مادة التأسيسات الكهربائية

المحاضرة الاولى

المواد المستخدمة في التأسيسات الكهربائية

1-المواد الموصلة.

2-المواد العازلة.

3-المواد شبه الموصلة.

أولا: المواد الموصلة (Conductor)

يعبر عنها بالمواد التي تكون فيها عدد الالكترونات في المدار الخارجي اقل من العدد اللازم لإشباع هذه الذرة، لهذا يكون ارتباط الالكترونات مع النواة ضعيف فتسهل عملية تحريك او اخراج هذه الإلكترونات من مداراتها بواسطة تأثير خارجي، ويكون عدد الالكترونات اقل من أربعة، ومن الأمثلة على المواد الموصلة هي الذهب والفضة والنحاس والالمنيوم.

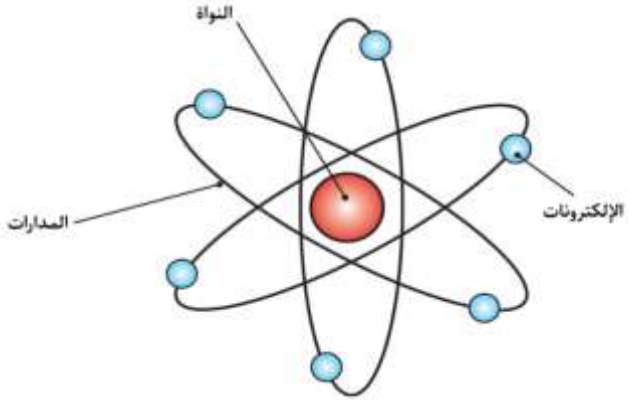
ثانيا: المواد العازلة(Insulators)

عندما يكون عدد الالكترونات في المدار أو الغلاف الخارجي أكثر من أربعة الكترونات تعتبر الذرة مشبعة وان أي تأثير خارجي على الذرةلايؤدي الى تغير او اخراج الالكترونات من مدارها وتكون العملية صعبة، فتكون الذرة في هذه الحالة مستقرة، مثل المطاط والبلاستيك.

ثالثا: المواد شبه الموصلة (Semi-Conductor)

تعتبر هذه المواد ليست موادا جيدة التوصيل ولا موادا عازلة حيث يحتوي الغلاف الخارجي للذرة على أربعة الكترونات وتكون الذرة مستقرة عند درجة صفر مئوية، لكن في حالة ارتفاع درجة الحرارة كإن تكون بدرجة حرارة الغرفة°25تنكسر بعض الاواصروتتغير خاصية المادة مثل السليكون والجرمانيوم.

تركيب الذرة: جميع المواد تتكون من جسيمات متناهية في الصغر تدعى الجزيئات وكل جزيئة تتكون من ذرات وتحتوي كل ذرة على نواة تتكون من البروتونات الموجبة والنيترونات المتعادلة الشحنة وتدور حول هذه النواة الالكترونات سالبة الشحنة، راجع شكل رقم(1).



شكل رقم(1)

وبالنسبة للمواد الكهربائية فان تسليط مجال كهربائي (فولتية) بين طرفي الموصل يؤدي الى تنظيم الالكترونات تحت تأثير المجال الكهربائي مولدة تيار كهربائيا.

ان مرور التيار الكهربائي في الموصل يسبب توليد حرارة تتناسب طرديا مع مقاومة الموصل إضافة الى ذلك فإن تسخين الموصل يسبب زيادة مقاومته نظرا للزيادة الحاصلة في حركة الالكترونات الطليقة بصورة عشوائية بخلاف اتجاه التيار الكهربائي.

المواد الموصلة (Conductors)

الموصل عبارة عن سلك او مجموعة اسلاك ملفوفة على نفسها غير معزولة عن بعضها البعض ويمكن ان يكون الموصل مجموعة من الاسلاك النحاسية مرتبة على اشكال ذات مقاطع مربعة الشكل او مستطيل والتي تدعى قضبان التوصيل او قد تكون مرتبة باي شكل حسب الغرض المصممة والمستخدمة من اجله الموصل ويكون عادة من مادة النحاس او الالمنيوم.

ايصالية المعدن ومقاومة السلك

تتميز الاسلاك والموصلات بنوعين من المقاومات:

أولا: المقاومة الكهربائية: والتي تتمثل بقيمة المقامة المقاسة لسلك مطبق على طرفيه جهد (فولتية) يمر خلاله تيار ، تتمثل العلاقة والتي تعرف يقانون اوم بالعلاقة التالي:

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

حيث ان:

V هي قيمة الجهد المطبق والمقاس بالفولت.

I هي قيمة التيار المار بالسلك ويقاس بالأمبير.

R هي قيمة المقاومة الكهربائية والمقاسة بالأوم.

مثال: ماهي قيمة المقاومة المقاسة للسلك مربوط على مصدر كهربائي بقيمة 12 فولت ويمر بالسلك تيار مقداره 3 ملي امبير.

الحل:

حسب قانون اوم:

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

اذن:

$$\mathbf{R} = \frac{\mathbf{12}}{3 * 10^{-3}}$$

$$=\mathbf{4k\Omega}.$$

ثانيا: المقاومة النوعية: تعتمد مقاومة السلك النوعية على ابعاد السلك من حيث الطول ومساحة المقطع العرضي للسلك بالإضافة الى قيمة النوعية للسلك والتي تعتبر من ثوابت الاسلاك، تعرف العلاقة الرياضية للمقاومة النوعية بالقانون التالي:

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

حيث ان:

A يمثل مساحة المقطع العرضي للسلك ويقاس بالملم^2.

L يمثل طول السلك ويقاس بالمتر

ρ يمثل قيمة ثابت المقاومة النوعية للمادة المصنوع منها السلك وتقاس(اوم.متر)

مثال: اوجد قيمة المقاومة لسلك نحاسي طوله (1cm) ومساحة مقطعه العرضي ($12.5*10^{-6}$) متر مربع والمقاومة النوعية للسلك($0.004\Omega.m$)؟

الحل:

حسب العلاقة السابقة لقيمة المقاومة النوعية يكون الحل كالتالي:

$$\frac{0.004 * 1 * 10^{-2}}{12.5 * 10^{-6}}$$

$$=3.2\Omega$$

التأسيسات الكهربائية

المحاضرة الثانية

أنواع الموصلات

تعتبر الفلزات من اهم المواد المستخدمة في الصناعات الكهربائية، وتتميز الموصلات بصورة عامة بمقاومتها الواطئة وسهولة مرور التيار الكهربائي فيها. هنالك نوعين من الموصلات المستخدمة في التأسيسات وهي:

1-موصلات صلبة: عبارة عن موصل ذو مقطع واحد يستخدم للأحجام الصغيرة من الموصلات وبصورة رئيسية للسلك المفرد لغاية (10ملم^2).

2-الموصلات المجدولة (المفتولة): يتكون من سلك مركزي مفرد يحاط بطبقات متتالية من الجدائل والشعيرات متساوية في القطر وتحتوي على(6,12,18,24) شعيرة تلف لفا حلزونيا وتكون مرنة للأحجام الصغيرة ولكنها ضعيفة المرونة للأحجام الكبيرة لغاية 240ملم.

العوامل التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند اختيار موصل:

1.قابلية التوصيل (الموصلية)تعرف بالعلاقة:

$$G = \frac{1}{R}$$

2.الخواص الميكانيكية: من حيث

*الوزن النوعي

*درجة الانصهار.

*مقاومة الشد.

فيما يلي اهم الموصلات الموجودة مرتبة حسب جودتها في توصيل التيار الكهربائي وكما يلي:

1-الذهب.

2-الفضة.

3-النحاس.

4-الالمنيوم.

5-الفولاذ الصلب.

6-التنكستن.

7-مواد أخرى.

علما بان الذهب والفضة نادرتا الاستخدام بسبب ارتفاع أسعارها.

خصائص الموصلات

أولا: النحاس

الخواص الميكانيكية للنحاس:

- الوزن النوعي =8.96غم/سم^2.
- درجة الانصهار =1083درجة مئوية.
- مقاومة الشد=40كغم /ملم^2.

مميزات النحاس:

1. الموصلية الحرارية والكهربائية عالية ($56/mm^2$).
2. مقاومة عالية للتأكسد والتآكل.
3. تسهل عملية لحامة.
4. قوة تحمل النحاس للشد ومتانته لذا يسهل سحبه الى اسلاك رفيعة.
5. انخفاض سعره.

استعمالات النحاس:

1. خطوط نقل الطاقة الكهربائية نظرا لمتانته العالية.
2. عمليات لف المحركات.
3. صناعة قطع الموحدات(Comutater).
4. صناديق التوزيع (Bas-Bar) الرابطات النحاسية.

ثانيا: الالمنيوم

الخواص الميكانيكية للألمنيوم:

- مقاومة الشد = 9 كغم / ملم^2.
- درجة الانصهار=657 درجة مئوية.
- مقاومة الشد لألمنيوم اللدن 9كغم/ملم^2 وتصل قيمتها الى 16كغم /ملم^2 بالنسبة لألمنيوم الصلد، بينما تكون قيمة مقاومة الشد لقضبان الألمنيوم الرخو 8كغم/ملم^2.

ميزات الالمنيوم:

1.خفة وزنه.

2.انخفاض سعره.

3.ارتفاع الموصلية الكهربائية 34أوم / ملم ^{2}.

4.يقاوم التآكل والتأكسد لتكوينه أوكسيد الالمنيوم.

5.يمكن زيادة متانته بإضافة مادة المغنيز.

6.صعوبة لحامه.

استخدامات الالمنيوم:

1.أفضل من النحاس في خطوط نقل الطاقة الكهربائية.

2.يستخدم في الكيبلات المعزولة لخفة وزنه.

3.يستخدم في صناعة اغلفة المعدات الكهربائية لتكوين طبقة من أوكسيد الالمنيوم.

4.يستخدم الالمنيوم الرخو والصلب في صناعة قضبان التوصيل الكهربائي.

ثالثا: الفولاذ الصلب

لا يستخدم الفولاذ بكثرة كموصل كهربائي نظرا لانخفاض موصليته الكهربائية، اما الفولاذ الذي يحتوي على نسبة من الكاربون (0.15-0.1) في المائة فانه يستخدم في صناعة الاسلاك وتصل قيمة مقاومته الى (13%) اوم.ملم^2/متر وذلك في حالة التيار المتناوب نظرا لخصائص المغناطيسية للفولاذ. مقاومة الشد لأسلاك الفولاذ(70-75) كغم/ملم^2.واستطالة(8-5) في المائة ويصل معامل المقاومة الحرارية الى(0.005) لكل درجة.

ولا يستخدم الفولاذ كموصلات في نقل الطاقة وانما يستخدم لزيادة المتانة الميكانيكية في موصلات نقل القدرة العالية. مع موصلات النحاس والالمنيوم فيعطي ذلك مميزات اقتصادية كبيرة وخصائص ميكانيكية عالية وتقوى موصلات الالمنيوم بموصلات الفولاذ لخطوط نقل القدرة العالية بين الأبراج التي تكون بينهما المسافة كبيرة وتستخدم اسلاك الفولاذ المبرمة مع اسلاك الالمنيوم منفصلة لغرض التقوية. ان اسلاك الفولاذ تتحمل الاحمال او الجهد الكهربائي، وأسلاك الالمنيوم تتحمل توصيل التيار الكهربائي وتحسب المقاومة الكهربائية لموصلات (المنيوم.فولاذ) على أساس مقطع الموصلات للألمنيوم فقط. وهنالك نوع من الموصلات المزدوجة والتي تتكون من سلك نحاسي يغلف بمادة الفولاذ والذي يتميز بمميزات كهربائية عالية نتيجة لوجود النحاس ومتانة عالية لوجود الفولاذ وتستخدم مثل هذه الموصلات في صناعة أجزاء التوصيل في المعدات الكهربائية وقضبان التوصيل.

