وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

الجامعة التقنية الشمالية

المعهد التقني الموصل

قسم التقنيات الكهربائية

التأسيسات الصناعية٢

المستوى الثاني الفصل الثاني

فرع القوى

للعام الدراسي ٢٠٢٢-٢٠٢٣

اعداد مدرسي المادة

م.م. فراس سعدالدين احمد

م.م. ابراهيم احمد محمد

قواطع الدورة ضد التسرب الأرضي

Earth leakage C.B (E.L.C.B or R.C.C.B)

هي نظم حماية اعدت لفصل المصدر الكهربائي عن الحمل اوتوماتيكياً عندما يزداد تيار التسرب عن قيمة محددة، او عندما يزداد الجهد بين الأجزاء الغير حاملة للتيار بين الأرض من قيمة محددة.

تكون قواطع التسرب الأرضي مشابه للقاطع الاعتيادي، الا انه يتميز بوجود جزء إضافي للحماية من تسرب التيار الكهربائي الى جسم الانسان او هيكل الأجهزة والمعدات مثل السخان الكهربائي او مبردة الهواء او المكائن المستعملة في الورش والمعامل والمختبرات.

تعمل قواطع التسرب الأرضي على فصل مصدر التغذية عن الاحمال في حالة حدوث تسرب للتيار الى الهياكل المعدنية للأجهزة والمعدات وبذلك تمنع حدوث الصدمة الكهربائية عند ملامسة الهياكل المعدنية للأجهزة، وبذلك يمكن ان توفر قواطع الدورة ضد التسرب الأرضي حماية من تيار القصر، وتيار الحمل الزائد، بالإضافة الى حماية ضد التيار المتسرب، لذا مفيد جدا وبل من الضروري استعماله في الحماية.

القاعدة الأساسية في الحماية ضد الصدمات الكهربائية هي ان الأجزاء الفعالة (الحاملة للتيار) يجب ان تكون بعيدة عن اليد.

اما عن مستويات الحماية من الصدمة الكهربائية فيمكن القول ان الصدمة الكهربائية تحدث بطريقتين هما:

١- تماس مباشر: عن طريق لمس الأجزاء الفعالة المكشوفة بشكل مباشر.

٢- تماس غير مباشر: عن طريق لمس الأجزاء غير فعالة (غير حاملة للتيار)، ولكنه اصبح حاملا للتيار بسبب عطل عرضي او بسبب خلل فني في الجهاز.

أنواع التيار الزائد:

تزداد قيمة التيار المسحوب من المصدر الى الأجهزة بسبب:

١- زيادة الحمل:

يزداد التيار في دائرة سليمة، بسبب زيادة الحمل ولكنه لا يترك مسار الدائرة الكهربائية.

٢- الأعطال:

يزداد التيار في حالة العطل، كما في حالة القصر (S.C) بسبب انهيار العازل، وغالبا ما يترك مسار الدائرة الكهربائية، ويؤدي الى ثلاثة أنواع من الأعطال :

- **تماس طور مع خط التعادل.**
- **تماس طور مع طور.**

- **تماس طور او اكثر مع الأرضي.**

ومن الضروري استعمال مثل هذه القواطع في كافة الدوائر الكهربائية وحيثما يكون الانسان في تماس مباشر مع الأجهزة، وخاصة ان قسم من اعمال التاسيسات لا يوجد فيها منظومة تاريض.
او وجود منظومة تاريض ولكن معاوقتها مع الأرض عالية نسبياً، بحيث لا يفصل القاطع الاعتيادي عندما يتسرب تيار قليل نسبياً.
وقواطع ELCB يمكن استعمالها حتى وان لم تتوفر منظومة الأرضي.

أنواع قواطع التسرب الأرضي حسب نوع المصدر الكهربائي:

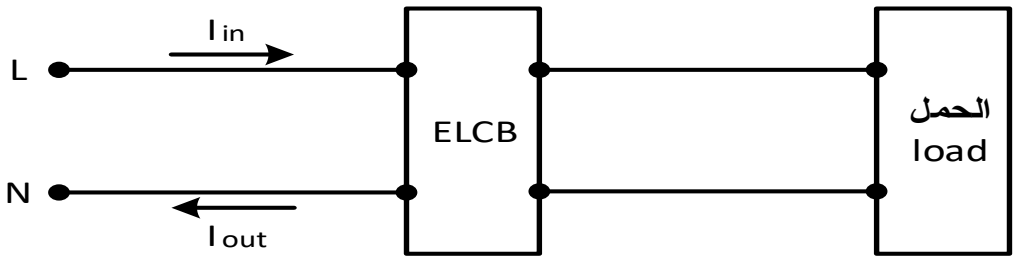
١- قاطع تسرب ارضي احادي الطور.

٢- قاطع تسرب ارضي ثلاثي الطور.

قاطع تسرب ارضي احادي الطور:

مبدأ عملها مبني على مقارنة التيار في خط الفعال والتيار في خط التعادل (N).

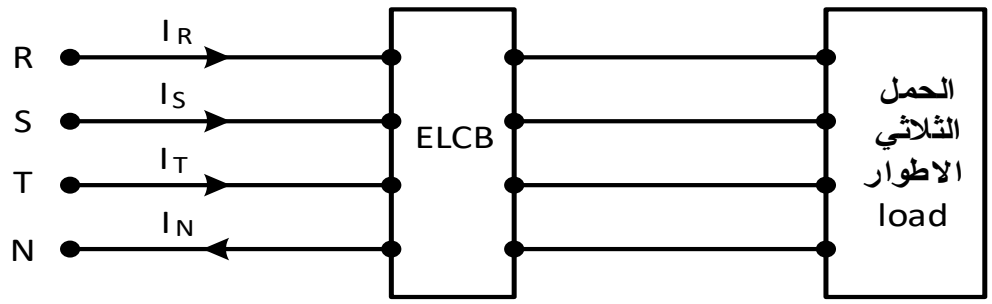
فاذا وصل الفرق بين تيار الخط الفعال وتيار الخط المتعادل الى قيمة معينة ومحددة تودي الى فصل القاطع. وكما هو موضح بالشكل ادناه.



تعتبر الحالة طبيعية اذا كان ($I_{in} = I_{out}$) اما اذا كان ($I_{in} \neq I_{out}$) فهذا يعني ان هناك تسرب للتيار الى خارج الدائرة.

قواطع الدورة ELCB الثلاثية الاطوار:

مبدأ عملها مبني على المقارنة بين تيارات الخطوط الثلاثة الفعالة وبين خط التعادل. وكما هو موضح بالشكل ادناه



مديات تحسس قواطع التسرب الأرضي:

تصنع معظم قواطع التسرب الأرضي بحيث تتحسس تيار متسرب قيمته $I_{\Delta N}$ **:**

$30\ mA\ ,\ 100\ mA\ ,\ 300\ mA\ ,\ 500\ mA$

فالقواطع ذات التيار المتسرب $I_{\Delta N} = 30\ mA$ **تتميز بحساسية عالية جداً، ويليه القاطع ذات** $100\ mA$ **وهكذا.**

العمل الرئيسي لقواطع الدورة ضد التسرب الأرضي:

١- حماية الانسان من اخطار الصدمة الكهربائية.

حيث يتم اختيار قاطع ذو تحسس ($I_{\Delta N} = 30\ mA$ **) لحماية الانسان من التيار المتسرب خلال الجسم الى الأرض.**

$I_{setting}$ = **تيار العمل** $= I_{in} - I_{out} = 30\ mA$

٢- حماية الأجهزة والمعدات الكهربائية.

حيث يتم اختيار قاطع ذو تحسس ($I_{\Delta N} = 100 - 500\ mA$ **)**

$Isetting$ = **تيار العمل** $= (100 - 500)\ mA$

وغالبا ما يتم اختيار تيار عمل ($I_{\Delta N} = 300\ mA$ **) لحماية الأجهزة والمعدات الكهربائية.**

أنواع قواطع الدورة ضد التسرب الأرضي حسب طريقة العمل:

١- قواطع ELCB تعمل بتأثير الجهد.

٢- قواطع RLCB تعمل بتأثير التيار.

