابة معادلة واحدة للتفاعل داخل الخلية بالشكل الآتي:

القطب الموجب القطب السالب

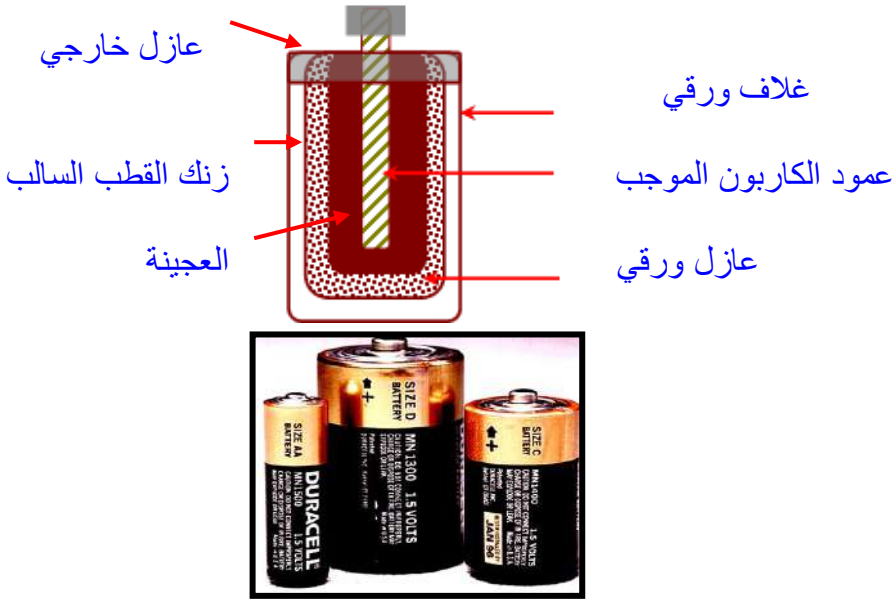
القطب الموجب القطب السالب

$$PbO_2 + 2\,H_2SO_4 + Pb \underset{\text{الشحن}}{\rightleftharpoons} pbSO_4 + 2H_2O + PbSO_4 \quad \ldots(5\text{-}5)$$

5-5 البطارية الجافة (خلية الكاربون– الزنك) :

الشكل (5-2) يوضح مقطع للبطارية الجافة يتكون من حاوية من الزنك لحفظ العجينة الموصلة وتمثل القطب السالب للبطارية اما القطب الموجب فهو عمود الكاربون في الوسط بحيث لايلامس الزنك، والعجينة الموصلة متكونة من مركب كلوريد الامونيوم مع الماء في داخل حبوب مصنوعة من الكاربون المشبع ومسحوق ثاني اوكسيد المنغنير علما بأن العجينة ليست جافة كليا، ويمكن وضع هذه الخلية في أي اتجاه، عكس الخلايا السائلة التي يجب وضعها بصورة عمودية.

الاستقطاب :- عندما يذوب الزنك في كلوريد الامونيوم، فأن جزيئة الأمونيا التي تحتوي على النايتروجين والهايدروجين تحرر الهايدروجين. الناتج المتجمع من الهايدروجين حول قطب الكاربون يسمى استقطاب الخلية، هذا الاستقطاب ينتج فولتية خارجة من البطارية الجافة.
للتقليل من حدة الاستقطاب يجب ازالة غاز الهايدروجين المتجمع حول قطب الكاربون لذا يقوم ثاني أوكسيد المنغنيز باعادة الاستقطاب في الخلية الجافة حيث يعمل على تحرير الاوكسجين فيتحد مع الهايدروجين ليكون الماء وتنتج الخلية الجافة المزيد من الفولتية التي تقلل من تجمع الهايدروجين حول قطب الكاربون.



شكل 5-2 البطارية الجافة

العوامل المؤثرة على عمل البطارية الجافة:

1- اذا كان الزنك غير نقي ويحتوي على شوائب مثل الحديد فان البطارية تولد خلايا صغيرة التي بدورها تولد فولتية وتستهلك داخل الخلية وهذه الخلايا تستهلك الزنك وتقلل من عمر البطارية وللتخلص من هذا التأثير يجب طلاء سطح الزنك بالزئبق.

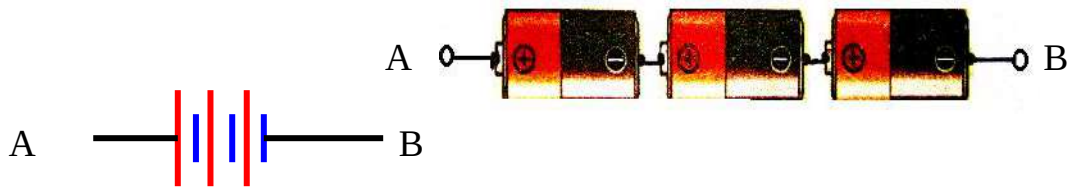
2- حفظ البطارية بعد صناعتها لفترة طويلة يؤدي الى جفاف العجينة والتقليل من الفولتية الناتجة لذا ينصح باستخدام البطارية بعد الصناعة مباشرة علما بأن فترة خزن البطاريات الكبيرة لمدة سنة والصغيرة لمدة ستة اشهر.

3- تستهلك البطارية تيار عال اذا كان الحمل المربوط اليها عال وهذا يؤدي الى التقليل من عمر البطارية.

6-5 ربط البطاريات :

1- ربط التوالي:

ان لكل بطارية فولتية معينة فإذا أريد رفع قيمة الفولتية يجب ربط البطاريات على التوالي لذلك تكون قيمة الفولتية الكلية هي حاصل جمع مقدار الفولتيات للبطاريات اما التيار الكلي فانه يساوي التيار المار في كل بطارية، ويمكن تمثيله بالشكل (3-5).



(ب)الرمز الفيزيائي (أ) الرمز الكهربائي

شكل 3-5 ربط البطاريات على التوالي

يمكن التعبير عن الفولتية والتيار لهذا الربط بالمعادلات الآتية:-

$I_T = I_1 = I_2 = I_3$ .....(6-5)

$V_T = V_1 + V_2 + V_3$ .....(7-5)

مثال(1)

احسب التيار والفولتية للدائرة الكهربائية المتكونة من ثلاث بطاريات جافة قيمة الفولتية لكل منها (1.5V) ربطت على التوالي وتجهز مقاومة مقدارها (10kΩ).

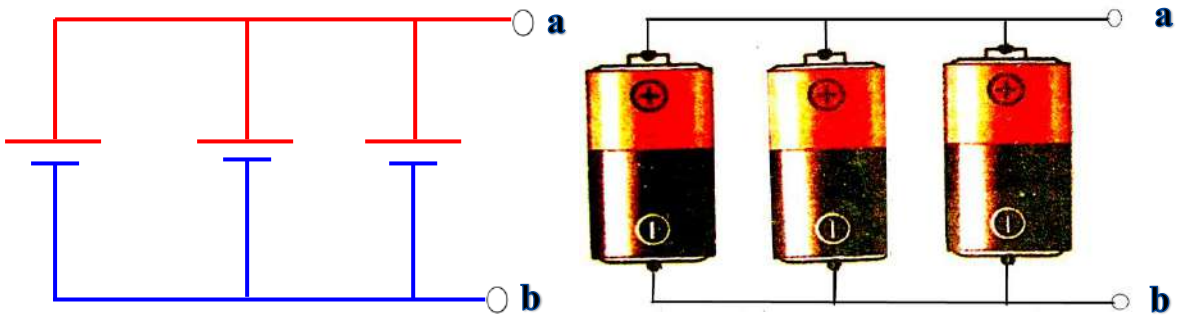
$$V_T = V_1 + V_2 + V_3 = 1.5 + 1.5 + 1.5 = 4.5\ V$$

$$I_T = I_1 = \frac{V_T}{R} = \frac{4.5}{10 \times 10^3} = 0.45 \times 10^{-3} = 0.45\ m\ A$$

2- ربط التوازي:

يتكون هذا النوع من الربط بجمع الاقطاب الموجبة معاً والاقطاب السالبة معاً وكل على حده ويمكن اخذ القطب الموجب من أي جزء موجب ونفس الشئ بالنسبة للقطب السالب.

اما التيار الكلي هو حاصل جمع التيارات لكافة البطاريات هذا يعني ان حجم العجينة سوف يكبر ويؤدي الى تيار اكبر في حين لا تتأثر الفولتية الكلية التي تساوي الفولتية لكل بطارية. من الملاحظ انه في ربط التوازي يجب ربط البطاريات الجيدة فقط دون ربط الرديئة، لأن الرديئة تسبب فولتية اقل من الجيدة ولذلك تؤدي الى حمل زائد في الدائرة الشكل (4-5) يمثل ربط التوازي.



(أ) الرمز الكهربائي (ب) الرمز الفيزيائي

شكل 4-5 ربط البطاريات على التوازي

يمكن التعبير عن التيارات والفولتيات بالمعادلات الآتية:

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 \quad \text{.....(8-5)}$$

$$I_T = I_1 + I_2 + I_3 \quad \text{.....(9-5)}$$

مثال (2)

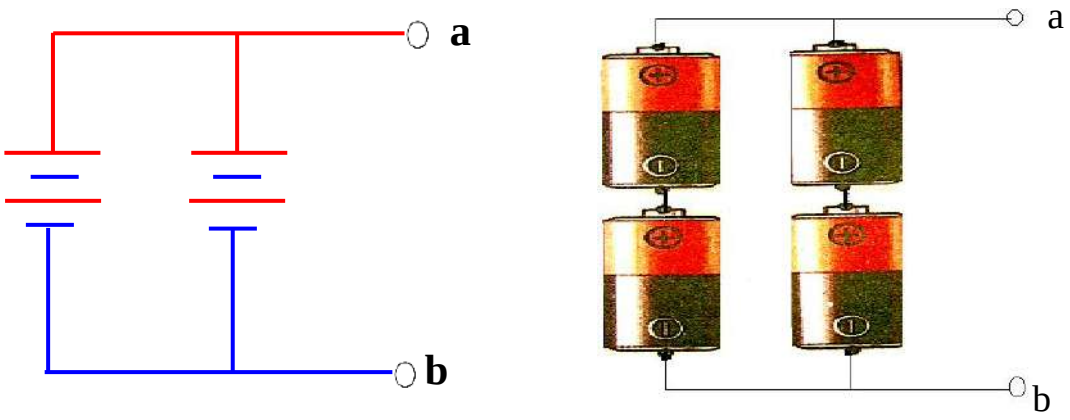
احسب التيار الكلي والفولتية الكلية لثلاث بطاريات ربطت على التوازي قيمة الفولتية لكل بطارية (1.5V) وتجهز حمل مقداره (10kΩ).

$$V_T = V_1 = V_2 = V_3 = 1.5\ V$$

$$I_T = \frac{V_T}{R} = \frac{1.5\ V}{10\ k\Omega} = \frac{1.5}{10 \times 10^3} = 0.15 \times 10^{-3} = 0.15\ m\ A$$

3- الربط المختلط:

عندما يحتاج الحمل الى فولتية عالية وتيار عال فان البطارية الواحدة لا تستطيع الأداء وحدها لذا يجب ربط عدد من البطاريات للحصول على فولتية عالية ولزيادة التيار يجب ربط مجموعة من البطاريات على التوازي لمضاعفة التيار الشكل (5-5) يوضح مجموعتين من البطاريات مربوطة على التوازي وكل مجموعة تتألف من بطاريتين على التوالي.



(أ) الرمز الكهربائي (ب) الرمز الفيزيائي

شكل 5-5 ربط البطاريات المختلط

7-5 المقاومة الداخلية للبطارية :

إن أي مصدر ينتج فولتية بصورة مستمرة يسمى مولد. ممكن أن تكون خلية تولد فولتية بطريقة كيمياوية، او حركة مولد يحول الحركة والمجال المغناطيسي الى فولتية. في كلا الاحتمالين فأن كل المولدات لها مقاومة داخلية ويرمز لها **(r_i)** والشكل (5-6) يوضح ذلك.

(أ) الرمز الكهربائي (ب) الرمز الفيزيائي

شكل 5-6 المقاومة الداخلية للبطارية.

تمثل المقاومة الداخلية في المولدات الكهربائية بمقاومة الاسلاك اما في البطاريات فأنها تمثل مقاومة المحلول الكيمياوي. ان التيار المار في المصدر يجب أن يمر خلال المقاومة الداخلية لانها ربطت على التوالي، ومن الملاحظ انه اذا ربط حمل مع مصدر فأن التيار المار في الحمل هو نفسه في المقاومة الداخلية.

فأذا وضع دائرة قصر (Short) على المصدر فأن التيار المار هو المقاومة الداخلية التي بدورها تقلل من التيار.لو فرضنا انه وضع دائرة قصر (Short) على بطارية جافة قيمة الفولتية فيها (1.5V) والتيار المار في دائرة القصر (10A) فأن المقاومة الداخلية:

$$r_i = \frac{1.5\ V}{10\ A} = 0.15\ \Omega$$

لذا هذه المقاومة هي المقاومة الداخلية للبطارية على سبيل المثال لدينا مصدر، حيث إن مقدار الفولتية (100V) كما موضح في الشكل (5-7). فان الفولتية على اطراف المصدر هي (100V) لأن التيار يساوي صفر اما اذا ربط حمل مقداره (900Ω)، فان التيار المار فيه يساوي (0.1A) لذا فان الفولتية على اطراف الحمل تساوي:

$$(V_L = I_L \times R_L = 0.1 \times 900 = 90\ V)$$

من الملاحظ من الفولتية اصبحت (90V) بعد ان كان (100V) هذا يعني ان مقدار (10V) هبطت على المقاومة الداخلية لمصدر الفولتية.

من هذه الطريقة يمكن حساب المقاومة الداخلية للمصدر بالمعادلة رقم (5-10):

$$r_i = \frac{V_{N.L} - V_L}{I_L} \quad \text{.....(10-5)}$$

حيث إن:-
V_{NL}: فولتية عدم وجود حمل.
V_L: فولتية الحمل.
I_L: تيار الحمل.

باستخدام المعادلة:

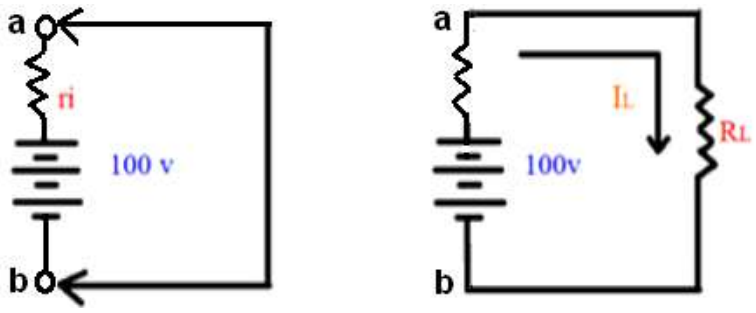
$$r_i = \frac{100 - 90}{0.1} = 100\ \Omega$$

مثال (3)

احسب المقاومة الداخلية لمصدر يولد فولتية (100V) في حالة لاحمل و(80V) والتيار (2A) في حالة وجود الحمل.

$$ri = \frac{V_{N.L} - V_L}{I_L} = \frac{100 - 80}{2} = \frac{20}{2}\ 10\ \Omega$$

هناك طريقة اخرى لحساب المقاومة الداخلية للمصدر وذلك بربط مقاومة متغيرة للحمل حيث نقوم بتغيير قيمتها ثم حساب الفولتية على اطرافها فعندما تكون الفولتية نصف الفولتية المجهزة في حالة اللا حمل فان المقاومة الداخلية تساوي مقاومة الحمل والسبب في ذلك اذا قسم مقدار الفولتية الى نصفين فان النصف الاول هو للحمل والنصف الاخر للمقاومة الداخلية وبما ان الفولتية متشابهة ومقاومة الحمل ربطت على التوالي مع المقاومة الداخلية للمصدر ونفس التيار يمر في المقاومتين فأن قيمتها يجب ان تكون متشابهتين.



(أ) في حالة اللاحمل (ب) في حالة الحمل

شكل 5-7 طريقة قياس المقاومة الداخلية للمصدر

للحصول على مصدر فولتية ثابت، يجب ان تكون المقاومة الداخلية للمصدر صغيرة جدا لكي لا يحدث هبوط كبير في الفولتية اما اذا اريد الحصول على مصدر تيار ثابت يجب ان تكون المقاومة الداخلية كبيرة جدا، واذا لم تكن كذلك يمكن ربط مقاومة على التوالي عالية جدا للحصول على تيار ثابت لتغيير الحمل.

للحصول على اعظم نقل قدرة يجب ان تكون المقاومة الداخلية مساوية الى مقاومة الحمل. اذا كان الحمل ذا مقاومة عالية هذا يعني ان فولتية عالية ولكن التيار قليل. اما اذا كان الحمل ذا مقاومة قليلة هذا يعني ان التيار عال ولكن فولتية قليلة لذا تكون مقاومة الحمل مساوية للمقاومة الداخلية للبطارية، هذه الحالة تسمى اعظم نقل للقدرة.

أسئلة ومسائل الفصل الخامس

س1- ارسم دائرة كهربائية لـ (6) بطاريات جافة ربطت على التوالي تجهز (3V) و(0.75A) احسب التيار اذا ربطت مقاومة (10Ω) الى هذه الشبكة .

س2- خلية الرصاص تنتج (6V) ومقاومتها الداخلية (0.01Ω)، احسب تيار القصر .

س3- فولتية خارجة لبطارية تهبط من (90V) في حالة اللاحمل الى (60V) لحمل تياره (50mA).
احسب الآتي:-
أ- المقاومة الداخلية للبطارية ب- قيمة الحمل
ج- قيمة الحمل لخفض الفولتية الى نصف حالة اللاحمل.

س4- عرف الآتي:
أ. الخلية الكهربائية.
ب. الخلية الأولية.
ت. الخلية الثانوية.
ث. الخلية البسيطة.
ج. خلية الرصاص الحامضية.
ح. الاستقطاب في الخلية الجافة.
خ. الاستقطاب في الخلية الحامضية.
د. المقاومة الداخلية للبطارية.

س5- قارن بين طريقتي حساب المقاومة الداخلية للبطارية.
س6- اذكر السبب لكل مما يأتي:-
أ. استخدام الصفائح في خلية الرصاص الحامضية .
ب. استخدام الفواصل في خلية الرصاص الحامضية .
ت. وجود ثاني اوكسيد المنغنيز في الخلية الجافة .

س7- ما مميزات خلية الرصاص الحامضية في حالة التفريغ ؟
س8- ما مميزات خلية الرصاص الحامضية في حالة الشحن؟
س9- ما العوامل المؤثرة على عمل البطارية الجافة ؟
س10- قارن بين ربط التوالي والتوازي في البطاريات.

الفصل السادس
المغناطيسية

الاهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة موضوع المغناطيسية.

الأهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على ان:

1- يعرف المغناطيسية وماهية المجال المغناطيسي.
2- يعرف الفرق بين المجال المغناطيسي حول موصل مفرد مستقيم وبين المجال المغناطيسي حول ملف.
3- يدرك كيف يتولد الفيض المغناطيسي وكيف تتولد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة.
4- يفسر قانون لنز ويطبقه على دائرة الملف.
5- يميز الفرق بين الحث الذاتي للملف والحث المتبادل.
6- يدرك مامعنى المغناطيسية المتبقية.

المحتويات

- **1-6** المغناطيسية
- **2-6** المجال المغناطيسي
- **3-6** المجال المغناطيسي حول موصل مفرد مستقيم
- **4-6** المجال المغناطيسي حول ملف
- **5-6** الفيض المغناطيسي
- **6-6** القوة الدافعة الكهربائية المحتثة
- **7-6** قانون لنز
- **8-6** الحث الذاتي للملف
- **9-6** الحث المتبادل
- **10-6** المغناطيسية المتبقية
- **11-6** أسئلة ومسائل الفصل

الفصل السادس
المغناطيسية Magnetism

1-6 المغناطيسية (Magnetism) :

تُعّد الظاهرة المغناطيسية من الظواهر القديمة جدا في تاريخ العلوم. ان كلمة مغناطيس مشتقة من كلمة ماغنيت (Magnet) نسبة الى منطقة ماغنيزيا في اسيا الصغرى، تشتهر هذه المنطقة بوجود صخور سوداء لها قابلية على جذب القطع الحديدية ومسامير السفن المارة بالقرب منها عند دلك هذه الصخور التي تسمى المغناطيس الطبيعي بقطع الحديد بشكل منتظم وبأتجاه معين تكتسب الاخيرة صفات الاولى وقابليتها على جذب الحديد، لهذا فأن المغناطيس الجديد يسمى بالمغناطيس الصناعي تمييزاً له عن المغناطيس الطبيعي. يستخدم المغناطيس الصناعي عادة في المجالات الصناعية لأنه اكثر قوة وكذلك يمكن ان توجد منه اشكال متعددة (الاسطواني، متوازي المستطيلات، حذوة الفرس، المغناطيس على شكل حرف (U)، القرص المغناطيسي، الابرة المغناطيسية).

يتميز المغناطيس الصناعي عن المغناطيس الطبيعي بالآتي:

أ. يمكن التحكم في شكله حسب الغرض المراد استخدامه.

ب. يمكن التحكم في قوته المغناطيسية.

2-6 المجال المغناطيسي وخصائصه (Magnetic Field and Its' Properties)

المجال المغناطيسي هو المنطقة المحيطة بالمغناطيس من جميع الجهات والتي تظهر منها اثار القوى المغناطيسية شكل (6-1) يوضح شكل خطوط المجال المغناطيسي. لهذه الخطوط الخواص الآتية:

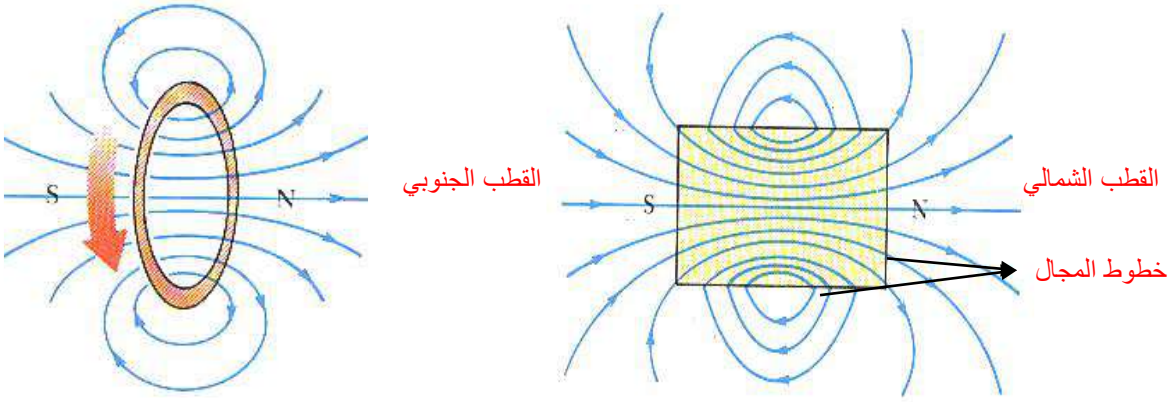
أ.خطوط وهمية (غير مرئية)

ب.تنبع من القطب الشمالي وتتجه نحو القطب الجنوبي.

ت.لايمكن ان تتقاطع خطوط المجال فيمابينها.

ث.تشكل خطوط المجال حول المغناطيس منحنى مغلق وتحاول تقصير نفسها الى اقصر مايمكن.

ج.الخطوط المتوازية باتجاه واحد تتنافر فيمابينها كما ان قوة المغناطيس تتركز عند كل من قطبيه وتقل تدريجياً حتى تنعدم عند منتصفه حيث تسمى بنقطة الخمود. ان الاقطاب المغناطيسية المتشابهة تتنافر فيمابينها والمختلفة تتجاذب فيما بينها. شكل (6-1-أ) يوضح خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيس دائم وشكل (6-1- ب) يوضح خطوط المجال المغناطيسي لحلقة يمر فيها تيار كهربائي.

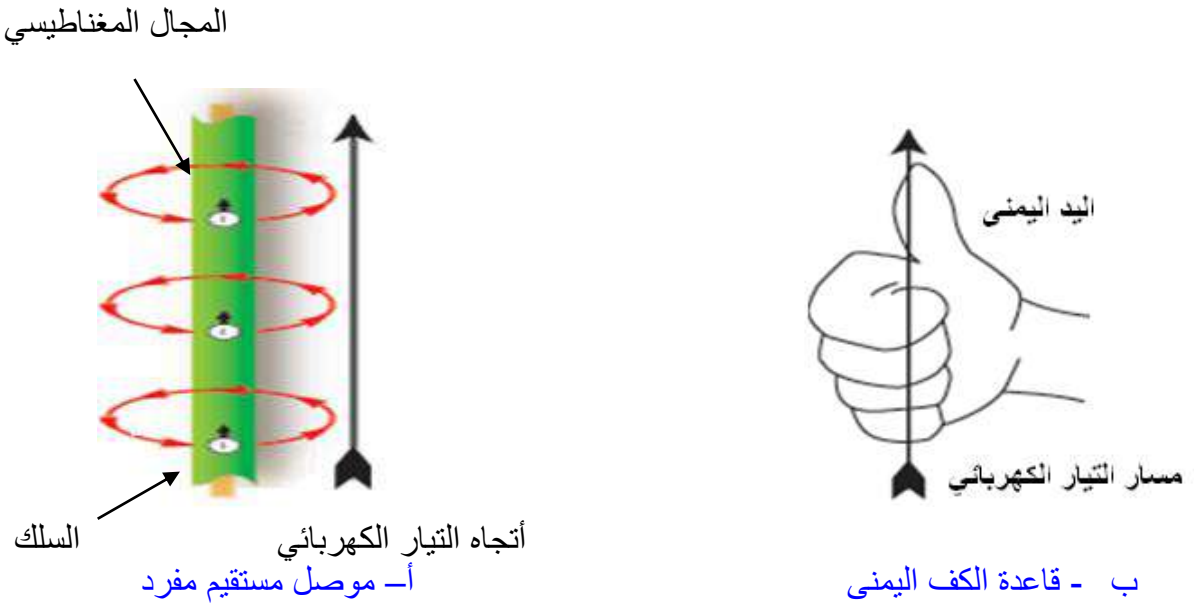


أ- خطوط المجال المغناطيسي لمغناطيس دائم ب - خطوط المجال المغناطيسي لحلقة يمر فيها تيار

شكل 6-1 خطوط المجال المغناطيسي

3-6 المجال المغناطيسي حول موصل مفرد مستقيم

اذا مر تيار كهربائي في سلك موصل يسبب نشوء مجال مغناطيسي حول هذا الموصل على هيئة دوائر تسمى بخطوط القوى المغناطيسية، ويعتمد مقدار المجال المغناطيسي على مقدار واتجاه التيار المار في السلك الموصل شكل (6-2-أ) يوضح المجال المغناطيسي حول موصل مفرد. يمكن تحديد اتجاه المجال المغناطيسي المحيط بموصل بواسطة قاعدة الكف اليمنى كما موضح في شكل (6-2-ب) حيث يشير اصبع الابهام الى اتجاه التيار في حين تشير بقية الاصابع الى اتجاه المجال المغناطيسي.



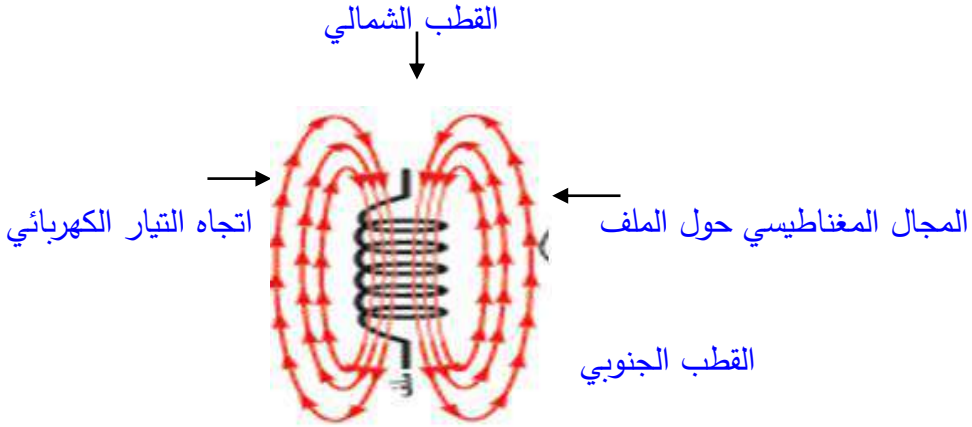
أ– موصل مستقيم مفرد

ب - قاعدة الكف اليمنى

شكل 6-2 نموذج خطوط القوى في مجال كهرومغناطيسي

4-6 المجال المغناطيسي حول ملف

الملف عبارة عن سلك ملفوف حلزونياً حول مادة مغناطيسية كالحديد او الفرايت او قد يكون الملف ذا قلب هوائي واذا مر تيار كهربائي في الملف ينشئ حوله مجال مغناطيسي كما موضح بالشكل (6-3).

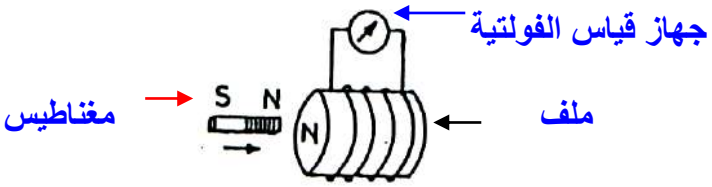


شكل 6-3 المجال المغناطيسي حول ملف

5-6 الفيض المغناطيسي (Magnetic Flux)

هي مجموعة من الخطوط في المجال المغناطيسي. يرمز للفيض المغناطيسي بالرمز (Ø) ويقاس بوحدة الويبر (Wb).

6-6 القوة الدافعة الكهربائية المحتثة (Induced E.M.F)



شكل 6-4 مغناطيس متحرك داخل الملف

اكتشف العالم فراداي انه عندما يقطع ملف او (سلك موصل) مجالا مغناطيسيا" او عندما يقطع مجالا" مغناطيسيا" ملفا فان قوة دافعة كهربائية محتثة تتولد في الملف كما موضح بالشكل (6 - 4).وان القوة الدافعة الكهربائية تتناسب طرديا مع عدد لفات الملف ومع مقدار التغير في الفيض المغناطيسي وعكسيا مع التغير في الزمن كما في المعادلة الآتية:

$$E = - N \frac{\Delta Ø}{\Delta t} \quad \text{Volt} \quad \text{.....(1-6)}$$

حيث:-

E: القوة الدافعة الكهربائية وتقاس بالفولت (V).

N: عدد لفات الملف.

ΔØ: التغير في قيمة الفيض المغناطيسي ويقاس بالويبر (Wb).

Δt: التغير في قيمة الزمن ويقاس بالثانية (S).

مثال (1)

اوجد القوة الدافعة الكهربائية المحتثة في ملف عدد لفاته (50) لفة اذا كان الفيض المغناطيسي يتغير بين (0.04Wb) الى (0.06Wb) وبزمن (0.001s).

$$E = - N \frac{\Delta Ø}{\Delta t}$$

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1$$

$$\Delta Ø = 0.06 - 0.04 = 0.02 \text{ (Wb)}$$

$$\Delta t = t_2 - t_1 = 0.001 \text{ s}$$

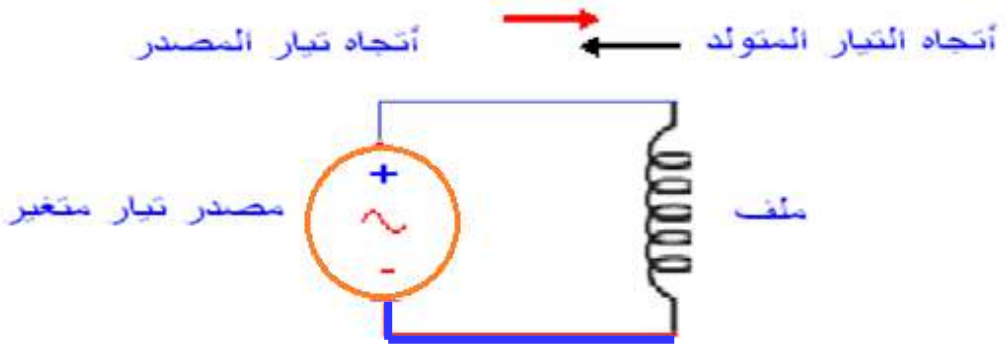
$$E = - 50 \frac{0.02}{0.001}$$

$$E = - 1000 \text{ V}$$

7-6 قانون لنز (Lenz's Law) :

ينص قانون لنز على الآتي:-

عند مرور تيار كهربائي متغير في موصل او ملف فأنه يولد فيضا مغناطيسيا متغيرا يقطع لفات الملف ويولد فيه قوة دافعة كهربائية محتثة عكسية، وهذه القوة تسبب مرور تيار باتجاه معاكس لاتجاه تيار المصدر شكل (5-6) يوضح ذلك.



شكل 5-6 ملف لتوضيح قانون لنز

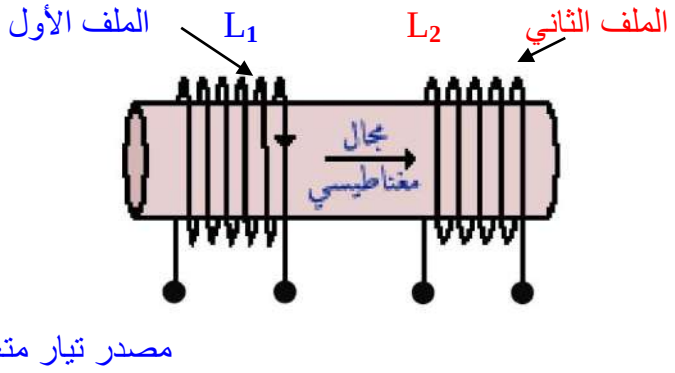
8-6 الحث الذاتي للملف (Self Induction of a coil)

كما علمنا سابقا ان مرور تيار كهربائي متغير في ملف يسبب نشوء قوة دافعة كهربائية محتثة معاكسة لقطب فولتية المصدر تسمى هذه الظاهرة بالحث الذاتي ان للحث الذاتي معامل يرمز له بالرمز (L) ويقاس بوحدة الهنري (H) حيث ان القوة الدافعة الكهربائية المحتثة تتناسب طرديا مع تغير التيار نسبة الى تغير الزمن كما يأتي:

$$E = -L\frac{\Delta I}{\Delta t}\ Volt \qquad \text{.....(2-6)}$$

حيث ان :
E: القوة الدافعة الكهربائية المحتثة وتقاس بالفولت (V).
L: معامل الحث الذاتي ويقاس بالهنري (H).
ΔI: التغير في قيمة التيار ويقاس بالامبير (A).
Δt: التغير في قيمة الزمن ويقاس بالثانية (S).

9-6 الحث المتبادل (Mutual Induction)



شكل 6-6 ملفان يوصلان بتدفق تيار

في حالة مرور تيار متغير القيمة في ملف ما (الملف الاول) يتولد مجال مغناطيسي متغير القيمة، وعند قطع هذا المجال المغناطيسي لملف اخر (الملف الثاني) مجاور للملف الاول، تتولد في الملف الثاني قوة دافعة كهربائية محتثة، تسمى هذه الظاهرة بالحث المتبادل، شكل (6-6) يوضح ذلك.
وللحث المتبادل معامل يسمى بمعامل الحث المتبادل ويرمز له بالرمز (M) ويقاس بوحدة الهنري (H).
كما يمكن حساب معامل الحث المتبادل كما في المعادلة الآتية:-

$$M = K\sqrt{L_1 \; L_2} \qquad \text{.....(3-6)}$$

الترابط المغناطيسي بين الملفين الملفوفين حول الحلقة من الحديد المطاوع.
حيث ان:-
M: معامل الحث المتبادل ويقاس بالهنري (H).كمية ثابتة تسمى بمعامل ازدواج الملفين وتكون مجردة من الوحدات واقل من الواحد الصحيح, معامل ازدواج الملفين هو مدى الجودة في العلاقة المغناطيسية الموجودة بين الملفين.

L_1: معامل الحث الذاتي للملف الاول ويقاس بالهنري(H) .
L_2: معامل الحث الذاتي للملف الثاني ويقاس بالهنري(H) .

10-6 المغناطيسية المتبقية :

من الملاحظ ان الجسم في بعض الحالات يظل محتفظاً بجزء من مغناطيسيته حتى بعد إبعاد المغناطيس عنه، وسبب ذلك ان بعض المغانيط والجزيئية للجسم تظل محتفظة بترتيبها مدة طويلة، يسمى هذا بالمغناطيسية المتبقية.
لتركيب المادة اثر في تحديد كمية المغناطيسية المتبقية لها، فالحديد المطاوع مثلا يحتفظ بجزء بسيط من المغناطيسية المتبقية، بينما يحتفظ الحديد الصلب بجزء كبير منها. الحديد المطاوع يحتاج الى قوة مغناطيسية صغيرة لمغنطته بينما يحتاج الحديد الصلب الى قوة كبيرة لذلك بسبب احتفاظ الحديد الصلب بمغناطيسيته، تسمى هذه الحالة مغناطيساً دائماً وتزداد قدرة الحديد الصلب على الاحتفاظ بمغناطيسيته اذا اضيف اليه كوبلت.

أسئلة ومسائل الفصل السادس

س1-عدد خواص المجال المغناطيسي.

س2- عرف الآتي:-

المجال المغناطيسي، الفيض المغناطيسي، نقطة الخمود ، الملف، الحث الذاتي، الحث المتبادل، معامل ازدواج الملفين.

س3-هل يتغير اتجاه المجال المغناطيسي الناشئ حول السلك الموصل للتيار الكهربائي عندما يتغير اتجاه التيار المار فيه ؟

س4- ما قاعدة الكف اليمنى لتحديد اتجاه المجال المغناطيسي ؟

س5- اذكر قانون فاراداي.

س6- اذكر قانون لنز.

س7- ما المقصود بالمغناطيسية المتبقية ؟ كيف يمكن زيادة الاحتفاظ بالمغناطيسية للحديد الصلب ؟

الفصل السابع
التيار المتناوب

الاهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة مبادىء دوائر التيار المتناوب.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1 - يُعرف التيار المتناوب وكيفية توليده.

2- يدرس دورة الموجة الجيبية ويرسمها.

3- يعرف تركيب مولد التيار المتناوب ومبدأ عمله.

4- يتعلم كيفية حساب القيمة الانية, القيمة العظمى، القيمة المتوسطة، القيمة الفعالة.

المحتويات

- 7-1 التيار المتناوب
- 7-2 توليد التيار المتناوب
- 7-3 دورة الموجة الجيبية
- 7-4 مولد التيار المتناوب
- 7-5 مصطلحات ومفاهيم اساسية
- 7-6 أسئلة ومسائل الفصل

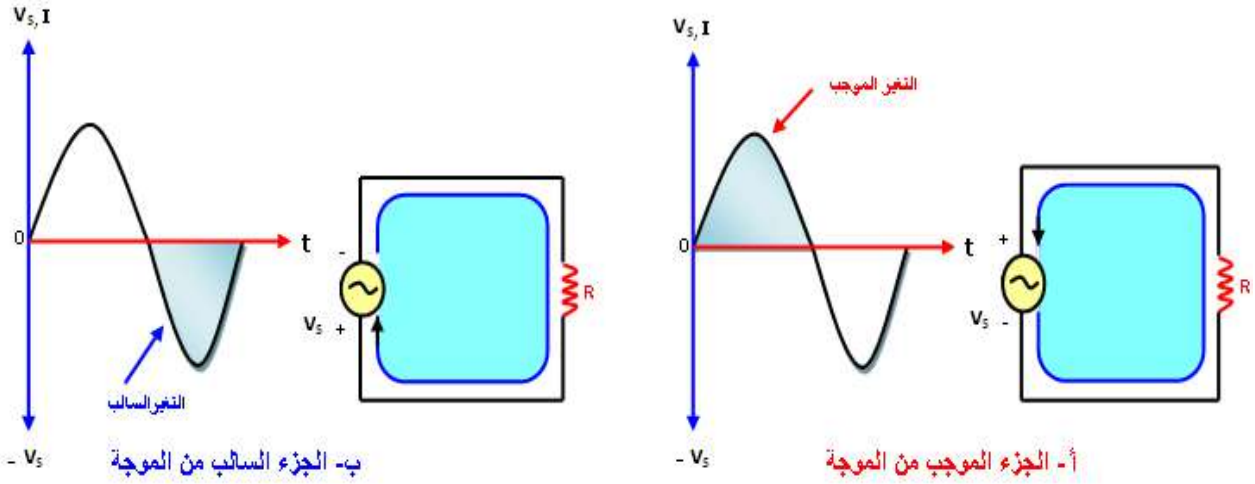
الفصل السابع
التيار المتناوب

1-7 التيار المتناوب (Alternating Current) :

يُستخدم التيار المتناوب (A.C) في مجالات واسعة في جميع مرافق الحياة اليومية مزاحما التيار المستمر, وسبب استعمال التيار المتناوب هو سهولة توليده وتحويله ونقله واستغلاله.
فمولدات التيار المتناوب هي مكائن كهربائية تعمل على مبدأ الحث الكهرومغناطيسي لتوليد القوة الدافعة الكهربائية.