رابعا: التنكستن

الخواص الميكانيكية:

1-مقاومة الشد تتراوح مابين200-300كغم/ملم2.

2-درجة الانصهار34 10درجة مئوية.

3-الوزن النوعي 20غم/سم3.

استخداماته:

1-الهندسة اللاسلكية.

2-صنع فتائل المصابيح المتوهجة.

3-انابيب الاشعة السينية.

اشباه الموصلات (Semi-Conductor)

عبارة عن مواد صلبة تسمح بمرور التيار الكهربائي باتجاه واحد فقط ومن الأمثلة الموجودة على المواد شبه الموصلة هي السليكون والجرمانيوم والجاليوم. يتم التحكم في موصليتها الكهربائية بإضافة عناصر أخرى بكميات ضئيلة. شبه الموصل تكون مقاومته الكهربائية ما بين الموصلات و العوازل . كما يمكن لمجال كهربائي خارجي تغيير درجة مقاومة شبه الموصل. فالأجهزة والمعدات التي يدخل في تصنيعها، مواد شبه موصلة هي أساس الإلكترونيات الحديثة والتي تشمل الراديو والكمبيوتر والهاتف والتلفزيون وأجهزة أخرى كثيرة. والأجزاء الإلكترونية التي تعمل بأشباه الموصلات تشمل الترانستور والخلايا الشمسية و الصمامات الثنائية والثنائيات باعثة الضوء و مقومات التيار المتردد التي تعمل بالسيليكون، والدوائر المتكاملة التناظرية والرقمية. وكما تمثل ألواح الطاقة الشمسية أكبر مثال لأجهزة التي تعمل بالمواد شبه الموصلة، حيث تقوم بتحويل الطاقة الضوئية إلى طاقة كهربائية عن طريق استخدام الواح خاصة مصنوعة من مواد شبة موصلة.

التأسيسات الكهربائية

المحاضرة الثالثة

المواد العازلة(العوازل)

Insulator

تمتاز بان لها مقاومة عالية جدا لمرور التيار الكهربائي بسبب الحاجة الى طاقة عالية لتحريك الالكترونات وانعدام الالكترونات الطليقة في المادة. ان كل عازل يمكن ان يكون موصلا إذا تجاوز عمل العازل للجهد الكهربائي المسلط عليه فوق جهد الانهيار حيث يصبح العازل موصلا ويختلف جهد الانهيار حسب نوع المادة العازلة. تدخل العوازل في كثير من المجالات الكهربائية سواء في الدوائر الالكترونية الصغيرة او في منظومات القدرة العالية ومجالات الضغط الفائق ويتم اجراء العديد من الفحوصات والاختبارات للحصول على مواد عازلة تلائم متطلبات العمل وملائمتها مع قيم الأخرى مثل الفولتية او درجة الحرارة او التردد. تكون العوازل اما صلبة او سائلة او غازية.

الخصائص الحرارية

هي قدرة المادة على العزل الحراري، ويتم قياس هذه القدرة عادة بمعامل التوصيل الحراري، فكلما قل معامل التوصيل الحراري كلما زادت مقاومة المادة لنقل الحرارة والعكس صحيح، ويتضح من ذلك أن المقاومة الحرارية تتناسب عكسياً مع معامل التوصيل الحراري. ويتم انتقال الحرارة خلال المادة العازلة الصلبة بالتوصيل. ويلاحظ أن المواد العاكسة تعدّ مواداً فعالة في العزل الحراري لقدرتها العالية على رد الإشعاعات والموجات الحرارية. وتزداد قدرة هذه المواد على العزل بزيادة لمعانها وصقلها، وإضافة لما ذكر من خواص حرارية فإن هناك خواص أخرى كالحرارة النوعية والسعة الحرارية ومعامل التمدد الحراري والانتشار والتي يلزم معرفتها لكل مادة عازلة.واعتمادا على تحمل المواد العازلة لدرجات الحرارة يتم تصنيفها الى ما يلي:

1-الصنف O: يتحمل حرارة تصل الى 90°ويتكون المواد اما بشكل مفرد او بشكل مجموعات مثل القطن والورق والحرير.

2-الصنف A: درجة الحرارة القصوى التي يتحملها العازل 105°ويشمل القطن والورق والحرير بعد معالجتها بالزيت او الورنيش العازل.

3-الصنف B: درجة الحرارة 130°ويشمل مواد المايكا الاسبستوس ونسيج الزجاج.

4-الصنف F: درجة الحرارة 155°ويشمل مواد الصنفB بعد معالجتها بمواد لاصقة.

5-الصنف H: يتحمل درجة حرارة 180°ويشمل مواد السليكون المرن ونسيج الزجاج الاسبستوس بعد معالجتها بمواد لاصقة مثل صمغ السليكون.

6-الصنف E: درجة الحرارة °222في هذا النوع من العوازل يتم تركيب مواد عازلة مع بعضها بحيث يصل درجة تحملها الى °222.

7-الصنف C: وتشمل العوازل التي تتحمل درجة حرارة اعلى من°222مثل الواح المايكا النقية والخزف الصيني والزجاج والكوارتز وغيرها من المواد الغير عضوية والتي تشمل المواد التي لا يدخل الكاربون في تركيبها.

أنواع العوازل

تقسم العوازل الى:

1. عوازل صلبة: مثل العوازل المطاطية والعوازل البلاستيكية والاسبستوس والمايكا.
2. عوازل غازية: مثل الهواء.
3. عوازل سائلة: مثل زيت المحولة.

أولا: العوازل الصلبة وتشمل:

A-العوازل المطاطية: هنالك أنواع من العوازل المطاطية ،وفيما يلي شرح لبعض أنواعها:

- المطاط المكلفن (Valganized -Rubber): يرمز له بالرمز(V.R.I) ويستخدم بكثرة بعد معالجته بالكبريت بنسبة 5%لتحسين خواصه الميكانيكية وذا مقاومة للماء ومرونة مناسبة، اما بالنسبة لاستعمالاته يستخدم لتغليف الاسلاك الكهربائية، اقصى درجة حرارة يتحملها هذا النوع من العوازل هو°55.
- المطاط البيوتيلي(Bulty-Rubber): تعمل هذه العوازل في درجة حرارة اعلى من المطاط المكلفن حيث تصل درجة حرارة تحمل العازل الى 88°لكن ذات تحمل ميكانيكي قليل. ولديها مقاومة عالية للزيوت المعدنية والمواد الكيمائية وقليلة التأثر بالماء.
- المطاط السليكوني: من أهم مميزاته انه يتحمل درجات الحرارة العالية جدا والمنخفضة جدا فهو يتحمل حرارة أكثر من 145°وله درجة مقاومة عالية.وكذلك عازل للكهرباء. لكن مقاومته للأحماض والقلويات ضعيفة. وخواصه الميكانيكية ضعيفة وخصوصا قوة الشد كما وثمنه غالي نسبيا، يستخدم في تركيب الانارة المغلقة.

B-العوازل البلاستيكية

- بولي فينول كلوريد(P.V.C): يعتبر هذا النوع من المواد المقاومة للماء والصدأ وكذلك التحمل الكيماوي العالي للأحماض والقلويات والزيوت. هذه المادة تصبح لدنة القوام عند درجات الحرارة التي تتجاوز 57° وتبدي مقاومة ضعيفة عند درجات الحرارة المنخفضة جدا حيث تبدأ المادة بالتشقق.

- بولي كلوروبين(P.C.P): يتميز هذا النوع من العوازل البلاستيكية عن باقي الأنواع بمقاومته الممتازة للزيوت والبترول ورغوة الكبريت والامونيا، لكن يجب ان لا تزيد درجة حرارة تشغيل العازل عن°55 وهذه المادة تكون مناسبة لتوصيلات المزارع والأماكن ذات الرطوبة العالية.

C-الاسبستوس: يصنع على شكل ورق او شرائط او الواح ويدخل في تركيبه لب الخشب او الغراء بنسبة (20%-10%) لزيادة قوته باعتباره من المواد المتوفرة بشكل هش، كما ان لهذه المادة خاصية تحمل الحرارة ولكن في حالة التعرض لدرجات حرارة عالية فان الاسبستوس سوف يفقد السوائل من تركيبة ويفقد المتانة ويتحول الى مادة هشة.

D-المايكا: من اثمن أنواع المواد العازلة وتتميز بما يلي:

1. قوة عزل عالية.
2. مقاومتها للضغط الميكانيكي والكهربائي عالية.
3. الفقد الكهربائي اثناء الاستخدام قليل جدا.
4. مقاومتها للمواد الحمضية عالية جدا.
5. درجة المرونة مقبولة ضمن حدود العمل.
6. قوتها الميكانيكية عالية جدا.
7. امتصاصها للرطوبة منخفض.
8. توصيل الحراري عالي.
9. التأثر بالحرارة المرتفعة بنسبة قليلة.

ثانيا: العوازل الغازية

تعتبر من العوازل التي لها أهمية كبرى واستخدامات كثيرة وخاصة في المجال الكهربائي، ومن اهم الأمثلة على هذه العوازل وأشهرها الهواء والنتروجين والهيدروجين واللذان يستخدمان في المولدات والمكائن الكهربائية ولهما خاصية العزل والتبريد.

الهواء: يعتبر عازل طبيعي في الشبكات الهوائية لكل من الضغط العالي والمنخفض ويستخدم في قواطع الدورة للضغط المنخفض، كما ويستخدم الهواء المضغوط كعازل وقاطع للشرارة الكهربائية عند حدوث دوائر القصر يعتمد جهد الانهيار للهواء على عدة عوامل وهي الجهد الكهربائي ودرجة حرارة المحيط والرطوبة، والذي يساوي (30 kv/cm) عند الضغط الجوي ودرجة حرارة تساوي°20.

ثالثا: العوازل السائلة

يعد الزيت من اهم العوازل المســـتخدمة في المحولات وقواطع الدورة التي تعمل بالزيت لكل من الضـــغط العالي والمنخفض وتكون مهمة في قواطع الدورة إضـــافة الى العزل الكهربائي لإخماد الشـــرارة الكهربائية التي تحدث في حالة التوصـيل والفصـل مع وجود الاحمال او حدوث دوائر القصـر وتحمي قواطع الدورة من الانصـهار كما تسـتعمل لتزيت المحولات والمكائن الكهربائية.

الشروط الواجب توفرها في العوازل الزيتية

1. ان يكون الزيت على درجة عالية من النقاوة.
2. ان تكون نسبة الرطوبة قليلة.
3. درجة الحرارة العالية تؤدي الى انهيار الزيت.
4. عدد مرات القصر والفصل والتوصيل، وهذا يسبب حدوث تأين في ذرات الزيت.
5. يقاس جهد الانهيار للعوازل الزيتية (70–120) كيلو فولت لكل سم.

الخواص الميكانيكية للمواد

- **الشد** : هو عبارة عن قوة تؤثر على المادة في اتجاه معين وهو عملية تجري لدراسة مدى ما تحمله المادة من إجهاد ميكانيكي .

وحدته هي نفس وحدة القوة / نيوتن .

الإجهاد (Stress) : عبارة عن القوة الواقعة بشكل عمودي على وحدة المساحة

$$P = \frac{F}{A} N/M^2$$

$$\text{الاجهاد} = \frac{\text{القوة}}{\text{المساحة}}$$

- **الاستطالة** : هي الزيادة الحاصلة من طول موصل أو مادة عندما يتعرض لقوة شد أو ضغط .

