

جمهورية مصر العربية

وزارة التربية والتعليم

قطاع الكتب

مبادئ الكهرباء

للمدارس الثانوية الصناعية نظام السنوات الثلاث

الصف الأول

الصناعات الميكانيكية – الصناعات البحرية

تأليف

مهندس

السيد حسين عبد الحميد

موجه عام ميكانيكا علمى بالإدارة العامة للتعليم الصناعي

مهندس

محمد أحمد محمد عبد الباقى

موجه عام كهرباء علمى بمديرية التربية والتعليم بالقاهرة

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

مـراجــعة

مـهندس

محمد إبراهيم محمد صالح

موجه عام كهرباء علمى بالإدارة العامة للتعليم الصناعي

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

مقـدمـة

إن دول العالم تعيش هذه الأيام عصراً زاخراً بالتطورات التكنولوچـية المتلاحقة فى المجالات المختلفة والتى تسابق طموحاتنا كدولة تسعى للتقدم وصولاً للمكانة اللائقة بتاريخنا العريق بين باقى الدول ولتحقيق هذه الطموحات فلا بد من جانبنا خلق الوعى بالأسس العلمية والتكنولوچـية الضرورية للأداء الصحيح للأعمال ٠

ولا شك أن الطالب أيا كان تخصصه يتعرض أثناء دراسته العلمية لأمور فنية وهندسية يرتبط تناوله لها بشكل صحيح على مدى إلمامه بالعمليات الكهربية المختلفة – وهذا الكتاب قد تم وضعه ليغطى جزءاً من الجوانب الأساسية والهامة من هذه العمليات ٠

وقد روعى عند وضع الكتاب أن يتضمن شرحاً مبسطاً لمفهوم المبادىء الكهربية وكذلك يتضمن الكتاب شرحاً مبسطاً لبعض الأمثلة والأجهزة الكهربية وكذلك تضمن الرسومات المبسطة للشرح بيسر ووضوح ٠

ونحن إذ نقدم هذا الكتاب نرجوا أن لا يتخذه الطالب كمادة للحفظ والإسترجاع فى الإمتحان بقدر ما يعتبره مادة أساسية لبناء قاعدة معلوماته الكهربية التى تفيده فى تفكيره الهندسى فى المستقبل ٠

والله ولى التوفيق

المـؤلفان

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

وزارة التربية والتعليم

قطاع التعليم الفنـــي

الإدارة العامة للتعليم الصناعـي

المنهج الدراسي للمدارس الثانوية الصناعية نظام الثلاث سنوات

الصف الأول **الشعبة : الصناعات الميكانيكية – الصناعات البحرية**

المـادة : مبادئ كهرباء عدد الحصص : حصة واحدة أسبوعياً

الأهـداف

- اكساب الطالب مهارات أساسية مثل قياس جهد وشدة التيار ٠
- معرفة نظرية المحولات والمحركات الكهربية ٠

الباب الأول : القوى الكهربية

١-١: الخواص الكهربية للمعادن ٠

١-٢ : الكهرباء الإستاتيكية – التكهرب بالدلك – أنواع الشحنات الكهربية – القوى الكهربية بين شحنتين – وحدات قياس الشحنة الكهربية – قانون كولوم – استنتاج القانون العام للقوى الكهربية (قانون كولوم) ٠

١-٣ : المجال الكهربي – شدة المجال الكهربي عند نقطة – الجهد الكهربي – فرق الجهد بين نقطتين٠

١-٤ : المقاومة R – العوامل التي تتوقف عليها مقاومة موصل – المقاومة النوعية لمادة الموصل – أمثلة حسابية على مقاومة الموصل – وحدات قياس شدة التيار وجهد التيار – قانون أوم – توصيل المقاومات على (التوالي – التوازي – التضاعف)٠

الباب الثانى : المجال المغناطيسي والتيار الكهربي

٢- ١ : المجال المغناطيسي الناشئ حول موصل يمر فيه تيار كهربي – تأثير الفيض المغناطيسي على سلك يمر به تيار (نظريةالمحرك الكهربي) – مثال بسيط ٠

٢- ٢ : التيار المتغير – مميزاته – إستنتاج القوة الدافعة الكهربية (ق٠د٠ك) – قانون فاراداي – قاعدة فلمنج لليد اليمنى – العوامل التي تؤثر على (ق٠د٠ك) ٠

٢- ٣ : التيار المتغير ذو الموجة الجيبية – العلاقة بين التردد وسرعة دوران الموصل وعدد الأقطاب وأمثلة حسابية عليها ٠

٢- ٤ : القدرة الكهربية ووحداتها – الطاقة الكهربية ووحداتها – حساب تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة وأمثلة حسابية عليها٠

الباب الثالث : المحول الكهربي

٣- ١ : نظرية المحول – تركيب المحول في أبسط صورة – العوامل التي تتوقف عليها (ق٠د٠ك) المستنتجه في المحول ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٣- ٢ : مفاقيد المحول في حالة اللاحمل – مفاقيد المحول عند التحميل – جودة المحول – مايجب مراعاته عند تصنيع المحول ٠

الباب الرابع : أجهزة القياس الكهربية

٤- ١ : قياسات المقاومة (أوميتر- أوميتر التوالي – أوميتر التوازي – الفرق بين أوميتر التوالي والتوازي) – قياسات شدة التيار بواسطة الأمبيرومتر- قياسات جهد التيار بواسطة الفولتميتر – الآفوميتر لقياس شدة التيار وجهد التيار والمقاومة ٠

٤- ٢ : مجزء التيار – مضاعفات الجهد – أمثلة حسابية بسيطة ٠

٤- ٣ : فكرة مبسطة عن أجهزة القياس الألكترونية – مميزات وعيوب أجهزة القياس الألكترونية ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الباب الأول

القوى الكهربية

١-١: الخواص الكهربية للمعادن ٠

١-٢ : الكهرباء الإستاتيكية – التكهرب بالدلك – أنواع الشحنات الكهربية – القوى الكهربية بين شحنتين – وحدات قياس الشحنة الكهربية – قانون كولوم – استنتاج القانون العام للقوى الكهربية (قانون كولوم) ٠

١-٣ : المجال الكهربي – شدة المجال الكهربي عند نقطة – الجهد الكهربي – فرق الجهد بين نقطتين٠

١-٤ : المقاومة R – العوامل التي تتوقف عليها مقاومة موصل – المقاومة النوعية لمادة الموصل – أمثلة حسابية على مقاومة الموصل – وحدات قياس شدة التيار وجهد التيار – قانون أوم – توصيل المقاومات على (التوالي – التوازي – التضاعف)٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

القـــــوى الكهـــربية

مقـدمة :

مـا هـى الكهـرباء ؟

حاول الإنسان كثيراً أن يستكشف هذا الكون الذى يعيش فيه ٠ ولقد بذل مجهودات كثيرة ، وسوف يستمر فى بذل هذه المجهودات للدراسة والوصول إلى معنى الظواهر فى العالم المحيط به ٠ وعليه ، بحث الإنسان فى طبيعة الكهرباء وأصبح يدرك تمام الإدراك مفهوم التيار الكهربى ، حتى أصبح هذا المعنى معروفاً وواضحاً بدرجة كبيرة ٠

وبإستخدام النماذج كطرق عملية ، أمكن معرفة كل ما يتعلق بالكهرباء ، وعلى الأخص عند تفسير الظواهر التى تنقصها المشاهدات المباشرة ٠

ونبدأ هنا بالحقيقة التالية :

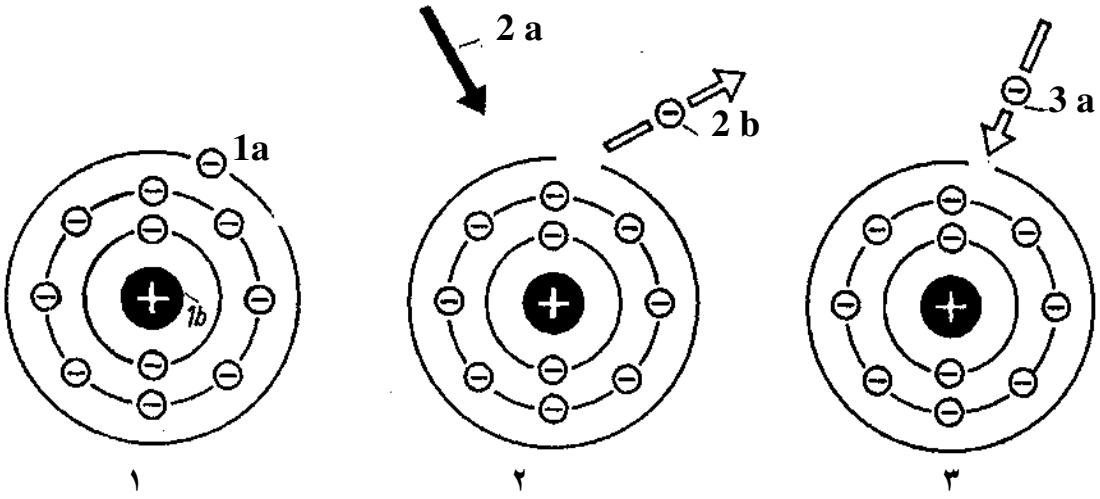
تعتمد جميع الظواهر الكهربية على جزئيات متناهية فى الصغر تحمل أصغر كميات من الشحنات الكهربية ، ويطلق على هذه الجزئيات المتناهية فى الصغر " الإلكترونيات " ٠

ولتفسير ما هو " الإلكترون " يجب الإلمام التام بالمعرفة التى أدت إلى وضع " النظرية الذرية المتكاملة " فمثلاً ، عند تحليل أى مادة فى المعمل نحصل على مواد لا يمكن الحصول بعد ذلك على غيرها وتسمى " العناصر " ٠

وبالمقارنة مع العدد الكبير من المواد والمركبات التى وجدت فى الطبيعة ، فإن عدد العناصر التى تم تعيينها مازال صغيراً – ويتكون كل عنصر من عدة جزيئات من نفس النوع ، يطلق عليها " ذرات " ويسمى أصغر جزء من العنصر له نفس خواص العنصر ، (مثل الرائحة والقوة والموصلية الكهربية والموصلية الحرارية) " الذرة " وعلى هذا فإن أصغر جزء من قطعة من عنصر النحاس هى " ذرة النحاس " وكان يقصد بالذرة سابقاً ، الشىء غير القابل للإنقسام ٠ وهذه فكرة قديمة حيث كان يعتقد من قبل أن الذرة لا يمكن تقسيمها (لا إنشطارية) ٠ غير أنه أمكن شطر الذرة ، وقد بنى إنتاج الطاقة النووية على شطر هذه الذرات ٠ وشكل (١ – ١) يبين نموذجاً لذرة ٠

ويساعد هذا النموذج الأساسى فى تفسير ظواهر طبيعية كثيرة : الكهربية منها ، وغير الكهربية ٠ وتتكون الذرة من " نواة ذرية " وإلكترون أو أكثر ، يدور حول النواة فى ممرات يطلق عليها " مدارات " وهذا يعنى أن الإلكترونات تدور على مسافة معينة من هذه النواة ٠

وتشبه الذرة فى تكوينها المجموعة الشمسية ٠ ويمكن إعتبار النواة الذرية كأنها الشمس ، والإلكترونات التى تدور حول النواة كأنها الكواكب السيارة فى المجموعة الشمسية ٠ وبنفس الطريقة ، فكما توجد قوى بين الكواكب والشمس تجعل المجموعة الشمسية فى حالة إستقرار ، توجد كذلك قوى بين النواة الذرية والإلكترونات ، تجعل الذرة فى حالة إستقرار ٠



شكل (١ – ١) : ذرة متعادلة ، إنفصال الشحنات وتوازنها

١- ذرة صوديوم متعادلة ٠ (a) إلكترون بشحنة سالبة ٠ (b) نواه ذرية بشحنة موجبة٠

٢- (a) التأثير على الذره ٠ (b) إزاحة الألكترون عن المدار الخارجي ٠

٣- توازن الشحنات (a) إلكترون في نطاق قوى التجاذب الكهربائية ٠

تظهر الذرة كأنها فى حالة تعادل إذا لم تتعرض لمؤثر خارجى بأى وسيلة ، بمعنى أن أصغر كميات من الشحنات الكهربية التى تحملها الألكترونات المحيطة بالنواة ، تعادل فى مجموعها الشحنة المضادة التى تحملها النواة الذرية ٠ وتوجد بين هذه الشحنات الكهربية ذات الخاصية المضادة قوى تجاذب تجعل الذرة فى حالة تعادل وللتمييز بين هذين النوعين من

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الشحنات الكهربية أو كميات الكهرباء ، تعلم الشحنات التى تحملها الإلكترونات بالعلامة السالبة (–) وبمعنى آخر يطلق على الإلكترونات أنها سالبة كهربياً ٠ وتعلم شحنات النواة الذرية بالعلامة الموجبة (+) ، وبمعنى آخر يطلق على النواة الذرية أنها موجبة كهربياً ٠ إذا تعرضت ذرة (أو عدة ذرات) لمؤثرات خارجية (لفعل ميكانيكى أو كيميائى مثلاً) ، فإن شرط التعادل فى الذرة يتغير وكنتيجة لذلك ، تتحرك الإلكترونات ذات الشحنة السالبة ٠ وإذا مرت هذه الإلكترونات عبر نظام مناسب ، يمكن ملاحظة تأثيرات التيار الكهربى ٠

ويطلق على الفعل الواقع على ذرة بالمفهوم المبين أعلاه " إنفصال الشحنة " ٠ ويحدث إنفصال الشحنة هذا فى مصدر كهربى (مركم – مولد) ٠

ويحدث خلل فى توازن قوى التجاذب الكهربية فى الذرة أثناء إنفصال الشحنات ٠ ويطلق على العملية العكسية لإنفصال الشحنات " توازن الشحنات " ٠

وعندما يقترب أى إلكترون بشكل كاف من ذرة فى حالة تخلخل نتيجة لإنفصال الشحنة ، تحدث قوى التجاذب الكهربية تأثيراً يجعل هذا الإلكترون يتحرك فى مدار معين حول النواة ، حتى تبدو الذرة كأنها فى حالة توازن ٠ ويبين شكل (١ – ١) توضيحاً لهذه التفسيرات بواسطة نموذج لذرة فلز الصوديوم ٠

الشحنات الكهربية المتحركة :

أ- <u>التيـار الكهربى :</u>

عندما يكون طرفاً مركم (والمركم هو أحد مصادر الجهد) فى وسط كالهواء مثلاً ، فإن تعادل الشحنات يستغرق زمناً طويلاً جداً (قد يبلغ عدة سنوات) ٠ أما إذا كان الوسط الموصل بين هذين الطرفين معدنياً كالنحاس مثلاً ، تحدث الظاهرة التالية :

تتحرك الشحنات السالبة (الإلكترونات) خلال هذا المعدن فى إتجاه الطرف الموجب لمصدر الجهد ٠ وفى هذه الحالة تظهر شحنات كهربية متحركة يطلق عليها " سريان التيار الكهربى " ٠ وتسمى الأوساط التى يسري بها ، أو يمر خلالها تيار كهربى ، حيث تكون هناك شحنات كهربية متحركة " الموصلات الكهربية " بينما تسمى الأوساط الأخرى " غير موصلة " ٠

ويعتبر التوصيل أو سريان التيار الكهربى خلال المعادن ، نوعاً من أنواع سريان التيار ٠ وهناك أنواع أخرى لسريان التيار الكهربى خلال السوائل الموصلية (الإلكتروليت) ، خلال الغازات والفراغ المخلخل بالغازات ، وكذلك خلال المواد شبه الموصلة ٠ وهذه الأخيرة تكون مجموعة من المواد ، يمكن إدراجها بين الموصلات وغير الموصلات ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

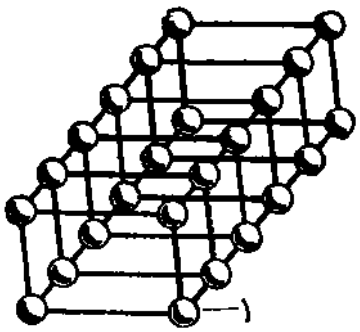
ب- **التركيب الذرى للموصلات المعدنية :**

جميع المعادن صلبة ماعدا الزئبق ٠ وتتكون المعادن النفيسة من ذرات تشكل ترتيبة منتظمة تسمى " التشكيل البللورى للمعادن " كما فى شكل (١ – ٢) ٠

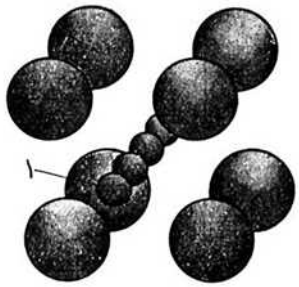
وتنفصل الإلكترونيات عن ذراتها فى هذا الترتيب البللورى للذرات ، ويطلق على الأجزاء الذرية المتبقية " أيونات " وترتبط هذه الأيونات مع بعضها البعض بتأثير قواها الكهربية الأستاتيكية محتفظة بأوضاعها بالنسبة لبعضها البعض ٠ وتتحرك الإلكترونات الشاردة خلال المركب المتأين ٠ وإذا لم يتعرض المعدن لأى مؤثر كهربى ، لا يكون لحركة الإلكترونات الحرة أى إتجاه مفضل ، وعلى هذا يكون المعدن متعادلاً كهربياً ٠

ج- **حركة الإلكترونات الحرة كتوصيل للتيار :**

يبين الشكل (١ – ٣) نموذجاً من موصل كهربى به إلكترونات حرة يطلق عليها أيضاً إلكترونات توصيلية ٠ ويعطى الشكل (١ – ٤) زيادة فى الإيضاح للنموذج السابق ، مع الأخذ فى الإعتبار أن الإلكترونات الحرة يمكنها أن تتحرك فى الفراغ ، ويمثل هذا الشكل نموذجاً لأنبوبة والإلكترونات بداخلها كأنها كرات ٠ ويبين الشكل (١ – ٥) منظر القطاع للتمثيل المبسط لهذا النموذج ٠



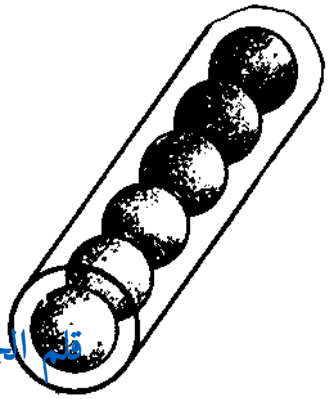
شكل (١ـ ٢) تمثيل تخطيطي للتركيب البلوري :
(١) جـزء أولـــي ٠



شكل (١ـ ٣) نموذج لموصل معدني به ألكترونات حرة :
(١) ألكترونات حـــرة ٠



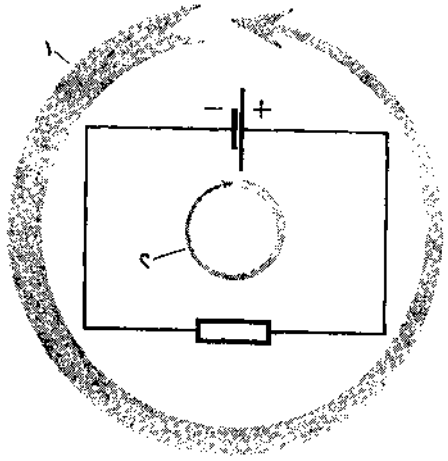
شكل (١ـ ٥) منظر قطـاع للنموذج المبين في شكل " ١ـ ٤" ٠



شكل (١ـ ٤) نموذج مبسط للألكترونات الحرة ٠

WWW.DZPEN.COM | موقع الجزائر

يفسر تعادل الشحنات فى حالة توصيل طرفى مصدر الجهد بموصل معدنى على الوجه التالى :
يخترق أحد الإلكترونات الحرة الموصل المعدنى من الجهة التى بها زيادة فى الإلكترونات ٠
ويخبط (يصدم) إلكتروناً آخر مسبباً دفعه مسافة بسيطة فى الإتجاه الذى به نقص فى الإلكترونات ٠ ويصدم هذا بالتالي ألكتروناً ثانياً مسبباً دفعه في نفس الإتجاه حيث يصدم بدوره إلكتروناً ثالث ، وهكذا تتوالى العملية ٠
ونتيجة لذلك تتحرك الإلكترونات الحرة فى الموصل المعدنى فى إتجاه المكان الذى به نقص فى الإلكترونات حتى يحدث التعادل بين الشحنات ٠
وتسمى الشحنات الكهربية المتحركة " التيار الكهربى " ٠ وتوصيل التيار الكهربى فى الموصلات المعدنية هو توصيل للإلكترونات ، أى تتحرك الإلكترونات من المكان الذى به زيادة فى الإلكترونات إلى المكان الذى به نقص فى الإلكترونات ٠
وقد أتفق إختيارياً على أن يكون إتجاه التيار الكهربى من القطب الموجب إلى القطب السالب لمصدر الجهد ٠ ويضاد ذلك السريان الفعلى للإلكترونات ويبين الشكل (١ – ٦) هذين الإتجاهين ٠



شكل (١- ٦) اتجـاه سريان الألكترونات والتيار الكهربائـي
١- اتجـاه سريان الألكترونات (نتيجة علمية) ٠
٢- اتجـاه سريان التيـار الكهـربائـي (اتفـاقـي) ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

١ – ١الخواص الكهربائية للمعادن :

١. المقاومة النوعية :

تعتمد المقاومة لأى موصل كهربى على العوامل الآتية :

أ- طول الموصل (L) – حيث تزيد المقاومة بزيادة طول الموصل ٠

ب- مساحة مقطع الموصل (a) – حيث تقل المقاومة بزيادة مساحة مقطع الموصل ٠

ج- المادة المصنوع منها الموصل (ρ) حيث (ρ) تمثل المقاومة النوعية لمادة الموصل ووحداتها هى أوم ٠ متر - ويمكن تعريف المقاومة النوعية بأنها مقاومة موصل طوله واحد متر ومساحة مقطعه واحد متر مربع ويوضح الجدول التالي قيمة المقاومة النوعية لبعض المواد التى تستخدم لصناعة الموصلات الكهربية ٠

جـدول

يوضح المقاومة النوعية (بالأوم ٠ متر) للمواد الشائعة الإستخدام عند ٢٠°م

المـــادة	المقاومـة النوعيـة × ١٠$^{-٨}$
الفضة	١.٦٢
النحاس	١.٧٨
الذهب	٢.٤٤
الألومنيوم	٢.٨٣
التنجستين	٥.٥٢
النحاس الأصفر	٧
النيكل	٧.٨١
البلاتين	١٠
الحديد	١٢
الصلب	٤٥.٧

يتضح من الجدول السابق أن الفضة هى أحسن مادة لعمل الموصلات الكهربية ولما كان سعرها مرتفعاً لذلك يستخدم كل من النحاس والألومنيوم لهذا الغرض ٠

٢. قابلية التوصيل :

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ويدل مقلوب المقاومة النوعية للمادة على قابلية التوصيل الكهربى لهذه المادة (Conductivity) أى أن :

Conductivity = !Error

ومن المعلوم أن المقاومة الكهربية هى القوة المعاكسة لسريان الإلكترونات ووحداتها هى الأوم يعرف مقلوب المقاومة الكهربية بالموصيلة الكهربية ووحداتها هى الموه (mho) أو (السيمينز) أو يمكن تعريف الموصيلة الكهربية للمادة بأنها تمثل مقدرة هذه المادة على السماح بسريان الإلكترونات ٠

∴ المقاومة الكهربية = !Error

R = !Error or G = !Error

حيث R ، G هى المقاومة والموصلية على الترتيب ٠

من المعلوم كذلك أن المقاومة النوعية هى مقاومة موصل مصنوع من مادة ما طوله واحد متر ومساحة مقطعه واحد متر مربع ٠

ووحداتها (الأوم ٠ متر) – ويعرف مقلوب المقاومة النوعية لمادة بقابلية التوصيل النوعى لهذه المادة ووحداتها هى الموه لكل متر أو سيمينز/ متر ٠

∴ المقاومة النوعية = !Error

٣. معامل المقاومة الحرارى وتأثير الحرارة على الموصلات :

تتناسب قيمة المقاومة الكهربية لجميع الموصلات تناسباً طردياً مع درجة الحرارة ، حيث تزيد بقيم مختلفة تتوقف على فروق درجة الحرارة ونوع مادة الموصل ٠ وفى نفس الوقت نجد أن قيمة المقاومة الكهربية للمواد شبه الموصلة والمحاليل الكهربية تتناسب تناسباً عكسياً مع درجة الحرارة ٠ وقد وجد أن مقاومة بعض السبائك قليلاً ما تتأثر بالتسخين – ويستفاد من العلاقة بين المقاومة الكهربية ودرجة الحرارة فى صنع ترمومترات المقاومة – إذ يوضع ترمومتر المقاومة والذى يتكون من سلك من البلاتين ملفوف حول قطعة من الميكا –داخل فرن مثلاً – ويمكننا أن نحسب درجة حرارة الفرن من معرفة قيمتي مقاومة سلك البلاتين قبل دخوله الفرن وبعد خروجه منه ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

تعريف المعامل الحرارى :

يعرف المعامل الحرارى لأى مادة بأنه مقدار التغير فى قيمة مقاومة هذه المادة عندما تتغير درجة حرارتها درجة واحدة مئوية ، ويرمز له بالرمز " α " ووحداته هى أوم / أوم م° أى أن :

$$\alpha = \text{!Error} \quad \left[\quad\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١)$$

حيث R_2 هى قيمة المقاومة عند درجة حرارة T_2 ، R_1 قيمة المقاومة عند درجة حرارة T_1 ، ويمكن حساب قيمة المقاومة عندما ترتفع درجة حرارة الموصل من T1 إلى T2 بإستخدام العلاقة (٢) التى هى مستنبطة من العلاقة (١) .

$$\alpha \; R_2 = R_1 \left[\; 1 + (t_2 - t_1) \;\right] \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢)$$

ويوضح الجدول الآتي قيمة المعامل الحرارى لبعض المواد عند درجة حرارة مقدارها ٢٠° م

جـدول يبيـن المعامل الحرارى لبعض المواد عند ٢٠° م

المـــادة	المعامـل الحـرارى
المانجانين	٠.٠٠٠٠٠٦
الكونستنتان	٠.٠٠٠٠٠٨
النحاس الأصفر	٠.٠٠٢
الزنـك	٠.٠٠٣٧
الفضة	٠.٠٠٣٨
الألومنيوم	٠.٠٠٣٩
النحاس	٠.٠٠٣٩
التنجستين	٠.٠٠٤٥
النيكل	٠.٠٠٦٢
الكربون	– ٠.٠٠٠٥

يتضح من الجدول السابق أن المعامل الحرارى للكربون سالب القيمة وهذا يعنى أن مقاومة الكربون تقل بإرتفاع درجة الحرارة وهذه خاصية تنفرد بها كل المواد العازلة وكذلك المواد الشبه موصلة .

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثـال : (١)

يراد قياس درجة حرارة فرن بواسطة ترمومتر كهربى مقاومته الإبتدائية ١٠٠٠ أوم عند درجة حرارة الغرفة (٢٠° م) ، ومعامل المقاومة الحرارى لمادته ٠.٠٠٤ أوم / أوم °٠ م – إحسب درجة حرارة الفرن إذا كان جهد البطارية المتصلة بالترمومتر (٦) فـولت والتيار(٥) مللى أمبير ٠

الحـــل

مقاومة الموصل وهو داخل الفرن = Error!

التيار المار فى الترمومتر = ٥ مللى أمبير ٠

= ٠.٠٠٥ أمبير ٠

∴ مقاومة الموصل وهو داخل الفرن = Error! = ١٢٠٠ أوم

نفرض ما يلى :

$R_2 = 1200$ ohm s

$R_1 = 1000$ ohm s

$t_2 = ?$ $t_1 = 2o^oc$

$$\alpha \; R_2 = R_1 \left[1 + \because (t_2 - t_1) \right]$$

$$1200 = 1000 \left[1 + 0.004 (t_2 - 20) \right]$$

$$t_2 = 70 \; ^oc$$

مثـال : (٢)

ترمومتر مقاومة من البلاتين مقاومته (٢٠ أوم) عند درجة حرارة (١٥°م) – ووضع الترمومتر فى فرن درجة حرارته (٥١٥ °م) – فزادت مقاومته وأصبحت (٥٢ أوم) – إحسب المعامل الحرارى للبلاتين ؟

الحـــل

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$\therefore$ = !Error α ( )

$\therefore$ = !Error!Error α ( ) = 0.0032

أى أن المعامل الحرارى للبلاتين ٠.٠٠٣٢ أوم / أوم٠م°

تنقسم المواد الموصلة للكهرباء إلى معادن حديدية ومعادن غير حديدية وسوف نتناول الآن بعض هذه المعادن وهى التى تستخدم بكثرة فى التركيبات والمعدات الكهربية المختلفة ٠
وتكون إستخداماتها فى حالتها النقية كالنحاس والألمنيوم والرصاص والقصدير وإما على شكل سبائك كالنحاس الأصفر والبرونز ٠
ولكل معدن من المعادن الموصلة وزن نوعى (الكثافة النوعية) تختلف من معدن لمعدن آخر وهى نسبة وحدة الوزن من المعدن إلى وحدة حجمه ، وتقاس بالجرام لكل سنتيمتر مكعب (جم / سم^3) ٠

أ – النحـاس

يعتبر النحاس من أقدم المعادن إستخداماً وهو ثانى المعادن من حيث مقدرته على توصيل التيار الكهربى بعد الفضة ويزداد الطلب عليه لإرتفاع خواصه الكهربية والميكانيكية العالية ٠

خواصـــة

١ـ معدن ثقيل وزنه النوعى ٨.٩٤ جم / سم٣ ودرجة إنصهاره ١٠٨٣°م ٠
٢ـ يتمتع بخواص ميكانيكية جيدة تبلغ فيه مقاومة إجهاد الشد حتى ٢٥٠ نيوتن / مم٢ ٠
٣ـ يمكن تشكيله بالحداده والدرفله والسحب ويمكن تشغيله بالقطع ولحامه وثنيه كما يمكن تشكيله وسحبه على البارد ٠
٤ـ تتأكسد أسطح النحاس فى الهواء إلى أكسيد نحاس ٠

ب – الألمنيوم

نظراً لزيادة الطلب على النحاس فقد أرتفع ثمنه بدرجة كبيرة مما أدى إلى إستخدام عنصر الألمنيوم بدلاً منه وذلك لأنه يلى النحاس مباشرة فى جودة التوصيل الكهربي ٠

خواصـــة

١ـ وزنه النوعى ٢.٧ جم/ سم٣ ودرجة إنصهاره (٦٥٨°م) وله معامل تمدد حرارى كبير٠
٢ـ مقاومته للشد من ٩٠ إلى ١٢٠ نيوتن / مم٢ ٠
٣ـ يمكن تشكيله بالحداده ودرفلته إلى رقائق وسحبه كما يمكن تشغيله بالقطع والصب ٠
٤ـ خفيف الوزن – رخيص الثمن ٠

جـ – الرصـــاص

خواصـــه

١ – شديد المقاومة للتآكل الكيميائى ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢- إنخفاض مقاومته للإجهادات والصلاده والمرونة ٠

٣- يمكن لحامه وصبه بسهولة ٠

د - القصـد ير

خواصـــه

١- لا يتآكل تحت تأثير الهواء ولا الماء ولا معظم الأحماض والقلويات ٠

٢- ذو مقاومة إجهاد وشد تبلغ حوالى ٥٠ نيوتن / مم٢ ٠

هـ - الحـد يد

يعتبر الحديد من أهم المعادن الأولية ويوجد فى الطبيعة على هيئة أكاسيد أو كبريتات ومن أنواعه الحديد الزهر والحديد المطاوع والحديدالصلب ٠

خواصـــه

١- يتأكسد الحديد عند إتصاله بالجو ويتفاعل مع الأحماض بدرجات مختلفة ٠

٢- معدن صلب تختلف درجة صلابته بإختلاف نسبة الكربون فيه ٠

٣- قابل للسحب والثنى والدرفله ٠

و - الفضـــة

هى المادة الأولى من حيث توصيلها للكهرباء إلا أنها غالية الثمن ٠

خواصها

١- فلز لامع درجة إنصهاره (٩٦٠° م) ووزنها النوعى ١٠.٥ جم/ سم٣ ٠

٢- مقاومة للأحماض ٠

٣- قابلة للثنى والإلتواء والتشكيل ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

١ – ٢ : الكهرباء الأستاتيكية

الشحنات الكهربية الثابتة :

يميز عادة بين الشحنات الكهربية الثابتة والشحنات الكهربية المتحركة ، والشحنات الكهربية الثابتة وظواهرها ، هى موضوع ودراسة الكهرباء الأستاتيكية ٠ وقد أصبح اليوم هذا الفرع من الدراسة أقل أهمية من ذلك الخاص بدراسة الشحنات المتحركة ٠ وعلى كل فإن مناقشة الظواهر الأساسية للكهرباء الأستاتيكية ، إلى جانب بضع ملاحظات تتعلق بتاريخ هذا الفرع من الدراسة سيساعد على تفهم جوهر الهندسة الكهربية ٠

نبذة تاريخية عن ظواهر الشحنات الكهربية :

لاحظ تيلز (Thales) الفيلسوف وعالم الرياضيات اليونانى منذ حوالى ٢٥٠٠ عام أنه عند دلك قطعة من الكهرمان بقطعة من الصوف – نجد أن قطعة الكهرمان تجذب قطع الورق الصغيرة ، وذلك يعني أن الكهرمان الذي أطلق عليه اليونان إسم الكهرب (Electron) يمكن شحنه كهربياً – ومع ذلك فقد مضعلى هذه الظواهر حوالى ٢٠٠٠ عام دون أن تلقى أى إهتمام ٠ ومن حوالى ١٦٠٠ عام أجرى عالم الطبيعيات الإنجليزى جلبرت (Gilbert) أبحاثاً فى الظواهر الأساسية للقوى الكهربية ، وقد حاول جلبرت ضمن أعماله الأخرى البحث عن المواد التى يمكن شحنها كهربياً حتى توصل إلى النتيجة التالية

" يعتبر الزجاج وشمع الختم والكبريت من المواد القابلة للتكهرب ، على حين تعتبر المعادن غير قابلة للتكهرب " ٠

وبعد ذلك بحوالى ١٢٥ عام أثبت جراى (Gray) زميل جلبرت فى الموطن أن ما ذكره جلبرت من عدم قابلية المعادن للتكهرب غير صحيح ٠

وفى ألمانيا بمدينة جوريك أبتكر أوتو (Otto) جهازاً أستاتيكياً كهربياً إستخدم فيه كرة من الكبريت تدلك باليد ٠

وقد تم التعرف على أول نص يقارن بين الإضاءة والشرارة الكهربية ، كتبه والـ (Wall) فى عام ١٧٠٨ ٠ وفى منتصف القرن الثامن عشر تقريباً شرح العالم الفرنسى دوفى (Dufay) التصرف المختلف للمواد المتباينة بالنسبة لشحناتها الكهربية ٠ وإستخدم بعد ذلك المصطلحات موجب (+) وسالب (–) كهربياً ٠ وأجريت تجارب فيزيقية كهربية فى مدينة ليدن بهولندا نتج عنها إختراع المكثف الكهربى ٠ وكان أول مكثف نتيجة لتطوير زجاجة دواء ، وسميت زجاجة ليدن ٠ ويقال أن بنيامين فرانكلين الأمريكى بنى أول مانعة صواعق فى عام ١٧٥٢ ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

وكانت أعمال كولوم (Coulomb) رائدة فى مجال الشحنات الكهربية ولقد بدأ إختباراته فى حوالى عام ١٧٨٥ بإستخدام ميزان إلتواء ، يعرف أيضاً باسم " ميزان كولوم " ٠ وبعد نجاح كولوم فى قياس القوى المصاحبه للشحنات الكهربية ، أعلن عن قانونه الخاص بإنتشار الشحنات الكهربية ٠ وبعد ذلك ، أجرى فاراداى (Faraday) العالم الشهير ، أبحاثاً لمعرفة كيفية توزيع الشحنات الكهربية على الأجسام ٠

الرموز والمصطلحات للعناصر الكهربية المستخدمة فى الدوائر الكهربية بالجدول الآتي يوضح الرموز والمصطلحات لبعض الكميات الكهربية ٠ كذلك يتضمن الجدول الوحدات المستخدمة لقياس هذه الكميات ٠