قواطع ELCB التي تعمل بتأثير الجهد:

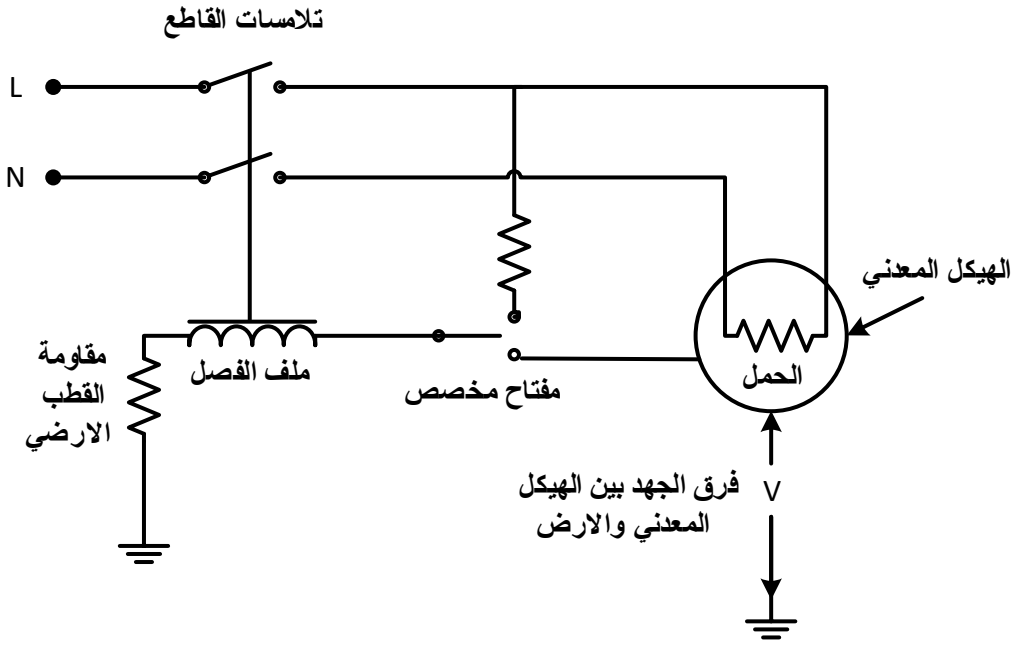
القواطع التي تعمل بتأثير الجهد تتحسس الخطأ مباشرة عن طريق الجهد الظاهر على الهياكل المعدنية للأجهزة والمعدات الكهربائية، حيث يعتمد القاطع في عمله على الجهد الموجود بين الهياكل المعدنية وكتلة الأرض، وكذلك على مقارنة القطب الأرضي.

يحتوي القاطع على ملف فصل يربط بين الأجزاء المعدنية والقطب الأرضي فعند عدم وجود خطأ (تسرب تيار من الأجزاء الحاملة للتيار الى الهيكل المعدني للجهاز) يكون الجهد الظاهر على الهيكل المعدني صفر، ولا يوجد تيار مار خلال ملف الفصل ويبقى القاطع في حالة عمل.

وعندما يحدث تسرب للتيار الى الهيكل المعدني يزداد الجهد الظاهر على الهيكل المعدني، ويؤدي الى مرور تيار خلال ملف الفصل الى القطب الأرضي، وعندما تصبح قيمة الجهد كافية لعمل ملف الفصل فانه يعمل على تشغيل ميكانيكية العمل للقاطع والتي تؤدي الى فتح تلامسات القاطع وفصل الحمل عن مصدر التغذية. (كما في الشكل رقم ١).

ويزود القاطع بمفتاح فحص وظيفته تحسس وجود المسار الأرضي واختيار ميكانيكية الفصل للقاطع.

عند الضغط على مفتاح الفحص يؤدي الى تشغيل ميكانيكية الفصل للقاطع، وهذا يعني ان القاطع يعمل بشكل جيد، وفي حالة عدم اشتغال القاطع نستدل على حالة عطل قد تكون بسبب زيادة مقاومة القطب الارضي او قطع السلك الأرضي او خلل في القاطع نفسه.



شكل رقم ١

قواطع RLCB التي تعمل بتأثير التيار:

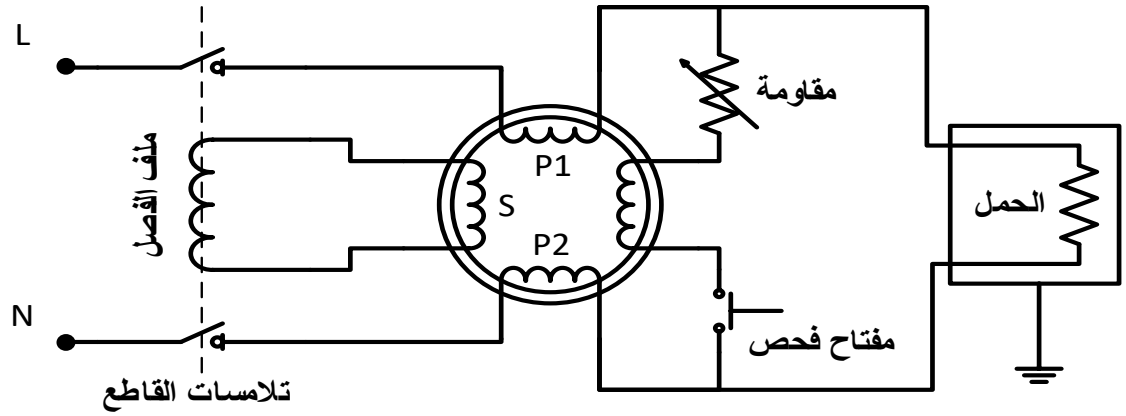
تعمل قواطع التسرب الأرضي التي تعمل بتأثير التيار في الدوائر الأحادية الطور على مقارنة بين التيار الداخل والتيار الخارج من الحمل، حيث يتكون القاطع من قلب حديدي دائري الشكل يوجد عليه ملف ابتدائي مكون من جزئيين لهما نفس عدد اللفات ونفس مساحة مقطع السلك، احدهما يربط مع الخط الفعال والأخر يربط مع خط المتعادل، ويمر فيهما التيار باتجاهين متعاكسين، ويوجد ملف ثانوي يربط مع ملف الفصل للقاطع، بالإضافة الى ملف فحص يربط في دائرة الفحص للقاطع.

في حالة عدم وجود تسرب للتيار يكون الفيض المغناطيسي الناتج عن جزئي الملف الابتدائي متساويان بالقيمة متعاكسان بالاتجاه فتصبح محصلة الفيض بالقلب الحديدي صفر، أي لا توجد ق.د.ك. محتثة في الملف الثانوي فيبقى القاطع في حالة عمل. وعند حدوث تسرب للتيار، تكون محصلة الفيض في القلب الحديدي لها قيمة، وهذا الفيض يؤدي الى حث ق.د.ك. في الملف الثانوي والتي تؤدي الى امرار تيار في ملف الفصل الذي يعمل على تشغيل ميكانيكية الفصل للقاطع في زمن قصير جداً لايتعدى (*30 msec*) كما في الشكل رقم ٢.

توصي المواصفات العالمية الخاصة بالسلامة من اخطار الصدمات الكهربائية ان لا يزيد (حاصل ضرب تيار التسرب * مقاومة الجسم التي يمر فيها التيار عن *40 V*).

التأثيرات التي تسببها التيارات المختلفة على جسم الانسان:

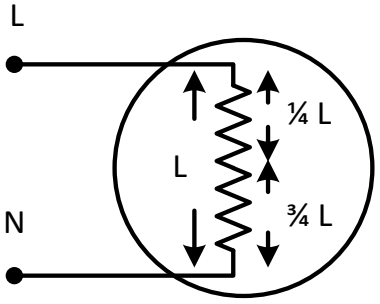
شدة التيار	التأثير على جسم الانسان
1 – 3 mA	يشعر الجسم بوخز بسيط (اقل قيمة للتيار يمكن لجسم الانسان الإحساس بها).
10 – 15 mA	يشعر الجسم بشد في العضلات ولا يمكن ابعاد الخطر ذاتياً.
25 – 30 mA	بداية الحالة الخطرة حيث يزداد تقلص العضلات ويفقد السيطرة.
50 mA	يبدأ خفقان القلب وتكون الصدمة مميتة اذا لم يتخذ اجراء مناسب.