نفرض أن الطول الأصلي = L_1 . نفرض أن الطول النهائي بعد تأثير القوة = L_2

الاستطالة في حالة الشد = $\Delta_L = L_2 - L_1$

الاستطالة في حالة الضغط = $\Delta_L = L_1 - L_2$

الاستطالة النسبية : (Strain الانفعال) ويرمز لها "e" =

$$\text{الانفعال} = \frac{\text{الزيادة في الطول}}{\text{الطول الأصلي}} = e = \frac{\Delta L}{L}$$

- **المرونة** : (Elastic) : هي قابلية المادة على استرجاع شكلها الأصلي بعد زوال المؤثر . ويرمز لها "E" . وان ما تحدثه الاجهادات الميكانيكية على مواد الموصلات :

1. زيادة طول الموصل .
2. نقصان في مساحة المقطع المستعرض .
3. زيادة في قيمة المقاومة ونقصان في قيمة الموصلية .

قانون هووك : ينص على انه عندما تحمل المادة ومع الحدود السوية للمرونة فان الإجهاد سوف يتناسب مع الانفعال والشكل الرياضي .

معامل المرونة = معامل يونك $E = \frac{P}{e}$

P Stress الاجهاد $P = E.e$ $P = \frac{F}{A}$

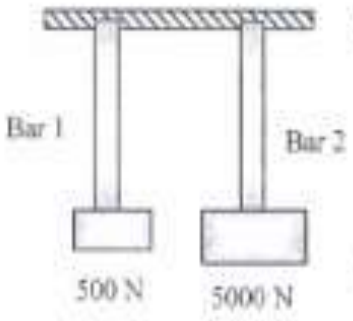
e Strain الانفعال $e = \frac{P}{E} = \frac{F}{A.E}$

ويمكن أن تصل أي علاقة وبالشكل الآتي وعندما يكون السلك تحت تأثير وزنه :

التغير في الطول $\begin{cases} \Delta_L = e.L \\ \Delta_L = \frac{F.L}{A.E} \end{cases}$

مثال :

سلكين متساوين في الطول ومن مادتين مختلفتين متدليان من مسند واحد مشترك مساحة المقطع العرضي للأول ($10mm^2$) وعلق ثقل مقداره $500N$ والثاني مساحة مقطعه ($1000mm^2$) وعلق ثقل مقداره $5000N$ فما هو الإجهاد لكل منهما ؟؟



الإجهاد = $P = \frac{F}{A}$ $P_1 = \frac{500}{10*10^{-6}} = 50*10^6\ N/m^2$

$P_2 = \frac{5000}{1000*10^{-6}} = 5*10^6\ N/m^2$

مثال :

سلك طوله $100cm$ ومساحة مقطعه $4cm^2$ وضع تحت تأثير قوة مقدارها $1000Kg$ فإذا كان معامل المرونة $2*10^6\ kg/cm^2$ أحسب :

1. مقدار الاستطالة للسلك
2. الإجهاد
3. الانفعال

الاستطالة $\Delta L = \frac{F.L}{A.E}$ أو el

$= \frac{1000*100}{4*2*10^6} = 0.0125cm$

الإجهاد $P = \frac{F}{A} = \frac{1000}{4} = 250kg/cm^2$

الانفعال $e = Strain = \frac{P}{E} = \frac{250kg/cm^2}{2*10^6\ kg/cm^2} = 0.000125$

المحاضرة الخامسة

الخواص المغناطيسية

تُعرف القوة المغناطيسـية على أنها القوة التي تؤثر بها المواد الممغنطة بعضـها في بعض. ويمكن أن تكون هذه القوة بين مواد أخرى غير ممغنطة، كما يمكن أن تكون بين مادة ممغنطة وجسم متحرك مشحون بشحنة كهربائية، أو بين أجسـام متحركة مشـحونة بشـحنة كهربائية، حيث إن المسـبب الرئيسـي للمجال المغناطيسـي هو حركة الشحنات.

أنواع المواد المغناطيسية:

تصنف المواد المغناطيسية اعتمادا على قيم التأثيرية المغناطيسية وعلاقتها بدرجة الحرارة إلى:

1-المواد الدايامغناطيسية.

2-المواد البارا مغناطيسية.

3-المواد الفيرومغناطيسية.

1-المواد الدايامغناطيسية:

هي المواد التي تميل إلى الابتعاد عن المجال المغناطيسي مهما كان اتجاهه وإذا أتيحت لها حرية الدوران فإنها تجعل أطوال محاورها متعامدة على خطوط المجال المغناطيسـي ومن هذه المواد (الغازات الخاملة والنحاس والذهب والسيلكون والفضة والماء والنتروجين والزئبق والهيدروجين).

2-المواد البارا مغناطيسية:

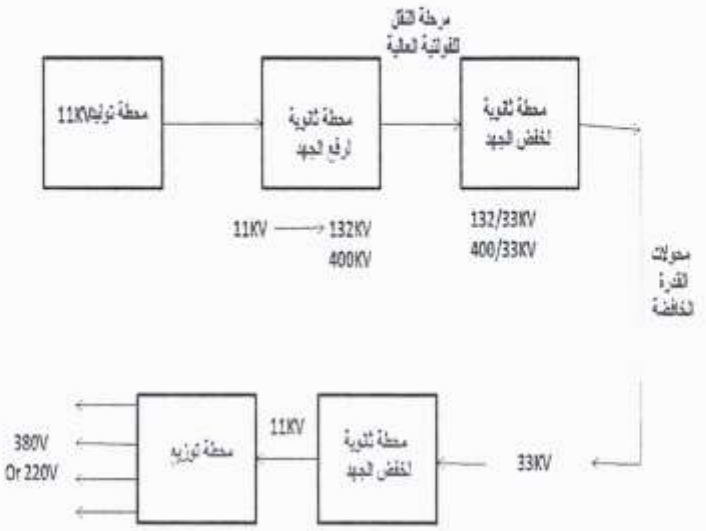
هذه المواد تميل للحركة من المناطق الضعيفة في المجال المغناطيسي إلى المناطق القوية وبمعنى آخر فإنها تنجذب نحو المغناطيس وإذا كانت حرة الدوران اتجهت أطوالها باتجاه يوازي المجال المغناطيسـي المؤثر. ومن هذه المواد (الألمنيوم والصوديوم والأكسجين والتيتانيوم).

3-**المواد الفيرومغناطيسية:** اي المواد التي تمتلك مغناطيسية دائمة والتي تتأثر بالمجال المغناطيسي الأرضي مثل الحديد والكوبالت والنيكل وتتحول المواد الفيرومغناطيسية إلى مواد بارا مغناطيسية أذا أصبحت درجة حرارتها أعلى من درجة حرارة معينة وعند تبريدها فإنها سوف ترجع إلى الصفة الفيرومغناطيسية.

- **الخطوط المغناطيسية والقطب المغناطيسي:** عبارة عن خطوط وهمية تتبع من القطب الشمالي باتجاه القطب الجنوبي مكملة مسارها داخل القطعة المغناطيسية، اما بالنسبة للقطب المغناطيسي فهو مجموعة من النقاط تقع على طرفي القطعة الممغنطة تكون فيها قوة الجذب أكبر ما يمكن.

كيفية تغذية المستهلك بالطاقة الكهربائية

- المراحل التي تمر بها الطاقة الكهربائية من محطات التوليد الى ان تصل الى المستهلك :



1. مرحلة التوليد : وهي عبارة عن مكائن توليد (مولدات) يتراوح جهدها بين
$(3.3-6.6-11)Kv$
وأنواع محطات التوليد :

أ. محطات غازية ب. محطات كهرومائية ج. محطات الطاقة النووية

2. محطة تحويل الجهد المتولد إلى جهد عالي لغرض نقل الجهد العالي وذلك لتقليل الخسائر الحاصلة في خطوط النقل $(Ploss=I^2R)$. ويتراوح الجهد العالي $Kv(66-400)$ ويتم ذلك بواسطة محولات رافعة للجهد .
3. قضبان توزيع ومحطات استلام وتسليم الجهد العالي إلى خطوط النقل وتحتوي على مفاتيح عمومية.
4. خطوط نقل الطاقة بالجهد العالي .
5. محولات خافضة للجهد العالي إلى جهد متوسط يتراوح بين $Kv\ (3.3-11)$.
6. شبكة خطوط النقل بالجهد المتوسط عبارة عن قضبان ومفاتيح عمومية .
7. محولات خافضة للجهد من المتوسط إلى الجهد المنخفض $380v$ في نظام $(3ph)$ و $220v$ في نظام الطور الواحد $(1oh)$.
8. شبكة خطوط نقل الطاقة الكهربائية لجهد المنخفض $v(380-220)$.

♦ كيفية تغذية الدور والمحلات والوحدات الصناعية بالطاقة الكهربائية :

1. نظام أحادي الطور :

عبارة عن سلكين احدهما السلك الفعال (R) والآخر المتعادل (Mp, N) وتتم هذه التغذية في الحالات التالية :

- عدم وجود أجهزة ومكائن ثلاثية .
- الاستهلاك القليل للطاقة .

2. نظام ثلاثي الطور $(3\,ph)$:

عبارة عن ثلاث خطوط فعالة $(R.S.T)$ وخط متعادل N وتتم هذه التغذية في الحالات التالية :

1. وجود أجهزة ومكائن ثلاثية الطور .
2. الحاجة إلى الاستهلاك كبيرة .

◆ **لوحات التوزيع الكهربائية :**

لوحة التوزيع : عبارة عن صندوق معدني يحتوي على عدد من الفواصم أو أي نوع من أنواع وسائل الحماية مرتبة لتوزيع الطاقة الكهربائية ويختلف عددها حسب حجم اللوحة .

◆ **المتطلبات الواجب مراعاتها عند اختيار موضع لوحة التوزيع :**

1. وجود جدار أو مسند تنصب عليه .
2. سهولة الوصول إليها لتوصيل الكيبلات الخارجة منها .
3. سهولة وصول الأفراد لعمل الصيانة والإصلاح .
4. يجب أن يختار مكان بعيد عن الرطوبة والمؤثرات المناخية وبعيدة عن متناول الأطفال .

◆ **أنواع لوحات التوزيع حسب أجهزة الحماية المستخدمة في اللوحة :**

1. لوحة توزيع ذات فواصم قابلة للتسليك .
2. لوحة توزيع ذات فواصم ذات حساسية عالية .
3. لوحة توزيع ذات قواطع دورة صغيرة وكبيرة المدى .

◆ **أنواع لوحات التوزيع حسب موقعها من الأحمال :**

1. **لوحة التوزيع الرئيسية :** يتم تغذيتها بالطاقة الكهربائية من الخط الرئيسي الذي يغذي البناية ومنها يتم تغذية اللوحات الأخرى .
2. **لوحة التوزيع الثانوية :** يتم تغذيتها من اللوحة الرئيسية وتحتوي على فواصم وقضبان توزيع .
3. **لوحة التوزيع النهاية :** يتم تغذيتها من لوحة التوزيع الثانوية وتتم تغذية خطوط الحمل وتحتوي على قواطع صغيرة المدى أو فواصم وقضبان توزيع .

◆ **وتحتوي لوحة التوزيع الرئيسية على الأجهزة التالية :**

1. جهاز قياس التيار للأطوار الثلاثة .
2. جهاز قياس الفولتية .
3. جهاز قياس الطاقة الكهربائية (Kwh) .
4. جهاز قياس معامل القدرة $(P.f)$.
5. جهاز قياس التردد .
6. جهاز قياس حماية ضد انخفاض الفولتية وجهاز حماية ضد تسرب التيار إلى الأرض .
7. قضبان توزيع .
8. مصابيح دلالة أو إشارة .