جدول يوضح الرموز والمصطلحات لبعض الكميات الكهربية

مسلسل	الكمية الكهربية	الرمز	المصطلح	وحدة القياس
١	المقاومة	R	 R	أوم Ω
٢	الحث الذاتى	L	L	هنرى
٣	الممانعةالحثية	ω L	X_L	أوم
٤	الحث المتبادل	M		هنرى
٥	السعة الكهربية	C	 C	فاراد
٦	الممانعة السعوية	!Error	X_C	أوم
٧	الإعاقة الكهربية	Z	Z	أوم
٨	التيار الكهربى	I	I	أمبير
٩	الجهد الكهربى	V	U،V	فـــولت
١٠	القدرة الكهربية	P	P	وات

الوحدات :

الوحدات هى كمية قياسية يمكن بواسطتها قياس كمية طبيعية أخرى ٠ كان هناك فى الماضى نظامان للوحدات هما كما يلـي :

" FPS " حيث يؤخذ كل من القدم والرطل والثانية كأساس للوحدات ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

نظـام " CGS " حيث يؤخذ كل من السنتيمتر والجرام والثانية كأساس للوحدات ٠
وفى بداية القرن العشرين ، تم إستخدام نظام ثالث هو نظام " MKS " حيث كان المتر والكيلو جرام والثانية هم الأساس فى الوحدات ٠ وفى الأربعينات من هذا القرن تم إضافة وحدة رابعة إلى هذا النظام وهى الأمبير وأصبح يسمى نظام " MKSA " وفى عام ١٩٦٠ قامت المنظمة الدولية للتوحيد القياسى (ISO) بتعديل هذا النظام ليصبح نظام " SI " للوحدات حيث يحتوى على سبع وحدات أساسية كما هو موضح فى الجدول الآتي :

جدول يوضح الوحدات الأساسية فى نظام (SI)

الرقم	الكمية	الوحدة (SI)	الرمز
١	الطول	متر	m
٢	الكتلة	كيلو جرام	Kg
٣	الزمن	ثانية	S
٤	التيار الكهربى	أمبير	I
٥	درجة الحرارة	كيلفن	K
٦	شدة الإضاءة	شمعة	Cd
٧	كمية المادة	مول	Mol

تعريف الوحدات :

المتر : هو وحدة قياس الطول ويساوى ١٦٥٠٧٦٣.٧٣ من أطوال الموجة الإشعاعية فى الفراغ ٠

الكيلو جرام : هو وحدة قياس الكتلة ويساوى كتلة الكيلو جرام النموذجى الدولى (كمية من البلاتين محفوظة فى فرنسا) ٠

الثانية : هى وحدة قياس الزمن وتساوى الفترة الزمنية التى تستغرقها ٩١٩٢٦٣١٧٧٠ دورة من موجة إشعاعية ٠

الأمبير : هو وحدة قياس التيار الكهربى ويمكن تعريف الأمبير بأنه قيمة التيار الذى إذا مر فى موصلين متوازيين وطولهما لا نهائى وموجودين فى الفراغ ويبعدان عن بعضهما مسافة مقدارها متراً واحداً فإنه تتولد بينهما قوة مقدارها ٢ × ١٠$^{-٧}$ نيوتن / متر ٠

الكولوم : هو وحدة قياس الشحنة الكهربية ٠ ويمكن تعريف الكولوم بأنه كمية الكهربية فى دائرة ما عند مرور تيار قيمته واحد أمبير لمدة ثانية واحدة ٠

الأوم : هو وحدة قياس المقاومة الكهربية ، ويمكن تعريفه بأنه المقاومة التى تتولد منها طاقة حرارية بمعدل وات واحد عند مرور تيار قيمته واحد أمبير فيها ٠

السيمينز: هى وحدة قياس الموصلية الكهربية (مقلوب المقاومة الكهربية) فإذا كان هناك دائرة مقاومتها (٥ أوم) يكون موصليتها (٠.٢ سيمينز) ٠

الـفـــولت : هو وحدة قياس الجهد الكهربى أو القوة الدافعة الكهربية ٠ ويمكن تعريف الـفـــولت بأنه فرق الجهد بين طرفى مقاومة مقدارها واحد أوم وتحمل تيار كهربياً قيمته واحد أمبير ٠

الهرتز : هو وحدة قياس التردد حيث يعرف التردد بأنه عدد الذبذبات فى الثانية الواحدة٠

مضاعفات الوحدات :

تستخدم مضاعفات الوحدات للتعبير عن رقم الكميات التى تكون أكبر من (أو أصغر من) الوحدات الأساسية ٠ يحتوى الجدول الآتي على أسماء وقيم هذه المضاعفات ٠

جدول يوضـح مضاعفات الوحدات

مسلسل	إسم مضاعف الوحدة	العلاقة بالوحدة الأساسية	معامل التحويل	الرمز
١	بيكو	١ / بليون	$١٠^{-١٢}$	p
٢	نانو	١ / ألف مليون	$١٠^{-٩}$	n
٣	ميكرو	١ / مليون	$١٠^{-٦}$	μ
٤	ميلى	١ / ألف	$١٠^{-٣}$	m
٥	كيلو	ألف	$١٠^{٣}$	k
٦	ميجا	مليون	$١٠^{٦}$	M
٧	جيجا	ألف مليون	$١٠^{٩}$	G

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

٨	تيترا	بليون	10^{12}	T

١ – ٢ – ١ : التكهرب بالدلك

عرف الإنسان التكهرب بالدلك (بالإحتكاك) منذ أكثر من مائتى عام إذ وجد أنه عند دلك ساق من الزجاج أو من الأبونيت بدالكة مناسبة تتولد على الساق شحنة كهربية يختلف نوعها حسب نوع الدالكة ونوع الساق المدلوكة ٠

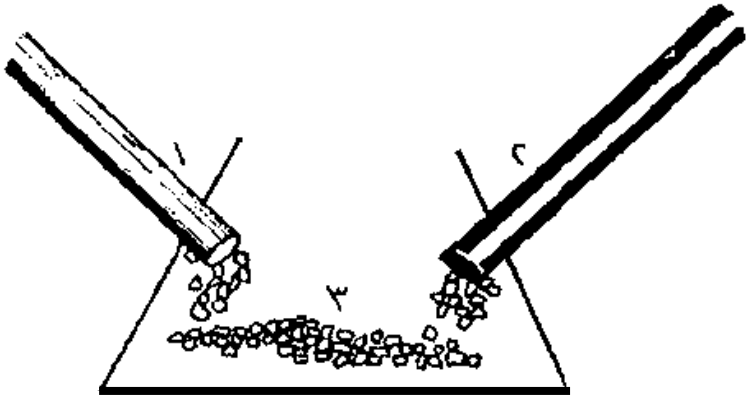
تفسير ما يحدث أنه عند دلك مادة معينة بمادة اخرى مناسبة فإن بعض الإلكترونات الموجودة فى المدارات الخارجية لذرات إحدى المادتين تنتقل إلى ذرات المادة الأخرى، وتكتسب المادة التى تفقد الألكترونات شحنة موجبة ، بينما المادة التى تأخذ الألكترونات تكتسب شحنة كهربية سالبة ٠

فعند دلك قضيب من الزجاج بقطعة من الجلد ، أو قضيب من المطاط الصلد بخرقة من الصوف فإن هذين القضيبين يجذبان قصاصات الورق الصغيرة وشكل (١ – ٧) يبين ذلك حيث :

١ – قضيب زجاج ٠

٢ – قضيب مطاط صلد ٠

٣ – قطع صغيرة من الورق ٠



شكل (١-٧)

١ – ٢ – ٢ : أنواع الشحنات الكهربية

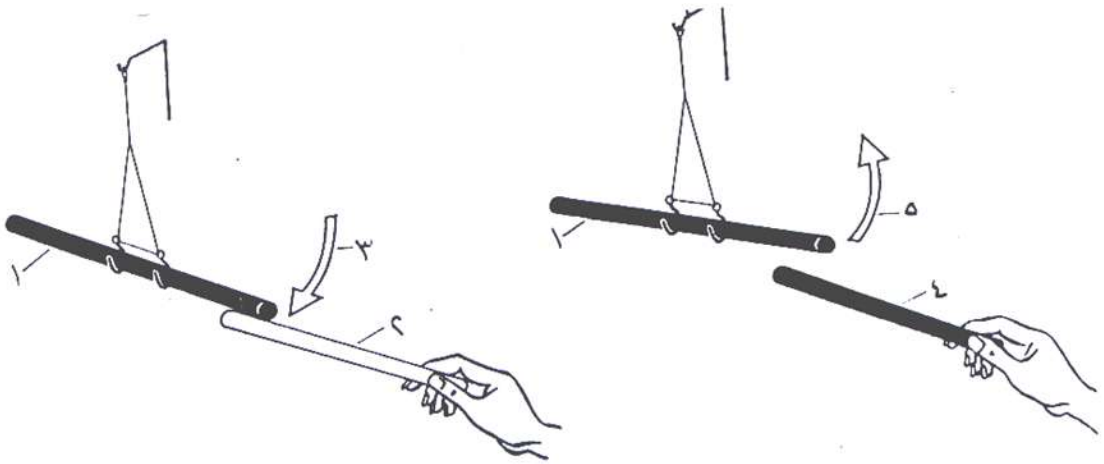
الشكل (١ – ٨) يوضح ترتيبة لقضيب من المطاط الصلد المدلوك ، معلق بحيث يكون حر الدوران ٠ وإذا دلك قضيب من الزجاج وقرب من قضيب المطاط ، نجد أن الأخير يدور تجاه قضيب الزجاج ، وهذا يعنى أنه إنجذب إليه ، وعند تقريب قضيب آخر من المطاط الصلد المدلوك

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

إلى قضيب المطاط المعلق ، نجد أن القضيب المعلق يدور بعيداً عن القضيب الآخر ، وهذا يعنى أنه تنافر بعيداً عنه ٠

ونستخلص من مناقشتنا السابقة وجود نوعين من الشحنات لهما تأثيران ديناميكيان ، أحدهما تجاذبى والآخر تنافرى ٠

وبالتالى أمكن الوصول إلى الآتى : " يحمل قضيب الزجاج المدلوك شحنات موجبة (+) ، بينما يحمل القضيب المدلوك من المطاط الصلد شحنات سالبة (–) "



شكل(١ – ٨) يوضح الشكل تصرف قضيبين مدلوكين أحدهما من الزجاج والآخر من المطاط الصلد تجاه كل منهما للآخر ٠

١– قضيب من المطاط الصلد معلق حر الحركة ٠ ٢– قضيب زجاج ٠

٣– تجاذب (قوة – فعل) ٠ ٤– قضيب مطاط صلد ٠

٥– تنافر (قوة – فعل) ٠

١– ٢– ٣ : القـوى الكهـربية بين شحنتين

تحدث قوى تجاذب أو تنافر بين جسمين مشحونين وهذا يتوقف على نوع الشحنة لكل من الجسمين ٠

قانون الجذب والتنافر بين الشحنات الكهربية :

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ينص هذا القانون على أن الشحنات المختلفة تتجاذب والشحنات المتشابهة تتنافر، وبصفة عامة فإن التجاذب بين جسمين يحدث فى حالتين هما : -

أ- إذا كان الجسمان مشحونين بشحنتين مختلفتين ٠

ب- إذا كان أحد الجسمين مشحوناً (أو مكهرباً) والآخر غير مشحون (أو غير مكهرب) ٠

أما التنافر فلا يحدث إلا فى حالة واحدة فقط وهى أن يكون الجسمان مشحونين بشحنتين متشابهتين ٠

تتوقف قوة الجذب أو التنافر بين الشحنات الكهربية على العوامل الآتية :

أ- قيمة كل من الشحنتين ٠

ب- المسافة بين الشحنتين ٠

ج- نوع الوسط الذى يفصل بين الشحنتين ٠

١ - ٢ - ٤ : وحدات قياس الشحنة الكهربية

وحدة قياس الشحنة الكهربية هى الكولوم ٠

١ - ٢ - ٥ : قانون كولوم

توصل عالم الطبيعة الفرنسى تشارلز كولوم (١٧٣٦ - ١٨٠٦) إلى ان قوة الجذب أو التنافر بين شحنتين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب قيمتي الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما أى أن :

$$F = k \frac{q_1 \times q_2}{d^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (١)$$

حيث F هى القوة ، (q_1 ، q_2) هما قيمتا الشحنتين ، d هى المسافة بينهما بينما K هو ثابت التناسب وتتوقف قيمته على الوحدات المستخدمة ٠

١ - ٢ - ٦ : إستنتاج قانون كولوم

فى المعادلة (١) إذا كانت وحدات القوة هى النيوتن ووحدات الشحنة هى الكولوم ووحدات المسافة هى المتر فإن K تصبح كما يلى : -

$$K = \frac{1}{4\pi \in} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٢)$$

حيث $\in$ هى السماحية للوسط الذى يفصل بين الشحنتين ويمكن التعبير عن هذه السماحية كما يلى :

$$\in = \in_0 \in_r \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \quad (٣)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

حيث $\in_0$ هى سماحة الفراغ المطلق (الهواء) وتساوى ٨.٨٥٤٢ × ١٠$^{-١٢}$ بينما تمثل $\in r$ السماحية النسبية لمادة الوسط الذى يفصل بين الشحنتين ، وحيث أن السماحيةالنسبية للفراغ المطلق تساوى الواحد الصحيح ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مما سبق يمكن كتابة قانون كولوم على الصورة الآتية : -

$$F = \frac{9\times10^{9}\times q_1 q_2}{\in_r \times d^2} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٤)$$

يمكن تعريف الكولوم من قانون كولوم كما يلى : -

الكولوم هو الشحنة الموجبة التى إذا وضعت فى الهواء على بعد متراً واحداً من وحدة الشحنات الموجبة ينتج منها قوة تنافر قيمتها ٩ × ١٠ ^{٩} نيوتن ٠

مثال (١) :

شحنتان إحداهما قيمتها +٣ مللى كولوم والأخرى –٦ مللى كولوم والمسافة بينهما ٣ سم ٠ أوجد قوة الجذب بينهما إذا علمت أنهما فى الفراغ ٠

الحـــل

q_1 = ٣ مللي كولوم = ٣ × ١٠ $^{-٣}$ كولوم

q_2 = –٦ مللي كولوم = –٦ × ١٠ $^{-٣}$ كولوم

d = ٣ سم = ٠.٠٣ متر

$$F = \frac{9\times10^{9}\times q_1 q_2}{\in_r \times d^2}$$

$$= \frac{9\times10^{9}(3\times10^{-3}\times -6\times10^{-3})}{(0.03\times0.03)} \qquad = -18\times10^{7} \ \text{Newton}$$

لاحظ أن $\in_r$ للهواء تساوى واحد ٠

والإشارة السالبة تعنى أن القوة بين الشحنتين عبارة عن قوة جذب وقيمتها ١٨ × ١٠ ^{٧} نيوتن ٠

مثـــال (٢) :

اوجد عدد الإلكترونات التى تشحن جسماً بشحنة مقدارها ٠.١٦ كولوم – ثم أوجد مقدار قوة الجذب بين إلكترون وبروتون إذا كانت المسافة بينهما ١٠ $^{-٢٦}$ متراً ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الحـــل

مقدار شحنة الإلكترون = ١.٦ × ١٠ $^{-١٩}$ كولوم

عدد الإلكترونات المطلوبة = Error! = Error! = ١٠ ^{١٨} إلكترون

مقدار شحنة الإلكترون = مقدار شحنة البروتون

وبالتعويض فى قانون كولوم نحصل على:

$$F = \frac{9\times10^{9}(-1.6\times10^{-19})(1.6\times10^{-19})}{(10^{-26})\times(10^{-26})} = -23.04\times10^{23}\ Newton$$

والإشارة السالبة تعنى أن القوة عبارة عن قوة جذب وقيمتها ٢٣.٠٤ × ١٠ ^{٢٣} نيوتن ٠

١– ٣ : المجال الكهربى

تعريف المجال الكهربى

المجال الكهربى هو الحيزالذى تظهر فيه آثار قوى الجذب والتنافر بين الشحنات الكهربية ويعبر عن المجال الكهربى بخطوط وهمية منتظمة تسمى خطوط المجال الكهربى ٠

تتميز خطوط المجال الكهربى بالخواص الآتية : –

أ– تتجه فى جميع الإتجاهات مثل أشعة الشمس ٠

ب– تخرج من الشحنة الموجبة وتتجه إلى الشحنة السالبة ٠

جـ – لا تتقاطع مع بعضها البعض ٠

د – تمتد نظرياً إلى ما لانهاية ٠

هـ – المماس لأحد خطوط المجال عند نقطة يعطى إتجاه المجال عند هذه النقطة ٠

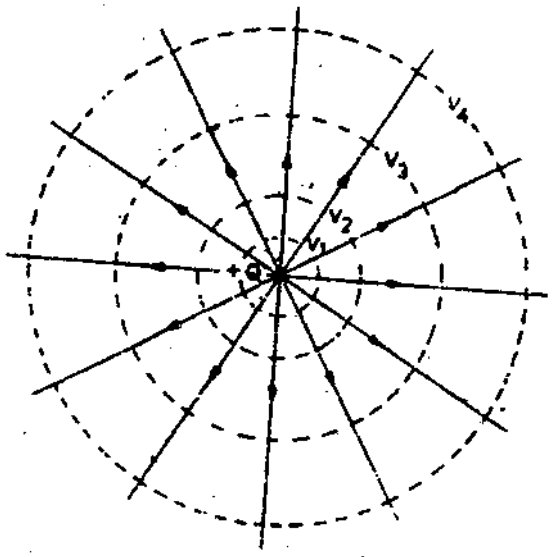
خطوط المجال الكهربى :

يحدد خط المجال الكهربى إتجاه القوة التى تؤثر على وحدة الشحنات الموجبة إن تواجدت فى هذا المجال بحيث يكون إتجاه حركتها هو نفس إتجاه خط المجال ٠ يوضح شكل (١– ٩) خطوط المجال الكهربى الناتجة عن وجود شحنة مقدارها " Q + " كولوم موضوعة عند نقطة ما ٠ ونلاحظ أن هذه الخطوط عبارة عن خطوط مركزية تمر بنقطة تواجد

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الشحنة كما أن الخطوط المتساوية الجهد عبارة عن دوائر متحدة المركز بحيث يكون مركزها هو نقطة تواجد الشحنة .

$V_1 > V_2 > V_3 > V_4$



شكل (١- ٩) خطوط المجال الكهربى لشحنة موجبة
والخطوط المتساوية الجهد (المتقطعة)

وكما هو موضح بشكل (١- ٩) نلاحظ ما يلى :

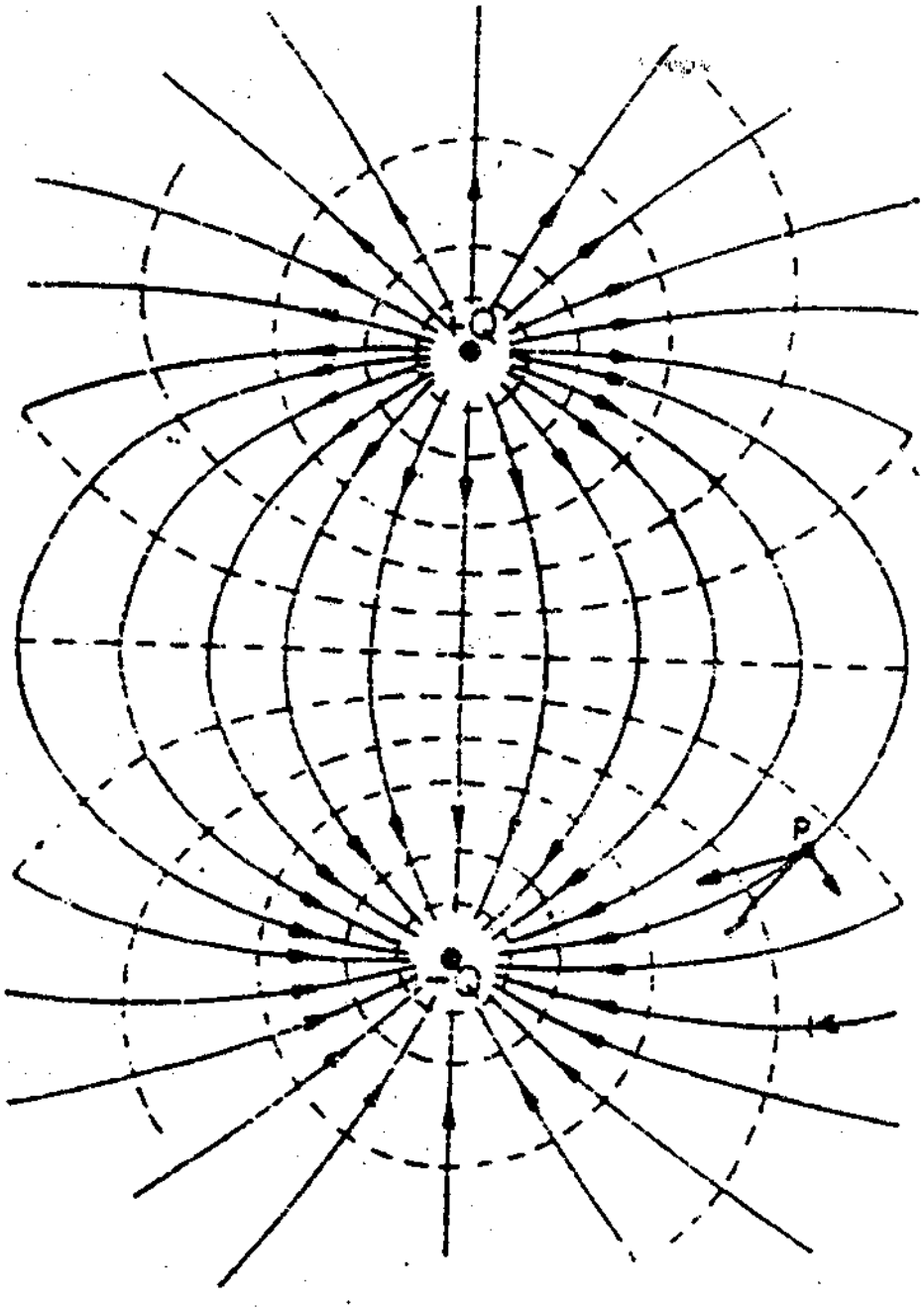
أ- لا تتقاطع خطوط المجال الكهربى على الإطلاق ٠

ب- شدة المجال الكهربى عند نقطة والناشئة عن تواجد شحنة موجبة تتناسب عكسياً مع المسافة بينهما ٠

ج- قيمة الجهد الكهربى والتى يرمز لها بالرمز (V) تتناقص كلما بعدت النقطة المحسوب عندها الجهد الكهربى عن نقطة تواجد الشحنة الكهربية أما المجال الكهربى الناشىء عن تواجد شحنتين متساويتين فى المقدار ومختلفتين فى الإشارة فهو موضح بشكل (١- ١٠) الذى يحتوى أيضاً على الخطوط المتساوية الجهد (الخطوط المتقطعة فى الشكل) ٠ ويلاحظ مثلاً أن

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

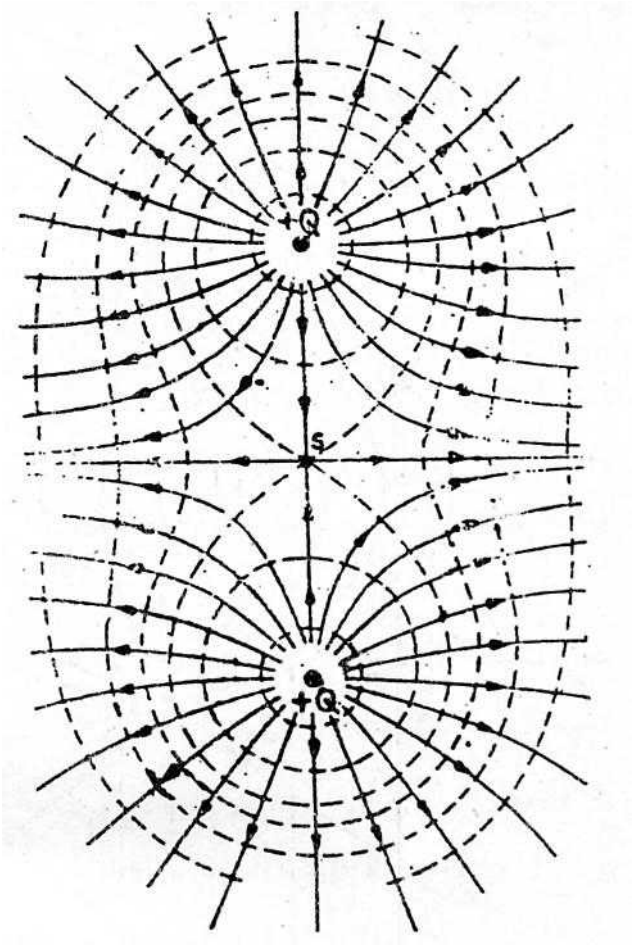
شدة المجال عند نقطة (ولتكن النقطة " أ " مثلاً فى الشكل) تكون هى محصلة المجالين عند نفس النقطة واللذين ينتجان عن كل شحنة على حده .



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (١ – ١٠) خطوط المجال الكهربى لشحنتين مختلفتين والخطوط المتساوية الجهد

يوضح شكل (١– ١١) خطوط المجال الكهربى والخطوط المتساوية الجهد (الخطوط المتقطعة بالشكل) الناشئة عن شحنتين موجبتين متساويتين فى القيمة – نلاحظ من هذا الشكل أن تأثير إحدى الشحنتين يكون ضعيفاً فى المنطقة التى تحيط بالشحنة الأخرى ونلاحظ كذلك أن النقطة (S) التى تقع على الخط الواصل بين الشحنتين تكون عندها شدة المجال الكهربى مساوية للصفر .



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (١ – ١١) خطوط المجال الكهربى لشحنتين متساويتين فى المقدار والنوعية ، والخطوط المتساوية الجهد .

١ – ٣ – ١ : شدة المجال الكهربى عند نقطة

يمكن تعريف شدة المجال الكهربى عند نقطة موجودة فى مجال كهربى بأنها القوة التى يؤثر بها هذا المجال على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة .

فإذا كانت شدة المجال الكهربى هى E فإن :

$$E = \frac{F}{q} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (٥)$$

ووحدات شدة المجال الكهربى هى نيوتن لكل كولوم .

ومن المعادلة (٥) نجد ان هناك تعريفاً أبسط لشدة المجال الكهربى وهو أنها القوة المؤثرة على وحدة الشحنات الموجبة – ومعنى ذلك أنه إذا وضعت شحنة " q " عند نقطة تقع فى مجال كهربى شدته E فإن الشحنة تتأثر بقوة مقدارها F حيث :

$$F = E \times q \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (٦)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ولحساب شدة المجال الكهربى عند نقطة نتبع ما يلى :

نفرض أن هناك شحنة كهربية مقدارها " q " موضوعة عند نقطة فى الفراغ ٠ لإيجاد شدة المجال الكهربى عند نقطة تبعد " d " متراً عن الشحنة نفترض وجود شحنة أخرى مقدارها " q_0 " كولوم عند نفس النقطة ٠ هذه الشحنة " q " تتأثر بقوة كهروستاتيكية يمكن حساب قيمتها من قانون كولوم المعطى بالعلاقة (٤) من هذا الباب فنحصل على :

F = !Error .... (٧)

ولكن شدة المجال الكهربى من المعادلة (٥) تعطى :

E = !Error نيوتن / كولوم

وبالتعويض من (٧) فى (٨) : ....

E = !Error

∴ .... (٩)

مثــال (٣) :

إحسب شدة المجال الكهربى الناتج من شحنة موجبة مقدارها ٤ × ١٠⁻٩ كولوم عند نقطة تقع على بعد ٢ سنتيمتر فى الهواء ٠

الحـــل

النقطة تبعد عن الشحنة مسافة = ٢ سنتيمتر

= ٠.٠٢ متراً

أى أن **d = 0.02 m**

بالتعويض فى المعادلة (٩) ينتج أن :

E = !Error = 90000 N / C

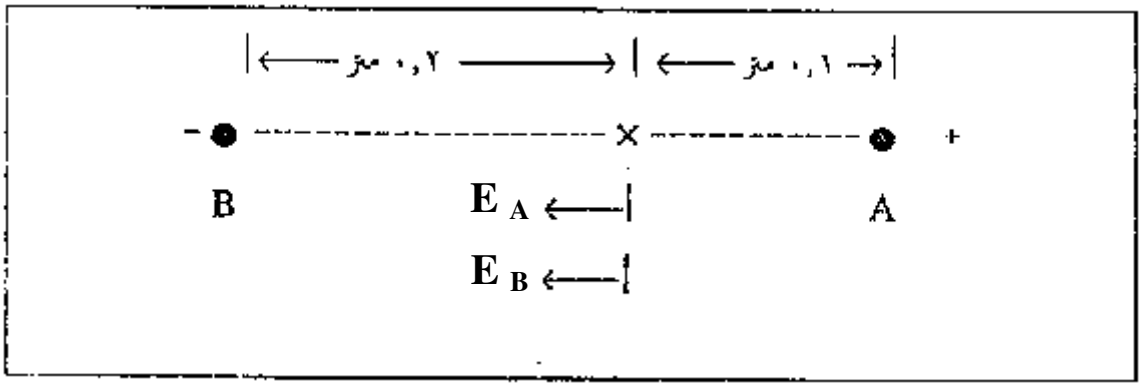
أى أن شدة المجال الكهربى = ٩٠٠٠٠ نيوتن / كولوم

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثـال (٤) :

شحنتان الأولى (A) ومقدارها (٥ نانو كولوم) ، والثانية (B) شحنة سالبة مقدارها (٤ نانو كولوم) ، والبعد بينهما (٣٠ سنتيمتراً) فى الهواء – إحسب شدة المجال الكهربى الناتج عنهما عند نقطة تقع على الخط الواصل بينهما وعلى مسافة (١٠ سنتيمتر) من الشحنة الأولى ٠

الحـــل



شكل (١ – ١٢) رسم توضيحى لمثال " ٤ "

نحسب شدة المجال الكهربى الناتج عن كل شحنة على حده ، وذلك بالتعويض فى المعادلة (٩) ٠ ويجب ملاحظة أن المجالين فى إتجاه واحد كما هو موضح بشكل (١ – ١٢)

$$E_A = \text{!Error} = 4500 \quad N/C$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

E_B = !Error = 900 N / C

وبالتالى تكون شدة المجال الكهربى الكلية = ٤٥٠٠ + ٩٠٠ = ٥٤٠٠ نيوتن / كولوم

١ – ٣ – ٢ : الجهـد الكهربـى

الجهد الكهربى لجسم ما هو الحالة الكهربية لهذا الجسم التى تحدد إتجاه سريان الكهربية منه أو إليه إذا تلامس مع جسم آخر ٠ فإذا كان لدينا جسمان مشحونان A وB فإنه يقال أن جهد B أعلى من جهد A إذا سرت الكهربية من B إلى A عند تلامسهما ٠ وبالعكس يكون جهد A أعلى من جهد B إذا سرت الكهربية من A إلى B ٠

جهد الأرض لا يتأثر بتوصيل الأجسام المشحونة ويبقى ثابتاً وذلك بسبب حجم الكرة الأرضية الهائل ٠ ولذلك أتخذ جهد الأرض مقياساً ثابتاً وأتفق على ان قيمته تساوى صفراً ٠ فعند توصيل موصل مشحون بشحنة موجبة بالأرض فإن الشحنة تنتقل من الموصل إلى الأرض وبذلك يكون جهد الموصل أعلى من جهد الأرض ، أى يكون جهده موجباً ، أما إذا كان لدينا موصل مشحون بشحنة سالبة وتم توصيله بالأرض فإن الشحنة الموجبة تنتقل من الأرض إلى الموصل ويكون جهد الموصل أقل من جهد الأرض ، أى يكون جهداً سالباً ٠

١ – ٣ – ٣ : فرق الجهـد بين نقطتين

يعرف فرق الجهد الكهربى بين نقطتين بأنه الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات من نقطة إلى أخرى وحيث أن وحدة الشغل هو الجول فتكون وحدات الجهد الكهربى هى الجول لكل كولوم أو ما يسمى الفـولت ويرمز له بالرمز V ٠

١ – ٤ : المقاومة (R)

المقاومة الكهربية هي القوة المعاكسة لسريان الإلكترونات ووحدتها هى الأوم ٠

١ – ٤ – ١ : العوامل التى تتوقف عليها مقاومة موصل

تعتمد قيمة المقاومة لأى موصل كهربى على العوامل الآتية :

١ – طول الموصل (L) – حيث تزيد المقاومة بزيادة طول الموصل ٠

٢ – مساحة مقطع الموصل (A) – حيث تقل المقاومة بزيادة مساحة مقطع الموصل ٠

٣ – المادة المصنوع منها الموصل (ρ) ٠

من العوامل السابقة نجد أن :

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

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

. . . . . (٧)

١ – ٤ – ٢ : المقاومة النوعية لمادة الموصل

(P) تمثل المقاومة النوعية لمادة الموصل ووحداتها هى أوم ٠ متر – وتعرف المقاومة النوعية بأنها مقاومة موصل طوله واحد متر ومساحة مقطعه واحد متر مربع ٠

١ – ٤ – ٣ : أمثلة حسابية على مقاومة الموصل

مثـــال (١) : إحسب مقاومة موصل من النحاس طوله ٠.٥ كيلو متر ومساحة مقطعه عبارة عن مستطيل أبعاده هى ٢.٥سم ، ٠.٠٥سم علماً بأن المقاومة النوعية للنحاس تساوى ١.٧٢ × ١٠ $^{-٨}$ أوم ٠ متر

الحـــل

L = طول الموصل = ٠.٥ كيلو متر = ٥٠٠ متر

A = مساحة مقطع الموصل = ٢.٥ × ٠.٠٥ = ٠.١٢٥ سم٢

= ٠.١٢٥ × ١٠ $^{-٤}$ متر مربع ٠

بالتعويض فى المعادلة (٧)

$$\because \quad R = \frac{P \times L}{A}$$

$$\therefore \quad R = \frac{1.72 \times 10^{-8} \times 500}{0.125 \times 10^{-4}} = 0.688 \quad \Omega$$

مثـال (٢) :

احسب مقاومة سلك من النحاس طوله ٥٠٠ متر ومساحة مقطعه (١٠ مم^{٢}) إذا علمت أن المقاومة النوعية للنحاس ١.٧٨ × ١٠$^{-٨}$ أوم ٠ متر

الحـــل

$L = 500m$ ، $A = 10\,mm^2 = 10 \times 10^{-6} m^2$ ، $P = 1.78 \times 10^{-8}\ \Omega \bullet m$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$\because \quad R = \frac{P \times L}{A}$

$\therefore \quad R = \frac{1.78 \times 10^{-8} \times 500}{10 \times 10^{-6}} = 0.89 \quad \Omega$

مثـال (٣) :

موصل من الألمنيوم طوله (١٠٠٠ متر) ومساحة مقطعه (١٥مم^{٢}) فما هى مقاومته علماً بأن المقاومة النوعية للألمنيوم ٢.٨٣ × ١٠ $^{-٨}$ أوم ٠ متر

الحـــل

$L = 1000m \qquad A = 15 \times 10^{-6} m^2 \qquad P = 2.83 \times 10^{-8} \ \Omega \bullet m$

$\because \quad R = \frac{P \times L}{A}$

$\therefore \quad R = \frac{2.83 \times 10^{-8} \times 1000}{15 \times 10^{-6}} = 1.8866 \ \Omega$

مثـال (٤) :

إذا كانت مقاومة موصل من النحاس (1.4 Ω) ومساحة مقطعه ١٢مم^{٢} فما هو طول هذا الموصل علماً بأن المقاومة النوعية للنحاس ١.٧٨ × ١٠ $^{-٨}$ أوم ٠ متر ٠

(مقربا الجواب لأقرب رقم عشرى واحد) ٠

الحـــل

$R = 1.4 \ \Omega \quad , \quad A = 12 \times 10^{-6} \ m^2 \quad , \quad \rho = 1.78 \times 10^{-8} \ \Omega \bullet m$

$\because R = \frac{\rho \times L}{A}$

$\therefore \quad R \times A \qquad L = \frac{1.4 \times 12 \times 10^{-6}}{1.78 \times 10^{-8}} = 943.8$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$L = \frac{m}{\rho}$$

١ – ٤ – ٤ : وحدات قياس شدة التيار وجهد التيار

شـدة التيـار:

إذا أعتبرنا كمية الكهرباء (q) بأنها عدد ما من الألكترونات ، فيمكن إيجاد شدة التيار الكهربى (I) ، من خارج قسمة كمية الكهرباء (q) على الزمن (t) الذى يستغرقه مرور كمية الكهرباء هذه ، طبقاً للصيغة التالية :

شدة التيار = Error!