2-7 توليد التيار المتناوب (A.C Generation) :

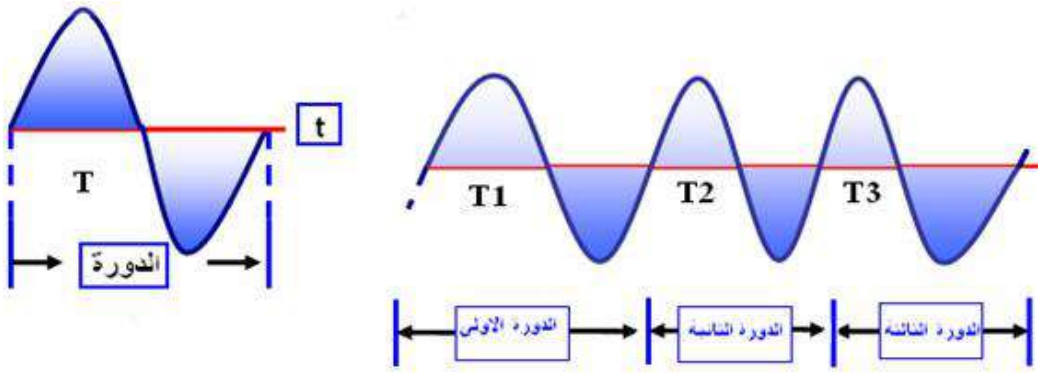
التيار المتناوب هو التيار الذي تتغير قيمته باستمرار وتتبدل اشارته واتجاهه من الموجب الى السالب بفترات منتظمة. الشكل (7-1) يوضح ذلك.



شكل 7-1 شكل الموجة المتولدة من مولدات التيار المتناوب هي موجة جيبية

3-7 دورة الموجة الجيبية (Sine-wave cycle) :

تُعرف الدورة (T) بأنها الزمن اللازم للموجة الجيبية لاتمام دورة كاملة يوضح الشكل (7-2- أ) دورة واحدة، ويلاحظ من المنحنى بأن الموجة تعيد نفسها بعد فترة من الزمن لذا يدعى تعاقب حدوثها خلال هذه الفترة بالدورة (Cycle) كما موضح بالشكل (7-2- ب)، ويسمى الزمن الذي تستغرقه دورة واحدة بالفترة او فترة الموجة ويرمز له (T) وتقاس بالثانية (S).



ب أ

شكل 7-2 التردد والفترة لموجة جيبية

اما تردد الموجة الجيبية فهو عدد الدورات التي تحدث في زمن مقداره ثانية واحدة، والعلاقة بين هذين التعريفين يمثل كالآتي:

$$F = \frac{1}{T} \quad .....(1\text{-}7)$$ التردد

$$T = \frac{1}{F} \quad .....(2\text{-}7)$$ الدورة

وحدة التردد حسب النظام العالمي هي هيرتز (Hz).

4-7 مولد التيار المتناوب (A.C Generator)

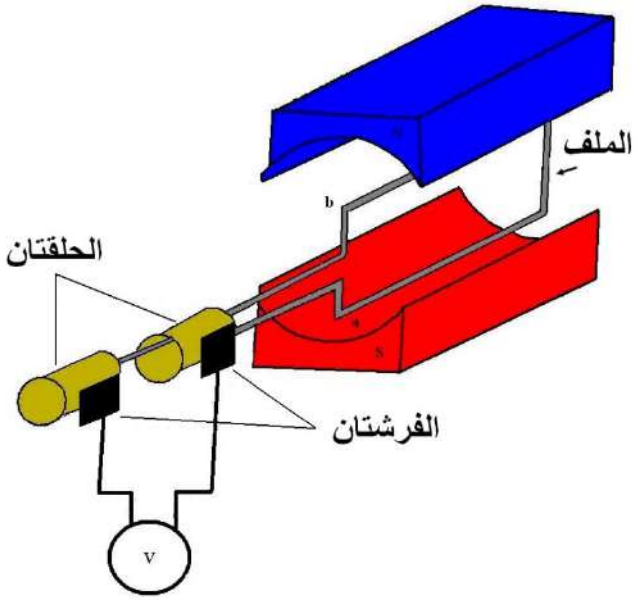
جهاز ميكانيكي يعمل على تحويل الطاقة الحركية الى طاقة كهربائية بوجود المجال المغناطيسي ويعمل المولد الكهربائي على مبدأ الحث الكهرومغناطيسي الذي هو الاساس في توليد التيار الحثي:

أ- تركيب المولد الكهربائي (Construction of Electric Generator)

يتركب المولد الكهربائي البسيط ذو الطور الواحد من:-

1. **ملف واحد ذي قلب من الحديد المطاوع بشكل صفائح مكبوسة ومعزولة كهربائيا بعضها عن بعض لتقليل التيارات الدوامة.**
2. **مجال مغناطيسي ثابت يتم توافره من مغناطيس دائم او مغناطيس كهربائي يجهز بالتيارالمستمر من مصدر خارجي.**
3. **حلقتا زلق معدنيتان (Slip Rings) مفصولتان عن بعضهما البعض وتتصل كل واحدة منهما بطرف واحد من طرفي الملف وتدوران معه.**
4. **فرشتان من الكاربون, تنزلق عليهما حلقتا الزلق المعدنيتين.**
5. **محور الدوران.**

والشكل 3-7 يوضح ذلك



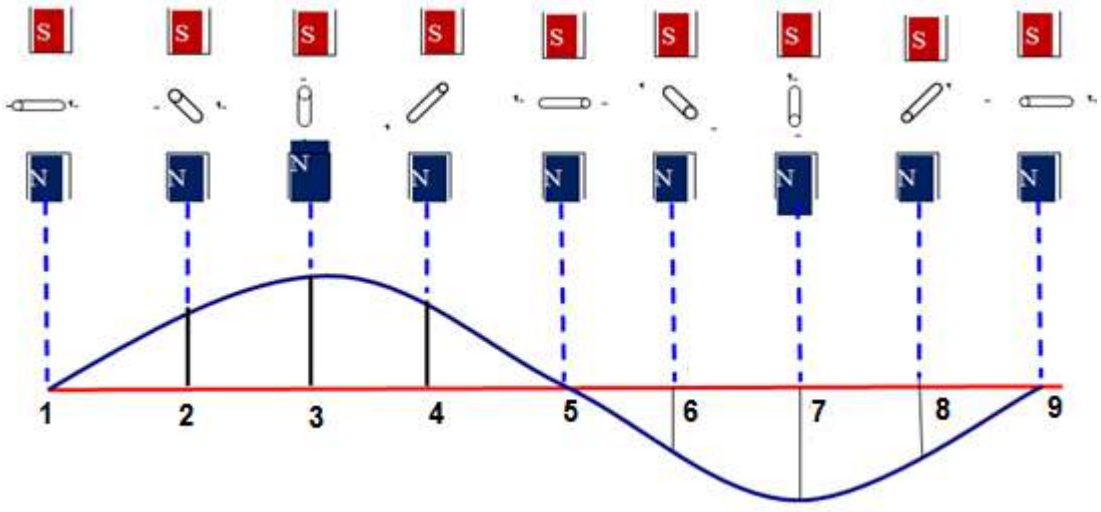
شكل 7-3 مولد التيار المتناوب

ب- مبدأ العمل:

عندما يدوّر ملف المولد في مجال مغناطيسي منتظم وبسرعة زاوية ثابتة فأن الفولتية المحتثة في ملف المولد تتغير تبعاً لتغير الزاوية المحصورة بين اتجاه خطوط المجال والعمود على مستوى الملف وتبلغ مقدارها الأعظم عندما يكون اتجاه حركة الملف عمودياً على الفيض المغناطيسي تكون الفولتية المحتثة صفراً عندما يكون اتجاه حركة الملف موازية للفيض المغناطيسي.

ان الفولتية المتناوبة المحتثة تكون موجتها جيبية الشكل في اثناء دوران ملف في مجال مغناطيسي منتظم وبسرعة زاوية ثابتة.

الشكل (7-4) يوضح ذلك.



الشكل (7-4) عمل المولد الكهربائي

ان مقدار الفولتية المحتثة تتحدد بكثافة الفيض المغناطيسي وبالطول الفعال للملف والواقع ضمن هذا المجال وبسرعة دوران الملف واخيرا بمقدار الزاوية المتكونة من اتجاه الدوران مع اتجاه خطوط القوى المغناطيسية.

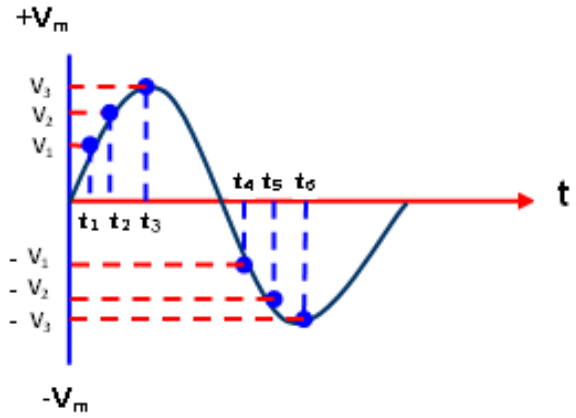
5-7 مصطلحات ومفاهيم اساسية

توجد عدة طرق لتوضيح قيمة الموجة الجيبية بالنسبة لمقدارالفولتية او التيار كالآتي:-

1- القيمة الآنية (Instantaneous Value)

يوضح الشكل (5-7) انه في أية لحظة من الزمن للموجة الجيبية توجد قيمة آنية للفولتية او التيار هذه القيمة الانية تختلف من نقطة لأخرى على طول المنحنى، القيم الانية تكون موجبة عند التغير الموجب وسالبة عند التغيرالسالب ويرمز للقيم الانية للفولتية او التيار بحرف صغير (v)، (i) على التوالي:

$$V = Vm \sin \Theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (3\text{-}7)$$
$$I = Im \sin \Theta \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (4\text{-}7)$$



شكل 7- 5 القيمة الآنية للموجة الجيبية

2- القيمة العظمى (Peak Value)

ان أعظم قيمة تصلها القيمة الآنية تسمى القيمة العظمى ويرمز لها عادة بحرف كبير, (V_m) تمثل القيمة العظمى للفولتية, (I_m) تمثل القيمة العظمى للتيار. للقيم الجيبية عادة قيمتان عظمى وهي عندما تكون الزاوية:$\theta = 90^\circ$ وتكون موجبة والثانية عندما تكون $\theta=270^\circ$ وتكون سالبة.

عندما كانت الموجة الجيبية تتغير زاويتها بدوران الملف لمولد التيار المتناوب خلال الفترة الزمنية (t) يمكن التعبير عن الزاوية (θ) كالآتي:-

$$\theta = \omega t \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (5\text{-}7)$$
$$\omega = 2\pi f \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (6\text{-}7)$$

حيث ان :

ω: السرعة الزاوية وتقاس بـ (rad/s)،

f= التردد ويقاس (Hz)

مثال (1)

اذا علمت ان القيمة الآنية للفولتية هي ($V=100\ Sin\ 100t$) احسب التردد، القيمة العظمى، الزمن المطلوب لكي تصبح قيمة الفولتية (50V).

الحل:

1- التردد

1) $\omega = 100$

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

$$f = 15.92\ Hz$$

2- القيمة العظمى

2) $Vm = 100\ V$

3- الزمن

3) $50 = 100\ Sin\ 100t$

$$Sin\ 100t = \frac{50}{100} = 0.5$$

$$100\ t = 30^{\circ}$$

$$100\ t = 0.523\ rad$$

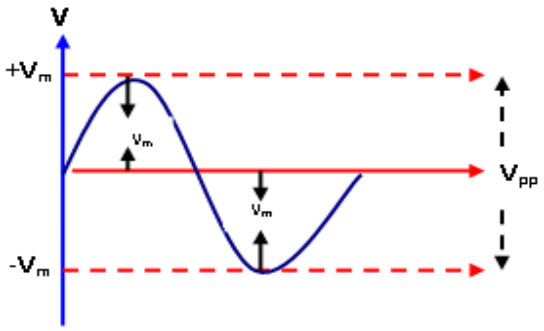
$$\therefore\ t = \frac{0.523}{100} = 5.23 \times 10^{-3}\ sec = 0.00523\ ms$$

3- قيمة العظمى – العظمى (Peak to Peak Value).

تمثل قيمة الفولتية او التيار من القيمة العظمى الموجبة الى القيمة العظمى السالبة حيث تكون ضعف القيمة العظمى ويرمز لها بالرمز (V_{pp}) للفولتية و (I_{pp}) للتيار.

$$Vpp = 2\ Vm \qquad \text{.....(7-7)}$$

$$Ipp = 2\ Im \qquad \text{.....(8-7)}$$



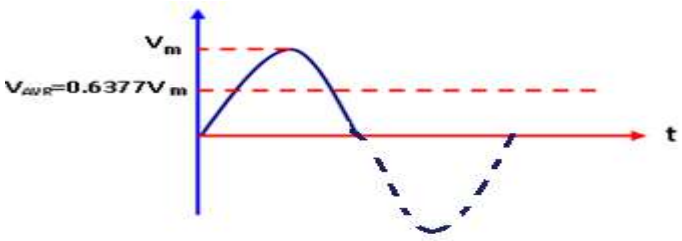
شكل 7-6 القيمة العظمى للموجة الجيبية

4- القيمة المتوسطة (Average Value).

القيمة المتوسطة للموجة الجيبية عندما تؤخذ لدورة كاملة، تساوي صفراً لأن الجزء السالب من الموجة يلغي الجزء الموجب من الموجة ولغرض المقارنة فإن القيمة المتوسطة لنصف دورة للموجة الجيبية هي المساحة الكلية تحت منحني نصف الدورة مقسوما على المسافة على طول المحور الافقي ويرمز لها بالرمز (V_{avg}).

$$V_{avg} = \frac{2}{\pi} V_m = 0.636 \ V_m \quad \text{.....(9-7)}$$

$$I_{avg} = \frac{2}{\pi} I_m = 0.636 \ I_m \quad \text{.....(10-7)}$$



شكل 7-7 القيمة المتوسطة للموجة الجيبية

5- القيمة الفعالة (Effective Value).

ان مهمة التيار المتناوب والتيار المستمر هو نقل الطاقة الكهربائية من أحد أجزاء الدائرة الى جزء اخر في نفس الدائرة، لذلك عند قياس هذين التيارين فإن القيمة الفعالة للتيار المتناوب هي التي تساوي قيمة التيار المستمر الذي ينتج نفس كمية الحرارة عندما يوفر نفس المقاومة لنفس الفترة الزمنية، لذا اذا كانت القدرة المستهلكة في المقاومة (R) نتيجة مرور تيار مستمر فيها هي:

$$P_1 = I^2 R \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(11\text{-}7)$$

والقدرة نفسها للتيار المتناوب الذي هو معدل القدرة الآنية للتيار المتناوب لدورة كاملة هو:

$$P_2 = \frac{1}{2} I_{m^2} R \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(12\text{-}7)$$

من مفهوم القيمة الفعالة للتيار المتناوب يتضح بأن القدرتين يجب ان تتساوى:

$$P_1 = P_2 \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(13\text{-}7)$$

تعويض معادلة (11-7) و (12-7) في معادلة (13-7) ينتج:

$$I^2 R = \frac{1}{2} I_{m^2} R \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(14\text{-}7)$$

$$I^2 = \frac{\frac{1}{2} I_{m^2} R}{R}$$

$$\therefore \quad I = \frac{I_m}{\sqrt{2}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(15\text{-}7)$$

وبالتالي فأن القيمة الفعالة للتيار (I_{eff}) هي:

$$\mathbf{I_{eff}} = \frac{I_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, I_m$$

هذه القيمة الفعالة للتيار تسمى جذر ومتوسط التربيع (Root mean square) أي (r.m.s).
ويحدث مثل ذلك بالنسبة للفولتية الجيبية:

$$V_{eff} = \frac{V_m}{\sqrt{2}} = 0.707\, V_m \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots(16\text{-}7)$$

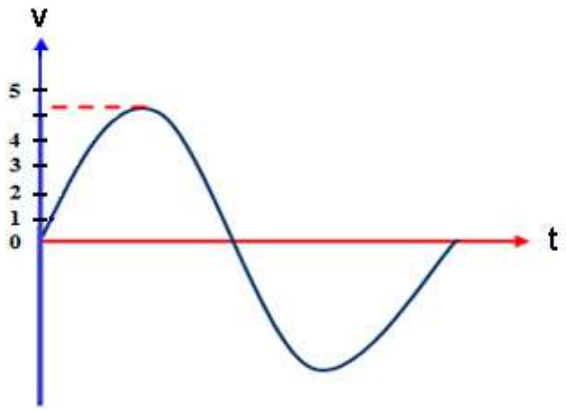
من الجدير بالذكر ان مقدار كل من التيار المتناوب والفولتية المتناوبة التي يحصل على كل منهما من المقاييس الكهربائية لهذه الدوائر يمثل المقدار المؤثر للفولتية او المقدار المؤثر للتيار.
يمكن ايجاد القيمة العظمى للتيار او الفولتية من معرفة القيمة الفعالة.

$$\mathbf{Vm} = \sqrt{2}\ \mathbf{Veff.} = 1.414\ \mathbf{Veff.}$$

$$\mathbf{Im} = \sqrt{2}\ \mathbf{Ieff.} = 1.414\ \mathbf{Ieff.}$$

مثال(2)

اوجد $V_{avg.}$ ،V_{eff} ،V_m ،V_{pp} من الموجة الجيبية الموضحة في شكل (7-8).



شكل 7-8

الحل :

$V_m = 4.5V$
$V_{pp} = 2\ V_m = 2\ (4.5) = 9\ V$
$V_{eff} = 0.707\ V_m = 0.707\ (4.5) = 3.182\ V$
$V_{avg.} = 0.636\ V_m = 0.636\ (4.5) = 2.866\ V$

أسئلة ومسائل الفصل السابع

س1- عرف التيار المتناوب. ما اسباب استعمال التيار المتناوب في مجالات واسعة من مرافق الحياة اليومية ؟

س2- عرف التردد وماهي وحدة قياسه؟

س3- عدد اجزاء مولد التيار المتناوب.

س4- اشرح مبدأ عمل مولد التيار المتناوب.

س5- عرف الآتي : القيمة الآنية، القيمة الفعالة، والقيمة المتوسطة للفولتية.

س6- اذا كانت القيمة الفعالة للفولتية (70.7 V)، اوجد القيمة العظمى والقيمة المتوسطة للفولتية.

الفصل الثامن
ممانعات التيار المتناوب

الأهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة موضوع الممانعة في دوائر التيار المتناوب وانواعها.

الأهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على ان:

1- يدرك الفرق بين الرادة السعوية والرادة الحثية.

2- يتعرف الطالب على دوائر التيار المتناوب بأنواعها الثلاث، خصائصها والفرق بينها وهي دائرة المقاومة ودائرة الرادة السعوية ودائرة الرادة الحثية.

3- يتعلم الطالب رسم العلاقة البيانية لدوائر التيار المتناوب الثلاث، وهي العلاقة بين الفولتية والتيار وعمل مقارنة بينها.

المحتويات

- 8-1 ممانعات التيار المتناوب
- 8-2 دوائر التيار المتناوب
- 8-3 أسئلة ومسائل الفصل

الفصل الثامن
ممانعات التيارالمتناوب

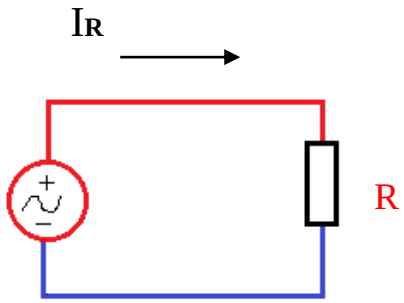
1-8 ممانعات التيار المتناوب :

لدوائر التيار المتناوب ثلاثة انواع من الممانعات وهي:

1- المقاومة R (Resistance):

في دائرة التيار المتناوب يكون تأثير المقاومة R هو نفس تأثيرها عندما تكون موصلة في دائرة التيار المستمر، الشكل (1-8) يوضح ذلك. حيث يمكن حساب قيمتها بواسطة قانون أوم:

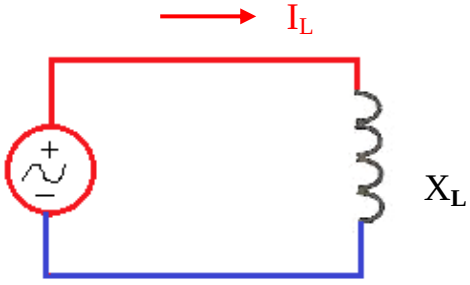
$$R = \frac{V}{I} \qquad \text{.....(1-8)}$$



شكل 8-1 المقاومة R

2- الرادة الحثية X_L (Induction Reactance)

يرمز للرادة الحثية بالرمز (X_L) عند توصيلها بدائرة التيار المستمر يكون مقدارها صفرا وتسمى الدائرة بدائرة قصر(Short Circuit). اما عند توصيلها في دائرة التيار المتناوب فتظهر لها قيمة تتناسب طردياً مع تردد المصدر. شكل (8-2) يوضح ذلك.



شكل 8-2 الرادة الحثية

وتحسب الرادة بالمعادلة الآتية:

$X_L = \omega L$ .....(2-8)

$X_L = 2 \pi f L$ .....(3-8)

حيث ان:

X_L: الرادة الحثية وتقاس بوحدة الاوم (Ω).

ω: السرعة الزاوية وتقاس بوحدة rad/s.

π: النسبة الثابتة (وتساوي 3.14).

f: التردد ويقاس بوحدة الهيرتز(Hz) .

L: معامل الحث الذاتي للملف ويقاس بوحدة الهنري (H).

مثال (1)

ملف معامل حثه الذاتي (2mH) وصل الى مصدر للتيار المتناوب تردده (50Hz) احسب الرادة الحثية للملف.

$L = 2 \times 10^{-3}$ H

$\pi = 3.14$

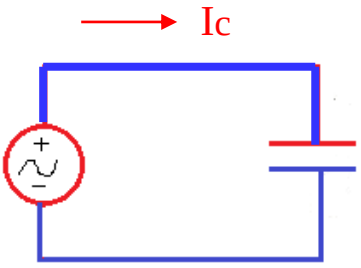
$X_L = 2 \pi f L$

$X_L = 2 \times 3.14 \times 50 \times 2 \times 10^{-3}$

$X_L = 0.628\ \Omega$

3- الرادة السعوية (Capacitive Reactance) :

يرمز لهذه الرادة بالرمز (X_C) عند توصيل متسعة الى مصدر تيار مستمر فأنها لاتسمح بمرور التيار المستمر. حيث تكون مقاومتها عالية جدا (مالانهاية), اما عند توصيل المتسعة الى مصدر تيار متناوب فتظهر لها قيمة تتناسب عكسيا مع تردد المصدر. الشكل (3-8) يوضح ذلك.



الشكل 8-3 الرادة السعوية

ويتم حساب الرادة السعوية بالمعادلة الآتية:

$$X_c = \frac{1}{\omega C} \quad \text{.....(4-8)}$$

$$X_c = \frac{1}{2 \pi f C} \quad \text{.....(5-8)}$$

حيث ان:
Xc: الرادة السعوية وتقاس بالاوم (Ω).
ω: السرعة الزاوية وتقاس بوحدة (rad/s).
π: النسبة الثابتة (وتساوي 3.14).
f: التردد وتقاس بوحدة الهيرتز (Hz).
C: سعة المتسعة وتقاس بوحدة الفاراد (F).

مثال (2)

متسعة موصلة الى مصدر للتيار المتناوب تردده (1kHz) احسب سعة المتسعة اذا كانت الرادة السعوية مقدارها (31.84Ω) ؟

$$X_c = \frac{1}{2\pi f C}$$

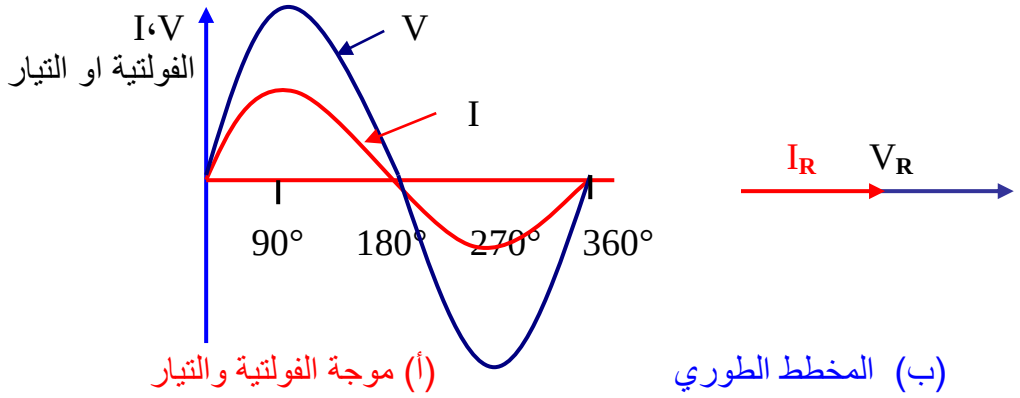
$$C = \frac{1}{2\pi f X_c}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 10^3 \times 31.84} = 5\ \mu F = 5 \times 10^{-6}\ F$$

2-8 دوائر التيار المتناوب (AC Circuit) :

1- دائرة المقاومة (R) :

في دائرة المقاومة (R) تكون موجة الفولتية وموجة التيار في نفس الطور (الزاوية)، حيث تبدأ كل موجة من نقطة الصفر ثم تصل كل موجة الى اعظم قيمة في زاوية (90°) ثم تنخفضان الى الصفر في زاوية (180°) ثم تكتمل الموجتان في نفس الوقت وعند سلوك موجتين ذلك يقال ان لهما نفس الطور (in Phase) الشكل (8-4) يوضح ذلك.

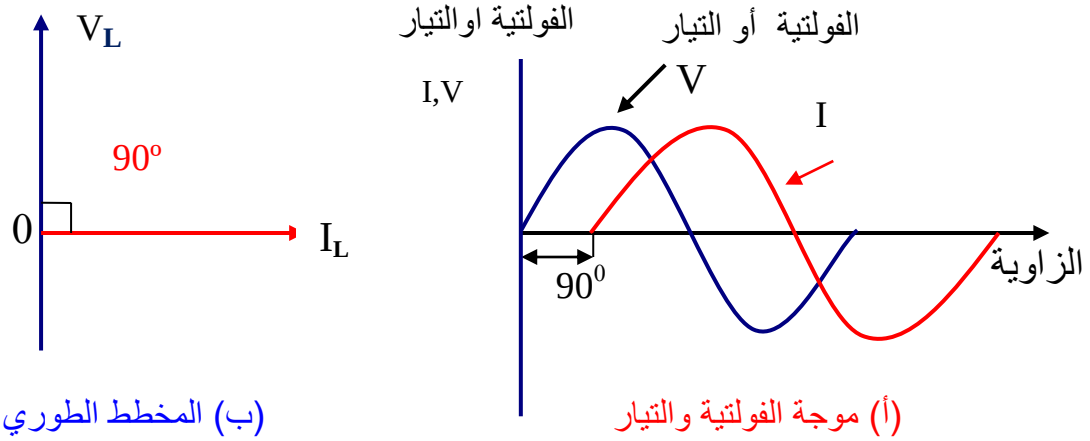


(أ) موجة الفولتية والتيار (ب) المخطط الطوري

شكل 8-4 دائرة المقاومة (R)

2- دائرة الرادة الحثية X_L :

في هذه الدائرة تتأخر موجة التيار عن موجة الفولتية بزاوية (90°) بسبب ظاهرة الحث الذاتي للملف حيث تتولد على طرفي الملف قوة دافعة كهربائية محتثة معاكسة لفولتية المصدر. الشكل (8-5) يوضح ذلك.



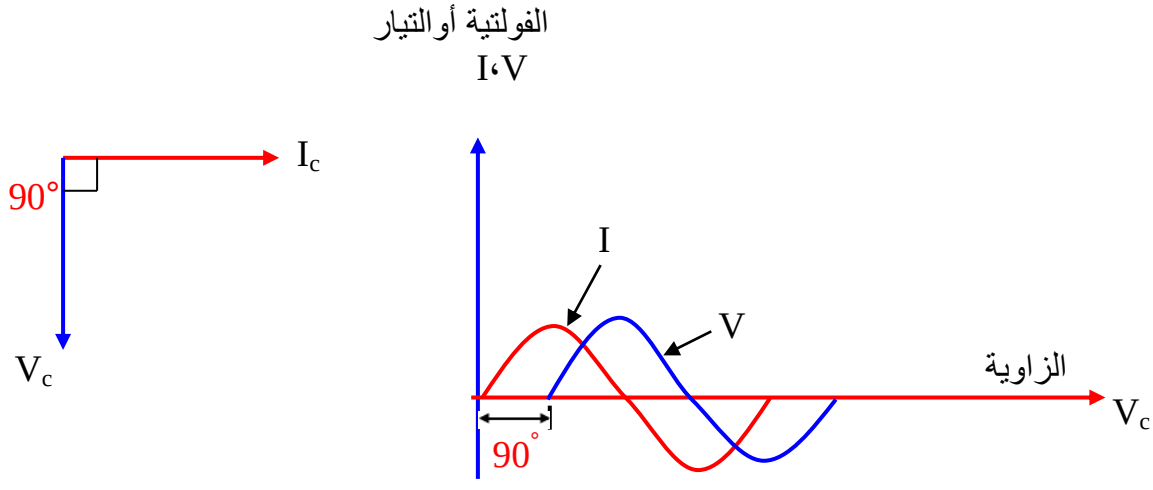
(ب) المخطط الطوري

(أ) موجة الفولتية والتيار

شكل 8-5 دائرة الرادة الحثية X_L

3- دائرة الرادة السعوية الحثية (X_c) :

عند توصيل متسعة الى دائرة تيار متناوب تتقدم موجة التيار على موجة الفولتية بزاوية (90°) حيث ان المتسعة تشحن تدريجيا بعد فترة زمنية من مرور التيار الكهربائي ثم تظهر الفولتية على طرفيها. الشكل (8-6) يوضح ذلك.



(أ) موجة الفولتية والتيار

(ب) المخطط الطوري

شكل 8-6 دائرة الرادة السعوية (X_c)

أسئلة ومسائل الفصل الثامن

س1- اذكر أنواع ممانعات التيار المتناوب موضحاً علاقة موجة الفولتية و التيار لكل ممانعة.

س2- ملف موصل الى دائرة تيار متناوب ذات تردد (50Hz) فأذا كانت الرادة الحثية للملف (31.4Ω). احسب معامل الحث الذاتي للملف.

س3- متسعة سعتها (5μF) موصلة الى دائرة تيار متناوب ذي تردد (50Hz). احسب الرادة السعوية.

الفصل التاسع
دوائر التيار المتناوب ذات الطور الواحد

الأهداف :

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة دوائر التيار المتناوب ذات الطور الواحد.

الأهداف الخاصة :

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على أن:

1. يفهم خصائص دائرة (مقاومة + محاثة) على التوالي ورسم العلاقة البيانية للفولتية والتيار ورسم المخطط الطوري لهذه الدائرة.
2. يفهم خصائص الدائرة (مقاومة + متسعة)على التوالي ورسم العلاقة البيانية للفولتية والتيار، ورسم المخطط الطوري لهذه الدائرة.
3. يفهم خصائص دائرة (مقاومة + محاثة + متسعة) على التوالي ورسم العلاقة البيانية للفولتية والتيار ورسم المخطط الطوري لهذه الدائرة.
4. يفهم خواص دائرة (مقاومة + محاثة) على التوازي ورسم العلاقة البيانية للفولتية والتيار، ورسم المخطط الطوري لهذه الدائرة.
5. يفهم خواص دائرة (مقاومة + متسعة) على التوازي ورسم العلاقة البيانية للفولتية والتيار, ورسم المخطط الطوري لهذه الدائرة.
6. يفهم خواص دائرة (مقاومة + محاثة + متسعة) على التوازي ورسم العلاقة البيانية للفولتية والتيار, ورسم المخطط الطوري لهذه الدائرة.
7. يحل مسائل رياضية متعلقة بالموضوع.

المحتويات :

- 9-1 دوائر التيار المتناوب
- 9-2 المقاومة والمحاثة على التوالي
- 9-3 المقاومة والمتسعة على التوالي.
- 9-4 المقاومة والمحاثة والمتسعة على التوالي.
- 9-5 المقاومة والمحاثة على التوازي.
- 9-6 المقاومة والمتسعة على التوازي.
- 9-7 المقاومة والمحاثة والمتسعة على التوازي.
- 9-8 اسئلة ومسائل الفصل.

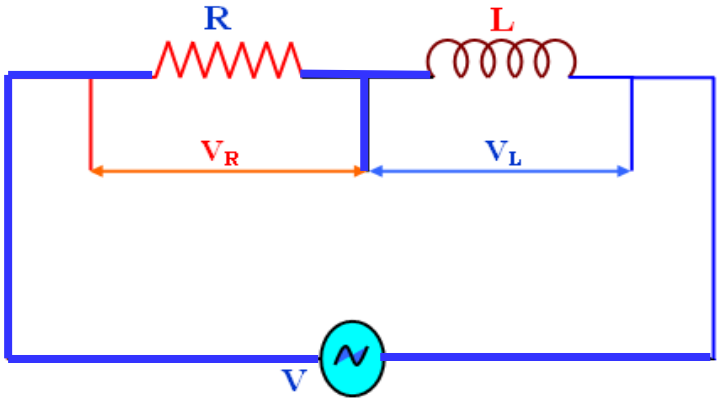
الفصل التاسع
دوائر التيار المتناوب ذات الطور الواحد

9-1 دوائر التيار المتناوب :

عند دراسة الدوائر التي تحتوي على المقاومات فقط في الفصل الثاني، وجد أن من الملائم في بعض الحالات تمثيل مقاومتين او اكثر ربطت على التوالي بمقاومة مكافئة واحدة، كذلك يمكن تمثيل مقاومتين أو أكثر ربطت على التوازي بمقاومة مكافئة واحدة. يمكن ان تجمع المقاومة المكافئة لمقاومة او اكثر ربطت معها على التوالي بمجموعة متوازية ويستخدم الأسلوب نفسه عندما يكون هنالك عدة فروع متوالية أو متوازية تحتوي على مجاميع من العناصر كالمقاومة (R) والمحاثة (L) والمتسعة (C)، عند تحليلها نحصل على الممانعة (Z) المكافئة التي تندمج مع ممانعات اخرى في الدائرة. هنالك عدد من الدوائر المختلفة سوف نتطرق اليها في هذا الفصل لدراسة تأثير التيار المتناوب عليها.

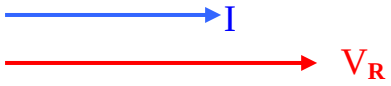
9-2 المقاومة والمحاثة على التوالي (Resistance And Inductance In Series) :

بعد ان درسنا في الفصل الثامن تأثير كل من المقاومة (R) والمحاثة (L) منفصلتين في دائرة التيار المتناوب نجد من الضروري دراسة تأثيرهما بصورة مشتركة ويمكن ان يتم ذلك بأبسط الأشكال عند ربط المقاومة والمحاثة على التوالي كما موضح في الشكل (9-1) علماً ان من المستحيل عملياً انتاج ملف ذي حث فقط لأن الملف يمتلك دائما قدراً معيناً من المقاومة.



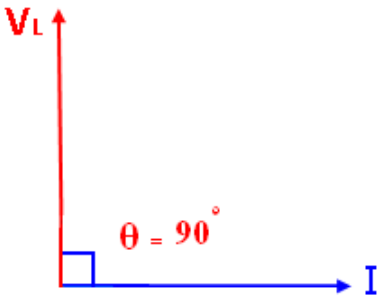
شكل 9-1 دائرة مقاومة ومحاثة على التوالي

ان التيار الآني للدائرة هو نفس التيار المار في المقاومة (R) والمحاثة (L) لأنهما ربطتا على التوالي، اما الفولتية لكل منهما فهي مختلفة وبينهما فرق بالطور حيث ان فولتية المقاومة (V_R) وتيار الدائرة (I) هما في نفس الطور كما موضح في الشكل (9-2).



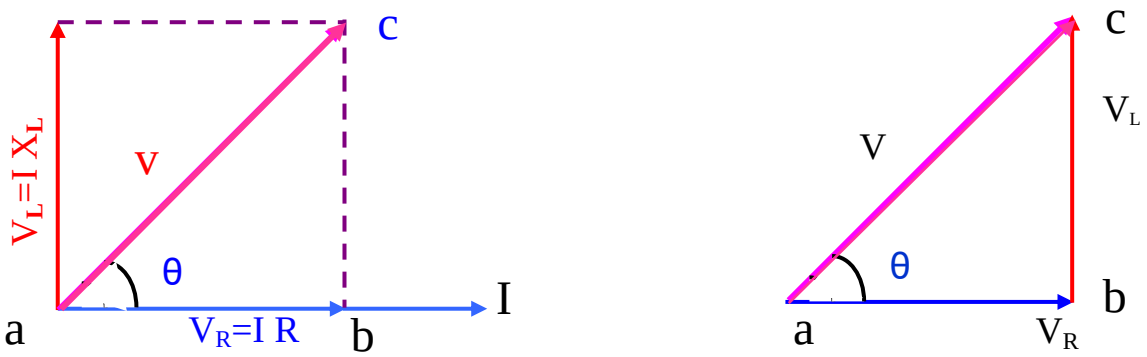
شكل 9-2 المخطط الطوري لفولتية المقاومة وتيار الدائرة

اما فولتية المحاثة (V_L) فأنها تتقدم على تيار الدائرة (I) بزاوية فرق طور مقدارها (90°)، كما موضح في الشكل (9-3) لذلك يكون للدائرة خواص حثية.



شكل 9-3 يوضح زاوية فرق الطور (θ) بين تيارالدائرة وفولتية المحاثة

نستنتج من ذلك ان الفولتية الكلية (V) المسلطة على الدائرة تساوي المجموع الطوري للفولتية عبر المقاومة والمحاثة على التوالي، كما موضح في الشكل (9-4).



شكل 9-4 المخطط الطوري للدائرة

من الشكل (9-4) وبتطبيق نظرية فيثاغورس على المثلث (abc) نستنتج الآتي:-

$$V^2 = V_R^2 + V_L^2 \qquad \text{.....(1-9)}$$

$$V_R = I\,R \qquad \text{.....(2-9)}$$

$$V_L = I\,X_L \qquad \text{.....(3-9)}$$

حيث ان:

I: تيار الدائرة هو نفس تيار المقاومة والمحاثة ويقاس بالأمبير (A).

V: الفولتية الكلية للدائرة وتقاس بالفولت (V).
V_R: فولتية المقاومة وتقاس بالفولت (V).
V_L: فولتية المحاثة وتقاس بالفولت (V).
X_L: الرادة الحثية وتقاس بالأوم (Ω).

وبتعويض المعادلتين (9-2) (9-3) في المعادلة (9-1) نحصل على:

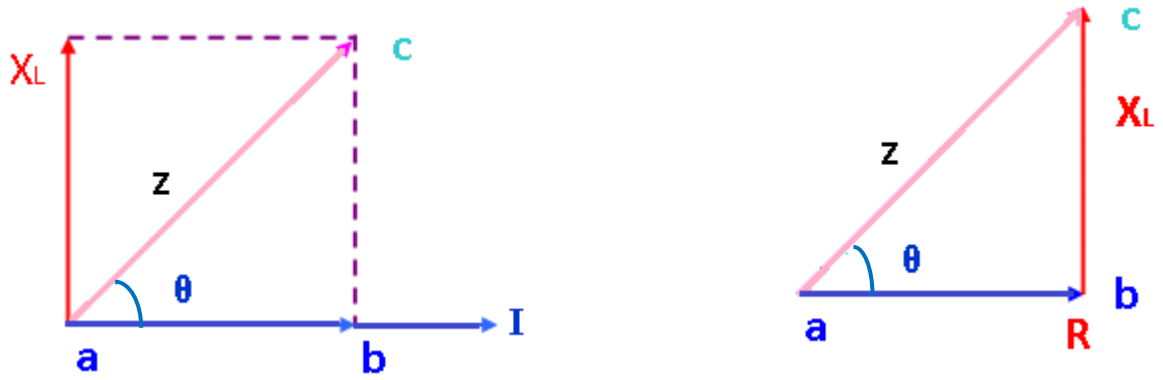
$$V^2 = (I R)^2 + (I X_L)^2$$
$$V^2 = I^2 (R^2 + X_L^2)$$

$$(\frac{V}{I})^2 = R^2 + X_L^2 \qquad \text{.....(4-9)}$$

علما بأن:

$$Z = \frac{V}{I} \qquad \text{..... (5-9)}$$

حيث أن:-
Z: ممانعة الدائرة
إذن هي نسبة الفولتية الطورية الى التيار الطوري، وهي كمية مركبة تقاس بوحدة الاوم، كما موضح في الشكل (9-5).



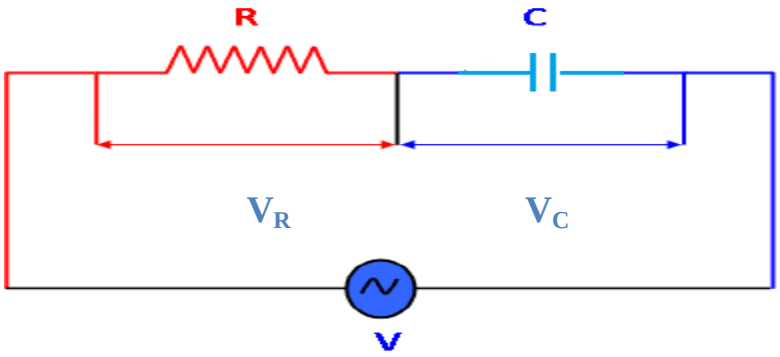
شكل 9-5 المخطط الطوري لممانعة الدائرة

وتطبيق نظرية فيثاغورس على المثلث (adc) نستنتج الآتي:

$$Z^2 = R^2 + X_L^2 \qquad \text{.....(6-9)}$$

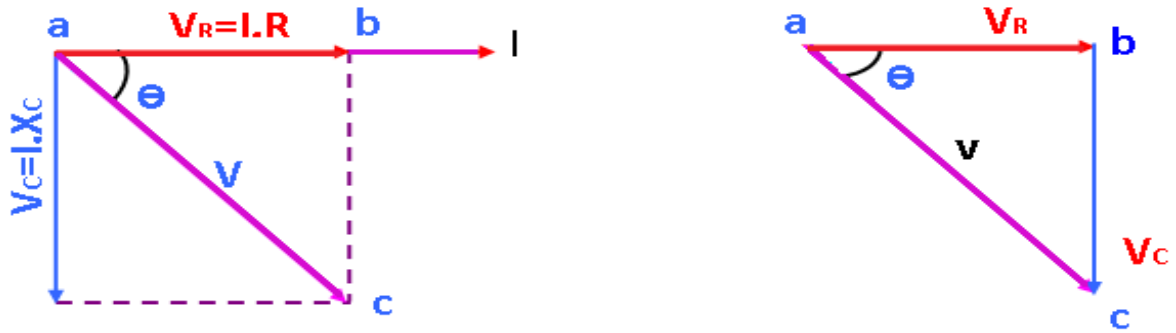
3-9 المقاومة والمتسعة على التوالي (Resistance and Capacitance in Series) :

يوضح الشكل (6-9) دائرة لمقاومة (R) ربطت مع متسعة (C) على التوالي الى مصدر للتيار المتناوب



شكل 9-6 دائرة مقاومة ومتسعة على التوالي

ان التيار (I) الآني للدائرة هونفس التيار المار في المقاومة (R) والمتسعة (C) لانهما ربطتا على التوالي ولحساب قيمه الفولتية الكلية (V) كما وضحنا سابقاً ان فولتيه وتيار المقاومة (R) في نفس الطور ولكن فولتية المتسعه (V_c) تتاخر بزاوية فرق طور عن التيار (I) مقدارها (90) كما موضح في الشكل (7-9) لذلك تكون للدائرة خواص سعوية.