◆ **كيفية ترقيم أو تأشير لوحات التوزيع :**

جميع لوحات التوزيع يجب أن ترقم أو تؤشر بواسطة الحروف والأرقام فمثلاً :

الإنارة : *L* *Lighting*

التدفئة : *H* *Heating*

التبريد : *C* *Cooling*

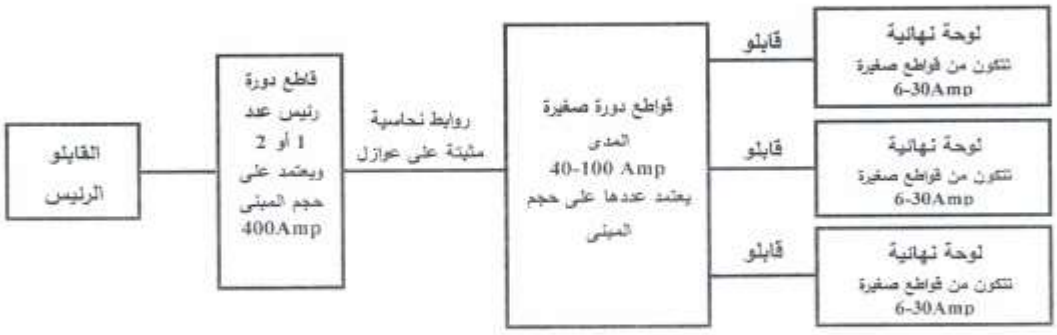
وكل لوحة يجب أن تحتوي على خارطة توضح الدوائر الكهربائية التي تسيطر عليها اللوحة ومقدار التيار لكل دائرة وحجم قواطع الدورة عند اختيار لوحة التوزيع يجب أن تكون ذات تحمل اكبر للحمل المربوط بمقدار 20% وتترك هذه الزيادة كاحتياط .

◆ **كيفية تغذية بناية كبيرة بالكهرباء :**

قبل البدء في تغذية أي بناية يجب دراسة الأمور التالية :

1. نوعية الأحمال الموجودة في البناية .
2. كمية التيار المطلوب للأحمال .
3. الفولتية والتردد المطلوبين للأحمال .
4. كيفية إيصال الطاقة الكهربائية للبناية (خط هوائي – داخل الأرض) .
5. التوسعات المستقبلية للبناية .
6. الكلفة الاقتصادية .
7. يجب تأمين الطاقة للبناية بحيث لا يحدث زيادة او نقصان في التردد عن 1% وفي الجهد عن 6% .

عند تغذية أي بناية كبيرة تصمم لوحة توزيع كبيرة تشمل لوحات التوزيع الرئيسية والثانوية، وتوضع هذه اللوحة داخل غرفة خاصة بالبناية في الطابق الأرضي (أو السرداب) .



أنواع المفاتيح المستخدمة في التأسيسات الكهربائية

المفاتيح هي أجهزة ميكانيكية لديها مخرجان أو أكثر والتي ترتبط داخليا إلى مخارج معدنية التي يمكن فتحها أو إغلاقها من قبل المستخدم أو صانع الدائرة.

عند وضـــع المفتاح في موضـــح (التشـــغيل–on)، تتلامس المخارج المعدنية لأغلاق الدائرة ويســـري التيار الكهربائي بها، عندما تتلامس الأطراف المعدنية تغلق الدائرة الكهربائية، اما عندما تتباعد المخارج المعدنية تفتح الدائرة الكهربائية ولا يستطيع التيار الكهربائي العبور خلالها.

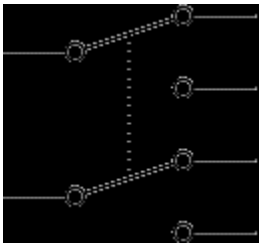
أنواع المفاتيح:

أولا: مفتاح احادي القطب ويشمل الأنواع التالية:

1–مفتاح ذو طريق واحد

2–مفتاح ذو طريقين (يستخدم لتسليك الدرج والقاعات الكبيرة).

3–مفتاح الوسطي يستخدم لإنارة الدرج لبناية متعددة الطوابق ومشابه في عمله لمفتاح الدرج.



ثانيا: مفتاح ثنائي القطب.

ثالثا: مفتاح ثلاثي القطب يستخدم في المحركات والأجهزة ذات التغذية الثلاثية الطور.

رابعا: مفتاح نجمي–مثلثي(Star–Delta) يســتخدم هذا النوع للســيطرة على المحركات ذات الاطوار الثلاثة والتي تحتاج الى تشغيلها Starثم يتم تحويلها الى Delta وخاصة في المحركات الكبيرة التي تزيد عن (3 KW).

خامســا: المفاتيح الضــاغطةpush button Switch . وهو مفتاح يعمل عندما تقوم بالضــغط عليه ويعود للفصل عند تركه وابسط مثال عليه هو مفتاح جرس الباب. وتتكون بصورة عامة من الأجزاء التالية:

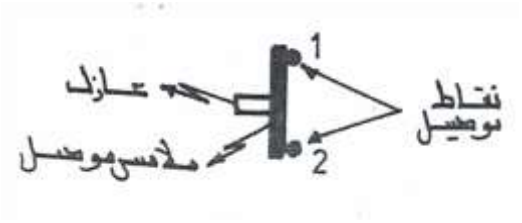
- نقطتي التوصيل.
- ملامس التوصيل.
- عازل على ملامس التوصيل.

مدرس المادة
م.م الاء عبدالوهاب

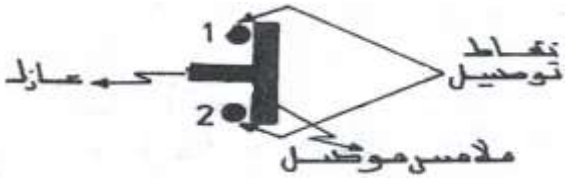
- نابض ارجاع.

ومن أنواع المفاتيح الضاغطة

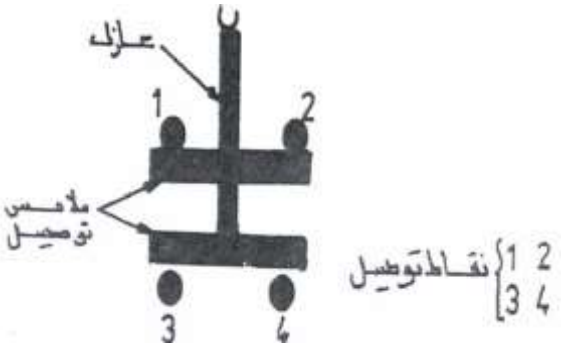
1. مفاتيح الغلقOn Push Button .



2. مفاتيح الفتح Off Push Button.



3. مفاتيح الغلق والفتح On–Off Push Button



مدرس المادة
م.م الاء عبدالوهاب

قواطع الدورة

وهو مفتاح يعمل تلقائيا لحماية الدوائر الكهربائية، من محركات كهربائية وأجهزه منزلية، وخطوط القدرة طويلة المدى، والدوائر الكهربائية الأخرى، من الضـــرر الناتج عن مرور تيار كهربائي عال جداً. وقد يمر التيار الكهربائي العالي في الدائرة الكهربائية، إما نتيجة عطب في الدائرة، أو نتيجة عامل خارجي إضـــافي مثل البرق.

ويصـمم كل قاطع دائرة، بحيث يسـمح بمرور حد أقصـى من التيار الكهربائي. وإذا زاد التيار الكهربائي عن هذا الحد، فإن الآلية الأوتوماتيكية داخل قاطع الدائرة، تقوم بفتح مجموعة من المفاتيح وتوقف التيار. وتتضمن الآليات المستخدمة في فتح مجموعة التلامس هي المغانط الكهربائية والنبائط الحساسة للحرارة.

مميزات قواطع الدورة:

1. يجب فتح جميع الاقطاب في حالة العطل.
2. يمكن اعادته الى العمل بعد زوال العطل بسهولة.
3. إمكانية استخدامه كمفتاح رئيسي للدائرة الكهربائية.
4. يمكن تحويل حالة ON/OFF لقاطع الدورة بدون خطورة تحت ظروف العطل.
5. زمن الفصل قصير جدا تحت ظروف العطل.
6. يعطي بيان واضح بوجود عطل في الدائرة الكهربائية عندما يتوقف عن العمل.

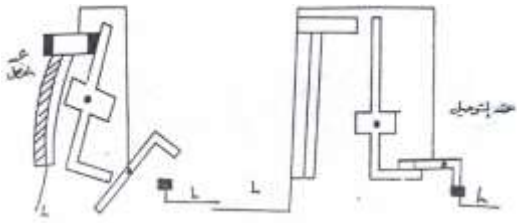
أنواع قواطع الدورة:

1-قواطع الدورة ذات الفصل المغناطيسي.

2-قواطع الدورة ذات الفصل الحراري.

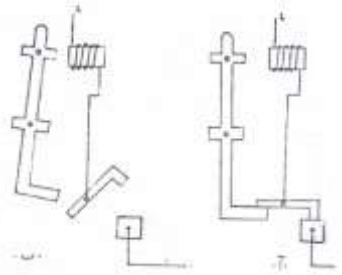
أولا: قاطع الدورة الحراري: يســتعمل تقنية القطع الحراري في القاطع الكهربائي في الحماية من الحمل الزائد. وهي تتكون أساسا من صفيحتان معدنيتان متصلتان ببعضـهما البعض وتتميز كل صـفيحة بنسبة تمدد عند الحرارة مختلفة عن الصـفيحة الأخرى. أي عندما تسـخن الصـفيحتان بفعل زيادة الحمل فإن هذا سـينتج عنه انحناء الصــفيحتان. ثم يتســبب هذا الانحناء الميكانيكي في فتح الدائرة وبالتالي قطع التيار. هذه التقنية هي أيضا مبدأ عمل المرحل الحراري (thermal relay) الذي يستعمل عادة لحماية المحركات من الحمل الزائد.

إعداد:
م.م الاء عبدالوهاب



قاطع الدورة ذو الية الفصل الحراري

ثانيا: قاطع الدورة المغناطيسي: يتميز هذا القاطع بسرعة قطعه للتيار في حال وصول التيار الى المستوى المطلوب للقطع المغناطيسي. ويتكون هذا القاطع أساسا من ملف (Electromagnetic coil) يمر من خلاله التيار. ويحول هذا الملف الطاقة الكهربائية إلى ميكانيكية في حالة وصلت قيمة التيار إلى قيمة تيار القطع المغناطيسي. ثم تتسبب هذه الطاقة الميكانيكية في فتح الدائرة.



قاطع الدورة ذو الية الفصل المغناطيسي

المصهرات

المنصهر عبارة عن عنصر سلكي، يَحترق أو ينقطع عندما يتجاوز التيار المار فيه حداً معيناً. يحمي المنصهرُ الدوائر الكهربائية من الضرر الذي تسبِّبه زيادة التيار. ويؤدي الوظيفة ذاتَها التي يقوم بها قاطع الدورة لكن دون إمكانية إعادة التشغيل، ولذا يجب تغييره عندما ينصهر. ان سرعة فعل المصهرات تفوق سرعة عمل قواطع الدورة الكهربائية.

يتألف المنصهر من سلك قصير، له تركيب محدد وسمك معيّن. وكلما ازداد سمك السلك، ازداد التيار اللازم لصهر المصهر وفتح الدائرة. فهي قطعة تركب في الدوائر الكهربائية والإلكترونية، تقوم بقطع تدفق التيار

إعداد:
م.م الاء عبدالوهاب

الكهربائي في حالة حدوث دائرة قصر (عند تلامس سلكي الكهرباء المتناقضين مع بعضها)، أو حمولة زائدة (عند توصيل عدة أجهزة كهربائية ذات استهلاك عالي في وقت واحد).

يعتمد مبدا عمل المصهر على المعاملات التالية:

- تيار المقنن: اقصى قيمة للتيار يمكن للمصهر (عنصر المصهر) تحمله لوقت معين بدون حدوث انصهار.
- تيار الانصهار: اقل قيمة للتيار يسبب انصهار المصهر.
- معامل الانصهار: هو النسبة بين تيار الانصهار والتيار المقنن وحسب العلاقة التالية:

معامل الانصهار= (تيار الانصهار /التيار المقنن)> 1.

- عنصر المصهر: هو الجزء الذي يصمم لينصهر ويقطع الدائرة عندما يمر خلاله التيار الزائد عن التيار المقنن.