أى أن : [ ]

$$I = \frac{q}{t} \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (٨)$$

حيث (I) هي شدة التيار

وحدة قياس شدة التيار

وحدة قياس شدة التيار هى الأمبير ، وقد أطلق أسم أمبير على وحدة قياس شدة التيار نسبة إلى عالم الطبيعيات الفرنسى أمبير (Ampere) ويرمز لها بالرمز A

وحـدة قيـاس الجهـد :

الفولت هو وحدة قياس الجهد ، وقد أطلقت هذه التسمية على وحدة قياس الجهد نسبة إلى عالم الطبيعيات الإيطالي فولتا (Volta) ويرمز لها بالرمز V ٠

١ – ٤ – ٥ : قانـون أوم

استطاع الفيزيائى الألمانى چـورچ سيمون أوم ان يجد عن طريق التجربة العلاقة بين كل من الجهد والتيار فى موصل كهربى ٠ وقد قدم فى عام ١٨٢٧م – القانون التالى الذى عرف فيما بعد بقانون أوم :

" فرق الجهد بين طرفى موصل كهربى يساوى حاصل ضرب كل من مقاومة الموصل والتيار المار فيه " ويمكن تمثيل قانون اوم رياضياً على الصورة التالية :

$$V = R.I \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (٩)$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

وحـدات المقـاومة هـي الأوم – ويعرف الأوم بأنه المقاومة التي تسمح بمرور تيار قيمته واحد أمبير عندما يكون الجهد على طرفي المقاومة واحد فولت ٠

مثـال (٥) :

وصلت مقاومة مقدارها 5 Ω بمصدر تيار كهربي قوة جهده 12 V

– أوجد قيمة شدة التيار المارة بالمقاومة ٠

الحـــل

$$\because\ V = R.I \qquad \therefore\ I = \frac{V}{R} = \frac{12}{5} = 2.4\ \ A$$

مثـال (٦) :

مصدر تيار كهربى جهده ٢٢٠ فـولت فإذا كان السخان يسحب تيار شدته A٢.٢ من هذا المنبع اوجد مقاومة السخان

الحـــل

$$\because\ V = R.I \qquad \therefore\ R = \frac{V}{I} = \frac{220}{2.2} = 100\ \ \Omega$$

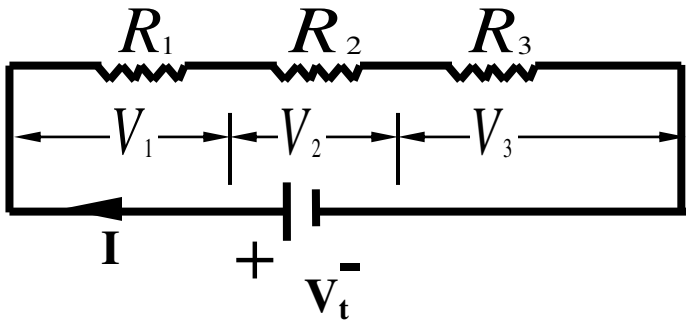
١– ٤– ٦ : <u>تـوصيـل المقـاومـات</u>

١– توصيل المقاومات على التوالى

إذا تم توصيل ثلاث مقاومات R_3, R_2, R_1 بالطريقة الموضحة فى شكل (١ – ٣) فإنه يقال أن هذه المقاومات متصلة على التوالى ٠

وبذلك يمر تيار (I) الخارج من البطارية فى المقاومات الثلاث ٠ أى أن شدة التيار المار فى المقاومات المتصلة على التوالى تكون واحدة ، لكن فرق الجهد بين طرفى كل مقاومة يختلف قيمته بإختلاف قيمة كل مقاومة طبقاً لقانون أوم ٠ ويكون جهد البطارية (V_t) مساوياً للمجموع الجبرى للجهود على المقاومات المتصلة على التوالى ٠ أى

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (١- ١٣) توصيل المقاومات على التوالي

$$V_t = V_1 + V_2 + V_3 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (١٠)$$

$$V_1 = I R_1 \quad ، \quad V_2 = I R_2 \quad ، \quad V_3 = I R_3$$

وطبقاً لقانون أوم

فإذا فرضنا أن محصلة المقاومات المتصلة على التوالى هى Rt نجد أن :

$$V_t = I R_t \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (١١)$$

بالتعويض من المعادلة (١١) فى المعادلة (١٠) نحصل على :

$$I R_t = I R_1 + I R_2 + I R_3$$

بقسمة المعادلة على I نحصل على :

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3 \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots \quad (١٢)$$

توضح المعادلة (١٢) أن محصلة المقاومات المتصلة على التوالى تساوى مجموع هذه المقاومات – وإذا تساوت المقاومات فإن :

(١٣) ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$R_t = R \times n$$

حيث (R) قيمة المقاومة الواحدة ، (n) عدد المقاومات ٠

مثـال (١) :

دائرة توالى تحتوى على ثلاث مقاومات فيها على الترتيب (٣ ، ٤ ، ٥) أوم وصلت الدائرة ببطارية جهدها (١٢ ڤـولت) ٠ إحسب :

١- المقاومة الكلية للدائرة٠ ٢- شدة التيار المار بالدائرة ٠ ٣- الجهد على طرفى كل مقاومة

الحـــل

$$R_t = R_1 + R_2 + R_3$$
$$= 3 + 4 + 5 = 12\,\Omega \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (١)$$

$$I = \frac{V_t}{R_t} = \frac{12}{12} = 1\ A \quad \cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots\cdots (٢)$$

الجهد على طرفي كل مقاومة

$V_1 = I R_1 = 1 \times 3 = 3V$ **الأولى**

$V_2 = I R_2 = 1 \times 4 = 4V$ **الثانية**

$V_3 = I R_3 = 1 \times 5 = 5V$ **الثالثة**

مثـال (٢) :

دائرة توالى تحتوى على عشر مقاومات متساوية قيمة كل منها (١.٥) أوم وصلت الدائرة بمنبع جهد (٣٠) فـولت ، والمطلوب حساب :

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

١- المقاومة الكلية للدائرة ٠ ٢- شدة التيار ٠ ٣- الجهد على طرفي كل مقاومة٠

الحـــــل

∵ المقاومات متساوية ٠٠ نطبق المعادلة (١٣) . . . . (١)

$$\therefore R_t = R \times n = 10 \times 1.5 = 15\Omega$$

$$I = \frac{V_t}{R_t} = \frac{30}{15} = 2A \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٢)$$

∵ المقاومات متساوية وقيمة كل منها R

∴ الجهد على طرفى كل مقاومة يكون متساوياً

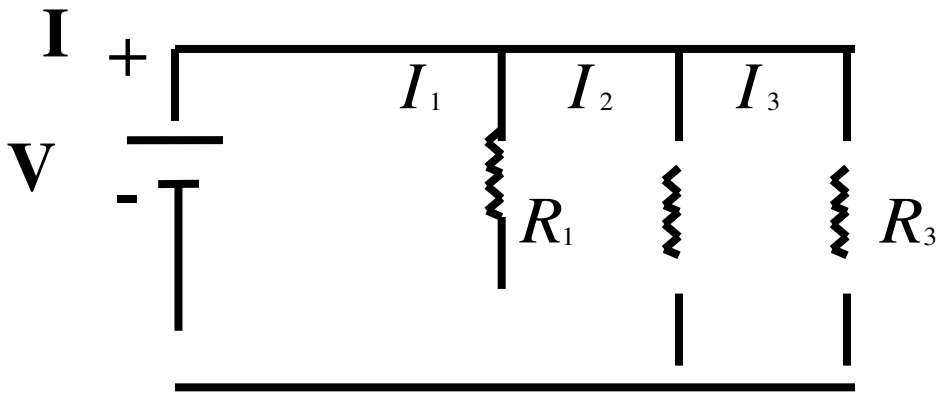
أى أن :

$$V_1 = V_2 = V_3 \ldots\ldots = V_n = V$$

$$\therefore V = I \times R = 2 \times 1.5 = 3\ V \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (٣)$$

أى أن الجهد على طرفى كل مقاومة من المقاومات هو (٣) ڤـولت ٠

توصيل المقاومات على التوازى



شكل (١- ١٤) توصيل المقاومات على التوازي

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

إذا تم توصيل ثلاث مقاومات R_1 ، R_2 ، R_3 كما فى الشكل (١ – ١٤)
فإنه يقال أن هذه المقاومات متصلة على التوازى ، ويلاحظ أن فرق الجهد بين أطراف المقاومات المتصلة على التوازى ثابت ولا يختلف ويساوى جهد البطارية أى أن جهد البطارية يساوى فرق الجهد على كل مقاومة ٠

ويجب ملاحظة أن التيار (I) الخارج من البطارية يتفرع إلى الثلاثة تيارات I_1 ، I_2 ، I_3 بحيث يكون مجموعها مساوياً لتيار البطارية ٠

أى أن :

$$I_{.} = I_1 + I_2 + I_3 \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٤)$$

فإذا أفترضنا أن المقاومة المكافئة لمجموعة المقاومات المتصلة على التوازى هى R_t فيكون ٠٠٠ طبقاً لقانون أوم ٠

$$I_{.} = \frac{V_{.}}{R_t}$$

وبالتعويض فى المعادلة (١٤)

$$\frac{V_{.}}{R_t} = \frac{V_{.}}{R_1} + \frac{V_{.}}{R_2} + \frac{V_{.}}{R_3}$$

وبقسمة كل من طرفي المعادلة على (V) نحصل على :

$$\therefore \quad \frac{1_{.}}{R_t} = \frac{1_{.}}{R_1} + \frac{1_{.}}{R_2} + \frac{1_{.}}{R_3} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٥)$$

وفى حالة توصيل عدد مقداره (n) من المقاومات المتساوية القيمة على التوازى وكانت قيمة كل منها (R) فإن المقاومة الكلية تكون

$$R_t = \frac{R_{.}}{n_{.}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots (١٦)$$

R_1 ، R_2

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$\frac{1_{.}}{R} = \frac{1_{.}}{R} + \frac{1_{.}}{R}$$

وفى حالة توصيل مقاومتين على التوازى قيمهما فإن :

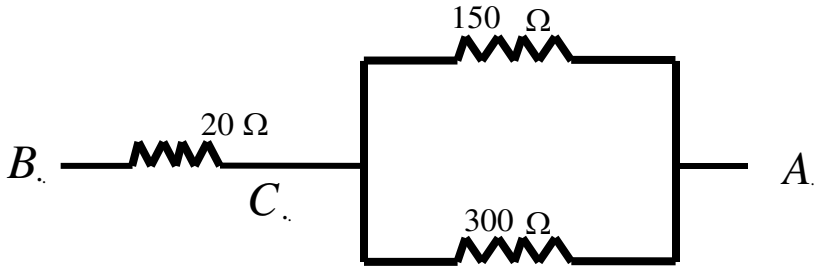
توصيل المقاومات على التضاعف :

في هذه الحالة يكون لدينا مجموعة أو أكثر متصلة على التوالى ومجموعة أو أكثر متصلة على التوازى وترتبط فيها المجاميع إرتباطاً متوالياً ومتوازياً ومن هنا يجب إيجاد المقاومة الكلية لكل مجموعة على حدة ثم إيجاد المقاومة الكلية المكافئة النهائية .

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

مثـال (٣) :

أحسب المقاومة الكلية لمجموع المقاومات المتصلة بالشكل (١ – ٥)



شـــكل (١- ١٥)

الحـــل

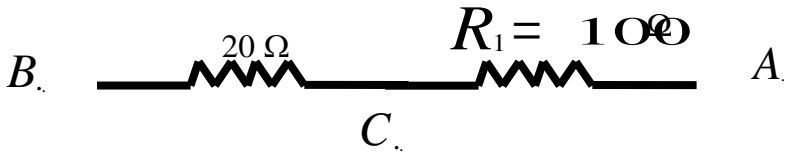
يتم إيجاد المقاومة المكافئة للمقاومتين (150 Ω ، 300 Ω) المتصلتين على التوازى

ولنفرض أنها R_1

بتطبيق المعادلـة (١٧)

$$R_1 = \frac{150 \times 300}{150 + 300} = 100\ \Omega$$

وتصبح الدائرة كما هو مبين بشكل (١- ١٦)



شكل (١- ١٦)

حيث استبدلنا المقاومتين (150 Ω ، 300 Ω) بمقاومة مفردة بين A ، C تساوى

$100\ \Omega$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

نجد أن المقاومة المكافئة الكلية هى محصلة R_1 ، 20Ω على التوالى

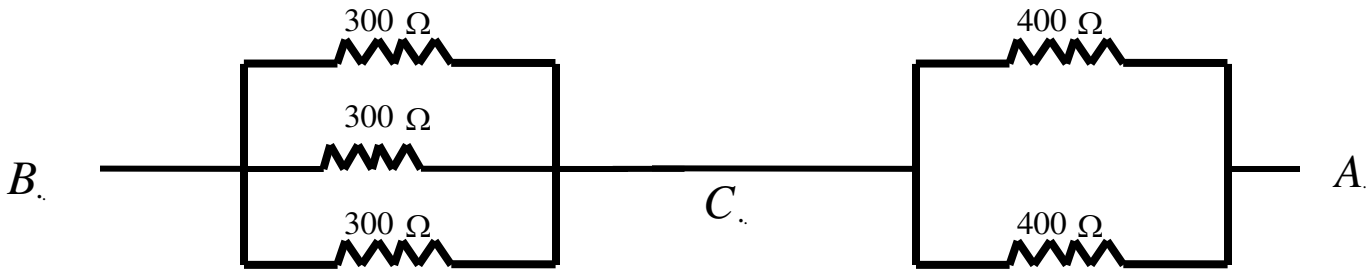
أى أن :

$$R_t = R_1 + 20 = 100 + 20 = 120\,\Omega$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثـال (٤) :

إحسب المقاومة المكافئة للدائرة الموضحة بشكل (١- ١٧)



شـــكل (١- ١٧)

الحـــل

نفرض ا ن R_1 **هى محصلة المقاومتين** 400 Ω ، 400 Ω

بتطبيق المعادلـــة (١٦)

$$\therefore \quad R_1 = \frac{400}{2} = 200\Omega$$ 400 Ω

$$\therefore \quad R_2 = \frac{300}{3} = 100\Omega$$

نفرض أن R_2 **هى محصلة المقاومات المتوازية** 300 Ω، 300 Ω ، 300 Ω **وبتطبيق**

المعادلـة (١٦) أيضاً

∴ المقاومة المكافئة الكلية بين النقطتين A ، B هى R_1 **،** R_2 **موصلتان على التوالى**

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

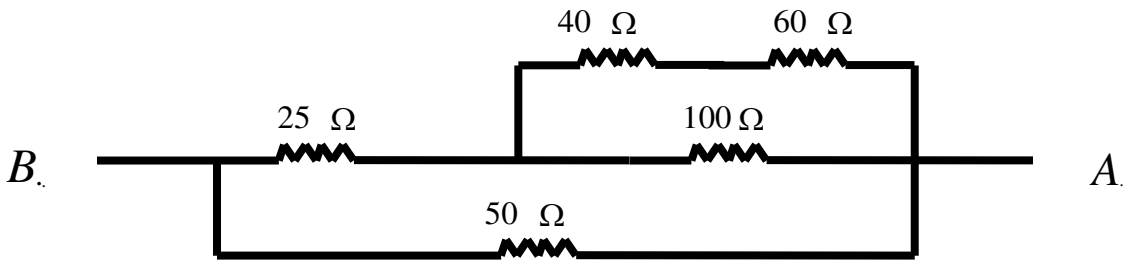
∴ المقاومة المكافئة R_t

$$R_t = R_1 + R_2 = 200 + 100 = 300\,\Omega$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثـــال ٥ :

إحسب المقاومة المكافئة الكلية للدائرة الموضحة بشكل (١- ١٨)



شكل (١- ١٨)

الحـــل

محصلة R_1 **60** Ω **، 40** Ω **على التوالى**

$$R_1 = 60 + 40 = 100\Omega$$

محصلة R_2 R_1 **، 100** Ω **على التوازى**

$$R_2 = \frac{100}{2} = 50\Omega$$

محصلة R_3 R_2 **، 25** Ω **على التوالى**

$$R_3 = 50 + 25 = 75\Omega$$

محصلة R_t R_3 **، 50** Ω **على التوازى**

$$R_t = \frac{75 \times 50}{75 + 50} = 30 \ \Omega$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

تذكـر (البـاب الأول)

١) الذرة هى أصغر جزء من العنصر لها نفس خواص العنصر ، وتتكون الذرة من نواة وإلكترون أو أكثر ، يدور حول النواة فى مدارات خاصة ٠

٢) نواة الذرة تحتوى على شحنات كهربية موجبة بينما الإلكترونات التى تدور حولها وهى ذات شحنة كهربية سالبة ٠

٣) الذرة فى حالتها العادية متعادلة كهربياً ، لأن عدد الشحنات الموجبة تكون مساوية لعدد الشحنات السالبة ٠

٤) إذا تعرضت ذرة أو عدة ذرات لمؤثرات خارجية فإن شرط التعادل فى الذرة يتغير ، وتتحرك الإلكترونات ٠

٥) بحركة الإلكترونات يمكن ملاحظة تأثيرات التيار الكهربى ٠

٦) الموصلات بها إلكترونات حرة وفى حالة توصيل طرفى مصدر جهد بموصل معدنى تتحرك الإلكترونات الحرة فى الموصل ٠

٧) تسمى الشحنات الكهربية المتحركة " التيار الكهربى " ٠

٨) إتفق إختيارياً على أن يكون إتجاه التيار الكهربى من القطب الموجب إلى القطب السالب لمصدر الجهد ويضاد ذلك السريان الفعلى للإلكترونات ٠

٩) المقاومة النوعية هى مقاومة موصل طوله واحد متر ومساحة مقطعه واحد متر مربع ٠

١٠) العوامل التى تتوقف عليها مقاومة موصل :

أ- مساحة مقطع الموصل (a) ، وتتناسب المقاومة عكسياً مع مساحة المقطع للموصل ٠

ب- طول الموصل وتتناسب المقاومة طردياً مع طول الموصل ٠

ج- المادة المصنوع منها الموصل – المقاومة النوعية لمادة الموصل (ρ) ٠

١١) يعرف المعامل الحرارى للمقاومة لأى مادة بأنه مقدار التغير فى قيمة مقاومة هذه المادة عندما تتغير درجة حرارتها درجة واحدة مئوية ويرمز لها بالرمز " $\propto$ " ووحداته هى أوم / أوم ٠^{o}م

١٢) الشحنات المتشابهة تتنافر والشحنات المختلفة تتجاذب ٠

١٣) تتوقف قوة الجذب أو التنافر بين شحنتين على العوامل الآتية :

أ- قيمة كل من الشحنتين ٠

ب- المسافة بين الشحنتين ٠

ج- نوع الوسط الذى يفصل بين الشحنتين ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

قانـون كولوم :

١٤) ينص هذا القانون على أن قوة الجذب أو التنافر بين شحنتين تتناسب طردياً مع حاصل ضرب قيمتى الشحنتين وعكسياً مع مربع المسافة بينهما ٠

١٥) الكولوم هو الشحنة الموجبة التى إذا وضعت فى الهواء على بعد متر واحد من وحدة الشحنات الموجبة ينتج عنها قوة تنافر قيمتها ٩ × ١٠ ^{٩} نيوتن ٠

١٦) المجال الكهربى هو الحيز الذى تظهر فيه آثار قوى الجذب أو التنافر بين الشحنات الكهربية ، ويعبر عن المجال الكهربى بخطوط وهمية منتظمة تسمى خطوط المجال الكهربى ٠

١٧) تتميز خطوط المجال الكهربى بالخواص الآتية :

أ- تتجه فى جميع الإتجاهات مثل أشعة الشمس ٠

ب- تخرج من الشحنة الموجبة وتتجه إلى الشحنة السالبة ٠

ج- لا تتقاطع مع بعضها أبداً ٠

د- تمتد نظرياً إلى مالا نهاية ٠

هـ- المماس لأحد خطوط المجال عند نقطة يعطى إتجاه المجال عند هذه النقطة ٠

١٨) شدة المجال الكهربى عند نقطة :

تعرف شدة المجال الكهربى عند نقطة موجودة فى مجال كهربى بأنها القوة التى يؤثر بها المجال على وحدة الشحنات الموجبة الموضوعة عند تلك النقطة ٠

١٩) وحدات شدة المجال الكهربى هى نيوتن لكل كولوم ٠

٢٠) يعرف فرق الجهد الكهربى بين نقطتين بأنه الشغل المبذول لنقل وحدة الشحنات من نقطة إلى أخرى ٠ ووحدات فرق الجهد هى الجول لكل كولوم أو ما يسمى الفـولت ٠

٢١) قانون أوم :

" فرق الجهد بين طرفى موصل كهربى يساوى حاصل ضرب كل من مقاومة الموصل والتيار المار فيه " ٠

٢٢) فى حالة توصيل مجموعة من المقاومات على التوالي $R_1 , R_2 , R_3 , ... R_n$

فالمقاومة الكلية Rt $Rt = R_1 + R_2 + R_3 + ٠٠ + R_n$

٢٣) فى حالة توصيل مجموعة من المقاومات على التوازي $R_1 , R_2 , R_3 , ... R_n$ فإن

$$!Error = !Error + !Error + !Error + ... + !Error$$

أسئلة على الباب الأول

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

١. أكمل الناقص في الجمل الآتية :

أ- يزداد الطلب على النحاس لإرتفاع خواصه ٠٠٠٠٠٠٠٠ و ٠٠٠٠٠٠٠٠ العالية ٠

ب- معدن ٠٠٠٠٠٠٠٠ شديد المقاومة للتآكل الكيميائى ٠

ج- ٠٠٠٠٠٠٠ خفيف الوزن ، رخيص الثمن وزنه النوعى ٢.٧جم / سم٣ ٠

٢. اذكر خواص معدن القصدير ؟

٣. اذكر خواص الفضة وما عيوبها ؟

٤. أذكر أنواع الشحنات الكهربية ؟

٥. أذكر قانون الجذب والتنافر بين الشحنات الكهربية ؟

٦. ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (χ) أمام العبارة الخاطئة :

أ- يقال للمادة إنها تكهربت بشحنة موجبة إذا تم إضافة إلكترونيات لجميع ذراتها ٠

ب- الشحنات المتشابهة تتجاذب والشحنات المختلفة تتنافر ٠

ج- وحدة قياس الشحنة الكهربية هي الكولوم ٠

د- تزداد مقاومة موصل بزيادة مساحة مقطعه ٠

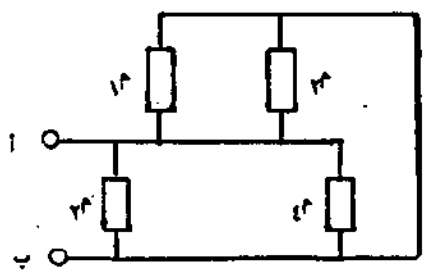
هـ- إذا زاد عدد المقاومات المتساوية المتصلة على التوالي فإن المقاومة الكلية لهذه المقاومات تزداد ٠

و- إذا زاد عدد المقاومات المتساوية المتصلة على التوازي فإن المقاومة الكلية لهذه المقاومات تزداد ٠

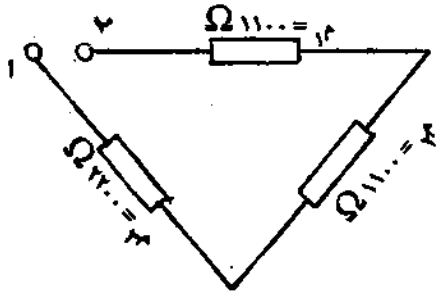
٧. شحنتان موجبتان قيمة كل منهما ٢٠ × ١٠ $^{-٤}$ كولوم موضوعتان على مسافة ١٥ سم فى الهواء

أ- اذكر نوع القوة بينهما ٠ ب- عين مقدار هذه القوة ٠

٨. أوجد المقاومة المكافئة للمقاومات الموصلة بالشكل رقم (١ - ١٩ أ ، ب ، جـ ، د) بين النقطتين أ ، ب ٠

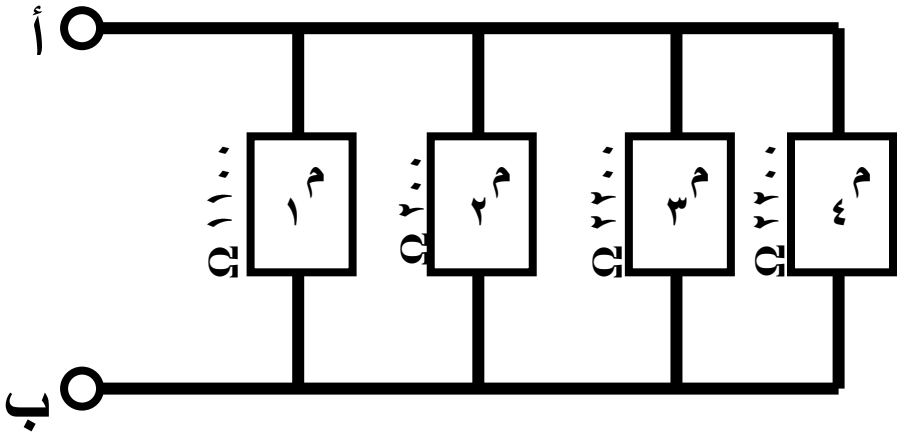


(شكل ١- ١٩) أ

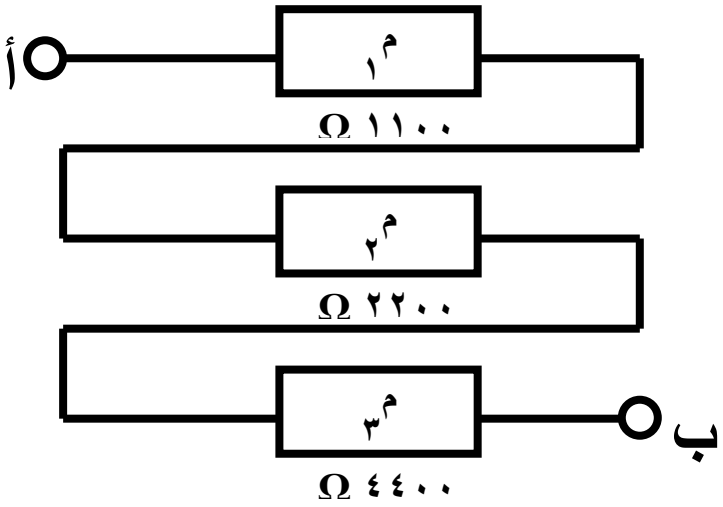


(شكل ١- ١٩) ب

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



(شكل ١- ١٩) جـ



(شكل ١- ١٩) د

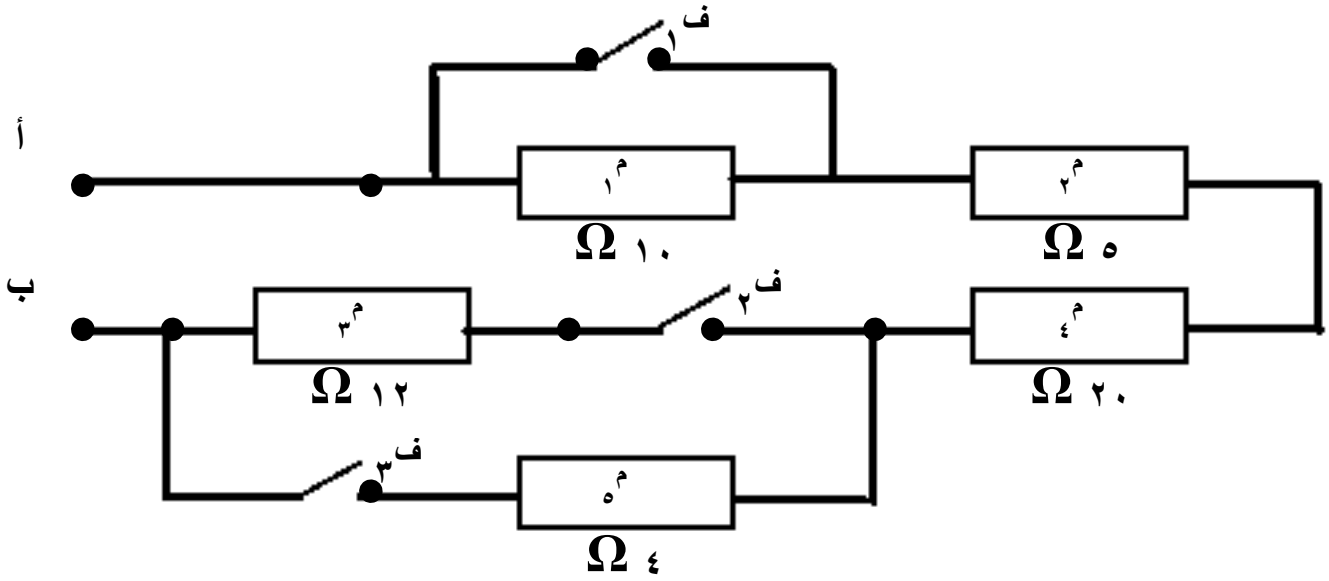
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٩. الدائرة الموضحة فى (الشكل ١- ٢٠) تحتوى على خمسة مقاومات وثلاثة مفاتيح إحسب المقاومة بين الطرفين أ ، ب لكل من حالات توصيل المفتاح المختلفة (مفتوح أو مغلق) حسب الحالات المبينة فيما بعد ٠

إرسم الدائرة المكافئة وبين حساباتك لإيجاد المقاومة المكافئة لكل حالة ٠

أ- ف١ ، ف٢ ، ف٣ كلها مفتوحة ٠ ب- ف١ ، ف٢ مفتوحين ، ف٣ مغلق ٠

جـ - ف٣ مفتوح ، ف١ ، ف٢ مغلقان ٠ د- ف١ ، ف٣ مفتوحين ، ف٢ مغلق٠



(شكل ١- ٢٠)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الباب الثانى

المجال المغناطيسي والتيار الكهربي

٢ – ١ : المجال المغناطيسي الناشئ حول موصل يمر فيه تيار كهربي – تأثير الفيض المغناطيسي على سلك يمر به تيار (نظرية المحرك الكهربي) – مثال بسيط ٠

٢ – ٢ : التيار المتغير – مميزاته – إستنتاج القوة الدافعة الكهربية (ق٠د٠ك) – قانون فاراداي – قاعدة فلمنج لليد اليمنى – العوامل التي تؤثر على (ق٠د٠ك) ٠

٢ – ٣ : التيار المتغير ذو الموجة الجيبية – العلاقة بين التردد وسرعة دوران الموصل وعدد الأقطاب وأمثلة حسابية عليها ٠

٢ – ٤ : القدرة الكهربية ووحداتها – الطاقة الكهربية ووحداتها – حساب تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة وأمثلة حسابية عليها ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

المجال المغناطيسى والتيار الكهربى

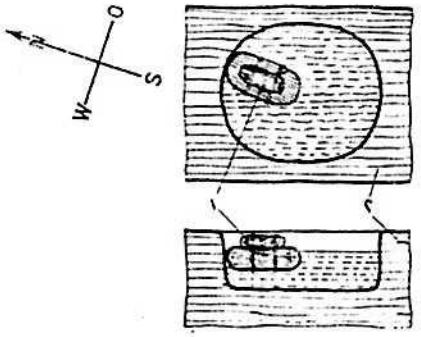
نبذة تاريخية عن المغناطيسات الطبيعية والصناعية

١. المغناطيسات الطبيعية :

لم يعرف بعد على وجه التأكيد أول من أكتشف الخام الذى عرف بالمجنتيت أو حجر المغناطيس من قديم الزمن ٠ ويحدث هذا الخام تأثيراً ديناميكياً ، يمكن ملاحظته عند جذبه للمواد الحديدية والنيكل والكوبالت عند تقريبها إليه ٠

ومن المسلم به أن هذه المعرفة لم يكن لها الأهمية العملية فى ذلك الوقت ، بينما كان الإكتشاف الأكثر أهمية هو التالى : إذا علقت قطعة من المجنيتيت بحيث تكون حرة الحركة ، فإنها توجه نفسها فى إتجاه معين بالنسبة لما يحيط بها ٠ ونعرف اليوم أن هذا التوجيه يتطابق مع إتجاه شمال جنوب الكرة الأرضية ٠ وقدمت خاصية المجنيتيت هذه وسائل مقبولة ٠ لتوجيه البحارة خلال رحلاتهم المحفوفة بالمخاطر فى الأيام الأولى للبحرية ٠

ويبين الشكل (٢ – ١) مثالاً للنموذج المبسط لبوصلة جيروسكوبية ٠



١- خامة مجنيتيت مربوطة على قطعة من الخشب ٠
٢- إناء خشبي مملوء بالماء ، ويسبح الخام المغناطيسي في الإتجاه بين الشمال والجنوب ٠

شكل (٢ – ١) قطعة من المجنيتيت تستخدم كبوصلة بدائية كانت أساساً للبوصلة الحديثة الجيروسكوبية

٢. المغناطيسات الصناعية :

لم يعد للمجنيتيت أهمية عملية هذه الأيام ٠ حيث إستخدم بدلاً منه مغناطيسات صناعية من الصلب وسبائكه وكذلك مغناطيسات خزفية ٠ ويمكن تصنيع الأخيرة فى أى شكل مطلوب ٠ ونبدأ هنا بإيضاح بضعة مفاهيم خاصة بالمغناطيسية وذلك بإستخدام قضيب مغناطيسى على سبيل المثال :

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

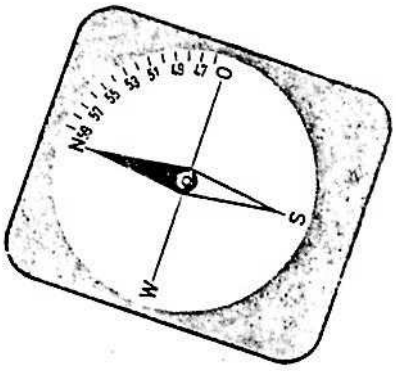
الأقطـاب :

يبين الشكل (٢ – ٢) قضيباً مغناطيسياً موضوعاً على برادة حديد ناعمة ٠ ونلاحظ أن الغالبية العظمى من هذه البرادة تتعلق بنهايتى القضيب ، ويطلق على هاتين النهايتين " القضبان " ولا تتعلق برادة الحديد حول مركز القضيب ، ويطلق على هذا الجزء من القضيب " المنطقة المحايدة " للمغناطيس ويجب التمييز بين القطب الشمالى والقطب الجنوبى للمغناطيس ٠ وتشتق تسمية القطبين من توجيه مغاطيس يعلق تعليقاً حراً ، فالقطب الشمالى هو الذى يشير إلى الشمال الجغرافى ٠ ويبين الشكل (٢ – ٣) بوصلة جيب بسيطة قضيبها المغناطيس على هيئة ابرة مغناطيسية ٠



١- تؤثر القوى العظمى عند القطبين ٠
٢- تأثير القوى في المنطقة المحايدة غير ملحوظ ٠

شكل (٢-٢) توزيع القوى على قضيب مغناطيسى



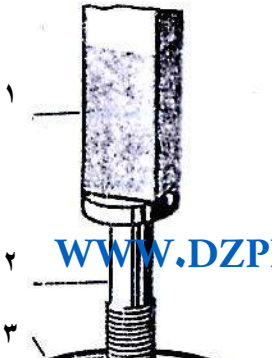
شكل (٢-٣) بوصلة فى وضع إتجاه الشمال – الجنوب

ولا ينطبق القطبان المغناطيسيان للكرة الأرضية على القطبين الجغرافيين تماماً ، بل يوجد بينهما إنحراف يؤخذ فى الإعتبار عند تدريج البوصلة ٠

وتكون أقصى شدة للتأثير المغناطيسى عند قطبى المغناطيسى ٠

الحـث المغنـاطيسى :

يحدث حث مغناطيس كما هو موضح بالشكل (٢ – ٤) ٠ حيث يوضع قطب مغناطيسى فوق مجموعة دبابيس صغيرة ، على مسافة كبيرة ، بحيث لا تنجذب إليه ٠ وإذا وضعنا على سبيل المثال ٠ مسمار من الصلب ، بين قطب المغناطيس والدبابيس ، يجذب المسمار الدبابيس الصغيرة ، بفرض أن المسافة بينهما تكون صغيرة بدرجة كافية ٠ وإذا حركنا المغناطيس بعيداً عن المسمار ، نلاحظ سقوط الدبابيس المعلقة بالمسمار ٠



١- قضيب مغناطيسي ٠
٢- مسمار مكنة ملولب ٠
٣- وعاء به دبابيس ٠

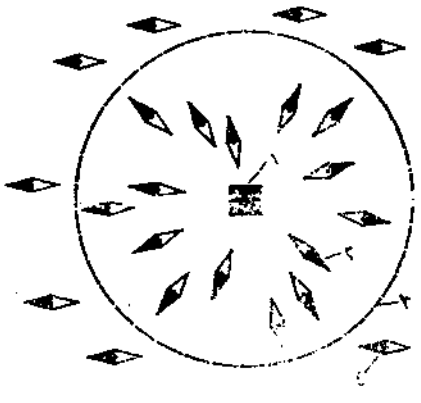
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٣. **الإستبقائيـة :**