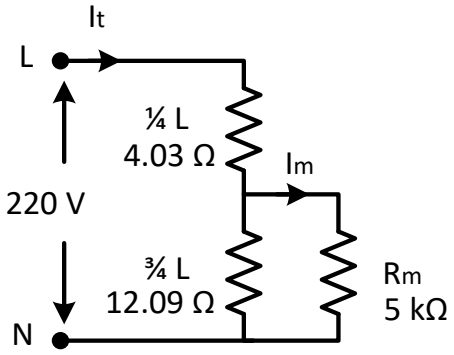


شكل رقم ٢

مثال :

سخان كهربائي قدرته (3 kW) يعمل على جهد (220 V) حدث له تماس مع الغطاء المعدني عند نقطة تبعد بمقدار ربع طول العنصر من الطرف الفعال، فاذا لمس شخص الغلاف المعدني مقاومة جسمه (5 kΩ)، فما مقدار التيار المار خلال جسم الشخص، وما مقدار الفولتية الناتجة من مرور التيار خلال الجسم، علماً بان السخان غير مأرض.





$$P = \frac{V^2}{R}$$

$R =$ **مقاومة العنصر** $= \frac{220^2}{3000} = 16.13\ \Omega$

مقاومة $\frac{1}{4}$ **طول العنصر** $= \frac{1}{4} * 16.13 = 4.03\ \Omega$

مقاومة $\frac{3}{4}$ **طول العنصر** $= \frac{3}{4} * 16.13 = 12.09\ \Omega$

المقاومة الكلية للدائرة $= R_t = (\frac{12.09*5000}{12.09+5000}) + 4.03 = 16.09\ \Omega$

التيار الكلي $= I_t = \frac{V}{R_t} = \frac{220}{16.09} = 13.67\ A$

التيار المار خلال جسم الشخص $= I_m = I_t * \frac{12.09}{(12.09+500)} = 13.67 * \frac{12.09}{5012.09} =$
$0.0329\ A$

$$= 32.9\ mA$$

الفولتية الناتجة $= V_m = I_m * R_m = 0.0329 * 5000 = 164.5\ V$

المناول الكهربائي Electrical Relay

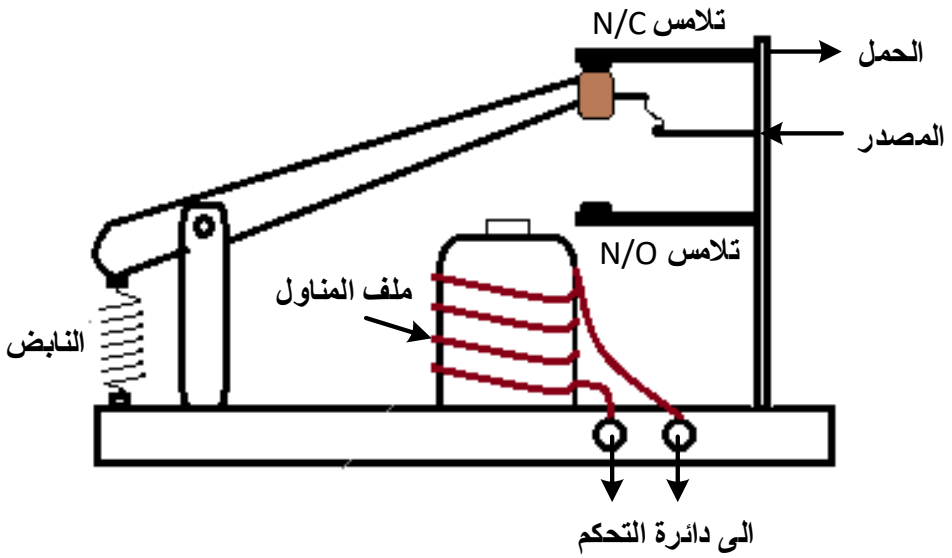
ان معنى كلمة ريلي هي نقل المعلومات، وعمل الريلي في دوائر السيطرة هو تحسس ونقل المعلومات من أجهزة التحسس وايصالها الى دوائر السيطرة، وان أجهزة التحسس يمكن ان تتحسس او تكشف التغير الحاصل في قيم التيار، الجهد، زياردة الحمل، التردد، الحرارة، الضغط، السرعة .... الخ من القيم المتغيرة.

ويوجد أنواع عديدة من المناولات ومنها:

١- مناولات التيار Current Relay (C.R) :

هي عبارة عن أجهزة كهرومغناطيسية تعمل ذاتيا لحماية المحركات الحثية الثلاثية الاطوار من أخطاء دوائر القصر، سواء كانت محركات نوع القفص السنجابي او نوع حلقات الانزلاق.

مناولات التيار تعمل مع اللواقط في قطع التغذية عن المحرك عند حدوث ودوائر القصر، حيث ان مناول التيار يغير وضع تلامساته اعتمادا على قيمة التيار المار في ملفه، ويربط ملف مناول التيار على التولي مع الحمل المراد حمايته، ولمناول التيار تلامسات مساعدة مغلقة NC تربط في دائرة السيطرة على التوالي مع ملف اللاقط.



مخطط مبسط لمناول التيار.

التيار المقرر او المقنن I_{rr} :

اقصى تيار يُسمح بمروره بشكل متواصل في ملف المناول.

تيار التنظيم للمناول I_a :

هو تيار العمل الذي ينظم عليه المناول ليعمل عنده، وفي المناولات ينظم تيار العمل ليكون اكبر من التيار المقرر ما بين (4- 3) مرة.

استخدام مناول التيار في حماية المحركات الحثية (نوع القفص السنجابي):

- **دائرة القدرة للمحرك:**

تستخدم ثلاث مناولات للتيار (CR1, CR2, CR3) تربط ملفاتها على التوالي مع خطوط تغذية المحرك في دائرة القدرة وتكون بعد المفتاح الرئيسي للدائرة.

- **دائرة السيطرة:**

تربط التلامسات المغلقة NC للمناولات (CR1, CR2, CR3) على التوالي مع ملف اللاقط C.

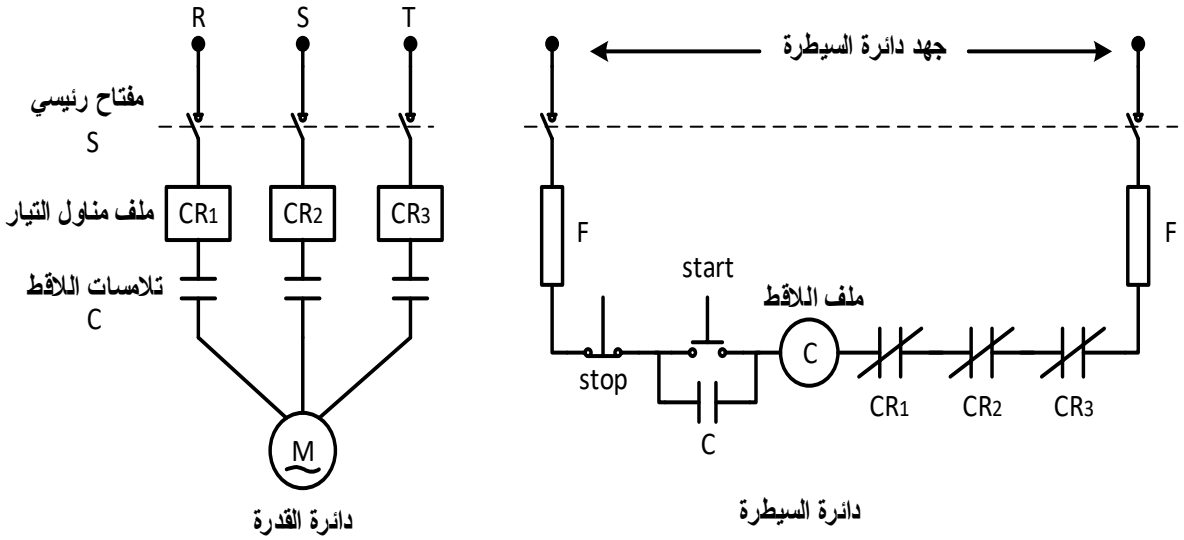
ملاحظة:

عندما تكون نقطة الحياد للمحرك مارضة تستخدم ثلاث مناولات للتيار حيث انه يضمن الحماية من القصر الأحادي الطور مع الأرضي.

ويمكن استخدام مناولين فقط تربطان في خطين من خطوط التغذية عندما يكون المحايد غير مارض او معزول.

ان تيار المناول المقرر Irr يساوي او يزيد على تيار المحرك المقنن، اما تيار تنظيم المناول فيحدد اعتمادا على طبيعة ونوع الحمل وتيار القصر المتوقع في حالة حدوثه.

وفي التطبيقات ذات القيم العالية للتيارات، يستخدم محول تيار CT ويتم ربط خرج محول التيار مع ملف الريلي للمناول.



دائرة كهربائية لتشغيل محرك حثي باستخدام مناولات التيار.

٢- المناولات الحرارية Temperature Relay (T.R) :

تستخدم الناولات الحرارية لحماية المحركات الحثية من زيادة الحمل (O.L) حيث يزداد تيار المحرك عن التيار المقنن للمحرك بسبب:

- **زيادة الحمل الميكانيكي على المحرك.**
- **انخفاض جهد المصدر.**
- **فقدان احد اطوار المصدر اثناء العمل.**

ان استمرار مرور التيار الغالي في ملفات المحرك لمدة طويلة سوف يؤدي الى ارتفاع حرارة الملفات بشكل كبير والذي يؤدي الى تلف العوازل واخيراً احتراق ملفات المحرك.

المناول الحراري (T.R) له خصائص فصل عكسية، أي ان زمن فصل المناول يقل مع زيادة تيار الحمل، أي ان الزيادة القليلة للتيار تأخذ وقت أطول لفصل المناول، بينما الزيادة الكبيرة في التيار تأخذ وقت قصير جدا لفصل المناول.

ان الحماية من زيادة الحمل يمكن باستخدام مناولات التيار (C.R)، الا ان التاثير المباشر لزيادة الحمل على المحرك هو زيادة درجة حرارة المحرك عن الحدود المقررة، لذا يمكن حماية المحرك حراريا (من زيادة درجة الحرارة) باستخدام عناصر حساسة للحرارة تربط في دوائر المحركات.