كيفية اختيار المصهر المناسب لحماية دائرة كهربائية معينة:

1. حساب التيار المار في الدائرة.
2. اختيار المصهر لتحمل كمية من التيار أكبر بقليل من القيمة المحسوبة وحسب العلاقة التالية:

$$I_{fuse}=1.2*I_{circuit}$$

مكونات المصهر:

- قاعدة المصهر: جزء ثابت يتصل بأطراف الدائرة المراد حمايتها.
- حامل المصهر: الجزء الذي يحمل عنصر المصهر.
- عنصر المصهر: سلك مصمم على ان ينصهر عندما يمر خلاله تيار اعلى من القيمة المقدرة للمصهر تحمله.

أنواع المصهرات:

1. مصهرات قابلة للتسليك.
2. مصهرات انبوبية(خرطوميه).
3. مصهرات ذات السعة العالية.

إعداد:
م.م الاء عبدالوهاب

أولا: المصهرات القابلة للتسليك:

المميزات:

1-رخيصة الثمن.

2-سهولة تركيب المصهر.

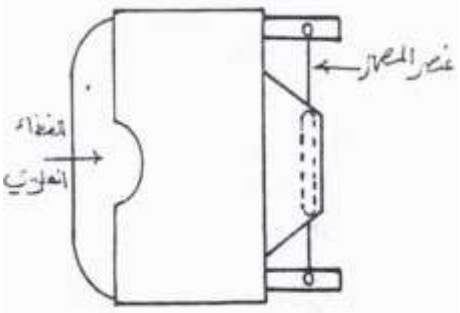
المساوئ:

1-تاكسد مادة المصهر مما يؤثر على مساحة مقطعه لذا يجب تغيير المصهر باستمرار.

2-من السهل على أي شخص قد يكون غير كفوء تبديل المصهر ولا يستطيع التمييز بالمواصفات المطلوبة للمصهر.

3-ان هذا النوع من المصهرات لا يفرق بين التيارات الزائدة (Over Currents) وتيارات بدء الحمل (Starting Currents) عند تشغيل المحركات لذا لا يفضل استخدامه لحماية المحركات.

4-عنصر المصهر معرض للرطوبة والحرارة ولا يوجد مؤثر يبين حالة المصهر.



ثانيا: المصهرات الانبوبية:

المميزات:

1-جيدة التوصيل.

2-عنصر المصهر غير معرض للرطوبة.

3-يمكن تحديد معامل الانصهار.

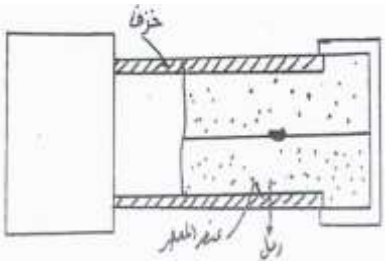
4-الانبوبة مصنوعة من السراميك القوي المقاوم للتصدعات.

المساوئ:

1-غير اقتصادي ولأيمكن اصلاحه (استبداله ضروري).

2-لايوجد عامل يبين حالة المصهر.

3-لايصلح للتيارات اللحظية العالية.



ثالثا: المصهرات ذات السعة العالية:

المميزات:

1-مصنوعة من السراميك القوي المقاوم للتصدعات.

2-معامل الانصهار يمكن تحديده بدقة.

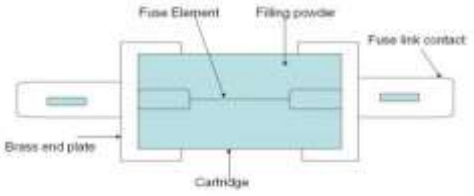
3-أطراف التلامس تصنع بطريقة جيدة فيحصل توصيل جيد.

4-يصلح للتيارات اللحظية مثل تيارات البدء خاصة في المحركات ويصنع المصهر من مادة الفضة الخالصة.

المساوئ:

1-غالي الثمن.

2-لاتفصل الخطوط الثلاثية في ان واحد مما يؤدي الى حدوث مشاكل.



إعداد:
م.م الاء عبدالوهاب

نظم التسليك

- **نظم التسليك :** هو الأسلوب أو كيفية مد أو سحب الأسلاك الكهربائية لتغذية الدوائر المختلفة في التأسيسات الكهربائية ، مثل دائرة الإنارة ، التدفئة ، الهواتف .

- **العوامل التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند اختيار نظام التسليك :**

1. نوع الحمل المراد تغذيته .
2. الأمد المتوقع لبناء التأسيس .
3. نوع البناء (خشب ، طابوق) .
4. درجة التحمل والمتانة المطلوبة .
5. الشكل أو المظهر العام المطلوب .
6. الكلفة الاقتصادية .
7. الظروف الغير طبيعية المحيطة بالتأسيس (رطوبة ، حرارة ، غازات) .

- **النظم المختلفة للتأسيسات الكهربائية :**

1. نظام التسليك باستخدام الموصلات الغير معزولة ، ويستخدم في :
   - التوصيلات الخاصة بالأرضي .
   - الجهود المنخفضة جداً بحدود (12 فولت) .
   - لوحات التوزيع بأنواعها .
   - المحطات الكهربائية تستخدم موصلات عارية مثبتة على عوازل خزفية .
2. نظام التسليك باستخدام الموصلات المعزولة .

أ . **نظام التسليك المثبت :** هو ارخص نظم التسليك من حيث الكلفة ، حيث يتم تثبيت كيبل ذو مقطع واحد أو أكثر باستخدام مثبتات مدورة على ارتفاع 2م حتى تكون بعيدة عن المؤثرات الميكانيكية، والمسافة بين كلبس وآخر (5 – 7) سم ، ويستخدم في التأسيسات الوقتية وفي الورش والأماكن التي لا يهم فيها الشكل أو المظهر العام .

ب. **نظام التسليك باستخدام العازل المطاطي القوسي (T.R.S)** ، يطلق عليه نظام العزل الكلي وهو يقلل الحاجة إلى التأريض حتى تتحقق السلامة من خطورة الصدمات ومن عيوبه :
   - ضعف المطاط ضد المؤثرات الخارجية .
   - يتأثر المطاط بالنفط والبنزين مع انه مرن ورخيص .
   - يجب أن لا تتعدى حرارة التشغيل عن $(65C^{\circ})$.

جـ. **نظام التسليك باستخدام العازل (P . V . C) البولي فينول – كلورايد** : هذه المادة اقل جودة من المطاط في خاصية المرونة وذات مقاومة عالية للنفط والزيوت وذو مقاومة عزل اقل من المطاط .

د . **نظام التسليك باستخدام العازل (P . C . P)** : تستخدم في الأماكن ذات الرطوبة العالية في حالة عدم استخدام ال(P . V . C) و (T.R.S) يستخدم في المزارع و الأماكن التي يتواجد فيها غاز الامونيا .

هـ. **نظام التسليك المغلف بالخشب** : نادر الاستعمال حالياً يصنع أخاديد لمرور الكيبل في الخشب .

و . **نظام الموصلات المعزولة ذات الحماية الميكانيكية** : يستخدم أنابيب لمرور الكيبل يتم تثبيتها قبل عملية اللبخ .

ميزاته :

1. حماية الكيبل ضد المؤثرات الخارجية .
2. التقليل من خطورة الحريق .
3. يعطي توصيل جيد .
4. في حالة حدوث عطل يمكن تصليحه بسهولة .

◆ **أنواع الأنابيب المستخدمة :**

أنابيب ذات قياس خفيف ، قياس ثقيل ، ألمنيوم ، نحاس ، بلاستيك صلد ، بلاستيك مرن.

◆ **نظم التسليك المستخدمة في الدور السكنية :**

1. نظام التسليك الظاهري :

تستخدم أسلاك معزولة بأحجام مختلفة حسب حاجة الحمل ، يتم تثبيت الأسلاك بواسطة كلبسات من الألمنيوم ، المسافة بينها من (5 – 7) سم ، ويتم تثبيت السويجات على ارتفاع 120سم ، عن مستوى سطح الأرض والمآخذ على ارتفاع 45سم . ومن أهم النقاط الواجب مراعاتها يجب أن لا يكون هناك تقاطع بين الأسلاك المثبتة تكون الخطوط مستقيمة والزوايا قائمة .

2. نظام التسليك باستخدام الموصلات المعزولة ذات الحماية الميكانيكية :

تستخدم أنابيب من الحديد أو الألمنيوم أو البلاستيك ويتم تثبيت الأنابيب داخل الكونكريت في الجدران قبل اللبخ ثم بعد عملية اللبخ يتم سحب ومد الأسلاك داخل البواري .

ويعتبر أحسن أنواع نظم التسليك غير انه غالي الثمن في حالة حدوث عطل في أي خط من خطوطه يمكن أجراء الصيانة بسهولة .

3-نظام التسليك باستخدام نظام السيمنس:

تستخدم اسلاك معزولة بمادة خاصة تقاوم الرطوبة وعدم تأثرها بالمواد الانشائية ويتم تثبيت الاسلاك قبل عملية اللبخ وكذلك حافظات المأخذ وبعد الانتهاء من عملية اللبخ يتم تثبيت باقي أجزاء الانارة وهذا التأسيس يعطي الشكل النهائي والمظهر العام وإذا حصل عطل في أي خط فيجب تبديل الخط كاملا ويتم تبديل الخط بشكل ظاهري مما يؤثر على الشكل والمظهر.

التأريـــض

- **التأريض** : هي عمل ارضي لكافة الأجهزة الكهربائية و التأسيسات الكهربائية .
- **المُؤرّض** : الجسم المربوط إلى قطب الأرض .
- **القطب الأرضي** : قضيب أو صفيحة معدنية أو أي موصل يدفن في الأرض لكي يستعمل لتأريض الأجسام المعدنية للأجهزة والمعدات الكهربائية .
- **سلك التأريض** : هو السلك أو الموصل النهائي الذي بواسطته يتم الربط بالقطب الأرضي .
- **التأريض المباشر** : هو الربط إلى القطب الارضي مباشرة دون فاصم أو مفتاح أو قاطع دائرة أو مقاومة .
- **موصل الترابط الأرضي (موصل التأريض المستمر) (E . C . C)** : هو السلك أو الموصل الذي يربط جميع الأجزاء المعدنية المراد تأريضها مع بعضها البعض ويربط إلى سلك التأريض ويمكن أن تكون الأنابيب المعدنية المستخدمة في التأسيسات الكهربائية أو الغلاف المعدني للقابلوات المسلحة .
- **المقاومة النوعية للأرض** : هي المقاومة بالاوم لكل سم^3 من الأرض .

- **القيم التقريبية للمقاومة النوعية للتربة :**

نوع التربة	المقاومة النوعية (أوم/سم)
أراضي المستنقعات	350 – 200
الأراضي الطينية	15000 – 400
الأراضي الرملية	50000 –5000
الأراضي الصخرية	100000 فما فوق

- **يستخدم الأرضي في المواقع التالية :**

1. الأبراج والأعمدة الخاصة بنقل الطاقة الكهربائية .
2. الهياكل المعدنية للأجهزة الكهربائية .
3. مانعات الصواعق .
4. نقطة الحياد (Nutral) .

إعداد
م.م الاء عبدالوهاب

أسباب استخدام الأرضي:

1. السماح بمرور تيار الخطأ (Fault Current) الى الأرض في حالة حدوث خطا او تيار قصر.
2. إذا حدث خطا في الأجهزة الكهربائية وحدث تماس بين الخط الفعال وجســـم الجهاز فإن جهد المعدن او هيكل الجهاز يصبح جهد الأرض أي صفر او أي جهد لا يوثر على حياة الأشخاص.

مبدا عمل الأرضي:

يعتمد على استحداث مسار ذو مقاومة قليلة جدا مقارنة بمقاومة جسم الانسان لكي يمر خلاله تيارات التسرب الأرضي في حالة حدوث خطا.

ملاحظة: يتم وضع ملح وفحم الخشن في حفرة خاصة بالأقطاب وذلك لامتصاص الرطوبة.