إذا وضعنا بدلاً من مسمار الصلب ، قطعة أخرى من الحديد المطاوع (مادة حديدية غير مصلدة) ، فى الحيز بين القضيب المغناطيسى والدبابيس ، نلاحظ أيضاً سقوط الدبابيس عند رفع المغناطيس ، بينما يكون لدى قطعة الحديد المطاوع القدرة على جذب برادة الحديد ٠ ونحصل من ذلك على الخلاصة التالية : لا تتلاشى المغناطيسية كلية بإبعاد القضيب المغناطيسى المؤثر، وإنما تكون هناك بقية صغيرة فى الحديد المطاوع ٠ وتسمى هذه الظاهرة " المغناطيسية المتبقية " أو " الإستبقائية " وقد أفادت هذه الظاهرة فى تطوير صناعة المولدات الكهربية فائدة كبيرة ٠

المجال المغناطيسى :

يستخدم الشكل (٢ – ٥) لإيضاح مفهوم المجال المغناطيسى ٠ وفيه تركب إبرة مغناطيسية بحيث ترتكز لتكون حرة الدوران على مسافات مختلفة حول مغناطيس ٠



١- مغناطيس ٠
٢- إبره مغناطيسية في نطاق مدى المجال المغناطيسي ٠
٣- حدود المجال المغناطيسي ٠
٤- إبره مغناطيسية خارج نطاق مدى المجال المغناطيسي ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

شكل (٢ – ٥) توضيح المجال المغناطيسى

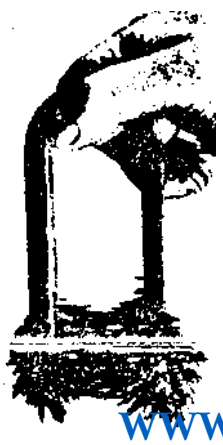
وتوضع الإبرة المغناطيسية فى مستوى واحد معين (شكل ٢ – ٥) وعلى أى حال فإنه يمكن وضع هذه الأبرة فوق أو أسفل هذا المستوى المعين أيضاً ٠ ونلاحظ الظاهرة التالية :
تنضبط جميع الإبر المغناطيسية بحيث تشير إلى المغناطيس ، وذلك فى نطاق مسافة معينة منه ، وخارج هذا النطاق تنضبط الأبر المغناطيسية بحيث تكون فى الإتجاه الشمالى – الجنوبى الأرضى ونحصل من ذلك على الخلاصة التالية : تؤثر القوى المغناطيسية الناتجة عن مغناطيس فى نطاق غير معين ، يطلق عليه " المجال المغناطيسى " ٠
والمجال المغناطيسى هو حيز تكون المغناطيسية فعالة فى نطاقه ، بحيث توجد عند أى نقطة فيه قوة مغناطيسية ٠
وللأرض مجال مغناطيسى أيضاً ٠ ويوضح الترتيب الخاص للأبر المغناطيسية المبين – فى الشكل (٢ – ٥) الحقيقة ٠ بوجود مجالين مغناطيسيين ، المجال المغناطيسى للأرض والمجال المغناطيسى للمغناطيس ٠

خطوط المجال المغناطيسى ونماذج خطوط المجال :

لتعذر إمكانية مشاهدة حدود وقوى المجال المغناطيسى بطريقة مرضية ، نستخدم ما يسمى " بخطوط المجال المغناطيسى ونماذجها " ، وتعرف أيضاً بخطوط الفيض المغناطيسى ، كوسيلة لتوضيح هذه الظاهرة ٠ ويساعد الشكلين (٢ – ٦) ، (٢ – ٧) فى تفهم كيفية تكوين وتخيل صورة لخطوط المجال المغناطيسى ٠ فبفمس قضيب مغناطيسى ، أو مغناطيس على هيئة حدوة الحصان ، فى كوشة صغيرة من برادة الحديد ، يتعلق بالمغناطيس عدد كبير من البرادة بترتيب معين ٠



شكل (٢ – ٦)



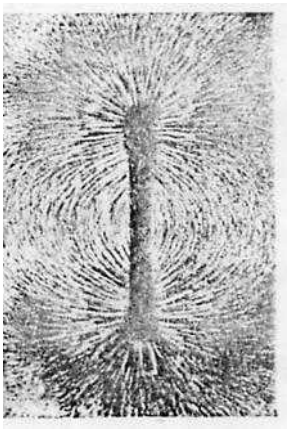
شكل (٢ – ٧)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ويتضح من هذه التجربة أن كمية قليلة من البرادة تتعلق بالقضيب المغناطيسى فى المنطقة المحايدة منه ، بينما توجد القوى العظمى عند قطبى مغناطيس حدوة الحصان ، ويوضح الشكلين التأثير الخاص بالمغناطيسية ٠

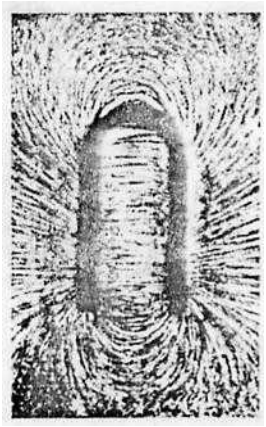
ويمكن إيضاح خطوط الفيض المغناطيسى بطريقة أحسن ، وذلك بواسطة لوح من الزجاج مغطى ببرادة الحديد ٠ ويوضع مغناطيس فوق هذا اللوح ، والدق على اللوح دقاً خفيفاً ، تنظم الأجزاء نفسها بترتيبة معينة مبينة خطوطاً للفيض المغناطيسى على هيئة خطوط متقاربة نوعاً ٠

ويوضح الشكلان (٢ – ٨) ، (٢ – ٩) نموذجين لخطوط الفيض المغناطيسى ٠



شكل (٢ – ٨)

تشكيل المجال المغناطيسى لقضيب مغناطيسى يمكن مشاهدته بمساعدة برادة الحديد



شكل (٢ – ٩)

تشكيل المجال المغناطيسى لمغناطيس على هيئة حدوة الحصان يمكن مشاهدته بمساعدة برادة الحديد

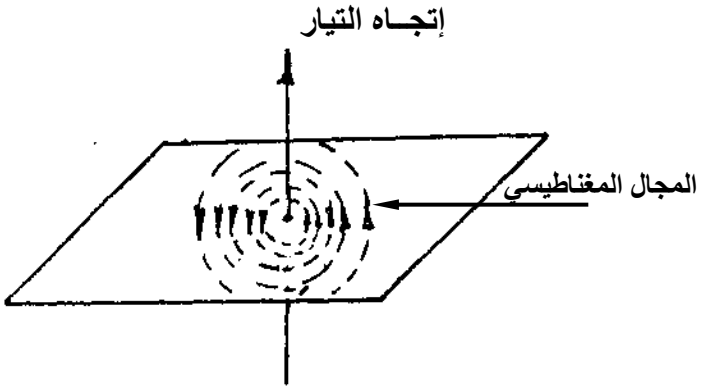
قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

ويستخلص من ذلك ما يلى :

خطوط الفيض المغناطيسى هى خطوط مغلقة وتمتد من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى للمغناطيس ٠ وتبين نماذج خطوط الفيض شكل المجال المغناطيسى ٠

٢ – ١ : المجال المغناطيسى الناشىء حول موصل يمر فيه تيار كهربى

إكتشف أورستد فى عام ١٨٢٠ أنه عند مرور تيار كهربى فى موصل فينشأ عنه مجال مغناطيسى حوله يسبب انحراف البوصلة إذا وضعت قريبة من الموصل وتسمى هذه الظاهرة بالتأثير المغناطيسى للتيار الكهربى ٠ وسنجد أن خطوط المجال المغناطيسى هذه ستكون على شكل مجموعة من الدوائر متحدة المركز ومركزها الموصل نفسه ونجد أيضاً أن كثافة الفيض المغناطيسى تكون كبيرة بالقرب من الموصل وتقل تدريجياً كلما إبتعدنا عن الموصل كما هو موضح بشكل (٢ – ١٠) ٠



شكل (٢ – ١٠) المجال المغناطيسى الناتج عن مرور تيار فى سلك مستقيم

ويمكن معرفة إتجاه خطوط المجال المغناطيسى حول موصل يمر به تيار كهربى بإحدى الطريقتين الموضحتين فيما يلى :

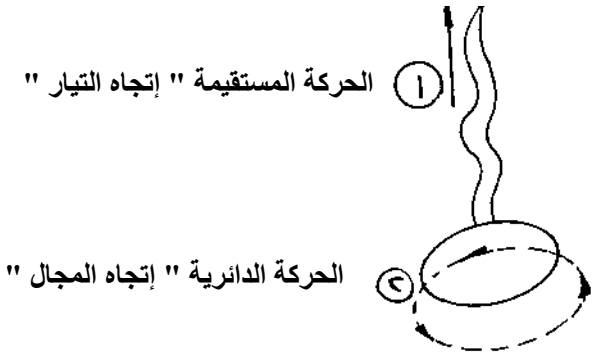
١– قاعدة البريمة ٠ ٢ – قاعدة اليد اليمنى ٠

١– قاعدة البريمة :

إذا تصورنا إننا أدرنا بريمة بشكل (٢ – ١١) بحيث يكون إتجاه الحركة المستقيمة للبريمة فى إتجاه التيار– يكون إتجاه الحركة الدائرية هو إتجاه المجال ٠



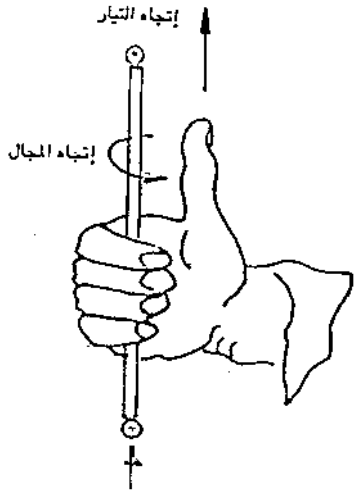
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (٢ – ١١) قاعدة البريمة لتحديد إتجاه المجال المغناطيسى الموصل يمر به تيار كهربى

٢- قاعدة اليد اليمنى :

ويمكن أيضاً معرفة إتجاه المجال المغناطيسى الناتج من مرور تيار فى موصل وذلك بإمساك الموصل باليد اليمنى مع جعل الإبهام يشير إلى إتجاه التيار وفى هذا الوضع تشير أطراف باقى الأصابع إلى إتجاه خطوط القوى المغناطيسية كما هو موضح بشكل (٢ – ١٢)



شكل (٢ – ١٢) قاعدة اليد اليمنى لتحديد إتجاه المجال المغناطيسى لموصل يمر به تيار كهربى

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢-١-١ : تأثير الفيض المغناطيسى على سلك يمر به تيار

إذا وضع موصل يحمل تيار كهربى فى مجال مغناطيسى فإن هذا المجال سيؤثر على الموصل بقوة تعمل على تحريكه ٠

ولقد أثبتت التجارب العملية أن القوة التى يؤثر بها المجال المغناطيسى على موصل يحمل تياراً كهربائياً تتناسب مع قيمة التيار (I) والطول الفعال للموصل (L) الموضوع فى المجال وقيمة كثافة الفيض المغناطيسى (B) ٠

فإنه يمكن تعيين مقدار هذه القوة من العلاقة الآتية :

$$F = B \times I \times L \times \sin \alpha$$

حيث (B) كثافة الفيض المغناطيسى wb / m^2 وبر / متر^2

(I) شدة التيار A أمبير

(L) طول الموصل بالمتر

($\sin \alpha$) جيب الزاوية بين الموصل وإتجاه المجال ٠

(F) القوة بالنيوتن N ٠

وإذا سقط الفيض المغناطيسى عمودياً على الموصل أى $\alpha = 90^\circ$

فتصبح القوة F

$$F = B \times I \times L \qquad N$$

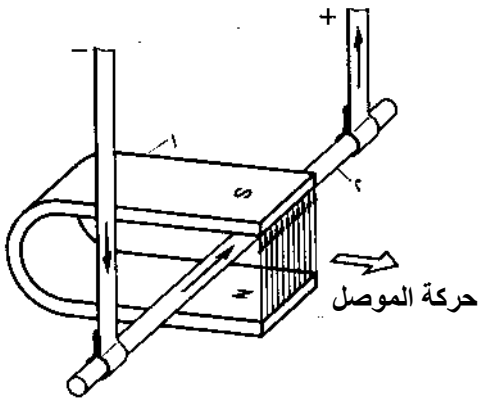
ومن التطبيقات الهامة لتوليد القوة على موصل يحمل تيار موضوع فى مجال مغناطيسى هو المحرك الكهربى ٠

٢-١-١-١ : نظرية المحرك الكهربى

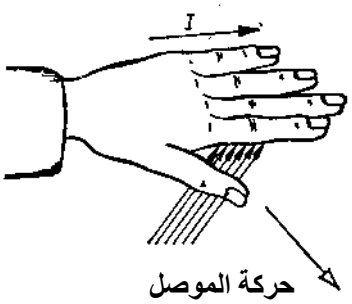
المحرك الكهربى هو آلة تحول الطاقة الكهربية إلى طاقة ميكانيكية ، وتعتمد نظرية عمل المحرك الكهربى على القوة الناشئة بين موصل يحمل التيار والمجال المغناطيسى ٠ ويبين الشكل (٢ – ١٣) ، (٢ – ١٤) موصلاً حاملاً للتيار فى مجال مغناطيسى لمغناطيس على هيئة حدوة الحصان عندما يحمل الموصل التيار ، فإنه يدفع خارج المجال المغناطيسى (ينحرف) ٠ ولإيضاح ذلك يعلق الموصل بشريحتى توصيل ٠ ويلاحظ أن هناك علاقة متبادلة بين إتجاه التيار ، ووضع المجال المغناطيسى ، وإتجاه الإنحراف ، وذلك عند إجراء تيار ذى شدة كافية عبر الترتيبة ٠

ويعبر عن هذه العلاقة بالطريقة التالية المعروفة بقاعدة اليد اليسرى لفلمنج ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



شكل (٢- ١٣) موصل حامل للتيار في المجال المغناطيسي على هيئة حدوة الحصان
١- مغناطيس حدوة الحصان ٠
٢- موصل متحرك ٠



شكل (٢- ١٤) توضيح لقاعدة اليد اليسرى

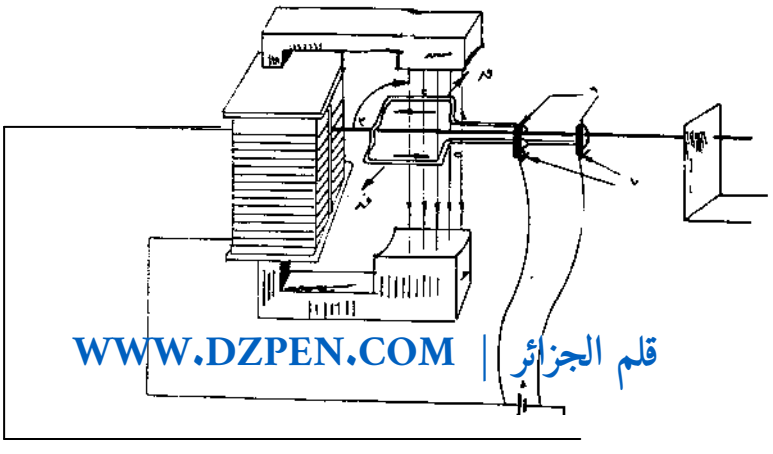
قاعدة اليد اليسرى لمعرفة إتجاه حركة الموصل الذى يحمل تيار كهربى موجود فى مجال مغناطيسى :

إذا كانت خطوط الفيض المغناطيسي تخترق راحة اليد اليسرى بينما تشير أطراف الأصابع إلى إتجاه التيار الكهربي ، فإن الإبهام الممتد يشير إلى اتجاه انحراف (حركة) الموصل ٠ والشكل (٢ – ١٤) يوضح قاعدة فليمنج لليد اليسرى ٠

٢ – ١ – ٢ : مثال بسيط لمحرك

الشكل (٢ – ١٥) يبين رسم تخطيطى مبسط يمثل المحرك الكهربى والذى يتكون من :

(١) ملف مغناطيسى كهربى ٠ (٢) ملف ذو لفة واحدة من سلك نحاس ٠
(٣) محور ٠ (٤ ، ٥) طرفا اللفة ٠
(٦) حلقات إنزلاق ٠ (٧) فرش كربونية ٠



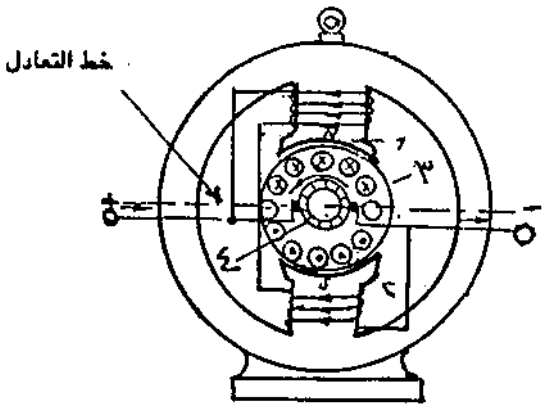
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٢ – ١٥) يبين رسم تخطيطى لكيفية عمل المحرك الكهربى

عند توصيل ملف المغناطيس الكهربى بمصدر التغذية (بطارية) ، يبدأ التيار الكهربى فى المرور خلاله وينشأ نتيجة لذلك مجال مغناطيسى منتظم من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى ٠ فإذا وصلت لفة السلك النحاس إلى مصدر التغذية أيضاً يبدأ التيار فى المرور خلالها فينشأ على كل موصل من موصلات لفة السلك قوة لها نفس المقدار ولكنهما مختلفتان فى الإتجاه وخط عملهما ليس على إستقامة واحدة فينشأ عن ذلك عزم إزدواج وعلى ذلك تدور لفة السلك تحت تأثير هذا العزم حول محورها ، حتى يصبح مستوى اللفة عمودياً على إتجاه المجال المغناطيسى لإنه فى هذه اللحظة لاينشأ عن القوى التى تؤثر فى اللفة أى عزم للدوران ٠

فإذا كانت هناك مجموعة لفات مزاحة الوضع بدلاً من لفة واحدة يستمر دورانها بدون توقف ويكون محور لفة السلك فى هذه الحالة هو عمود الإدارة للمحرك الكهربى ٠

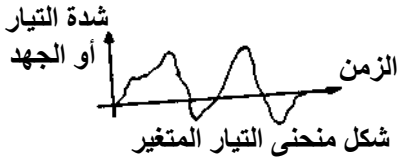
وشكل (٢ – ١٦) يبين شكل مبسط لتركيب محرك التيار المستمر والذى يتكون من عضو ثابت من الأقطاب المغناطيسية الملفوف حولها ملفات تتغذى من مصد التغذية وعضو دوار يدور حول محور ويركب عليه الموصلات فى مجارى من رقائق الصلب والتى تتغذى بالتيار عن طريق الحلقات الإنزلاقية والفرش الكربونية ٠



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٢ – ١٦) رسم تخطيطي مبسط للمحرك الكهربي

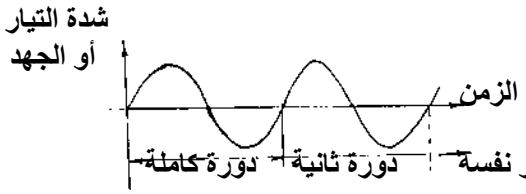
٢ – ٢ : التيار المتغير



شكل منحنى التيار المتغير

التيار المتغير هو تيار كهربى يتغير فى القيمة والإتجاه مع مرور الزمن ولا يكرر نفسه ٠

التيار المتردد :



شكل منحنى التيار المتردد

هو تيار كهربى يتغير فى القيمة والإتجاه ولكن يكرر نفسه مع مرور الزمن ٠

٢ – ٢ – ١ : مميزات التيار المتغير:

التيار المستمر يمكن الحصول عليه عملياً من مولدات التيار المستمر أو البطاريات بأنواعها ٠ وقد عرف التيار المستمر قبل التيار المتغير بفترة طويلة وكان هو الوسيلة الوحيدة لتوزيع الطاقة الكهربية – فى بداية عصر الكهرباء – التى كانت تتولد فى محطات متفرقة تقوم كل منها بتغذية المنطقة المحيطة بها بجهود منخفضة ، وقد ترتب على نقل الطاقة الكهربية بالجهد المنخفض الحد من القدرة المنقولة وكذلك الحد من المسافة التى يمكن نقل الطاقة إليها ٠ وبعد إكتشاف المحول الكهربى (وهو لا يعمل إلا على التيار المتغير) وإستعماله فى رفع أو خفض الجهد حسب الحاجة ، أصبح التيار المتغير أكثر إنتشاراً أو إستعمالاً عن التيار المستمر ٠

ويتم رفع جهد التوليد عن طريق المحول إلى جهد النقل العالى ، وعندما يرتفع الجهد فإن التيار يقل وبالتالى تقل مساحة مقطع خطوط نقل القدرة (أسلاك نقل القدرة) وتقل تبعاً لذلك تكاليف إنشاء الخط ٠ أى أن نقل الطاقة الكهربية عند جهد نقل عالى يكون أكثر إقتصاداً علاوة على إنخفاض القدرة المفقودة وكذلك الجهد المفقود فى الأسلاك ٠ وعند المستهلك يتم خفض الجهد مرة أخرى إلى جهود التوزيع وهى فى حالة التيار المتردد ٢٢٠ ، ٣٨٠ فولت ونظراً لإنخفاض القدرة المفقودة فى الأسلاك فبالإمكان نقل الطاقة إلى مسافات بعيدة جداً كما في حالة الطاقة الكهربية التى تنقل من السد العالى بأسوان إلى القاهرة عند جهد نقل ٥٠٠ كيلو فولت ٠

علاوة على ما تقدم ذكره يوجد سبب آخر لإستعمال التيار المتردد بكثرة وهو أن مولدات التيار المتردد يمكن صنعها بأحجام كبيرة وقدرات كبيرة تصل إلى ١٧٥ ميجا وات كما

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

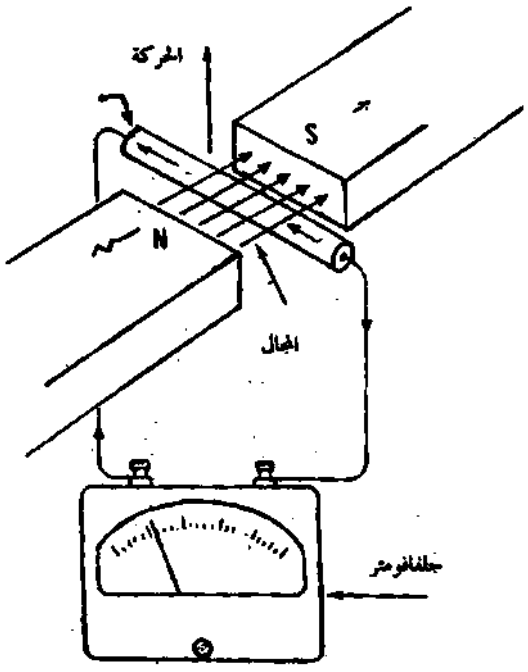
هو الحال فى مولدات السد العالى ، ولا يمكن الحصول على هذه القدارت من مولدات التيار المستمر لأسباب فنية منها حدوث شرارة على عضو التوحيد مثلاً ٠ هذا ويمكن الحصول على تيار مستمر عن طريق تقويم التيار المتردد بواسطة المقومات (الموحدات) ٠

٢ – ٢ – ٢ : إستنتاج القوة الدافعة الكهربية (ق ٠ د ٠ ك)

لقد أثبت العالم الإنجليزى (فاراداى) أنه يمكن إستخدام المجال المغناطيسى فى توليد التيار الكهربى وذلك بتحريك موصل فى مجال مغناطيسى أو بتحريك المجال المغناطيسى أمام الموصل ، وقد سمى هذا التيار بالتيار المستنتج أو التيار التأثيرى ، وقد قام بعدة تجارب لإثبات ذلك وهى أساس عمل المولدات الكهربية ٠

٢ – ٢ – ٣ : قانون فاراداى

أجرى فاراداى تجربة لإستنتاج التيار الكهربى فأحضر سلكاً من النحاس ووصل طرفيه بجلفانومتر حساس (والجلفانومترهو جهاز يستدل بواسطته على مرور تيار كهربى به عندما يتحرك مؤشر الجهاز) ثم حرك الموصل بين قطبين مغناطيسيين كما في شكل (٢ – ١٧) ٠



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

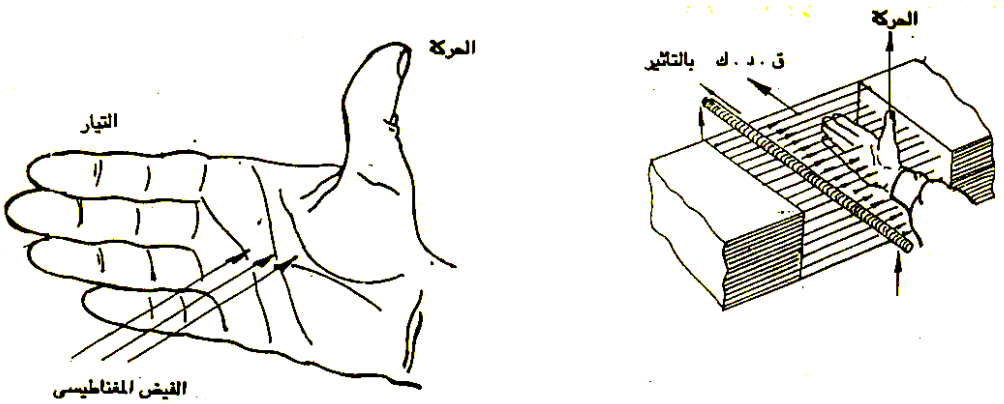
شكل (٢ – ١٧) تجربة فاراداى لإستنتاج ق٠ د ٠ ك نتيجة تحريك موصل بين قطبين مغناطيسين

بحيث يقطع الموصل خطوط المجال المغناطيسى فلاحظ إنحراف مؤشر الجلفا نومتر مما يدل على مرور تيار كهربى مستنتج ثم قام بتثبيت الموصل وحرك المغناطيس لكى يقطع مجاله الموصل فلاحظ أيضاً إنحراف مؤشر الجلفا نومتر ٠

كما استنتج فاراداى من ذلك أن التيار الكهربى التأثيرى يتولد من الحركة النسبية بين الموصل والمجال المغناطيسى وبناء على ذلك وضع قانونه المشهور وينص على : " إذا حدث تغير فى عدد خطوط القوى المغناطيسية فى أى دائرة كهربية فإنه يتولد فيها قوة دافعة كهربية (ق٠ د ٠ ك) بالتأثير يتناسب مقدارها طردياً مع معدل التغير فى عدد خطوط القوى المغناطيسية "

٢ – ٢ – ٤ : قاعدة فلمنج لليد اليمنى

يمكن تحديد إتجاه " ق ٠ د ٠ ك " بالتأثير بقاعدة فلمنج لليد اليمنى ٠ فيجعل الفيض المغناطيسى يسقط على راحة اليد اليمنى الممتدة بحيث يشير الإبهام إلى إتجاه حركة الموصل فإن إتجاه بقية الأصابع الأربعة وهى ممتدة تشير إلى إتجاه التيار الناتج بالتأثير كما هو موضح بشكل (٢ – ١٨) ٠



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٢ – ١٨) تحديد إتجاه القوة الدافعة الكهربية بواسطة قاعدة فلمنج لليد اليمنى

٢ – ٢ – ٥ : العوامل التى تؤثر على ق٠ د ٠ ك

١- سرعة حركة الموصل (ع) :

نجد أن ق ٠ د ٠ ك تتناسب طردياً مع سرعة قطع الموصل للمجال المغناطيسى أى أنه كلما زادت السرعة زادت قيمة (ق ٠ د ٠ ك)٠

٢- كثافة الفيض المغناطيسى (ب) :

كلما زادت كثافة الفيض المغناطيسى (ب) كلما زادت قيمة ق ٠ د ٠ ك الناتجة بالتأثير ٠

٣- الطول الفعال للموصل (ل) :

كلما زاد طول الموصل الذى يقطع خطوط الفيض المغناطيسى كلما زادت قيمة (ق ٠ د ٠ ك) بالتأثير ٠

٤- جيب الزاوية بين إتجاه حركة الموصل والمجال المغناطيسى (α)٠

ومن العوامل السابقة نجد أن مقدار(ق ٠ د ٠ ك) يمكن الحصول عليه من المعادلة ٠

(ق ٠ د ٠ ك) بالتأثير = ب × ل × ع × جا α

حيث (ق ٠ د ٠ ك) بالفولت ٠

(ب) كثافة الفيض المغناطيسى بالوبر / متر^{٢} (تسلا) ٠

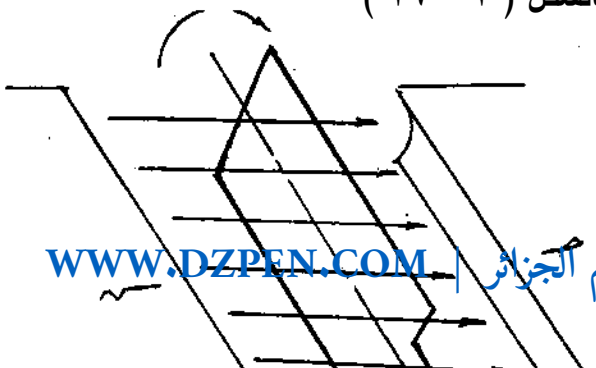
(ل) طول الموصل بالمتر ٠

(ع) سرعة الموصل بالمتر / ثانية

(α) الزاوية بين إتجاه حركة الموصل والمجال المغناطيسى ٠

٢ – ٣ : التيار المتغير ذو الموجة الجيبية

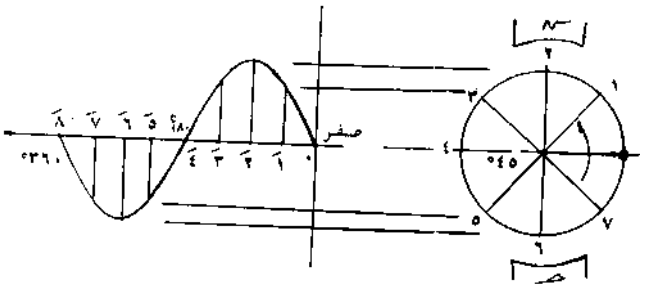
عند دوران لفة من السلك بسرعة منتظمة فى مجال مغناطيسى منتظم ناشىء من قطبين مغناطيسيين كما بالشكل (٢ – ١٩)



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٢ – ١٩) توليد " ق ٠ د ٠ ك " على شكل موجة جيبية

فإنه يتولد (ق ٠ د ٠ ك) يتغير مقدارها فى القيمة والإتجاه من صفر إلى أن تصل إلى النهاية العظمى عند ٩٠° كهربية ثم تقل تدريجياً إلى أن تصل إلى الصفر عند ١٨٠° كهربية ثم تزداد فى الإتجاه الآخر أى يتغير إتجاهها حتى تصل إلى نهاية عظمى سالبة عند ٢٧٠° كهربية ثم تقل تدريجياً حتى تصل إلى الصفر مرة أخرى عند ٣٦٠° كهربية وبذلك تكون لفة السلك قد أتمت دوره واحدة فقط ثم تتكرر الموجة الحبيبية بإستمرار الدوران ٠ ويسمى المنحنى السابق بين الصفر ، ٣٦٠° بالموجة الكاملة أو المنحنى الجيبي للتيار كما تعرف عدد الموجات التى تحدث فى ثانية واحدة بالتردد – والتردد المستخدم بجمهورية مصر العربية هو ٥٠ ذبذبة / ثانية وشكل (٢ – ٢٠) يوضح كيفية توليد ورسم الموجة الجيبية الكاملة ٠



شكل (٢ – ٢٠) الموجة الحبيبية

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢ – ٣ – ١ : <u>العلاقة بين التردد وسرعة دوران الموصل وعدد الأقطاب</u>

التردد هو عدد الموجات أو الذبذبات فى الثانية الواحدة ويتحدد ذلك من سرعة دوران الموصل وكذلك عدد الأقطاب التى يدور بينها الموصل (الملف) وعلى ذلك فإن الترد يتوقف على عدد إزواج الأقطاب (Error!) وكذلك سرعة دوران الآلة المديرة (ن) لفة / دقيقة ٠

∴ التردد (ت) = Error! × Error! ذبذبة / ثانية

ومن ذلك يمكن حساب التردد أو عدد الأقطاب أو السرعة – وهذا القانون يطبق فى حالة المولدات وكذلك فى حالة المحركات حيث إن سرعة أى محرك تتوقف على تردد التيار وعدد أقطابه ومن ذلك يكون :

السرعة (ن) = Error! ذبذبة / ث

عدد الأقطاب (ق) = Error! قطب

مثـال : (١)

إذا كانت سرعة الآلة التى تدير مولد هى ٣٠٠٠ لفة / دقيقة وعدد أقطاب المولد ٢ قطب فما قيمة تردد التيار المستنتج بالمولد ؟

الحـــل

التردد (ت) = Error! × Error!

∴ ت = Error! × Error! = ٥٠ ذبذبة / ثانية

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثـال : (٢)

مولد تيار متغير تردد تياره (٥٠ ذبذبة / ث) عدد أقطابه ٤ قطب – فكم تكون سرعة المولد ٠

الحـــل

السرعة (ن) = Error!

= Error! = ١٥٠٠ لفة / دقيقة

مثـال : (٣)

محرك تيار متغير سرعته ٧٥٠ لفة يغذى بالتيار الكهربى من مصدر تردد ٥٠ ذ / ث – إحسب عدد أقطاب هذا المحرك ؟

الحـــــــــل

عدد الأقطاب (ق) = Error!

= Error! = ٨ أقطاب ٠

٢ – ٤ : <u>القدرة الكهربية ووحداتها</u>

يعرف فرق الجهد بين نقطتين فى مجال كهربى بأنه الطاقة (الشغل) اللازم لنقل شحنة موجبة قدرها واحد كولوم ضد المجال بين النقطتين ٠ فإذا فرضنا مرور شحنة مقدارها (ك) كولوم فى موصل وكان فرق الجهد بين طرفيه (جـ) فإن الطاقة (الشغل) اللازم لنقل الشحنة بين طرفية (ط) حيث :

ط = ك × جـ ٠٠٠٠٠٠٠٠٠ (١)

ومن تعريف شدة التيار بأنها مقدار الشحنة المارة فى موصل فى الثانية الواحدة ٠

أى أن : ت = Error! ٠٠٠٠٠٠٠٠ (٢)

حيث (ت) شدة التيار بالأمبير ٠

، (ك) الشحنة بالكولوم ٠ ، (ز) الزمن بالثانية ٠

وبالتعويض عن قيمة ك من (٢) فى المعادلة (١) ينتج أن :

ط = جـ × ت × ز ٠٠٠٠٠٠٠ (٣)

حيث (ط) الطاقة المستهلكة أو الشغل المبذول

(جـ) فرق الجهد بالـفـولت

وحيث أن القدرة الكهربية هى معدل الطاقة (الشغل) بالنسبة للزمن أى أن :

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

القدرة = Error!

وبالتعويض عن قيمة ط من المعادلة (٣)

∴ القدرة = Error!

ق = جـ × ت ..... (٤)

حيث (ق) القدرة الكهربية

ووحدة القدرة الكهربية هى فولت × أمبير وتسمى (Watt) وذلك نسبة إلى العالم چيمس وات كما يمكن تعريف الوات بأنه عبارة عن الشغل المبذول قدره واحد چول فى ثانية واحدة ٠

أى أن :

Watt = Error! = جول / ثانية

ويرمز للوات باللغة الإنجليزية بالحرف W وهناك وحدات أخرى للقدرة وهى

ملى وات (mW) = ٠.٠٠١ وات

كيلو وات (KW) = ١٠٠٠ وات

ميجا وات (MW) = مليون وات

هذا بالإضافة إلى أن هناك وحدة أخرى تقاس بها القدرة للمحركات وهى الحصان وتكتب باللغة الإنجليزية (H . P)

حصان إنجليزى = ٧٤٦ وات

حصان فرنسى = ٧٣٦ وات ٠

ويمكن كتابة المعادلة (١) بدلالة المقاومة (م) كما يلى :

ق = جـ × ت = ت^{٢} × م ..... (٥)

حيث (م) المقاومة بالأوم

وتقاس القدرة الكهربية بجهاز يسمى الواط ميتر وهو يحتوى على ملفين أحدهما للتيار والآخر للجهد ٠

مثـال : (١)

إحسب القدرة الكهربية التى يقوم بإمدادها منبع جهده ٢٢٠ فولت تيار مستمر حينما يغذى حملاًبتيار شدته ٣٠ أمبير ٠

الحـل

ق (القدرة) = جـ (فرق الجهد) × ت (شدة التيار)

جـ = ٢٢٠ فولت ت = ٣٠ أمبير

∴ ق = ٢٢٠ × ٣٠ = ٦٦٠٠ وات

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

= Error! = ٦.٦ كيلو وات

مثـال : (٢)

سخان كهربى قدره ته ٤.٥ كيلو وات يسحب تياراً شدته ١٥ أمبير – إحسب مقاومته ، الجهد الكهربى الذى يعمل عليه السخان .