طرق حماية المحركات الحثية من زيادة الحمل:

يتم حماية المحركات الحثية من زيادة الحمل باستخدام عناصر الحساسة للحرارة والتي تكون اما:

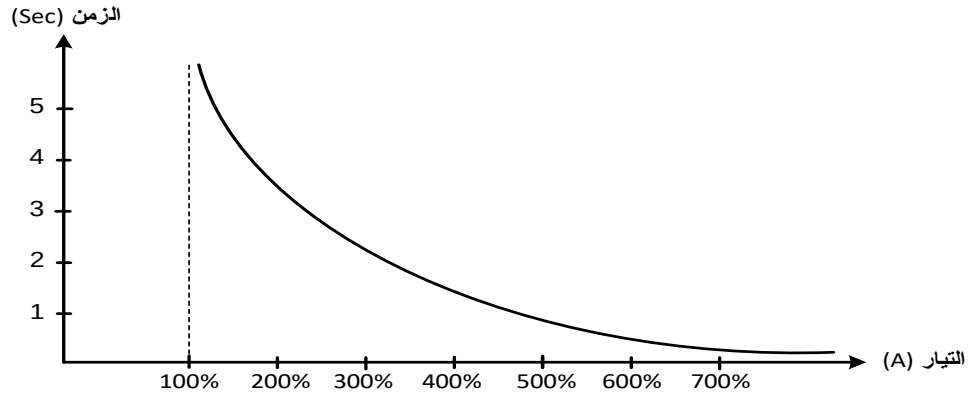
- **ربط العناصر الحرارية على التوالي مع خطوط التغذية (استخدام مناولات التيار).**
- **دفن العناصر الحرارية بين ملفات المحرك (استخدام المتحسسات المدفونة).**

استخدام المناولات الحرارية في حماية المحركات الحثية:

يحتوي المناول على ثلاث شرائح ثنائية المعدن مع وجود ملف تيار ملفوف حول الشرائح يعمل على تسخين الشرائح اثناء مرور التيار خلالها.

الشرائح الثنائية تتكون من معدنيين مختلفين في معاول التمدد الحراري، الطرف العلوي للشريحة يكون ثابت بينما الطرف السفلي يكون حر الحركة، ان زيادة مرور التيار خلال ملف التسخين يؤدي الى زيادة حرارة الشريحة ويسبب انحناء الشريحة باتجاه اليمين بسبب الاختلاف في تمدد الطولي للشرائح، انحناء الشريحة يودي الى تشغيل ميكانيكية الفصل والتي تعمل على فتح تلامسات المناول.

ان المناولات الحرارية لها خواص تيار زمنية عكسية، أي انه كلما كانت قيمة الزيادة في تيار الحمل كبيرة تؤدي الى سرعة انحناء الشريحة وسرعة فصل المناول، كما في الشكل التالي:



خصائص المناولات الحرارية.

ومن خصائص المناولات الحرارية نلاحظ بانه:

١- عندما يكون تيار المحرك بقيمة 100% من التيار المقنن فان المناول لا يفصل.

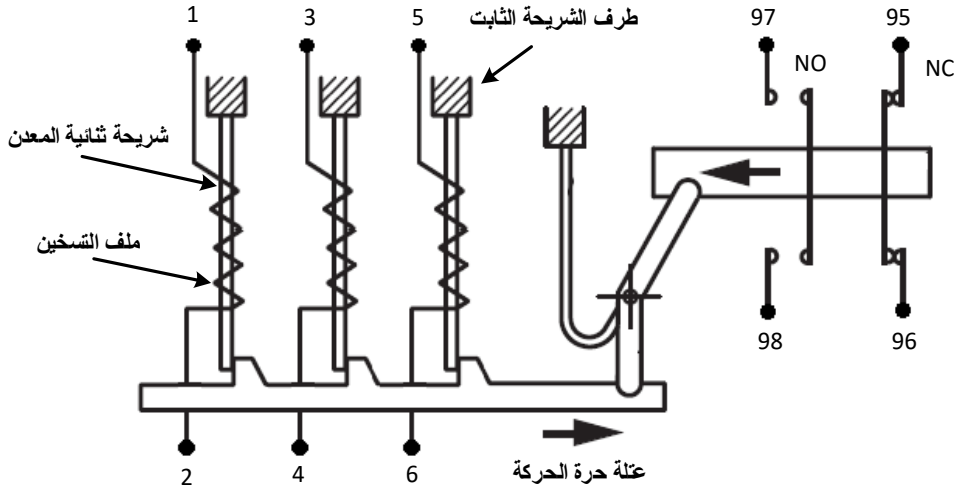
٢- عندما يصبح تيار المحرك بقيمة 200% من تيار المقنن فان المناول يفصل خلال (2 sec).

٣- عندما يصبح تيار المحرك بقيمة 300% من تيار المقنن فان المناول يفصل خلال (1 sec).

٤- ان تيار البدء العالي للمحرك لايؤثر على عمل المناول لانه يبقى لمدة قصيرة جداً.

ان خواص المناول الحراري تمثل العلاقة بين تيار العنصر الحراري وزمن الفصل للمناول، وتكون العلاقة بينهما علاقة عكسية حيث انه كلما كان التيار اكبر كان زمن الفصل اسرع.

تيار العنصر الحراري (I_{th}) هو اكبر تيار يمر في العنصر الحراري بصورة مستمرة ودون ان يؤدي مروره الى فصل المناول.

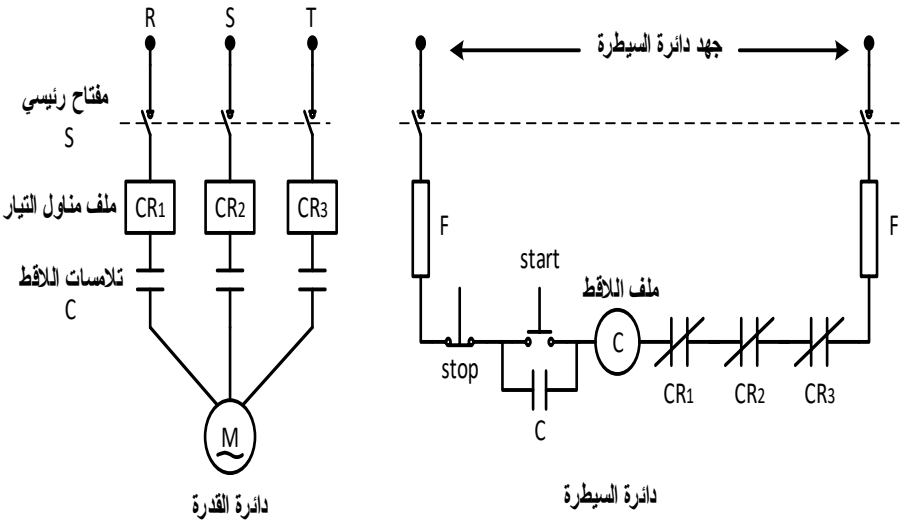


مخطط توضيحي لمناول الحراري *T.R*.

كيفية ربط المناولات الحرارية لحماية المحركات الحثية:

يتم ربط المناول بحيث يمر تيار المحرك خلال الشرائح الثنائية المعدن، بشكل مباشر او بشكل غير مباشر عن طريق ملف تسخين يلف حول الشريحة ومعزول عنها، أي يربط العنصر الحراري للشريحة على التوالي مع خطوط تغذية المحرك.

اما تلامسات المناول المغلقة NC فتدخل في دائرة السيطرة وتربط على التوالي مع ملف اللاقط، فعند زيادة التيار المار الى المحرك عن التيار المقنن يؤدي الى انحناء الشريحة والتي تعمل على فتح التلامس المغلق للمناول وقطع التيار عن ملف اللاقط والذي يؤدي الى قطع التغذية عن المحرك.



دائرة كهربائية تبين استخدام المناول الحراري في حماية المحرك الحثي الثلاثي الطور.

عيوب المناول الحراري :

١- ان التيار المار في المناول لا يكون مقياس لمقدار الحرارة المتولدة في المحرك.

٢- قد يفشل المناول الحراري في حماية المحركات ذات القصور الذاتي العالي والتي تطول فترة انطلاقها.

٣- الناول الحراري لا يأخذ بنظر الاعتبار درجة حرارة الهواء المحيط اثناء العمل، ولا يتحسس الخلل في نظام تبريد وتهوية المحرك.

٤- قد يفشل المناول الحراري في حماية المحركات التي يتكرر اطلاقها وايقافها، حيث تزداد حرارة المحرك بينما يكون التيار المار في المناول اعتيارياً.