طرق تنفيذ الأرضي: هنالك عدة طرق لتنفيذ عملية التأريض واهمها:

1. طريقة القطب المغمور (Rod Electrod).
2. طريقة ارضي على شكل وتد (او مجموعة من الاوتاد).
3. طريقة الأرضي على شكل شريط (Strip Electrode).
4. طريقة الموصل المعدني.
5. طريقة الأرضي على شكل الواح (Plate Electrod).
6. طريقة الأرضي باستخدام الانابيب المعدنية.

أولا: طريقة القطب المغمور (Rod Electrod):

يستخدم عمود من النحاس او الحديد المكلفن لكي يقاوم التأكسد والتآكل بقطر (3/8، 3/4) انج، وبأطوال تتراوح بين (4–9) قدم. وفي حالة الحاجة الى تقليل مقاومة الأرضـي نربط عدة اقطاب على التوازي. تحسب المقاومة حسب العلاقة التالية:

$$\frac{1}{RT} = (\frac{1}{R1} + \frac{1}{R2} + \frac{1}{R3} + \cdots \ldots \ldots \frac{1}{RN})K$$

K ثابت يعتمد على المسافة بين الأقطاب ونوع التربة.

RT: المقاومة المكافئة.

n : عدد الأقطاب.

إعداد
م.م الاء عبدالوهاب

ثانيا: طريقة ارضي على شكل وتد (او مجموعة من الاوتاد):

يستخدم عمود من النحاس الأحمر بطول (3–1) متر وبقطر (25) ملميتر، او يستخدم الحديد المغطى بطبقة من النحاس لزيادة صلابته وخاصة في الأراضي الصلبة وتكون نهاية الوتد على شكل مخروط ونهايته العليا مغلقة على شكل قبعة. وتربط اسلاك التوصيل مع القطب ويدفن في الأرض بحيث تبقى نهايته العليا غير مغطاة ليتسنى فحص الأرضي وفحص نقاط التوصيل مع القطب، وتحتسب المقاومة الانتقالية كما يلي:

$$\text{مقاومة الأرض الانتقالية} = \frac{\text{المقاومةالنوعية(اوم.متر)}}{\text{طول الوتد(متر)}}$$

مثال: احسب قيمة المقاومة الانتقالية إذا كانت المقاومة النوعية 30اوم.متر وطول الوتد 2متر. مقاومة الأرض

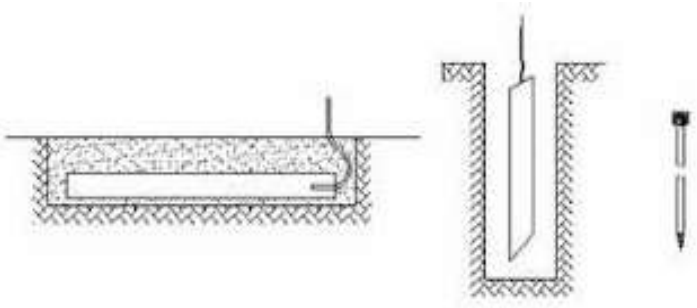
$$\text{الانتقالية} = \frac{30\text{(اوم.متر)}}{2\text{(متر)}} = 15\Omega.$$

وهنالك طريقة أخرى في حالة تعذر الحصول على مقاومة منخفضة لقطب الأرضي وهي ربط وتدين او أكثر على التوازي على ان تبعد الاوتاد عن بعضها بمسافة تتراوح ما بين(1.5–2) متر.

تحفر حفرة بعمق (1.5–2) متر او تعتمد المسافة على نوعية الأرض التي يتم تنفيذ الأرضي بها من ثم يوضع قطب الأرضي ومن ثم طبقة من التراب حوله بعدها طبقة من الملح وطبقة من الفحم ويجب تفادي وضع الملح مباشرة على القطب الأرضي لتجنب التآكل ويجب استبدال هذه المواد كل عدة سنوات.

ثالثا: طريقة الأرضي على شكل شريط (Strip Electrode):

يستخدم شريط من الحديد او النحاس ويتم دفنه على عمق 50سم وبعد حفر مجرى طيني وردمه بالتربة بعد توصيل موصلات الأرضي.



نماذج أقطاب أرضية - وتد أرضي - صفيحة أرضية

رابعا: طريقة الموصل المعدني:

يستخدم في هذه الطريقة اما نحاس عادي بحيث لا تقل مساحة مقطعه العرضي 35ملم^2 او من الحديد الغير قابل للصدأ وبقطر 2 ملم وينفذ بالشكل التالي:

يؤخذ الموصلين ويوضعا داخل الأرض على عمقين مختلفين الأول على عمق متر واحد والثاني يكون بعمق 2 متر وبحيث يشكلا معا حلقة مغلقة وبقطر 1.5 متر ويربط مع الحلقتين سلكين يخرجا فوق سطح الأرض ليربطا مع الشبكة الأرضية، تحسب المقاومة الانتقالية حسب العلاقة الاتية:

$$\text{مقاومة الأرض الانتقالية} = \frac{\text{المقاومةالنوعية(اوم.متر)}}{\text{نصف قطر الحلقة(متر)}}$$

مثال:اوجد نصف قطر الحلقة للموصل يراد ربطه كأرضي يتكون من سلك معدني اذا كانت قيمة المقاومة الانتقالية للأرضي 10 اوم وقيمة المقاومة النوعية 20 اوم.متر.

الحل: مقاومة الأرض الانتقالية $= \frac{\text{المقاومةالنوعية(اوم.متر)}}{\text{نصف قطر الحلقة(متر)}}$

حسب العلاقة السابقة يمكن حساب نصف قطر الحلقة كما يلي:

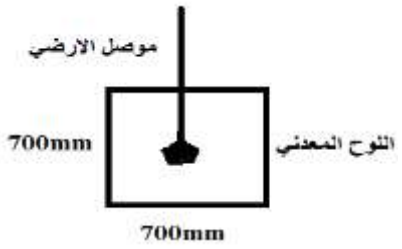
نصف القطر $= \frac{20}{10}$.

نق =2 متر.

خامسا: طريقة الأرضي على شكل الواح (Plate Electrod):

يستخدم اما لوح من الحديد بأبعاد(1*700*700) ملم، او لوح من النحاس الاحمر بأبعاد(1*1000*1000) ملم، حيث توضع اللوحة في الارضي بعمق (1.5-2) متر وبصورة عمودية ويمتاز هذا النوع من الأرضي بزيادة المساحة السطحية للتلامس مع الأرض مما يقلل مقاومة الأرض الانتقالية.

$$\text{مقاومة الأرض الانتقالية} = \frac{0.25*\text{المقاومةالنوعيةللتربة(اوم.متر)}}{\text{طول ضلع اللوحة (متر)}}$$



مثال: اوجد طول ضلع اللوحة المستعملة لصنع لوح معدني مستخدم للتأريض إذا علمت ان قيمة مقاومة الأرضي الانتقالية هي 5 اوم. متر وان قيمة المقاومة النوعية للأرض هي 20 اوم.

الحل:

حسب العلاقة السابقة يحسب طول الضلع كما يلي:

طول ضلع الوتد $= \frac{0.25*20}{5}$

=1متر.

سادسا: طريقة الأرضي باستخدام الانابيب المعدنية:

تستخدم شبكة الانابيب الباردة ويجب تجنب انابيب المياه الساخنة لتلافي الاخطار. ومن مساؤى هذه الطريقة انه عند حصول عطل او استهلاك بأحد الانابيب يتم تصليحها واستبدالها بأنابيب من البلاستيك فهذا يسبب قطع في الأرضي وهذه الطريقة غير مفضلة وقليلة الاستخدام.

أجهزة الفحص واختبار التأسيسات الكهربائية

أهم أجهزة القياس

- جهاز الفولت ميتر (voltmeter):
- يستخدم هذا الجهاز لقياس فرق الجهد المطبق بين طرفي حمل كهربائي ما أو لقياس جهد المصدر، يوصل هذا الجهاز على التوازي مع المصدر أو الحمل الكهربائي مع شرط سريان التيار الكهربائي أي يجب أن تكون الدائرة الكهربائية المراد قياس الفولطية لها مغلقة، ويحتوي هذا الجهاز على مفتاح اختيار لتحديد نوع الجهد المراد قياسه هل هو متردد ام ثابت.

- جهاز قياس التيار (الاميتر ammeter) :

يستخدم هذا الجهاز لقياس التيار الكهربائي المار في حمل كهربائي ما، يوصل هذا الجهاز مع الحمل المراد قياس تياره على التوالي مع مراعاة ان تكون الدائرة الكهربائية مغلقة، ويحتوي هذا الجهاز على مفتاح اختيار لتحديد نوع التيار المراد قياسه هل هو متردد ام ثابت.

- جهاز قياس المقاومة الاوم ميتر (ohmmeter) :

يستخدم هذا الجهاز لقياس مقاومة الاحمال الكهربائية وللتأكد من صلاحية هذه الاحمال، يوصل هذا الجهاز مع الاحمال المراد قياس مقاومتها على التوازي مع مراعاة عدم وجود سريان للتيار الكهربائي أي ان تكون الدائرة مفتوحة.

- جهاز قياس القدرة الواط ميتر (wattmeter) :

يستخدم هذا الجهاز لقياس قدرة الاحمال الكهربائية ويحتوي من الداخل على ملفين أحدهما يسمى بملف التيار ويوصل مع الحمل على التوالي والاخر يسمى ملف الجهد ويوصل مع الحمل على التوازي، يوصل هذا الجهاز مع الحمل مع مراعاة سريان التيار في الدائرة أي ان الدائرة الكهربائية مغلقة.

- مقياس متعدد الخدمات الإلكتروني أو الأفوميتر (avometer) :

يجمع هذا الجهاز بين أكثر الأجهزة أهمية (الاميتر، الفولت ميتر، الاوم ميتر،....) ويحتوي هذا الجهاز على مفتاح اختيار يمكنك من خلاله اختيار نوع الكمية المراد قياسها والتدريج المناسب.

- وفي كثير من الأحيان يتم استخدام دائرة فحص مكونة من مصباح او جرس مربوط مع بطارية، او استخدام جهاز فحص الأرضي من اجل حساب مقاومة الأرضي.

الهدف من الفحص الدوري للأجهزة والتأسيسات الكهربائية:

- التأكد من عدم وجود أي خطا بالربط في حالة التأسيسات الحديثة.
- التأكد من حالة التأسيسات القديمة كونها تالفة او تعمل بصورة جيدة.
- التأكد من سلامة الأشخاص والعاملين بالقرب من الأجهزة والتوصيلات الكهربائية.

أنواع الاختبارات:

هنالك عدة أنواع من الاختبارات التي يتم اجرائها لفحص واختبار التأسيسات واهمها:

1. فحص القطبية.
2. فحص استمرارية الحلقة بدون وجود تيار.
3. اختبار مقاومة العزل.
4. قياس فعالية الأرضي.