الحــل

ق = ت^{٢} × م

ق = ٤.٥ كيلو وات = ٤٥٠٠ وات

ت = ١٠ أمبير

∴ م = Error! = Error! = ٢٠ أوم

فرق الجهد جـ = ت × م = ١٥ × ٢٠ = ٣٠٠ فولت .

مثـال : (٣)

احسب القدرة المفقودة في مقاومة مقدارها ١٠٠ أوم موصلة عبر جهد مقداره ١٠٠ فولت .

الحــل

ق = Error!

جـ= ١٠٠ فولت

م = ١٠٠ أوم ق = Error! = ١٠٠ وات

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٢ – ٤ – ١ : الطاقة الكهربية ووحداتها

سبق أن ذكرنا أن فرق الجهد بين نقطتين فى مجال كهربى بأنه الطاقة (الشغل) اللازم لنقل شحنة موجبة قدرها واحد كولوم ضد المجال بين النقطتين ٠ واستنتجنا قيمة الطاقة (ط) فى المعادلة (٣) وهى :

ط = جـ ت ز

حيث (ط) الطاقة المستهلكة

ووحدة الطاقة الكهربية هى :

فولت × أمبير × ثانية = وات ٠ ثانية = جول وتعرف الطاقة الكهربية بالشغل الكهربى ٠

وهناك وحدات أكبر لقياس الطاقة وهى :

- وات ساعة = ٣٦٠٠ وات ٠ ثانية = ٣٦٠٠ جول
- كيلو وات ساعة = ١٠٠٠ وات ساعة

= ١٠٠٠ × ٣٦٠٠ وات / ثانية

= ٣٦ × ١٠^{٥} جول

وتقاس الطاقة الكهربية بإستعمال عدادات الطاقة وهى تقيس الطاقة الكهربية مباشرة بالكيلوات ساعة ٠

٢ – ٤ – ٢ : حساب تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة

يمكن حساب تكاليف الطاقة الكهربية بمعرفة سعر وحدة الطاقة التى تكون عادة بالكيلوات / ساعة ٠

ثمن الطاقة الكهربية = الطاقة الكهربية بالكيلوات ساعة × سعر الكيلوات ساعة ٠

وإذا كانت الطاقة الكهربية بالوات ساعة فلا بد من تحويلها إلى الكيلوات ساعة وذلك بقسمة الوات ساعة على ١٠٠٠

مثـال : (١)

مصباح كهربى يعمل على ضغط ٢٢٠ فولت وكانت شدة التيار المارة فيه ٠.٤ أمبير ٠ فإذا أضيىء هذا المصباح لمدة ١٢ ساعة يومياً فما مقدار الطاقة الكهربية المسحوبة فى الشهر بالكيلوات ساعة ٠ (إعتبر الشهر ثلاثين يوماً)

الحـــل

جـ = ٢٢٠ فولت ت = ٠.٤ أمبير

الطاقة الكهربية = جـ × ت × ز

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الطاقة الكهربية المستهلكة يومياً = ٢٢٠ × ٠.٤ × ١٠ = ٨٨٠ وات / ساعة

الطاقة الكهربية المستهلكة فى الشهر = ٨٨٠ × ٣٠ = ٢٦٤٠٠ وات / ساعة

= Error! = ٢٦.٤ كيلوات/ ساعة

<u>مثال (٢) :</u>

مصباح كهربى يعمل على ضغط ١١٠ فولت وكانت شدة التيار المار فيه واحد أمبير ، أضىء هذا المصباح لمدة ٨ ساعات يومياً ٠ ما تكاليف إستهلاك المصباح لمدة شهر إذا كان ثمن الكيلوات ساعة عشرة قروش ٠ أعتبر عددأيام الشهر ثلاثين يوماً ٠

الحـــل

الطاقة الكهربية = جـ × ت × ز

الطاقة الكهربية المستهلكة يومياً = ١١٠ × ١ × ٨ = ٨٠٠ وات

الطاقة الكهربية المستهلكة فى الشهر = ٨٠٠ × ٣٠ = ٢٤٠٠٠ وات ساعة

الطاقة الكهربية المستهلكة فى الشهر بالكيلوات ساعة = Error! = ٢٤ كيلوات/ ساعة

ثمن إستهلاك الطاقة الكهربية = ٢٤ × ١٠ = ٢٤٠ قرشاً ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

تذكر (الباب الثانـي)

١) إذا علقت قطعة من المجنيتيت بحيث تكون حرة الحركة ، فإنها توجه نفسها فى إتجاه الشمال والجنوب للكرة الأرضية ٠

٢) يمكن عمل مغناطيسات صناعية من الصلب وسبائكه وكذلك مغناطيسات خزفيه ٠

٣) لكل مغناطيس قطبين أحدهما شمالى والآخر جنوبى وهما فى نهايتى المغناطيس ٠

٤) المنطقة المحايدة للمغناطيس تقع عند مركز القضيب ٠

٥) إذا وضعت مادة مغناطيسية بالقرب من مغناطيس قرباً كافياً فإنه يمكن أن تجذب أجزاء قريبة منها من مواد مغناطيسية ويعرف هذا بالحث المغناطيسى ٠

٦) المجال المغناطيسى هو حيز تكون المغناطيسية فعاله فى نطاقه ، بحيث توجد عند أى نقطة فيه قوة مغناطيسية ٠

٧) الأرض لها مجال مغناطيسى ٠

٨) خطوط الفيض المغناطيسى هى خطوط مغلقة وتمتد من القطب الشمالى إلى القطب الجنوبى للمغناطيس ٠

٩) عند مرور تيار كهربى فى موصل يتكون حوله مجال مغناطيسى على شكل حلقات مركزها الموصل تزيد كثافتها كلما أقتربنا من مركز الموصل ٠

١٠) الخطوط المغناطيسية حول الموصل الذى يمر به تيار كهربى يمكن تعيين إتجاهها بطريقتين (بقاعدتين) :

أ- قاعدة البريمة ٠ ب- قاعدة اليد اليمنى ٠

١١) إذا وضع موصل يحمل تيار كهرى فى مجال مغناطيسى فإن هذا المجال سيؤثر على الموصل بقوة تعمل على تحريكه – هذه القوة يمكن تعيين مقدارها من القانون :

$$F = B \times I \times L \times \sin \alpha$$

حيث (F) القوة بالنيوتن ٠

(B) كثافة الفيض المغناطيسي ٠

(I) شدة التيار بالأمبير ٠

(L) طول الموصل بالمتر ٠

(Sin α) جيب الزاوية بين الموصل وإتجاه المجال ٠

١٢) قاعدة اليد اليسرى لمعرفة إتجاه حركة الموصل الذى يحمل تيار كهربى موجود فى مجال مغناطيسى إذا كانت خطوط الفيض المغناطيسى تخترق راحة اليد اليسرى ، بينما تشير أطراف الأصابع إلى إتجاه التيار الكهربى فإن الإبهام الممتد يشير إلى إتجاه حركة الموصل ٠

١٣) التيار المتغير : هو تيار كهربى يتغير فى القيمة والإتجاه مع الزمن ولا يكرر نفسه ٠

١٤) التيار المتردد : هو تيار كهربى يتغير فى القيمة والإتجاه ولكن يكرر نفسه مع مرور الزمن ٠

١٥) **مميزات التيار المتغير (المتردد) :**

يمكن عن طريق المحولات الكهربية (وهى تعمل على التيار المتردد فقط) رفع الجهد الكهربى الناتج من محطات التوليد ثم نقله بهذا الجهد المرتفع إلى أماكن الإستهلاك مما يخفض من تكاليف خط نقل الطاقة الكهربية كما يخفض من الجهد المفقود وكذلك يرفع جودة خط النقل ثم بعد ذلك يخفض هذا الجهد إلى جهد المستهلكين بواسطة المحولات الكهربية أيضاً ٠ كما يمكن صنع مولدات تيار متغير كبيرة القدرة لا يمكن صنعها لمولدات التيار المستمر ٠

١٦) **قانون فاراداى :** " إذا حدث تغير فى عدد خطوط القوى المغناطيسية فى أى دائرة كهربية فإنه يتولد فيها قوة دافعة كهربية (ق ٠ د ٠ ك) بالتأثير يتناسب مقدارها طردياً مع معدل التغير فى عدد خطوط القوى المغناطيسية " ٠

١٧) **قاعدة فلمنج لليد اليمنى :** إذا فردنا أصابع اليد اليمنى بحيث يكون الإبهام متعامداً على أصابع اليد اليمنى فإذا كان الفيض يسقط على راحة اليد اليمنى وبحيث يشير الإبهام إلى إتجاه حركة الموصل فإن أصابع اليد اليمنى الأربع تشير إلى إتجاه التيار الناتج بالتأثير

١٨) **العوامل التى تؤثر على (ق ٠ د ٠ ك) :**

أ- سرعة حركة الموصل وتتناسب (ق ٠ د ٠ ك) معها طردياً ٠

ب- كثافة الفيض المغناطيسى وتتناسب (ق ٠ د ٠ ك) معها طردياً ٠

ج- الطول الفعال للموصل المغناطيسى وتتناسب (ق ٠ د ٠ ك) معه طردياً ٠

د- جيب الزاوية بين إتجاه حركة الموصل والمجال المغناطيسى ٠

١٩) التردد = Error!

٢٠) القدرة الكهربية = فرق الجهد × شدة التيار

٢١) وحدة القدرة الكهربية هى فولت × أمبير وتسمى وات ٠

٢٢) الوات : هو الشغل المبذول وقدره واحد جول لكل ثانية واحدة ٠

أى أن واحد وات = Error! = جول / ثانية

٢٣) الطاقة الكهربية = فرق الجهد × شدة التيار × الزمن ٠

٢٤) وحدة الطاقة الكهربية هى : فولت × أمبير × ثانية = وات ثانية أى = جول ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

أسئلة على الباب الثاني

١. وضح مع الرسم كيف يمكن تحديد إتجاه المجال المغناطيسى لموصل يمر به تيار كهربي بإستخدام قاعدة البريمة ٠

٢. أكتب الصيغة الرياضية لمقدار القوة الناشئة عن مرور تيار فى موصل موجود فى مجال مغناطيسى ٠

٣. إشرح تجربة توضح بها كيف تنشأ قوة على موصل حامل للتيار الكهربى موجود بين قطبين مغناطيسيين ؟

٤. وضح برسم تخطيطى مبسط تركيب المحرك الكهربى ؟

٥. إشرح كيف يعمل المحرك الكهربى ببساطة ؟

٦. عرف كل من التيار المتغير ، التيار المتردد ؟

٧. وضح لماذا يتم إنتاج القدرة الكهربية بتيار متغير فى محطات التوليد ولا تنتج بتيار مستمر ؟

٨. أذكر قانون فاراداى الذى بنى عليه نظرية المولد الكهربى ؟

٩. أذكر قاعدة فلمنج لليد اليمنى وفيما تستخدم ؟

١٠. أذكر العوامل التى تؤثر على (ق ٠ د ٠ ك) المستنتجة ؟

١١. ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (χ) أمام العبارة الخاطئة :

أ- يمكن توليد التيار الكهربى وذلك بتحريك موصل فى مجال مغناطيسى ٠

ب- جهاز الجلفا نومتر هو جهاز يستدل به على شدة المجال المغناطيسى ٠

ج- يمكن تحديد إتجاه (ق ٠ د ٠ ك) فى موصل يتحرك فى مجال مغناطيسى بإستخدام قاعدة فلمنج لليد اليمنى ٠

د- عند دوران لفة من السلك بسرعة منتظمة بين قطبين مغناطيسيين فإنه يتولد (ق ٠ د ٠ ك) تكون على شكل موجه جيبية ٠

١٢. إرسم شكل موجة (ق ٠ د ٠ ك) المستنتجة فى موصل يدور بسرعة منتظمة بين قطبين مغناطيسيين ٠

١٣. محرك تيار متغير سرعته ٧٥٠ لفة / الدقيقة يعمل على تيار تردده (٥٠ ذ/ ثانية) – إحسب عدد أقطاب هذا المحرك ٠

١٤. مولد تيار متغير يدور بسرعة ١٥٠٠ لفة / دقيقة يحتوى على أربعة أقطاب – إحسب تردد تيارهذا المولد ؟

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

١٥. إذا كان عدد أقطاب محرك كهربى هو قطبان ويعمل المحرك على تيار متغير – تردده (٥٠ ذ / ثانية) – فما هى سرعة المحرك ؟

١٦. أكمـل :

القدرة الكهربية = ت × ٠٠٠٠٠٠٠

١٧. سخان كهربى يعمل على تيار جهده ٢٢٠ فـولت فإذا كانت شدة التيار المار بالسخان خمسه أمبير – إحسب قدرة السخان ٠

١٨. مصباح كهربى قدرته ٥٠٠ وات يعمل على جهد ٢٠٠ فـولت إحسب :

أ- شدة التيار المار بالمصباح ٠

ب- مقاومة المصباح ٠

١٩. إحسب قيمة فاتورة الكهرباء فى الشهر لشقة مكونة من ١٠ مصابيح ، أربعة منها قدرة كل منهما ٦٠ وات ، الباقى قدرة كل منها ١٠٠ وات والمصابيح تعمل بمعدل ٦ ساعات يومياً علماً بأن ثمن الكيلوات / ساعة يساوى عشرة قروش – إعتبر عدد أيام الشهر ثلاثين يوماً ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الباب الثالث

المحول الكهربي

٣- ١ : نظرية المحول – تركيب المحول في أبسط صورة – العوامل التي تتوقف عليها (ق٠د٠ك) المستنتجه في المحول ٠

٣- ٢ : مفاقيد المحول في حالة اللاحمل – مفاقيد المحول عند التحميل – جودة المحول – مايجب مراعاته عند تصنيع المحول ٠

المحـول الكهربـى

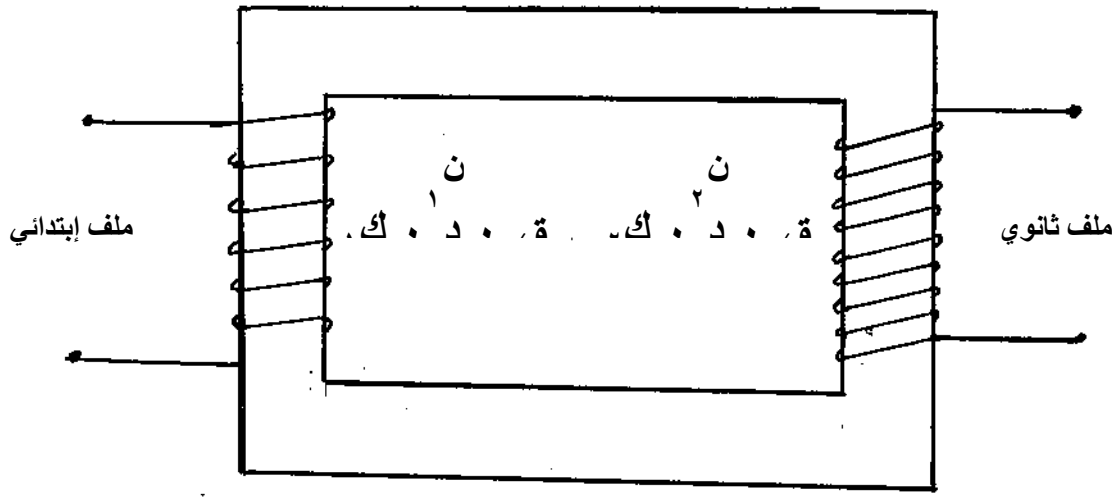
المحول الكهربى هو جهاز يستخدم فى التيار المتغير فقط ويعمل على رفع أو خفض الجهد الكهربى (مع عدم تغيير التردد) ويمتاز المحول الكهربى بجودته العالية لعدم وجود أجزاء متحركة به وفى المحول المثالى تكون القدرة ثابتة ٠

الغرض من المحول :

نظراً لتوليد القدرة الكهربية فى أماكن بعيدة عن المستهلكين لذلك تستخدم المحولات لنقل القدرة الكهربية بضغوط مرتفعة إلى أماكن إستهلاكها ثم تخفض إلى ضغط المستهلكين بإستخدام محولات خفض ٠

٣- ١ : نظرية المحول

بنيت نظرية المحول على الإستنتاج النفسى والمتبادل ، فعند توصيل الملف الإبتدائى بمنبع تيار متغير يمر به تيار ينشأ عنه مجال مغناطيسى متغير فيقطع ملفات الإبتدائى فتتولد بها بالإستنتاج الذاتى قوة دافعة كهربية (ق ٠ د ٠ ك$_{١}$) وتتوقف على عدد لفات الملف الإبتدائى ($ن_{١}$) ٠ ويقطع ملفات الملف الثانوى فيتولد بها بالإستنتاج المتبادل قوة دافعة كهربية (ق ٠ د ٠ ك$_{٢}$) وتتوقف قيمتها على عدد لفات الملف الثانوى ($ن_{٢}$) كما في شكل (٣- ١) ٠



شكل (٣ – ١) نظرية المحول الكهربى

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ولمنع التسرب المغناطيسى وتجميعه تلف الملفات على قلب حديدى فى حالة الترددات المنخفضة أما فى حالة الترددات العالية فإن المفاقيد الحديدية تزيد بدرجة كبيرة ولذلك تفضل أن تصنع قلوب المحولات فى هذه الحالة من مواد غير مغناطيسية ٠

ولا يعمل المحول على التيار المستمر لأنه ينشأ عنه مجال مغناطيسى ثابت ، وحيث أن ملفات المحول ساكنة فلا يحدث قطع لخطوط المجال المغناطيسى وبذلك لا يستنتج (ق٠ د ٠ ك) بالإستنتاج النفسى أو المتبادل إلا فى لحظتى القفل والفتح للدائرة ، وحيث أن المقاومة المادية للملفات صغيرة لذلك يمر بها تيار كبير جداً يسبب تلفها ٠

٣- ١- ١ : تركيب المحول

يتركب المحول من : القلب الحديدى – الملف الإبتدائى – الملف الثانوى ٠

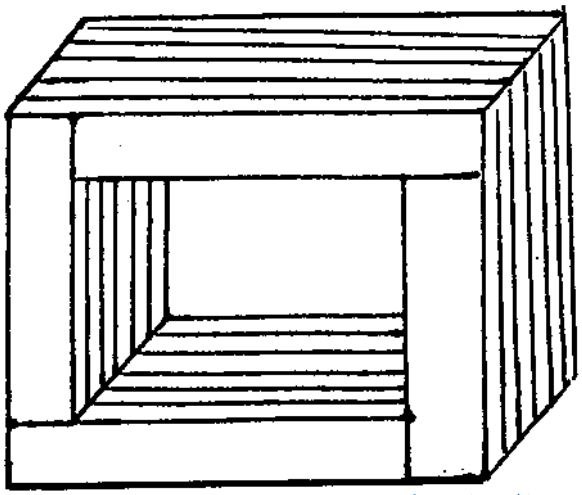
أولاً : القلب الحديدى (القلب المغناطيسى)

فائدته :

حمل وتكثيف المجال المغناطيسى فى دوائر مغناطيسية وحمل الملفات ٠

ويتكون القلب المغناطيسى فى كل أنواع المحولات من رقائق الصلب السيلكونى مجمعة لتمدنا بممر مغناطيسى يحوى أقل ثغرة هوائية ويعامل الصلب المحتوى على نسبة من السيلكون إما بالسحب على البارد للحصول على الرقائق الحديدية ٠ أو بالمعاملة الحرارية ليكون ذو معامل نفاذ مغناطيسى وأقل مفاقيد للتخلف المغناطيسى عند كثافة فيض مغناطيسى عالية ولجعل مفاقيد التيارات الإعصارية (الدوامية) أقل ما يمكن تعزل رقائق القلب عن بعضها بطبقة عازلة مثل الورق أو الورنيش أو أكسيد الحديد على سطحها وسمك الرقائق تكون من ٠.٣٥ مم إلى ٠.٥ مم ٠

ويتم تجميع هذه الرقائق لتكوين القلب المغناطيسى لتأخذ الشكل التصميمى للقلب ويوضح شكل (٣ – ٢) مثال لكيفية ترتيب هذه الرقائق على شكل برواز (core)



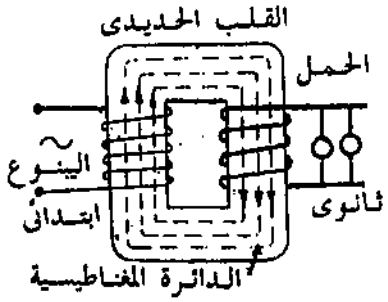
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

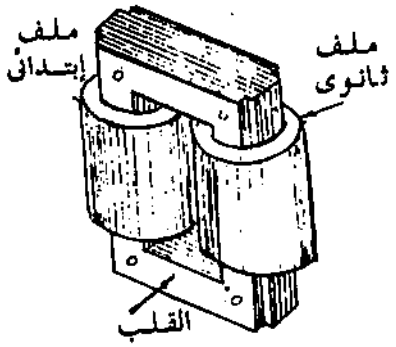
شكل (٣ – ٢) يوضح طريقة ترتيب الرقائق

وللحد من تأثير الثغرات الهوائية يراعى تجميع الرقائق فى القلب بحيث تتداخل فيما بينها ٠ وتتركب المحولات عامة من نوعين يتميزان عن بعضهما بطريقة وضع ملفات الإبتدائى والثانوى حول رقائق القلب الحديدى ٠

١. **المحول ذو القلب الداخلى :**

والفيض المغناطيسى فى هذه الحالة يمر فى دائرة واحدة فقط كما هو مبين بشكل (٣ – ٣) ٠



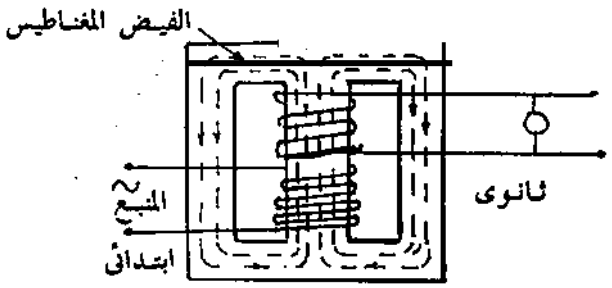


شكل (٣ – ٣) يوضح النوع ذو القلب الداخلي للمحول

٢. **المحول ذو القلب الخارجى :**

حيث يمر الفيض المغناطيسى به فى دائرتين مغناطيسيتين كما هو مبين بشكل (٣ – ٤) ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



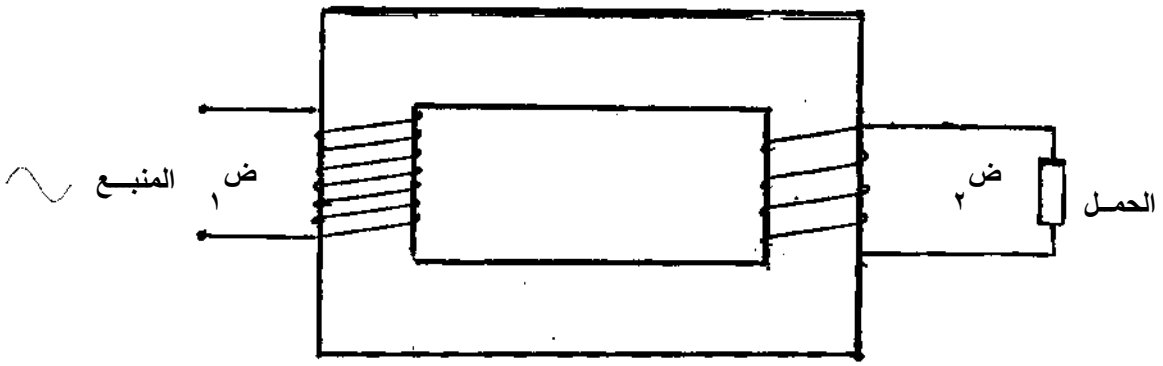
شكل (٣ – ٤) يوضح النوع ذو القلب الخارجى للمحول

ثانياً : الملف الإبتدائى

وهو الملف الذى يتصل بالمنبع ويصنع من سلك النحاس الأحمر ، جميع لفاته معزولة عن بعضها وعن القلب الحديدى وعن الملف الثانوى عزلاً كهربياً ٠ وتختلف درجة العزل ومساحة المقطع بإختلاف قيمة الضغط والتيار المار به ٠

ثالثاً : الملف الثانوى

وهو مثل الملف الإبتدائى غير أنه يوصل بالحمل وتختلف عدد لفاته ومساحة مقطعه ونوع العزل حسب الضغط على طرفيه وشدة التيار المار به وشكل (٣ – ٥) يوضح توصيل الملف الإبتدائى بالمنبع وتوصيل الملف الثانوى للحمل ٠



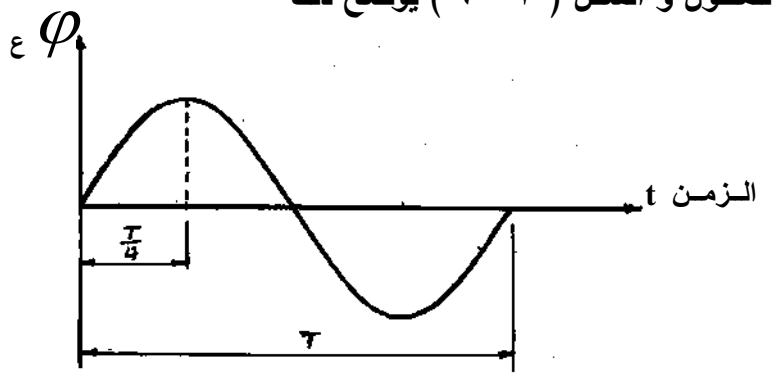
شكل (٣ – ٥)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

٣- ١- ٢ : العوامل التى تتوقف عليها (ق ٠ د ٠ ك) المستنتجة فى المحول

أ- القوة الدافعة الكهربية فى المحول :

نتيجة لمرور التيار المتردد فى الملف الإبتدائى للمحول فإنه ينشأ عنه مجال مغناطيسى له نفس التردد (ت) وحيث أن المجال الناشىء عن الموجة الجيبية يتغير فى الدورة الواحدة أربع مرات (من صفر إلى نهاية عظمى ، من نهاية عظمى إلى صفر ، من الصفر إلى نهاية عظمى سالبة ، من نهاية عظمى سالبة إلى الصفر أى يكون مقدار التغير فى المجال المغناطيسى فى موجة) دورة واحدة هو : ٤ φ ع خط (حيث φ هى النهاية العظمى للفيض المغناطيسى والذى يقطع لفة واحدة من لفات الملف الإبتدائى أو الملف الثانوى للمحول و الشكل (٣ – ٦) يوضح ذلك



شكل (٣ – ٦) التغير فى المجال المغناطيسى

فتكون عدد الخطوط التى تقطع هذه اللفة خلال عدد الدورات فى الثانية الواحدة (التردد " ت ") هو ٤ φ ع ت وتبعاً لقانون فاراداي للإستنتاج الكهربي فإنه يستنتج في هذه اللفة قوة دافعة كهربية قيمتها المتوسطة (ق ٠ د ٠ ك م) مقدارها

ق ٠ د ٠ ك م / لفة = ٤ φ ع × ت خط / ثانية

ولإستنتاج واحد فـولت فى هذه اللفة يجب أن يقطعها ١٠ $^{-٨}$ خط / ثانية

∴ ق ٠ د ٠ ك م / لفة = ٤ φ ع × ت × ١٠ $^{-٨}$ فولت

∵

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

معامل الشكل للموجة الجيبية = ١.١١ وأن (ق ٠ د ٠ ك) تقاس بالقيمة الفعالة فتكون (ق ٠ د ٠ ك) لكل لفة

∴ ق ٠ د ٠ ك م / لفة = ٤.٤٤ φ ع × ت × ١٠ $^{-٨}$ فولت

وحيث أن المجال المغناطيسى يقطع ملفات الملف الإبتدائى التى عددها (ن ١) لفة فيستنتج بها ق ٠ د ٠ ك بالإستنتاج الذاتى وتعاكس جهد المنبع وقدرها :

ق ٠ د ٠ ك ١ = ٤.٤٤ φ ع × ت × ن ١ × ١٠ $^{-٨}$ فـولت ٠٠٠٠٠٠ (١)

هذا وفى نفس الوقت يقطع ملفات الملف الثانوى فيستنتج بها بالإستنتاج المتبادل قوة دافعة كهربية تتوقف قيمتها على عدد لفات الملف الثانوى (ن ٢) وتكون فى إتجاه (ق ٠ د ٠ ك ١) ٠

ق ٠ د ٠ ك ٢ = ٤.٤٤ × φ ع × ت × ن ٢ × ١٠ $^{-٨}$ فـولت ٠٠٠٠٠٠٠ (٢)

من الشرح السابق نجد أن (ق ٠ د ٠ ك) المستنتجة فى كل من الملف الإبتدائى والملف الثانوى للمحول تتوقف على العوامل الآتية :

١. التردد (ت) حيث تزيد قيمة (ق ٠ د ٠ ك) بزيادة التردد أى أن :

ق ٠ د ٠ ك ∝ ت

٢. المجال المغناطيسى (φ ع) حيث تزيد قيمة (ق ٠ د ٠ ك) بزيادة المجال أى أن :

ق ٠ د ٠ ك ∝ φ ع

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

عدد لفات الملف " ن " حيث تزيد ق ٠ د ٠ ك بزيادة عدد لفات الملف وتقل كلما قلت عدد لفات الملف أى أن : ق ٠ د ٠ ك ∝ ن

وبذلك تكون نسبة التحويل للمحول (K) = !Error = !Error

وذلك بقسمة المعادلة (١) على المعادلة (٢) وبإهمال المفقود فى الضغط

!Error = !Error = !Error

حيث ض١ ، ض٢ هما جهد الإبتدائى وجهد الثانوى على الترتيب وحيث أن المحول المثالى جودته ١٠٠ ٪ أى أن القدرة فى الملف الإبتدائى (ق١) تساوى القدرة الخارجة من الملف الثانوى (ق٢)

ق١ = ق ٢ = ش١ × ض١ = ش ٢ × ض٢

∴ !Error = !Error

وتكون نسبة التحويل للمحول هى :

!Error = !Error = !Error

أنواع المحولات :

يمكن تقسيم محولات القدرة إلى :

أ- محولات وجه واحد :

تصمم هذه المحولات بقدرات مختلفة لتلائم العمل فى نظم التوزيع بالجهد المنخفض ، كما تستخدم أحياناً فى نظم التوزيع بجهد عال وتبين الأشكال من (٣ – ٧) ، (٣ – ٨) ، (٣ – ٩) ، (٣ – ١٠) ، (٣ – ١١) بعض المحولات آحادية الأوجه الشائعة الإستعمال ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

٣- ٢ : مفاقيد المحول عند اللاحمل

تشغيل المحول عند اللاحمل (بدون حمل)

عند توصيل أطراف الملف الإبتدائى للمحول المنبع وترك دائرة الثانوى مفتوحة (بدون توصيلها للحمل) فإنه يمر تيار بالملف الإبتدائى ويسمى هذا التيار بتيار عدم الحمل (ش صفر) ولا يزيد هذا التيار عن ٥٪ من تيار الحمل الكامل ٠

وينشأ من هذا التيار المفاقيد الحديدية للمحول وهى مفاقيد ثابتة للمحول ولا تتغير بتغير الحمل وتنقسم المفاقيد الحديدية إلى ثلاثة أقسام :

أ- **مفاقيد التخلف المغناطيسى**

وهى المفاقيد الناتجة عن ترتيب جزيئات المعدن بإنتظام وإعادة وضعها كلما تغير المجال المغناطيسى فى الإتجاه وبنفس سرعة تغيره ٠

وتتوقف على نوع مادة القلب المغناطيسى (وقد وجد أنه بإضافة السليكون بنسبة ٤٪ تحسن خواصه المغناطيسية) وتتوقف مفاقيد التخلف المغناطيسى أيضاً على التردد حيث تزيد كلما زاد التردد ولذلك فإنه لا تصنع قلوب المحولات من مواد مغناطيسية فى الترددات العالية حيث تكون مفاقيد التخلف المغناطيسى كبيرة جداً مما يسبب سخونة القلب الحديدى وتسبب تلف العزل وحرق الملفات ٠

ب- **مفاقيد التيارات الإعصارية (الدوامية)**

وهى التيارات المستنتجة فى القلب الحديدى نتيجة وجوده فى مجال مغناطيسى متغير ٠ وتتناسب مع حجم القلب الحديدى ، وكلما قل سمك رقائق القلب الحديدى كلما قلت المفاقيد الناشئة عن التيارات الإعصارية ولذلك تصنع قلوب الآلآت الكهربية من رقائق معزولة من الصلب الكربوني – كما أن مفاقيد التيارات الإعصارية تتناسب طردياً مع التردد ، فكلما زاد التردد زادت مفاقيد التيارات الإعصارية ٠ ولذلك لا تستخدم المحولات ذات القلب الحديدى فى الإستخدامات ذات الترددات العالية ٠

جـ - **مفاقيد التشبع والتسرب المغناطيسى**

هى المفاقيد الناشئة عن تشبع القلب المغناطيسى (الحديدى) بالمجال المغناطيسى كما أن تسرب خطوط المجال المغناطيسى فى الهواء ينتج عنها قدرة عاطلة ٠ ويمكن إهمال المفاقيد النحاسية الناتجة من مرور تيار اللاحمل فى الملف الإبتدائى للمحول وذلك للآتى :

١. تيار اللاحمل صغير ولا يزيد عن ٥٪ من تيار الحمل الكامل ٠
٢. عدم مرور أى تيار فى الملف الثانوى لأن دائرته مفتوحة ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

٣- ٢- ١ : مفاقيد المحول عند التحميل

لما كان تيار اللاحمل ثابتاً سواء عند الحمل أو عند أى نسبة تحميل أو عند اللاحمل لذلك فإن المفاقيد الحديدية تكون ثابتة عند اللاحمل وعند الحمل ٠

وعند تحميل (توصيل الملف الثانوى بحمل) المحول يمر تيار فى الملف الثانوى مما يسبب زيادة التيار فى الملف الإبتدائى ونتيجة مرور التيار في كل من الملف الإبتدائي والملف الثانوى (نتيجة التحميل) تنشأ مفاقيد نحاسية فى كل من الملفين الإبتدائى والثانوى وكلما زاد الحمل زاد التيار فى كل من الملفين وتزداد المفاقيد النحاسية ٠

المفاقيد النحاسية :

وتنشأ من مرور التيار فى كل من الملف الإبتدائى والملف الثانوى وتساوى

$$ش_{١}^{٢} \times م_{١} + ش_{٢}^{٢} \times م_{٢}$$

حيث ش١ ، ش٢ هما تيار الإبتدائى والثانوى على الترتيب ، م١ ، م٢ هما مقاومة الإبتدائى والثانوى على الترتيب ٠

٣- ٢- ٢: جودةالمحول

الجودة : هى النسبة بين الخرج والدخل ٠

الجودة ٪ = Error! × ١٠٠

الدخل = الخرج + المفاقيد الحديدية + المفاقيد النحاسية

الجودة ٪ = Error! × ١٠٠

ولما كانت المفاقيد النحاسية تتغير بتغير الحمل لذلك فإن جودة المحول تتوقف على تحميل المحول هل هو محمل بالحمل الكامل أم بنسبة من الحمل الكامل ٠

الجودة اليومية للمحول ٪ = خرج المحول خلال ٢٤ ساعة بالكيلو وات ساعة / خرج المحول خلال ٢٤ ساعة + المفاقيد في ٢٤ ساعة × ١٠٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

٣- ٢- ٣ : ما يجب مراعاته عند تصنيع المحول

١. يجب معرفة قدرة المحول بالكيلو فـولت أمبير ٠

٢. يجب حساب عدد لفات كل من الملف الإبتدائى والملف الثانوى وذلك بحساب الـفـولت فى اللفة الواحدة وأن تزيد عدد اللفات فى كل من الملف الإبتدائى والثانوى بما يعادل المفقود فى الضغط فى كل منهما عند التحميل ٠

٣. تقدير مقطع القلب الحديدى بالنسبة للقدرة المطلوبة بحيث يكون الحديد المستعمل أقل ما يمكن حتى نضمن خفض التكاليف إلى الحد الضرورى ، وجعل مفاقيد الحديد فى الحدود المعقولة ٠

٤. يجب أن يوضع فى الإعتبار الورنيش أو الورق العازل بين صفائح القلب الحديدى ، فإذا أعتبرنا أن الورنيش أو الورق العازل بين الصفائح سيكون بمقدار ١٠٪ من مجموع المساحة ، فإن المساحة الكلية للحديد تكون المساحة المحسوبة من القوانين × Error!