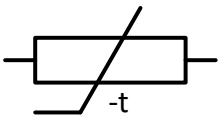
استخدام المتحسسات المدفونة في حماية المحركات الحثية الثلاثية الطور

يتم استخدام المتحسسات المدفونة في ملفات المحرك لحماية المحرك من زيادة الحمل (زيادة تيار المحرك عن التيار المقنن) ، حيث يدفن المتحسس الحراري بين ملفات المحرك.

ومن اهم أنواع المتحسسات الحرارية هو المقاوم الحراري الثيرميستور (Thermistor) وهي عبارة عن مقاومة غير خطية لكنها تتغير مع تغير درجة حرارتها، ويوجد نوعين من الثيرميستور وهما :

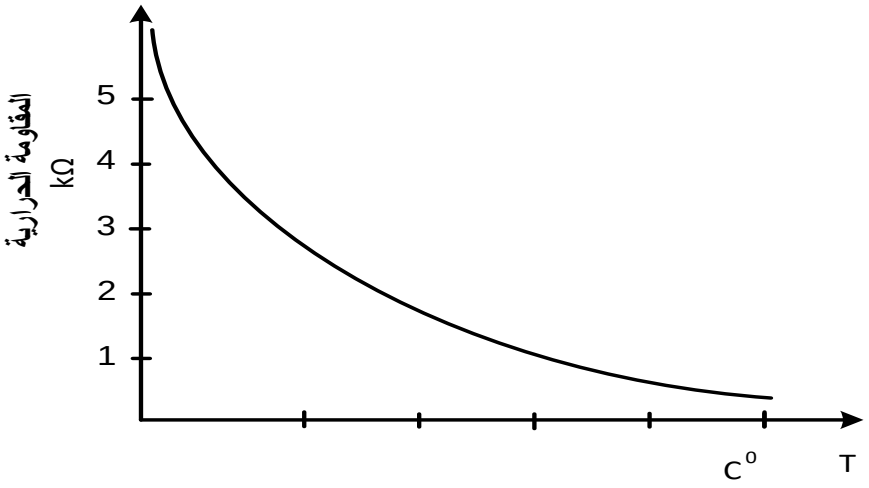
١- ثيرميستور ذات معامل حراري سالب NTC :

ويرمز له بالرمز



حيث تكون العلاقة بين قيمة مقاومة الثيرميستور ودرجة الحرارة علاقة عكسية، أي تقل قيمة المقاومة مع ارتفاع درجة الحرارة.

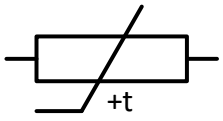
$$R \propto \frac{1}{T}$$



منحني الخواص ل *NTC*.

٢- ثيرميستور ذات معامل حراري موجب PTC :

ويرمز له بالرمز

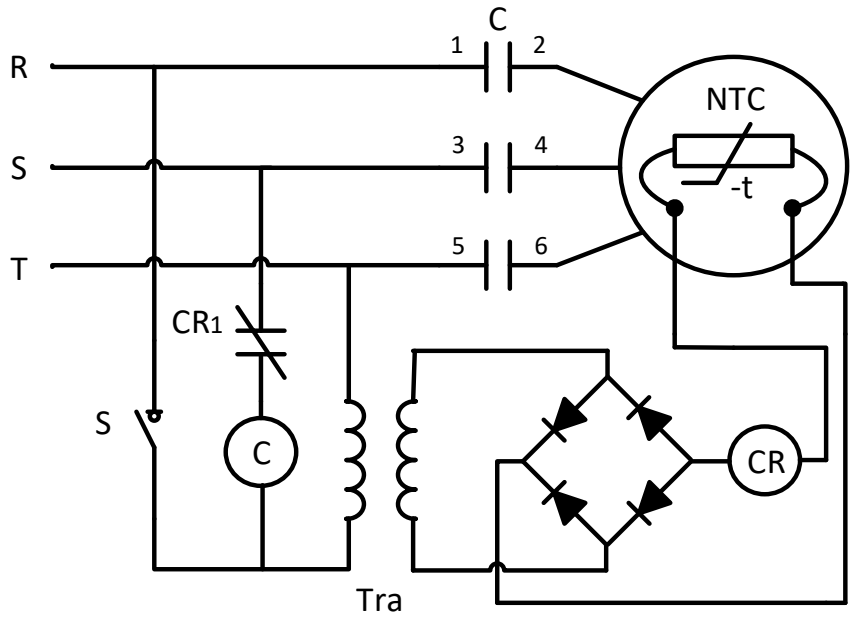


حيث تكون العلاقة بين قيمة مقاومة الثيرميستور ودرجة الحرارة علاقة طردية، أي تزداد قيمة المقاومة مع ارتفاع درجة الحرارة.

كيفية استخدام الثيرمستور NTC في حماية المحركات الحثية:

ان استخدام الثيرميستور NTC في حماية المحركات يتطلب وجود مناول تيار CR في دائرة الحماية.

يتم وضع الثيرميستور NTC بين ملفات المحرك ويربط على التوالي مع ملف اللاقط الرئيسي، كما في المخطط ادناه.



الدائرة الكهربائية لاستخدام المتحسسات المدفونة *NTC* في حماية المحركات الحثية الثلاثية الطور.

طريقة عمل الدائرة:

ان غلق المفتاح (S) يؤدي الى تغذية ملف اللاقط (C) من خلال التلامس المغلق لمناول التيار (CR)، فيؤدي الى غلق تلامسات اللاقط الرئيسية التي تغذي المحرك، ويبدأ المحرك بالعمل، وفي نفس الوقت يتم تغذية المول الكهربائي الذي يعمل على خفض الجهد وتغذيته الى الموحد القنطري الذي يحول التيار المتناوب الى تيار مستمر.

التيار المستمر الخارج من الموحد القنطري يتم تغذيته الى المتحسس الحراري NTC المدفون بين ملفات المحرك من خلال ملف مناول التيار (CR).

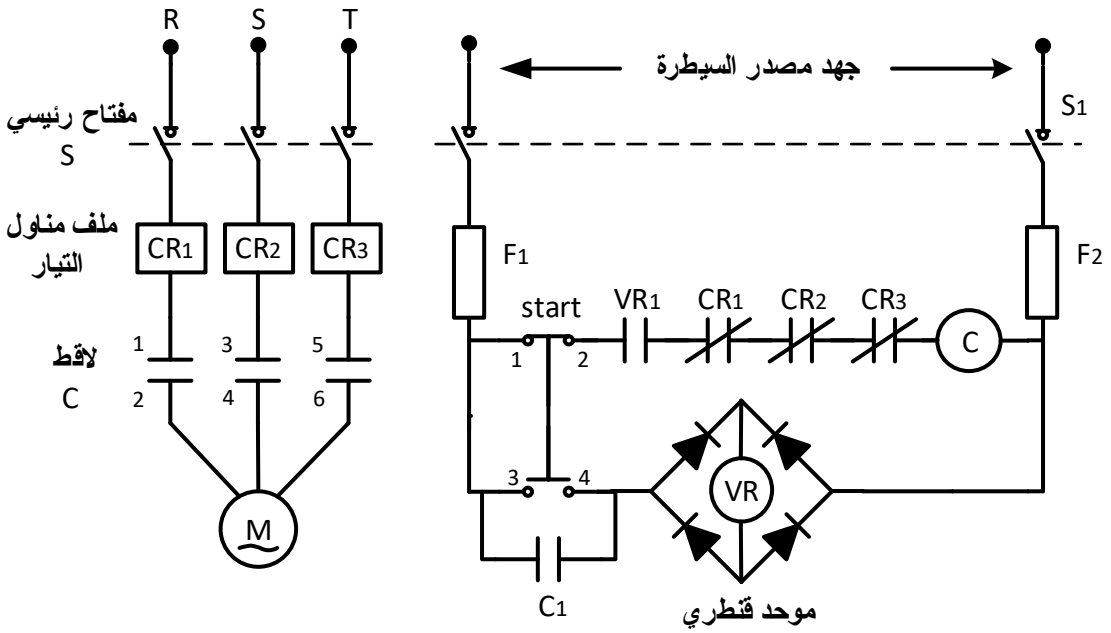
عندما يعمل المحرك بشكل طبيعي تكون حرارة ملفات المحرك طبيعية، وتكون مقاومة المتحسس الحراري NTC عالية، لذا فان التيار المار خلالها يكون صغير وغير كافي لعمل مناول التيار (CR)، فيبقى المحرك مستمر بالعمل.

وعند زيادة درجة حرارة ملفات المحرك (بسبب زيادة الحمل على المحرك) تهبط مقاومة المتحسس الحراري NTC ، فيزداد التيار المار فيه، وعندما تصل قيمة التيار الى قيمة تيار عمل المناول، فان المناول سوف يعمل ويُفتح تلامسها المغلق (CR_1) وتقطع التغذية عن ملف اللاقط والذي يعمل على فصل التغذية عن المحرك.

مناولات الجهد (VR) Voltage Relay

تستخدم مناولات الجهد لحماية المحركات الحثية من انخفاض جهد التغذية، تشترط مواصفات العالمية عدم ترك المحركات الكهربائية الحثية تعمل لفترة طويلة، عند انخفاض جهد التغذية خصوصاً عندما يعمل المحرك عند الحمل الكامل.

وتحدد هذه المواصفات اقصى هبوط في الجهد بمقدار (2.5%) من جهد المصدر، الحماية من انخفاض الجهد او اختفائه في المحركات الحثية يتم باستخدام مناولات الجهد الكهرومغناطيسية (VR)، يربط هذا المناول كما في الشكل ادناه.



دائرة الحماية من انخفاض جهد التغذية.

نلاحظ في الدائرة وجود مناولات التيار (CR) التي تتحسس الزيادة في تيار الدائرة، اما مناولات الجهد (VR) فتتحسس مقدار الجهد في الدائرة، وتتميز مناولات الجهد عن باقي أنواع المناولات الأخرى بان لها فترة امساك عن العمل لمدة نصف ثانية تقريبا (وفي أنواع من مناولات الجهد يمكن تنظيم فترة الإمساك عن العمل (5 – 10 sec)).

مناول الجهد (VR) يتكون من ملف يوضع حول قلب حديدي، وملف المناول مصمم ليعمل على قيمة معينة من الجهد تدعى الجهد المقنن (V_{rr})، مع وجود تلامسات مساعدة مغلقة او مفتوحة.

فعند تسليط الجهد المقنن المناسب على ملف المناول سوف يتمغنط القلب الحديدي ويعمل على تغيير وضعية التلامسات من مفتوحة الى مغلقة وبالعكس، وعند انخفاض الجهد المقنن الى قيمة اقل من (65%) من الجهد فان التلامسات سوف تعود الى حالتها الطبيعية، ولكن بعد انقضاء فترة الإمساك عن العمل.

ملف المناول VR يمكن ان يعمل على جهد مقنن متناوب او جهد مقنن مستمر من خلال موحد قنطري (كما في الرسم السابق).

طريقة عمل الدائرة:

عند الضغط على مفتاح Start تفتح نقاط (2 – 1) وتغلق نقاط (3-4) فتعمل على تغذية ملف المناول VR مما يؤدي الى غلق التلامس المفتوح (VR_1).

وعند رفع الضغط عن المفتاح Start يعود المفتاح الى وضعيه الطبيعي ((3,4) يفتح و -1) (2 يغلق) أي تقطع التغذية عن ملف المناول (VR)، الا ان تلامسه يبقى مغلق لمدة نصف ثانية (فترة الإمساك عن العمل)، فيؤدي ذلك الى تغذية ملف اللاقط (C) من خلال تلامسات مناولات التيار المغلقة (CR1, CR2, CR3) ، والذي يؤدي الى تشغيل المحرك عن طريق تلامسات اللاقط الرئيسية (5-6 و 3-4 و 1-2)، وبنفس إعادة تغذية ملف المناول (VR) عن التلامس المساعد (C1)، وعند هبوط الجهد الى اقل من (65%) او اختفائه لفترة قصيرة يؤدي الى إطفاء اللاقط (C) وتعود تلامساته الى وضعها الطبيعي فتقطع التغذية عن المحرك وعن ملف مناول الجهد (VR)، فاذا عاد الجهد الى قيمته الطبيعية قبل انتهاء فترة الإمساك عن العمل لمناول الجهد (VR) يعود المحرك الى العمل ذاتياً، اما اذا عاد الجهد الى قيمته الطبيعية بعد انتهاء فترة الإمساك عن العمل فان المحرك لا يعود الى العمل الا عند الضغط على مفتاح Start مرة ثانية.

الحماية الطورية (Phase Relay)

تتم الحماية الطورية للمحركات باستخدام مناولات الطور Phase Relay والتي تتكون من ملف موضوع حول قلب حديدي وتلامسات مفتوحة او مغلقة حسب طبيعة العمل للدائرة.

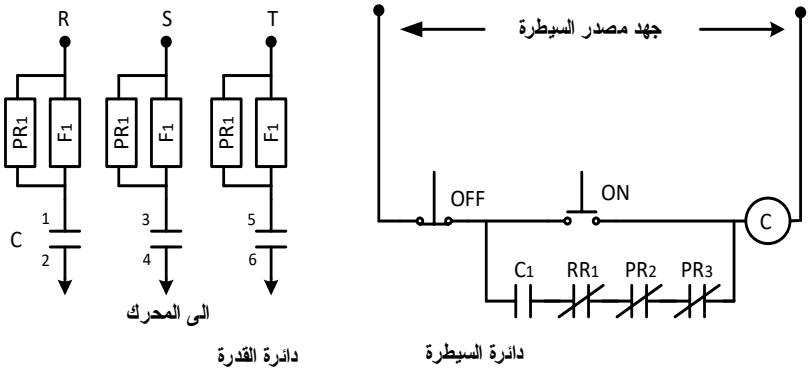
في المحركات الثلاثية الاطوار اذا نقص او فقد احد الاطوار اثناء عمل المحرك فان المحرك يبقى يتغذى من طورين فقط، وللمحافظة على قدرة المحرك الداخلة فان التيار في الطورين يزداد بمقدار (1.73 مرة) والذي يؤدي الى ارتفاع حرارة ملفات المحرك واحتراقها، وقد لا تتمكن المناولات الحرارية (TR) من حماية المحرك عندما يكون الحمل على قليل.

طرق حماية المحركات الحثية الثلاثية الاطوار من العمل على طور ناقص:

تستخدم المناولات الطورية (PR) في حماية المحركات الثلاثية الاطوار بعدة طرق:

١- استخدام ثلاث مناولا تطورية:

يمكن استخدام حماية خاصة بوضع مناولا طورية على التوازي مع الفيوزات بحيث تربط ملفات المناولات على التوازي مع الفيوزات الموجودة في خطوط تغذية المحرك، اما تلامسات المناولات المغلقة فتربط في دائرة السيطرة (كما في الشكل رقم ١).



شكل رقم ١

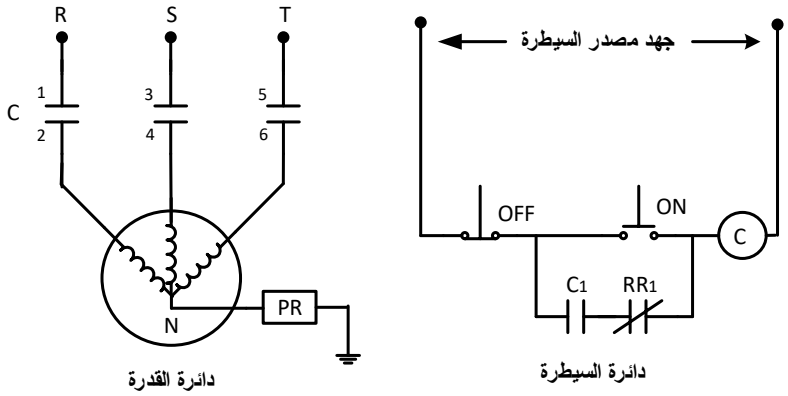
في الحالات الطبيعية لا يمر تيار في ملف المناول عندما تكون الفيوزات سليمة، اما اذا حدث خلل في احد اطوار المحرك اثناء العمل وادى الى انصهار عنصر احد الفيوزات فان ذلك سوف يؤدي الى مرور التيار خلال ملف المناول المتصل على التوازي مع الفيوز (فمثلاً اذا انقطع عنصر الفيوز الثاني F2 فان التيار سوف يمر في ملف المناول PR2 ويؤدي الى تشغيله والذي يعمل على فتح تلامسه المغلق PR2 الموجود في دائرة السيطرة وقطع التغذية عن ملف اللاقط (C) والذي بدورهسوف يعمل على قطع التغذية عن المحرك.

وعندما يكون محايد المحرك معزولاً يمكن استخدام مناولين فقط يربطان مع الفيوزات لطورين فقط بينما يصمم فيوز الطور الثالث بحيث يتحمل تياراً اعلى من التيار المقنن.

٢- استخدام مناول طوري واحد لحماية المحركات الحثية الثلاثية الاطوار:

عندما يكون محايد المحرك مؤرضاً فيمكن استخدام مناول طوري واحد، يربط ملف المناول بين نقطة الحياد للمحرك والارضي اما تلامسات المناول المغلق فيربط في دائرة السيطرة، ان طريقة استخدام مناول واحد تعتمد على طريقة ربط ملفات المحرك وكما يلي:

a) اذا كانت ملفات المحرك ذات ربط ستار Y فيربط ملف المناول بين نقطة الحياد والارضي (كما في الشكل رقم ٢).



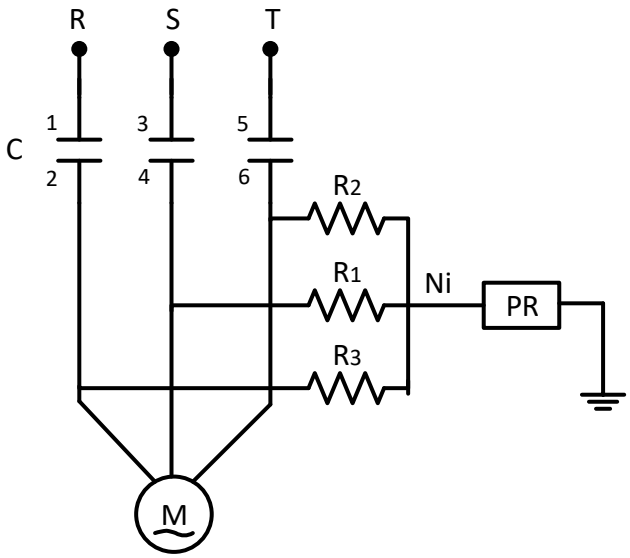
شكل رقم ٢.

b) اذا كانت ملفات المحرك ذات ربط دلتا Δ حيث لا توجد نقطة حياد طبيعية (N)، فيتم تشكيل نقطة حياد مصطنعة (Ni) وفي هذه الحالة يربط ملف مناول الطور PR بين نقطة الحياد المصطنعة (Ni) والقطب الأرضي، ويتم تشكيل نقطة الحياد المصطنعةت بطريقتين:

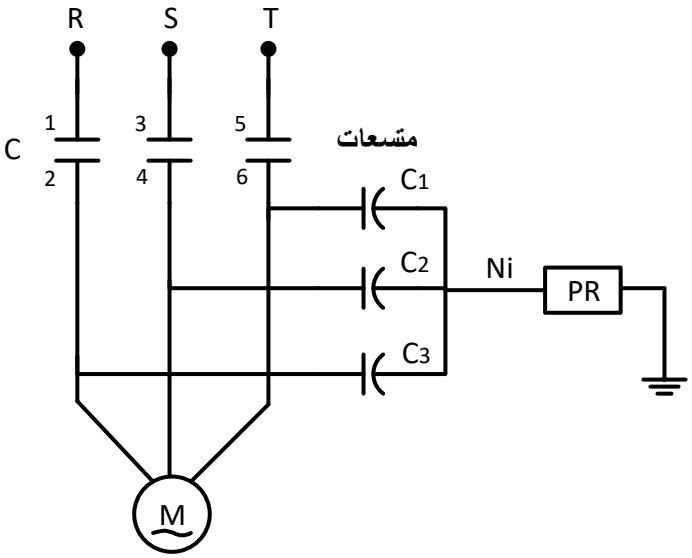
١- استخدام ثلاث مقاومات قدرتها (30-50 W) وقيم تقدر بعدة مئات من الاوم، كما في الشكل رقم ٣.

٢- استخدام ثلاث متسعات قيمها بحدود (2-10 µF) وجهد يساوي جهد المصدر، كما في الشكل رقم ٤.

في الحالات الطبيعية يكون الجهد في نقطة الحياد المصطنعة (Ni) صغير جداً بحدود (2.5% من جهد المصدر ويكون غير كافي لتشغيل مناول الطور PR، اما عندما يفقد احد الاطوار فان الجهد في نقطة الحياد Ni يزداد بشكل كبير، ويؤدي هذا الجهد الى تشغيل المناول PR فيفتح تلامسها المغلق الموجود في دائرة السيطرة ويقطع التغذية عن ملف اللاقط C الذي يؤدي الى فصل المحرك عن المصدر.



شكل رقم ٣.



شكل رقم ٤.

التأريض (E) Earthling

التأسيسات الكهربائية أصبحت من الأمور المهمة لكثرة نوعيات المنظومات والأجهزة المستخدمة، ولأنها تؤدي أغراض أساسية وهي إيصال الطاقة الكهربائية بشكل سليم ومناسب لتشغيل الأجهزة الكهربائية، على ان تتوفر فيها كافة الشروط الخاصة بالسلامة والأمان فضلاً عن عدم جعلها مصدر اذى وتشويه للأبنية التي تتم فيها التأسيسات.

ان السلامة والأمان في التأسيسات الكهربائية تتحقق بالاختيار الصحيح لا حجام الاسلاك والفيوزات والقواطع للحفاظ على الأجهزة والتأسيسات اثناء العمل وعند حدوث عطب فيها، ويمكن ان يكون الأرضي احد الأمور المهمة في موضوع السلامة خاصة عند حدوث العطل.

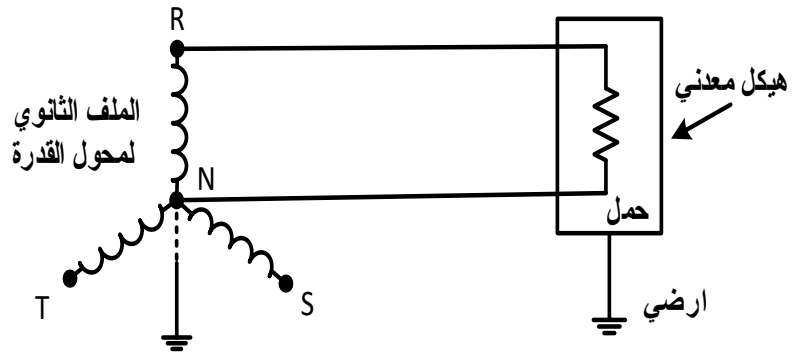
ان التاريض يقوم بدور كبير في سلامة الأجهزة والأشخاص، الا اننا لانعطيه الاهتمام الكبير وذلك لعدة اسباب منها:

- **عدم وجود الوعي والفهم الجيد لموضوع التأريض.**
- **ان التأريض لا يخدم الا عند حصول العطل.**

ان الاستخدام المتزايد للطاقة الكهربائية يجب ان يأخذ بنظر الاعتبار الاحتمالات الخطرة التي يمكن ان تصاحب هذه الاستخدامات خصوصا اذا حدث انحراف عن الطرق الصحيحة للتوصيل.

وتكون الخطورة اساساً في إمكانية تهديد صحة الأشخاص نتيجة لا صابتهم بصدمة كهربائية قد تودي بحياتهم، وكذلك يمكن ان تحدث الحرائق المدمرة للممتلكات وتسبب خسائر جسيمة بسبب حدوث تماس كهربائي مع الأرض، وعدم إمكانية فصل مثل هذه الحالات بواسطة دوائر الحماية والفيوزات وقواطع الدورة.

تعد طريقة توصيل جسم معدني او هيكل معدني يحتوي على أجهزة وأدوات كهربائية الى الأرض من احد طرائق الحماية ضد التسرب الى الأرض، كما في الشكل التالي.



ان منظومة التأريض تعتبر الجزء المهم في كل اعمال التأسيسات الكهربائية، والسبب الرئيسي في استخدام منظومة التأريض هو:

١- منع او تقليل خطر الصدمة الكهربائية على الانسان وكذلك الحيوان.

٢- تقليل خطر الحرائق المدمرة.

حيث ان منظومة التأريض توفر مسار ذو مقاومة واطئة لمرور التيار الى الأرض، ويتم ذلك عن طريق ربط الهياكل المعدنية للأجهزة والمعدات الى قطب ارضي (يدفن في الأرض).

الصدمة الكهربائية:

تكون الصدمة الكهربائية خطرة عندما تصل قيمة التيار المار خلال جسم الشخص الى قيمة قليلة محدودة، وان درجة الخطورة لا تعتمد على قيمة التيار المار خلال الجسم فقط وبل كذلك على وقت سريان التيار في الجسم، ان تيار بقيمة (50 mA) تؤدي الى انقباض عضلي للقلب، وتكون مميتة اذا لم يتم الإسعاف الفوري للشخص المصاب، وخصوصا اذا استمر هذا التيار خلال الجسم لمدة قصيرة جداً (30 msec).

القطب الأرضي:

هو أداة التوصيل الى كتلة الأرض، او الأداة التي يتم عن طريقها التوصيل الى الأرض، ويمكن اني يكون القطب الأرضي بأشكال متعددة.

اشكال القطب الأرضي:

١- قطب ارضي بشكل لوح Plate type :

يكون القطب بشكل لوح من الحديد او النحاس يدفن داخل الأرض بعمق يصل الى 2) (m، والعمق يعتمد على نوع التربة، ومساحة اللوح فتعتمد على نوع التأسيس، ويمكن تقليل مقاومة التربة حول القطب بوضع طبقة من الفحم والملح حول اللوح والتي تساعد امتصاص الرطوبة.

٢- قطب ارضي يشكل قضيب Rod type :

يكون القطب بشكل قضيب من النحاس او الحديد المطلي بالنحاس، ويستخدم في الأراضي الناعمة التي لا تحتوي على صخور، يدفن في الأرض على بعد لا يقل عن) (0.5 m وقد يصل العمق الى (2-3 m) حسب طبيعة التربة.

٣- قطب ارضي بشكل شرائح Strip type :

تستخدم شرائح من النحاس عندما تكون التربة ضحلة وتعلو طبقة صخرية، حيث تدفن الشرائح في خندق عمقه لا يقل عن (0.5 m) ويمكن احاطة الشريحة بخليط من الفحم والملح وذلك لضمان جودة التوصيل بين الشريحة والأرض.

تصميم منظومة التأريض:

العوامل التي تؤخذ بنظر الاعتبار عند تصميم منظومة التأريض:

١- مقاومة القطب الأرضي.

٢- الحرارة الناتجة في منطقة القطب الأرضي.

٣- المقاومة النوعية للتربة.

٤- زمن عمل معدات الحماية.

٥- زمن التيار الأرضي والذي يعتمد على معدات الحماية.

٦- يجب ان يكون القطب الأرضي مدفون تحت الأرض لتقليل الجهد المتكون على سطح الأرض.

- **ان مرور التيار من القطب الأرضي الى الأرض يؤدي الى رفع درجة حرارة التربة وجفافها، ان حرارة التربة اذا وصلت الى (100^0 C) تصبح مقاومة القطب الأرضي كبيرة جداً (ما لا نهاية)، وبذلك لا يسمح للتيار ان يتسرب الى الأرض.**
- **عند حدوث الخطأ وتسرب التيار الى الأرض عن طريق القطب الأرضي فان جهد القطب يزداد عند القطب ويقل الجهد للتربة كلما ابتعدنا عن القطب الأرضي، وان هذا الجهد يمكن ان يكون مصدر خطر على الأشخاص او الحيوانات المارة عليها.**
- **منطقة ربط السلك الأرضي بالقطب معرضة للتأكل والتأكسد والذي يؤدي الى زيادة المقاومة، ويفضل حفظ هذه المناطق بطبقة من الشحوم العازلة للرطوبة، مع احكام الربط بشكل جيد ويجب تجنب ربط النحاس بمعادن أخرى مثل الألومنيوم.**

أسباب التأريض:

١- السماح لتيارات الخطأ ان تتسرب الى الأرض، وعندها سوف تعمل أجهزة الحماية وتفصل الحمل عن المصدر.

٢- المحافظة على قيم الجهود للأجزاء الغير مخطئة.

٣- منع الصدمة الكهربائية للأشخاص.

٤- لتأسيس منظومة حماية ضد تيارات التسرب الأرضي.

الطرق المختلفة للتأريض:

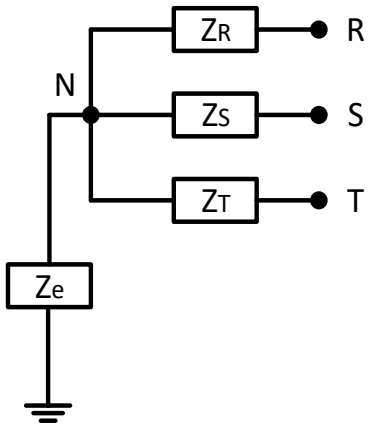
١- الغلاف المعدني او غلاف التسليح في الكابلات الأرضية.

٢- سلك الأرضي العلوي لخطوط نقل الطاقة الهوائية.

٣- انابيب التأسيسات الكهربائية والهياكل المعدنية للتأسيسات.

٤- المأخذ الكهربائية.

تمثيل الأرضي في النظام الثلاثي الاطوار:



حيث ان:

Z_R **= ممانعة الطور R.**

Z_S **= ممانعة الطور S.**

Z_T **= ممانعة الطور T.**

Z_e **= ممانعة دائرة الخطأ.**

عندما يكون النظام معزول فان $Z_e = \infty$.

عندما يكون النظام مأرض تأريض مباشر فان $Z_e = 0$.

عندما يكون النظام مأرض تأريض غير مباشر فان :

$Z_e = R$ **اذا كان النظام مارض من خلال مقاومة.**

$Z_e = XL$ **اذا كان النظام مأرض من خلال محاثة.**

$Z_e = XC$ **اذا كان النظام مأرض من خلال متسعة.**

هبوط الجهد (V_d **) Voltage drop :**

ان مرور التيار في الموصلات يتسبب بفقدان جزء من الفولتية بين بداية ونهاية الموصل، وان هذا الفقدان يدعى ب" هبوط الجهد " (V_d **) ويمكن حسابه من القانون:**

$$V_d = I * R$$

حيث ان :

I **= التيار المارفي الموصل.**

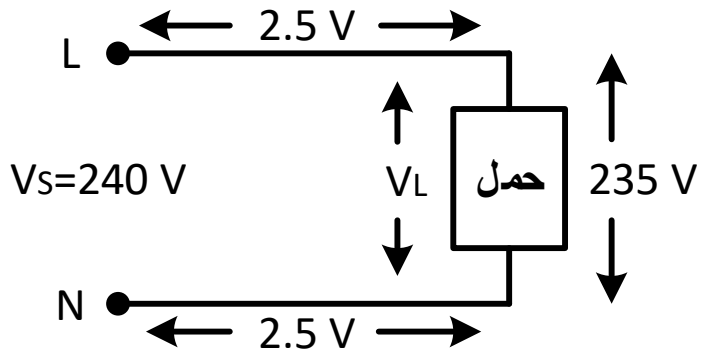
R **= مقاومة الموصل.**

ان هبوط الجهد يؤدي الى انخفاض الجهد عند الحمل فيؤثر على كفاءة الأجهزة الكهربائية، فمثلاً المصابيح في حالة هبوط الجهد لا تعطي أضاه كافية، والسخانات لا تعطي الحرارة الكافية كما هو مصمم لها.

في الدائرة ادناه لو كان مصدر الجهد $V_S = 240\ V$ **وكان هبوط الجهد** $V_d = 5\ V$ **، فان الجهد على اطراف الحمل** V_L **هو:**

$$V_L = V_S - V_d = 240 - 5 = 235\ V$$

نلاحظ بان هبوط الجهد لكل موصل $2.5\ V$ **.**



ان القدرة الكهربائية تعطى بالقانون :

$$P = V * I * \cos\theta$$

وهذا يعني ان أي نقص في الجهد يقابله زيادة في التيار المسحوب من المصدر ليعطي نفس القدرة، وهذا يؤدي الى ارتفاع درجة حرارة الكابل.

يمكن حساب هبوط الجهد بشكل دقيق من العلاقة :

$$V_d = I_{ph} * (R * \cos\theta + X * \sin\theta) \qquad \ldots (1)$$

العوامل التي تؤثر على هبوط الجهد :

١- مقاومة الكابل (R).

٢- المحاثة الخاصة بالكابل (X).

٣- معامل القدرة.

٤- التيار المار في الكابل.

ومن العلاقة (١) اذا اهملنا المفاعلة الحثية (X_L **) للكابل فيمكن حساب هبوط الجهد في الموصلات المفردة من العلاقة :**

كابل

$$V_d = I_{ph} * R \qquad \ldots (2)$$

احادي الموصل:

وفي الدوائر الثنائية الخطوط (L+N) فتكون قيمة V_d تساوي :

كابل ثنائي $V_d = 2 * I_{ph} * R$ ...(3)

الموصلات:

وفي الدوائر الثلاثية الخطوط فتكون قيمة V_d تساوي :

كابل ثلاثي $Vd = \sqrt{3} * I_L * R$ ...(4)

الموصلات:

ان افضل طريقة في حساب هبوط الجهد (V_d) في الكابلات تكون باستخدام جداول الكابلات حيث تعطي هبوط الجهد ب (mV / A.m) او (V / A.km) . أي قيمة هبوط الجهد لكل امبير.متر، ولحساب هبوط الجهد الكلي في الكابل يكون كما يلي:

$$V_d = \frac{(\ mV/A.m\ ) * I * L}{1000} \qquad (Volt)$$

حيث ان :

(mV / A.m) = قيمة الهبوط من الجداول.

I = تيار المار في الكابل (Amper).

L = طول الكابل (meter).

جدول يبين قيمة (mV / A.m) في الكابلات.

mm^2	موصلات نحاس	موصلات الومنيوم
1.5	22.8	-
2.5	14	-
4	8.7	-
6	5.9	-
10	3.5	-
16	2.2	3.7
25	1.5	2.4
35	1.1	1.7
50	0.81	1.3
70	0.58	0.92
95	0.44	0.68
120	0.37	0.56
150	0.31	0.47

القيم المسموح بها لهبوط الجهد في الدوائر الكهربائية:

في دوائر المحركات:

يجب ان لايزيد هبوط الجهد عن (2.5%) من الجهد المقنن عند الحمل التام، واذا زاد هبوط الجهد عن (2.5%) يجب اختيار كابل بمساحة مقطع اكبر.