أولا: فحص القطبية: يكون الهدف من هذا الاختبار بالنسبة:

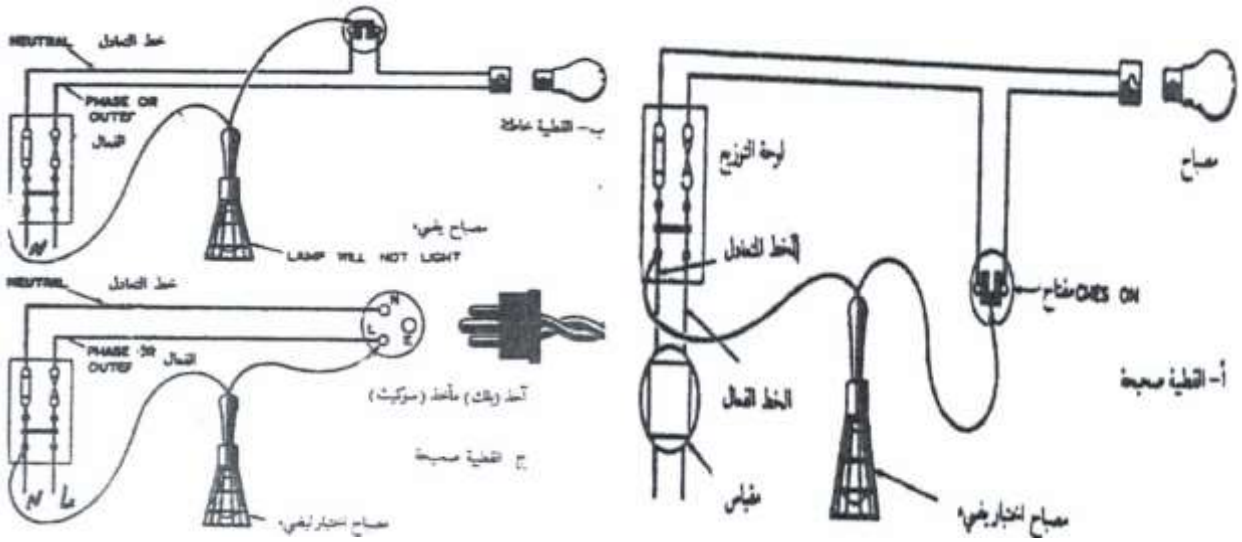
- دوائر الانارة: التحقق من ان الطرف الحار (الخط الفعال) هو الخط المربوط بالمفتاح وان الخط البارد يذهب الى الحمل.
- دوائر المأخذ: من المعروف ان:

الطرف الحار يربط بالطرف ذات الرمز (L).

الطرف البارد يربط بالطرف ذات الرمز (N).

الأرضي يربط بالطرف ذات الرمز (E).

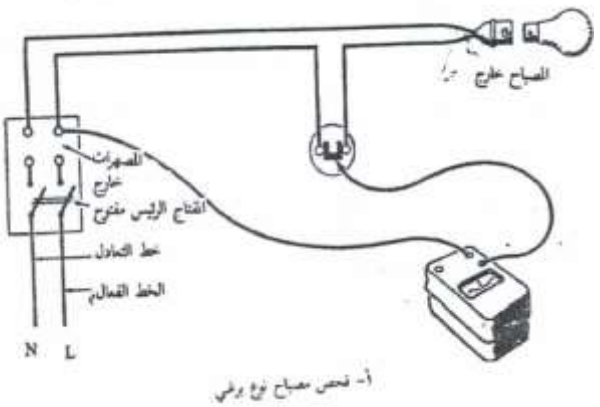
ومن اجل التحقق من القطبية يستخدم الدائرة الحثية والمتكونة من مصباح او جرس. يتم هذا الاختبار عندما تكون الدائرة مربوطة الى المصدر الرئيسي وعند عمل هذا الاختبار تكون جميع هذه المصابيح مرفوعة من مكانها، ويجب اخذ الحذر الشديد من اية صدمة للشخص الذي يقوم بالفحص، وفي هذه الحالة يربط طرف المفتاح الرئيسي الى المصباح او الجرس ويربط الطرف الاخر للمصباح بالأرضي فإذا توهج المصباح يعني ذلك ان القطبية صحيحة.



شكل(1) يوضح طريقة فحص القطبية

ثانيا: فحص استمرارية الحلقة بدون وجود تيار:

في هذه الحالة الدائرة غير مربوطة مع المصـــدر حيث يســـتخدم جهاز الاوميتر وذلك للتأكد من اســـتمرارية الطرف الحار بين نقاط ربط الدائرة. يربط أحد أطراف الجهاز مع الخط الفعال المفصـــول عن المصـــدر ويوضع الطرف للأخر للاوميتر على طرف المفتاح، تكون القراءة صفر او تقريبا صفر.



شكل(2) فحص استمرارية الحلقة بدون وجود تيار

ثالثا: اختبار مقاومة العزل:

الهدف من هذا الفحص هو التحقق من ان خواص العزل بين الموصلات مع بعضها وكذلك بين الموصلات والارضي كافية لمنع حدوث تسرب للتيار.

أ-قياس مقاومة العزل بين الموصلات والارضي يستخدم جهاز الميكر. طريقة الفحص:

1-المفتاح الرئيسي مفتوح.

2-المصباح موجود.

3-المفتاح بحالة on.

4-ربط الطرف الحار للمفتاح مع الطرف البارد للمفتاح وتوصل الى أحد أطراف جهاز الميكر.

5-يربط الطرف الاخر للميكر الى الأرضي.

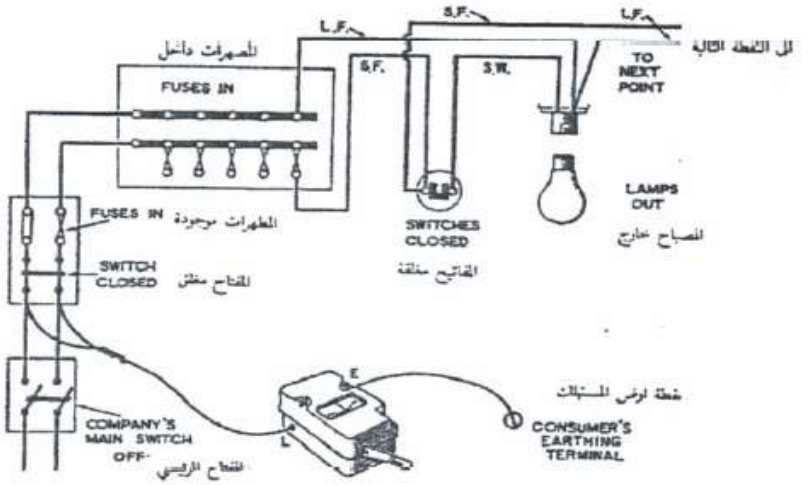
6-جميع الفواصم مرفوعة.

7-جميع المصهرات موضوعة في لوحة التوزيع.

8-في التأسيسات الغير الكاملة، نهايات الموصلات في أي نقطة كان يجب ان تربط سوية.

9-نقوم بتشـــغيل جهاز الميكر وذلك بإدارة بســـرعة 80لفة/دقيقة يجب ان لا تقل قراءة مقاومة العازل عن(1.MΩ).

ونراقب حركة المؤشـر فإذا كانت القراءة قليلة فهناك خطا في العوازل، وفي هذه الحالة يتم رفع مصـهر واحد ويتم الفحص لإيجاد الخط والمقاومة القليلة وتحديد موقع العطل.



شكل(3) اختبار مقاومة العزل

ب-قياس مقاومة العزل بين الموصلات بعضها البعض:

1-فصل المصدر الرئيسي.

2-كل المصابيح مرفوعة وجميع الأجهزة يجب ان تفصل من الدائرة.

3-المفتاح على وضع ON عدا المفاتيح التي يصعب رفعها تبقى مفاتيحها في حالة OFF.

4-جميع المصهرات موضوعة.

5-يربط طرفي المفتاح الرئيسي الى جهاز الميكر، وتشغل الجهاز باليد بسرعة 80 لفة/دقيقة فإذا كانت القراءة صفر فمعنى ذلك وجو قصر (Short).

يجب الانتباه انه في حالة التأسيسات الغير كاملة نهايات الموصلات في موضع أي مفتاح يجب ان تربط سوية، اما نهايات نقطة الإضاءة فيجب ان تحفظ معزولة دون أي تماس مع بعضها. وإذا وجد حمل لا يمكن رفعه لذا نجعل المفتاح التابع له على وضع OFF. اذا كان هنالك دوائر تستخدم مفتاح ذو طريقين يجب اجراء الاختبار مرتين،اما في حالة كون القراءة صفر فهذا يشير الى وجود قصر في الدائرة.

رابعا: قياس فعالية الأرضي:

يتم قياس مقاومة الأرضي حيث يتطلب ان تكون صغيرة جدا لتسريب أي تيار تسرب ارضي، وتشتمل مقاومة الأرضي على:

1-مقاومة موصل الترابط الأرضي.

2-مقاومة قطب الأرضي.

3-مقاومة نقاط الاتصال.

جهاز قياس الطاقة الكهربائية *(K.W.h)*

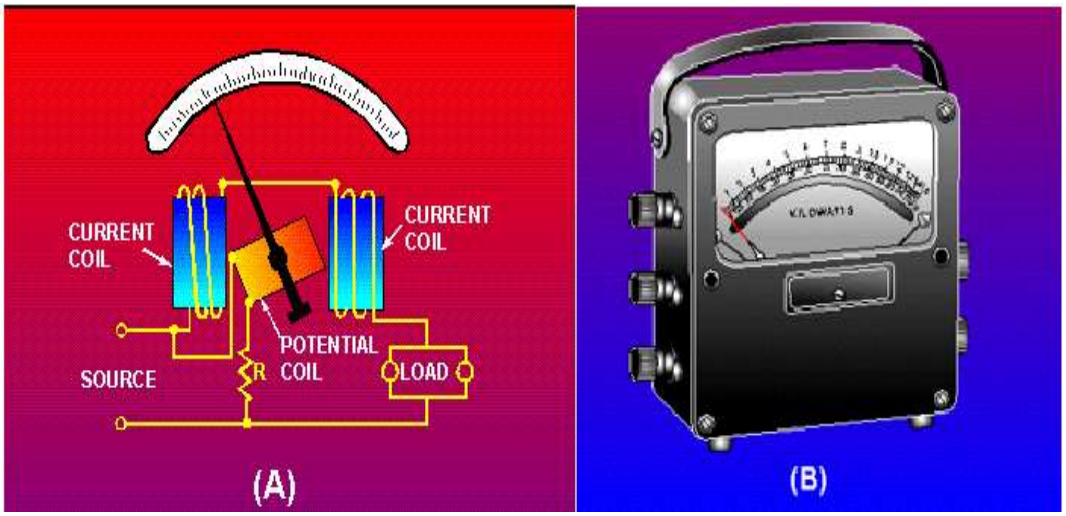
جهاز قياس الطاقة الكهربائية(K.W.h) (مقياس القدرة أو مقياس الطاقة) هو جهاز لقياس القدرة الكهربائية، في الدوائر الكهربائية ذات التيار المستمر تكون قراءة الجهاز متناسبة مع حاصل ضرب قيمة التيار (أمبير) في الجهد (فولت)، أما في الدوائر الكهربائية ذات التيار المتناوب فيؤخذ بنظر الاعتبار معامل القدرة لأن التيار والجهد قد لا يكونان بنفس الطور.

تستخدم عدادات الطاقة الكهربائية وتسجل هذه الطاقة بمرور الزمن وتحسب الطاقة المستهلكة مقدرة بالكيلوواط في الساعة وهي الوحدة المتعارف عليها لحساب الاستهلاك الكهربائي، هنالك نوعين من العدادات وهما:

1-عداد احادي الطور: وهو عداد شائع الاستخدام لقياس القدرة المستهلكة في دوائر التيار المتناوب احادي الطور ويتكون من الأجزاء التالية:

- ملف التيار: يتكون من سلك سميك عدد لفاته قليلة يربط على التوالي مع الدائرة ملفوف حول قلب حديدي، يكون اما ملفا واحدا او ملفين في بعض العدادات.
- ملف الفولتية: يتكون من سلك رفيع ذو عدد كبير من اللفات وملفوفة حول القسم الأوسط من قلب الحديدي ذو ثلاث فروع ويربط هذا الملف على التوازي مع الدائرة المراد قياسها.
- قرص الالمنيوم: يثبت على محور بين ملفي الفولتية والتيار ويرتكز هذا المحور من الأعلى والاسفل.
- مغناطيس دائم: يوضع على أطراف قرص الالمنيوم لتوليد عزم إيقاف ولتنظيم سرعة القرص تبعا لقيمة الاستهلاك الكهربائي وأيضا يعمل على إيقاف القرص في حالة انقطاع التيار الكهربائي عن الحمل لوجود عزم استمرارية دوران القرص.
- التروس: يوضع تروس لولبي الشكل عند الطرف العلوي من عمود محور الدوران ويعمل على إدارة مجموعة أخرى من التروس تقوم بتحريك ارقام تبدأ بالكسر العشري للكيلو واط ثم تتدرج الأرقام بالزيادة.

• ملف القصـر: يوضـع حول القلب الحديدي الخاص بملف التيار وبين الملفين للحصـول على مجال مغناطيسـي ناشئ من مرور تيار القصر ليسبب مجالا دائريا ضروريا لتوليد عزم الدوران في القرص وفي بعض العدادات يمكن عمل هذه الحلقات على شكل حلقات مظللة وتوضع على القلب الحديدي الخاص بملفات الفولتية لتوليد مجال دائري عند قرص الالمنيوم ايضاً.



شكل (1) يوضح الشكل الخارجي والداخلي لجهاز قياس القدرة الكهربائية

كيفية عمل العداد الكهربائي:

أكثر أنواع العدادات انتشـــارا هو العداد الحثي ذي القرص نظرا لمميزاته يتكون العداد من ملفين أحدهما للفولتية والأخر للتيار ملفوفان على قلبين من الحديد مكونان من الواح. ويتولد منهما فيضان مغناطيسيان بينهما زاوية طور 90 درجة، يخترقان القرص المصنوع من الالمنيوم. ينشأ عن ذلك مجال مغناطيسي دوار يولد تيارا كهربائيا بالحث في قرص الالمنيوم يسـبب مجال مغناطيسـي بالقرص. وهذا المجال يتبع المجال الدوار وينتج عن ذلك عزم دوران يعتمد على قيمة الجهد والتيار و$\cos\varphi$ أي يعتمد على القدرة الفعالة مســـببا دوران القرص، وفي هذه الحالة يدور القرص كالمحرك لعدم وجود نابض إرجاع للعداد.

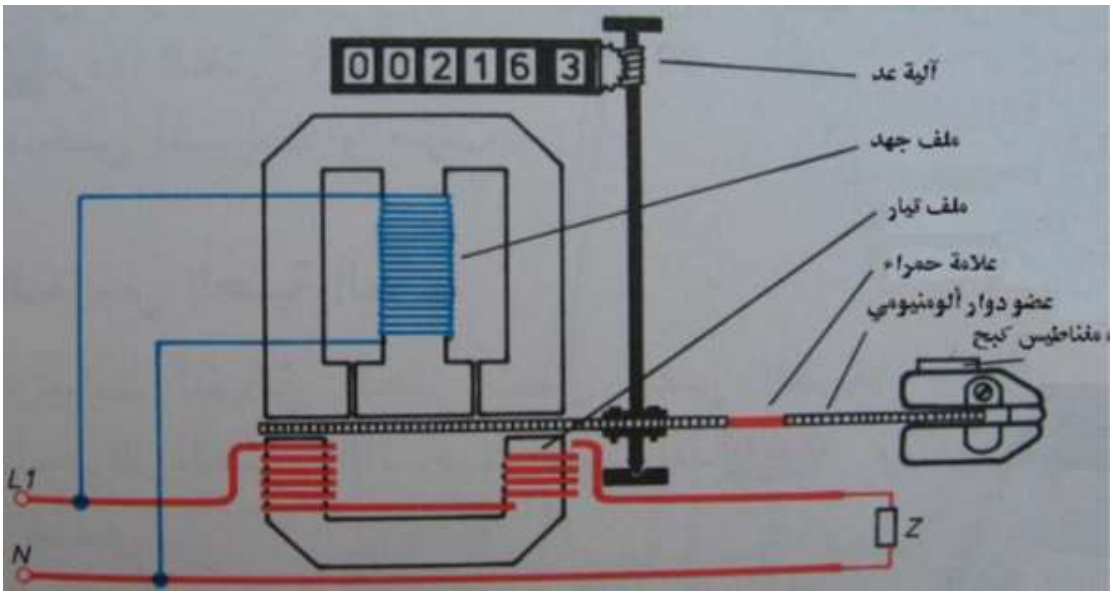
وللتحكم في سرعة دوران القرص لتتناسب مع الاستهلاك الكهربائي للطاقة يوضع مغناطيس دائم يعرف بمغناطيس الكبح على القرص ليسبب عزم دوران مضاد يحد من سرعة حركة القرص.

وتعتبر سرعة دوران القرص في هذه الحالة مقياسا للشغل الكهربائي. وتحسب عدد الدورات اليأ بواسطة الة العد والتي تبين الاستهلاك بالكيلو وات –ساعة(kWh) وثابت الدورات Cz لكل كيلو وات–ساعة، وباستخدام ثابت العداد Czوعدد دورات القرص في الساعة *nh* يمكن معرفة قدرة الحمل اللحظية من العلاقة:

$$\boldsymbol{p = \frac{Cz}{nh}} \quad \text{(KW)}$$

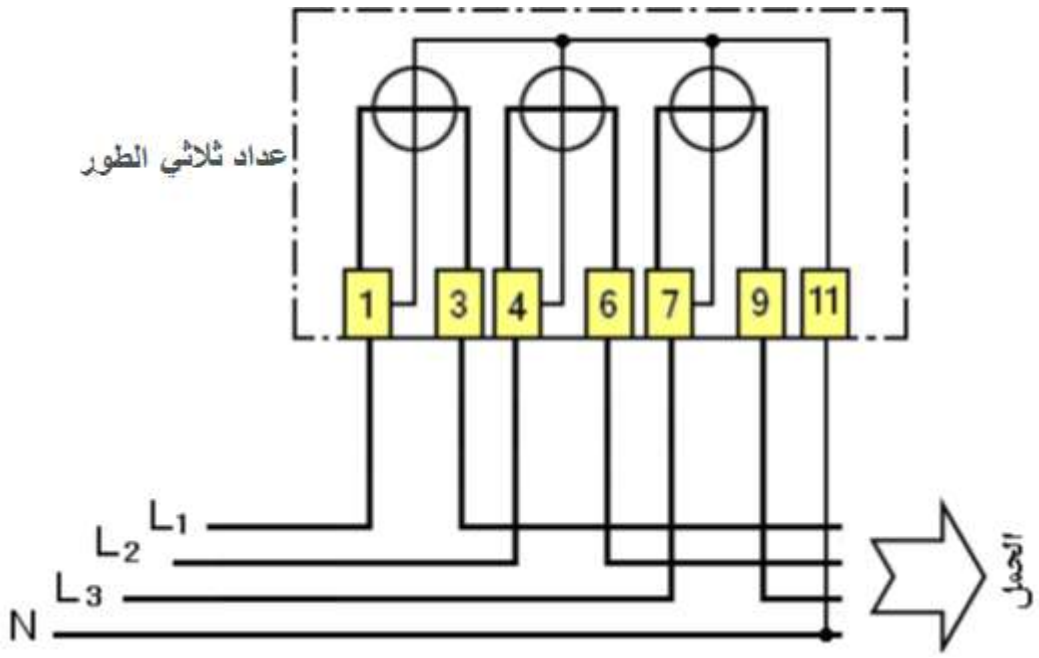
ويتم حساب الطاقة المستهلكة بضرب قدرة الحمل بعدد ساعات التشغيل:

$$E=P\times h \quad \text{(KW.h)}$$



شكل 2 تركيب عداد الطاقة الحثي احادي الطور

2-العداد ثلاثي الطور :يستخدم هذا النوع من العدادت لقياس الطاقة الكهربائية في حالة الاحمال ثلاثية الطور ،ويتم استخدام اما عدادا ثلاثي الطور او ثلاثة عدادات أحادية الطور بحيث يربط كل عداد على طور واحد،والشكل التالي يوضح كيفية ربط عداد ثلاثي الطور مع الاحمال.



شكل 3 العداد ثلاثي الطور لقياس الطاقة الكهربائية

دوائر التنبيه والإنذار

يوجد عدة أنواع مختلفة من دوائر الإنذار والتنبيه ويختلف احدهما عن الآخر باختلاف الغرض المصمم من اجله هذه الدوائر . وهذه الدوائر عبارة عن وسائل للتحكم الذاتي في دوار الأجراس أو التحكم من مجموعة من المصابيح الكهربائية ، وتستخدم في محاولات الكشف عن السرقة أو الإنذار المبكر بوجود حريق .

- **مكونات دوائر الإنذار والتنبيه :**

1. الأجراس : وهي عبارة عن جهاز له صوت مميز عالي لكي يصل إلى مسافات بعيدة لغرض التنبيه ويوجد أنواع مختلفة من الأجراس المستخدمة في الدوائر .
   - الجرس ذو الدقة الواحدة .
   - الجرس المستمر الدق .
   - الجرس المتقطع الدق .
2. مفاتيح ضاغطة (بوشات) للتوصيل والفصل :
3. كاشفات حساسة تتأثر بالحرارة أو بالضوء أو بالدخان .
4. مصدر للتغذية : يجب أن يكون منفصل عن مصدر الكهرباء وقد يكون بطارية .
5. أسلاك وكيبلات توضع في أنابيب بعيدة عن أسلاك الكهرباء .

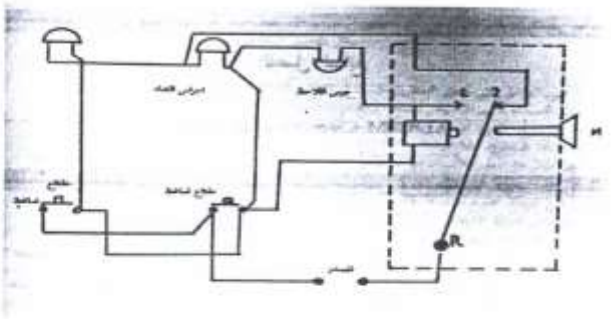
- **أنواع دوائر التنبيه :**

1. الدوائر المفتوحة حيث توصل نقاط النداء على التوازي :

يتم تشغيل هذه الدائرة من قبل الاشخاص الذين يلاحظون الحريق في المعمل او الورشة .

مكونات هذه الدائرة :

- جرس للتنبيه ذو صوت مرتفع .
- جرس تنبيه في غرفة الملاحظ ذو صوت منخفض .
- مصدر للكهرباء او بطارية (12-24) فولت ، او مصدر كهربائي خارجي ويستحسن ان يكون مفصول عن مصدر الكهرباء للمعمل او الورشة .
- مفتاح ضاغط من النوع المغطى بالزجاج اللقابل للكسر بسهولة.
- لاقط يتكون من ذراع اللاقط وضاغط .



عمل الدائرة :

عند حدوث حريق يتم كسر زجاج إحدى نقاط النداء وهي المفاتيح الضاغطة ، الذراع R يكون على الطرف (2) فيتم تشغيل دائرة أجراس النداء ويكون عددها حسب حجم المكان ويتم ربطهما على التوازي ، وتستمر الأجراس بالرنين حتى يتخذ اللازم بشأن الحريق ، وعندما يراد تغيير نقطة النداء التي تم كسرها فإن ذلك يتم بالضغط على الضاغط M في غرفة الملاحظ حيث يرجع ذراع اللاقط إلى نقطة (1) ثم رفع اليد عن الضاغط M ، فيتم بذلك تشغيل جرس الملاحظ لكي يعرف بأن الحريق قد تم السيطرة عليه . ثم يقوم الملاحظ بإعادة تنظيم الدائرة إلى حالتها الأولى حيث يتم ترجيع الذراع إلى الطرف (2) ويكون وضع المفاتيح الضاغطة على وضعها الأول .

عيوب الدائرة :

1. عند حدوث قطع في أسلاك الدائرة تتوقف دائرة الإنذار عن العمل .
2. التيارات الممسوحة بواسطة الأجراس تمر من خلال ريش ملامس المفاتيح الضاغطة وهذا بسبب تلفها .