٥. بما أن المحول لا يحتوى على أجزاء متحركة ، قد تؤدى حركتها إلى تبريد الملفات الداخلية فإنه يجب إختيار مقطع الأسلاك النحاسية للملفات بما يتناسب مع طريقة التبريد المتبعة وبالنسبة للتبريد يمكن تقسيم المحولات إلى الأقسام الآتية :

أ- تبريد بالهواء الطبيعى ٠

ب- مغمور بالزيت ، بتبريد طبيعى ٠

ج- مغمور بالزيت ، مبرد بالماء ٠

د- مغمور بالزيت مع تقليب الزيت بطلمبة ٠

هـ- تبريد بتيار هوائى ٠

ويمكن جعل كثافة التيار فى الملفات من ١.٢ إلى ٢ أمبير / مم^{٢} بالنسبة للمحولات التى تبرد تبريداً طبيعياً وهى المحولات الصغيرة ومن ١.٦ إلى ٣ أمبير / مم^{٢} بالنسبة للمحولات المغمورة بالزيت بتبريد طبيعى ٠

وتصل الكثافة إلى ٤ أمبير / مم^{٢} للمحولات الكبيرة المغمورة بالزيت مع وجود طلمبة لتحريك الزيت وتبريده ٠

٦. عند عمل حسابات المحول الكهربى يلزم أن نحدد مقدار القدرة فى كل عضو من أعضائه لكى نتمكن من حساب مجموع الأعضاء فإذا رمزنا للقدرة الكلية للمحول بالحرف (P) ورمزنا

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

للقدرة على كل عضو بالحرف (P_L) فإننا نجد فى حالة المحول وجه واحد من نوع القلب الداخلى (shelltype) المبين بالشكل (٣ – ٣) نجد أن $P_L = P$

وفى حالة المحول وجه واحد من نوع القلب الخارجى (core type) المبين بالشكل (٤ – ٣) تكون $P_L = !Error\ P$

٧. وبما إن الملفات الإبتدائية والثانوية للمحول ستكون مستديرة فإنه من الأصلح أن يكون قطاع القلب الحديدى مدرجاً لتقليل الفراغ بين الملف وبين الحديد ، وبمعنى آخر لتقليل قطر الملف وتقليل قطر الملف معناه تصغير الحجم وتخفيض وزن النحاس المستعمل فى الملفات .

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

تذكـر (البـاب الثـالث)

١) **المحول الكهربى:** هو جهاز جميع أجزائه ساكنة يستخدم (فى التيار المتغير فقط) لرفع الجهد الكهربى أو خفضه وفى الحالة الأولى يسمى محول رفع وفى الثانية يسمى محول خفض ٠

٢) **نظرية المحول الكهربى :** عند توصيل الملف الإبتدائى بمنبع تيار متردد يمر به تيار كهربى ينشأ عنه مجال مغناطيسى صغير فيقطع كلاً من ملفات الإبتدائى والثانوى مولداً بها (ق ٠ د ٠ ك) تتوقف على عدد لفات كل من الملفين ٠

٣) **تركيب المحول الكهربى ووظيفة كل جزء :**

أ- القلب الحديدى فائدته حمل وتكثيف المجال المغناطيسى فى دوائر مغناطيسية وحمل الملفات ٠

ب- الملف الإبتدائى ويوصل بالجهد الكهربى المراد رفعه أو خفضه ٠

ج- الملف الثانوى ويوصل بالحمل ٠

٤) **أنواع القلب الحديدى للمحول :**

أ- المحول ذو القلب الداخلى ٠

ب- المحول ذو القلب الخارجى ٠

٥) " ق ٠ د ٠ ك " للملف الإبتدائى = ٤.٤٤ × φ ع × ت × $ن_{١}$ × ١٠ $^{-٨}$ فولت ٠

" ق ٠ د ٠ ك " الملف الثانوى = ٤.٤٤ × φ ع × ت × $ن_{٢}$ × ١٠ $^{-٨}$ فولت ٠

حيث φ ع ، ت ، $ن_{١}$ ، $ن_{٢}$ هى القيم العظمى للفيض المغناطيسى وتردد التيار وعدد لفات الملف الإبتدائى وعدد لفات الملف الثانوى ٠

٦) نسبة التحويل للمحول (K) = !Error = !Error = !Error

حيث ض١ ، ض٢ هما جهد الإبتدائى والثانوى على الترتيب ٠

٧) **المفاقيد النحاسية فى المحول :** وهى المفاقيد التى تنتج من مرور تيار كهربى فى كل من الملف الإبتدائى والملف الثانوى وتتوقف على الحمل ٠

٨) المفاقيد الحديدية فى المحول الكهربى :

وتنقسم إلى مفاقيد التخلف المغناطيسى ومفاقيد التيار الإعصارية ومفاقيد التشبع والتسرب المغناطيسى وهى مفاقيد ثابتة فى المحول ولا تتوقف على الحمل ٠

٩) جودة المحول % = Error! × ١٠٠

Error! = × ١٠٠

١٠) جودة المحول تتغير بتغير الحمل لأن المفاقيد النحاسية تتغير مع تغيرالحمل٠

١١) الجودة اليومية للمحول % = خرج المحول خلال ٢٤ ساعة بالكيلو وات ساعة × ١٠٠

خرج المحول خلال ٢٤ ساعة + المفاقيد في ٢٤ ساعة

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

أسئـلـه على الباب الثالث

١. أكمل مكان النقط بكلمات مناسبة :

أ- يصنع القلب الحديدى للمحول الكهربى الذى يعمل على ترددات منخفضة من ٠٠٠٠٠٠

ب- يصنع القلب الحديدى للمحول من شرائح معزولة لتقليل ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠

ج- الملف الإبتدائى ٠٠٠٠٠ عن الملف الثانوى من حيث مساحة المقطع وعدد اللفات ٠

د- فى المحول ذو القلب الداخلى يمر الفيض المغناطيسى فى دائرة ٠٠٠٠٠٠ بينما يمر الفيض المغناطيسى فى ٠٠٠٠٠٠٠ في المحول ذو القلب الخارجى ٠

هـ- !Error = !Error = !Error

٢. وضح بالرسم فقط المحول الكهربى ذو القلب الخارجى ٠

٣. وضح بالرسم فقط المحول الكهربى ذو القلب الداخلى وما هو الفرق بينه وبين النوع ذو القلب الخارجى من حيث مسار الفيض المغناطيسى ؟

٤. ما العوامل التى تتوقف عليها القوة الدافعة الكهربية المستنتجة فى المحول الكهربى ؟

٥. عرف كلاً من مفاقيد التخلف المغناطيسى ومفاقيد التيارات الإعصارية التى تحدث فى القلب الحديدى للمحول الكهربى ٠

٦. تتوقف مفاقيد التيارات الإعصارية ومفاقيد التخلف المغناطيسى على عوامل معينة – أذكر هذه العوامل ؟

٧. ما هى المفاقيد النحاسية فى المحول الكهربى وكيف تنشأ ؟

٨. أذكر المعادلة الرياضية لجودة المحول ؟

٩. ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (χ) أمام العبارة الخاطئة :

فى المحول الكهربى :

أ- لا تتغير المفاقيد النحاسية بتغير الحمل ٠

ب- تنقسم المفاقيد الحديدية إلى مفاقيد التيارات الإعصارية ومفاقيد التخلف المغناطيسى ومفاقيد التشبع والتسرب المغناطيسى ٠

ج- يصنع القلب الحديدى للمحول من شرائح من الصلب السيلكونى غير المعزولة ٠

د- لا تتغير المفاقيد الحديدية بتغير الحمل ٠

هـ- تقل مفاقيد التيارات الإعصارية فى القلب الحديدى كلما زاد التردد ٠

و- تزيد مفاقيد التخلف المغناطيس كلما زاد التردد ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الباب الرابع

أجهزة القياس الكهربية

٤ – ١ : قياسات المقاومة (أوميتر – أوميتر التوالي – أوميتر التوازي – الفرق بين أوميتر التوالي والتوازي) – قياسات شدة التيار بواسطة الأمبيرومتر – قياسات جهد التيار بواسطة الفولتميتر – الآفوميتر لقياس شدة التيار وجهد التيار والمقاومة .

٤ – ٢ : مجزء التيار – مضاعفات الجهد – أمثلة حسابية بسيطة .

٤ – ٣ : فكرة مبسطة عن أجهزة القياس الألكترونية – مميزات وعيوب أجهزة القياس الألكترونية .

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

أجهزة القياس الكهربية

٤ – ١ قياس المقاومة:

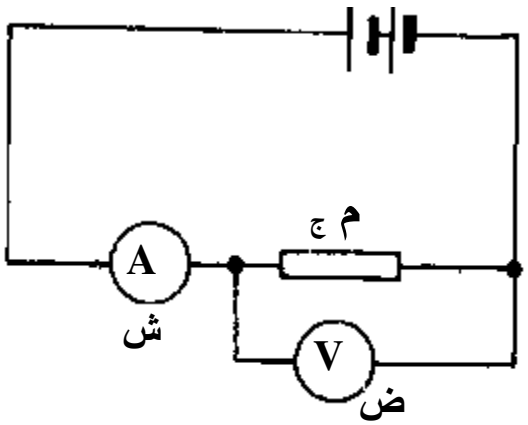
مقدمة : توجد طرق متنوعة لقياس المقاومات ، وتستخدم كل طريقة لقياس مدى معين من المقاومات ، وكذلك تبعاً لدرجة الدقة المطلوبة ، ومن هذه الطرق طريقة الفولتمتر والأميتر ٠

طريقة الفولتميتر والأميتر لقياس المقاومة :

فى هذه الطريقه يقاس الضغط على طرفى المقاومة المجهولة بإستخدام فولتميتر ويقاس التيار المار بدائرة المقاومة بأميترفي نفس الوقت ، وتحسب قيمة المقاومة عن طريق قانون أوم وهناك طريقتان لتحقيق ذلك :

أ – **طريقة القياس الصحيح للضغط :**

الشكل (٤ – ١) يبين طريقة القياس الصحيح للضغط ، حيث أن الضغط على طرفى المقاومة المجهولة يقاس بالطريقة الصحيحة بينما التيار المقاس فى هذه الحالة يكون أكبر من التيار المار فى المقاومة م ج لأنه عبارة عن التيار المار خلال المقاومة الداخلية للفولتميتر بالإضافة للتيار المار خلال المقاومة المجهولة ٠ وتكون قيمة الخطأ فى قياس التيار صغيرة كلما كانت قيمة المقاومة الداخلية للفولتمتر كبيرة بالمقارنة مع المقاومة المجهولة ، ولهذا فإن هذه الطريقة تناسب قياس المقاومات المنخفضة القيمة ٠

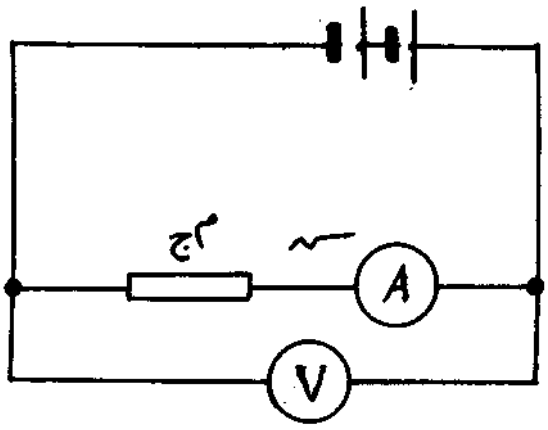


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٤ – ١) دائرة القياس الصحيح للضغط الصحيح

ب- طريقة القياس الصحيح للتيار :

شكل (٤ – ٢) يوضح هذه الطريقة حيث أن التيار المار خلال م ج يقاس بالطريقة الصحيحة ، بينما الضغط المقاس يكون أكبر من الضغط على طرفى م ج لأنه يشمل الضغط على طرفي م ج بالإضافة للضغط المفقود على طرفى المقاومة الداخلية للأميتر ، وتكون قيمة الخطأ فى قياس الضغط صغيرة كلما كانت قيمة م ج كبيرة بالمقارنة مع المقاومة الداخلية للأميتر ٠ ولهذا فإن هذه الطريقة تناسب قياس المقاومات العالية القيمة ٠



شكل (٤ – ٢) دائرة القياس الصحيح للتيار

جهاز الأوميتر :

لا يختلف تكوين هذا الجهاز عن أجهزة القياس بمغناطيس دائم وملف متحرك فيما عدا أنه بدون زنبرك تحكم شكل (٤ – ٣) يبين كيفية عمل وتركيب أحد أجهزة الأوممترات ذى الملفين وهو أحد أجهزة القياس النسبية ، إذ يتكون من ملفين متعامدين (أو بينهما زاوية معينة) مثبتين على عمود دوران مشترك – ويتحرك الملفان داخل الثغرة الهوائية وتوصل نهايات الملفات بأسلاك توصيل ذات مقاومة ضئيلة جداً ، حتى لا تتأثر القراءة بوجودها –

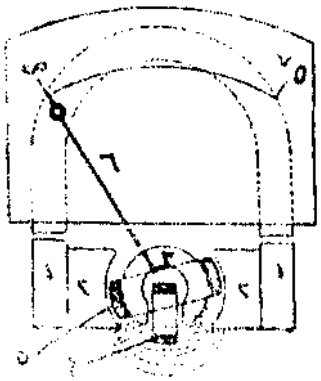
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ويوصل أحد الملفين ، بحيث يمر به التيار المار بالمقاومة المراد قياسها أو تيار متناسب معه ، بينما يوصل الملف الآخر بالجهد المسلط عبر المقاومة المراد قياسها

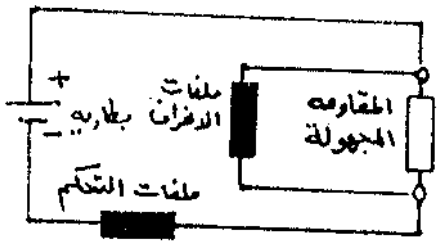
(بطارية) وعند مرور التيار الكهربى فى أى من الملفين فإنه ينشأ فيه مجال مغناطيسى ، ويحدث بين هذا المجال ومجال المغناطيس الدائم تأثير متبادل يؤدى إلى إنتاج عزم دوران ويتم تحديد إتجاه التيار المار فى كل ملف بحيث يكون عزمى الدوران الناتجين متضادين فى الإتجاه ، ويسمى أحد الملفين بملف التحكم بينما يطلق على الملف الآخر إسم ملف الإنحراف ، فإذا مر التيار فى ملف التحكم فقط فإن المجموعة المتحركة تأخذ وضعاً بحيث يقع المؤشر على أحد جانبى المقياس معبراً عن القيمة ∞ أوم ، وإذا مر بملف الإنحراف تيار القياس – أدى ذلك إلى إنحراف المجموعة المتحركة عن الوضع السابق ويقوم ملف التحكم فى هذه الحالة بعمل عزم التحكم اللازم إذ يزيد عزمه المضاد بزيادة زاوية الإنحراف حتى تحدث حالة الإتزان ٠

وتكون زاوية الإنحراف الناتجة عن محصلة العزمين متناسبة مع النسبة بين الجهد والتيار المار بالمقاومة أى متناسبة مع الجهد / التيار وبالتالى متناسبة مع قيمة المقاومة المجهولة ولقياس قيم المقاومات التى تتراوح بين صفر – ٥٠٠٠ أوم توصل ملفات التحكم وملفات الإنحراف بالمقاومة المجهولة كما هو مبين بشكل (٤ – ٤) ٠

١- مغناطيس دائم ٠
٢- حذاء قطب ٠
٣- اسطوانة من الحديد المطاوع ٠
٤-
٥- ملفات الإنحراف ٠
٦- مؤشر الجهاز ٠



شكل (٤ – ٣) جهاز الأوميتر

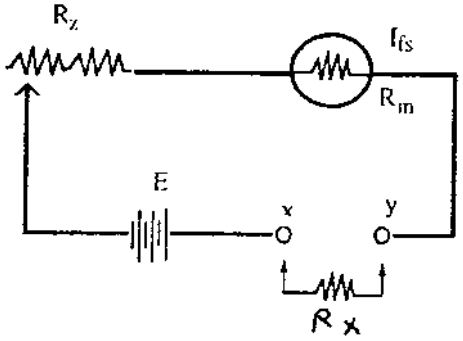


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٤ – ٤) طريقة توصيل جهاز الأوميتر

أوميتر التوالى :

شكل (٤ – ٥) يوضح الدائرة الكهربية لأوميتر الملف الواحد نوع التوالى :



شكل (٤ – ٥) الدائرة الكهربية لأوميتر ذو ملف واحد نوع التوالى

حيث : I_{fs} هو تيار كل المدى Full - Scal ٠

R_m المقاومة الداخلية للجهاز ٠

R_Z هى المقاومة التى تحدد التيار ٠

E مصدر التغذية Voltage Source ٠

فى أوميتر التوالى توضع المقاومة المراد قياسها بين النقطتين x و y

<u>طريقة إستعمال جهاز الأوميتر :</u>

أولاً : نقوم بعملية تصفير الجهاز وذلك بوضع سلك مقاومته صفر (دائرة قصر) بين النقطتين " x و y " ، حيث يسرى فى الدائرة الكهربية تيار مقداره I_{fs} أو ما يدعى تيار كل المدى ، وبعد القيام بعملية تصفير الجهاز توضع المقاومة المراد قياسها بين النقطتين " x و y " ومن ثم نقرأ قيمتها ٠ وفى حالة تصغير الجهاز تكون قيمة تيار كل المدى I_{fs}

I_{fs} = !Error ٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠٠ (1)

ومن أجل حساب قيمة المقاومة المجهولة R_x

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

نضع المقاومة R_x بين النقطتين x و y في الشكل (٤ – ٣) وبهذا فإن قيمة التيار المار بالدائرة يصبح :

I = !Error ..... (2)

نلاحظ من المعادلة (١) ، (٢) أن التيار I أقل من تيار كل المدى I_{fs} وذلك بسبب إضافة المقاومة R_x إلى الدائرة الكهربية إن نسبة التيار I إلى تيار كل المدى I_{sf}

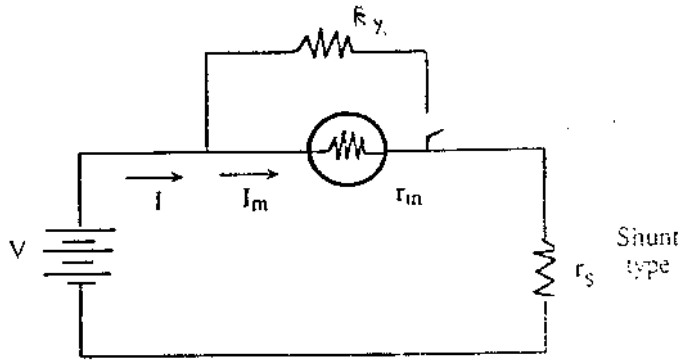
!Error = !Error

= !Error

ونستخدم هذه المعادلة من أجل تدريج جهاز الأوميتر

أوميتر التوازى :

فى هذا النوع فإن المقاومة المجهولة (R_x) توصل على التوازى مع الجهاز كما فى شكل (٤ – ٦) .



شكل (٤ – ٦)

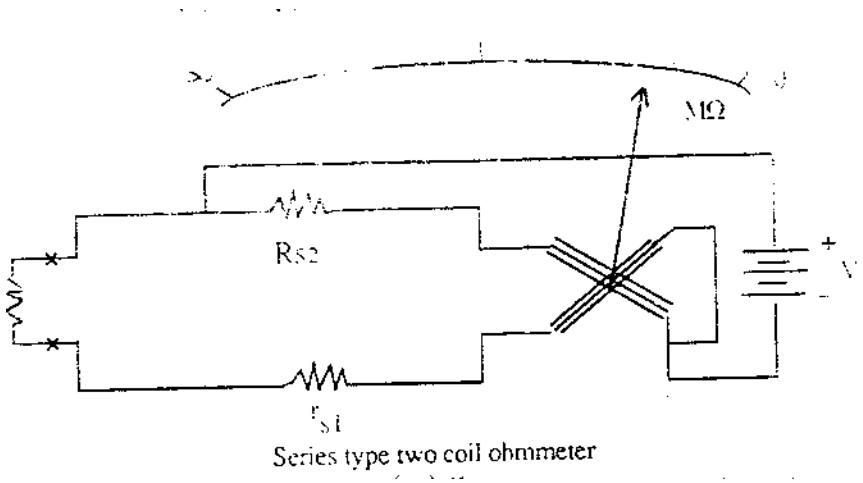
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

الأوميترذوالملفين :

هناك نوعان من الأوميتر ذى الملفين ٠

- **نوع التوالى ٠**
- **نوع التوازى ٠**

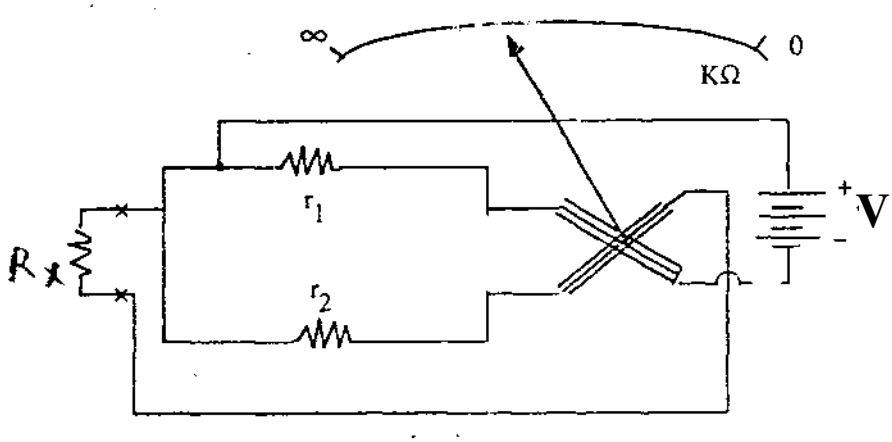
ويبين الشكل (٤ – ٧) أوميتر ذو ملفين نوع توالى ويستخدم هذا الطراز فى قياس المقاومات العالية ٠



Series type two coil ohmmeter

شكل (٤ – ٧) أوميتر ذو ملفين نوع توالى

ويبين شكل (٤ – ٨) أوميتر ذو ملفين نوع توازى ويستخدم هذا الطراز فى قياس المقاومات المتوسطة ٠

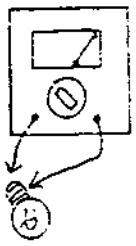


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

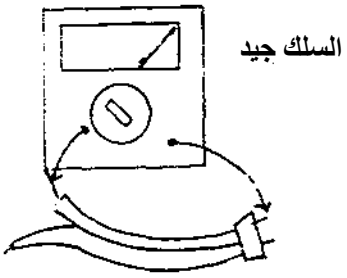
شكل (٤ – ٨) أوميتر ذو ملفين نوع توازى

إستخدامات جهاز الأوميتر :

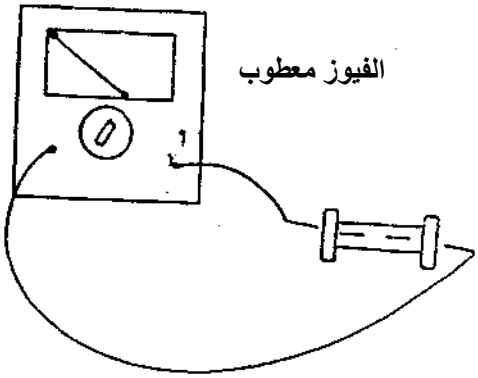
يستخدم جهاز الأوميتر لإختبار مدى إستمرارية دائرة معينة بالإضافة إلى قياس قيم المقاومات ، وأنه يجب أن نشير إلى أن قيمة مقاومة أى ناقل تكون إما صفراً أو قيمة قريبة جداً من الصفر إلا أنه عملياً نجد أن لكل ناقل مقاومة بسيطة جداً كالأسلاك والنواقل ٠٠٠ وشكل (٤ – ٩a) يبين جهاز أوميتر لفحص فتيلة مصباح بينما يوضح شكل (٤ – ٩b) كيفية فحص إستمرارية سلك تغذية جهاز كهربائى والشكل (٤ – ٩ c) يوضح كيفية فحص فيوز ٠



(a) checking lamp filament



(b) power cord

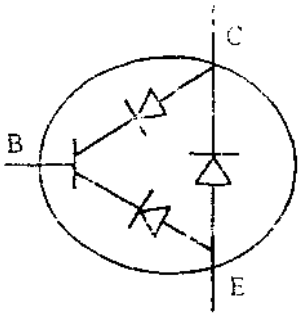


(c) open fnse

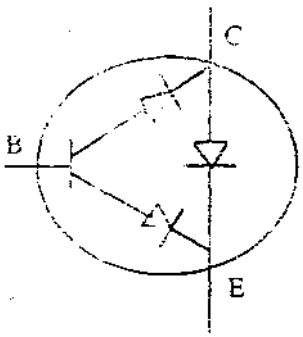
شكل (٤ – ٩)

كما ويستخدم الأوميتر لفحص القطع الإلكترونية مثل الديود والترانزستور كما هو موضح بشكل (٤ – ١٠ أ ، ب) ٠

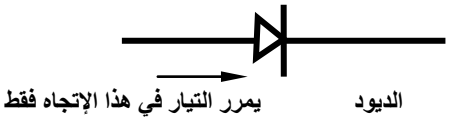
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر



PNP germanium transistor



NPN germanium transistor



(أ)
فحص الديود

(ب)
فحص الترنزستور

شكل (٤ – ١٠)

الفرق بين أوميتر التوالى والتوازى :

أوميتر التوالى	أوميتر التوازى
١- توصل المقاومة المراد قياسها بالتوالى مع الجهاز ٠	١- توصل المقاومة المراد قياسها بالتوازى مع الجهاز ٠
٢- يستخدم أوميتر التوالى فى قياس المقاومات العالية ٠	٢- يستخدم أوميتر التوازى فى قياس المقاومات الصغيرة والمتوسطة

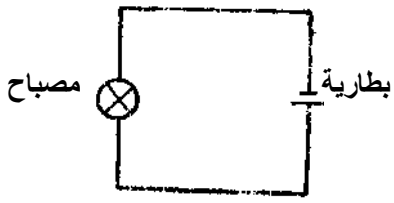
٤ – ١ – ١ : قياسات شدة التيار

يسمى جهاز القياس الذى يقيس شدة التيار الكهربى أميتر حيث يوصل الأميتر مع الدائرة الكهربية المراد قياس شدة التيار المار بها على التوالى ووحدة قياس شدة التيار هى الأمبير ويرمز له بالرمز A ٠

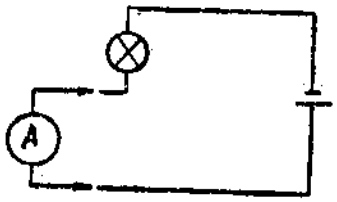
فإذا أردنا قياس شدة التيار المار بدائرة كهربائية ، فإن جهاز قياس التيار (الأميتر) يجب أن يوصل كما ذكرنا على التوالى فى هذه الدائرة ٠ حتى يمر فيه نفس التيار المار بهذه الدائرة ، فمثلاً إذا كان لدينا دائرة بسيطة تحتوى على بطارية ومصباح كهربى كما فى شكل (٤ – ١١أ) يراد معرفة شدة التيار المار خلال المصباح ، فإنه يتم فصل الدائرة ثم يوصل الأميتر بالتوالى كما فى شكل (٤ – ١١ب) وبهذا يمر تيار المصباح خلال الأميتر وتكتمل دائرة المصباح ويبين الأميتر شدة التيار المار بها ٠ إلا أنه يلاحظ تأثير المقاومة الداخلية لجهاز الأميتر على شدة التيار المار بدائرة المصباح ، فإذا كانت قيمة المقاومة الداخلية

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

للأميتر كبيرة ، فإن ذلك سوف يؤثر على قيمة التيار بالمصباح فيضعفها عن ذى قبل (أى قبل توصيل الأميتر فى الدائرة) وبالتالى يبين الأميتر قيمة خاطئة للتيار ٠



(أ) دائرة كهربية يراد قياس شدة التيار المار بها



(ب) قياس شدة التيار

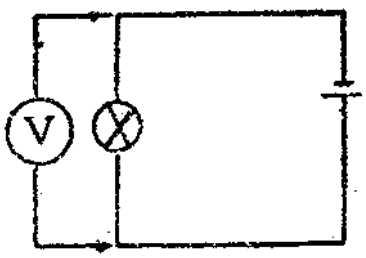
شكل (٤ – ١١) طريقة توصيل الأميتر في الدائرة لقياس شدة التيار

وكما هو معلوم فإن كل جهاز قياس يحتوى على عدد من لفات سلكية ، وكأى موصل تكون لهذه اللفات مقاومة لا يمكن تجنبها ، إلا أنه يجب أن تكون هذه المقاومة أقل ما يمكن حتى لا تؤثر على نتيجة قياس التيار بشكل ملحوظ ، ومن هذا نستنتج أن جهاز الأميتر يجب أن تكون مقاومته الداخلية ذات قيمة منخفضة بقدر الإمكان ٠

٤ – ١ – ٢ : <u>قياسات جهد التيار بواسطة الفولتمتر</u>

إذا أردنا قياس فرق الجهد بين نقطتين بدائرة كهربية فإن جهاز قياس الجهد (الفولتمتر) يجب أن يوصل إلى هاتين النقطتين ، ولا يحتاج الأمر إلى فصل الدائرة كما هو الحال عند قياس شدة التيار ٠

والشكل (٤ – ١٢) يبين توصيل الفولتمتر لقياس الجهد الكهربى على طرفى مصباح (فرق الجهد) وبالنظر إلى الدائرة نجد أنه نتيجة لتوصيل الفولتمتر بالتوازى مع المصباح ٠



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٤ – ١٢) طريقة توصيل الـفـولتمتر لقياس فرق الجهد

فإنه يمر تيار بمقاومته الداخلية (التيار اللازم لتشغيل الجهاز) ، وبذلك يزيد التيار المسحوب من البطارية ويحدث هذا تحميل عليها ، مما يؤدى إلى حدوث فقد إضافى بجهد البطارية بالإضافة إلى فقد إضافى فى القدرة الكهربية (ناتج عن مرور التيار الإضافى بالمقاومة الداخلية للبطارية) وبهذا يتم قياس جهد على طرفى المصباح أقل من الجهد الحقيقى قبل توصيل الـفـولتمتر، وعليه تكون نتيجة القياس خاطئة ، ويزداد قيمة هذا الخطأ كلما كان التيار المار خلال الـفـولتمتر كبير ، أى كلما كانت المقاومة الداخلية لـلـفـولتمتر صغيرة والعكس صحيح ، فكلما كانت المقاومة الداخلية لـلـفـولتمتر عالية حصلنا بذلك على دقة قياس عالية أيضاً ٠

مقارنة بين الأميتر و الـفـولتمتر

الأميتر	الـفـولتمتر
١ـ يستعمل فى قياس شدة التيار بالأمبير ٢ـ يوصل على التوالى مع العنصر المراد قياس تياره ٠ ٣ – يجب أن تكون مقاومته الداخلية منخفضة جداً حتى تكون قراءته صحيحة ٠	١ـ يستعمل فى قياس فرق الجهد بالـفـولت ٢ـ يوصل على التوازى مع العنصر المراد قياس فرق الجهد على طرفيه ٠ ٣ – يجب أن تكون مقاومته الداخلية عالية جداً حتى تكون قراءته صحيحة ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

٤ – ١ – ٣ : **الآفوميتر " لقياس شدة التيار وجهد التيار والمقاومة "**

يستخدم جهاز الآفو ميترلقياس كل من شدة التيار والجهد والمقاومة ولكل منها تدريج خاص ، وفى أبسط الحالات يتكون من مللى أميتر معه مفتاح له عدة نقاط توصيل (مفتاح إنتخاب) وعند تغيير أوضاعه يقوم بتحويل دائرة المللى أميتر إلى فـولتميتر أو أوميتر ، وذلك بإدخال المقاومات المطلوب توصيلها على التوالى أو التوازى أو توصيل بطارية مع الأميتر فى حالة قياس المقاومة والشكل (٤ – ١٣) يبين دائرة

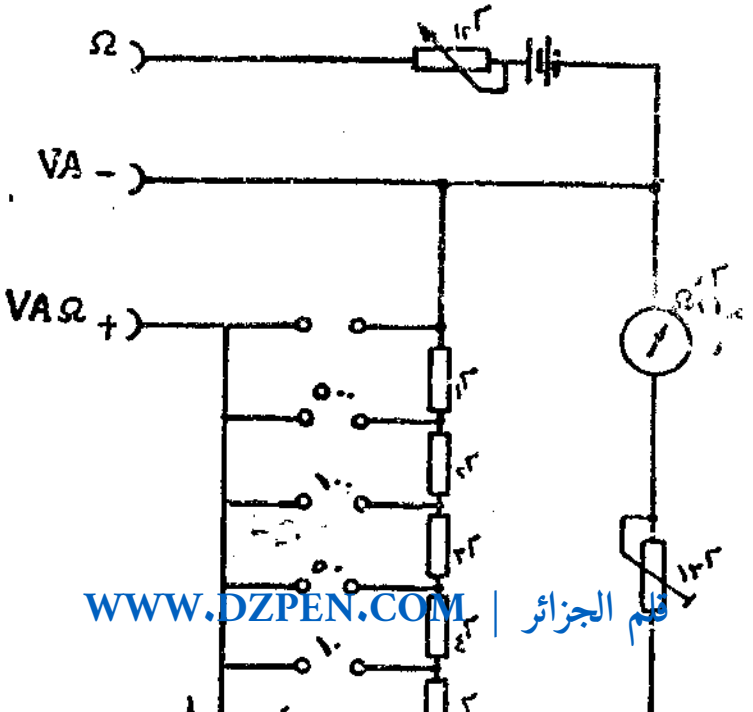
لجهاز أفـوميتر مبسط يستخدم لقياس كل من فرق الجهد المستمر والتيار المستمروالمقاومة ، وجهاز القياس المستعمل يحتاج إلى ٥ مللى أمبير لتحريك المؤشر إلى أقصى إنحراف على التدريج ، وهذه القيمة تعتبر عالية ٠ ولهذا فإن هذا الجهاز منخفض الحساسية ويستخدم المقاومات " $م_{١}$ إلى $م_{٥}$ " لزيادة مدى القياس بالنسبة للتيار وتوصل عن طريق المفتاح بطريق التوصيل الحلقى ، كما تستخدم المقاومات " $م_{٦}$ إلى $م_{١١}$ " لزيادة مدى القياس بالنسبة للجهد ، وهذه المقاومات توصل بالتوالى بدائرة الجهاز أما المقاومة ($م_{١٢}$) فهى تستخدم لضبط المقاومة الداخلية لجهاز القياس عند قيمة معينة والمقاومة ($م_{١٣}$) تستخدم لضبط المؤشر على صفر التدريج بالنسبة للأوم ٠

ومدى القياس كالآتى :