شكل 9-7 المخطط الطوري للدائرة

من الشكل (7-9) بتطبيق نظرية فثياغورس على المثلث (abc) نستنتج الآتي:

$$V^2 = V_R^2 + V_C^2$$ .....(7-9)

علماً أن:-

$V_R = I.R$ .....(8-9)

$V_C = I.X_C$ .....(9-9)

حيث ان:

I: تيار الدائرة وهو نفس تيار المقاومة والمتسعة ويقاس بالأمبير(A)

V: الفولتية الكلية للدائرة وتقاس بالفولت (v)

V_R: فولتية المقاومة وتقاس بالفولت (v)

V_c:فولتية المتسعة وتقاس بالفولت (v)

X_c: الرادة السعوية وتقاس بالأوم (Ω)

وبتعويض المعادلتين (8-9)(9-9) في المعادلة (7-9) نحصل على:

$$\left(\frac{V}{I}\right)^2 = R^2 + X_c^2 \qquad \text{.....(10- 9)}$$

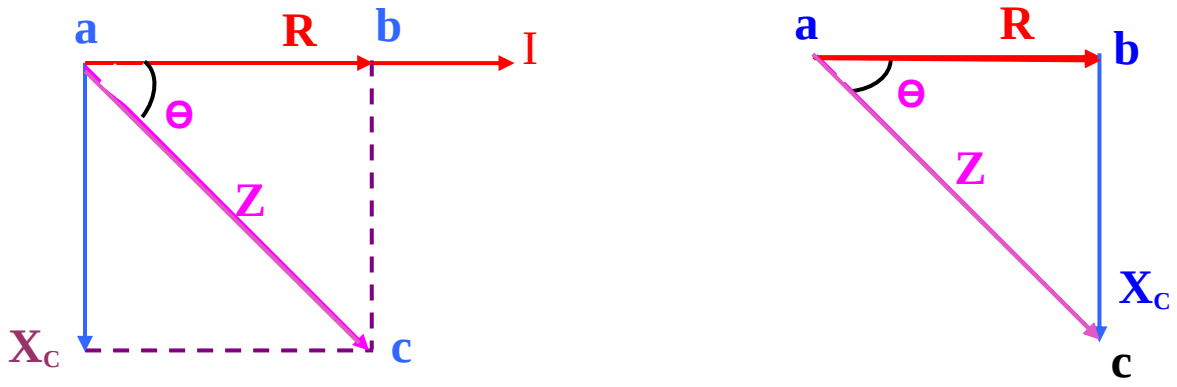
علما ان :

$$Z = \frac{V}{I} \qquad \text{.....(11-9)}$$

حيث ان Z هي ممانعة الدائرة الكلية.

$$Z^2 = R^2 + X_c^2 \qquad \text{.....(12- 9)}$$

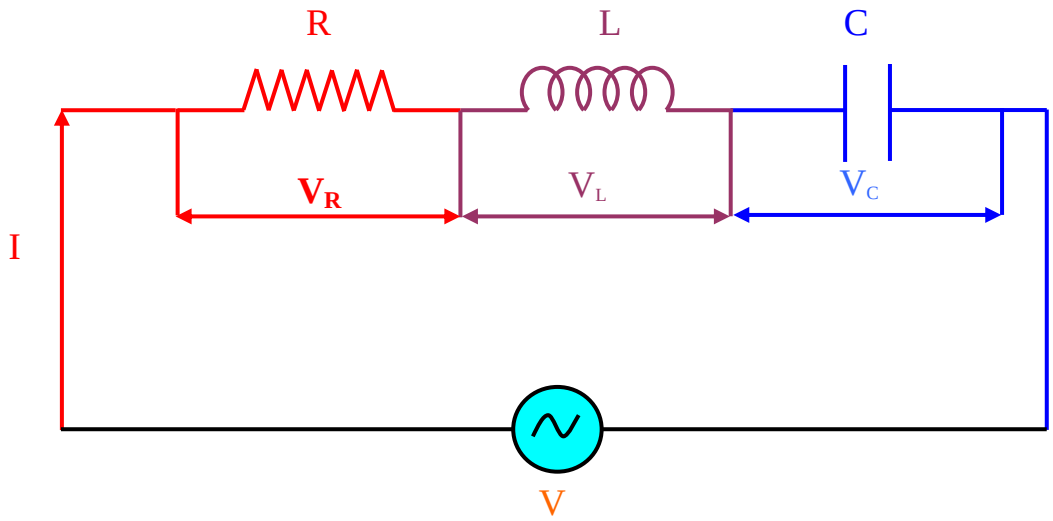
والشكل (8-9) يوضح المخطط الطوري لممانعة الدائرة



شكل 9-8 المخطط الطوري لممانعة الدائرة

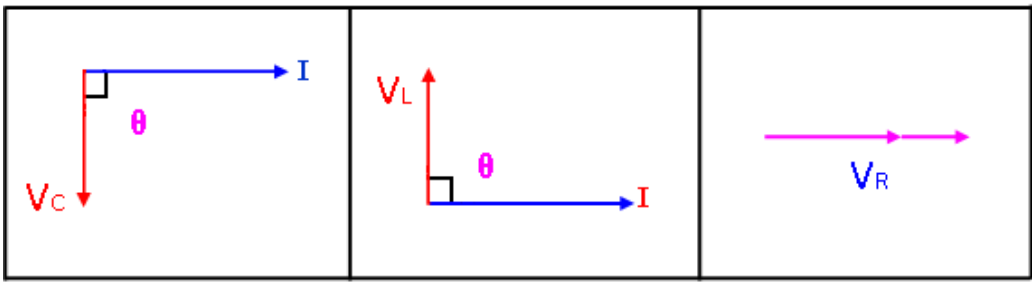
9 - 3 المقاومة والمحاثة والمتسعة على التوالي
(Resistance Inductance and capacitance in series) :

يوضح الشكل (9-9) دائرة لمقاومة (R) ومحاثة (L) ومتسعة (C) ربطت جميعها على التوالي الى مصدر للتيار المتناوب.



شكل 9-9 دائرة مقاومة ومحاثة ومتسعة على التوالي

ان مقدار التيار الآني المار في الدائرة هونفس التيار المار في كل عنصر من عناصر الدائرة الثلاثة وذلك لربطهم على التوالي بينهما الفولتية تختلف لكل منهم في قيمتها وفي زاوية فرق الطور مع تيار الدائرة (I) باستثناء المقاومة (R) اذ ان الفولتية (V_R) وتيار الدائرة (I) بنفس الطور كما موضح في الشكل (9-10-أ)، أما المحاثة (L) فإن الفولتية (V_L) تتقدم على تيار الدائرة (I) بزاوية فرق طور مقدارها (90◦) كما موضح في شكل (9-10 –ب) وفيما يخص المتسعة (C) فان الفولتية (V_c) تتاخر عن تيار الدائرة (I) بزاوية فرق طور مقدارها (90°) كماموضح في الشكل (9-10-جـ).



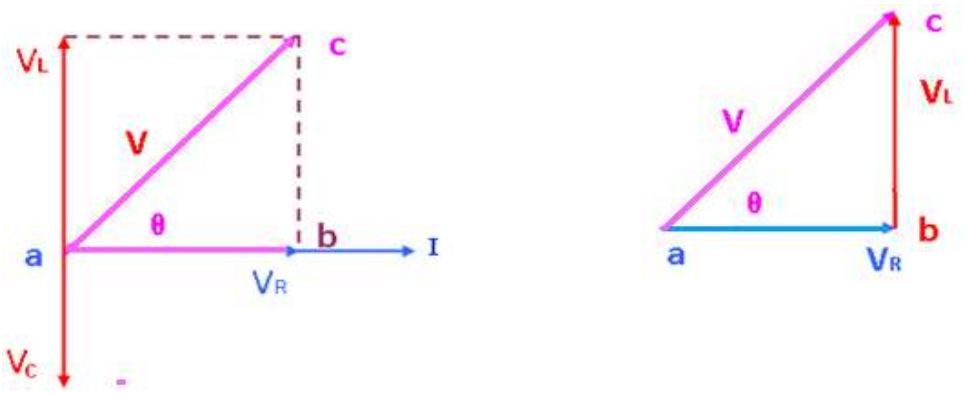
(أ) فولتية المقاومة (V_R) وتيار الدائرة (I) في نفس الطور.

(ب) فولتية المحاثة (V_L) تتقدم على تيار الدائرة (I) بزاوية فرق طور مقدارها (90°)

(جـ) فولتية المتسعة (V_c) تتاخر على تيار الدائرة (I) بزاوية فرق طورمقدارها (90°)

شكل 9 -10

وبعد معرفة كل جزء من مكونات الدائرة الثلاثة المقاومة (R) والمحاثة (L) والمتسعة (C) يمكن رسم المخطط الطوري للدائرة كما موضح في الشكل (9 -11).



شكل 9-11 المخطط الطوري للدائرة

نستنتج من ذلك انه فولتية المحاثة (V_L) وفولتية المتسعة (V_c) لهما طوران متعاكسان أي ان الدائرة يمكن ان تكون ذات خواص حثية (X_L) اوتكون ذات خواص سعوية (X_c) معتمدة في ذلك على أي من الفولتيتين اكبر، سوف نتطرق الى هذا الموضوع فيما بعد.
لحساب الفولتية الكلية المسلطة على الدائرة (V) وبتطبيق نظرية فيثاغورس على المثلث (abc) كما موضح في الشكل (9 -11) نستنتج الآتي:

$$V^2 = V_R^2 + (V_L - V_C)^2 \quad \text{.....(13- 9)}$$

علما ان :

$V_R = I.R$ ....(14- 9)
$V_L = I.X_L$ .....(15 - 9)
$V_c = I.X_c$ .....(16- 9)

وبتعويض المعادلات (9 – 14) (9 -15) (9-16) في المعادلة (9 -13) ينتج:-

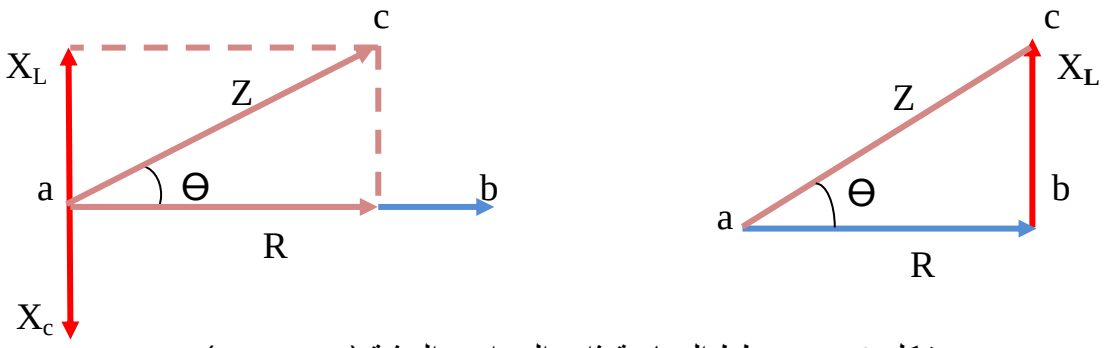
$$\left(\frac{V}{I}\right)^2 = R^2 + (X_L - X_C)^2 \quad \text{..... ....(17- 9)}$$

علما ان :-

$$Z = \frac{V}{I} \quad \text{.....(18 -9)}$$

حيث ان (Z) هي ممانعة الدائرة وتقاس بالأوم (Ω).

ان الشكل (9 -12) يوضح مخطط الممانعة (Z) للدائرة ذات الخواص الحثية،أي ان $X_C < X_L$



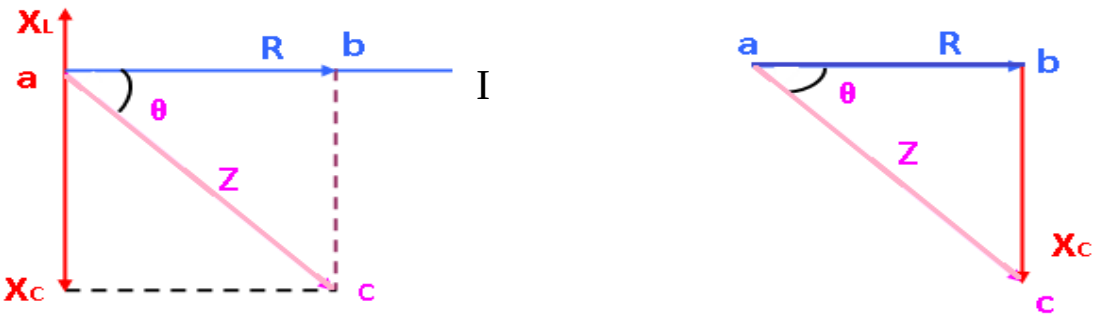
شكل 9-12 مخطط الممانعة ذات الخواص الحثية ($Xc < X_L$)

والأن سوف نوضح كيف تكون للدائرة خواص سعوية أو خواص حثية أو قد تكون للدائرة خواص طبيعية (مقاومة بحتة) فقط وكالآتي:-

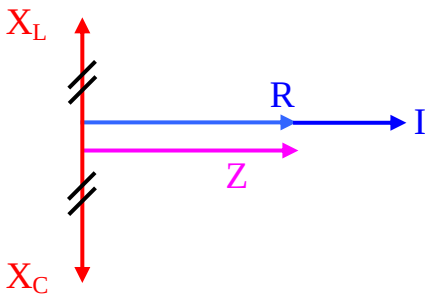
1- فاذا كانت الرادة الحثية (X_L) اكبر من الرادة السعوية (X_C) كما موضح في شكل (9 -12) فان زاوية فرق الطور (Θ) تكون موجبة وبذلك تكون الدائرة ذات خواص حثية.أي الفولتية الكلية للدائرة (v) تسبق تيار الدائرة (I) بزاوية فرق طور مقدارها (Θ).

2- اما اذا كانت الرادة السعوية (X_C) اكبر من الرادة الحثية (X_L) وكما موضح في الشكل (9 -13) فان زاوية فرق الطور (Θ) تكون سالبة وبذلك تكون الدائرة ذات خواص سعوية. ان الفولتية الكلية (V) تتاخر عن تيار الدائرة (I) بزاوية فرق طور مقدارها (Θ).

3- في حالة تساوي الرادة الحثية (X_L) مع الرادة السعوية (X_C) وكما موضح في شكل (9 - 14) فان للدائرة خواص مقاومة طبيعية (مقاومة بحتة) أي ان فولتية الدائرة (V) وتيارها (I) في نفس الطور.



شكل 9-13 مخطط الممانعة ذات الخواص السعوية ($X_L < X_C$)



شكل 9-14 مخطط الممانعة ذات خواص مقاومة بحتة ($X_L = X_C$)

مثال (1)

مقاومة طبيعية مقدارها (5Ω) ربطت على التوالي مع محاثة ذات معامل حث ذاتي (0.01H) يتم تغذيتها من مصدر للتيار المتناوب بفولتية مقدارها (200V) وبتردد (50Hz) كما هو موضح بالشكل (9-15).

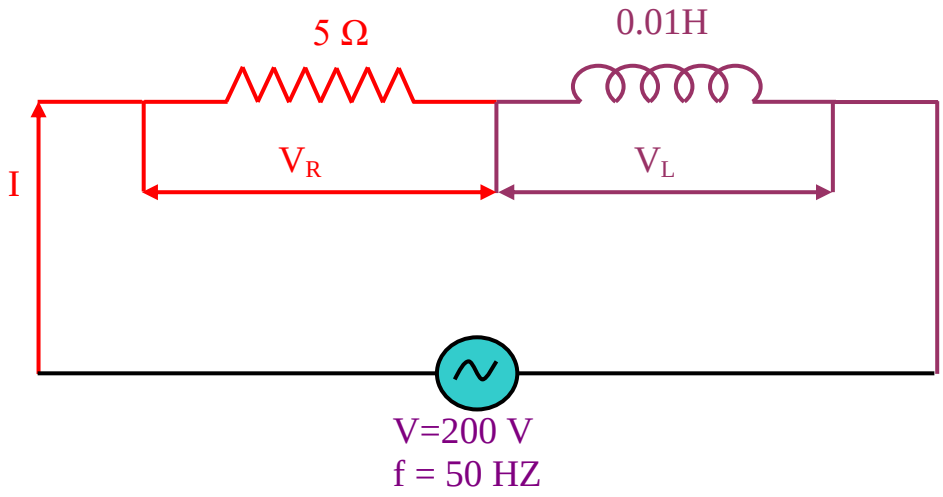
احسب الآتي:

أ- ممانعة الدائرة (Z).

ب - التيار المار بالدائرة.

جـ - الفولتية عبر كل جزء من مكونات الدائرة.

الحل:



شكل 9-15 مثال (1)

أ – لحساب ممانعة الدائرة (Z).

$X_L = 2 \pi f L$

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

$X_L = 3.14\ \Omega$

$Z^2 = R^2 + X_L^2$

بما ان:

❖ $Z = (R^2 + X_L^2)^{½}$

$Z = (5^2 + 3.14^2)^{½} = 5.9\ \Omega$

ب- لإيجاد قيمة التيار المار بالدائرة:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{200}{5.9} = 33.9\ A$$

جـ - لإيجاد الفولتية عبر كل جزء من مكونات الدائرة.

فإن فولتية المقاومة

$V_R = I.\ R = 33.9 \times 5 = 169.5\ V$

أما فولتية المحاثة

$V_L = I \times X_L = 33.9 \times 3.14 = 106.45\ V$

مثال (2)

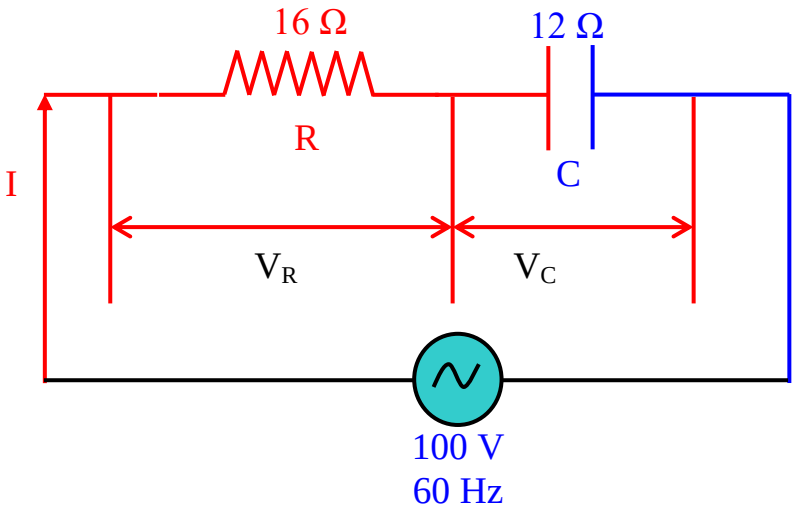
ربطت مقاومة قيمتها(16Ω) مع متسعة رادتها السعوية(12Ω)على التوالي الى مصدر للتيار المتناوب بفولتية (100V) وبتردد (60Hz) كما هو موضح شكل (16-9)

احسب الآتي:

أ- التيار المار في الدائرة.

ب - سعة المتسعة.

الحل :



شكل 16-9 مثال (2)

أ – لحساب ممانعة الدائرة (Z)

$$Z^2 = R^2 + X_C^2$$

- $Z = (R^2 + X_C^2)^{½} = (16^2 + 12^2)^{½} = 20\ \Omega$

ب-لإيجاد قيمة التيار المار بالدائرة:

$$I = \frac{V}{Z} = \frac{100}{20} = 5\ A$$

جـ- لحساب سعة المتسعة:

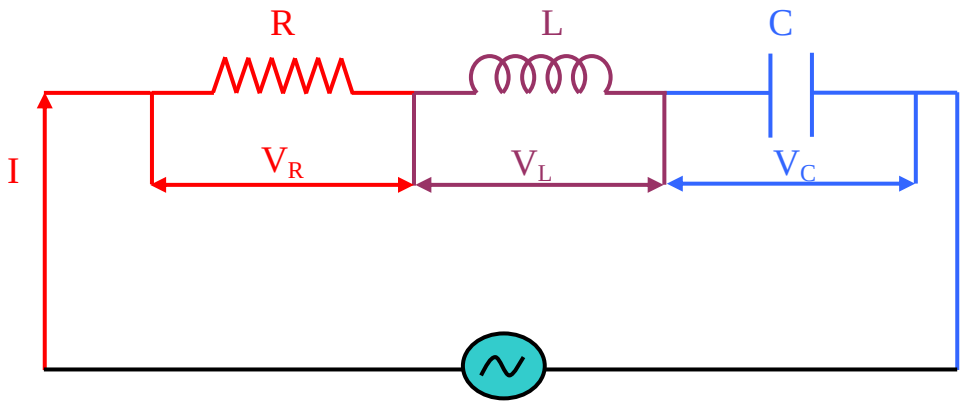
$$X_C = \frac{1}{2\,\pi\,f\,c}$$

$$12 = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 60 \times c} \quad ، \quad C = 221 \times 10^{-6}\ F = 221\ \mu\ F$$

مثال (3)

ربطت مقاومة – محاثة – متسعة على التوالي الى مصدر للتيار المتناوب وكانت فولتية المقاومة (40V) وفولتية المحاثة (80V)،فولتية المتسعة (50V) والتيار المار في الدائرة مقداره (2A) كما موضح بالشكل (9-17)

احسب الآتي:
أ- الفولتية الكلية للدائرة.
ب- حدد خواص الدائرة.
جـ- الممانعة الكلية للدائرة.
د- ارسم المخطط الطوري للدائرة .



شكل 9-17 مثال (3)

الحل :

أ- الفولتية الكلية للدائرة:

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

$$V = [V_R^{\ 2} + (V_L - V_C)^2]^{½}$$

$$= [40^2 + (80 - 50)^2]^{½}$$

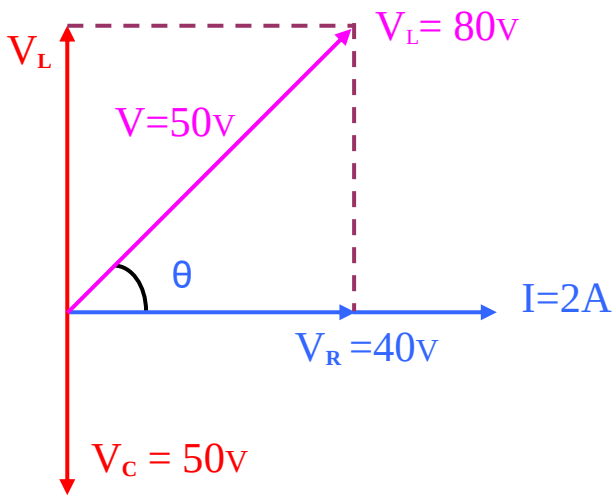
$$= 50 \text{ V}$$

ب- للدائرة خواص حثية:

جـ- الممانعة الكلية للدائرة:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{50}{2} = 25\ \Omega$$

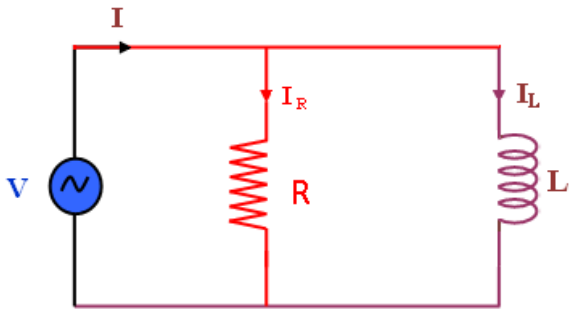
د- المخطط الطوري للدائرة:



شكل 18-9 المخطط الطوري للدائرة

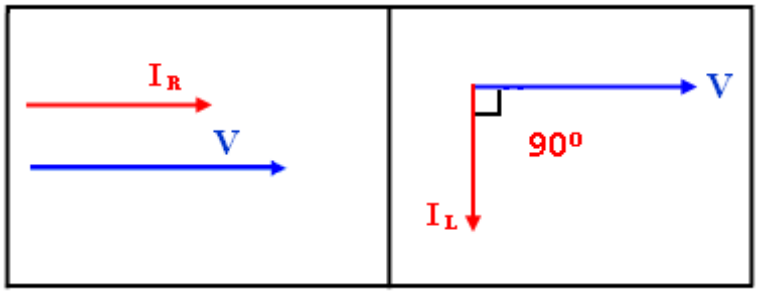
5-9 المقاومة والمحاثة على التوازي (Resistance and Inductance in Parallel) :

ان شكل (9 - 19) يوضح الدائرة لمحاثة (L) والمقاومة (R) ربطت على التوازي الى مصدر للتيار المتناوب.



شكل 9–19 دائرة مقاومة ومحاثة على التوازي

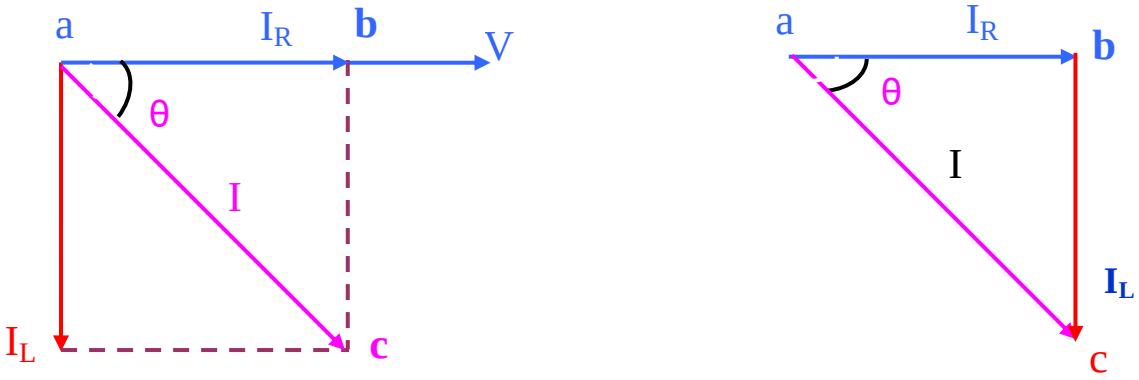
ان من خصائص ربط التوازي تكون الفولتية الآنية للمقاومة (R) وللمحاثة (L) متساوية، وتساوي الفولتية المسلطة على الدائرة (V). لذلك تؤخذ الفولتية كمرجع، بينما التيارالمار بالمحاثة يتاخر بزاوية فرق طور مقدارها (90°) عن فولتية الدائرة، شكل (9 -20 -أ) يوضح ذلك، امالتيار المار في المقاومة فيكون بنفس زاوية طور الفولتية، كما موضح في الشكل (9-20-ب). وان التيار الكلي للدائرة (I) مساوياً لمجموعي تياري المقاومة (I_R) والمحاثة (I_L) الشكل (9-21) يوضح المخطط الطوري للدائرة.



(أ) تيار المحاثة يتأخر عن الفولتية بزاوية فرق طور 90°

(ب) تيار المقاومة والفولتية بنفس الطور

شكل 9 -20



شكل 9-21 المخطط الطوري للدائرة

من الشكل (9 -21) وبتطبيق نظرية فيثاغورس على المثلث (abc) نستنتج:

$$I^2 = I_R^2 + I_L^2 \quad \text{.....(20-9)}$$

علما ان:

$$I_R = \frac{V}{R} \quad \text{.....(21-9)}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} \quad \text{.....(22-9)}$$

حيث ان:

V: فولتية الدائرة الكلية وهي نفس فولتية المقاومة والمحاثة (الرادة الحثية)

I: تيار الدائرة الكلي

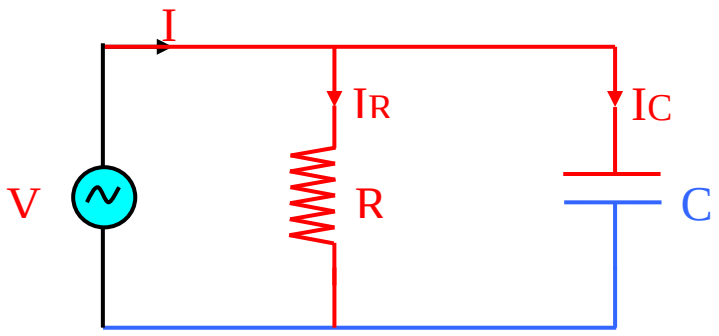
I_R: التيارالمار في المقاومة R

I_L: التيار المار في المحاثة L

X_L:الرادة الحثية وتقاس بالأوم (Ω)

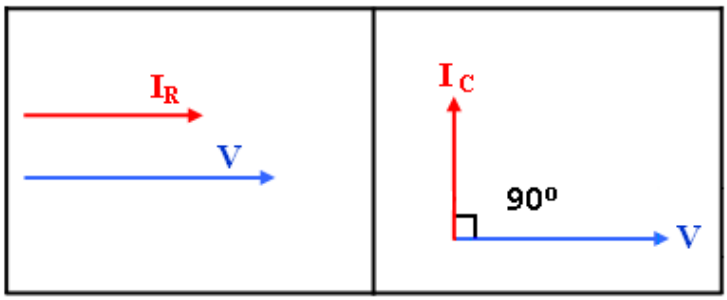
6-9 المقاومة والمتسعة على التوازي (Resistance and Capacitance in Parallel) :

الشكل (9 -22) يوضح دائرة متكونة من مقاومة (R) ومتسعة (C) ربطتا على التوازي الى مصدر للتيار المتناوب



شكل 9-22 مقاومة ومتسعة على التوازي

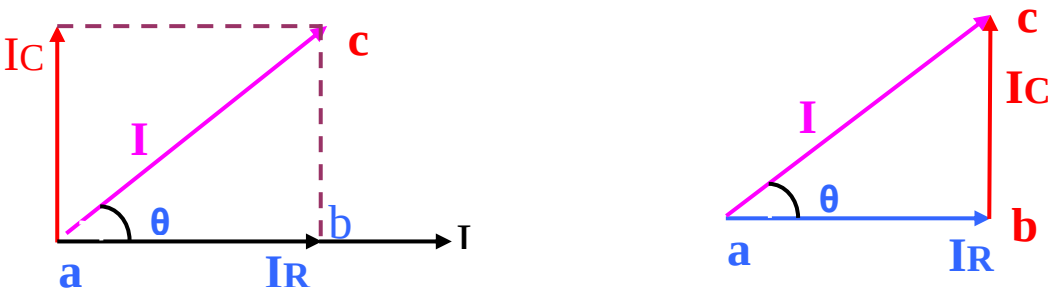
من خصائص ربط التوازي وكما ذكرنا سابقا ان الفولتية تؤخذ كمرجع، علما ان التيار المار بالمتسعة (C) يتقدم على الفولتية بزاوية فرق طور مقدارها (90˚)، كما موضح في الشكل (9-23 - أ)، بينما التيار المار بالمقاومة (R) هو بنفس زاوية طور الفولتية، الشكل (9 -23- ب) يوضح ذلك.



(أ) تيار المتسعة يتقدم على الفولتية بزاوية فرق طور 90˚ (ب) تيار المقاومة (IR) والفولتية بنفس زاوية الطور

شكل 9-23

من خلال ذلك نرسم المخطط الطوري للدائرة، كما موضح في الشكل (9-24)



شكل 9-24 المخطط الطوري للدائرة

من الشكل (9-24) وبتطبيق نظرية فيثاغورس على المثلث (abc) نستنتج الآتي :

$$I^2 = I_R^2 + I_C^2 \qquad \text{.....(23-9)}$$

علماً إن :-

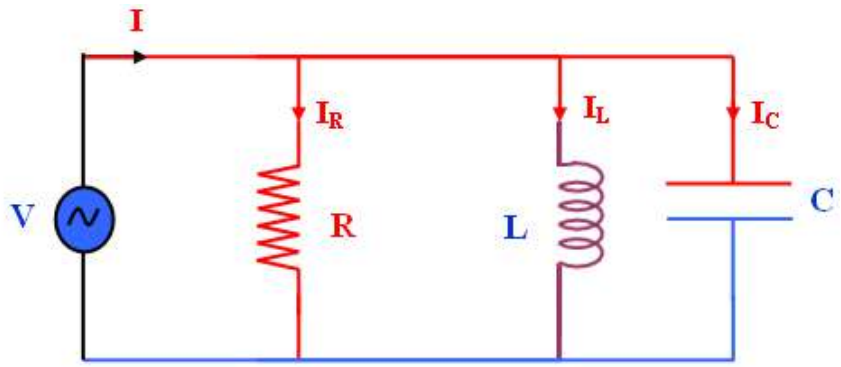
$$I_R = \frac{V}{R} \qquad \text{.....(24-9)}$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} \qquad \text{.....(25-9)}$$

حيث إن:-
V: فولتية الدائرة الكلية وهي نفس فولتية المقاومة والمتسعة.
I: تيار الدائرة الكلي.
I_R: التيار المار في المقاومة (R).
I_C: التيار المار في المتسعة (C).
X_C: الرادة السعوية، وتقاس بالأوم (Ω).

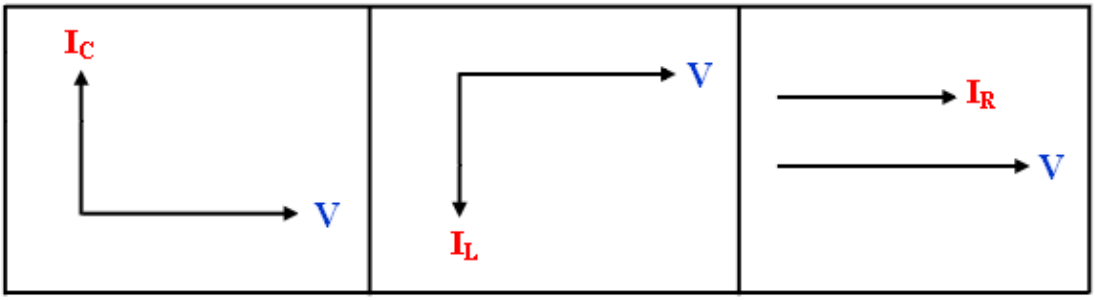
7-9 المقاومة والمحاثة والمتسعة على التوازي (Resistance Inductance and Capacitance in Parallel) :

يوضح الشكل (9- 25) الدائرة لمقاومة (R) ومحاثة (L) ومتسعة (C) ربطت جميعها على التوازي الى مصدر التيار المتناوب.



شكل 9-25 دائرة مقاومة ومحاثة ومتسعة على التوازي

ان مقدار الفولتية الآنية يساوي مقدار الفولتية في كل جزء من مكونات الدائرة الثلاث، المقاومة، المحاثة، والمتسعة وذلك لربطهم على التوازي، بينما التيار يختلف لكل منهم في قيمته وفي زاوية فرق الطور مع فولتية الدائرة (V)، باستثناء المقاومة (R)، اذ ان تيارها (I_R) وفولتية الدائرة في نفس الطور، كما موضح في الشكل (9 -26 -أ)، أما المحاثة (L) فان تيارها (I_L) يتأخر عن فولتية الدائرة (V) بزاوية فرق طور مقدارها(90°) كما موضح في الشكل (9 -26- ب) والمتسعة (C) فان تيارها (I_C) يتقدم على فولتية الدائرة بزاوية فرق طور مقدارها (90°) كما موضح في الشكل (9 -26 - جـ).



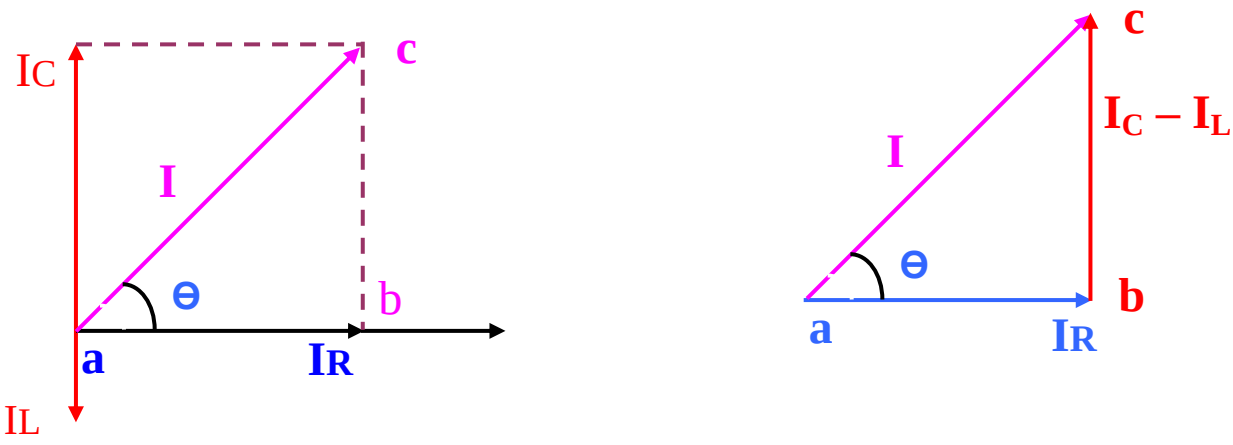
(أ) تيار المقاومة (I_R) وفولتية الدائرة (V) في نفس الطور

(ب) تيار المحاثـة (I_L) يتأخر بزاوية فرق طور 90° عن فولتية الدائرة (V)

(جـ) تيار المتسعة (I_C) يتقدم بزاوية فرق طور 90° عن فولتية الدائرة (V)

شكل 9-26

بعد معرفه كل جزء من مكونات الدائرة الثلاث، المقاومة ، المحاثة والمتسعة يمكن ان نرسم المخطط الطوري للدائرة، كما موضح في الشكل (9 -27).



شكل 9-27 المخطط الطوري للدائرة ذات خواص سعوية $I_L<I_C$

نستنتج بان تيار المحاثة (I_L) وتيار المتسعة (I_C) لهما طوران متعاكسان، أي ان الدائرة يمكن ان تكون ذات خواص سعوية او خواص حثية معتمدة بذلك على أي من التيارين اكبر، لحساب التيار الكلي (I) المار في الدائرة، وبتطبيق نظرية فيثاغورس على المثلث (abc) من الشكل (9 -27) نستنتج الآتي:

$$I^2 = I_R^2 + (I_C - I_L)^2 \quad \text{.....(26-9)}$$

علما ان:

$$I_R = \frac{V}{R} \quad \text{.....(27-9)}$$

$$I_c = \frac{V}{X_c} \quad \text{.....(28-9)}$$

$$I_L = \frac{V}{X_L} \quad \text{.....(29-9)}$$

مثال (4)

ربطت مقاومة قيمتها (5Ω) ومحاثة رادتها الحثية (10Ω) على التوازي الى مصدر للتيار المتناوب ذي (100V) كما مبين بالشكل (28-9)

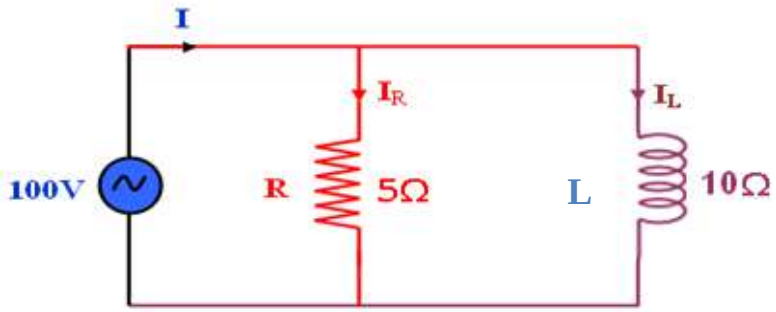
احسب الآتي :

أ. التيار المار بالمقاومة

ب. التيار المار بالمحاثة

ت. تيار الدائرة الكلي

ث. الممانعة الكلية للدائرة



شكل 28-9 مثال (4)

أ- التيار المار بالمقاومة

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{100}{5} = 20\ A$$

ب- التيار المار بالمحاثة

$$I_L = \frac{V}{X_L} = \frac{100}{10} = 10A$$

ت- تيار الدائرة الكلي

$$I^2 = I_R^{\,2} + I_L^{\,2}$$

$$I^2 = (20)^2 + (10)^2$$

$$I = \{(20)^2 + (10)^2\}^{1/2}$$

$$\therefore\ I = 22.3\ A$$

ث- الممانعة الكلية للدائرة

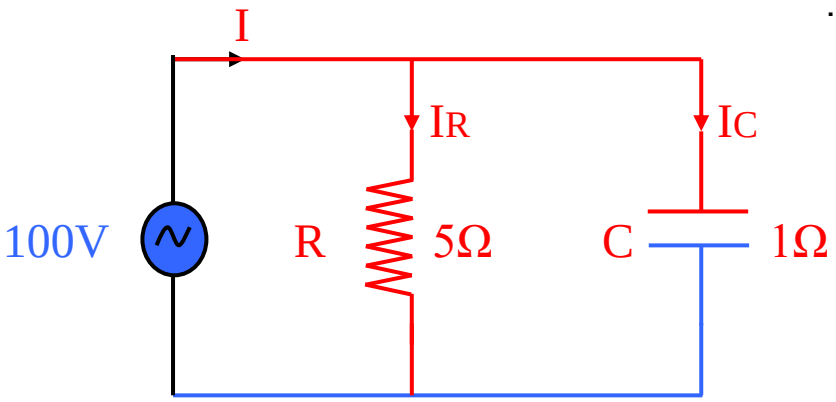
$$Z = \frac{V}{} = \frac{100}{} = 4.48\ \Omega$$

مثال (5)

دائرة تيار متناوب تتكون من مقاومة (5 Ω) ومتسعة رادتها السعوية (1Ω)، ربطت على التوازي الى مصدر للتيار المتناوب ذي (100V) كما موضح في الشكل (9-29)، إحسب الآتي:

أ- تيار الدائرة الكلي.

ب- ممانعة الدائرة.



شكل 9-29 مثال (5)

أ- لحساب تيار الدائرة الكلي:

$$I^2 = I_R^2 + I_C^2$$

$$I_R = \frac{V}{R} = \frac{100}{5} = 20A$$

$$I_C = \frac{V}{X_C} = \frac{100}{1} = 100\ A$$

$$\therefore\ I^2 = \{(20)^2 + (100)^2\}$$

$$I = 101{,}98\ A$$

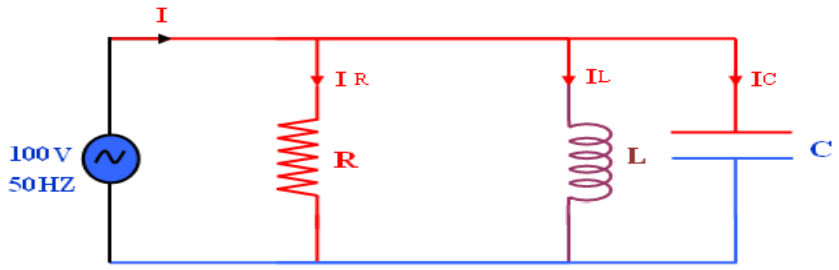
ب- ممانعة الدائرة:

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{101{,}98} = 0.98\ \Omega$$

مثال (6)

ربطت مقاومة، محاثة ومتسعة على التوازي الى مصدر للتيار المتناوب ذي فولتية مقدارها (100V) وبتردد (50HZ) وكان التيار المار في المقاومة (4A) وتيار المحاثة (2A) وتيار المتسعة (5A) كما مبين بالشكل(9-30)، احسب الآتي:

أ- التيار الكلي للدائرة
ب- حدد خواص الدئرة
جـ- قيمة المقاومة
د- معامل الحث الذاتي
هـ- سعة المتسعة
و- الممانعة الكلية للدائرة



شكل 9-30 مثال (6)

الحل :

أ- التيار الكلي

$$I^2 = I_R{}^2 + (I_C - I_L)^2$$

$$I = [I_R{}^2 + (I_C - I_L)^2]^{1/2}$$

$$I = [4^2 + (5-2)^2]^{1/2} = 5A$$

ب- للدائرة خواص حثية $(X_L > X_c)$

جـ- قيمة المقاومة

$$R = \frac{V}{I_R} = \frac{100}{4} = 25\Omega$$

د- معامل الحث الذاتي

$$X_L = \frac{V}{I_L} = \frac{100}{2} = 50\Omega$$

$$X_L = 2\pi FL$$

$$50 = 2 \times 3.14 \times 50 \times L$$
$$50 = 314L \quad ،L = \frac{50}{314} = 0.159H$$

هـ- سعة المتسعة

$$X_C = \frac{1}{2\pi FC} \Longrightarrow 20 = \frac{1}{2\times 3.14\times 50\times C}$$

$$C = \frac{1}{2 \times 3.14 \times 50 \times 20} = \frac{1}{6280} = 159 \times 10^{-6}F = 159\mu F$$

و- الممانعة الكلية للدائرة

$$Z = \frac{V}{I} = \frac{100}{5} = 20\Omega$$

أسئلة ومسائل الفصل التاسع

س1- ضع علامة √ صح امام العبارة الصحيحة وعلامة × خطأ امام العبارة الخاطئة ثم صحح الخطأ إن وجد.

أ. تيار وفولتية المقاومة في دائرة ربطت فيها مقاومة ومحاثة على التوازي في نفس الطور.

ب. الممانعة هي نسبة التيار الطوري الى الفولتية الطورية وتقاس بوحدة الاوم.

ت. تيار المتسعة يسبق فولتيتها بزاوية فرق طور مقدارها (90°) في دائـــــرة ربطت فيها مقاومة و متسعة على التوالي.

ث. تعتبر الدائرة ذات خواص حثية اذا كانت المفاعلة الحثية اصغر من المفاعلة السعوية في دائرة ربطت فيها مقاومة ، محاثة و متسعة على التوالي.

ج. فولتية المحاثة تسبق تيارها في دائرة ربطت فيها مقاومة و محاثة على التوازي

س2- ارسم المخطط الطوري لكل من الدوائر الآتية:

أ- مقاومة و متسعة على التوالي.

ب- مقاومة و محاثة على التوازي.

ت- مقاومة ، محاثة و متسعة على التوازي.

ث- مقاومة ، محاثة و متسعة على التوالى.

س3- ما الفرق بين دائرة (مقاومة و محاثة) على التوالي، ودائرة (مقاومة و محاثة) على التوازي بالنسبة للتيار والفولتية ؟

س4- وضح بإيجاز مع الرسم العلاقة بين التيار والفولتية في دائرة (مقاومة – متسعة) على التوالي .

س5- ربطت مقاومة ، محاثة و متسعة على التوالي الى مصدر للتيار المتناوب ذو فولتية (240V) وتردد (100Hz)،علما ان قيمة المقاومة (4 Ω) وقيمة المفاعلة الحثية (120 Ω) والمفاعلة السعوية(900Ω) ، إحسب الآتي:

أ. معامل الحث الذاتي.

ب. سعة المتسعة.

ت. الممانعة الكلية للدائرة.

ث. التيار المار في الدائرة.

ج. ارسم المخطط الطوري للدائرة واذكر خواص الدائرة.

س6- مقاومة قيمتها (Ω 20) ومحاثة معامل حثها الذاتي (0.04H) ربطت على التوالي الى مصدر للتيار المتناوب ذي فولتية (100v) وتردد (60Hz)، إحسب الآتي:
أ- المفاعلة الحثية.
ب- التيار المار في الدائرة.
جـ- فولتية المقاومة وفولتية المحاثة.
د- ارسم المخطط الطوري للدائرة.

س7- مقاومة ومتسعة رُبطت على التوالي الى مصدر للتيار المتناوب ذو فولتية (110v) وتردد (50Hz) وكان التيار الكلي المار في الدائرة (4.4A) ومقدار المقاومة (Ω 15)، احسب الآتي:
أ- سعة المتسعة.
ب- فولتية المقاومة وفولتية المتسعة.
جـ- ممانعة الدائرة.
د- ارسم المخطط الطوري للدائرة.

س8- ربطت مقاومة قيمتها (Ω 15) ومحاثة معامل حثها الذاتي (0.03H) على التوازي الى مصدر للتيار المتناوب مقدارتردده (50Hz)، علما ان تيار الدائرة الكلي (5A) والتيار المار في المحاثة (3A)، احسب الآتي:
أ- التيار المار في المقاومة.
ب- فولتية الدائرة الكلية.
جـ- المفاعلة الحثية.

س9- ربطت مقاومة قيمتها (Ω 25) ومتسعة مفاعليتها السعوية (Ω 10) على التوازي مع مصدر التيار المتناوب قيمة تردده (50Hz)، علماً إن التيار المار في المقاومة مقداره (4A) والتيار المار في المتسعة (3A)، إحسب ما يأتي:
أ- التيار الكلي للدائرة.
ب- مقدار الفولتية المسلطة على الدائرة.
جـ- سعة المتسعة.

س10- دائرة تيار متناوب ذات ربط توازي تتكون من مقاومة قيمتها (Ω 50)ومحاثة معامل حثها الذاتي (0.06H) ومتسعة ومصدر للتيار المتناوب ذي فولتية (220V) وتردده (50Hz)، علما ان التيار المار بالمتسعة مقداره (2A). احسب الآتي :.
أ- سعة المتسعة.
ب- التيار الكلي للدائرة.
جـ- ارسم المخطط الطوري للدائرة.

الفصل العاشر
الرنين

الأهداف :

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة الرنين في الدوائر الالكترونية، ودراسة أنواع الرنين.

الأهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على أن:

1- يعرف أنواع دوائر الرنين التوالي والتوازي.
2- يرسم العلاقة البيانية بين الممانعة والتردد لدائرة رنين التوالي والتوازي.
3- يشتق العلاقة الرياضية الخاصة بالتردد الرنيني.

المحتويات

- 10-1 تمهيد
- 10-2 الرنين
- 10-3 دائرة رنين توالي
- 10-4 عامل الجودة
- 10-5 دائرة رنين توازي
- 10-6 أسئلة ومسائل الفصل

الفصل العاشر
الرنين

1-10 تمهيد

الرنين حالة فيزياوية تحدث عندما يكون التردد لاي قوة خارجيه تجهز الى منظومة يساوي التردد لتلك المنظومة، ومن امثلة الرنين:

1- الطائرة ذات الطيران الواطيء.

2- التذبذب الذي يحدث عند العزف على البيانو.

ومن الامثلة على الرنين في الدوائر الكهربائية:

1- الراديو.

2- التلفزيون.

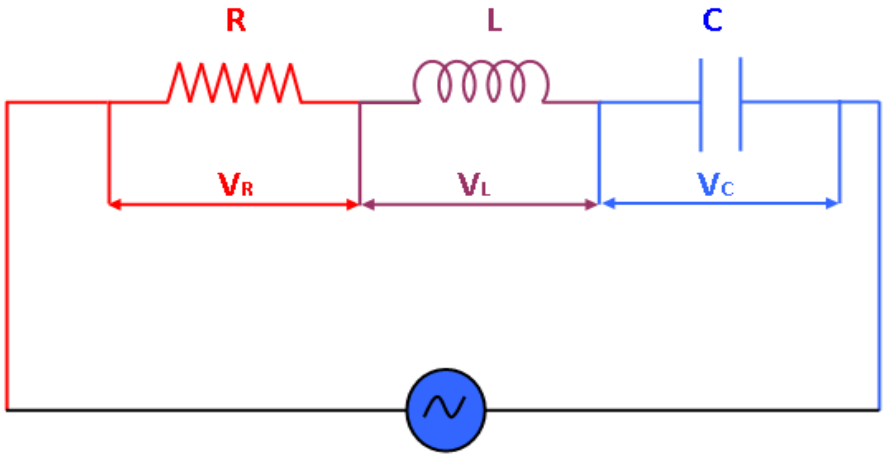
3- جهاز الموجات القصيرة وهو جهاز طبي يستخدم في العلاج الطبيعي للمرضى.

2-10 الرنين (Resonance) :

هي الحالة التي تحدث في الدوائر الالكترونية، حيث تحتوي على محاثة ، متسعة و يكون تيار الدائرة بنفس الطور مع الفولتية اما التردد فيكون ذا قيمة اعلى من الصفر هرتز.

3-10 دائرة رنين التوالي (The Series Resonance Circuit) :

تتصف دائرة رنين التوالي بانها دائرة مقاومة طبيعية (مقاومة بحتة) لتساوي قيمة الرادة الحثية (X_L) مع الرادة السعوية (X_C)، الشكل (1-10) يوضح دائرة تتكون من محاثة (L) ومتسعة (C) ومقاومة (R) ربطت على التوالي الى مصدر للتيار المتناوب.

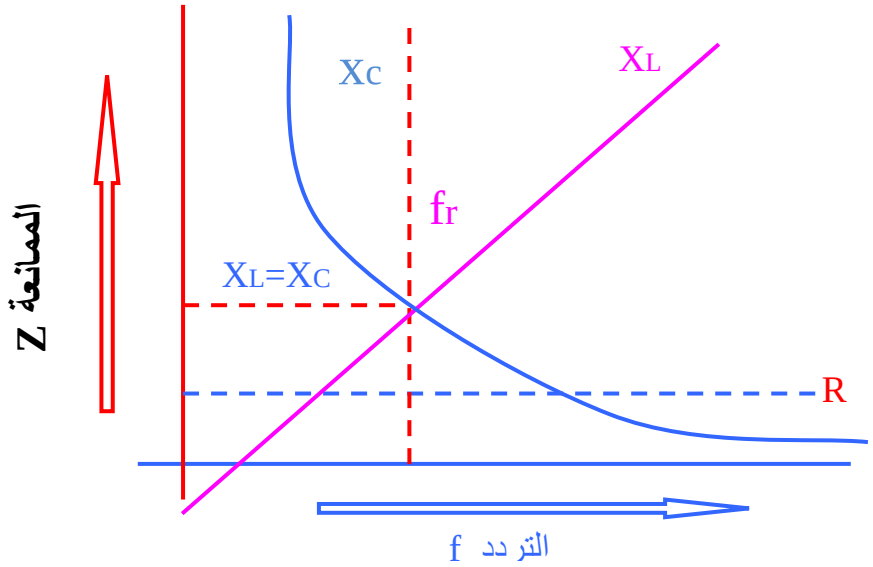


شكل 1-10 دائرة رنين التوالي

أي ان الرادة السعوية = الرادة الحثية $X_L = X_c$

وسوف نبين العلاقة بين التردد والرادة الحثية والسعوية في دائرة رنين التوالي عندما يتغير التردد، كما موضح في الشكل (10 -2) حيث ان المحور الافقي يمثل التردد (f) ويقاس بالهيرتز، والمحور العمودي يمثل الممانعة (Z) (للرادة الحثية والرادة السعوية) فعند اقل تردد مبين بالرسم تكون الرادة السعوية (X_C) عالية جدا والرادة الحثية (X_L) قليلة، بحيث تتغلب الرادة السعوية (X_C) وتتصرف الدائرة كما لو كانت تتكون من متسعة (c) ومقاومة (R) فقط، لاحظ ان المقاومة (R) ممثلة بخط متقطع وثابتة عند كل الترددات. فكلما ازدادت قيمة التردد (f)،قلت قيمة الرادة السعوية (X_C) وزادت قيمة الرادة الحثية (X_L). عندما يزداد التردد، ينعكس الوضع وتتغلب الرادة الحثية (X_L)على الرادة السعوية (X_C). لذا تتصرف الدائرة كما لو كانت تتكون من محاثة (L) ومقاومة (R) فقط،لابد أن تلتقي الرادة السعوية (X_C) للمتسعة المتناقصة مع الرادة الحثية (X_L) للمحاثة المتزايدة عند تردد معين فيتساويا.

أي ن ($X_L = X_C$)، يحدث ذلك كما موضح في الشكل (10-2)، عندما يتقاطع منحني الرادة السعوية والرادة الحثية وهذا هو تردد الرنين (fr).



شكل 10-2 تغير الرادة مع التردد

أي إن

$X_L = X_C$ ..... (1-10)

لذلك الممانعة الكلية (Z) تساوي قيمة المقاومة R فقط، أي

$Z = R$

بالاعتماد على مادرسنا سابقاً فأن

$X_L = 2\pi f L$ ..... (2- 10)

$$X_C = \frac{1}{2 \pi f C} \quad \text{.....} \quad (3 - 10)$$

وبتعويض المعادلتين (10 – 2)، (10 – 3) في المعادلة (10 – 1) نحصل على:

$$2\pi fr\ L = \frac{1}{2\pi\ fr\ c}$$

من حاصل ضرب الطرفين في الوسطين نحصل على:

$$4\pi^2.fr^2.L.c = 1$$

$$\therefore\ fr^2 = \frac{1}{4\ \pi^2\ L.C}$$

باخذ الجذر التربيعي للطرفين نحصل على:

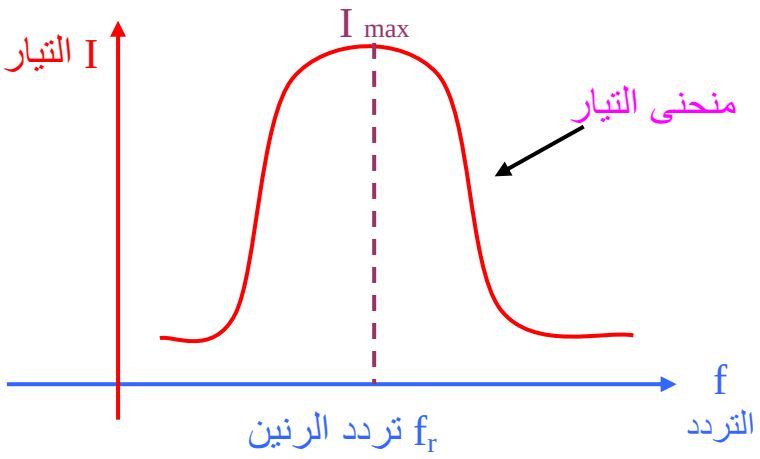
$$\mathbf{f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}} \qquad \text{.....(4- 10)}$$

حيث ان:
fr: تردد الرنين ووحدة قياسه الهرتز (Hz)

ان الفولتية والتيار في دائرة رنين التوالي هما في نفس الطور وتصل قيمة التيار الى اعظم قيمة عند تردد الرنين (fr) يمكن حساب قيمته من العلاقة الآتية:

$$I_{Max} = \frac{V}{R} \qquad \text{..... (5-10)}$$

عند الرنين تصبح ممانعة الدائرة تساوي المقاومة فقط، وفولتية المقاومة تساوي فولتية المصدر، إن الشكل (3-10) يوضح منحنى التيار والتردد، حيث يصل التيار عند أعظم قيمة عند تردد الرنين (f_r).

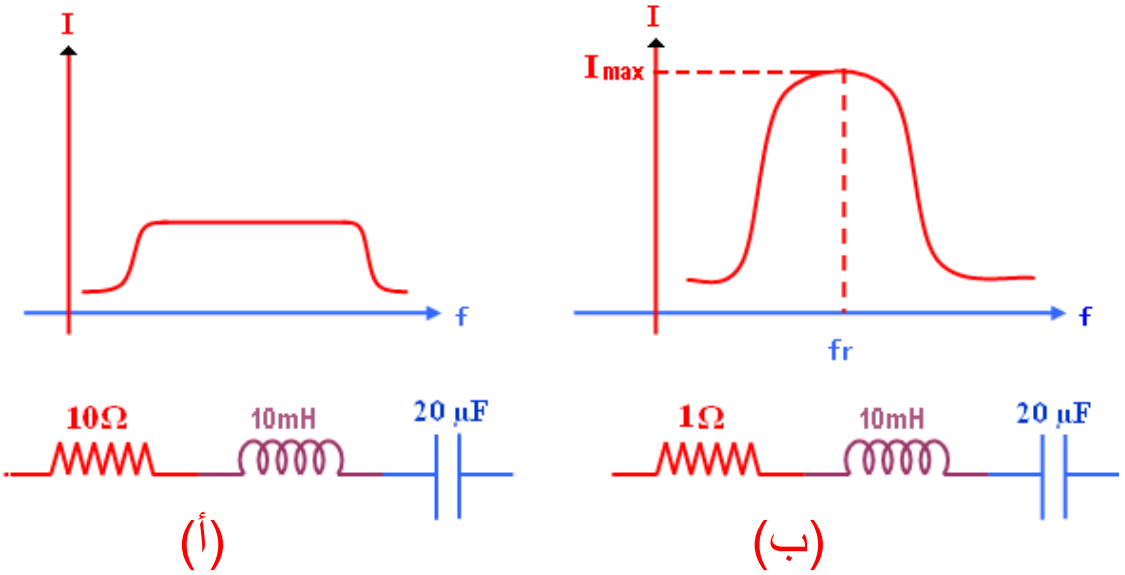


شكل 3-10 مميزات الرنين على التوالي

10- 4 عامل الجودة (Q) (Quality Factor) :

يستخدم لقياس إمكانية الدائرة للتمييز بين الترددات المختلفة، أي قابلية الدائرة على إنتقاء إشارة ذات تردد معين من إشارات لها ترددات مختلفة.

لتوضيح ذلك نختار دائرتين لها نفس قيمة المحاثة (L) والمتسعة (C) ويختلفان في قيمة المقاومة (R)، كما موضح في الشكل (10-4 -أ) و (10- 4 -ب) حيث قيمة المقاومة في الشكل (ب) قليلة مقارنة بالمقاومة بالشكل (أ)، من خلال الشكل (10-4) الذي يوضح دائرتي الرنين على التوالي، نلاحظ إن معامل الجودة (Q) للشكل (ب) الذي مقاومته قليلة أفضل من الشكل (أ) وكذلك قيمه التيار (I) اعلى.



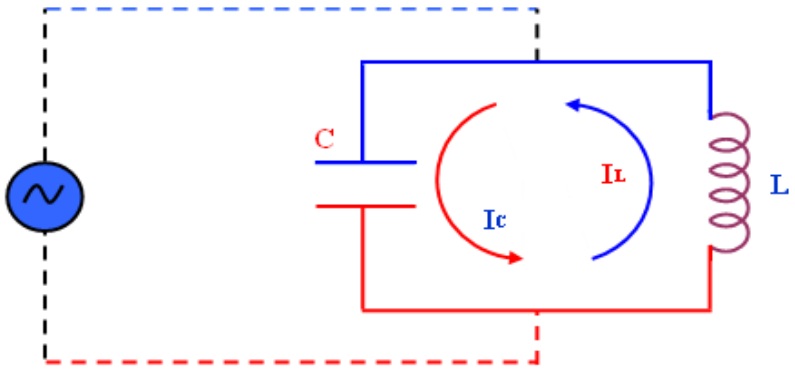
شكل 10-4 دائرتي رنين توالي

ولحساب عامل الجودة (Q) فان:

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} \qquad \text{.....(6-10)}$$

10- 5 دائرة رنين التوازي (The Parallel Resonance Circuit)

دائرة رنين التوازي تتكون من محاثة (L) ومتسعة (C) ربطت على التوازي الى مصدر للتيار المتناوب، وفرض انه لاتوجد مقاومة (R=0) الشكل (10-5) يوضح ذلك، نجد عند الرنين تتساوى كل من الرادة السعوية (X_C) مع الرادة الحثية (X_L)، حيث أن الفولتية توجد على كل من المحاثة (L) والمتسعة (C) لذلك يكون التيار المار عبر المتسعة (I_C) وعبر المحاثة (I_L) متساويين بالقيمة ولكنهما متعاكسان بالاتجاه، أي بينهما زاوية فرق طور مقدارها (180 °) لهذا يكون تيار الدائرة يساوي صفرا.

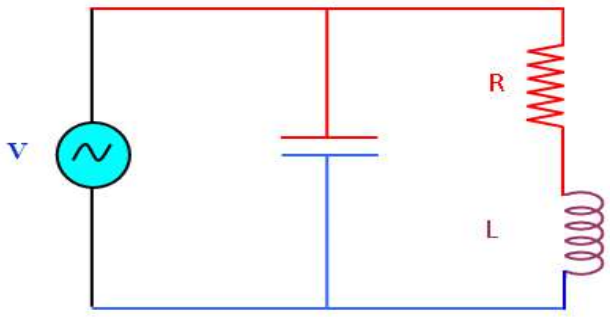


ويمكن معرفة تردد الرنين من العلاقة الآتية:

$$Fr = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}} \qquad \text{.....(7-10)}$$

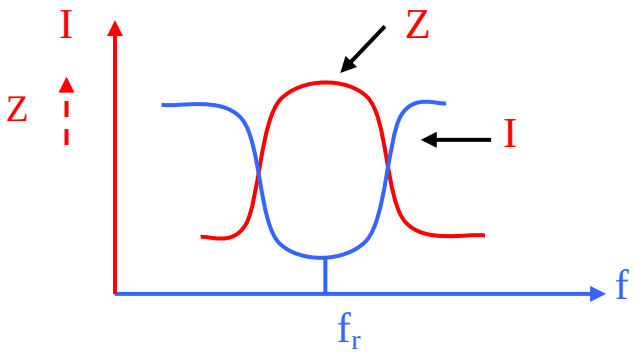
على اعتبار الدائرة مثالية وبدون مقاومة أي (R= 0)، اذا زاد التردد المجهز للدائرة عن تردد الرنين (fr)، يزداد التيار السعوي (Ic) ويقل التيار الحثي (I_L)، فنحصل على تيار سعوي خالص وهو تيار الدائرة، الذي يزداد بزيادة التردد.

اما اذا قل التردد المجهز للدائرة عن تردد الرنين، يزداد التيار الحثي (I_L) ويقل التيار السعوي (I_c)، فيكون تيار الدائرة تيار حثي خالص (I_L)، الشكل (5-10) يوضح خاصية اخرى لدوائررنين التوازي. نحن نعلم ان كلا التيارين (I_C) و(I_L) بين الفرعين، متساويين بالقيمة ولكن متعاكسين في الطور، هذا يؤدي الى عدم وجود تيار بالدائرة، لكن بالتاكيد هناك تيار يمر في الدائرة التي تتكون من المحاثة (L) والمتسعة (C) لكنه وببساطة يدور بينهما، يطلق على هذا التيار اسم (تيار الخزان) ويطلق على الملف (المحاثة) والمتسعة معا دائرة الخزان (Tank Circuit).
فيما سبق افترُضَ وجود دائرة نظرية لاتحتوي على مقاومة (أي دائرة مثالية)، ولكن في الدوائر العملية توجد دائما مقاومة ومعظمها في المحاثة، كماموضح في الشكل (6-10).



شكل 10-6 دائرة رنين على التوازي

يمكن رسم تغيير الممانعة (z) مع التردد (f)، كما موضح في الشكل (10-7)، يلاحظ ان المنحنى الناتج عكس منحنى التيار، اذ عند الرنين يكون التيار صغير جدا، فتكون الممانعة كبيرة جدا.



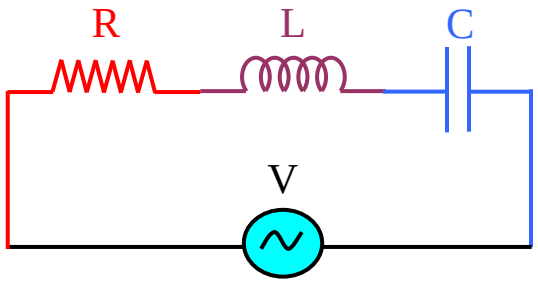
شكل 10-7 تغير الممانعة والتيار مع التردد

مثال (1)

دائرة رنين توالي تتكون من مقاومة (2.4 Ω) ومحاثة معامل حثها الذاتي (25.4mH) ومتسعة سعتها (52 µF)، احسب الآتي:

أ- تردد الرنين

ب- عامل الجودة



شكل 10-8 مثال (1)

أ-

$$f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{L.C}}$$

$$f_r = \frac{1}{2 \times 3.14\sqrt{25.4 \times 10^{-3} \times 52 \times 10^{-6}}} = \frac{1}{6.28\sqrt{1320.8 \times 10^{-9}}}$$

$$= \frac{1}{6.28 \times 36.34 \times 31.6 \times 10^{-6}} = \frac{1 \times 10^{6}}{6.28 \times 1148.34} = \frac{1 \times 10^{6}}{7211.58}$$

$$= 138.6 \text{ Hz}$$

ب-

$$Q = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}} = \frac{1}{2.4}\sqrt{\frac{25.4 \times 10^{-3}}{52 \times 10^{-6}}} = 9.208$$

أسئلة مسائل الفصل العاشر

س1- عرف الرنين في الدوائر الكهربائية.

س2- اشتق العلاقة $f_r = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ ، في رنين التوالي.

س3- ارسم العلاقة بين الممانعة والتردد في رنين التوازي.

س4- بين تأثير المقاومة على عامل الجودة (Q) في دائرة رنين التوالي.

س5- دائرة رنين متوالية الربط تتكون من مقاومة (2 Ω) ومحاثة معامل حثها الذاتي (0.1 H) ومتسعة سعتها (40 μF)، احسب الآتي:

أ- تردد الرنين (fr)

ب- عامل الجودة (Q)

س6- دائرة رنين متوازية الربط ومثالية (R=0) تتكون من محاثة معامل حثها الذاتي (0.19 H) ومتسعة سعتها (100 μF)، احسب تردد الرنين.

س7- دائرة رنين توالي تتألف من مقاومة مقدارها(20Ω) ومحاثة معامل حثها الذاتي (3.5H) ومتسعة سعتها (50 μF) رُبطت الى مصدر للتيار المتناوب ذي فولتية (220V)، احسب الآتي:

أ- تردد الرنين (fr).

ب- اعظم قيمة للتيار (I_{max}).

جـ- عامل الجودة (Q).

الفصل الحادي عشر
المحولات

الأهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى التعرف على المحولات الكهربائية وانواعها.

الأهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1. يميز المحول ومعرفة تركيبه ومبدأ عمله والتفريق بين انواع المحولات الرافعة والخافضة.
2. يحسب قيمة كفاءة المحول على أساس علاقة رياضية ومعرفة الخسائر بالمحولات.
3. يحل مسائل رياضية متعلقة بالموضوع.

المحتويات

- 1-11 المحول الكهربائي
- 2-11 تركيب المحول
- 3-11 مبدأ عمل المحول
- 4-11 أنواع المحولات
- 5-11 كفاءة المحول
- 6-11 خسائر المحول
- 7-11 أسئلة ومسائل الفصل

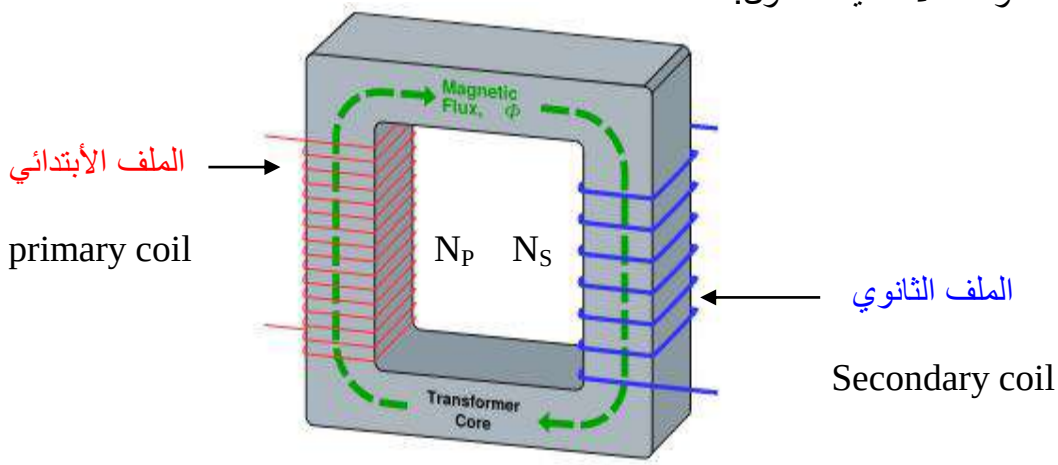
الفصل الحادي عشر
المحولات

1-11 المحول الكهربائي (Electrical Transformer) :

يعرف بانه جهاز كهربائي يمكن بواسطته نقل القدرة الكهربائية من دائرة الى اخرى مع المحافظة على قيمة التردد، اضافة الى ذلك فان للمحول القابلية على رفع او خفض قيمة الفولتية المنقولة، هذه الزيادة او النقصان في قيمة الفولتية تكون مقرونة بنقصان او زيادة في قيمة التيار الكهربائي.

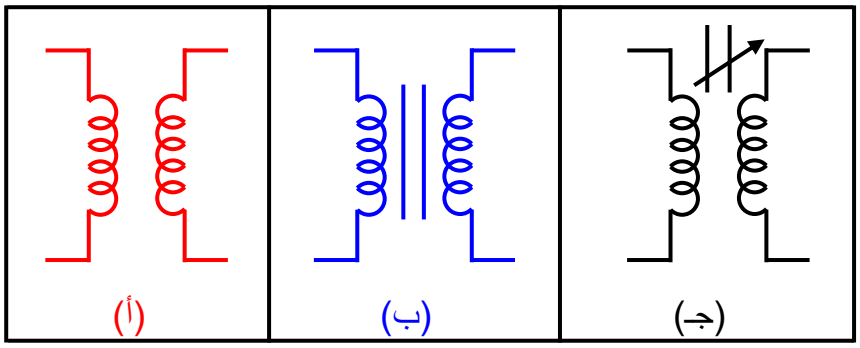
2-11 تركيب المحول (construction of transformer) :

يتركب المحول من ملفين معزولين بعضهما عن بعض كهربائيا"، يسمى الملف الاول بالملف الابتدائي (Primary Coil)، ويسمى الملف الثاني بالملف الثانوي (Secondary Coil)، وهذان الملفان ملفوفان على قلب حديدي مكون من عدة شرائح رقيقة من الحديد السيليكوني معزولة عن بعضها البعض، لغرض تقليل الخسائر بسبب التيارات الدوامة، وللتقليل من فقدان الطاقة شكل (1-11) يوضح المكونات الاساسية للمحول.



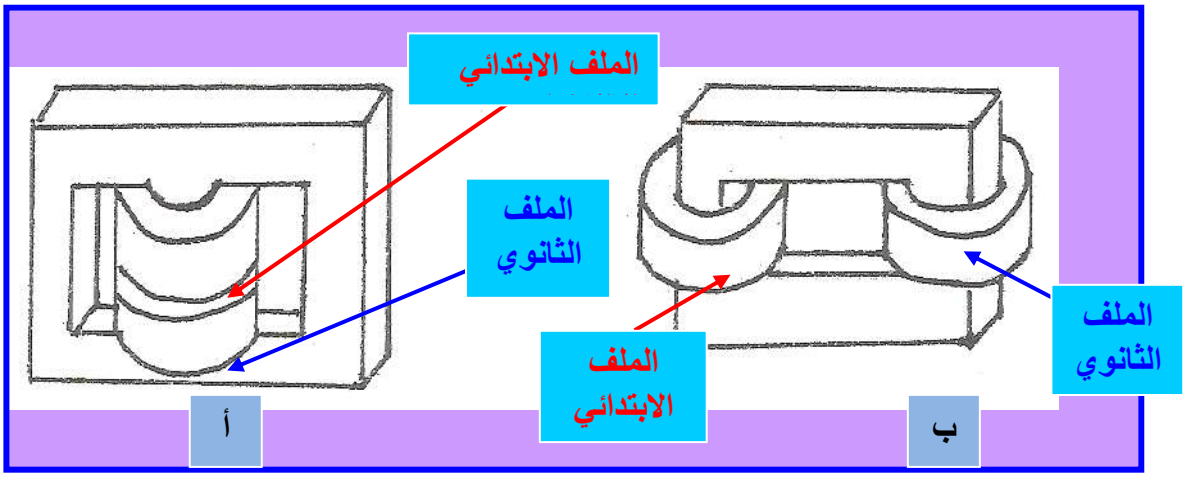
شكل 11-1 المكونات الاساسية للمحول

ان الشكل (2-11) يوضح رموز بعض الانواع الاساسية للمحولات اذ أن هنالك المحول ذو القلب الحديدي والمحول ذو القلب الهوائي والمحولات المتغيرة القلب، لكن اكثر الانواع استعمالاً هي المحولات ذات القلب الحديدي.



شكل 11-2 رموز الأنواع الأساسية للمحولات (أ) تمثل المحول ذو القلب الهوائي (ب) تمثل المحول ذو القلب الحديدي (جـ) تمثل المحول ذو القلب المتغير.

ان كيفية ترتيب الملفات حول القلب الحديدي تاخذ اشكالاً مختلفة، الشكل (11-3) يوضح نوعين من هذه الملفات.

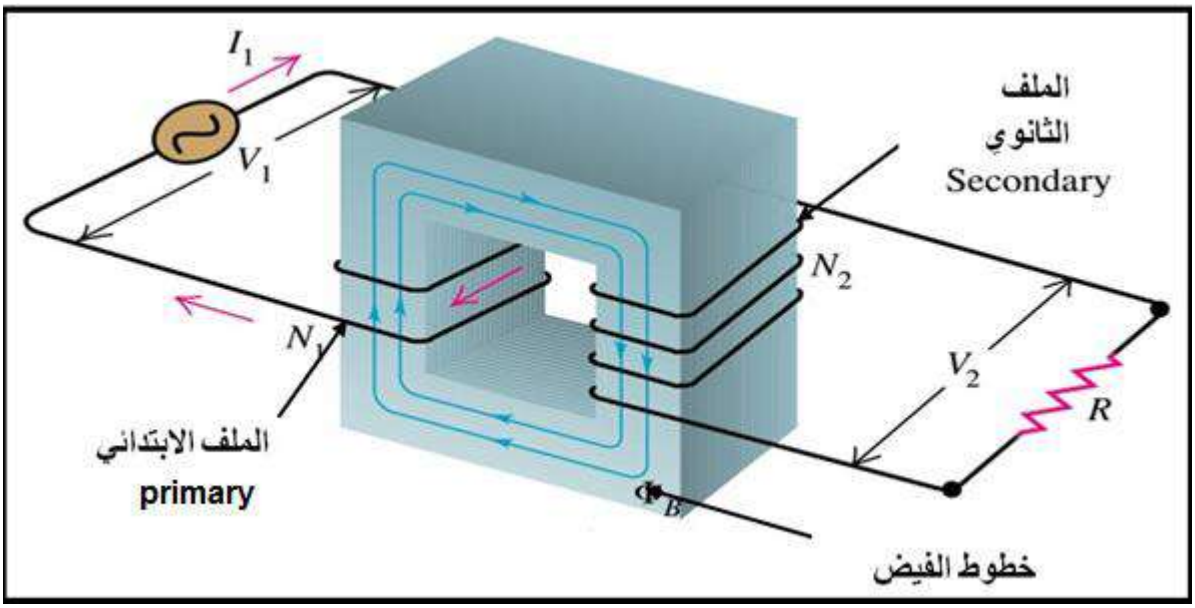


شكل 11-3 ترتيب الملفات حول القلب الحديدي

11-3 مبدأ عمل المحول :

إن اساس عمل المحول هو استخدام خاصية الحث المتبادل بين الملف الابتدائي والملف الثانوي , وعملية الحث المتبادل هذه تجري من خلال الفيض المغناطيسي الذي يربط الملفين الابتدائي والثانوي من خلال سريانه في القلب الحديدي الشكل (11-4) يوضح ذلك.

فإذا ربط الملف الأبتدائي بمصدر للفولتية المتناوبة فإن قوة دافعة كهربائية (ق.د.ك) متناوبة سوف تسري خلال القلب وتسبب توليد (ق.د.ك) محتثة في الملف الثانوي، علماً إن التغيير في الفيض المغناطيسي يكون متساوياً خلال الملفين، وهذا يؤدي الى أن القوة الدافعة الكهربائية (ق.د.ك) المحتثة لكل لفة تكون متساوية في كل من الملف الأبتدائي والثانوي وحسب قوانين الحث الكهرومغناطيسي.



شكل 11-4 محول محمَل

$$V_2 = - N_2 \times \frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} \qquad \text{.....(1-11)}$$

$$V_1 = - N_1 \times \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t} \qquad \text{.....(2-11)}$$

وبما إن الفيض المغناطيسي متساو في الملف الأبتدائي (N_1) والملف الثانوي (N_2)

$$N_1 = N_2$$

$$\frac{\Delta \Phi_2}{\Delta t} = \frac{\Delta \Phi_1}{\Delta t}$$

بقسمة المعادلة (1-11) على المعادلة (2-11) نحصل على:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \qquad \text{.....(3-11)}$$

تسمى $\frac{N_2}{N_1}$ نسبة التحويل. ،

حيث أن :-

(N_2) تعني عدد لفات الملف الثانوي (Secondary)

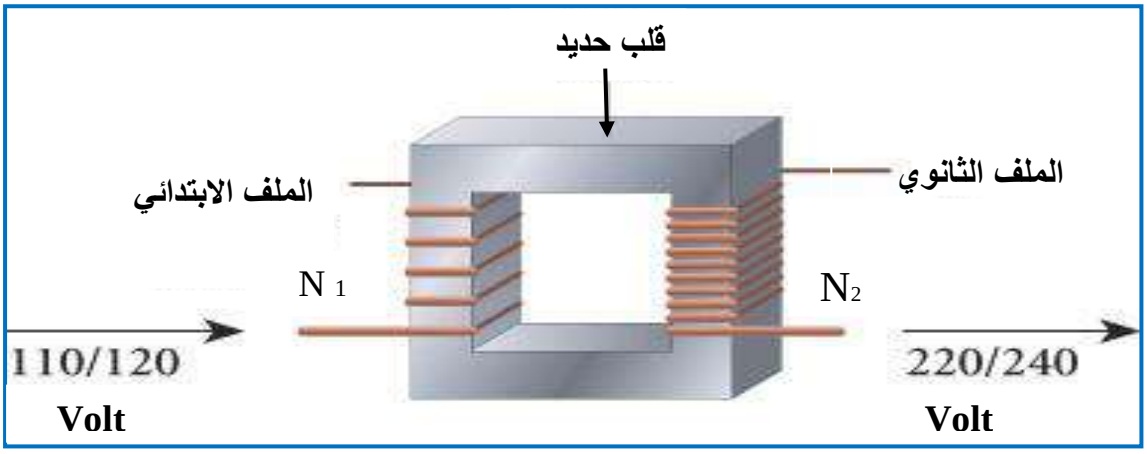
(N_1)تعني عدد لفات الملف الأبتدائي (Primary)

4-11 أنواع المحولات (Types of Transformers) :

سوف نتطرق في هذا الفصل الى المحولات الرافعة للفولتية والمحولات الخافضة للفولتية.

4-11- 1 المحول الرافع للفولتية (Step- up Transformer) :

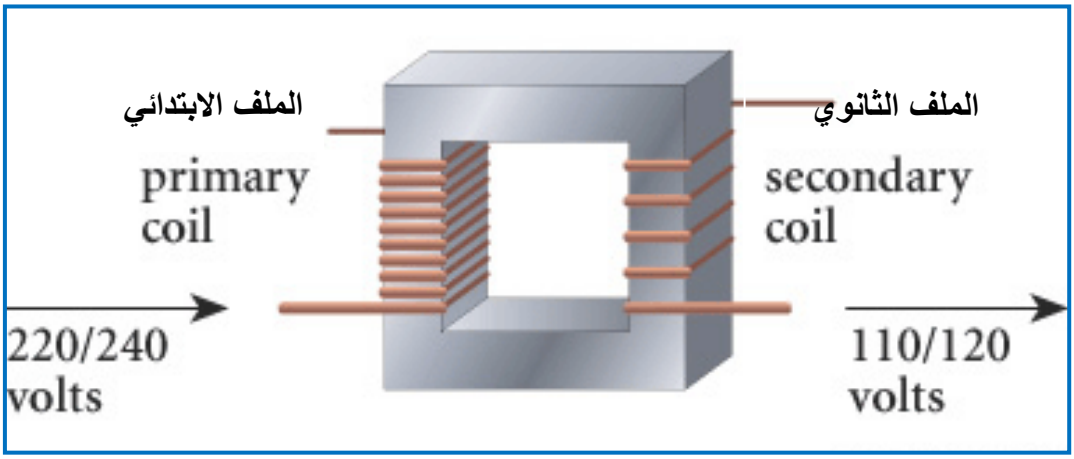
هو المحول الذي يستخدم في نقل الطاقة الكهربائية ويتميز بأن عدد لفات الملف الثانوي (N_2) أكبر من عدد لفات الملف الأبتدائي (N_1)، والفولتية المتولدة في الملف الثانوي (V_2) أكبر من الفولتية المتولدة في الملف الأبتدائي (V_1)، أما بالنسبة للتيار في الملف الثانوي (I_2) أقل من التيار في الملف الأبتدائي (I_1)، الشكل (11-5) يوضح المحول الرافع الذي يستخدم لرفع الفولتية الكهربائية.



شكل 11-5 المحول الرافع

4-11- 2 المحول الخافض للفولتية (Step- down Transformer) :

هو المحول الذي يستخدم في أفران صهر المعادن وفي آلات اللحام ويتميز بأن عدد لفات الملف الأبتدائي (N_1) أكبر من عدد لفات الملف الثانوي (N_2)، والفولتية في الملف الأبتدائي (V_1) أكبر من الفولتية المتولدة في الملف الثانوي (V_2)، لكن تيار الملف الأبتدائي (I_1) أقل من تيار الملف الثانوي (I_2)، الشكل (11-6) يوضح المحول الخافض للفولتية.



شكل 11-6 المحول الخافض

يمكن من خلال نسبة التحويل معرفة نوع المحول هل هو رافع أم خافض وكالآتي:

1- فإذا كانت نسبة التحويل $\frac{N_2}{N_1} > 1$ فإن المحول رافع للفولتية

2- إذا كانت نسبة التحويل $\frac{N_2}{N_1} < 1$ فإن المحول خافض للفولتية

5-11 كفاءة المحول :

يمكن حساب كفاءة المحول بالطريقة نفسها التي تحسب بها كفاءة أي جهاز كهربائي أخر. علماً إن الكفاءة لأي جهاز تساوي نسبة القدرة الخارجة من الجهاز الى القدرة الداخلة اليه وتكون عادة النسبة المئوية (النسبة بين قدرة الملف الثانوي الى قدرة الملف الأبتدائي)، أي إن:

$$\text{كفاءة المحولة} = \frac{\text{القدرة الخارجة من الملف الثانوي}}{\text{القدرة الداخلة الى الملف الأبتدائي}} \times 100\%$$

إذن كفاءة المحول (η)

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100 \ \% \quad \text{.....(4-11)}$$

بسبب وجود فقدان لجزء من القدرة الكهربائية على شكل حرارة التي تتولد في أسلاك الملف الأبتدائي والملف الثانوي وفي قلب المحول لذلك كفاءة المحول لا تصل الى (100%)، ولنفترض إن المحول مثالي أي لا يوجد فقدان للقدرة في أسلاكه وقلبه الحديدي، هذا يعني وحسب قانون حفظ الطاقة أن القدرة في الملف الأبتدائي (P_1) تساوي القدرة في الملف الثانوي (P_2) أي إن:

$$P_1 = P_2 \quad \text{.....(5-11)}$$

وبما إن:

$$P = V \times I \quad \text{.....(6-11)}$$

بتعويض معادلة (6-11) في معادلة (5-11) نحصل على:

$$V_1 \times I_1 = V_2 \times I_2 \quad \text{.....(7-11)}$$

بضرب الطرفين بالوسطين نحصل على:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{I_1}{I_2} \quad \text{.....(8-11)}$$

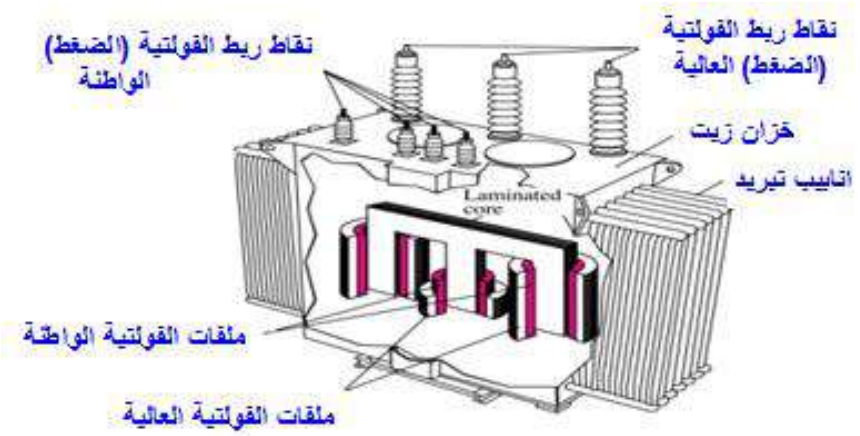
حسب المعادلة (3-11) فإن:

$$\frac{V_2}{V_1} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{.....(3-11)}$$

بتعويض المعادلة (8-11) في المعادلة (3-11) نحصل على:

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{N_2}{N_1} \quad \text{.....(9-11)}$$

لقد اشرنا مسبقا في انواع المحولات بان عند زيادة الفولتية في الملف الابتدائي (V_1) هذا يعني نقصان التيار (I_1) فيه والعكس صحيح. من الجدير بالذكر ان المحولات الكهربائية تسخن عند سريان التيار الكهربائي في اسلاكها لذلك يجب ان تبرد، فالمحولات ذات القدرة العالية يتم تبريدها بغمرها بنوع خاص من الزيوت الموضوعة داخل غلاف يعمل كمشع للحرارة، وذلك لحماية مادة العزل للاسلاك (الملفين الابتدائي والثانوي) من التلف بسبب خسائر الطاقة التي تتحول الى حرارة، كما موضح في الشكل (7-11)، هنالك محولات يتم تبريدها بغاز سادس فلور الكبريت (SF6) وقد شاع استخدامها في الاونة الاخيرة في الاماكن المغلقة.



شكل 11-7 التركيب الداخلي لمحول قدرة كبير

أما الشكل (8-11) فيوضح المظهر الخارجي لمحول قدرة كبير

شكل 11-8 المظهر الخارجي لمحول قدرة كبيرة

6-11 خسائر المحول (The Losses in Transformer) :

هناك خسائر بسبب مقاومة اسلاك الملف الابتدائي والملف الثانوي التي تتحول الى طاقة حرارية خلال عمل المحول، لتقليل هذه الخسارة تستعمل اسلاك في صنع الملفين ذات مقاومة نوعية صغيرة. اما الخسائر الاخرى في المحولات فهي خسائر الهسترة المغناطيسية في القلب الحديدي للمحولات التي تحدث بسبب التغير في مقدار الفيض المغناطيسي وانعكاس اتجاهه، لغرض التقليل منها يصنع القلب الحديدي من مواد فيرومغناطيسيه مثل الحديد المطاوع، وايضا هناك خسائر التيارات الدوامة والمسبب لها الفيض المغناطيسي المار في القلب الحديدي للمحول، تتولد هذه التيارات التي تتحول الى حرارة في القلب الحديدي نفسه، للتخلص منها يصنع القلب الحديدي من صفائح حديد رقيقة معزولة بعضها عن البعض كهربائياً.

مثال (1)

محول كهربائي خافض عدد لفات الملف الابتدائي (2000) لفة يخفض الفولتية من (1800V) الى (180V)، يجهز عدد من المنازل القريبة منه بقدرة مقدارها (18kW)، علما ان كفاءة المحول تساوي (90%). احسب

1. عدد لفات الملف الثانوي (N_2)،
2. القدرة الداخلة في ملفه الابتدائي (P_1)،
3. التيار المار في الملف الابتدائي (I_1) والملف الثانوي (I_2).

الحل :-

1. لايجاد عدد لفات الملف الثانوي (N_2) فان:

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

$$\frac{180}{1800} = \frac{N_2}{2000}$$

$$N_2 = \frac{180 \times 2000}{1800} = 200 \text{ لفة}$$

2. لحساب قيمة القدرة الداخلة لملف المحول الابتدائي (P_1)

$$\eta = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

$$\frac{90}{100} = \frac{18 \times 10^3}{P_1}$$

$$P_1 = \frac{18 \times 10^3 \times 100}{90} = 20 \text{ k W}$$

3. لحساب التيار المار في الملف الابتدائي (I_1) فان:

$$P_1 = V_1 \times I_1$$

$$20 \times 10^3 = 1800 \times I_1$$

$\therefore$ $I_1 = 11.11\ A$

لحساب التيار المار في الملف الثانوي (I_2) فان:

$P_2 = V_2 \times I_2$

$18 \times 10^3 = 180 \times I_2$

$\therefore$ $I_2 = 100\ A$

أسئلة ومسائل الفصل الحادي عشر

س1- ضع علامة √ صح امام العبارة الصحيحة وعلامة ×أمام العبارة الخاطئة وصحح الخطا أن وجد.

أ- تنقل الطاقة الكهربائية بفولتية قليلة وتيار عالٍ.

ب- المحول الرافع عدد لفات ملفه الابتدائي اكبر من عدد لفات ملفه الثانوي.

جـ- تصل كفاءة المحول الى (100%) اذا كان محول مثالي.

د- تيار الملف الابتدائي اكبر من تيار الملف الثانوي في المحولات الخافضة.

هـ- اساس عمل المحول هو استخدام خاصية الحث المتبادل.

س2- اذكر سبب الآتي:

أ- تغمر محولات القدرة العالية في زيت خاص.

ب- يصنع القلب الحديدي للمحول من مواد فيرومغناطيسيه كالحديد المطاوع.

جـ- تستعمل اسلاك في صنع ملف المحول ذي مقاومة نوعية صغيره.

د- المحول الكهربائي الرافع الفولتية يكون خافض للتيار.

س3- مالفرق بين المحول الرافع والمحول الخافض؟

س4- اشرح تركيب المحول مع الرسم.

س5- عرف المحول، وماهو مبدأ عمله؟

س6- محول كهربائي عدد لفات ملفه الابتدائي (360) لفة، عدد لفات ملفه الثانوي (180) لفة. ربط الى مصدر للتيار المتناوب ذو فولتية (220V)، علما ان قدرة الملف الابتدائي (1100W)، احسب مقدار الفولتية والتيار والقدرة الخارجة من ملفه الثانوي، اذا كانت كفاءة المحول (90%).

س7- اعد حل السؤال السادس لنفس القيم، علماً ان المحول مثالي.

س8- محول كهربائي نسبة التحويل (20:1)، فولتية الملف الابتدائي (240V), وتيار الملف الثانوي (5A)، أحسب كفاءة المحول وتيار الملف الابتدائي

الفصل الثاني عشر
تاثيرات التيار الكهربائي

الأهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة تأثيرات التيار الكهربائي في مختلف الفعاليات الحياتية.

الأهداف الخاصة:

بعد إكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1- يعرف التأثير الحراري للتيار الكهربائي وتأثير درجة الحرارة على مقاومة الموصل.
2- يفهم طرق حماية الدوائر الالكترونية باستخدام المصهر (الفاصم) والقطعة ثنائية المعدن.
3- يعرف أجهزة التسخين والتعقيم ودراستها بشكل مفصل من حيث التركيب وطريقة العمل ودراسة الرسم التفصيلي لهذه الأجهزة.
4- يُدرك التأثير المغناطيسي للتيار الكهربائي ومن أهم تطبيقاته المولد الكهربائي والمرحلات.
5- يُدرك التأثير الكيمياوي للتيار الكهربائي ومن تطبيقاته البطاريات.
6- يفهم التأثير الفسلجي للتيار الكهربائي من خلال دراسة تأثيرات التيار الكهربائي، والتعرف على أنواع الصدمات وتحديد قيم التيارات والتاثير الفسلجي الذي تسببه على جسم الانسان.

المحتويات

- 12-1 تمهيد
- 12-2 التاثير الحراري للتيار الكهربائي
- 12-3 التاثير المغناطيسي للتيار الكهربائي
- 12-4 التاثير الفسلجي للتيار الكهربائي
- 12-5 التاثير الكيمياوي للتيار الكهربائي
- 12-6 أسئلة ومسائل الفصل

الفصل الثاني عشر
تاثيرات التيار الكهربائي
Effects Of Electric Current

1-12 تمهيد :

للتيارالكهربائي تاثيرات مختلفة ومتنوعة، حسب نوع المادة التي يسري بها أوتركيبها أوحالتها (صلبة، سائلة، غازية) لذا يمكن الاستفادة من هذه التاثيرات المختلفة في حياتنا اليومية في صناعة الاجهزة الكهربائية مثل المدافيء، المصابيح المحركات وغيرها، ومن اهم هذه التاثيرات للتيار الكهربائي هي :-

1- التاثير الحراري (Thermall effect).
2- التاثير المغناطيسي (Magnetic effect).
3- التاثير الكيمياوي (Chemical effect).
4- التاثير الفسلجي (Physiological effect).

سناخذ في الفقرات القادمة كل تاثير على حده وحسب التسلسل اعلاه لتوضيحة واعطاء امثلة عنه.

2-12 التأثير الحراري للتيار الكهربائي

إن أول من اكتشف ظاهرة التأثير الحراري للتيار هو العالم الانكليزي جول، الذي اطلق اسمه على وحدة الشغل المنجز (w) ويمكن تعريف الجول : بانه مقدار الشغل الذي ينجزه تيار (I) مقداره امبيراً واحداً يسري في مقاومة (R) مقدارها أوم واحد لفترة زمنية (t) مقدارها ثانية واحدة.

يمكن صياغة قانون الشغل كالآتي:

$$W=I^2 R t \quad (\text{joules}) \qquad .....(1\text{-}12)$$

تطبيق قانون اوم نستطيع صياغة القانون كالآتي:

$$W=V I t = pt \qquad .....(2\text{-}12)$$

الشغل = القدره ×الزمن

حيث ان: V= الفولتية وتقاس بالفولت (V)

P= القدرة وتقاس بالواط (W)

ويمكن ان تعرف القدرة بانها المعدل الزمني لانجاز الشغل ووحداتها الواط (watt).

$$P = \frac{w}{t} \qquad .....(3\text{-}12)$$

بما ان الشغل الذي ينجزه التيار (I) في مقاومة (R) يظهر بأكمله على شكل حرارة، فأن الطاقة الكهربائية (E) (Energy) المستهلكة في المقاومة تتناسب مع كمية الطاقة الحرارية (Q) المتولدة فيها علماً أن وحدة الطاقة هي نفسها وحدة الشغل:-

الشغل = الطاقة الحرارية × عدد ثابت

$$W= Q.(J) \qquad .....(4\text{-}12)$$

حيث ان Q: هي كمية الحرارة وتقاس بوحدات السعرة (cal.) اوالكيلو سعرة (kcal.)

J: هو الثابت أو المكافئ الميكانيكي للحرارة $= 4.184 = 4.19$ $\frac{\text{جول}}{\text{سعرة}}$

.

$$\therefore J = 4.2 \ \frac{\text{joul}}{\text{Cal.}} \qquad \ldots\ldots\ldots\ldots(5\text{-}12)$$

إذن كميه الحرارة بوحدات السعرة $= \frac{\text{الشغل (w)}}{4.2}$

$$\therefore \ Q = \frac{Pt}{4.2} \ \text{cal.} \qquad \text{سعرة} \ldots\ldots\ldots(6\text{-}12)$$

$$\therefore \ Q = 0.24\ I^2\ Rt \ = \ 0.24\ IVt \ \ \text{cal.} \qquad \text{سعرة} \ \ldots\ldots\ldots(7\text{-}12)$$

مثال (1)

إحسب مقدار الشغل المنجز (w) اذا مر تيار كهربائي (I) قيمتة (0.5A) في مصباح يعمل بفولتية متناوبة مقدارها (200V) ولمدة (10) دقيقه ثم احسب كمية الحرارة (Q) المستهلكة في المصباح.

الحل :-

1- $w = I^2\ Rt = vIt = 200 \times 0.5 \times 10 \times 60$

$\therefore \quad w = 60000$ joules $= 6 \times 10^4$ joules.

2- $Q = \frac{W}{J} = \frac{6 \times 10^4}{4.2} = 14285$ cal. $= 14.2$ kcal. (كيلو سعرة)

مثال (2)

احسب القدرة بوحدات الواط (W) في المثال1.

الحل :-

$$P = \frac{W}{t} = \frac{6 \times 10^4}{600} = 100 \text{ watt} \qquad (\text{واط})$$

مثال (3)

احسب مقدار السعرات المتحررة خلال زمن قدرة (15) دقيقة في مقاومة مقدارها (50Ω) موصلة على طرفيها فرق جهد كهربائي (200V).

الحل :-

$$Q = 0.24 \times I^2 \times R \times t$$

حيث ان:

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

$$Q = 0.24 \times \frac{V^2}{R^2} \times R \times t$$

$$Q = 0.24 \times \frac{V^2}{R} \times t$$

$$Q = 0.24 \times \frac{(200)^2}{50} \times 15 \times 60 = 172{,}800 \text{ cal} = 172.8 \text{ kcal}$$

1-2-12 تاثير درجة الحرارة على مقاومة الموصل :

عادة تزداد مقاومة المواد المعدنية (الفلزات والسبائك المصنوعة منها) بزيادة درجة الحرارة.
نفرض ان مقاومة موصل عند درجة الصفر المئوي (t_o) درجة مئوية هي (R_o) اوم وعند ارتفاع درجة حرارتة الى (t) درجة مئوية تصبح مقاومة الموصل (R_t) أوم.

اذن الزيادة في قيمة مقاومة الموصل (ΔR) هي:

$$\Delta R = R_t - R_0 \quad \text{(اوم)} \qquad .....(8\text{-}12)$$

والتغير في درجة الحرارة هو

$$\Delta t = t - t_0 \quad \text{درجة سليزية} \qquad .....(9\text{-}12)$$

بما ان التغير يتناسب طردياً

$$\Delta R \propto R_0 \Delta t \qquad ..... (10\text{-}12)$$
$$\Delta R = \propto R_0 \Delta t \qquad ..... (11\text{-}12)$$

حيث ($\propto$) هو معامل التناسب وهو المعامل الحراري للمقاومة ويعتمد على نوع المادة ووحداته واحد على درجة الحرارة المئوية ($1/^\circ c$) لذلك

$$R_t - R_0 = \propto R_0 (t - t_0) \qquad .....(12\text{-}12)$$
$$R_t = R_0 (1 + \propto \Delta t) \qquad .....(13\text{-}12)$$

واذا كانت (α_0) هي المعامل الحراري للمقاومة بدرجة الصفر و(α_t) المعامل الحراري للمادة بدرجة (t) مئوية فان العلاقة بينهما هي :

$$\alpha_0 = \alpha_t (1 + \alpha_0 t) \quad \text{.....(14-12)}$$

$$\alpha_t = \frac{\alpha_0}{1 + \alpha_0 t} \quad \text{.....(15-12)}$$

لكل مقاومة معامل حراري معين حسب درجة الحرارة وتقاس (α) عادة بدرجة حرارة المختبر أي بدرجة (20) مئوي، ويرمز لها :α_{20}

علما بان المقاومة التي تزداد قيمتها عند ارتفاع درجة حرارتها تكون ذات معامل حراري موجب (α +) وتسمى (Positive Temperature Coefficient P.T.C) المقاومات ذات المعامل الحراي الموجب

اما المقاومات التي تنخفض قيمتها عند ارتفاع درجة حرارتها (α -) وتسمى (NegativeTemperature coefficient N.T.C) المقاومات ذات المعامل الحراري السالب.

مثال (4)

ملف من النحاس مقاومتة (70Ω) بدرجة (20˚c) وعند سريان التيار فيه ارتفعت حرارته الى (80˚c)، احسب مقدار الزيادة في مقاومتة اذا علمت بان المعامل الحراري للنحاس يساوي 1/c˚ (α_{20}= 0.004).

الحل :-

$\Delta t = 80 - 20 = 60°\ C$

$R_t = R_0 (1 + \alpha_{20} \Delta t) = 70 (1 + 0.004 \times 60)$

$R_t = 70 (1 + 0.24) = 86.8\ \Omega$

$R_{80} = 86.8\ \Omega$ المقاومة بدرجة 80° مئوي هي:

إذن الزيادة في المقاومة

$R_{80} - R_{20} = 86.8 - 70 = 16.8\ \Omega$

مثال (5)

ملف من البلاتين مقاومتة (3Ω)عند درجة (30°c) و(4Ω) عند درجة (120°c) احسب (α_0) و(R_0).

الحل :-

$\Delta t = 120 - 30 = 90°C$

$R_t = R_0 (1 + \alpha_0 \Delta t) \Rightarrow 4 = 3 (1 + \alpha_0 90) = 3 + 270\ \alpha_0$

$\therefore \quad \alpha_0 = 1/ 270 = 0.0037\ \ 1/ c^o$

$3 = R_0 (1 + 0.0037 \times 30)$

$$R_0 = \frac{3}{1.111} = 2.7\ \Omega$$

2-2-12 الفاصم (المصهر) الكهربائي (Fuse) :

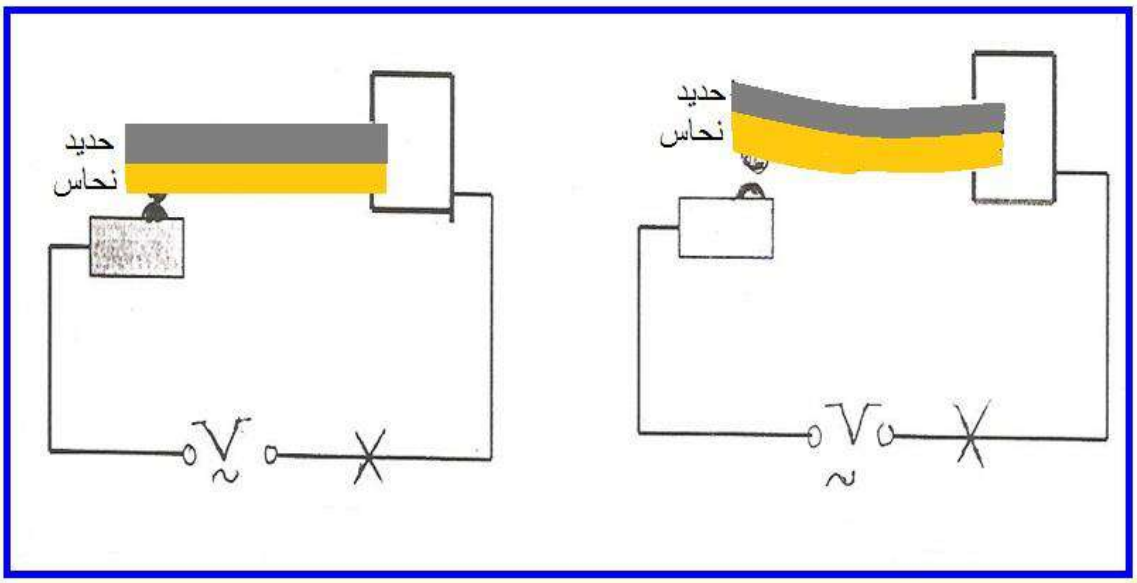
يستخدم الفاصم لحماية الاجهزة والدوائر الكهربائية من الزيادة في التيار الكهربائي، ويتكون من سلك رفيع وضع في حافظة خزفية او مادة لا تحترق. يربط الفاصم بالتوالي مع الجهاز المراد حمايته. عند مرور تيار كهربائي اكثر من المسموح به، ينصهر السلك ويفصل الدائرة الكهربائية. شكل (12-1) يوضح فاصم الاجهزة المنزلية ورمز الفاصم.

(أ) (ب)

شكل 12-1 الفاصم الكهربائي

3-2-12 الحماية الحرارية بواسطة القطعة الثنائية المعدن (Bimetal Strip) :

تستخدم القطعة الثنائية المعدن لحماية الاجهزة الطبية والكهربائية. تتكون الحماية من ازدواج معدن احدهما ذو معامل تمدد عال كالنحاس والاخر ذو تمدد اقل مثل الحديد، عند مرور تيار كهربائي اكبر من الحد المسموح به لتحمل الجهاز الكهربائي، فأن القطعة الثنائية تسخن وتنحني وتفصل الدائرة الكهربائية.كماموضح في الشكل (12-2).



ب- دائرة مصباح في حالة قطع أ- دائرة مصباح في حالة توصيل

شكل 12-2 الحماية الحرارية في دائرة مصباح

4-2-12 اجهزة التسخين والتعقيم (Heaters And Auto Claves) :

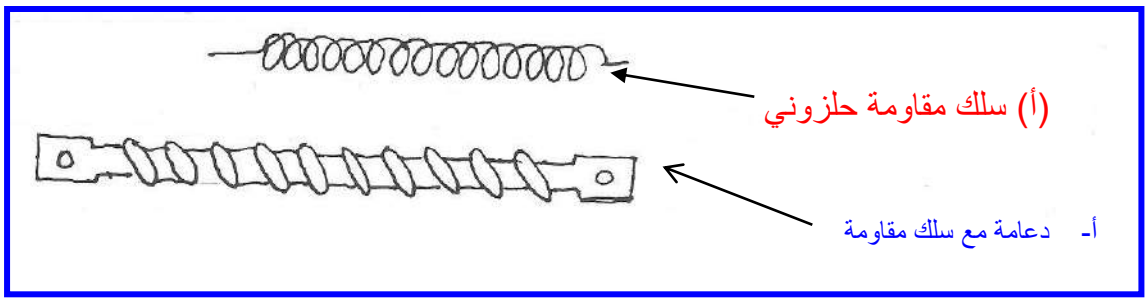
1 - اجهزة التسخين (Heaters) :

من التاثيرات المهمة للتيار الكهربائي والتي تستخدم بكثرة في البيوت، والفنادق و المصانع هي استخدام الحرارة الناتجة من الكهرباء في الطبخ والتدفئة والصناعة.

حيث تتميز الاجهزة والمعدات الحرارية الكهربائية اواجهزة التسخين بانها تكون دائما جاهزة للاستعمال ولا تنتج عن ادائها أي بقايا احتراق اوغازات، وليس لها رائحة كما انها مريحة ونظيفة وسهلة الاستعمال. من اهم اجهزة التسخين هي التدفئة الكهربائية، استخدام الحرارة في الطبخ، سخانات الماء الكهربائية، ومبردات الماء الكهربائية.....الخ ويمكن تلخيص اهم انواع اجهزه التسخين كالآتي:-

أ- المسخنات الاشعاعية :

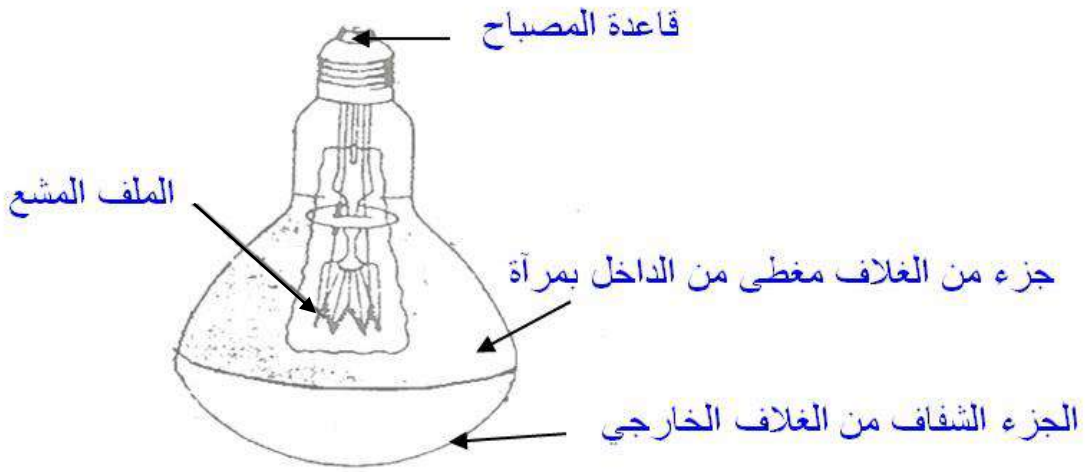
في المسخنات الاشعاعية يسري التيار الكهربائي في سلك مقاومة حتى يصبح لونه احمر نتيجه الحرارة المتولدة في المقاومة، ويسمى السلك هذا بالمسخن (Heater) ويلف السلك بشكل حلزونى على قضبان حاملة مصنوعة عادة من الخزف، الشكل (12-3) يوضح ذلك



الشكل 12-3 سلك مقاومة (سخان)

تستخدم المسخنات الاشعاعية الكهربائية في الغرف وفي الاماكن الجافة للتدفئة، وتصنع بقدرات مختلفة بحيث يمكن تشغيلها مباشرة من خلال مقبس الحائط وبجهد (220V).

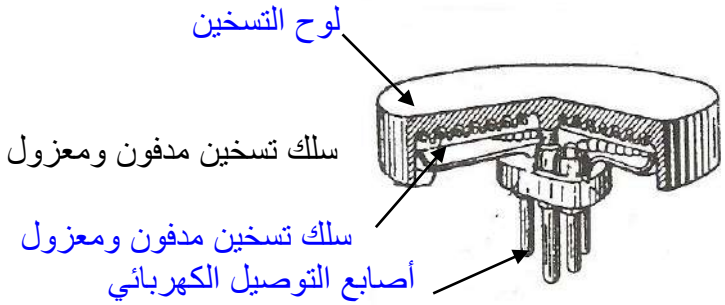
تصنع بعض المسخنات على شكل موقد او على شكل قطع مكافئ.هناك مسخنات تشتغل على الاشعة تحت الحمراء وهي تشبه في تركيبها المصابيح المتوهجة حيث تحدد ابعاد ومقاومة ملف التسخين بحيث تعطي انبعاثاً ضوئياً ايضاً بالاضافه الى الحرارة، وهناك مسخنات تشتغل على الاشعة تحت الحمراء لكن مظلمة، حيث توضع المادة المسخنة داخل انبوبة معدنية او انبوبة من الخزف، وتستخدم المشعات المظلمة في الاماكن التي لا يستحب فيها الاضاءة. الشكل (12-4) يوضح شكل واجزاء مسخن بالأشعة تحت الحمراء.



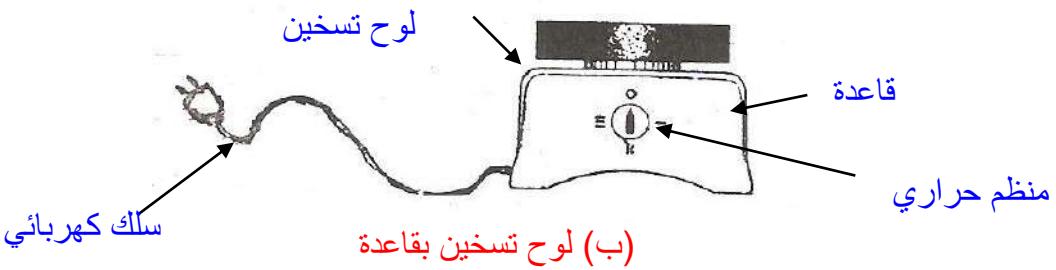
الشكل 12-4 مسخن بالأشعه تحت الحمراء

ب- الواح التسخين الكهربائية :

يطلق على الواح التسخين الكهربائيه بالواح الطهي، وتتكون من لوح خارجي معدني يحتوي في داخله على اسلاك التسخين كما موضح بالشكل (12–5 أ) وهي معزولة عن بعضها البعض وفي نهاياتها اصابع التوصيل التي تكون موجودة في القاعدة وتزود بمفتاح لزيادة درجة الحرارة عن طريق زيادة طاقة المسخن وعلى أكثر من منظم حراري (مرحل) هناك طباخات كهربائية تحتوي على عدد من السخانات وطاقات مختلفة حسب الحاجه وتوصل بمقبس الحائط، كما موضح في الشكل (12-5- ب)



(أ) لوح التسخين الخارجي

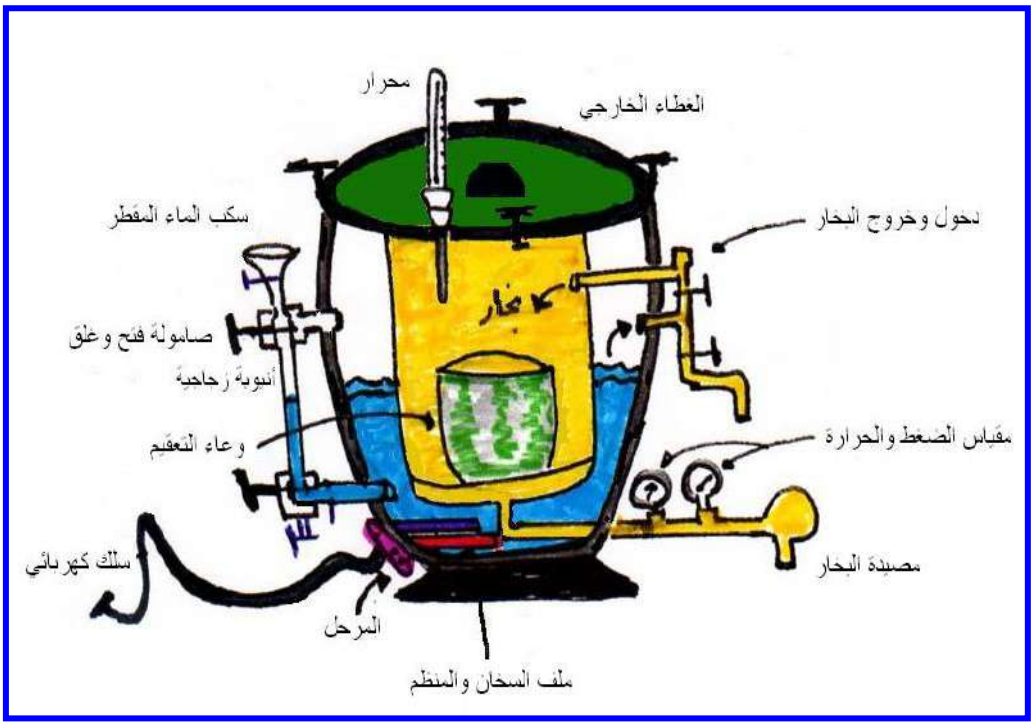


(ب) لوح تسخين بقاعدة

شكل 12-5 الواح التسخين الكهربائية

2- اجهزة التعقيم (Autoclave)

في اجهزة التعقيم يستخدم ايضا التيار الكهربائي لتشغيل ملف سخان الجهاز وكذلك منظم درجة الحرارة، هما مشابهان لما موجود في سخانات الماء الحار في البيوت وفي المصانع. يُسيطَر على درجة الحرارة من خلال المنظم الحراري (Thermostate) في جهاز التعقيم، كما موضح في الشكل (12-6) الذي يستخدم في المستشفيات والمؤسسات الصحية وغير الصحية لتعقيم المعدات الطبية، وكذلك قطع الشاش ولفافات الجروح وغيرها حيث توضع في وعاء خاص، هو وعاء التعقيم.



الشكل 12-6 جهاز التعقيم الطبي (Autoclave)

يملئ جهاز التعقيم بالماء من خلال انبوبة التغذية الى الحد المطلوب الذي يمكن مشاهدته من خلال الانبوبة الزجاجية المدرجة بعد ذلك يشغل الجهاز وعندها يتبخر الماء ويدخل الى داخل الوعاء الحاوي على المعدات بعد فتح قفل البخار. بما ان الجهاز محكم الغلق، فسيصل الى درجة الحرارة والضغط الكافيين للتعقيم، حسب المواد التي يراد تعقيمها، لذلك يمكن تعريف جهاز التعقيم (Auto clave) كالاتي:

هو جهاز معدني محكم الغلق ومعزول عزلاً تاماً عن المحيط الخارجي، يستخدم فيه البخار الحار تحت ضغط محدد حسب الحاجة ليقوم بتعقيم المعدات التي تتحمل الرطوبة ودرجات الحرارة العالية مثل شفرات الجراحة والابر، الشاش، وبعض العدد اليدوية،علما بان هناك عده طرق للتعقيم اوالتطهير لقتل الجراثيم المايكروية (Micro organisms)الموجوده على الاجهزة الطبية او الشراشف والملابس حسب طبيعة وتحمل كل منها وهي:-

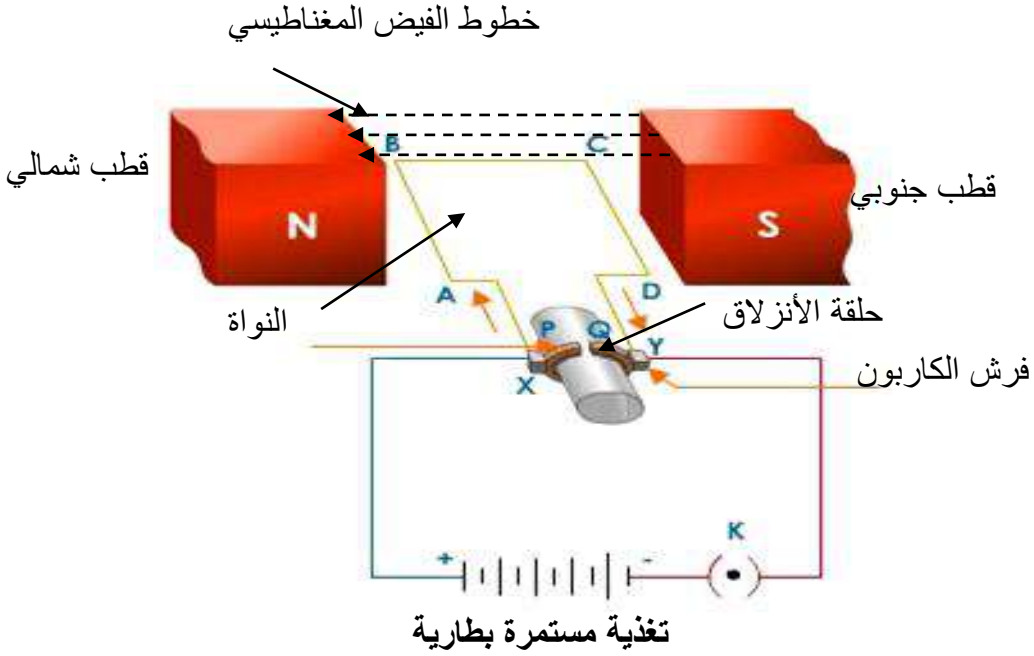
أ- طريقة التعقيم بحرارة البخار (Steam Heat)
ب- طريقة الحرارة الجافة (Dry Heat)
جـ- الغاز السائل (Liquid)
د- الاشعاع (Radiation)

3-12 التاثير المغناطيسي للتيار الكهربائي (Magnetic Effect) :

1-3-12 المحرك الكهربائي البسيط :

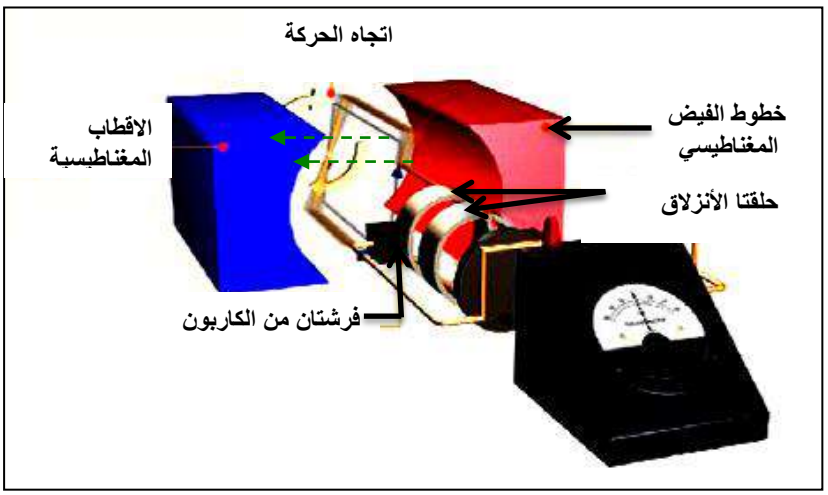
درسنا في الفصل السابع المولد الكهربائي المتناوب (AC)، وكيفية تحويل الحركة الميكانيكية الى طاقة كهربائية حيث، يمكن مع مراعاة ترتيبات معينة ان نجعل مولد التيار المستمر الذي ياخذ طاقة ميكانيكية على عمود الادارة ويعطي طاقة كهربائية مستمرة اي يشتغل كمحرك كهربائي مستمر، وذلك بان ياخذ الطاقة الكهربائية من مصدر التغذية (البطارية) وليعطي طاقة ميكانيكية محركة على عمود الادارة.

في هذه الحاله ينعكس اتجاه مرور التيار ولكن يبقى اتجاه الدوران وتيار الملفات ثابتاً علما بان الأجزاء التي يتكون منها المحرك الكهربائي هي نفسها اجزاء المولد الكهربائي. الشكل (12-7) يوضح الاجزاء وحركة الدوران لمحرك كهربائي مستمر بسيط، حيث يتكون من مغناطيس دائم كما في المحركات البسيطة (اومغناطيس كهربائي في باقي الانواع) وهو الجزء الثابت من المحرك (Stator) ومن الملف الدوار او نواة المحرك (Rotor) التي تدور داخل المجال المغناطيس الدائمي، ثم الحلقة الجامعة (حلقة الانزلاق) التي على طرفيها يمكن تجهيز التيار الكهربائي بواسطه فرشتين من الكاربون، تنزلق على الحلقة.



الشكل 12-7 مخطط المحرك الكهربائي البسيط ذو التيار المستمر

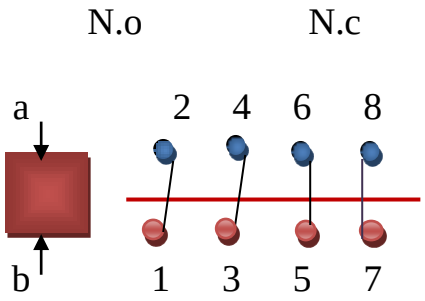
ان عمل وطريقة دوران وتفاعل المغناطيس الدائمي مع المجال المغناطيسي للملف هي نفسها في المولد البسيط للتيار. يمكن الحصول على محرك التيار المتناوب، كما موضح في الشكل (12-8) الذي يمثل اجزاء وحركة دوران المحرك، حيث يتكون من نفس الاجزاء في المحرك المستمر، لكن الاختلاف الاساسي في حلقتي (الانزلاق) المستخدمة بدلا من حلقة واحدة كما في المحرك المستمر، وذلك لان التيار المتناوب تتبدل اقطابه دوريا أي تنعكس بين الاتجاه الموجب والسالب في نصفي موجة التغذية المتناوبة والتي هي عبارة عن موجة جيبية.



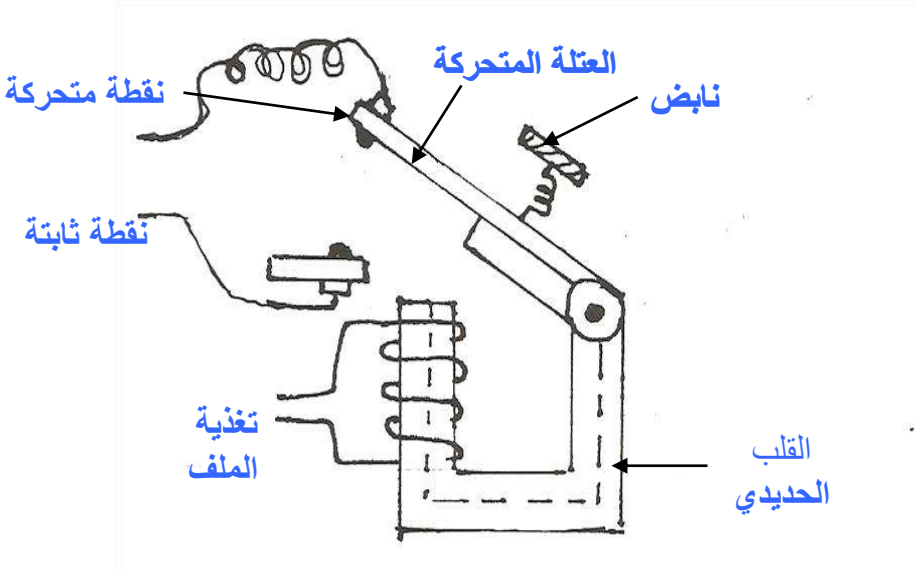
الشكل 12-8 مخطط المحرك الكهربائي البسيط ذو التيار المتناوب

12-3-2 المرحلات والموصلات الهوائية (Relays And Air Contactors) :

تستخدم المرحلات بكثره للسيطرة على الاجهزة الكهربائية حيث تصنع بمختلف الانواع والاحجام لذا يمكن تعريف المرحل (ReIay) بانه مفتاح آلي كهرومغناطيسي يستخدم لفتح وغلق دائرة كهربائية واحدة اواكثر حيث يتكون من ملف نحاسي معزول ملفوف على قلب حديدي. وعتلة متحركة (Armature) تحتوي على نقطة توصيل اواكثر لفصل وتوصيل الدوائر الكهربائية. الشكل (12-9) يوضح رمزالمرحل حيث اقطاب الملف هي (a.b) ونلاحظ اربعاً من نقاط التوصيل هي (1-2 و 3-4) نقاط التوصيل عادة مفتوحة (N.o) حيث تغلق وتوصل الدائرة عند تغذية الملف (b-a) اما النقاط (5-6 و 7-8) فهي عادة مغلقة (N.c) أي الدائرة المرتبطة فيها تكون متصلة بالتغذية وعند تغذية الملف تفتح فتنفصل الدائرة.



الشكل 12-9 رمز المرحل أو الموصل الهوائي



الشكل 12-10 مخطط يبين مبدأ عمل المرحل اوالموصل الهوائي

لتوضيح مبدأ عمل دائرة المرحل نلاحظ في الشكل (12-10) عند تغذية الملف يسري تيار كهربائي فيه فيتولد مجال مغناطيسي في القلب الحديدي يكون كافيا لسحب العتلة المتحركة ضد قوة النابض، ويتم توصيل الدائرة الكهربائية وذلك بتوصيل النقطة المتحركة مع النقطة الثابته فتوصل الدائرة الكهربائية المربوط بها المرحل على التوالي عند هبوط او قطع التيار الكهربائي فان النابض سيقوم بسحب ذراع العتلة فتنقطع الدائرة الكهربائية.

4-12 التاثير الفسلجي للتيار الكهربائي (Physiological Effect)

للتيار الكهربائي ثلاثة تاثيرات مهمة عند مروره خلال جسم الانسان هي:

1- الضرر والاحمرار والحروق الذي يخلفه في انسجة الجسم.
2- التقلص الغير مسيطر عليه على عضلات الجسم او الاغماء.
3- الانقباض (الاختلاج) العضلي للبطينين في القلب.

ان الصدمة الكهربائية لايمكن ان تحدث الا بوجود دائره مغلقة للتيار الكهربائي يكون فيها الجسم جزءاً منها لذا يجب عزل الجسم تماماً عند الاشتغال في الكهرباء اوعزله عزلاً تاماً بطرق العزل الحديثة (العزل العائم) عند اجراء العمليات الجراحية او استخدام الاجهزة الطبية المختلفة على جسم الانسان للتشخيص اوالعلاج.

حيث ان الصدمة الكهربائية تحفز انسجه الجسم المختلفة كهربائيا وتبدأ من الشعور بالوخزة البسيطه (Tingling) للتيارات ذات القيم المنخفضة والى رد الفعل العنيف (Tetanus) المصاحب للتشنجات العضلية ثم الانقباض العضلي البطيني في القلب ثم الوفاة.

تعتمد الصدمة الكهربائية على شده التيار الكهربائي وعلى تردده (مدة او زمن التأثير) والمكان (الموقع) الذي يسري فيه التيار في الجسم اوالعضو الذي يمربه.
تقسم الصدمة الكهربائية الى نوعين هما:

أ- الصدمة الدقيقة (المايكروية) (Microshock)
ب- الصدمة الكبيرة (المكروية) (Macroshock)

أ- الصدمة المايكروية (الصدمة الدقيقة) (Microshock):

وهي الصدمه الناتجة من مرور تيار كهربائي ذوقيمة منخفضة بقيمه مايكرو امبير(µA) لذلك سميت (بالمايكروية) والتي تحدث مباشرة خلال القلب اثناء العمليات الجراحيه اوالقسطرة (Catheter) في شرايين او اوردة الجسم اوعند ملامسة الجدار الداخلي للقلب اثناء قياس ضغط الدم او القسطرة او اجراء الصدمة الكهربائية بواسطة اجهزة الصدمة الكهربائية.
ممكن ان تحدث الصدمة الدقيقة او المايكروية بحدود من (10 µA) ولغاية (100 µA) وتؤدي الى الوفاة بسبب الاختلاجات القلبية.

ب- الصدمة الكبيرة (المكروية) (MacroShock):

وهي الصدمة الناتجة من مرور تيار من (1mA) فما فوق. حيث ان التيار بقيمة (1mA) هوبداية الشعور بوجود التيار الكهربائي (الوخزة) اما بقيمة (10mA) فأنه يسبب الامساك (تقلص العضلات وامساك السلك الكهربائي) وعند قيمة (100mA) يسبب صعوبة في التنفس بعدها اختلاج البطيني في القلب ثم الوفاة.
علما بان تردد التيار مهم ايضا فمثلا قياس بتردد (50Hz) والى (60Hz)عند مروره من اليد اليمنى والى اليد اليسرى يسبب صدمة اعنف مقارنة بتردد اعلى او اقل من هذه القيمة او التيارات بتردد (1kHz) لايسبب نفس الاذى اذا كانت بنفس القيم اعلاه واستمرت لنفس المدة الزمنية، اما اذا زاد التردد ووصل الى قيمة تردد الميكاهرتز (MHz) فانه لايسبب أي صدمة كهربائية على الاطلاق، وتستخدم عادة هذه القيم من الترددات في اجهزه الجراحة الكهربائية للقطع والتخثير انسجة الجسم اثناء العمليات الجراحية. والجدول رقم (1) يبين قيم التيارات والتاثير الفسلجي الذي تسببة، بتردد (50Hz) الى (60Hz).

جدول (12-1) التأثير الفسلجي للتيار الكهربائي على جسم الانسان

شدة التيار (لمدة ثانية واحدة)	التاثير الفسلجي
1mA	بداية الاحساس بالتيار (الشعور بوخزة)
5mA	اعلى قيمة تحمل بدون أي اذى
10-20mA	بداية التقلص العضلي والامساك
50mA	الشعور بالالم - الاغماء- الانهاك والاذى والضررفي أنسجة الجسم
100-300 mA	بدايه الاختلاج البطيني في القلب مع بقاء مركز التنفس بدون تاثير
6A	حروق مع شلل في التنفس ثم الوفاة

5-12 التاثير الكيمياوى للتيار الكهربائى (Chemical Effect) :

تحدث التاثيرات الكيمياوية للتيار الكهربائي عند مروره بالسوائل حيث يؤثر التيار الكهربائي في خواصها الكيمياوية وذلك عند حدوث التفاعلات الكيمياوية فيها. وسبق ان درسنا في الفصل الخامس البطاريات والخلايا الكهربائية وعملها في حالة التفريغ والشحن.

أسئلة ومسائل الفصل الثاني عشر

س1- عدد انواع تأثيرات التيار الكهربائي مع ذكر مثال واحد لكل نوع.

س2 - عرف الآتي مع الرسم والتأشير:

أ - الفاصم ب - قطعة ثنائية المعدن جـ - المسخن الشعاعي د - لوح التسخين

س3 - ارسم مع التأشير جهاز التعقيم مع شرح مبسط لكيفية استخدامه.

س4- عدد فقط طرق التعقيم المستخدمة لقتل الجراثيم الموجودة على الاجهزة والمعدات الطبيه.

س5- ارسم الدائرة الكهربائية للمحرك البسيط يشتغل على التيار المتناوب مع الشرح.

س6- ماهو المرحل وكيف واين يستخدم مع رسم رمزه ومبدأ عمله؟

س7- ماالفرق بين الصدمة المايكروية والمكروية؟

س8- احسب الشغل المنجز (w) وكمية الحرارة المستهلكه (Q) في مدفأة كهربائية اذا مر تيار قيمته (1A) وتعمل على فولتية متناوبة مقدارها (220V) لمدة (5) دقائق.

س9- ملف من النحاس مقاومتة (50Ω)عند درجة ($10^{\circ}C$)، احسب مقاومته بدرجة ($100^{\circ}C$) اذا كانت $\propto = 0.00431/c$.

الفصل الثالث عشر
الكهربائية في جسم الانسان

الاهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة الكهربائية في جسم الانسان.

الأهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادرا على ان:

1- يتعرف على الفرق بين جهد السكون وجهد الفعل ومعرفة كيفية أنتشار جهد الفعل.

2- يفهم النبضات العصبية وعلاقتها بالتيار الكهربائي.

3 - يعرف الفرق بين كهربائية الجسم والكهربائية العادية (السارية في موصل).

4- يعرف النظام العصبي في جسم الانسان، مم يتكون النظام العصبي الخارجي والنظام العصبي الذاتي والفرق بينهما ودراسة الخلية العصبية.

5- يتعرف على الاقطاب ماهية الاقطاب وكيف تستعمل على جسم الانسان مع معرفة أنواعها وخاصية كل نوع بالنسبة للشكل والوظيفة التي يؤديها مع رسم الشكل العام لهذه الاقطاب.

المحتويات :

- 13-1 تمهيد
- 13-2 جهد السكون وجهد الفعل
- 13-3 إنتشار جهد الفعل
- 13-4 النبضات العصبية والتيار الكهربائي
- 13-5 النظام العصبي في جسم الانسان
- 13-6 الجهاز العصبي المركزي
- 13-7 الجهاز العصبي المحيطي
- 13-8 الخلية العصبية
- 13-9 الأقطاب
- 13-10 نظرية الاقطاب
- 13-11 أنواع الاقطاب
- 13-12 أسئلة ومسائل الفصل

الفصل الثالث عشر
الكهربائية في جسم الانسان

1-13 تمهيد :

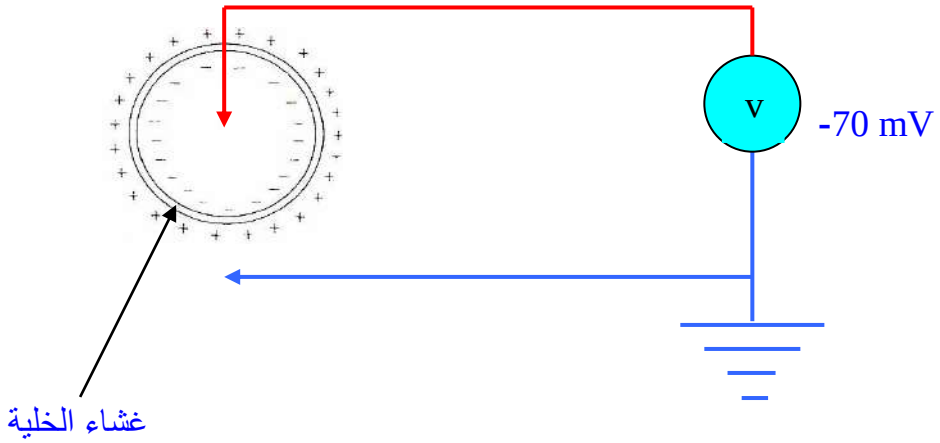
لكي يقوم جسم الانسان بأعماله الحيوية المختلفة، ومعرفة حالة وعمل كل عضو من اعضاءه الارادية او اللاإرادية، فأن بعض النظم (Systems) الموجوده في الجسم تولد إشارات (Signals) خاصة بها لمراقبة ونقل المعلومات المهمة والمفيدة عن حالة وعمل كل عضو في النظام. هذه الاشارات هي عبارة عن الجهود الكهروحياتية (Bio-Electric Potentials) المصاحبة لعملية نقل المعلومات في الاعصاب، وفعاليات الدماغ، ونبضات القلب والنشاط العضلي....وهكذا فأن الجهود الكهروحياتية هي بالحقيقة عبارة عن فولتيات آيونية (Ionic Voltages) تتولد نتيجة للنشاط الكهروكيميائي (Electro Chemical) لبعض الخلايا الخاصة في الجسم.

من خلال استخدام متحسس محول الطاقة (Transducer) الذي له القابلية على تحويل الجهود الآيونية الى فولتيات كهربائية ممكن قياسها وتكبيرها ثم عرضها على شاشة أوتسجيلها للاستفادة منها من قبل الطبيب في تشخيص ومعالجة العضوالمعني سواء كان القلب أو الدماغ أوالعضلات.

أن أول من فكر بوجود الكهربائية في الجسم هو العالم الايطالي لو يجي كلفاني، حيث إدّعى في سنة (1786) بوجود الكهربائية في عضلات ساق ضفدع، بعدها توالت البحوث وتمكن العلماء من اكتشاف النشاط الكهربائي في مختلف أنواع الحيوانات والأنسان حتى عام (1903) عندما تمكن الفيزيائي الهولندي وليم انثوتن من توظيف الكلفانوميتر لقياس الجهود الكهربائية وكان هذا أول تطبيق عملي لقياس الجهد الكهربائي، ثم توالت الاكتشافات الى يومنا الحاضر.

2-13 جهد السكون وجهد الفعل (Resting and Action Potential) :

أنّ بعض خلايا الجسم، مثل خلايا الاعصاب وخلايا العضلات مغلفة بغشاء نفاذ (Semipermeable) الذي يسمح لبعض المواد بالمرور من خلال الغشاء ولايسمح لمواد اخرى بالنفوذ، فتبقى خارج الغشاء، ومن اهم هذه المواد هي أيونات الصوديوم (Na+) وايونات البوتاسيوم (K+) والكلوريدات (CL-) ان الخلايا هذه تسمح للبوتاسيوم والكلوريدات بالدخول ولكنها تمنع ايونات الصوديوم، أن عدم السماح لايونات الصوديوم وهي موجبة يجعل التركيز الآيوني داخل الخلية سالبا نسبة الى التركيز الموجب خارجها ويسبب الأختلاف في التركيز، ومن اجل حصول التوازن في الشحنات فأن الأيونات الموجبة للبوتاسيوم ستدخل، مما يجعل داخل الخليه زيادة في ايونات البوتاسيوم نسبة الى خارجها فيتولد نتيجه لهذه التراكيز عبر الغشاء شبه النفاذ فرق جهد سالب داخل الخلية وجهد موجب خارجها يسمى هذا الجهد بجهد السكون (Resting Potential) ويبقى هكذا الى ان يحدث اضطراب يزيل هذا التوازن.
الشكل (13-1) يوضح بطريقة مبسطة مقطع عرضي لخلية في حالة جهد السكون، قيمته حوالي(-70mv).

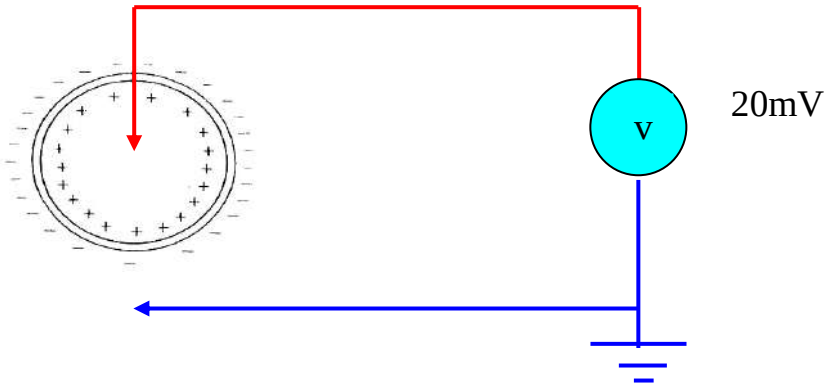


شكل 13-1 خلية في حالة جهد السكون (مستقطبة)

الاشارة السالبة في القيم هي بسبب الأيونات السالبة داخل الخلية حيث يقاس الجهد من داخل الخلية والى خارجها.

عندما تكون الخلية بجهد السكون تسمى خلية مستقطبة (Polarized) أي في حالة استقطاب (Polarization)، بسبب التوازن بالأشارتين الموجبة والسالبة.

وعندما يحفزاو يثار (Excited) جزء من غشاء الخلية بسريان تيار آيوني او بإستخدام طاقة خارجية (ميكانيكية اوحرارية).فان خواص الغشاء شبه النفاذ تتغير ويبدأ بالسماح لأيونات الصوديوم بالدخول مما يولد تيار آيوني يساعد في زيادة دخول آيونات الصوديوم، بالنتيجة يكون هناك اندفاع كبير في دخول الصوديوم الى داخل الخلية وفي نفس الوقت تخرج آيونات البوتاسيوم، لكن بكمية اقل مما يؤدي الى توليد جهد موجب داخل الخلية نسبة الى خارجها يسمى هذا الجهد الموجب بجهد الفعل (Action Potential) وهو بحدود (+20mv), تكون الخلية عندها في حالة مانعة استقطاب (Depolarized) وتسمى عمليه التحويل من جهد السكون الى جهد الفعل (Depolarization).



شكل 13-2 خلية في حالة جهد الفعل (مانعة استقطاب)

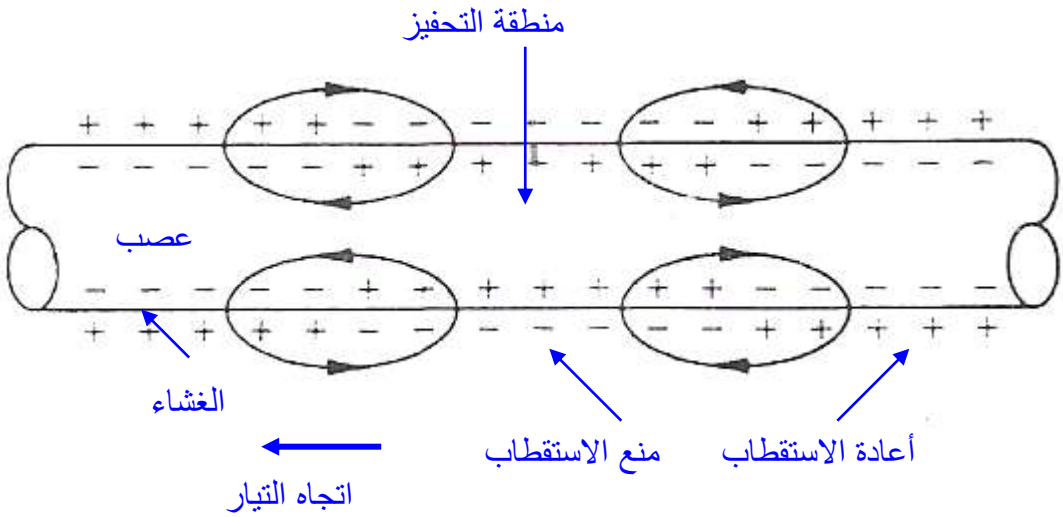
في الشكل (13-2) مقطع عرضي لخلية في حالة منع الاستقطاب وحالما يتوقف التيار الأيوني الذي خفض حاجز الغشاء لدخول آيونات الصوديوم، فان الخلية تعود الى ما كانت عليه بمنع الغشاء لأيونات الصوديوم بالدخول وتكون العودة ببطء الى جهد السكون، تسمى حالة العودة هذه بإعادة الأستقطاب (Repolarization)، وتسمى العملية كلها من جهد السكون والى اعادة الاستقطاب والى جهد السكون ثانية بمضخة الصوديوم بوتاسيوم (Sodium Potasium Pump).

ان زمن الوصول الى جهد السكون يختلف حسب نوع الخلية ففي حاله الخلايا العصبية فان اعادة الاستقطاب تحدث بسرعة وبحدود (1msec). أما في حالة الخلايا العضلية فانها أبطأ وتستغرق من (150ms) الى (300msec).

بغض النظر عن الطريقة التي تثار بها الخلية فان جهد الفعل هو نفسه في جميع الخلايا اذا كان المحفز كافي لأثارة الخلية ويعرف هذا بقانون الكل - أو اللاشيء(All-Or-Nothing).

3-13 انتشار جهد الفعل (Propagation of Action Potential) :

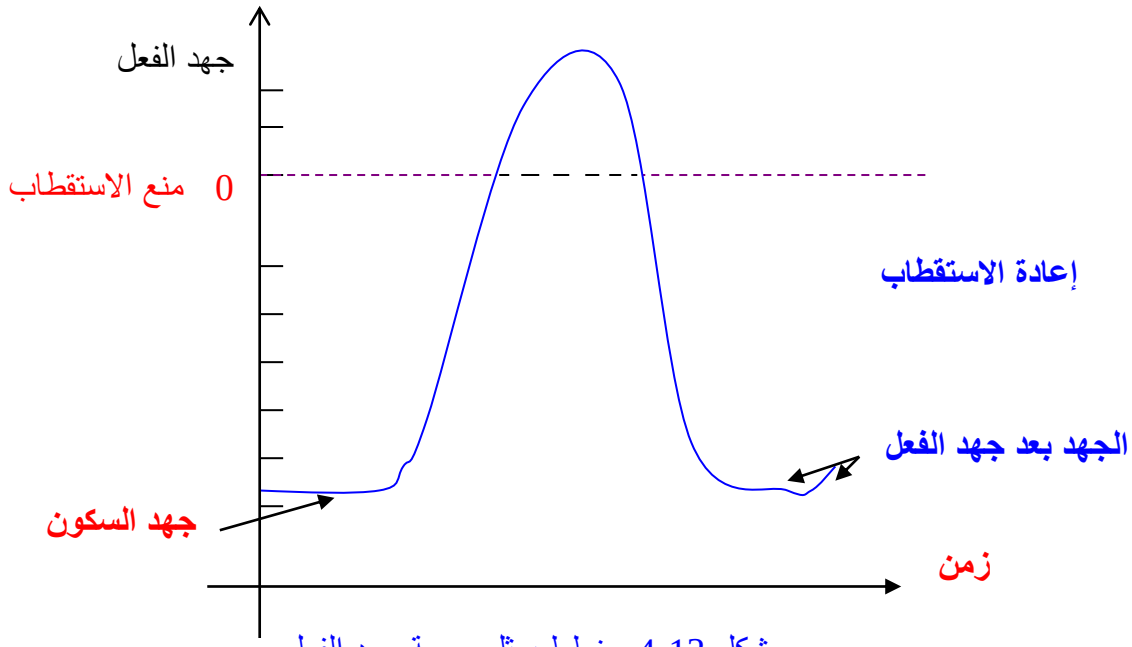
عندما تحفز أو تثار الخلية حيث يتولد جهد الفعل فان التيارات أو النبضات الآيونية تبدا بالسريان، مما يحفز الخلايا المجاورة بتوليد جهد الفعل ايضاً. لذا فان تياراً موجباً يسري على طول الليف العصبي، وهو كافي لكي يُولّد منع الاستقطاب لخلايا الليف العصبي (Nervefiber) وهكذا يستمر خلال العصب أو بقية الأعصاب لنقل الأشارة وبسبب قانون الكل – أو اللاشيء فان سعة موجة الاشارة لجهد الفعل تبقى بدون توهين (نقص) خلال سيرها على طول العصب او الانسجة المثارة.



شكل 13-3 توزع الشحنات من منطقة التحفيز وعلى طول الليف العصبي لنقل جهد الفعل

يوضح الشكل (13-3) انتشار الشحنات على طول خلية عصبية من المنطقة المحفزة (Active Region) وعلى امتداد الليف العصبي لنقل الأشارة من منطقة التحفيز الى الدماغ أو الحبل الشوكي.

الشكل (13-4) يوضح منحنى الاستجابة لجهد الفعل مع الزمن، حيث فيه القيم المختلفه للاستقطاب، ومنع الاستقطاب، واعادة الاستقطاب وكذلك الجهود ماقبل وما بعد جهد الفعل اللذان يسميان جهد السكون (الاستقطاب) ومنطقة مابعد جهد الفعل.



شكل 13-4 مخطط يمثل موجة جهد الفعل

4-13 النبضات العصبية والتيار الكهربائي
: (Nerve Impulse and Electric Current)

من خلال ما سبق نستنتج بأن الكهربائية في جسم الأنسان هي عبارة عن نبضات آيونية أوعصبية، وهذه النبضات العصبية تنتشر وبأعداد كبيرة في جميع أجزاء الجسم من خلال الخلايا العصبية والعضلية، التي تمثل الجهد الحياتي للعصب أو العضلة المعنية وبمجموعها تمثل الجهد الحياتي للعضو المراد فحصه أو إيجاد إشارته الحيوية لمعرفة حالته وفعاليته، لذا فإن كهربائية الجسم هي ظاهرة كهروحياتية والجهد هو جهد حياتي، حيث إن هناك فرقاً كبيراً بين كهربائية الجسم هذه والكهربائية الأعتيادية (سريان تيار كهربائي في موصل)، فيما يلي أهم الفروقات بين الأثنين:-

أ. إن السلك الموصل في التيار الكهربائي الاعتيادي هو عنصر غير فعال (Passive)، بينما الليف العصبي الناقل للنبضات العصبية هو عنصر فعال (Active) أي يشارك في توليد النبضات.
ب. التيار الكهربائي يحتاج الى مصدر خارجي لتوليده مثل مجهز قدرة أو بطارية أو أي مصدر أخر، بينما النبضات العصبية لا تحتاج الى مصدر طاقة خارجي فالعصب نفسه مسؤول عن هذه الطاقة.
ت. عند سريان التيار الكهربائي في موصل فأن الجهد يقل تدريجياً مع طول أو قيمة مقاومة الموصل، بينما النبضة العصبية تبقى بمستوى ثابت وتنتشر على طول الليف العصبي دون أي نقص في قيمتها.
ث. إن سرعة سريان التيار الكهربائي هي نفسها سرعة الضوء وتساوي (3×10^8 m/s) ، بينما سرعة النبضات العصبية هي بحدود (100 m/s).
ج. السلك الموصل يبقى جيد التوصيل عند درجة الصفر المئوي أو أقل، بينما لا يستطيع العصب توصيل النبضات بدرجة الصفر.

5-13 النظام العصبي في جسم الأنسان (The Human Nervous System) :

إن النظام العصبي (Nervous System) في الأنسان هو جهاز معقد ومترابط ممتد لجميع أجزاء الجسم، ومسؤول عن فعاليات السيطرة على أعضاء الجسم المختلفة الأرادية (Somatic) منها وغير الأرادية (Autonomic)، حيث يتحسس ويستجيب للمتغيرات البيئية الداخلية (داخل الجسم) والخارجية، ليبقى الجسم في حالة استقرار، وذلك من خلال شبكة الخلايا العصبية (Nerons) والغدد (Glands) إن استقرار حالة الجسم داخلياً (Homeostasis) تتم من خلال شبكة التغذية العكسية (Negative feed back)، فمثلاً عندما يتحسس الدماغ بوجود زيادة في ثاني أوكسيد الكاربون (CO_2) في الدم، فأنه يحفز العضلات المسؤولة عن حركة الصدر لزيادة معدل التنفس لتنقية الجسم من خلال الرئتين.

ويقسم النظام العصبي في جسم الأنسان الى قسمين رئيسين هما الجهاز العصبي المركزي والجهاز العصبي المحيطي.

6-13 الجهاز العصبي المركزي (Centeral Nervous System "CNS") :

إن الجهاز العصبي المركزي موجود داخل الجمجمة (Skull) ويسمى الدماغ (Brain) وداخل العمود الفقري (Back Bone) ويدعى الحبل الشوكي (Spinal Cord) كما موضح في الشكل (5-13).

أ- الدماغ (Brain):

هو عبارة عن كتلة كبيرة من الخلايا والأنسجة العصبية الرخوة المحفوظة داخل تجويف الجمجمة ويسمى باللاتيني (Cephalon) حيث ينقسم الى ثلاث فصوص هي المخ والمخيخ والنخاع المستطيل كما موضح في الشكل (5-13).

1- المخ (Cerebrum):

هو أكبر جزء من الدماغ، ويعتبر منظم ومعالج (Processor) للنبضات الكهربائية وخازن للذاكرة أيضاً. يُعّد مركز للفعاليات الأرادية الحسية (الحواس الخمس)، والفعاليات العضلية والنفسية (التفكير، الذكاء، الأنفعالات النفسية المختلفة)، ويقسمه أخدود طولي ظاهري الى نصفين ويسمى خط وسط الدماغ (Brain Mid Line).

2- المخيخ (Cerebellum):

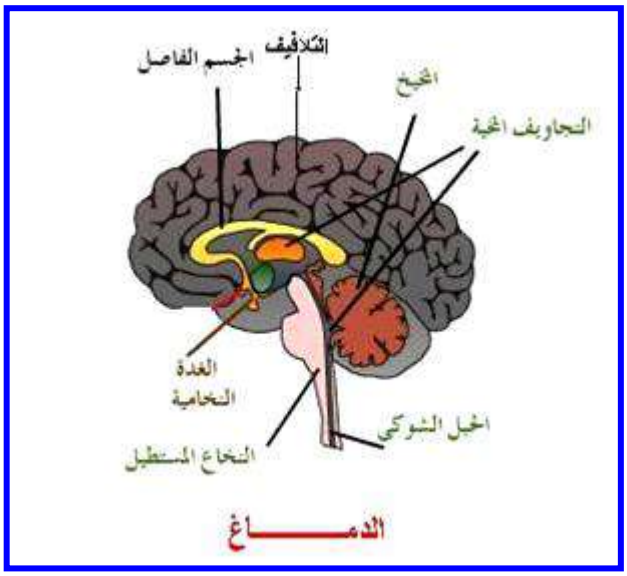
هو ثاني أكبر جزء من الدماغ، يقوم بتنظيم الفعاليات الأرادية الصادرة من المخ للسيطرة على عضلات الجسم الأرادية المختلفة ويعتبر مركز التوازن (Balance) والأتزان العقلي (Eaulibrium) حيث يقوم أيضاً بتوحيد الأشارات الحسية القادمة من المخ لتحريك عضلات الجسم.

3- النخاع المستطيل (Medulla):

ويصل الدماغ بالحبل الشوكي كما موضح في الشكل (5-13) فإنه يسيطر على المراكز الحيوية اللاإرادية مثل التنفس وحركة القلب والمعدة.....الخ.

ب- الحبل الشوكي (Spinal Cord):

يقع داخل العمود الفقري (Back Bone) وهو عبارة عن حبل اسطواني بطول حوالي (45cm) حيث يتكون من الخلايا والألياف والحزم العصبية (المادة النخاعية)، ويمتد من النخاع المستطيل الى الفقرة القطنية الأخيرة كما موضح في الشكل (5-13)، أما عمله فانه ينقل الأيعازات العصبية المختلفة من الدماغ الى أعضاء الجسم المختلفة وبالعكس، وهو مركز للفعاليات الأنعكاسية السريعة.



شكل 13-5 الجهاز العصبي المركزي " CNS"

13-7 الجهاز العصبي المحيطي (Peripheral Nervous System)(PNS) :

يوجد في أجزاء الجسم خارج الجمجمة والعمود الفقري حيث يتألف من الخلايا العصبية (Nerons). المنتشرة في جميع أجزاء الجسم أما وظيفته فهي إيصال مختلف المحفزات والأشارات الحسية الى الجهاز العصبي المركزي وكذلك إرجاع الرد على هذه المحفزات (الأستجابة) الى الغدد وعضلات الجسم المختلفة، الشكل (13-6) يوضح ذلك. ويشمل:

1- النظام العصبي الخارجي.
2- النظام العصبي الذاتي.

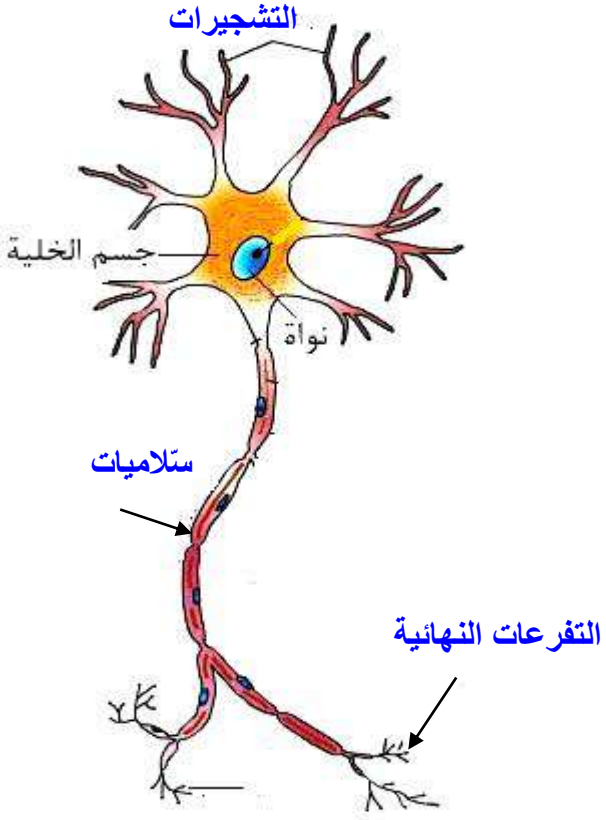
1- النظام العصبي الخارجي (Somatic Nerve System : SNS):

يقوم بنقل الأشارات والمعلومات الأرادية من جميع أجزاء الجسم الى مواقع في المخ عن طريق الخلايا العصبية الحسية (Sensory Cells)، وأيضاً يقوم بنقل الأوامر من خلال الخلايا العصبية الناقلة (Motors Nerves) الى عضلات الجسم المختلفة أما الحركات الأنعكاسية للعضلات تكون كرد فعل سريع من الحبل الشوكي.

2- النظام العصبي الذاتي (Autonomic Nerve System ANS):

هو المسؤول عن حركة العضلات اللاإرادية مثل عضلات القلب والرئتين والجهاز العصبي والغدد، حيث يقوم بنقل الأوامر العصبية غير الأرادية من الجهاز العصبي المركزي الى أعضاء الجسم للسيطرة على التنفس، تنظيم ضربات القلب وغيرها من خلال مجموعة هائلة من الخلايا العصبية (Nerons).

8-13 الخلية العصبية (Neron) :



الشكل 13-6 خلية عصبية مفردة

ان الخلية العصبية المفردة (Neron) تعني الشجرة باللغة الاغريقية كما موضح في الشكل (13-6) هي الوحدة الاساسية لبناء الجهاز العصبي، ربما تختلف الخلية العصبية بالمظهر اوالحجم ولكنها تؤدي نفس العمل حيث تربط الجهاز العصبي بجميع اجزاء الجسم من خلال شبكة معقدة من الخلايا العصبية لنقل واستلام الايعازات من الجهاز العصبي المركزي في الدماغ أو الحبل الشوكي الى جميع اجزاء الجسم من خلال البلايين من هذه الخلايا العصبية فهناك اكثر من (10) والى (12) بليون خلية عصبية في المخ.

9-13 الأقطاب (Electrodes)

لتسجيل الاشارات الحيوية المنبعثة من مختلف اعضاء الجسم مثل القلب، الدماغ، العضلات، بواسطة اجهزة طبية مثل جهاز تخطيط القلب ((Electro Cardio Graph (ECG)، جهاز تخطيط الدماغ (Electro Encephalo Graph)، جهاز تخطيط العضلات (EMG) (التي تدرس بالتفصيل في المرحلة الخامسة والسادسة على التوالي) نحن بحاجه الى توصيلات كهربائية تربط بين الاجهزة الطبية المذكورة وسطح الجسم لقياس فرق الجهد الكهروحياتي (Bioelectric Potential) للاعضاء المعنية وبمساعدة ماده هلامية (Jelly) تطلى بها نقاط الاتصال بين الرأس المعدني للتوصيلات والتي تسمى الاقطاب (Electrodes) وسطح الجسم (الجلد) لتقليل قيمة مقاومه الجلد التي تتراوح بين (10 kΩ) للجلد الرطب والى (500 kΩ) للجلد الجاف.

يمكن تعريف الاقطاب وتسمى احيانا الاقطاب الفسلجية (Physiologic Electrode)هي:
توصيلات كهربائية لقياس فرق الجهد بين نقطتين على سطح الجسم حيث تحول الجهد الآيوني الذي يولده الجهد الحياتي لأعضاء الجسم الى جهد كهربائي، ثم ايصاله الى اجهزة القياس المختلفة (ECG،EEG) لعرضه او تسجيله على ورق بياني لتحليل الاشارة الناتجة لمعرفة حالة العضو الصحية.

10-13 نظرية الأقطاب (Theory of Electrodes) :

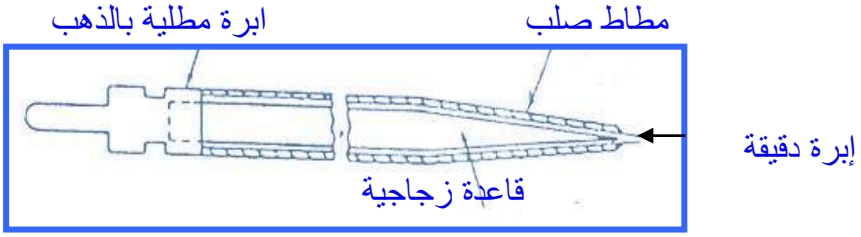
يصنع عادة راس القطب من مادة الفضة – كلوريد الفضة (Ag-Agcl)، ويطلى بالمادة الهلامية قبل وضعه على الجسم فيتولد جهد على القطب يسمى جهد القطب (Electrode Potential) ينتج من فرق معدل نفاذية للايونات الداخلة والخارجة من والى معدن رأس القطب، حيث تولد طبقة من الشحنات المختلفة الاشارة، وان الطبقة القريبة من المعدن تولد شحنة مخالفة بالاشارة للشحنة القريبة من الجلد والمادة الهلامية، اما المصدر الاخر لتوليد جهد القطب هو تبادل الأيونات المختلفة التركيز عبر الطبقة الفاصلة بين راس القطب المعدني من جهه والجلد والمادة الهلامية من الجهة الاخرى.

11-13 انواع الأقطاب (Types of Electrodes) :

يمكن تصنيف الاقطاب المستخدمة لقياس فرق الجهد الكهروحياتي الى ثلاثة انواع رئسية هي :

1- الأقطاب المايكروية (Micro Electrodes)

تستخدم الاقطاب المايكروية لقياس الجهد الكهروحياتي في داخل خلية مفردة، حيث يكون راس القطب النهائي صغير الحجم بحيث يمكن اختراق الخلية للحصول على قيمة الجهد بدون اتلاف الخلية نفسها, ويكون مصنوع من مادة معدنية او سحاحة زجاجية كما موضح في الشكل (13-7).



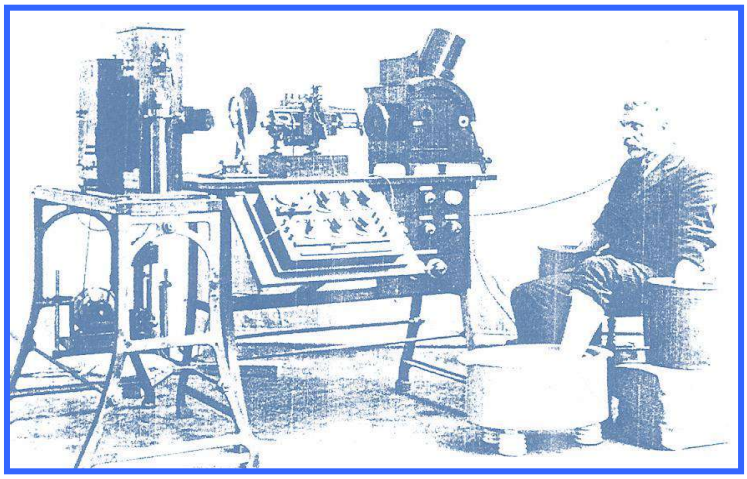
شكل 13-7 قطب مايكروي

2- أقطاب سطح الجسم (Body or Skin Electrodes)

هي الأقطاب التي تستخدم لقياس الجهد من على سطح الجسم مثل اقطاب جهاز تخطيط القلب او الدماغ او العضلات حيث توجد بانواع واحجام مختلفة فالكبيرة منها تستخدم لقياس الاشارة القلبية والصغيره لقياس الاشارة الدماغية وايضا الاشارة الناتجة من تقلص العضلات، يمكن ذكر انواعها حسب التسلسل الزمني لصناعتها وكالآتي:-

أ- الأقطاب الغاطسة (Immersion Electrodes)

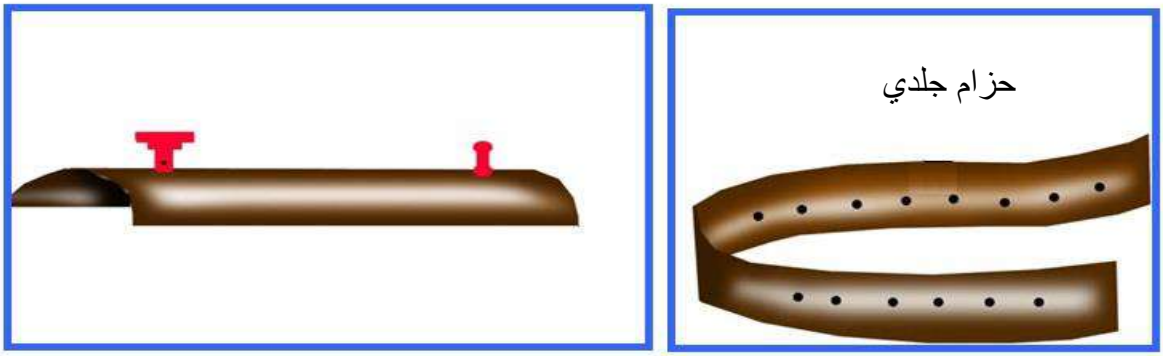
هي أقدم انواع الاقطاب استخدمت في سنه (1912) حيث يكون القطب عبارة عن دلو يحوي الماء المالح، الشكل (13 -8).



الشكل 13-8 الاقطاب الغاطسة

ب- الأقطاب الصفيحية (Plate Electrodes)

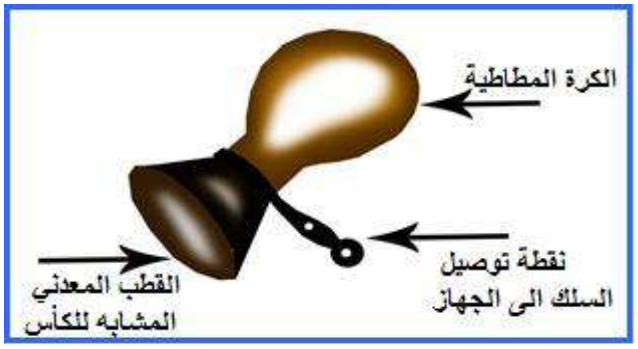
هي عبارة عن صفيحة معدنية مصنوعة من النحاس او الفولاذ الذي لايصدأ وتطلى بمادة الجلي حيث تحوي على حزام جلدي اومطاطي للتثبيت على المعصم اوالرسغ كما موضح في الشكل (13-9).



شكل 13-9 قطب معدني على شكل صفيحة مع حزام للتثبيت

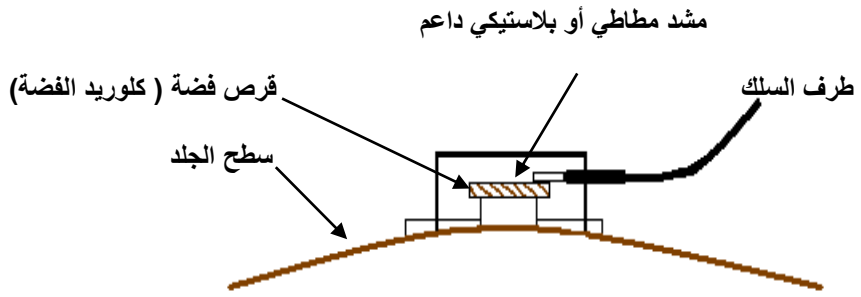
جـ - الأقطاب الماصة (Suction Electrodes):

الشكل (13-10) يوضح أجزاء القطب الماص حيث يتكون من كأس معدني عادة يستخدم في منطقة صدر المريض وكرة مطاطية تستخدم لغرض تخلخل الضغط لكي يثبت بعدها ولايتحرك هناك فتحه لتوصيل القطب للحصول على الأشارة.



الشكل 13-10 قطب ماص

د- الأقطاب العائمة (Floating Electrodes):



الشكل 13-11 قطب عائم

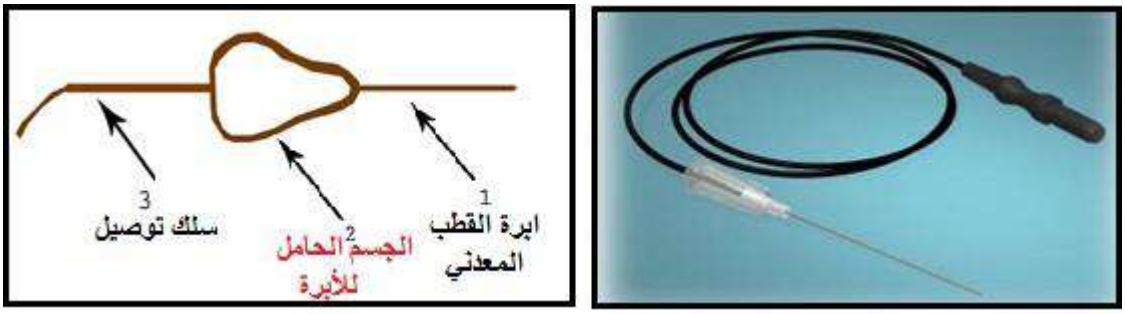
أن الاقطاب العائمة هي احدث انواع الاقطاب كما موضح في الشكل (13-11) الذي يمثل مخطط كامل للقطب، هذه الاقطاب لها القابلية على الالتصاق بالجسم من خلال الصفيحة المطاطية، هناك فراغ لوضع الجلي فيه، وتمتاز هذه الاقطاب بعدم التأثر بحركه الجسم الموضعية، وتوجد انواع تستخدم لمرة واحدة حيث تكون رخيصة الثمن (Disposable).

وهناك احجام مختلفة للشخص البالغ وللطفل، كذلك هذه الاقطاب تستخدم في جهاز (EMG).

3- الأقطاب الأبرية (Needle Electrodes):

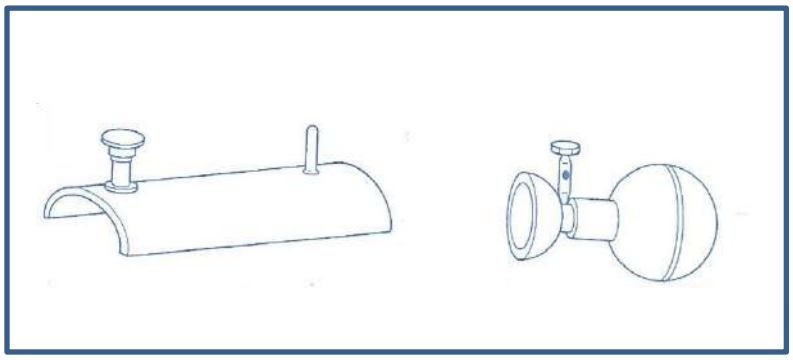
هذه الاقطاب تغرس داخل الجلد او الدماغ او داخل العضلة في جهاز التخطيط الكهربائي للعضلات (EMG).

هناك انواع دائمية الاستخدام حيث تنظف وتعقم بعد كل استخدام، وتوجد انواع تستخدم لمرة واحدة (Disposable). من فوائد هذا النوع هو تقليل ممانعة الجلد وكذلك عدم التاثير بحركة المريض. في أجهزه قياس الأشاره الدماغية او إشارة العضلات فان الأقطاب الأبرية تخترق فروة الرأس أوالجلد بموازاة السطح وهناك أبر قوية طويله تخترق الرأس وصولاً الى الدماغ تستخدم بكثرة في الحيوانات، وعادة تصنع من النحاس او البلاتنيوم. والشكل (13-12) يوضح مخطط لقطب أبري وفيه الأبرة الدقيقة المصنوعة من الفولاذ الذي لايصدأ (Stainless Steel) وهناك جسم حامل من المطاط الصلب وسلك التوصيل.



شكل 13-12 قطب ابري

اما الشكل (13-13) فيوضح مجموعة مختلفة من الاقطاب



(أ) قطب الصفيحة الذي يثبت على المعصم أو الرسغ

(ب) قطب ماص الذي يثبت على صدر المريض

(جـ) أقطاب عائمة بأحجام مختلفة حسب الاستخدام

الشكل 13-13 أقطاب مختلفة

أسئلة الفصل الثالث عشر

س1- عرّف الآتي مع كتابة المصطلح باللغة الانكليزية:
محولات الطاقة - جهد السكون - جهدالفعل- مضخه البوتاسيوم- النبضات العصبية – الخلية العصبية - الأقطاب.

س2- أرسم مع التأشير خلية عصبية في حالة جهد السكون واذكر قيمة الجهد.

س3- أشرح بالتفصيل مع الرسم كيفية حدوث التيار الكهربائي في جسم الانسان.

س4- أرسم مع التاشير مخططاً يمثل جميع الجهود وقيمها إثناء اثارة خلية عصبية.

س5- أذكر الفروق الاساسية بين التيار الكهربائي الاعتيادي والنبضة العصبية أو التيار الايوني في جسم الانسان.

س6- عدد فقط مع كتابة كل مصطلح باللغه الانكيلزية اجزاء النظام العصبي الرئيسية والفرعية.

س7- أذكر وظيفة الآتي:
المخ – المخيخ – النخاع المستطيل – النظام العصبي الذاتي – النظام العصبي الخارجي – الجهاز العصبي المحيطي.

س8- عدد انواع الأقطاب المستخدمة في الطب مع الشرح والرسم والتأشير.

س9- عدد انواع الأقطاب المستخدمة في اجهزة تخطيط القلب مع الرسم والتأشير.

س10- أرسم مع ذكر مكان الاستخدام لكل مما يأتي
قطب صفيحي – قطب ماص– قطب عائم.

س11- ماهي فائدة الأقطاب الأبرية ؟

الفصل الرابع عشر
اشباه الموصلات

الأهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى التعرف على أنواع أخرى من المواد وهي المواد شبه الموصلة من ناحية توصيليتها وخواصها العامة.

الاهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على ان:

1- يتعرف على أنواع أشباه الموصلات و التركيب الذري لها وتوصيلية هذه المواد.
2- يميز بين المواد شبه الموصلة النقية والمواد شبه الموصلة المشوبة.
3- يعرف خواص الثنائي، الانحياز الامامي والعكسي.
4- يرسم منحنى الخواص في الانحيازالامامي والعكسي.

المحتويات

- 1-14 أشباه الموصلات
- 2-14 التركيب الذري لاشباه الموصلات
- 3-14 التوصيل في المواد الشبه موصلة
- 4-14 المواد شبه الموصلة النقية
- 5-14 المواد شبه المشوبة
- 1-5-14 المادة الشبه الموصلة نوع N
- 2-5-14 المادة الشبه موصلة نوع P
- 6-14 الثنائي شبه الموصل (الدايود)
- 1-6-14 الانحياز الامامي للثنائي
- 2-6-14 الانحياز العكسي للثنائي
- 3-6-14 منحنى الخواص للثنائي شبه الموصل
- 7-14 أسئلة الفصل

الفصل الرابع عشر
أشباه الموصلات (Semiconductors)

1-14 أشباه الموصلات :

من خلال دراستنا للفصل الأول لاحظنا إن هناك نوعين رئيسين من المواد من حيث توصيلها للكهربائية، وهي الموصلات والعوازل. ولابد لنا من تعريفها لتكون مدخلاً الى دراسة أشباه الموصلات.

الموصلات: هي تلك المواد التي تكون قابليتها على توصيل الكهربائية عالية، لسهولة إزالة الكتروناتها الخارجية, ومن أمثلة هذه المواد الفضة والذهب والنحاس وهو الأكثر شيوعاً واستخداماً في الدوائر الألكترونية العملية.

أما بالنسبة **للعوازل**: فتعرف بأنها المواد التي تكون قابليتها على توصيل الكهربائية ضعيفة أو معدومة. حيث ترتبط الكتروناتها الخارجية ارتباطاً وثيقاً بالذرة، فلا تسمح بمرور الكهربائية خلالها. ومن أمثلتها الخشب والزجاج والبلاستك... الخ. بيد إن في الطبيعة مواد اخرى من حيث توصيل الكهربائية أو عدمها ألا وهي:

المواد شبه الموصلة (Semiconductors):

تمتاز المواد شبه الموصلة بأنها تصبح موصلة تحت ظروف معينة، مثل التعرض للحرارة مثلاً ومن أمثلتها الجرمانيوم (Ge)، والسيليكون (Si)، وسيتم دراسة هذا الموضوع بالتفصيل في هذا الفصل لأهمية أشباه الموصلات في صناعة الأجهزة الألكترونية...

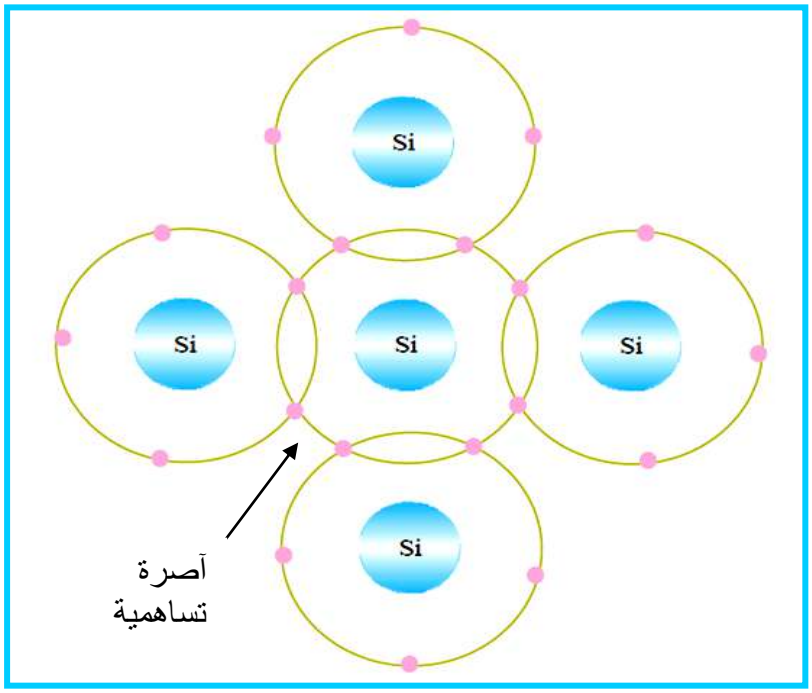
من الجدير بالذكـــــر انه يوجد نـــــوع رابع من الموصلات وهي المـــواد فائقة التوصيل للكهربائية (Super Conductivity) والتي تمتاز بأن يكون توصيلها للكهربائية عالي جداً.

2-14 التركيب الذري لأشباه الموصلات :

أصبح من المهم معرفة التركيب الذري لكل من الجرمانيوم والسيليكون لفهم التوصيل في المادة شبه الموصلة.

يحتوي عنصر الجرمانيوم على (32) الكتروناً والسيليكون على (14) الكتروناً، وبحسب توزيع الألكترونات على المدارات في أية ذرة فأنه يكون بالشكل التالي: المدار الأول 2 الكترون، المدار الثاني 8 الكترون، المدار الثالث 18 الكترون.

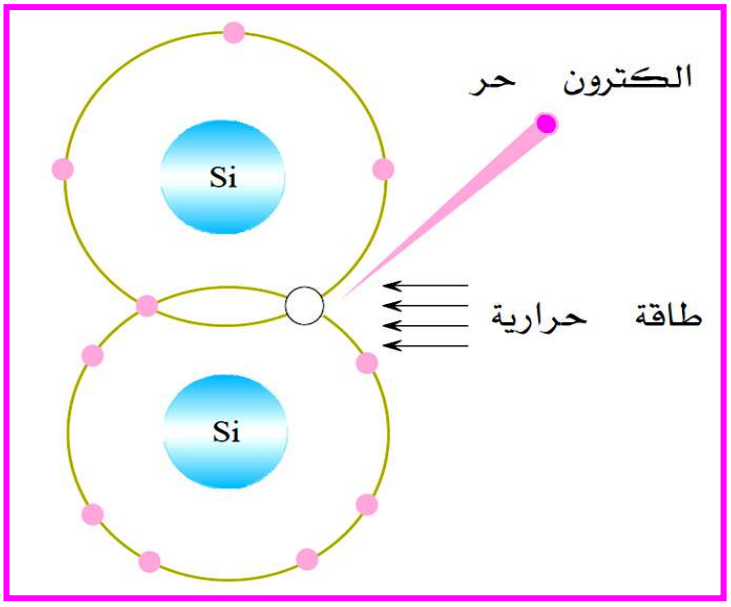
يحتوي المدار الأخير لكل من الجرمانيوم والسيليكون على 4 الكترونات. وتسمى الألكترونات في المدار الأخير (بالكترونات التكافؤ Valence Electrons) التي تميز خصائص العنصر الكيميائية والفيزيائية، وفي مادة السيليكون النقية فإن الكترونات التكافؤ الأربعة ترتبط مع أربعة الكترونات للذرة المجاورة لها بأواصر (تساهمية) كما موضح في الشكل (14-1) يمكن تعريف الآصرة التساهمية بأنها ترابط الكترونات التكافؤ للذرات المتجاورة معاً.



شكل 14-1 الأواصر التساهمية لذرة السيليكون

3-14 التوصيل في المواد شبه الموصلة (Conduction in Semiconductor) :

في درجة حرارة الصفر المطلق تكون المادة شبه الموصلة عازلة تماماً بسبب وجود هذه الأواصر التساهمية ولكن بزيادة درجة الحرارة يستطيع عدد أكبر من الألكترونات كسر الأواصر التساهمية والتحرر منها وتصبح الكترونات حرة.. وبذلك تزداد قابلية توصيل المادة، ويخلف مكان الألكترون المتحرر فجوة أو ثقب (hole) كما موضح بالشكل (14-2).

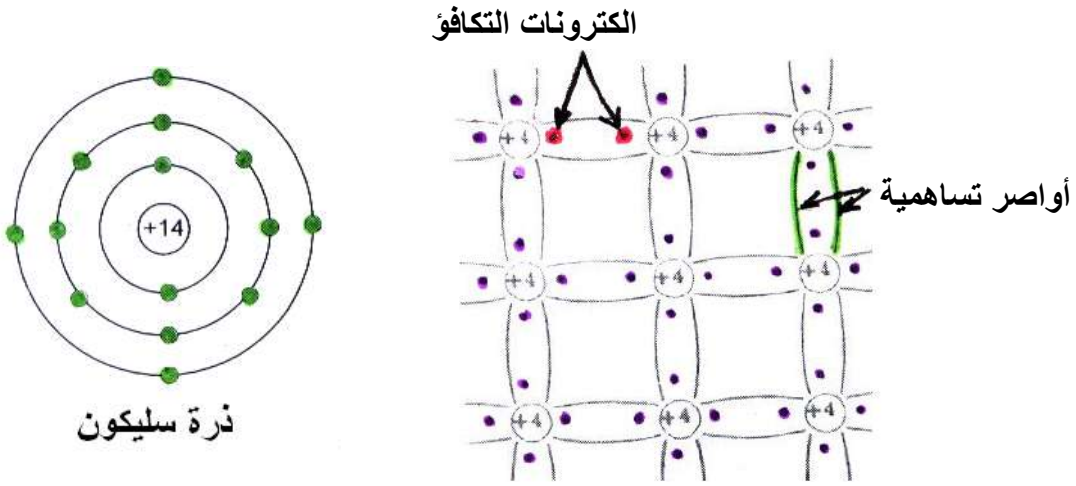


شكل 14-2 الفجوات الناتجة بتأثير الحرارة في شبه الموصل

ولهذه الفجوات أهمية خاصة حيث تعتبر حاملة للكهربائية مثلما تعتبر الألكترونات الحرة كذلك، تتوق هذه الفجوة لأن تملأ بالكترون من الذرة المجاورة ثانية فتصبح هذه الأخرى فجوة وهذه الفجوة بدورها تملأ بالكترون ذرة مجاورة ثانية وهكذا... أن حركة مكان الفجوة تكون بإتجاه معاكس لحركة الألكترون المتحرر.

4-14 المواد شبه الموصلة النقية (Intrinsic Semiconductors) :

إن السيليكون النقي أو الجرمانيوم النقي هو ما يمثل هذا النوع من أشباه الموصلات ومن ملاحظة التركيب الذري لكل من الجرمانيوم والسيليكون أن هناك أربعة الكترونات بالمدار الأخير، كما موضح في الشكل (14-3) التي تسمى الكترونات التكافؤ كما أسلفنا سابقاً.



شكل 14-3 التركيب البلوري الرباعي لأشباه الموصلات

يمكن لألكترونات التكافؤ هذه ولضعف ارتباطها بالنواة أن تكتسب طاقة كافية لتتحرر وتتحول الى الكترونات طليقة, وتكون هذه الطاقة حرارية أو ضوئية. إن نسبة الألكترونات الحرة في الجرمانيوم هي أكثر من السيليكون في درجات الحرارة الأعتيادية, لذلك يُعد الجرمانيوم موصلاً أفضل من السيليكون في درجات الحرارة الأعتيادية. إن زيادة درجة حرارة المادة شبه الموصلة يمكن ان يزيد من الألكترونات الحرة وبالتالي يزيد من معامل توصيل المادة ويقلل من مقاومتها.

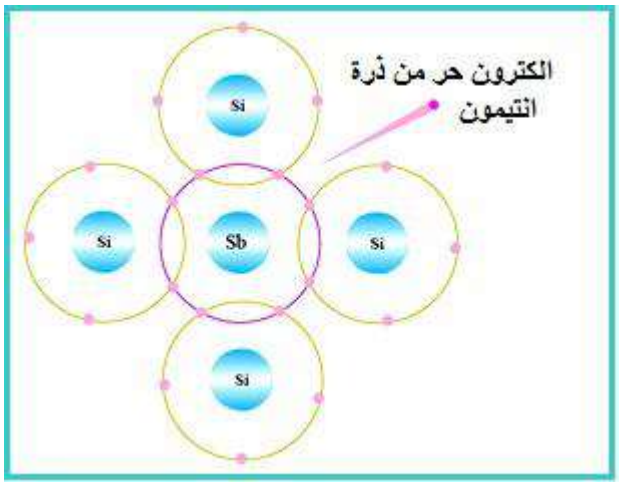
5-14 المواد شبه الموصلة المشوبة (Extrinsic Semiconductors) :

لاحظنا مما سبق أن التحكم بتوصيل أشباه الموصلات يتم بواسطة الحرارة، لكن يجب الابتعاد عن هذه الطريقة حيث أن تغيير درجة الحرارة هو أمر غير مرغوب به في العناصر المصنعة من أشباه الموصلات لذلك يجب إيجاد طريقة اخرى للتحكم في توصيلها الا وهي اضافة الشوائب (Impurities) الى المادة شبه الموصلة.

لقد وُجِد بأن المواد شبه الموصلة تتغير تغيراً كبيراً باضافة بعض المواد الشائبة اليها ويمكن اضافة مواد خماسية أو ثلاثية التكافؤ وبنسب ضئيلة جداً، تسمى هذه العملية (بالتطعيم)، وهناك نوعان من هذه المواد، نوع سالب (N-Type) وهي مانحة للألكترونات (Donor)، ونوع موجب (P-Type) وهي آخذة أو متقبلة للألكترونات (acceptor).

1-5-14 المادة شبه الموصلة نوع N- (N-type Semiconductor) :

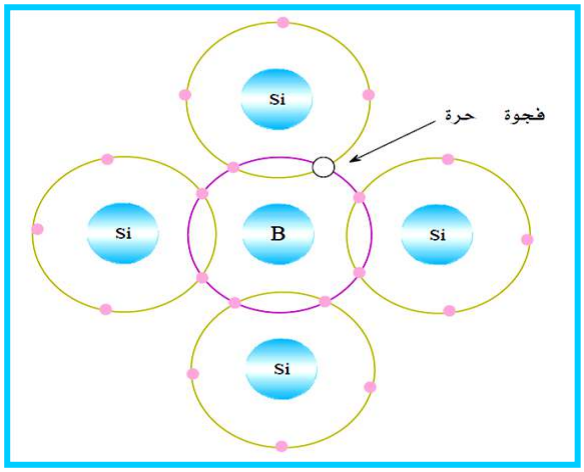
للحصول على هذا النوع من المواد شبه الموصلة يتم اضافة شوائب خماسية التكافؤ (تحتوي على خمس الكترونات في مدارها الخارجي) مثل الزرنيخ أو الفسفور الى ذرة الجرمانيوم أو السيليكون الذي يحتوي على أربعة الكترونات في مداره الأخير فترتبط أربعة منها بأواصر تساهمية فيما يبقى الكتروناً واحداً طليقاً. تسمى ذرة الأنتيمون التي منحت الكتروناً طليقاً بذرة مانحة (Donor).
والشكل (14-4) يوضح كيفية ارتباط ذرة السيليكون بذرة الأنتيمون المانحة.



شكل 14-4 ذرة الأنتيمون المانحة

2-5-14 المادة شبه الموصلة نوع p- (P-type Semiconductor) :

نحصل عليها من اضافة شوائب ثلاثية التكافؤ (تحتوي على ثلاث الكترونات في مدارها الخارجي)، مثل البورون أو الكاليوم أو الأنديوم الى الجرمانيوم أو السيليكون، حيث ترتبط ثلاث الكترونات منها بأواصر تساهمية وتبقى فجوة واحدة شاغرة.
تكون هذه الفجوات مستعدة لأستقبال الكترونات من ذرات شبه الموصل المجاورة لها تاركة فجوات جديدة ومكونة تيار فجوات، لذلك تعتبر الشوائب المضافة من النوع القابلة (Acceptor) لتقبلها الألكترونات من ذرات البلورة النقية.
الشكل (14-5) يوضح كيفية ارتباط ذرة السيليكون مع ذرة البورون المتقبلة.



شكل 14-5 ذرة البورون المتقبلة

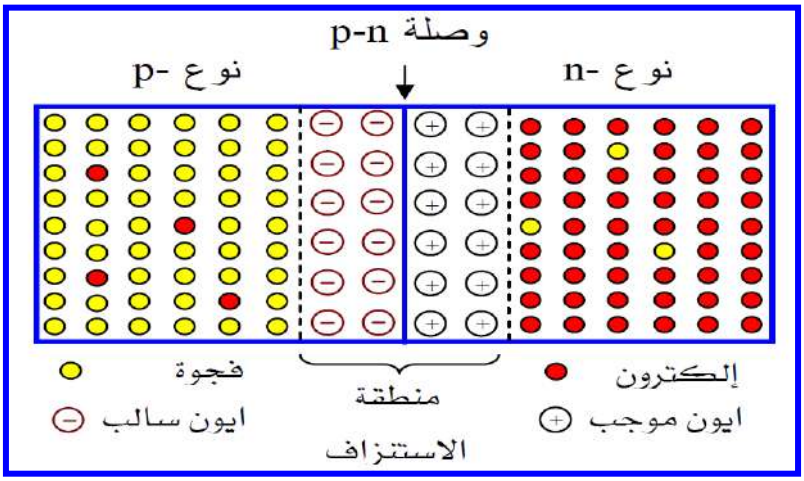
6-14 الثنائي شبه الموصل Diode :

عند وصل بلورة من النوع N مع بلورة من النوع P يتكون الثنائي البلوري أو الثنائي شبه الموصل (Semiconductor Diode).

تستطيع بعض الألكترونات الانتشار من المادة شبه الموصلة السالبة N الى المادة شبه الموصلة الموجبة P عبر منطقة (الحاجز) وبنفس الطريقة تنتشر بعض الفجوات من شبه الموصل الموجب الى شبه الموصل السالب. نتيجة لهذه الحركة سوف يتولد جهداً كهربائياً تزداد قيمته الى أن يصل الى الحد الذي يوقف عملية الأنتشار بين البلورتين، يسمى هذا الجهد بجهد الحاجز (Potential Barrier).

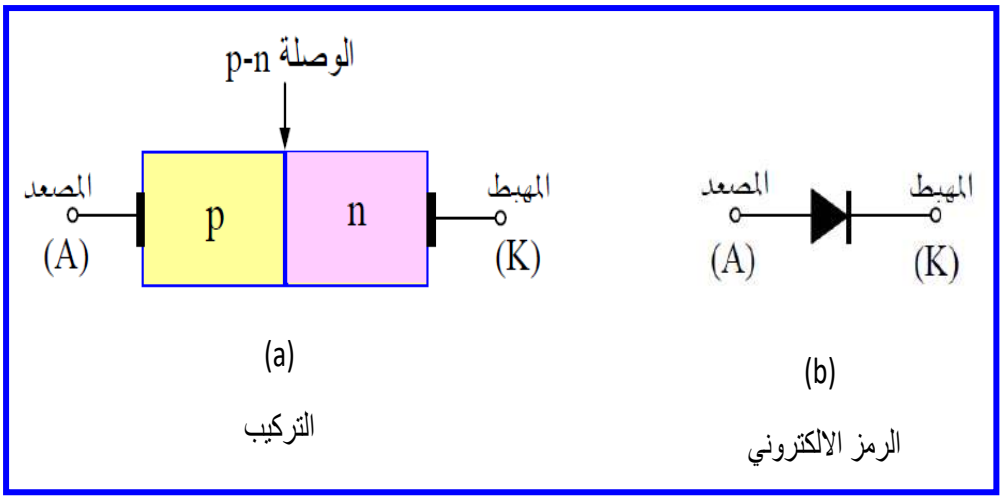
هذا الجهد يمنع مرور الألكترونات من الوصلة N الى الوصلة P ومرور الفجوات من الوصلة P الى الوصلة N وقيمة الجهد الحاجز للجرمانيوم هو (0.3) فولت، أما بالنسبة للسيليكون فهو (0.7) فولت.

وبذلك تتكون شحنة فراغية على جانبي التماس بين الوصلتين تدعى منطقة الاستنزاف (Depletion Region)، وتكون هذه المنطقة خالية تماماً من الشحنات.الشكل (6-14) يوضح منطقة الأستنزاف.



شكل 6-14 جهد الحاجز (منطقة الأستنزاف) في وصلة p-n

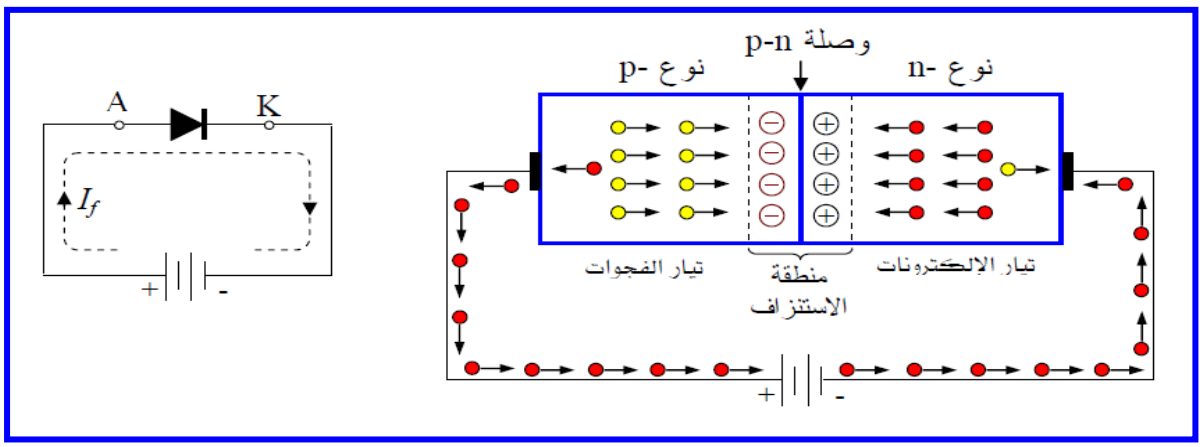
يسمى الطرف الموجب للدايود الأنود ويرمز له (A)، أما الطرف السالب للدايود فيسمى الكاثود ويرمز له (K)، أما الرمز العام للدايود موضح في الشكل (14-7).



شكل 14-7 ثنائي الوصلة (الدايود)

14-6- 1 الأنحياز الأمامي للثنائي (Forward Bias) :

عند ربط الطرف الموجب للبطارية بأنود الثنائي، والطرف السالب للبطارية بكاثود الثنائي، فإن قيمة جهد الحاجز للثنائي سوف تتضاءل، حيث تعبر الألكترونات من الجهة السالبة للدايود نحو القطب الموجب للبطارية، بنفس الطريقة تتحرك الفجوات من الجهة الموجبة للدايود نحو القطب السالب وإذا ازداد جهد المصدر على (0.7V) لثنائي السيليكون و (0.3V) لثنائي الجرمانيوم سوف يتغلب جهد المصدر على جهد الحاجز ويقل عرض منطقة الأستنزاف الى الحد الذي يسمح به للألكترونات من أن تنساب من القطب السالب للبطارية الى القطب الموجب لها عبر الثنائي فيمر تيار عالٍ خلال الدايود..... ويقال لمثل هذا الربط (الأنحياز الأمامي Forward Bias)، عندئذ تزداد قيمة التيار المار (I_f) بحيث تتعدى حدود تحمل الثنائي وتقل مقاومة الدايود في الأنحياز الأمامي (جهد الأنحياز لثنائي الجرمانيوم 0.3V وللسيليكون 0.7V). الشكل (14-8) يوضح الجزء الأيمن تقلص منطقة الأستنزاف لتسهل عملية مرور الألكترونات من الطرف السالب الى الموجب من البطارية عبر الثنائي، وفي الجزء الأيسر من الشكل يوضح التيار المار (I_f).



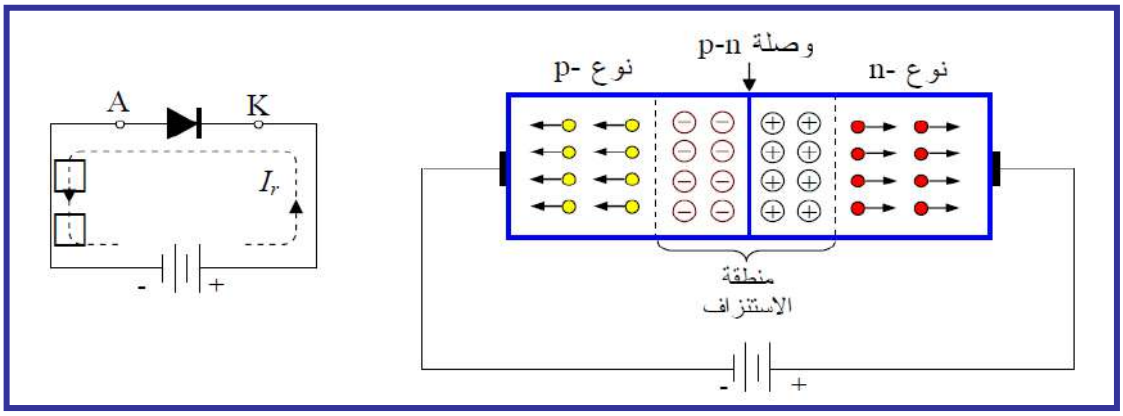
شكل 14-8 ثنائي الوصلة في حالة الانحياز الأمامي

2-6-14 الأنحياز العكسي للثنائي (Reverse Bias) :

ينحاز الثنائي عكسياً عندما يُربط الطرف السالب للبطارية بأنود الثنائي ويُربط الطرف الموجب للبطارية بكاثود الثنائي، إن مثل هذا الربط سيجعل الفجوات تنجذب نحو الطرف السالب للبطارية، بنفس الطريقة سوف تنجذب الألكترونات نحو الطرف الموجب للبطارية، نتيجة لذلك يزداد سمك منطقة الأستنزاف أي يزداد جهد الحاجز الى ان يصل الى قيمة جهد البطارية، هكذا يُبدي الثنائي مقاومة عالية في الأنحياز العكسي (مالانهاية)، ولا يسمح بمرور تيار.

بتعبير أدق يمر تيار قليل جداً بالأتجاه المعاكس يسمى تيار التشبع العكسي (I_r)، ويزداد كلما ارتفعت درجة الحرارة ويقاس بالمايكروامبير (μA).

في الشكل (14-9) يوضح الجزء الأيمن منه كيف يزداد سمك منطقة الأستنزاف (المنطقة الخالية من الشحنات) مما يمنع مرور التيار، وفي الجزء الأيسر من الشكل يوضح تيار التشبع العكسي (I_r) وقيمته قليلة جداً.

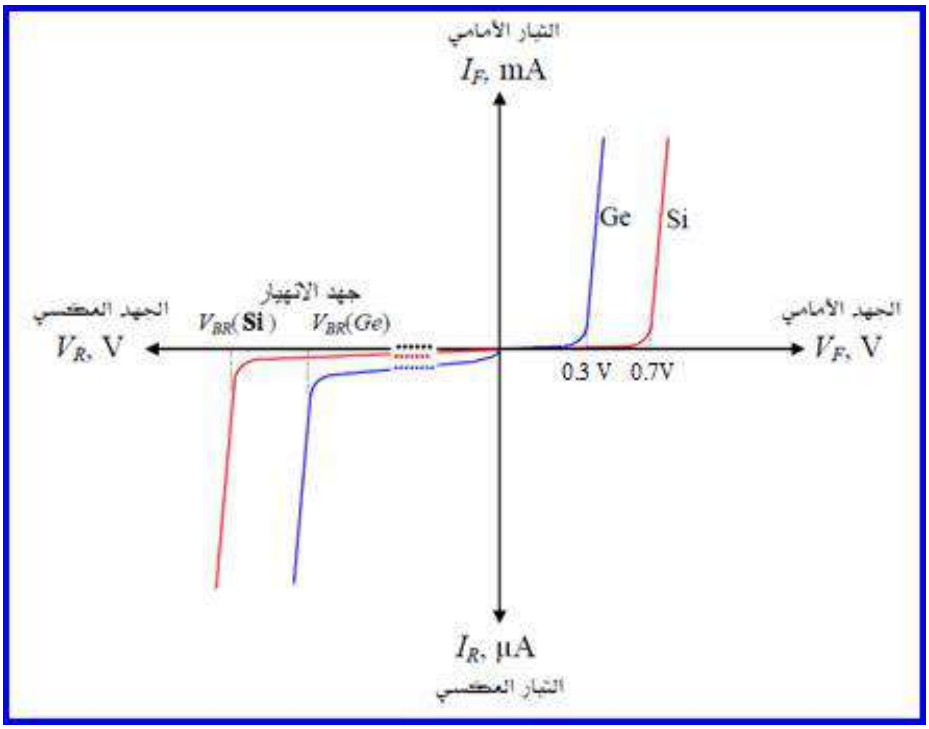


شكل 14-9 ثنائي الوصلة في حالة الانحياز العكسي

3-6-14 منحنى الخواص للثنائي شبه الموصل :

يوضح الشكل (14-10) منحنى الخواص للجرمانيوم والسيليكون ويعرف منحنى الخواص على انه العلاقة بين التيار المار بالثنائي وبين الجهد المسلط على طرفيه لكل من الأنحياز الأمامي والأنحياز العكسي.

في الجزء الأيمن من المنحنى نلاحظ ان قيمة التيار تبقى مقاربة للصفر الى أن يصل الجهد الى (0.7) فولت للسيليكون و(0.3) فولت للجرمانيوم بعد ذلك يحصل انهيار للوصلة، حيث يمر تيار عال مع ثبات قيمة الجهد على طرفي الثنائي. أما في الجزء الأيسر من المنحنى نلاحظ أنه لا يمر تيار سوى تيار التشبع العكسي الذي تكون قيمته صغيرة جداً يبقى هذا التيار ثابتاً مع زيادة الجهد العكسي الى قيمة كبيرة، ولكن عند قيمة معينة لكل دايود تسمى (جهد الأنهيار العكسي) أو ظاهرة انهيار زينر (Breakdown Zener Vz)، عندها يزيد التيار فجأةً زيادة كبيرة تؤدي الى تلف الثنائي. وتستغل هذه الظاهرة في ثنائيات اخرى تعرف بثنائيات زينر (Zener Diode) الذي سيتم شرحه في الفصل التالي.



شكل 14-10 منحني الخواص لكل من ثنائي الجرمانيوم وثنائي السيليكون

أسئلة الفصل الرابع عشر

س1- ما صفات المادة شبه الموصلة؟ ولماذا سميت بهذا الأسم؟

س2- ما العوامل المؤثرة في توصيلية المادة شبه الموصلة؟

س3- كيف يتم الحصول على بلورة N، والبلورة P؟ اشرح ذلك بالتفصيل.

س4- عرف المادة المانحة والمتقبلة مع ذكر الأمثلة.

س5- ماذا يقصد بالثنائي (الدايود)؟ وما أهميته في الصناعة؟

س6- ارسم منحنى الخواص بالأتجاه الأمامي والعكسي للدايود مرة للجرمانيوم ومرة للسيليكون.

س7- هل قيمة التيار بالأنحياز العكسي مساوية للصفر؟ لماذا؟

س8- ما الجهد الحاجز؟ وهل يمكن التحكم بقيمة هذا الجهد؟

س9-عرف جهد الأنهيار، وأشرح كيف تحصل هذه الظاهرة.

س10- هناك نوعان من التيارات داخل الدايود عددها واشرحها.

الفصل الخامس عشر
ثنائي الزينر Zener Diode

الأهداف:

الهدف العام:

يهدف هذا الفصل الى دراسة ثنائي الزينر، خواصه وتركيبه وأهميته في الدوائر الالكترونية.

الأهداف الخاصة:

بعد اكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على أن:

1- يفهم خواص ثنائي الزينر.
2- يميز بين طرق توصيل ثنائي الزينر في الدوائر الالكترونية.
3- يعرف أستخدامات ثنائي الزينر في الدوائر الالكترونية وتطبيقاته.

المحتويات

- 15-1 ثنائي الزينر
- 15-2 خواص ثنائي الزينر
- 15-3 طرق توصيل ثنائي الزينر
- 15-4 أستخدامات ثنائي الزينر
- 15-5 أسئلة ومسائل الفصل

الفصل الخامس عشر
ثنائي الزينر Zener Diode

1-15 ثنائي الزينر

أصبح من المعلوم لديك أن إضافة الشوائب شبه الموصلة بنسبة معينة جزء واحد من الشوائب الى عشرة مليون من المادة تجعله موصلاً. وعند زيادة نسبة الشوائب المضافة الى شبه الموصل بدرجة عالية نحصل على نوع أخر من الثنائيات يختلف في خواصه عن الثنائي الأعتيادي، يسمى هذا النوع بثنائي زينر.

هناك أنواع أخرى من الثنائيات والتي لها تطبيقات وأستعمالات خاصة تختلف عن الزينر والثنائي الأعتيادي ومنها:

1- الثنائيات ذات السعة المتغيرة (Varactor Diode): تستخدم في الدوائر الألكترونية ككاشف متغير السعة.
2- الثنائي النفقي (Tunnel Diode): يستخدم هذا النوع في الترددات العالية كمكبر ومولد إشارة.
3- الثنائي الضوئي (Photo Diode): يستخدم في كواشف الضوء.
4- الدايود الباعث للضوء (LED): يستخدم كمصدر لأرسال معلومات للأتصالات الضوئية وكذلك إظهار الحروف والأرقام والأشارات والرموز.
5- هناك أنواع اخرى من الثنائيات تستخدم في مجال الترددات العالية لتوليد إشارات في مجال الترددات التي تصل الى (100 Hz) وهناك أيضاً ثنائيات القدرة المنخفضة والمرتفعة.

2-15 خواص ثنائي الزينر :

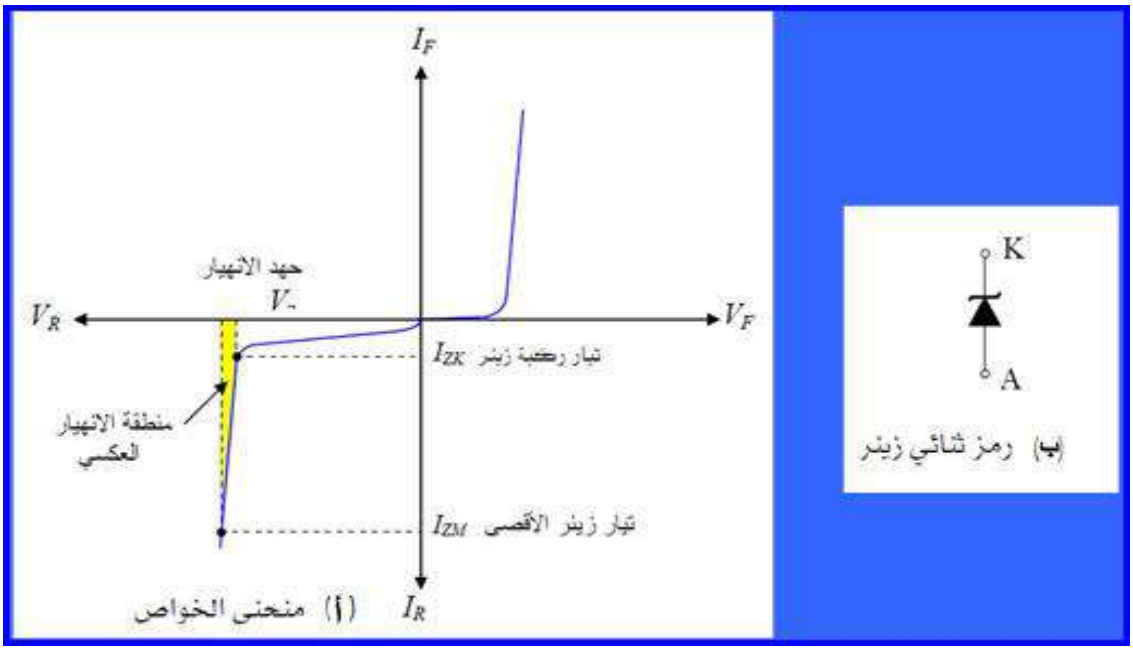
كما ذكرنا أعلاه تحدث ظاهرة الزينر عند زيادة نسبة الشوائب في شبه الموصل بنسبة معينة (أي زيادة نسبة التطعيم), وتظهر خواص الزينر في الأنحياز العكسي، فعند زيادة الجهد العكسي المسلط تزداد تبعاً لذلك شدة المجال الكهربائي في منطقة الأستنزاف (وهي منطقة التماس بين N،P)، يكون هذا المجال بالشدة الكافية لتمزيق الروابط التساهمية فيزداد التيار بشكل مفاجئ وكبير ولكن من دون زيادة تذكر في الفولتية عبر الزينر.

تسمى هذه الظاهرة (بالأنهيار) لمناظرتها لأنهياركرة جليدية من فوق مرتفع جليدي فحجم الكرة يزداد بأستمرار إثناء حركة الكرة. يسمى الجهد الذي تَسبَبَ في هذه الظاهرة بجهد الأنهيار ويرمز له (V_Z)، حيث تتراوح قيمة جهد الأنهيار ما بين (2-200)V وتسمى الثنائيات التي تمتلك هذه الصفة بثنائيات زينر تيمناً بأسم الشخص الذي شرح هذه الظاهرة.

من المهم أن نذكر هنا أن ثنائي الزينر يعمل كدايود أعتيادي عند ربطه بالأتجاه الأمامي ويعمل بفرق جهد (0.3V) للجرمانيوم و(0.7V) للسيليكون.

ويمتاز دايود الزينر بقلة مقاومته الداخلية r_z، والزينر المثالي هو الذي تكون فيه قيمة r_z صفراً، أي أن المنحنى عند V_Z يكون عمودياً فلا تتغير V_Z بتاتاً مهما تغيرت قيمة I_Z.

وعملياً تتراوح قيمة r_z من بضع أومات الى مئات الأوم.



الشكل 15-1- ب يوضح رمز ثنائي زينر الشكل 15-1- أ يوضح خواص ثنائي الزينر

شكل 15-1 يوضح خواص ثنائي الزينر ورمزه

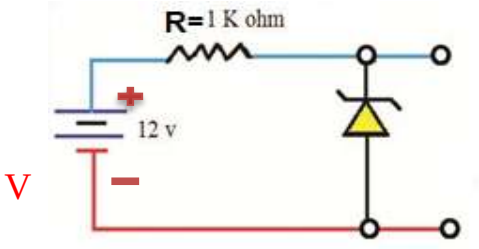
في الشكل (15-1-أ) يوضح الجزء الأيمن من المنحنى تيار I_{zm} : وهو تيار الزينر الأقصى، حيث يمثل أعلى قيمة للتيار التي يجب ألا يتعداها تيار الزينر والا يتعرض للتلف.

أما بالنسبة الى I_{zk}: ويسمى مجازاً بتيار ركبة زينر (لأنحناءه بشكل ركبة)، وهو أقل قيمة للتيار لكي يعمل الزينر ولا يعمل قبلها.

15-3 طرق توصيل ثنائي الزينر :

أ- التوصيل بدون مقاومة حمل:

يوصل ثنائي الزينر في دائرة المنظم كما موضح في الشكل (15-2)



شكل 15-2 دائرة منظم فولتية بدون حمل

حيث يوصل ثنائي الزينر توصيل عكسي ويكون الجهد الخارج مساوياً لجهد الزينر.

$$V_{out} = V_z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (1\text{-}15)$$

وظيفة المقاومة R هي لضبط والتحكم بتيار ثنائي الزينر (I_z)

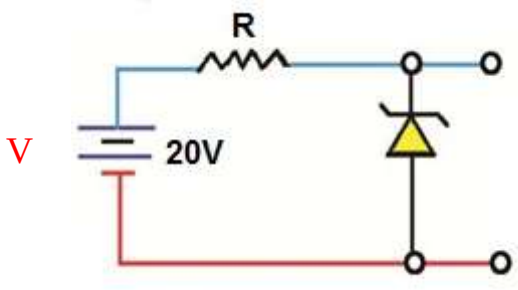
$$R = \frac{V_{in} - V_z}{I_z} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (2\text{-}15)$$

حيث إن التيار المار بالمقاومة هو نفسه التيار المار بثنائي الزينر لأنهما مربوطان على التوالي.

مثال (1)

إحسب قيمة المقاومة اللازمة لمرور تيار في ثنائي الزينر مقداره (30 mA)؟ علماً ان (Vz= 5V).
كما مبين بالشكل (3-15).

الحل :-

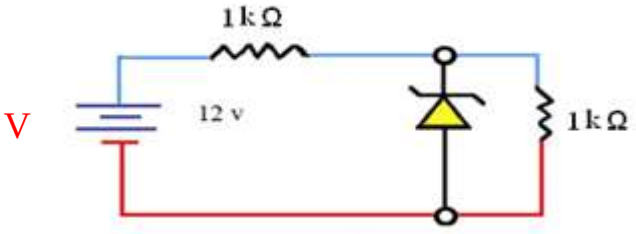


شكل 15-3 مثال (1)

$$R = \frac{V_{in} - V_z}{I_z} = \frac{20\text{-}5}{30\times10^{-3}} = 500\ \Omega$$

ب- التوصيل بوجود مقاومة حمل:

غالباً ما يربط حمل بالتوازي مع ثنائي الزينر لتثبيت الجهد عليه كما موضح في الشكل (4-15).



شكل 15-4 دائرة منظم جهد مع مقاومة حمل

في هذه الحالة يتفرع التيار الكلي (I_T) الى جزئين، جزء يمر في ثنائي الزينر (I_Z) والجزء الأخر يمر في مقاومة الحمل (I_L) وذلك حسب قانون كيرشوف للتيارات. لذا عند التصميم وعند حساب المقاومة (R) يجب مراعاة آلا يقل تيار الزينر عن (I_{zk}) ولا يزيد عن (I_{zm})

$$I_T = I_L + I_Z \qquad \text{.....(3-15)}$$

$$I_T = \frac{V_{in} - V_z}{R} \qquad \text{.....(4-15)}$$

ويمكن حساب تيار الحمل كالآتي:

$$I_L = \frac{V_{out}}{R_L} \quad \text{..... (5-15)}$$

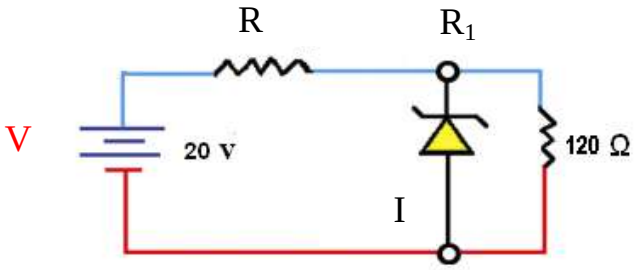
$$I_L = \frac{V_z}{R_L} \quad \text{.....(6-15)}$$

أما في حالة إذا فصل الحمل عن الدائرة فأن التيار الكلي سوف يمر كله في الزينر بحيث يتعدى قيمة I_{zm} فيتلف الزينر.

مثال(2)

إحسب قيمة المقاومة اللازمة لمرور تيار مقداره (I_z = 30 mA) في ثنائي زينر، علماً بأن (I_{zm}=85mA) (V_z=8V), كما مبين بالشكل (5-15)

الحل :-



شكل 5-15 مثال (2)

$$I_L = \frac{V_z}{R_L} = \frac{8}{120} = 0.0666666667 \times 1000 = 66.67 \text{ mA}$$

$$I_T = I_L + I_Z = 30 \text{ mA} + 66.67 \text{ mA} = 96.67 \text{ mA}$$

$$R = \frac{V_{in} - V_z}{I_T} = \frac{20-8}{96.67} = 124.14 \ \Omega$$

هل يتلف الزينر عند فصل الحمل؟

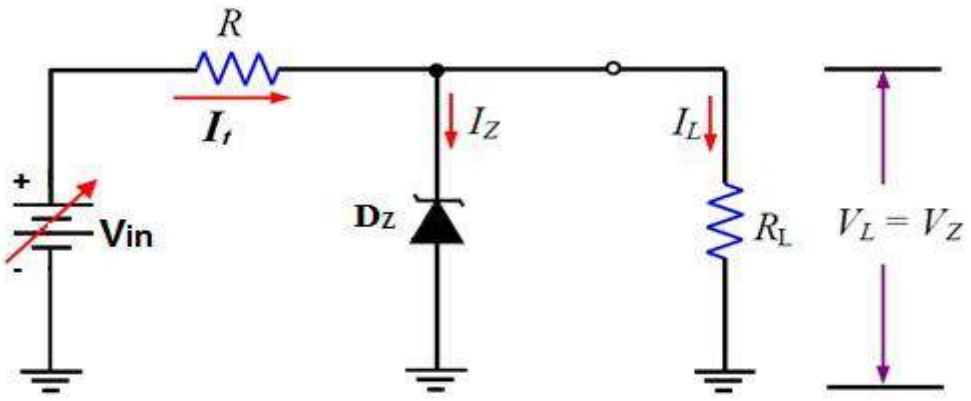
عند فصل الحمل فأن:

$$I_Z = I_T = 96.67 \text{ mA}$$

وبما ان التيار أعلى من I_{zm} فإن ثنائي الزينر سوف يتلف.

4-15 إستخدامات ثنائي الزينر :

إن أهم استخدام لثنائي الزينر في الدوائر الألكترونية هو كمنظم للفولتية Voltage Regulator، ويوضح الشكل (6-15) كيفية ربط ثنائي الزينر بالدائرة للحصول على فرق الجهد ثابت.



شكل 6-15 ثنائي الزينر كمنظم للجهد

يجب أن تكون قيمة الفولتية (V_{in}) أكبر من فولتية إنهيار الزينر (V_z) ويمكن حساب قيمة المقاومة R كالآتي:

$$R = \frac{V_R}{I_R} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots (7\text{-}15)$$

ومن قانون كيرشوف الثاني:

$$V_R = V_{in} - V_z \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (8\text{-}15)$$

ومن قانون كيرشوف الأول:

$$I_T = I_z + I_L \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (9\text{-}15)$$

حيث يمثل (I_L) تيار الحمل المار خلال مقاومة الحمل (R_L)

إن فرق الجهد عبر المقاومة (R_L) هو نفس فرق الجهد عبر الثنائي (V_z)، أما التيار المار في زينر فهو (I_z).

يقوم الزينر بتنظيم فرق الجهد عبر الحمل (R_L) فإذا تغير فرق الجهد عبر الحمل يتغير تبعاً لذلك تيار الزينر بينما تبقى (V_z) ثابتة.

وإذا ما تغيرتيار الحمل أو جهد المصدر فأن الزينر سوف يكيف التيار المار فيه كي يحافظ على فرق الجهد ثابت نسبياً عبر الحمل.

مثال (3)

في منظم الجهد الموضح في الشكل (6-15) إذا كان (V_z=30v)، (R=30Ω)، (R_L=300Ω)، (r_z=0) والجهد الداخل يتراوح بين (34-40v). احسب أقل وأكبر قيمة لتيار الزينر Iz (min)، Iz (max).

الحل:

تيار الحمل المار بالمقاومة (R_L) يساوي:

$$I_L = \frac{V_z}{R_L} = \frac{30}{300} = 0.1\ A$$

أما بالنسبة للتيار الكلي المار بالمقاومة (R) فيستخرج من العلاقة الأتية:

$$I_T = \frac{V_{in} - V_z}{R}$$

إن قيمة (V_Z) وقيمة (R) هي ثابتة، لذلك فأن قيمة التيار الكلي (I_T) تعتمد على قيمة الجهد الداخل (V_{in})، ولذلك فأن أقل قيمة للتيار الكلي (I_{min}) تكون عند (V_{in} = 34 V).

بينما أعلى قيمة للتيار الكلي $I_{T(max)}$ تكون عند V_{in} = 30v.

$$I_{T\,(min)} = \frac{34V - 30V}{30\Omega} = 0.13A$$

$$I_{T\,(max)} = \frac{40\ V - 30\ V}{30\Omega} = 0.3A$$

وبتطبيق قانون كيرشوف للتيار نحصل على :

$$I_T = I_Z + I_L$$

ونظراً لثبات تيار الحمل I_L فأن التيار المار في ثنائي الزينر يكون أقل ما يمكن.

$I_Z = I_{Z\,min}$ في حالة $I_{T\,min}$

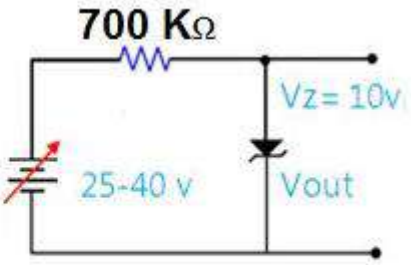
بينما يكون أكبر ما يمكن $I_Z = I_{Z\,max}$ في حالة $I_{T\,max}$

$$I_{Z\,min} = I_{T\,min} - I_L = 0.13\ A - 0.1\ A = 0.03\ A$$

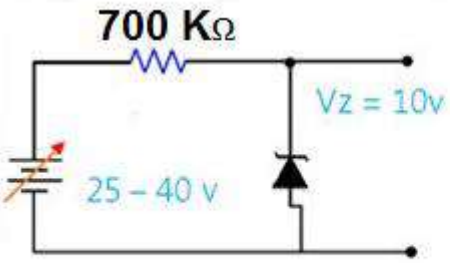
$$I_{Z\,max} = I_{T\,max} - I_L = 0.3A - 0.1\ A = 0.2\ A$$

أسئلة ومسائل الفصل الخامس عشر

س1- ما أهمية ثنائي الزينر في الدوائر الألكترونية؟
س2- كيف يمكن التحكم بفولتية إنهيار الزينر؟ إشرح ذلك.
س3- هل يمكن أن يعمل الدايود كثنائي زينر ؟ كيف؟
س4- ما الفرق الأساسي بين الدايود الأعتيادي وثنائي الزينر؟
س5- ماذا يحصل لو قلّت قيمة التيار العكسي الى أقل من تيار الأنهيار؟
س6- ما خواص ثنائي الزينر المثالية؟
س7- هل يمكن ربط ثنائيات الزينر على التوالي؟ ما هي عيوب هذا الربط؟
س8- للدوائر المبينة بالشكل أدناه، أوجد فولتية الخرج Vout ؟

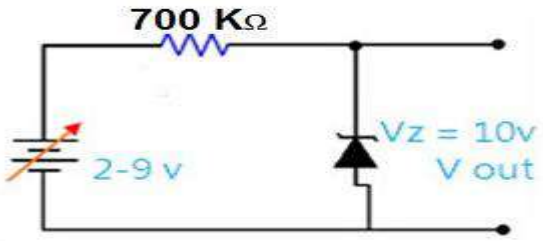


شكل 7-15



شكل 8-15

س9- هل يعمل ثنائي الزينر في الدائرة الآتية؟



شكل 9-15

س10- ما أدنى وأعلى تيار زينر Izm، Izk في الشكل (8-15) ؟

الفصل السادس عشر
قياس ضغط الدم

الأهداف:

الهدف العام :

يهدف هذا الفصل الى دراسة الدورة الدموية أولاً ومعرفة انواع أجهزة قياس ضغط الدم وطريقة إستخدامها ثانياً.

الأهداف الخاصة:

بعد إكمال هذا الفصل سوف يكون الطالب قادراً على أن:

1- يرسم ويشرح الدورة الدموية الكبرى والصغرى.
2- يُعرّف القلب ويعدد تجاويفه.
3- يُميز بين الأنواع المختلفة لأجهزة قياس ضغط الدم.
4- يعرف بعض المصطلحات المهمة الخاصة بضغط الدم .
5- يكتب بعض القوانين الخاصة بضغط الدم.
6- يشرح اجزاء جهاز ضغط الدم الزئبقي واجزاء جهاز ضغط الدم الهوائي.
7- يقيس ضغط الدم الإنقباضي والإنبساطي بجميع أنواع أجهزة قياس ضغط الدم.

المحتويات

- 16-1 قياس ضغط الدم
- 16-2 القلب
- 16-3 الدورة الدموية
- 16-4 ضغط الدم
- 16-5 قياس ضغط الدم
- 16-6 أجهزة قياس ضغط الدم
- 16-7 أجزاء جهازي ضغط الدم الزئبقي والهوائي
- 16-8 خطوات قياس ضغط الدم
- 16-9 اجهزة قياس ضغط الدم الألكترونية وشبه الألكترونية
- 16-10 سماعة الطبيب
- 16-11 عمل السماعة
- 16-12 أسئلة الفصل

الفصل السادس عشر
قياس ضغط الدم (Blood Pressure Measurement)

1-16 قياس ضغط الدم :

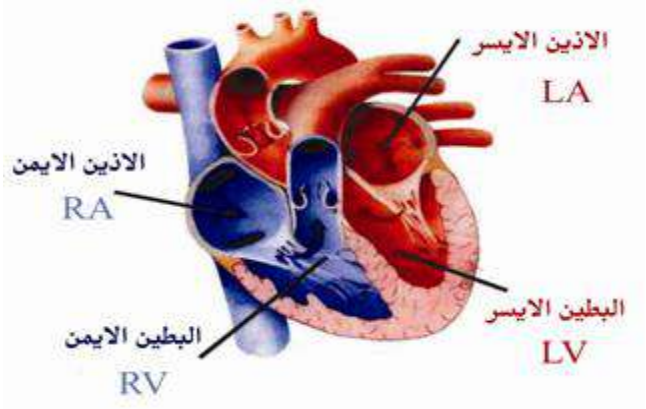
لفهم كيفية وطرق قياس ضغط الدم، وجب علينا أن ندرس باختصار موضوع القلب والدورة الدموية، لأن القلب هو الجزء الأهم في توليد الضغط في الشرايين والأوردة والأوعية الدموية، وهو المسؤول عن توليد الأصوات المختلفة (أصوات كورتكوف) التي بفضلها يمكن قياس الضغوط المختلفة، وتبلغ ضربات القلب للرجل البالغ حوالي (72) نبضة في الدقيقة، أي حوالي (40) مليون نبضه في العام الواحد.

2-16 القلب The Heart :

يسمى باللاتيني (Carduim) وهو عضو عضلي أجوف وزنه للشاب البالغ ما بين (350 - 250) غرام ويحتوي على أربعة تجاويف كما موضح في الشكل (16–1) وهي:-

1- الأذين الأيمن: Right Atrium(RA)
2- الأذين الأيسر: Left Atrium (LA)
3- البطين الأيمن: Right ventricle (RV)
4- البطين الأيسر: Left Ventricle (LV)

القلب عبارة عن عضو عضلي يضخ الدم، ويتكون من مضختين, الاولى وهما الاذينان يضخان الدم معا بتقلصهما الى البطينين من خلال الصمامات الأذينية البطينية، حيث يمر الدم باتجاه واحد لمنعه من الرجوع الى الأذينين. والمضخة الثانية هما، البطينان حيث يضخان الدم بتقلصهما معآ الى جميع اجزاء الجسم والى الرئتين من خلال صمامين هما الصمام الأبهر والصمام الرئوي كما موضح في (الشكل 16-1).



شكل 16 - 1 القلب مع التجاويف الاربعة والصمامات

لكي يتمكن القلب من أداء واجبه، يحتاج الى عضلات قلبية قوية وصمامات محكمه الغلق بالأضافة الى وجود كهربائية خاصه تساعد العضلات في التقلص والأنبساط، وخلال عمله هذا تنتج اصوات مختلفة تسمى أصوات كورتكوف (Korotkoff Sounds) نسبة الى مكتشفها، ناتجة من إهتزازات فتح وغلق الصمامات القلبية، وصوت أندفاع الدم خلالها بالأضافة الى اهتزاز جدران القلب بسبب وجود الكهربائية.

3-16 الدورة الدموية (The Blood Circulation)

تقسم الدورة الدموية الى قسمين رئيسين هما:

1-الدورة الدموية الصغرى (Pulmonary Circulation).

2-الدورة الدموية الكبرى (Grate Blood Circulation).

والشكل (16– 2) يوضح ذلك.

شكل 16 - 2 مخطط الدورة الدموية الكبرى والصغرى

في الدورة الصغرى يضخ الدم القادم من جميع اجزاء الجسم الى الأذين الأيمن (RA) ثم يضخ الى البطين الأيمن (RV) خلال الصمام الثلاثي وهو احد الصمامات الأذينية البطينية ومنه يضخ الى الرئتين من خلال الصمام الرئوي للتزود بالأوكسجين والتخلص من ثاني اوكسيد الكاربون، ليعود بعدها الى الأذين الأيسر وهكذا تستمر العملية, والشكل (16– 2) يوضح ذلك.

في الدورة الكبرى يضخ الدم النقي من الأذين الأيسر (LA) الى البطين الأيسر (LV) من خلال الصمام الثنائي وهو الصمام الثاني للصمامات الأذينية البطينية ومن ثم من البطين الأيسر (LV) من خلال الصمام الأبهر حيث يزود الجسم والدماغ بالدم والمواد الغذائية (Nutrients) ليعود الدم الى الأذين الأيمن وهكذا تستمر الدورة الدموية. خلال الدورة الدموية يكون ضغط الدم في اعلى قيمة له عند تقلص البطينين، وفي آقل قيمه له عند استرخاء عضلات القلب, ويقل كلما ابتعدنا عن القلب نحو الأوعية الدموية الصغيرة.

4-16 ضغط الدم (Blood pressure) :

يمكن تعريف ضغط الدم بأنه:-

القوة المسلطة على جدران الأوعية الدموية من الدم خلال مروره بها، ويقاس بوحدات الملمتر – زئبق (mm –Hg) وهناك قيمتان مهمتان لصغط الدم هما:-

1-الضغط الأنقباضي: (Systolic Pressure)

وهو اعلى ضغط يسلط على جدران الأوعية الدموية في نهاية تقلص البطينين وقيمتة للذكر البالغ بحدود (120 mm – Hg).

2-الضغط الأنبساطي: (Diastolic Pressure)

وهو اقل ضغط يسلط على الأوعية الدموية عند إسترخاء عضلات القلب وقيمته للذكر البالغ بحدود (80 mm- Hg) ويمكن لهذه القيم ان تقل اوتزداد حسب حاله الشخص البدنيه والصحية.

3- ضغط النبضة: (Pulse Pressure)(p.p)

وهو الفرق بين الضغط الأنقباضي والضغط الأنبساطي

P. P = Systolic p. - Diastolic p.

4 - معدل الضغط : (Mean pressure M.P)

ويمكن ايجاده من المعادله اللآتية:

معدل الضغط = 1/3 ضغط النبضه + الضغط الأنبساطي

M.P =1/3 (p.p) + Diastolic p.

5-16 قياس ضغط الدم (Blood pressure Measurements) :

هناك طريقتان رئيستان لقياس ضغط الدم هما:

1-الطريقة المباشرة (Direct Method):

أول من استخدمها هو العالم الأنكليزي (ستيفن هيلز) في عام (1773)، حيث قام بغرس أنبوب زجاجي رفيع وطويل في شريان رقبه حصان. حيث أن أرتفاع مستوى الدم في الأنبوب يمثل قيمة الضغط, أو بطريقة أستخدام مقياس كما في الطريقة اعلاه ولكن في هذه الطريقة يحتوي الانبوب على الماء ويغرس في جسم المريض مباشرة, وتستخدم هذه الطريقه لقياس ضغط سوائل العمود الفقري.

اما الطريقه الحديثة فهي بأستخدام القسطره حيث يتم ادخال الانبوب داخل الجسم حيث توجد بلورة الكوارتز التي تحول الضغط الى اشارة كهربائية وعند تحليلها يتم الحصول على قيمة الضغط في الجسم.

2-الطريقة الغير مباشرة (Indirect Method) :

تتم بأستخدام انواع مختلفة من الأجهزة ومنها طريقة سماع اصوات القلب لتحديد الضغط الأنقباضي والأنبساطي أو طريقة الأجهزة الألكترونية التي تحول الضغط الى اشارة كهربائية والتي تحلل بدورها لإعطاء قيم الضغوط ونبضات القلب على شاشه عرض رقمية.

6-16 أجهزة قياس ضغط الدم (Blood pressure Devices) :

يمكن تقسيم أنواع أجهزة قياس ضغط الدم الى ثلاثه أنواع رئيسة هي:

1-جهاز قياس ضغط الدم الزئبقي (Mercury Sphygmomanometer)

2-- جهاز قياس ضغط الدم الهوائي (اللاسائلي) (Aneroid Sphygmomanometer)

3-أجهزه قياس ضغط الدم الألكترونية وشبه الألكترونية

(Electronic and Semi-electronic Instruments Sphygmomanometer)

أدناه طريقة قياس ضغط الدم بأستخدام الجهازين في الفقرة أولآ وثانياً أعلاه،علماً بأن طريقة القياس في الجهازين هي نفسها وبنفس تسلسل الخطوات عدا ملاحظة أرتفاع عمود الزئبق في الأول لتحديد قيم الضغوط كما موضح في الشكل (16-3).

شكل 16-3 جهاز قياس ضغط الدم الزئبقي

او ملاحظة المؤشر على مقياس الضغط الهوائي الدائري لتحديد قيم الضغوط والشكل (16-4) يوضح ذلك.

شكل 16 -4 جهاز قياس ضغط الدم الهوائي

7-16 أجزاء جهازي ضغط الدم الزئبقي والهوائي :

تتكون اجهزة الضغط الزئبقية والهوائية كما موضح في الأشكال (16-3) و (16-4) من الأجزاء الآتية:

1- سماعة الطبيب: Stethoscope

وتعني باللغة اللاتينية (الفحص من الصدر)، وهي عبارة عن حامل للصوت من صدر المريض والى أذن الطبيب خلال عمود هوائي يتكون من قطعتي الأذن المرتبطة بأنبوب مطاطي ويكون في نهايته قرص معدني يحتوي في داخله على قرص سليكوني رقيق ينقل الصوت من خلال الأهتزازات والصدى الى الطبيب لاحظ الشكل (16-4).

2- الوسادة الهوائية: Inflatable Cuff

وهى عبارة عن حزام عريض قابل للربط على الذراع يحتوي على وسادة مطاطية قابلة للانتفاخ عند تسليط الضغط عليها. كما موضح في الشكل (16 -4).

3- كرة الضغط المطاطية: Squeezable Bulb

وتستخدم لضخ الهواء الى الوسادة الهوائية من خلال الضغط عليها. يحتوي على صمام أبري في نهايتها لتفريغ الهواء اي لتقليل الضغط (Needle Valve) وتعتبر كمضخة يدوية.

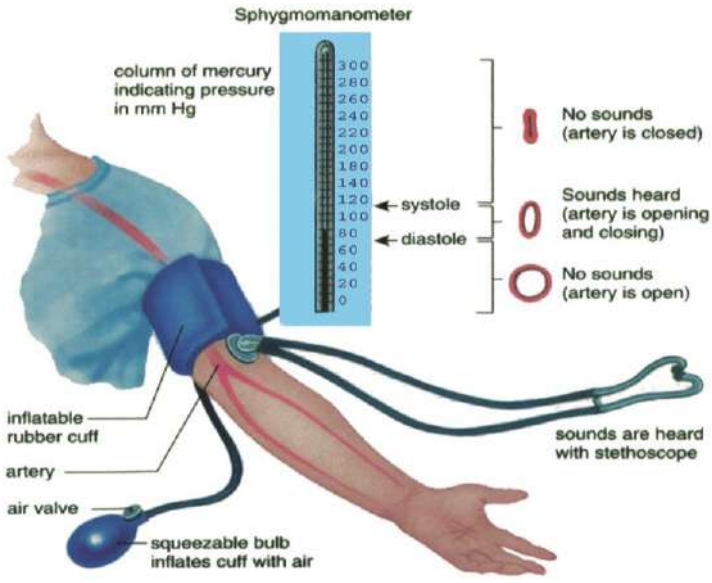
4- مقايس الضغط الزئبقي أو الهوائي:(Momanometer or Pressure Gague)

ويستخدم لتحديد قيم الضغوط من خلال ملاحظة إرتفاع عمود الزئبق أو تحديد قيمة المؤشربالنسبة للنوع الهوائي بوحدات الملمتر – زئبق.

5- أنابيب مطاطية : (Rubber Tubes)

وتستخدم لربط الوسادة الهوائية بالكره المطاطية ومقياس الضغط أو مقايس التأشير.

شكل (16-4) و(16-5).



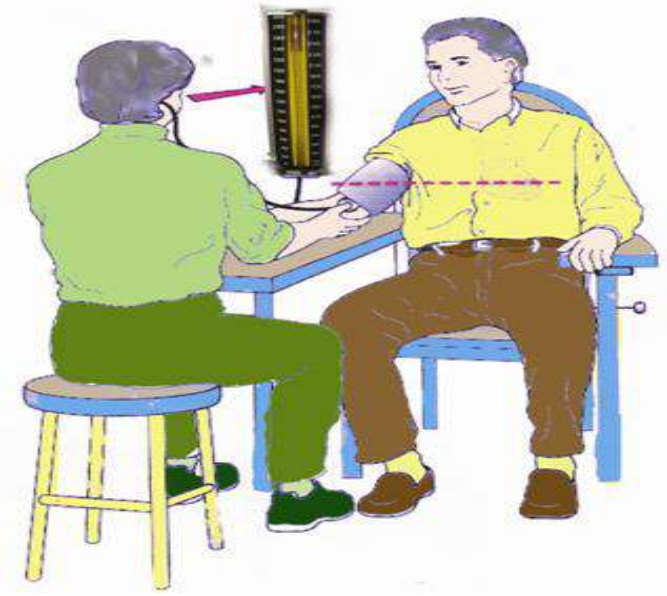
شكل 16 - 5 جهاز قياس ضغط الدم وطريقة ربطه بالجسم

8-16 خطوات قياس ضغط الدم :

أدناه خطوات قياس ضغط الدم باستخدام الجهازين الزئبقي والهوائي الموضحة بالشكلين (5-16) و (6-16).

1- الجلوس على كرسي باستقامة ووضع الأطراف على مستوى واحد مع القلب شكل (7-16) أو الأستلقاء ووضع الأطراف العلويه على جانبي الجسم ويكون في حاله أسترخاء.
2- تربط الوسادة الهوائية على اليد فوق المرفق بأحكام.
3- تثبت السماعة اسفل طرف الوسادة الهوائية فوق مفصل الكوع مباشرة لسماع صوت جريان الدم في الشريان كما موضح في الشكل (6-16).
4- يغلق الصمام الأبري لمنع خروج الهواء عند بدء الضخ في الكرة المطاطية.
5- يبدء الضخ من خلال الكرة المطاطية بالتتابع والى الوساده الهوائية حتى يتوقف سماع صوت جريان الدم بواسطة السماعه للدلالة على ان الضغط كافي لمنع جريان الدم خلاله.
6- نفتح الصمام الأبري ببطء لتفريغ الهواء من الوسادة تدريجياً حتى نسمع صوت جريان الدم في الشريان وفي نفس اللحظة نسجل قيمة عمود الزئبق أو قيمة المؤشر على قرص المقياس الهوائي والقيمة المسجلة تمثل الضغط الأنقباضي.
7- نستمر في تفريغ الهواء حتى يتغير صوته أو ينقطع نهائياً بحيث لانسمع اي صوت ونسجل قراءة المقياس او القرص لتسجيل قيمة الضغط الأنبساطي.

شكل 16 – 6 أجزاء جهاز قياس ضغط الدم وطريقة ربطه



شكل 16 – 7 طريقة الجلوس لقياس ضغط

16-9 أجهزة قياس ضغط الدم الألكترونية وشبه الألكترونية :

هناك أنواع كثيرة ومختلفة من أجهزة قياس ضغط الدم التي تحول الضغط بواسطة محولات الضغط الى أشارة كهربائية والتي بدورها تحلل الى أرقام تبين الضغط وتعرض على شاشة رقمية لبيان قيمة الضغط الإنقباضي والإنبساطي وكذلك عدد ضربات القلب (النبض). ولاتحتاج هذه الأنواع الى سماعه طبيب والشكل (16-8) يوضح جهاز ضغط الكتروني .

شكل 16-8 جهاز ضغط الكتروني

لا يفضل الأطباء أجهزه القياس الألكترونية لانها غير دقيقه أولاً وغير قابله للتصليح عند العطل وتعطي قراءات غير صحيحه مع تقادم العمر والأستخدام. ولمعرفة كيفية تشغيلها يقرأ كتيب التعليمات وتتبع خطواته بدقة.

10-16 سماعة الطبيب Stethoscope :

تتكون سماعة الأذن من الأجزاء الآتية:

1 - الأنابيب المطاطية .
2 – الأنبوب المعدني .
3 – قطعتي الأذن البلاستيكية.
4 – القرص السليكوني .
5 – حافظة القرص السليكوني.
6 – الغطاء المثبت للقرص السليكوني.
7 – سويق غلق السماعة وفتحها .

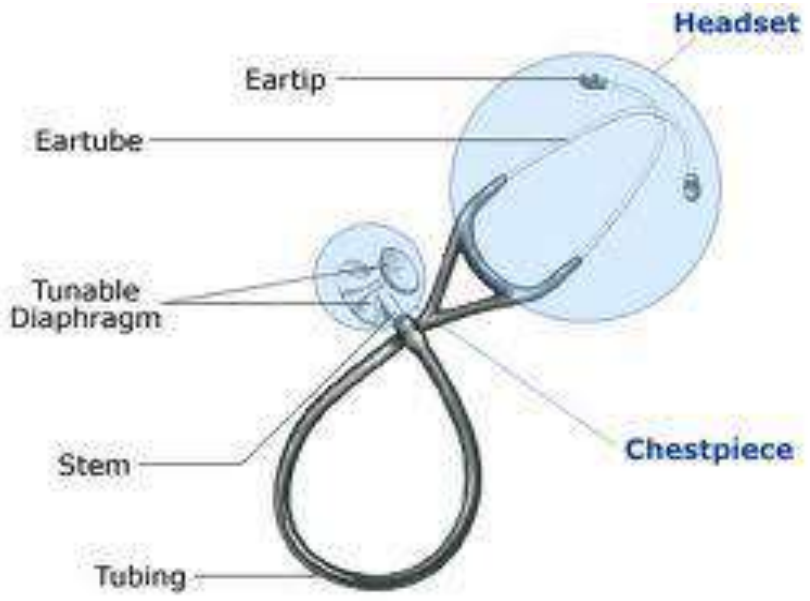
علماً بان جزئي قطعتي الأذن مع الأنبوب المعدني تسمى جزء الرأس، والقرص السليكوني مع الحافظة والسويق تسمى جزء الصدر, والشكل (16-9) يوضح اجزاء سماعة الطبيب.

11-16 عمل السماعة :

ان عمل سماعة الطبيب هو تضخيم الصوت القادم من القلب (النبضات) عبر اهتزاز القرص السلكوني، وايصال الصوت خلال الأنابيب المطاطيه والمعدنية مباشرة الى اذن الطبيب لتضخيم الصوت، لذا فان سماعة الطبيب لاتحتوي على اية مكبرات او كهرباء بل تعمل على التضخيم نتيجة اهتزاز القرص والتوصيل الجيد والمباشر الى اذن الطبيب. إن أي ثقب أو انبعاج أو رخاوة في تثبيت أو توصيلات الأنابيب تؤدي الى ضياع الصوت،

جزء الرأس

جزء الصدر



شكل 16-9 شكل يوضح اجزاء السماعة

أسئلة الفصل السادس عشر

س1- عرف كلاً مما يأتي مع كتابتها باللغة الانكليزية :-
الضغط، الضغط الأنقباضي، الضغط الأنبساطي.

س2- اوجد ضغط النبضة ومعدل الضغط اذا كان الضغط الأنقباضي (120mm.Hg)
والضغط الأنبساطي (80mm-Hg).

س3- عدد اجزاء جهاز الضغط الزئبقي، ثم جهاز الضغط الهوائي.

س4- ما هي أهم مساوئ اجهزة قياس الضغط الألكترونية ؟

س5- ماسبب الأصوات التي نسمعها بسماعه الطبيب ؟

س6- ارسم مخطط الدورة الدموية مع الشرح.

س7- ماهي الصمامات القلبية؟ وما اسمائها ؟ وما فائدتها ؟

س8- عدد اجزاء سماعة الطبيب، وما فائدة كل جزء في عملية تضخيم الصوت.