أ- الجهد من ٠.١ إلى ٥٠٠ فولت ٠

ب- التيار من ٥ إلى ٥٠٠ مللى أمبير ٠

ج- المقاومة من ١ إلى ٥ كيلو أوم ٠

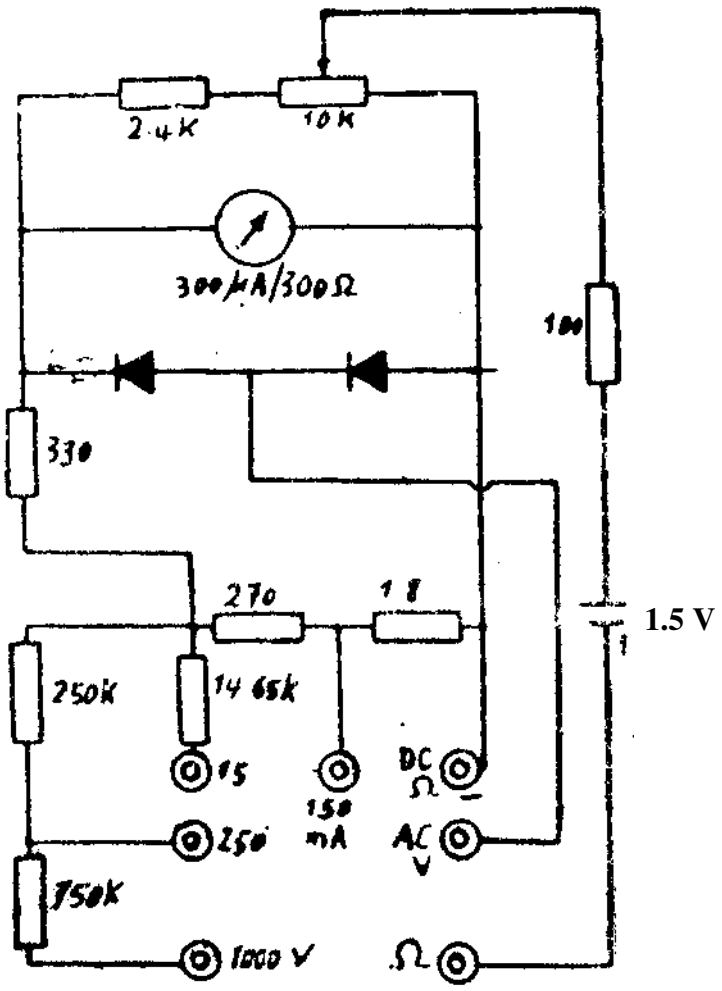


WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٤ – ١٣) يبين دائرة جهاز آفوميتر

وشكل (٤ – ١٤) يبين الدائرة العملية لجهاز آفوميتر **بسيط ، ويستخدم لقياس الجهد المتغير والمستمر والتيار المستمر والمقاومة ، ويلاحظ إستعمال الموحدات فى حالة الجهد المتغير .**

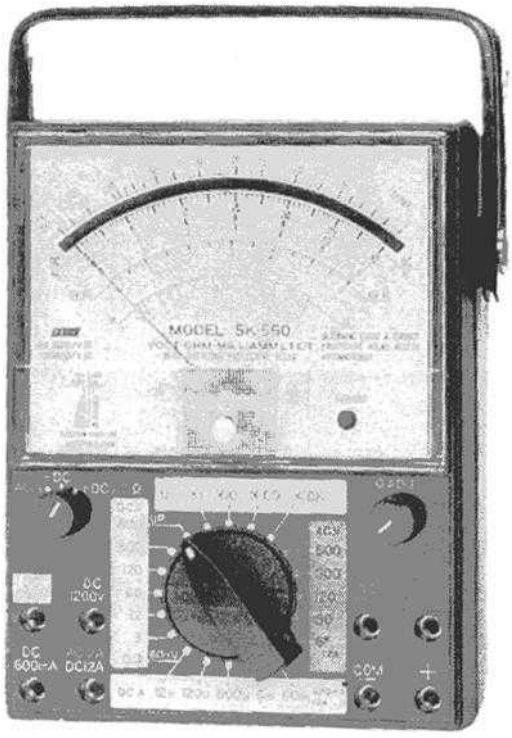
قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٤ – ١٤) الدائرة العملية لجهاز الآفوميتر

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM



شكل (٤ – ١٥) الواجهة الأمامية لجهاز الآفوميتر

أهم المواصفات لجهاز الآفوميتر:

عند شراء أو طلب جهاز آفوميتر **تذكر المواصفات الفنية التى تناسب نوعية الأغراض التى يستخدم فيها الجهاز ، وبصفة عامة سوف نذكر أهم المواصفات التى يجب أن تذكر عند طلب هذا الجهاز :**

أولاً : دوائر التيار المستمر

١. الضغط المستمر

أ- مدى القياس ٠ ب- الحساسية (أوم / فولت) ٠

ج- دقة القياس (نسبة مئوية من نهاية التدريج) ٠

٢. التيار المستمر

أ- مدى القياس ٠ ب- دقة القياس ٠

ثانياً : دوائر التيار المتغير

١) الضغط المتغير

أ- مدى القياس ٠ ب- الحساسية ٠

ج- الدقة ٠ د- مدى التردد الذى يمكن للجهاز قياس ضغطه ٠

٢) التيار المتغير

أ- مدى القياس ٠ ب- دقة القياس ٠

ثالثاً : مدى قياس المقاومات ٠

رابعاً : مدى وضوح التدريج ٠

إتساع التدريج ووضوحه (وجود مرآه من عدمه)٠

خامساً : أبعاد الجهاز ووزنه ٠

٤ – ٢ : مجزىء التيار

لزيادة مدى القياس لجهاز قياس التيار – حتى يقرأ قيمة معينة فأنه يوصل معه بالتوازى مقاومة بحيث يمر فى الجهاز قيمة التيار اللازمة لتحريك مؤشره لأقصى إنحراف ، ويمر باقى التيار خلال مقاومة التوازى ، التى تسمى أيضاً بمقاومة التحويل Shunt Resistance ، ولحساب قيمة هذه المقاومة يجب أن يكون معلوم لدينا قيمة كل من المقاومة الداخلية ($ر_{م}$) لجهاز القياس والتيار اللازم لتحريك المؤشر لأقصى إنحراف أي قيمة التيار الذي يقرأه الجهاز ، وكذلك التيار المراد قياسه ٠ والشكل (٤ – ١٦) يبين طريقة توصيل مقاومة التحويلة وفيه نجد أن التيار المراد قياسه (ش) ينقسم إلى التيار المار خلال مقاومة التحويلة ($م_{ز}^{ش} = (س - س_{د})$) والتيار المار خلال جهاز القياس

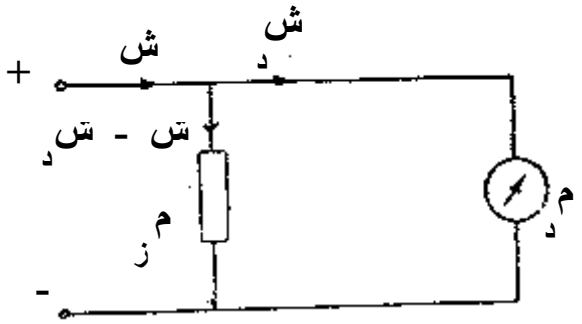
($ر_{د}^{ش}$) أى أن : $ش = ش_{د}^{ش} + م_{ز}^{ش}$

والضغط ($ر_{د}^{ض}$) على طرفى جهاز القياس فى حالة أقصى إنحراف للمؤشر يساوى :

$$ض_{د} = ش_{د}^{ش} \times م_{د}$$

كما أن الضغط ($ض_{م ز}$) يساوى

$$ض_{م ز} = ش_{م ز} \times م_{ز}$$



شكل (٤ – ١٦) طريقة توصيل مقاومة التحويلة

وحيث أن ($م_{ز}$) موصلة بالتوازى مع جهاز القياس ، فإن الضغط على طرفيها يساوى الضغط على طرفى جهاز القياس ، ومعنى هذا أن :

$ش_{د} \times م_{د} = ش_{م ز} \times م_{ز}$ أى أن $م_{ز}$ = Error!

وحيث أن :

$ش_{م ز} = ش - ش_{د}$

∴ مقاومة التحويلة ($م_{ز}$) = Error! × $م_{د}$

مثـال :

جهاز قياس يقرأ حتى ٢ مللى أمبير مقاومته الداخلية ٣٠٠ أوم ٠ والمطلوب زيادة مدى القياس حتى القيم الآتية :

أولاً : ٢٠ مللى أمبير ٠ ثانياً : ١٠٠ مللى أمبير ٠

الحـــل

($م_{ز}$) = Error! × $م_{د}$

أولاً :

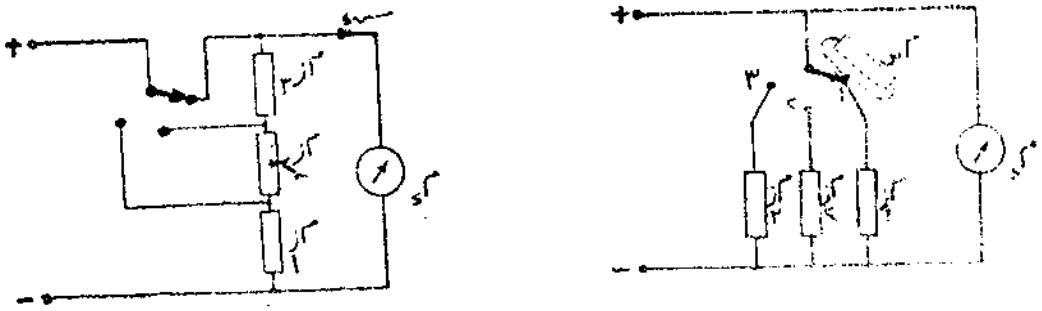
$ز_{م}$ = !Error × ٣٠٠ = !Error × ٣٠٠ = ٣٣.٣٣ أوم

ثانياً :

$ز_{م}$ = !Error × ٣٠٠ = ٦.١٢ أوم

من المثال السابق نلاحظ أنه كلما إحتاج الأمر لزيادة مدى القياس للتيار ، كلما تطلب ذلك قيمة أقل لمقاومة تحويلية ، وعلى هذا فإنه في الحالات التي يراد فيها قياس قيم تيارات كبيرة ، فإن قيم المقاومات التحويلية تكون صغيرة جداً (تبلغ جزء من الأوم) ويصعب الحصول على تلك القيم جاهزة ، وعملياً يتم الحصول على مثل هذه المقاومات ذات القيم الصغيرة بلف عدة لفات من سلك مقاومة أو سلك نحاسى ٠

تغيير مدى القياس لجهاز قياس التيار كما فى شكل (٤ – ١٧)

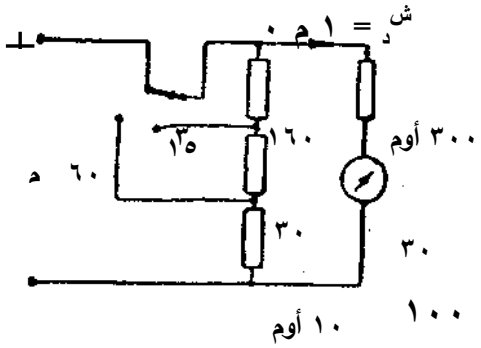


شكل (٤ – ١٧) طريقة تغيير مدى القياس بجهاز قياس التيار

بإدخال مقاومات مختلفة القيم بالتوازى مع جهاز القياس بواسطة مفتاح له عدة نقط تلامس ومن الناحية العملية فإن طريقة تغيير مدى القياس للتيار حسب شكل (٤ – ١٧ أ) تكون خطره بالنسبة لجهاز القياس ، وذلك ناتج من أنه أثناء تحريك المفتاح بين نقطتى تلامس لتغيير مدى القياس فإنه في هذه اللحظه لاتكون هناك مقاومة تحويله بالدائرة ، وبالتالى يمر التيار المراد قياسه كله بجهاز القياس وقد يتسبب فى حرق ملفه ، إلا إذا تم تصميم المفتاح بحيث لا يترك إحدى نقط التلامس قبل أن يتصل جيداً مع الأخرى ، وهناك عيب آخر بهذه الطريقة وهو أن مقاومات نقط التلامس ($س_{م}$) بالمفتاح تكون متصلة بالتوالى مع مقاومات

التحويلة ذات القيم الصغيرة ، وحيث أن مقاومة نقط التلامس هذه غير ثابتة ، لذلك يصعب عمل معايرة دقيقة لجهاز القياس وبالتالى نحصل على قياس غير دقيق للتيار ٠

والشكل (٤ – ١٧ب) يبين الطريقة الصحيحة لتغيير مدى القياس لجهاز قياس التيار ، وفيها لا يكون مفتاح التلامس متصل بالتوالى مع مقاومات التحويلة ، وبهذا تكون هذه الدائرة خالية من العيوب السابقة ٠



(شكل ٤ – ١٨) دائرة جهاز قياس تيار له ٣ مدى

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

والشكل (٤ – ١٨) يبين دائرة جهاز قياس تيار له ٣ مدى ، ويلاحظ أنه توجد مقاومة (٣٠٠ أوم) بالتوالى مع جهاز القياس ، وهذه المقاومة تصنع من مادة لا تتأثر مقاومتها بالحرارة (منجانين أو كنستنتان) ولهذه المقاومة فائدتان ، الأولى أنها تعمل على الحد من تأثير تغير درجة الحرارة على مقاومة ملف الجهاز (لعدم تأثر قيمتها بالحرارة وكبر قيمتها عن مقاومة الملف) والفائدة الثانية أنه يمكن التحكم فى قيمة هذه المقاومة بجعل قيمة المقاومة الداخلية للجهاز عند أى قيمة تكون مطلوبة ٠

ونتيجة لتوصيل مثل هذه المقاومة فإن القدرة المستهلكة بالجهاز تزيد ، وتقلل حساسية الجهاز بعض الشىء ، إلا أنه يضحى بذلك فى سبيل الحصول على دقة القياس ٠

٤ – ٢ – ١ : <u>مضاعف الجهد</u>

يمكن زيادة مدى القياس لجهاز قياس الضغط بتوصيل مقاومة توالى معه ($م_{ت}$) ولهذا يجزأ الضغط المراد قياسه بين المقاومة الداخلية لجهاز القياس ($م_{د}$) ومقاومة التوالى ($م_{ت}$) فإذا كان لدينا جهاز يقيس حتى قيمة ضغط ($ض_{د}$) ويراد إستخدامه لقياس ضغط (ض) قيمته أكبر من قيمة ($ض_{د}$) ، فإنه يجب أن تحسب قيمة مقاومة التوالى ($م_{ت}$) بحيث يفقد على طرفيها الفرق بين قيمتى ض ، $ض_{د}$ ٠

والشكل (٤ – ١٩) يبين دائرة جهاز قياس ضغط موصل معه مقاومة توالى ($م_{ت}$) وفيه نرى أن :

شدة تيار الجهاز = شدة التيار المار فى ($م_{ت}$) أى أن :

$$!Error = !Error \qquad !Error = م_{ت} \times !Error$$

$$\because \quad ض = ض_{د} + ض_{م ت}$$

$$\therefore \quad !Error = م_{ت} \times !Error$$

حيث :

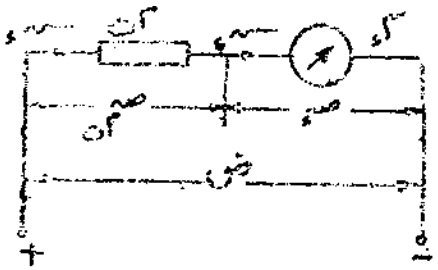
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ض = الضغط المراد قياسه ٠

ض د = أقصى ضغط يمكن أن يقرأه الجهاز

م ت = مقاومة التوالى التى توصل بالجهاز

م د = المقاومة الداخلية لجهاز القياس



(شكل ٤ – ١٩) يبين جهاز ضغط مع مقاومة توالى لزيادة مدى القياس للجهاز

مثـال :

جهاز فولتمتر مقاومته الداخلية (١٠٠٠ أوم) أقصى جهد يقيسه واحد فولت يراد إستخدامه للقياس حتى الضغوط الآتية :

أ) ١٠ فولت ب) ٥٠ فولت جـ) ١٠٠ فولت

احسب قيمة مقاومة التوالى اللازم توصيلها فى كل حالة ٠

الحـــل

∴ م ت = Error! × م د

أ– م ت ١ = Error! × ١٠٠٠ = ٩ × ١٠٠٠ = ٩٠٠٠ أوم

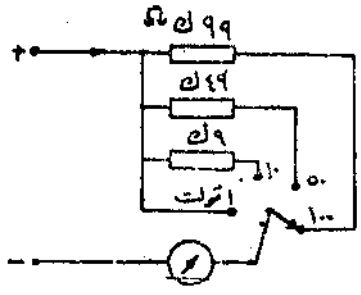
ب– م ت ٢ = Error! × ١٠٠٠ = ٤٩ × ١٠٠٠ = ٤٩٠٠٠ أوم

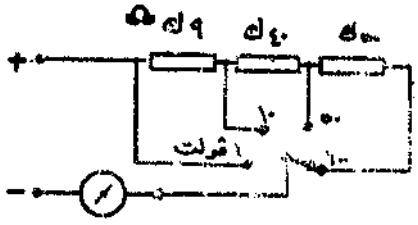
ج– م ت ٣ = Error! × ١٠٠٠ = ٩٩ × ١٠٠٠ = ٩٩٠٠٠ أوم

ويجب مراعاة أن تلك المقاومات المستعملة لزيادة مدى القياس لأجهزة القياس تكون ذات دقة عالية خاصة بأجهزة القياس ولا تستعمل المقاومات ذات الدقة العادية ، حتى لا يؤثر ذلك على نتيجة القياس ٠

تغيير مدى القياس لجهاز قياس الضغط الكهربى :

يتم ضبط جهاز قياس الضغط على مدى القياس المطلوب بوضع مقاومة توالى مناسبة لهذا المدى فى دائرة الجهاز ، وذلك عن طريق مفتاح له عدة نقط إتصال كما فى شكل (٤ – ٢٠) ٠





أ) كل مقاومة خاصة بمدى قياس ب) تجميع مقاومات التوالى مع بعضها

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

(شكل ٤- ٢٠)

كما يوضح شكل (٤ – ٢٠) طريقة التوصيل عند تغيير مدى القياس لجهاز قياس الضغط وشكل (٤ – ٢٠ أ) نجد أنه كلما إحتاج الأمر لزيادة مدى القياس عن قيمة معينة يتم تغيير وضع المفتاح بحيث تضاف مقاومة توالى أخرى إلى قيمة التوالى الخاصة بالمدى السابق وهكذا ٠

أما فى شكل (٤ – ٢٠ ب) فإن قيمة مقاومة التوالى المناسبة لكل مدى تختارويتم ذلك بواسطة المفتاح الخاص بالإختيار ٠ ويلاحظ أنه كلما تطلب الأمر زيادة مدى القياس كانت قيمة مقاومة التوالى أكبر ٠

٤ – ٢ – ٢ : أمثـلة

مثـال (١) :

إذا كان لدينا جهاز أمبيرومتر بملف متحرك يمكن أن يزود بمجزىء تيار وكان مدى القياس بهذا الجهاز(٠.١ أمبير) عند الإنحراف الأقصى للمؤشر وكانت مقاومته الداخلية هى (٥ أوم) احسب قيمة مقاومة مجزىء التيار الواجب توصيلها على التوازى بالجهاز لقياس تيار شدته (٤٠ أمبير) بنفس الجهاز – (مقرباً الجواب لخمس أرقام عشرية)٠

الحـــل

مقاومة التحويلة ($ز_م$) = Error! × $د_م$

$ش_د$ = ٠.١ أمبير　　ش = ٤٠ أمبير　　$د_م$ = ٥ أوم

∴ $ز_م$ = Error! × ٥ = Error! = ٠.٠١٢٥٣ أوم

مثـال (٢) :

جهاز قياس بملف متحرك مقاومة ملفاته (٥٠٠ أوم) أقصى إنحراف فيه يتم عند قياس فرق جهد قيمته (١٠٠ ملى فولت) – أوجد قيمة المقاومة المطلوب توصيلها

بالتوالى مع الجهاز حتى يمكن بواسطته قراءة فرق جهد بين نقطتين فى دائرة كهربية تصل قيمته إلى (٦ فولت) ٠

الحـــل

$م_{ت} = Error! \times م_{د}$

ض = ٦ فولت $\qquad$ $ض_{د} = ١٠٠ \times ١٠^{-٣} = ٠.١$ فولت

$م_{د} = ٥٠٠$ أوم

$\therefore م_{ت} = Error! \times ٥٠٠ = Error! \times ٥٠٠ = ٢٩٥٠٠$ أوم

$\therefore م_{ت} = ٢٩.٥$ كيلو أوم

٤ – ٣ : فكرة مبسطة عن أجهزة القياس الإلكترونية

الـفـولتميترات الإلكترونية :

يطلق تعبير " الـفولتمتر الإلكترونى " على الـفولتمترات التى تحتوى على مكبرات سواء كان مستخدم بها صمامات أو ترانزستور أو دوائر متكاملة ، وتستخدم الـفولتمترات الإلكترونيةعلى نطاق واسع فى مجال الإلكترونيات ، وذلك لما لها من مميزات بالمقارنة مع أجهزة القياس العادية حيث أن أجهزة القياس العادية قليلة الحساسية ولها ممانعة دخل صغيرة تكون فى حدود عشرات الكيلو أوم كما أن ممانعة الدخل غير ثابتة وتتغير مع إختلاف مدى القياس ٠

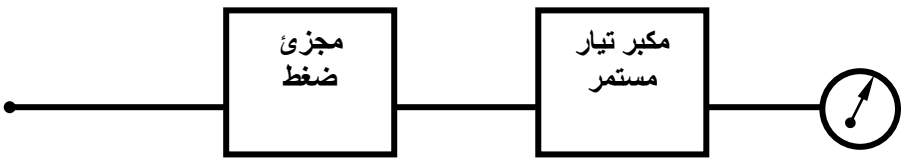
وتقسم الـفـولتمترات الإلكترونية من حيث الإستعمال إلى نوعين أساسيين هما :

١- الـفـولتمترات الإلكترونية للتيار المستمر ٠ ٢- الـفـولتمترات الإلكترونية للتيار المتغير

كما توجد فـولتمترات إلكترونية شاملة – بها إمكانية قياس الضغوط المتغيرة والمستمر ٠

الـفـولتمترات الإلكترونية للتيار المستمر D.C Electronic Voltmeters

يتكون الـفـولتمتر الإلكترونى للتيار المستمر كما فى شكل (٤ – ٢١) من مجزىء ضغط ، ومكبر للتيار المستمر وجهاز قياس ذو ملف متحرك ٠



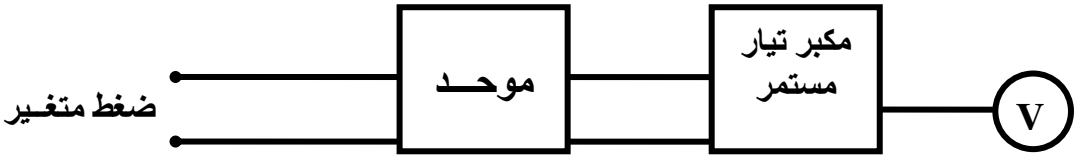
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل (٤ – ٢١) رسم تخطيطى لمكونات الفولتمتر الإلكترونى للتيار المستمر

الفولتمترات الإلكترونية للتيار المتغير A.C Electronic Voltameters

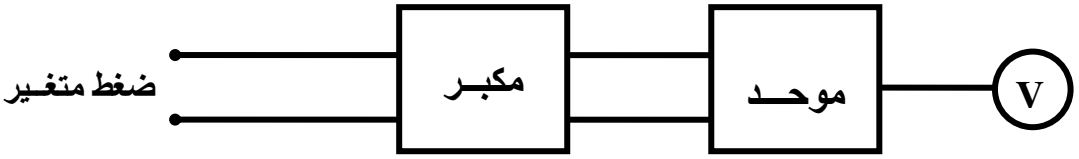
يتكون الفولتمتر الإلكترونى للتيار المتغير من مجزىء للضغط وموحد ومكبرين ، وعامة ترتب هذه المكونات بطريقتين :

الأولى : كما فى شكل (٤ – ٢٢) حيث يوحد الضغط المتردد المراد قياسه بواسطة ثنائى ثم يكبر هذا الضغط بمكبر للتيار المستمر ثم تبين قيمته بواسطة جهاز القياس ٠

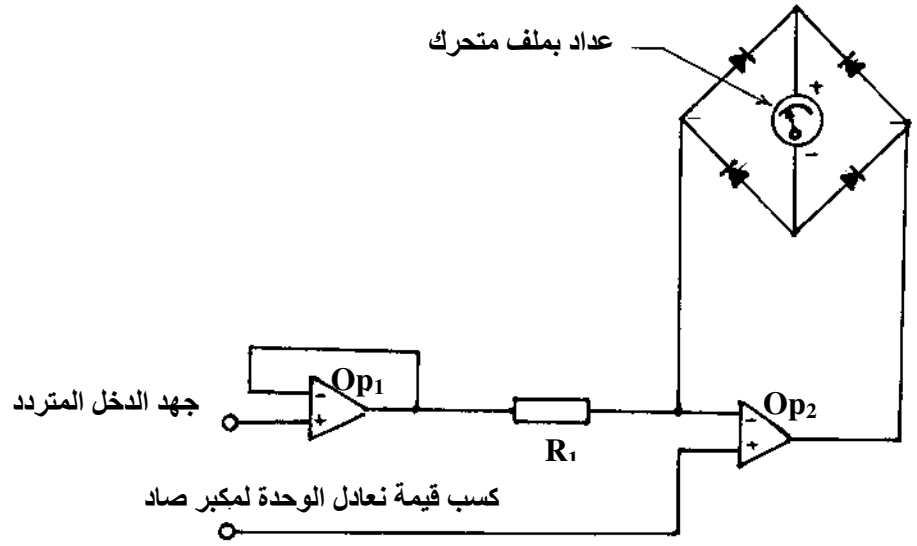


شكل (٤ – ٢٢)

الثانية : يتم فيها تكبير الضغط المتردد المراد قياسه أولاً ثم يوحد ومنه إلى جهاز قياس كما فى شكل (٤ – ٢٣) وهذه الطريقة هى أكثر إستعمالاً ٠



شكل (٤ – ٢٣)



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

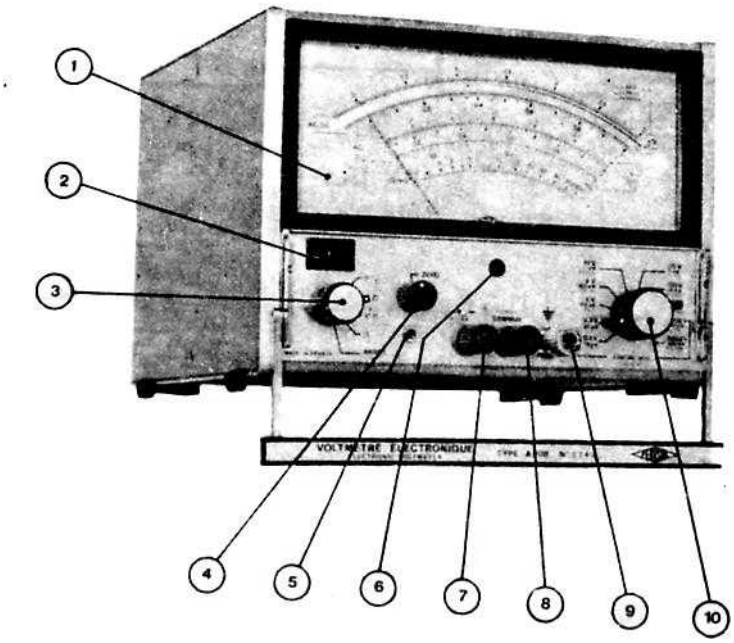
شكل (٤-٢٤) فكرة عمل واحد من أشكال الفولتمتر الإلكترونى والذى يستخدم إثنين من المكبرات التشغيلية .

وفى معظم الـفـولتمترات الإلكترونيةللتيار المتغير ، يتم معايرة تداريج القياس على أساس الشكل الموجى ٠

وشكل (٤ – ٢٥) يبين الواجهة الأمامية لـفـولتمتر إلكترونى للتيار المتغير



شكل (٤ – ٢٥) الواجهةالأمامية لـفـولتمتر إلكترونى للتيار المتغير



شكل (٤ – ٢٦) الواجهة الأمامية لـفـولتمتر إلكترونى شامل

الأجزاء التي يتركب منها الفولتمتر الألكتروني الشامل هي :

١. تدريج القياس ٠
٢. مبين نوع الكمية المقاسة ٠
٣. مفتاح ضبط على نوع الكمية المراد قياسها ٠
٤. ضبط وضع المؤشر على صفر التدريج ٠
٥. معايرة الجهاز ٠
٦. ضبط وضع المؤشر على صفر التدريج (ميكانيكياً) ٠
٧ ، ٨ – طرفى الجهاز ٠
٩. أرضى ٠
١٠. إختيار التدريج المناسب ٠

راسم الموجات الإلكترونى (الأوسيلوسكوب) **Oscilloscope**

الأوسيلوسكوب هو جهاز قياس إلكترونى ، يستخدم بصفة عامة لمتابعة الأشكال الموجبة بالدوائر الإلكترونية ، حيث يعطى على شاشته عرض مرئى لشكل الإشارات ، وبهذا يمكننا من معرفة ما يحدث لكل جزء من الدائرة موضع الإختبار ٠ بالإضافة لما سبق توجد إستعمالات عديدة للأوسيلوسكوب تشمل جانباً كبيراً بمجال الإلكترونيات منها :

١. قياس الجهد المتغير وخاصة عند التردد العالى ٠
٢. قياس قيمة التردد بالمقارنة مع آخر معلوم ٠
٣. مبين للإتزان بقناطر القياس ٠
٤. رسم منحنيات الخواص للعناصر الإلكترونية مثل الترانزستور والثنائيات ٠
٥. رسم منحنيات الإستجابة الترددبه للمكبرات ٠

٤ – ٣ – ١ : مميزات وعيوب أجهزة القياس الإلكترونية

مزايا الـفـولتمترات الإلكترونية :

١. **مقاومة دخل عالية**

تكون مقاومة الدخل للـفـولتمترات الإلكترونية فى حدود ١٠ ميجا أوم ٠

٢. **حساسية عالية**

وهذا يرجع لإحتواء الجهاز على مكبر مما يساعد على قياس ضغوط صغيرة جداً ٠

٣. فقد داخلى قليل جداً

وبهذا نحصل على دقة قياس عالية جداً ٠

٤. سعة تحميل عالية

أى يمكنه إمتصاص التحميل الزائد دون تلف ٠

٥. سعة دخل منخفضة

وبهذا يمكن قياس ضغوط صغيرة متغيرة فى نطاق ترددى واسع ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

عيوب الـفـولتمترات الإلكترونية :

١. يحتاج إلى مصدر تغذية بالتيار لتشغيله ٠
٢. يجب معايرة الجهاز بإستمرار ٠

أسئـلـه على الباب الرابـع

١- اشرح مستعيناً بالرسم طريقة قياس المقاومة باستخدام الفولتمتر والأمبيرومتر بطريقة القياس الصحيح للضغط ٠

٢- اشرح مستعيناً بالرسم طريقة قياس المقاومة باستخدام الفولتمتر والأمبيرومتر بطريقة القياس الصحيح للتيار ٠

٣- اشرح مع الرسم تركيب وطريقة عمل جهاز الأوميتر ٠

٤- وضح بالرسم طريقة توصيل الأوميتر ٠

٥- اشرح طريقة استخدام جهاز الأوميتر ٠

٦- ماهي استخدامات جهاز الأوميتر ٠

٧- قارن بين أوميتر التوالي وأوميتر التوازي ٠

٨- وضح مع الرسم طريقة قياس شدة التيار في دائرة كهربية تحتوي على مصباح كهربي وبطارية ٠

٩- وضح مع الرسم قياس جهد التيار بواسطة فولتمتر في الدائرة السابقة ٠

١٠- قارن بين الأمبيرومتر والفولتمتر من حيث :

أ- الإستعمال ٠ ب- طريقة التوصيل ٠ جـ - مقاومته الداخلية ٠

١١- اشرح مع الرسم تركيب وطريقة عمل آفوميتر يقيس كل من فرق الجهد المستمر والتيار المستمر والمقاومة – وكيف يمكن زيادة مدى القياس بالنسبة للتيار والجهد ٠

١٢- ارسم الدائرة العملية لجهاز آفوميتر يستخدم لقياس الجهد المتغير والمستمر والتيار المستمر والمقاومة ٠

١٣- اذكر أهم المواصفات التي تذكر عند طلب شراء جهاز الأفوميتر ٠

١٤- وضح بالرسم كيف يمكن زيادة مدى جهاز الأمبيرومتر ٠

١٥- إذا كان لدينا جهاز أمبيرومتر بملف متحرك يمكن أن يزود بمجزئ تيار وكان مدى القياس بهذا الجهاز(٠.٥ أمبير) عند الإنحراف الأقصى للمؤشر – وكانت مقاومة ملفاته هي (١٠ أوم) – احسب قيمة مقاومة مجزئ التيار الواجب توصيلها على التوازي بالجهاز لقياس تيار شدته (٥٠ أمبير) ٠

١٦- وضح بالرسم كيف يمكن زيادة مدى جهاز الفولتمتر ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

١٧- جهاز قياس بملف متحرك مقاومة ملفاته (٢٠٠ أوم) وأقصى انحراف فيه يتم عند قياس فرق جهد قيمته (٥٠ فولت) – أوجد المقاومة المطلوب توصيلها على التوالي بالجهاز حتى يمكن بواسطته قراءة فرق جهد بين نقطتين في دائرة كهربية تصل إلى (٢٥٠ فولت) ٠

١٨- وضح مع الرسم تكوين كل من الفولتمتر الألكتروني للتيار المستمر والفولتمتر الألكتروني للتيار المتغير ٠

١٩- وضح بالرسم فقط فكرة عمل واحد من أشكال الفولتمتر الألكتروني الذي يستخدم إثنين من المكبرات التشغيلية ٠

٢٠- اذكر مزايا وعيوب جهاز الفولتمتر الألكتروني ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

النمـوذج الأول

أجب عن الأسئلة الآتية :

السؤال الأول :

أ- ما هى خواص المعادن الآتية :

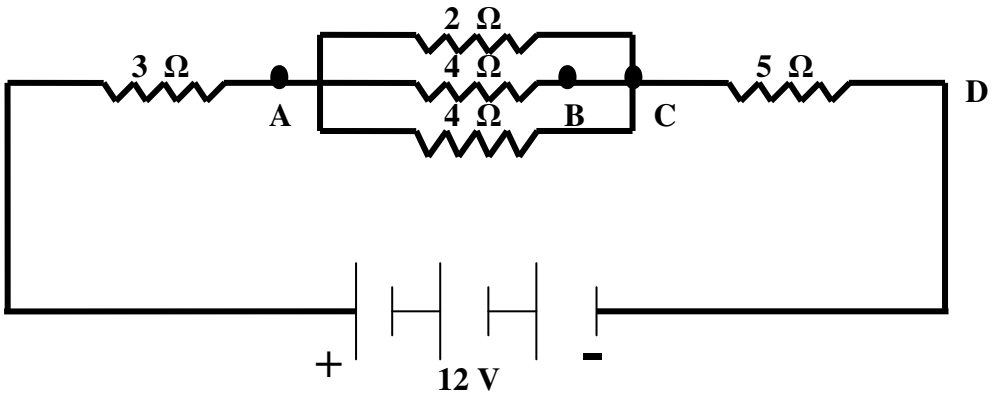
١. النحاس ٠ ٢- الألومنيوم ٠

ب- عرف الكولوم ؟

٢. ما هى العوامل التى تتوقف عليها قوة الجذب أو التنافر بين الشحنات الكهربية ؟

السؤال الثانى :

فى الدائرة المبينة بالشكل رقم (١) إحسب ما يلى :



شكل رقـــم (١)

١. المقاومة المكافئة للدائرة كلها ٠

٢. قيمة التيار الخارج من البطارية ٠

٣. قيمة التيار المار فى المقاومة (٢ أوم) ٠

٤. المقاومة المكافئة للدائرة إذا حدث فتح للدائرة عند النقطة A ٠

٥. المقاومة المكافئة للدائرة إذا حدث فتح للدائرة عند النقطة B ٠

٦. المقاومة المكافئة للدائرة إذا حدث قصر بين النقطتين C , D ٠

٧. المقاومة المكافئة للدائرة إذا حدث قصر بين النقطتين A , C ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

السؤال الثالث :

أ- وضح بالرسم شكل المجال المغناطيسى حول موصل يمر به تيار كهربى ٠

ب- ما هى الأجزاء التى يتركب منها محول كهربى بسيط ٠

السؤال الرابع :

أ- إشرح نظرية المحول الكهربى ٠

ب- وضح مع الرسم قياس التيار الكهربى بإستخدام الأمبيرومتر ٠

ج- قارن بين الأمبيرومتر والـفـولتمتر ٠

إجابـة النمـوذج الأول

إجابة السؤال الأول :

أ- **خواص النحاس :**

١. معدن ثقيل وزنه النوعى ٨.٩٤ جم / سم^{٣} ودرجة إنصهاره (١٠٨٣°م) ٠

٢. يتمتع بخواص ميكانيكية جيدة تبلغ مقاومة إجهاد الشد حتى (٢٥٠ نيوتن / مم^{٢}) ٠

٣. يمكن تشكيله بالحداده والدرفلة والسحب ويمكن تشغيله بالقطع ولحامه ٠

٤. تتأكسد أسطح النحاس فى الهواء إلى أكسيد نحاس ٠

خواص الألومنيوم :

١. وزنه النوعى ٢.٧ جم / سم^{٣} ودرجة إنصهاره (٦٥٨م°) وله معامل تمدد حرارى كبير ٠

٢. مقاومته للشد من ٩٠ – ١٢٠ نيوتن / مم^{٢} ٠

٣. يمكن تشكيله بالحداده ودرفلته إلى رقائق وسحبه كما يمكن تشغيله بالقطع والصب ٠

٤. خفيف الوزن – رخيص الثمن ٠

ب- ١- تعريف الكولوم : الكولوم هو الشحنه الموجبة التى إذا وضعت فى الهواء على بعد متر واحد من وحدة الشحنات الموجبة ينتج عنها قوة تنافر قيمتها (٩ × ١٠ ^{٩}) نيوتن

٢. العوامل التى تتوقف عليها قوة الجذب أو التنافر بين الشحنات هى :

أ- قيمة كل من الشحنتين ٠

ب- المسافة بين الشحنتين ٠

ج- نوع الوسط الذى يفصل بين الشحنتين ٠

إجابة السؤال الثانى :

١) إيجاد المقاومة المكافئة للدائرة ٠

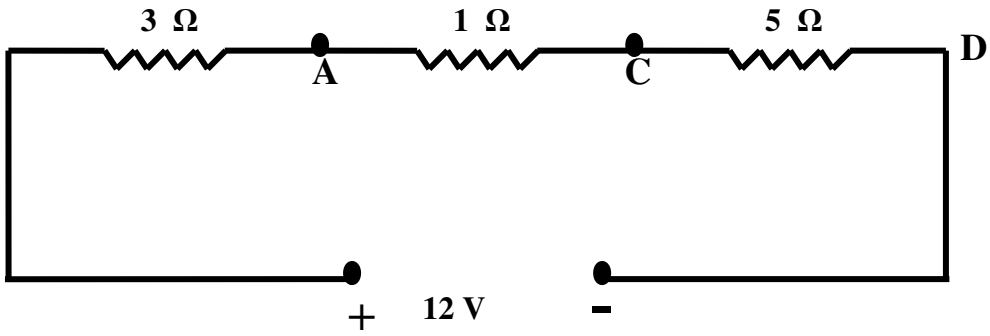
توجد المقاومة بين النقطتين A , C ولتكن R_{AC}

!Error = !Error + !Error + !Error = !Error = !Error

∴ $R_2 = 1\ \Omega$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

وتصبح الدائرة كما هو مبين بالشكل رقم (٢) وهى عبارة عن ثلاث مقاومات متصلة على التوالى فتكون المقاومة المكافئة للدائرة (R_t) ٠



شكل رقم (٢)

$R_t = 3 + 1 + 4 = 8 \ \Omega$

٢) التيار الخارج من البطارية (I)

I = !Error = !Error = 1 !Error A

٣) لإيجاد التيار المار فى المقاومة (Ω 2) وهو $I_{2\Omega}$

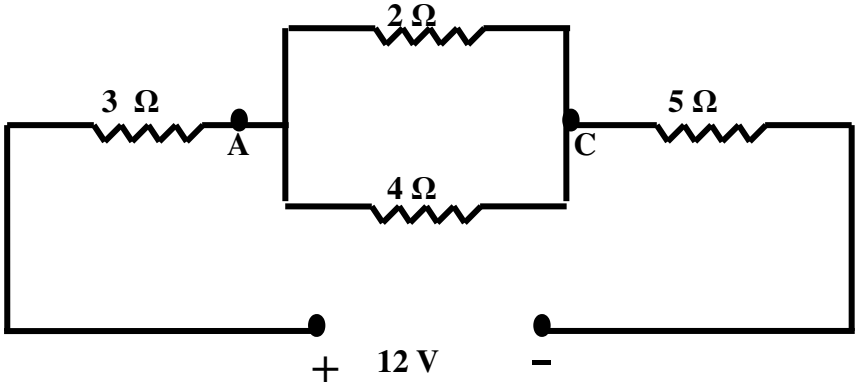
نوجد فرق الجهد بين A , C وهو V_{AC}

V_{AC} = 1 !Error × 1 = 1 !Error Volt = !Error Volt

∴ $I_{2\Omega}$ = !Error = !Error / 2 = !Error = !Error A

٤) عند حدوث فتح للدائرة عند النقطة A فإن المقاومة الكلية للدائرة تكون لا نهائية ولا يمر تيار بالدائرة ٠

٥) عند حدوث فتح للدائرة عند النقطة (B) تصبح الدائرة كما هو مبين بالشكل (٣)



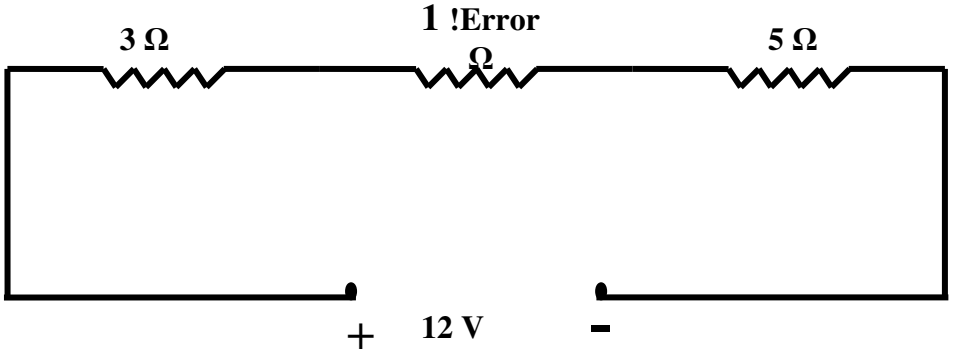
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل رقم (٣)

المقاومة بين النقطتين A , C وهى R_{AC}

$R_{AC} = !Error = !Error = 1\ !Error\ \Omega$

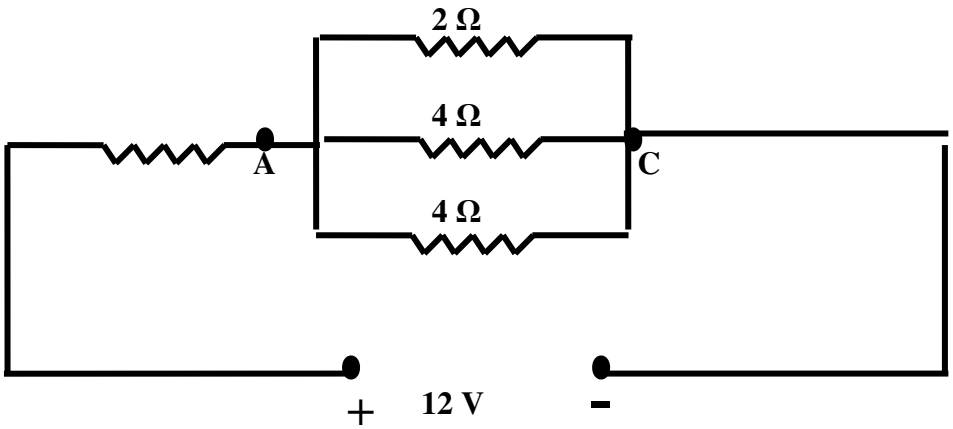
وتصبح الدائرة كما هو مبين بشكل (٤) وتكون المقاومة الكلية R_t



شكل رقم (٤)

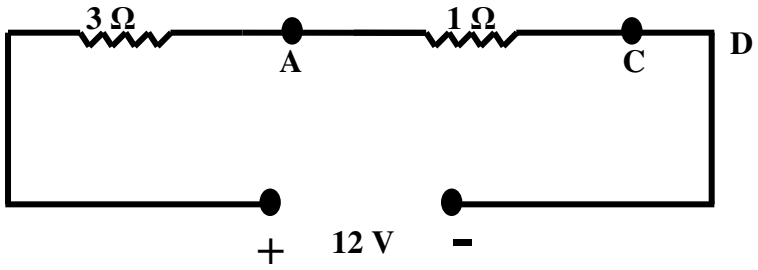
$R_t = 3 + 1!Error + 5 = 9\ !Error\ \Omega$

٦) عند حدوث قصر بين النقطتين C , D تكون الدائرة كما هو مبين بشكل رقم (٥)



شكل رقم (٥)

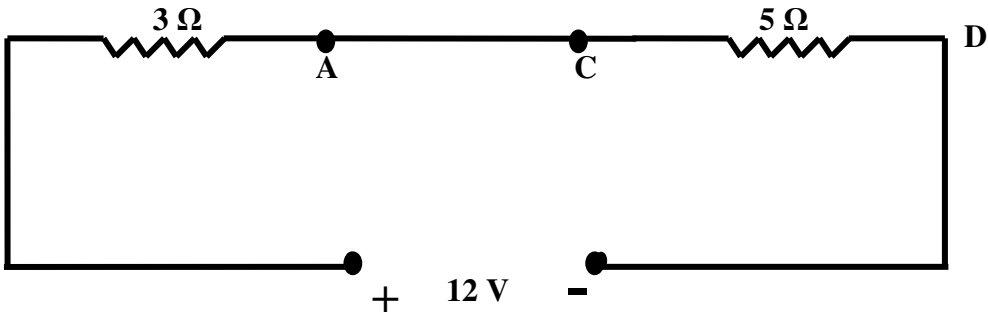
ولإيجاد المقاومة الكلية للدائرة نوجد المقاومة المكافئة بين النقطتين A , C وكما سبق وجدناها فى المطلوب (١) وهى " ١ Ω " وتصبح الدائرة كما هو مبين بالشكل (٦)



شكل رقـم (٦) وتكون المقاومة الكلية (R_t)

$R_t = 3 + 1 = 4 \ \Omega$

٧) وفى حالة حدوث قصر بين A , C تصبح الدائرة كما هو موضح بالشكل(٧)



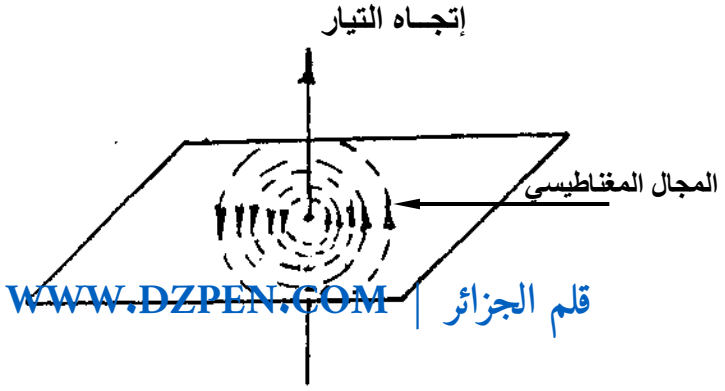
شكل رقـم (٧)

وهى دائرة تـوالى

$\therefore R_t = 3 + 5 = 8 \ \Omega$

إجابة السؤال الثالث :

أ- شكل المجال المغناطيسي حول موصل يمر به تيار كهربي



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ب- الأجزاء التى يتركب منها المحول الكهربى :

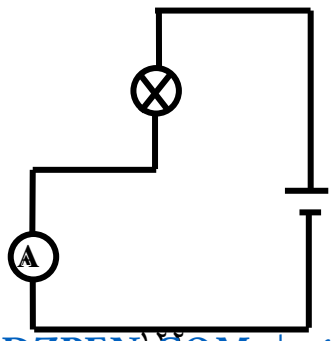
١. القلب الحديدى ٠ ٢- الملف الإبتدائى ٠ ٣- الملف الثانوى ٠

إجابة السؤال الرابع :

أ- نظرية المحول الكهربى :

بنيت نظرية المحول على الإستنتاج النفسى والمتبادل ٠ وعند توصيل الملف الإبتدائى بمنبع تيار متغير يمر به تيار ينشأ عنه مجال مغناطيسى متغير فيقطع ملفات الإبتدائى فتتولد بها بالإستنتاج الذاتى قوة دافعة كهربية (ق ٠ د ٠ ك١) وتتوقف على عدد لفات الملف الإبتدائى (ن١) ويقطع ملفات الملف الثانوى فيتولد بها بالإستنتاج المتبادل (ق ٠ د ٠ ك٢) وتتوقف قيمتها على عدد لفات الملف الثانوى (ن٢) ولمنع التسرب المغناطيسى وتجميعه تلف الملفات على قلب حديدي في حالة الترددات المنخفضة أما في حالة الترددات العالية فإن المفاقيد الحديدية تزيد بدرجة كبيرة ولذلك تفضل أن تصنع قلوب المحولات فى هذه الحالة من مواد غير مغناطيسية ٠

ب- لقياس شدة التيار المار فى أى دائرة كهربية يوصل جهاز الأميتر بالتوالى فى الدائرة ومثال لذلك دائرة كهربية بسيطة تحتوى على بطارية ومصباح كهربى كما فى الشكل رقم (٨) حيث يمر تيار المصباح خلال الأميتر وتكتمل دائرة المصباح ونلاحظ أن قيمة المقاومة الداخلية للأميتر صغيرة حتى لا يحدث تأثير على المصباح ولا تؤثر على قياس التيار بشكل ملحوظ ٠



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل رقم (٨)

ج- مقارنة بين الأميتر والـفـــولتميتر :

الأميـتر	والـفـــولتميتر
١ – يستعمل فى قياس شدة التيار بالأمبير ٠	١ – يستعمل فى قياس فرق الجهد بالـفـــولت ٠
٢- يوصل على التوالى مع العنصر المراد قياس تياره ٠	٢- يوصل على التوازى مع العنصر المراد قياس الضغط على طرفيه ٠
٣- يجب أن تكون مقاومته الداخلية منخفضة جداً حتى تكون قراءته صحيحة ٠	٣ – يجب أن تكون مقاومته الداخلية عالية جداً حتى تكون قراءته صحيحة ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

النمـوذج الثـانـى

السؤال الأول :

أ- أكمل العبارات الآتية بكلمات مناسبة :

١. عند دلك قضيب من ٠٠٠٠٠٠٠ بقطعة من الجلد ، أو قضيب من المطاط الصلد بخرقة من ٠٠٠٠٠٠ فإن هذين القضيبين يجذبان قصاصات الورق الصغيرة ٠

٢. الشحنات الكهربية المتشابهة ٠٠٠٠٠٠٠ والشحنات الكهربية المختلفة ٠٠٠٠٠

٣. وحدة شد المجال الكهربى هى ٠٠٠٠٠٠ بينما وحدة الشحنة الكهربية هى ٠٠٠٠٠

٤. قاعدة البريمة يمكن عن طريقها معرفة إتجاه ٠٠٠٠٠٠٠ حول موصل يمر به تيار كهربى ٠

ب- ما مساحة مقطع سلك من النحاس طوله ٢١٠ متر ومقاومته ٢.٥ أوم ؟ إذا كانت المقاومة النوعية للنحاس ١٧٨ × ١٠$^{-٨}$ أوم ٠ متر ٠

السؤال الثانى :

أ- ضع علامة (√) أمام العبارة الصحيحة وعلامة (χ) أمام العبارة غير الصحيحة :

١. إذا وصلت مجموعة من المقاومات على التوالى فإن المقاومة الكلية تقل عن أصغرمقاومة فى المجموعة ٠

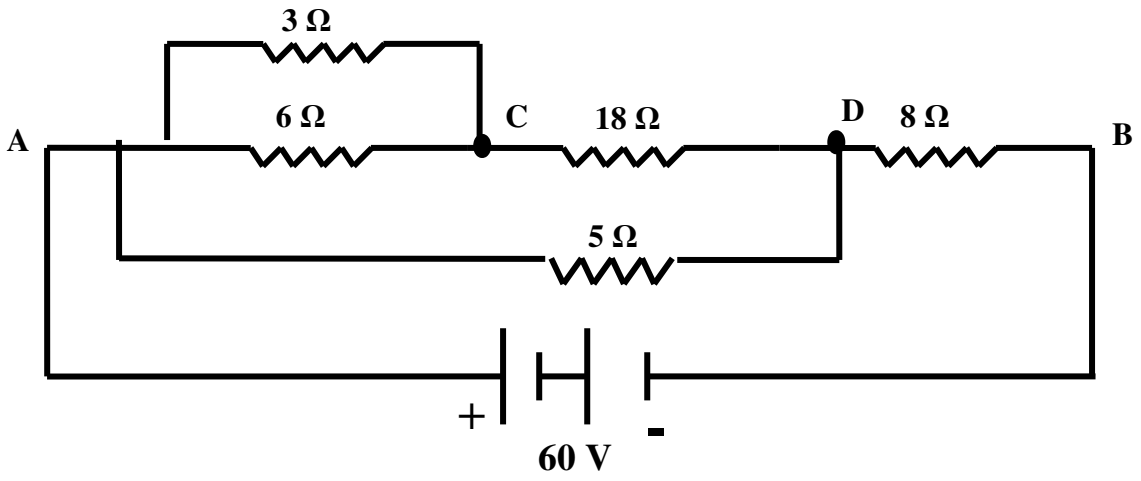
٢. عند توصيل مجموعة من المقاومات على التوازى فإن المقاومة الكلية للمجموعة تكون أكبر من اصغر مقاومة فى المجموعة ٠

٣. عند توصيل مجموعة من المقاومات المختلفة فى المقدار على التوالى فإن التيار المار بكل مقاومة يكون متساوياً ٠

٤. عند توصيل مجموعة من المقاومات المختلفة فى المقدار على التوازى فإن التيار المار بكل مقاومة يكون متساوياً ٠

ب- فى الدائرة المبينة بالشكل رقم (٩) - أوجد المقاومة المكافئة بين النقطتين A , B ، والتيار المار بكل مقاومة ، والفقد فى الجهد بكل مقاومة وذلك إذا كان الجهد المسلط بين A , B (٦٠ فولت) ٠

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM



شكل رقـم (٩)

السؤال الثالث :

أ- ما هى العوامل التى تؤثر على قيمة (ق ٠ د ٠ ك) المستنتجة فى موصل يقطع مجال مغناطيسى ٠

ب- ملفات التغذية لأحد المحركات الكهربية لها مقاومة مقدارها (١٥٠ أوم) عند (٥٥ °م) ٠
إحسب قيمة المقاومة عند درجة حرارة الغرفة (٢٠ °م) إذا علمت أن معامل المقاومة الحرارى للمادة المصنوع منها الأسلاك هى (٠٠٠٣٩٣ أوم / أوم ٠م°)

السؤال الرابـع :

أ- إذا كانت المفاقيد الحديدية لمحول هى ٣٠٠ وات ، والمفاقيد النحاسية عند الحمل الكامل هى ٤٠٠ وات - إحسب كلاً من المفاقيد الحديدية والمفاقيد النحاسية عند :
١- Error! الحمل ٠ ٢- Error! الحمل ٠

ب- جهاز أميتر مقاومته الداخلية ٤٠٠ أوم ، يقرأ تيار حتى واحد مللى أمبير ٠ ويراد زيادة مدى القياس له حتى الآتى :
١) ٣ مللى أمبير ٠ ٢) ١٥ مللى أمبير ٠
إحسب قيمة المقاومة التحويلية فى كل حالة ٠

إجابـة النمـوذج الثـانـي

إجابة السؤال الأول :

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

أ- ١- عند دلك قضيب من الزجاج بقطعة من الجلد ، أو قضيب من المطاط الصلد بخرقة من الصوف فإن هذين القضيبين يجذبان قصاصات الورق الصغيرة ٠

٢- الشحنات الكهربية المتشابهة تتنافر والشحنات الكهربية المختلفة تتجاذب ٠

٣- وحدة شد المجال الكهربى هى نيوتن / كولوم بينما وحدة الشحنة الكهربية هى الكولوم

٤- قاعدة البريمة يمكن عن طريقها معرفة إتجاه المجال المغناطيسى حول موصل يمر به تيار كهربي٠

ب-

R = !Error

∴ A = !Error = !Error = 14952×10^{-8} m^2

$A = 14952 \times 10^{-4}$ cm^2 = 1.5 cm^2

إجابة السؤال الثانى تقريباً :

أ- ١. إذا وصلت مجموعة من المقاومات على التوالى فإن المقاومة الكلية تقل عن أصغر مقاومة فى المجموعة ٠ (X)

٢. عند توصيل مجموعة من المقاومات على التوازى فإن المقاومة الكلية للمجموعة تكون أكبر من اصغر مقاومة فى المجموعة ٠ (X)

٣. عند توصيل مجموعة من المقاومات المختلفة فى المقدار على التوالى فإن التيار المار بكل مقاومة يكون متساوياً ٠ (√)

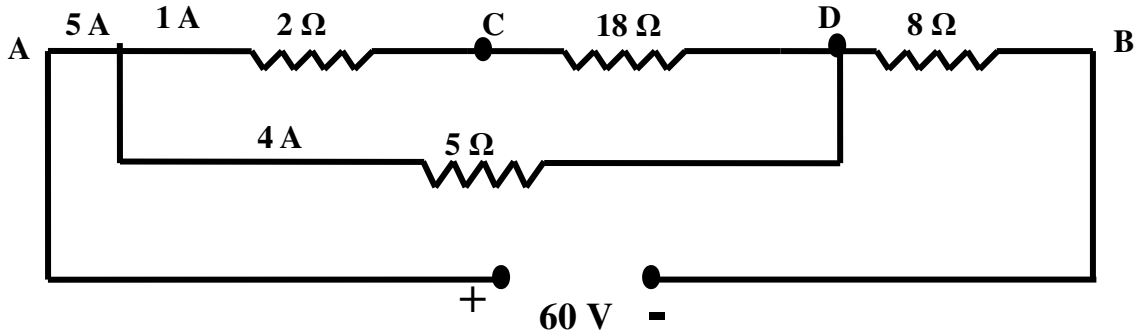
٤. عند توصيل مجموعة من المقاومات المختلفة فى المقدار على التوازى فإن التيار المار بكل مقاومة يكون متساوياً ٠ (X)

ب- لإيجاد المقاومة المكافئة بين النقطتين A , B

١) نوجد المقاومة المكافئة للمقاومتين (٣ أوم ، ٦ أوم) المتصلتين على التوازى ولتكن $R_{3,6}$

$R_{3,6}$ = !Error = 2 Ω

وتصبح الدائرة كما هو مبين بالشكل رقم (١٠)



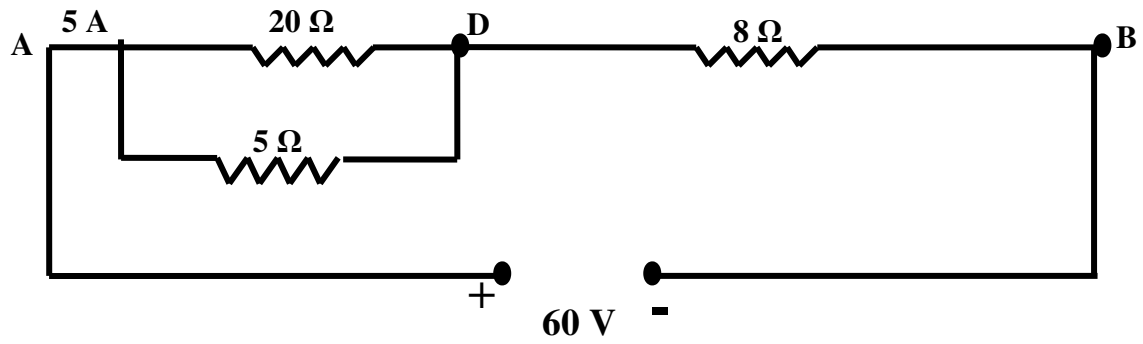
WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل رقم (١٠)

٢) نوجد المقاومة المكافئة للمقاومتين (٢ أوم ، ١٨ أوم) المتصلتين على التوالى

$R_{2\,,\,18} = 2 + 18 = 20 \quad \Omega$

وتصبح الدائرة كما هو مبين بالشكل رقم (١١) ٠

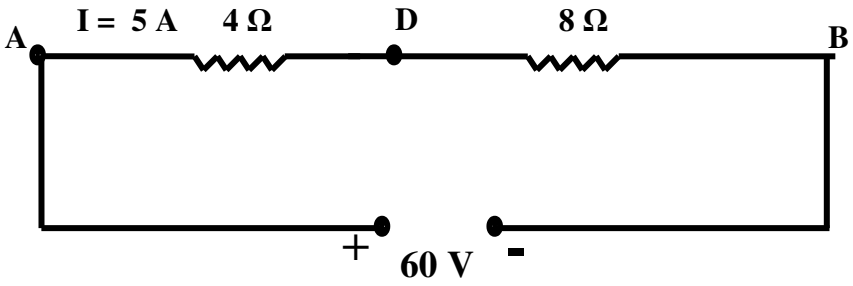


شكل رقم (١١)

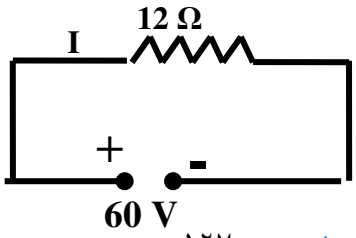
٣) نوجد المقاومة المكافئة للمقاومتين (٢٠ أوم ، ٥ أوم) المتصلتين على التوازى ٠

$R_{20\,,\,5} = \text{!Error} = 4 \quad \Omega$

وتصبح الدائرة كما هو مبين بشكل رقم (١٢)



شكل رقم (١٢)



WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

شكل رقم (١٣)

ومن شكل رقم (١٢) يتضح أن الدائرة عبارة عن مقاومتين متصلتين على التوالى فتكون المقاومة المكافئة بين النقطتين A , B هى R_t

$R_t = 4 + 8 = 12 \ \Omega$

وتصبح الدائرة كما هو مبين بشكل رقم (١٣)

ومن شكل رقم (١٣) ينتج أن

$I = \text{!Error} = 5 \text{ A}$

ومن شكل رقم (١١) نوجد التيار المار فى المقاومة (٢٠ أوم) والمقاومة (5 أوم) وهى I_{20} ، I_5 كالآتى :

$I_{20} = 5 \times \text{!Error} = 1 \text{ A}$

$\therefore I_5 = 4 \text{ A}$

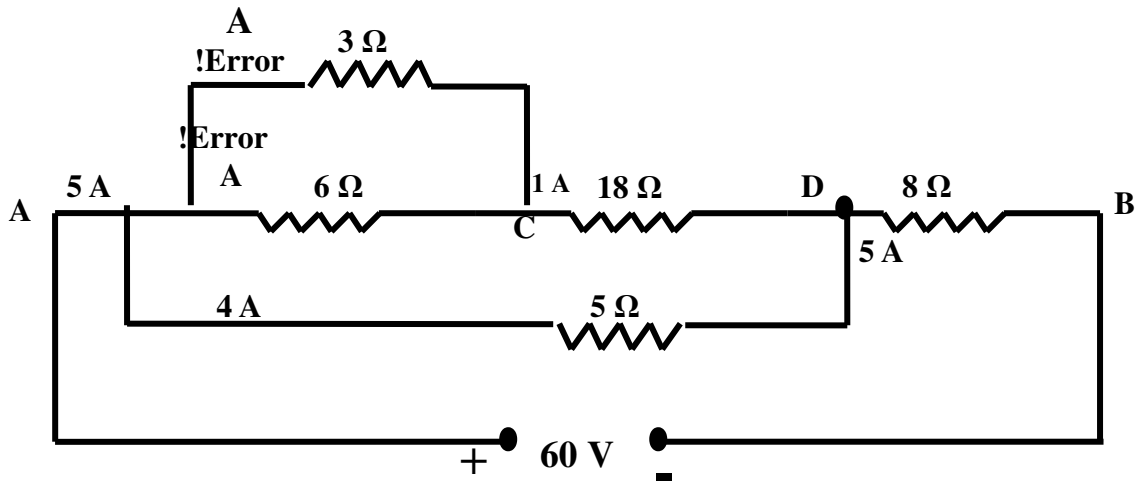
ومن شكل رقم (١٠) نجد أن التيار المار بالمقاومتين (٢ أوم ، ١٨ / أوم) هو واحد أمبير والتيار المار بالمقاومة (٨ أوم) هو (٥ أمبير) .

ولإيجاد التيار المار فى كل من المقاومة (٣ أوم ، ٦ أوم) شكل رقم (٩) I_3 ، I_6

$\therefore \ I_3 = 1 \times \text{!Error} = \text{!Error} \ \text{A}$

$I_6 = 1 \times \text{!Error} = \text{!Error} \ \text{A}$

وشكل رقم (١٤) يوضح توزيع التيار فى الدائرة :



شكل رقم (١٤)

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

لإيجاد الجهد المفقود فى كل مقاومه نضرب قيمة المقاومة × شدة التيار المار بهذه المقاومة ٠

الضغط المفقود فى المقاومة 3 أوم $V = 2/3 \times 3 = 2$ volt

الضغط المفقود فى المقاومة 6 أوم $V =$!Error $\times 6 = 2$ Volt

الضغط المفقود فى المقاومة 5 أوم $V = 4 \times 5 = 20$ Volt

الضغط المفقود فى المقاومة 18 أوم $V = 1 \times 18 = 18$ Volt

الضغط المفقود فى المقاومة 8 أوم $V = 5 \times 8 = 40$ Volt

إجابة السؤال الثالث :

العوامل التى تؤثر على قيمة (ق ٠ د ٠ ك) المستنتجة فى موصل يقطع مجال مغناطيسى هى :

سرعة حركة الموصل ٠ ٢- كثافة الفيض المغناطيسى ٠ ٣.

الطول الفعال للموصل ٠

٤- جيب الزاوية بين إتجاه حركة الموصل والمجال المغناطيسى ٠

$\because \quad R_2 = R_1 \left(1 + \alpha (t_2 - t_1) \right)$

$t_2 = 20^o C \quad t_1 = 55^o C$

$R_2 = ?? \quad R_1 = 150 \ \Omega$

$\alpha = 0.00393 \ \Omega / \Omega \ ^o C$

$\therefore R_2 = 150 \left(1 + 0.00393 (20 - 150) \right)$

$= 150 (1 - 0.5109)$

$\therefore R_2 = 73.365 \ \Omega$

إجابة السؤال الرابع :

المفاقيد الحديدية للمحول ثابتة وتساوى ٣٠٠ وات عند Error! الحمل ، Error! الحمل

المفاقيد النحاسية عند Error! الحمل = ٤٠٠ × (Error!) ^{2} = ١٠٠ وات

المفاقيد النحاسية عند Error! الحمل = ٤٠٠ × (Error!) ^{2} = ٢٢٥ وات

ب- ١) قيمة المقاومة التحويلية فى حالة زيادة مدى الجهاز ليقيس ٣ مللى أمبير

ش = ٣ مللى أمبير ٠ ش د = ١ مللى أمبير ٠

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ش م ز = ٢ مللى أمبير ٠

المقاومة التحويلية (م ز) = Error! × م د

= Error! × ٤٠٠ = ٢٠٠ أوم

٢) قيمة المقاومة التحويلية فى حالة زيادة مدى الجهاز ليقيس ١٥ مللى أمبير

ش = ١٥ مللى أمبير ٠

ش د = ١ مللى أمبير ٠

ش م ز = ١٤ مللى أمبير ٠

المقاومة التحويلية (م ز) = Error! × م د

= Error! × ٤٠٠ = ٢٨.٥٧ أوم

الفهـــرس

	الموضـــوع	الصفحة
الباب الأول	: القوى الكهربية	٥
١ – ١	الخواص الكهربية للمعادن	١٠
١ – ٢	الكهرباء الإستاتيكية	١٧
١ – ٢ – ١	التكهرب بالدلك	٢١
١ – ٢ – ٢	أنواع الشحنات الكهربية	٢١
١ – ٢ – ٣	القوى الكهربية بين شحنتين	٢٢
١ – ٢ – ٤	وحدات قياس الشحنة الكهربية	٢٣
١ – ٢ – ٥	قانون كولوم	٢٣
١ – ٢ – ٦	استنتاج القانون العام للقوى الكهربية (قانون كولوم)	٢٣
١ – ٣	المجال الكهربي	٢٥
١ – ٣ – ١	شدة المجال الكهربي عند نقطة	٢٨
١ – ٣ – ٢	الجهد الكهربي	٣٠
١ – ٣ – ٣	فرق الجهد بين نقطتين	٣١
١ – ٤	المقاومة R	٣١
١ – ٤ – ١	العوامل التي تتوقف عليها مقاومة موصل	٣١
١ – ٤ – ٢	المقاومة النوعية لمادة الموصل	٣١
١ – ٤ – ٣	أمثلة حسابية على مقاومة الموصل	٣١
١ – ٤ – ٤	وحدات قياس شدة التيار وجهد التيار	٣٣
١ – ٤ – ٥	قانون أوم	٣٤
١ – ٤ – ٦	توصيل المقاومات على (التوالي – التوازي – التضاعف) .	٣٥
الباب الثاني	: المجال المغناطيسي والتيار الكهربي	٤٧
٢ – ١	المجال المغناطيسي الناشئ حول موصل يمر فيه تيار كهربي	٥٢
٢ – ١ – ١	تأثير الفيض المغناطيسي على سلك يمر به تيار (نظرية المحرك الكهربي)	٥٤
٢ – ١ – ٢	مثال بسيط	٥٥
٢ – ٢	التيار المتغير	٥٦
٢ – ٢ – ١	مميزات التيار المتغير	٥٧
٢ – ٢ – ٢	استنتاج القوة الدافعة الكهربية (ق . د . ك)	٥٧
٢ – ٢ – ٣	قانـون فـاراداي	٥٨

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

	الموضوع	الصفحة
٢ – ٢ – ٤	قاعدة فلمنج لليد اليمنى	٥٨
٢ – ٢ – ٥	العوامل التي تؤثر على ق ٠ د ٠ ك	٥٩
٢ – ٣	التيار المتغير ذو الموجة الجيبية	٦٠
٢ – ٣ – ١	العلاقة بين التردد وسرعة دوران الموصل وعدد الأقطاب وأمثلة حسابية عليها	٦١
٢ – ٤	القدرة الكهربية ووحداتها	٦٢
٢ – ٤ – ١	الطاقة الكهربية ووحداتها	٦٥
٢ – ٤ – ٢	حساب تكاليف الطاقة الكهربية المستهلكة وأمثلة حسابية عليها	٦٥
الباب الثالث	: المحول الكهربي	٧١
٣ – ١	نظرية المحول	٧٢
٣ – ١ – ١	تركيب المحول	٧٣
٣ – ١ – ٢	العوامل التي تتوقف عليها ق٠ د٠ ك المستنتجة في المحول	٧٥
٣ – ٢	مفاقيد المحول في حالة اللاحمل	٧٨
٣ – ٢ – ١	مفاقيد المحول عند التحميل	٧٩
٣ – ٢ – ٢	جودة المحول	٧٩
٣ – ٢ – ٣	مايجب مراعاته عند تصنيع المحول	٨٠
الباب الرابع	: أجهزة القياس الكهربية	٨٥
٤ – ١	قياسات المقاومة (أوميتر – أوميتر التوالي – أوميتر التوازي – الفرق بين أوميتر التوالي والتوازي)	٨٦
٤ – ١ – ١	قياسات شدة التيار بواسطة الأمبيروميتر	٩٢
٤ – ١ – ٢	قياسات جهد التيار بواسطة الفولتميتر	٩٣
٤ – ١ – ٣	الآفوميتر لقياس شدة التيار وجهد التيار والمقاومة	٩٤
٤ – ٢	مجزئ التيار	٩٨
٤ – ٢ – ١	مضاعفات الجهد	١٠١
٤ – ٢ – ٢	أمثله حسابيه بسيطه	١٠٣
٤ – ٣	فكرة مبسطة عن أجهزة القياس الألكترونية	١٠٤
٤ – ٣ – ١	مميزات وعيوب أجهزة القياس الألكترونية	١٠٧
	الفهرس	١٢٣
	المراجع	١٢٥

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

المراجع المستخدمة

1- E. HUGHES, ELECTRICAL TECHNOLOGY: LONG MAN 1963.

2- A. DRAPER, ELECTRICAL MACHINES; LONG MAN 1967.

3- N. M. MORRIS, ELECTRONICS FOR WORKS ELECTRICIANS; MCGRAW – HILL BOOK 1976.

4- N. M. MORRIS, CONTROL ENGINEERING. MCGRAW – HILLL BOOK CEMPANY 1974.

5- N. M. MORRIS, ADVANCED INDUSTRIAL ELECTRONICS MCGRAW – HILLL BOOK CEMPANY 1974.

6- N. M. MORRIS INDUSTRIAL ELECTRONICS. MCGRAW – HILLL BOOK CEMPANY 1978.

7- ELECTRICAL TECHNOLOGY BY THERAGA.

8- DIRECT CURRENT MACHINES BY CLAYTON.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر