٢٠١٧

المتابعات والوقاية

معهد الشطرة التقني/ قسم تقنيات الكهرباء

الاعطال في انظمة القدرة الكهربائية

منظومة القوى الكهربائية: هي عباره عن شبكه من الأجهزة الكهربائية مرتبطة مع بعضها كنظام متكامل بهدف توليد ونقل وتوزيع الطاقة الكهربائية لمستخدميها. ومن الامثلة الشائعة لشبكة نظم القوى الكهربائية هو المحطات المركزية التي تولد الطاقة ثم تقوم المحولات الكهربائية برفع جهد التوليد إلى جهد النقل ثم تنقل الطاقة بواسطة خطوط النقل إلى محطات ثانوية كهربائية لغرض خفض الجهد مرة اخرى إلى المستويات التي يحتاجها المستخدم في المنازل والمصانع والمتاجر.

وعند ظهور اضطرابات او اعطال في انظمة القدرة الكهربائية فانها تمنع الشبكة الكهربائية من مزاولة مهمتها بشكل طبيعي اي توليد القدرة الكهربائية ونقلها وتامين انسيابها للمستهلكين عند جهد وتردد مقبولين.

تقسم الاعطال الى:

١. اضطرابات تمنع الشبكة الكهربائية او عناصرها من العمل الطبيعي.
٢. يمكن ان يتعرض نظام قدرة كهربائية او جزء منه الى تهديد بالخطر وخلال وجود هذا الاضطراب يجب العمل على ابطال مفعوله في اقصر فترة زمنية ممكنة.

وهذا الاعطال تودي الى حدوث اما دوائر قصر short circuits والتي ينتج عنها مرور تيار كبير جدا في الاجزاء التي تعرضت للخطا والاجزاء المجاورة مما يتسبب في اثار تدميرية اذا لم يتم ازالة هذا الخطا بسرعة وهو اخطر انواع الاضطرابات التي تصيب الشبكة نتيجة زيادة الاجهادات الكهربائية او الحرارية او الميكانيكية، او الى حدوث قطع في احد الدوائر open circuit مما يسبب في انقطاع الخدمة وما ينتج عنه من خسائر مادية وخصوصا في المصانع والمواقع الانتاجية المختلفة.

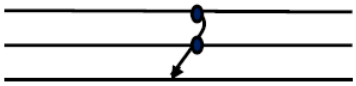
الاسباب غير المباشرة لاعطال القصر:

١. خصائص فنية رديئة لمواد المعدات.
٢. اخطاء فنية قد ارتكبت اثناء تصنيع المعدات او تركيبها مثل وجود عطل في مادة العزل او عدم الانتباه لتركيب نهايات الموصلات او الكيبلات.
٣. خطا في وصل وفصل الشبكة.
٤. تاثيرات مناخية او جوية او جيولوجية.
٥. تاثيرات المحيط المجاور بسبب الاشجار والمزروعات والحيوانات.

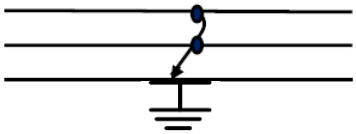
٦. تاثيرات المحيط المجاور لاسباب عامة مثل كسر العوازل المتعمد او تخريب الابراج وتخريب الكابلات الارضية اثناء الحفر.
٧. تاثيرات كهربائية مثل تشغيل المستمر للمكائن الكهربائية مع زيادة احمالها.

انواع الاخطاء او الاعطال في دوائر القصر:

١. **عطل ثلاثي الطور**

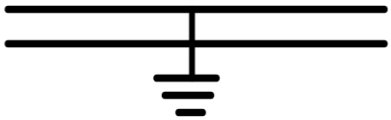


٢. **عطل ثلاثي الطور مع الارض**



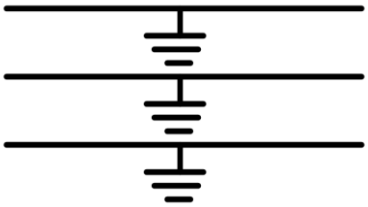
٣. **عطل ثنائي الطور**

٤. **عطل ثنائي الطور مع الارض**



٥. **عطل اضافي الطور مع الارض**

٦. **عطل يعد احادي الطور مع الارض**



وهنالك اعطال اخرى تهدد عمل نظام القدرة الكهربائية ونذكرها كالتالي:

١. عدم اتزان الاحمال الموصلة بالشبكة الكهربائية.
٢. تارجح القدرة الكهربائية.
٣. انخفاض قيمة جهد الشبكة الكهربائية.
٤. انخفاض في قيمة تردد جهد الشبكة الكهربائية.

احوال التشغيل الغير اعتيادية في النظم الكهربائية:-

يحدث تغيير في قيمة التيار والجهد والتردد عن القيم المسموح بها وبالتالي تسبب متاعب في عناصر الشبكة الكهربائية واستقرارها وهذا الاحوال الغير معتادة:

١. زيادة التيار
٢. هبوط الذبذبة
٣. زيادة الجهد

المصطلحات الفنية في دوائر الحماية

١. المرحل
٢. الوحدة اوالعنصر
٣. مرحل قياس
٤. مرحل مساعد (اضافي)
٥. مرحل لحظي (بدون تاخير زمني)
٦. مرحل التخلف الزمني
٧. مرحل التخلف الزمني متغير
٨. مرحل التخلف الزمني مستقل
٩. مرحل التخلف الزمني عكسي
١٠. مرحل نقار
١١. مرحل كبحي
١٢. المقدار المميز
١٣. التقدير (المعيار)
١٤. الضبط (التعبير)
١٥. الالتقاط
١٦. القطع (الهبوط)
١٧. قيمة التشغيل
١٨. قيمة الاعادة
١٩. زمن التشغيل

خواص اجهزة الوقاية (المتطلبات العامة لاجهزة الحماية)

جميع اجهزة الحماية المستخدمة مهما كانت نوعيتها واستعمالها يجب ان تتصف بعدة صفات اساسية ويمكن ايضاح هذا الصفات:

١. الانتقائية Selectivity

ان صفة الانتقائية لجهاز الحماية هو قدرته على عزل الجزء المتعطل من الشبكة دون بقية الاجزاء السليمة واستمرار التغذية في بقية الشبكة الكهربائية. وفي هذا الحالة فان الحماية لها القدرة على اكتشاف وجود الاعطال في النظام المراد حمايته وتحديد القواطع الالية التي تعمل لعزل العطل.

٢. سرعة العمل Speed of operation

تعتبر خاصية السرعة ضرورية لانها تفصل القسم المتعطل خلال فترة زمنية قصيرة مما يؤدي الى التخفيف او الحد من التلف والدمار للتجهيزات كما يتم تجنب فقدان الاستقرار في عمل مجموعات التوليد ومجموعات القدرة، ويتحدد زمن عزل العطل بعدة امور منها مواصفات وجودة اجهزة الحماية ونوعيتها. كما يعتمد على استطاعة وجهد وتكاليف نظام القدرة. كما يعتمد ايضا على نوعية العطل.

٣. الحساسية Sensitivity

وتعرف الحساسية بانها مستوى قيمة تيار العطل الذي تعمل عنده المرحلات. اي انه الحساسية هي تجاوب المرحلات مع الاعطال التي تظهر في المنطقة المحمية ويجب ان تفصل المرحلات ادنى قيمة لتيار العطل في القسم المراد حمايته.

٤. الموثوقية (الاعتمادية) Reliability

تصدر الاوامر الى دوائر الحماية للقيام بواجبها مع ضمان التاشير.

٥. الاقتصادية Economical

تعتمد اقتصادية معدات الحماية على كلفة استثمارها وكلفة صيانتها والمحافظة على حالتها الفنية اثناء فترة استخدامها.

الاجهزة الرئيسية للحماية في محطات التوليد والمحطات الثانوية

ان عزل الاعطال التي تحدث على منظومة القوى الكهربائية يودي الى التقليل من فقدان التغذية للمنشات والمعامل الاقتصادية كما يؤدي ايضا الى الحد من التلف الذي يحصل على التجهيزات الخاصة بمنظومة القوى الكهربائية. ولتحقيق ذالك فان من الضروري تامين مطلبين اساسيين وهما:

١. يجب ان يزود نظام القدرة بعدد مناسب من القواطع الالية او اجهزة قطع اخرى موضوعة بشكل صحيح في الشبكة ومناسبة لظروف التشغيل المطبقة على منظومة القوى الكهربائية.
٢. يجب ان يملك كل من هذه الاجهزه وسيلة تحكم بامكانها تمييز الحالات غير الطبيعية (حالة العطل) ضمن المنطقة المحمية او خارجها وبالتالي تستطيع ان تعزل الاقسام المتعطلة فقط من الشبكة.

الاجهزة المستخدمة في نظام الحماية Components of Protective System

تشمل اجهزة الحماية الكهربائية على ما يلي:

١. **المصهرات Fuses**
٢. **محولات التيار Current Transformers (C.T.)**
٣. **محولات الجهد Potential Transformers (P.T. or V.T.)**
٤. **المرحلات Relays**

اولا: المصهرات Fuses

ويعرف المصهر بانه جهاز حماية للدوائر الكهربائية من زيادة التيار الناتجة عن دوائر القصر او الحمولة الزائدة ، وتفتح الدائرة عند هذا الزيادة نتيجة انصهار عنصر قابل لانصهار عند زيادة التيار عن القيمة محددة وخلال زمن مناسب. وتعتبر من الاجهزه القديمة المستخدمة في منضومة والوقاية.

مميزات المصهرات

- تعتبر وسيلة حماية رخيصة للأنظمة الكهربية من زيادة الأحمال أو حدوث القصر.
- الزمن اللازمة للتشغيل في المصهرات أقل منه في المفاتيح القطع.
- لا تحدث ضوضاء أثناء عملية القطع.

عيوب المصهرات

- في حالة مرور تيار قصر كبير فإن الفصل بين مجموعة المصهرات الموصلة على التوالي في نظم القوى الكهربية يكون مستحيلا.
- لا يمكن توفير حماية ثانوية له.
- بعض المصهرات قد لا يكون تيار الانصهار فيها دقيقا مما يؤثر على الدوائر التي تقوم بحمايتها.

وتقسم المصهرات من وجهة نظر الجهد الى:

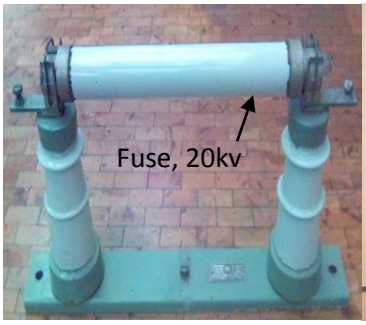
١. مصهرات الجهد العالي (يزيد عن ٦٦٠ فولت): ويستخدم كوسيلة من وسائل حماية التركيبات والمعدات الكهربائية من تيار قصر الدائرة وتستخدم في الجهد العالي كبديل لمفاتيح القدرة اذا كان الحيز الذي توجد به التركيبات ضيقا بحيث لا يسمح بتركيب معدات القطع والوصل.

وهنال نوعان من المصاهر المستخدمة في الجهد العالي هما:

أ- مصاهر لها طاقة بيان منخفضة.

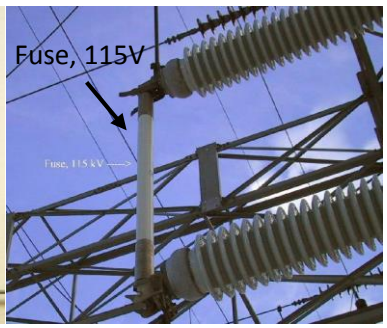
ب- مصاهر لها طاقة بيان عالية.

٢. مصهرات الجهد المنخفض الذي لا يزيد عن ٦٦٠ فولت: وتستخدم في الجهد المنخفض لتقوم بنفس العمل الذي تؤدية في الجهد العالي وهو حماية المعدات والاجهزة الكهربائية من التيارات الزائدة او تيارات القصر. بعض اشكال المصهرات المستخدمة كما في الاشكال التالية:



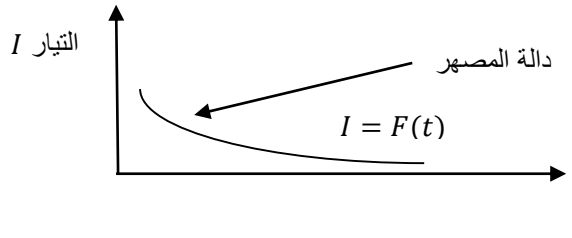
مصهرات الجهد العالي

مصهرات الجهد المنخفض



بعض المصطلحات المستخدمة في المصهرات

١. دالة المصهرات: عند مرور تيار في المصهر يبدا بالتسخين وكلما زاد التيار زاد التسخين وبالتالي يقترب المعدن المصنوع منه الى درجة الانصهار.



٢. التيار النظامي او المقنن: هو اقصى تيار يستطيع المصهر ان يتحمله دون ان ينصهر.

٣. تيار الصهراو تيار الصهر الاصغر: هو اقل تيار لصهر سلك المصهر ويحسب هذا التيار كما يلي:

$$I = k\sqrt{d^3}$$

حيث انه I هو تيار الصهر، k هو ثابت القيمة و d هو قطر السلك.

العوامل التي يعتمد عليها تيار الصهر هي:-

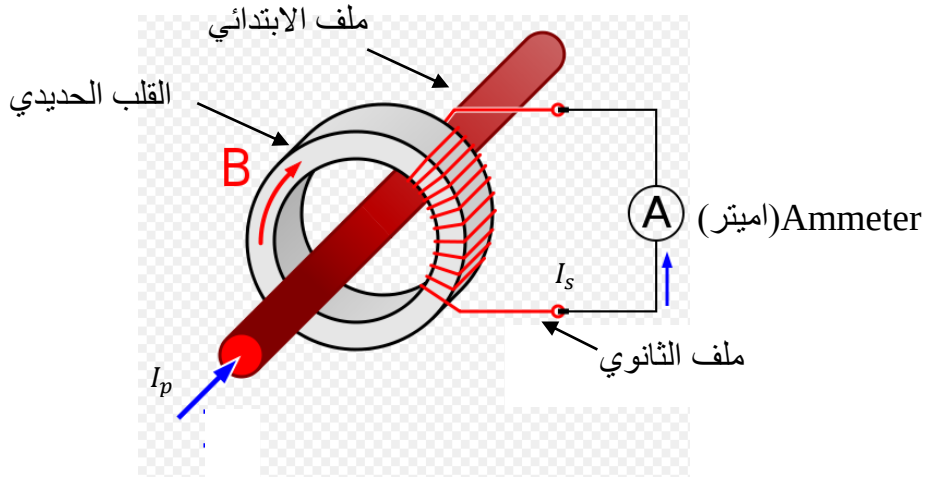
١. نوع المعدن المستخدم.
٢. طول سلك الصهر.
٣. قطر السلك.
٤. شكل مساحة مقطع السلك.
٥. حجم وموقع اطراف السلك.
٦. نوع الغلاف المستخدم.
٧. شكل سلك المصهر من حيث كونه مجدول او غير مجدول.

٤. معامل الصهر: وهو النسبة بين تيار الصهر الادنى والتيار الاعتيادي المصمم عليه المصهر وهو عادة اكبر من واحد.

ثانيا : محولات التيار Current Transformers (C.T.)

محولات التيار من اهم العناصر المستخدمة فى معظم مجالات الهندسة الكهربية فنجدها فى محطات الجهد العالي و المتوسط و ايضا نجدها فى دوائر التحكم و لوحات الجهد المنخفض يعمل محول التيار لانتاج تيار كهربي صغير على ملفات الثانوي بينما يمر تيار كبير فى الابتدائي لذلك يستخدم محول التيار في تشغيل اجهزة القياس و اجهزة الحماية و الوقاية الكهربية و عادة نلجى لاستخدام محولات التيار عندما يزيد التيار الكهربي عن ٤٠ امبير.

تركيب محول التيار:



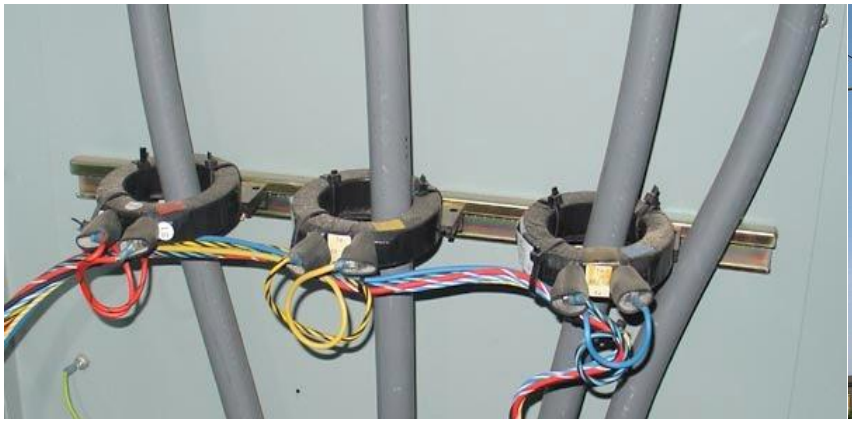
الملف او السلك الابتدائي : و يوصل على التوالي مع الدائرة المراد تحويل تيارها.

الملف الثانوي : و الذى يتولد به تيار كهربي صغير يتناسب مع تيار الابتدائي و تتصل اطرافه مع دائرة الحماية و الوقاية او مع اميتر لقياس التيار.

القلب الحديدي : و يصنع عادتا من الصلب السليكوني و يمر به الدائرة الميغناطيسية بين الملفين.

بعض اشكال محولات التيار كما في الصور التالية:

محول تيار يعمل على خط ١١٠ كيلوفولت



محول تيار يستخدم كجهاز قياس لمصدر تيار ثلاثي الأوجه ٤٠٠ أمبير

انواع محولات التيار:

توجد ثلاث انواع لمحولات التيار كلا منهم له خواصه و استخدامه

١. محول تيار من نوع الشباك (الحلقي) Window Type C. T.

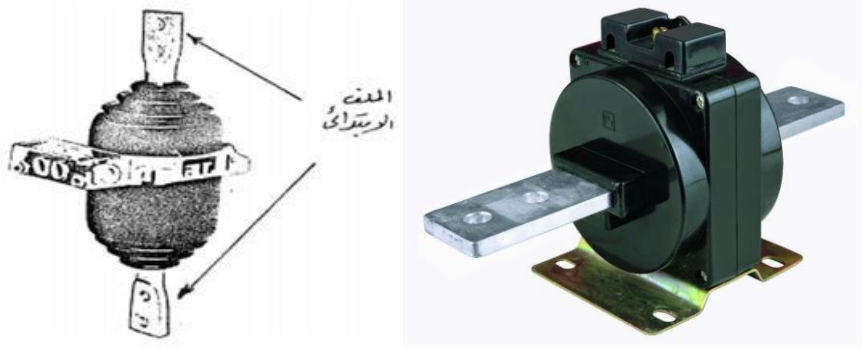
و هو من اهم و اشهر الانواع و لا يحتوي على ملف ابتدائي بالمعنى المعتاد بل يمر موصل الدائرة الرئيسية وسط تجويف القلب الحديدي. احيانا يسمى هذا النوع ب Ring C. T. كما موضح بالاشكال التالية.

محول تيار نوع نافذه

٢. محول تيارمن نوع ذي القضيب Bar Type C. T.

و فيه يكون الموصل الابتدائي عباره عن قضيب معدني سميك تتصل اطرافة بالدائرة الرئيسية المراد تخفيض تيارها و ذلك بالطبع على التوالي.

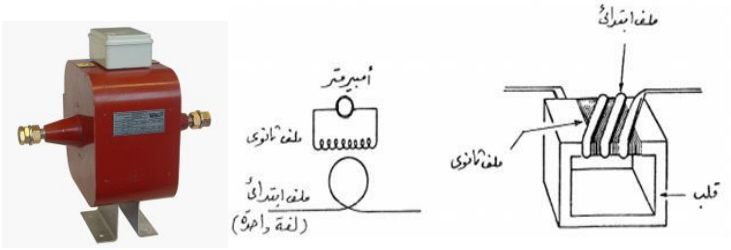
ميزة هذا النوع انه يتحمل الاجهادات الناتجه عن التيارات المرتفعة ،كما موضح بالصور التالية.



محول تيار من نوع ذي القضيب

٣. محول تيار من نوع الملفوف Wound Type C.T.

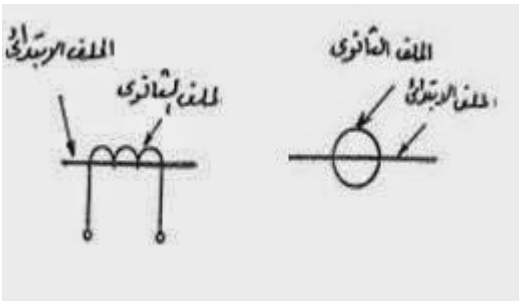
و فى هذا النوع يكون الملف الابتدائي عباره عن ملف يتكون من لفة واحدة او عدد لفات قليلة جدا و يتم توصيل اطرافه على التوالي مع الدائرة المراد تخفيض تيارها كما موضح بالاشكال التالي.



محول تيار من نوع الملفوف

رمز محولات التيار:

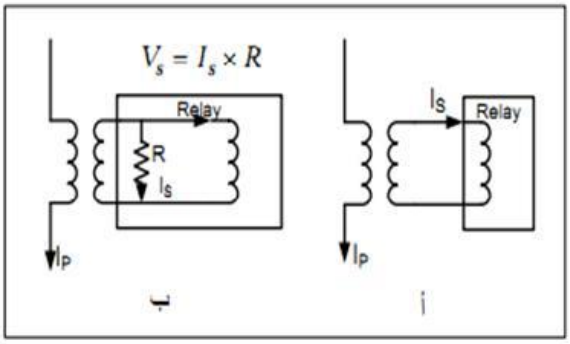
يوجد اكثر من رمز لمحول التيار اهمها الرمزان فى الصورة



توصيل محول التيار مع اجهزة الوقاية:

فى بعض الأحيان يتم توصيل الملف الثانوي مباشرة إلى المرحل (Relay)؛ بمعنى إستخدام تيار الملف الثانوي ليمر مباشرة فى ملف جهاز الوقايه كما فى الشكل أ ، وفى أحيان أخرى يتم توصيل مقاومه صغيره جدا بين طرفى الملف الثانوي – تصل إلى جزء من عشرة من الأوم – وينشأ عليها جهد يتناسب مع التيار المار فى الملف الثانوي للـ C.T. كما فى الشكل ب

وهذا الأسلوب يستخدم غالبا مع أجهزة الوقاية الرقمية والتى تحتاج إلى تحويل التيار إلى جهد تمهيدا لتحويله إلى Digital Numbers بواسطة A/D Converter.



ايجاد نسبة الخطا لمحول التيار:

$$\text{Error}\% = \frac{I_s * K_n - I_p}{I_p} \times 100$$

حيث Error هي نسبة الخطا، I_s (I_2) هو تيار الثانوي و I_p (I_1) هو تيار الابتدائي وK_n هي نسبة التحويل. حيث $K_n = \frac{I_s}{I_p}$.

ثالثا: محولات الجهد Potential Transformers (P.T. or V.T.)

محولاتُ الجهد ما هي إلا وسيلة لتقليل الجهود العالية كجهود الشبكات إلى القيمة التي يمكن قياسها بسهولة على الملفات الثانوية لمحول الجهد والمتصلة مباشرة بملفات الجهد لدوائر الحماية الاتجاهية ، وأجهزة قياس الجهد (الفولتميترات) ، وأجهزة قياس القدرة الفعالة والقدرة الغير فعالة ، وأجهزة قياس معامل القدرة.

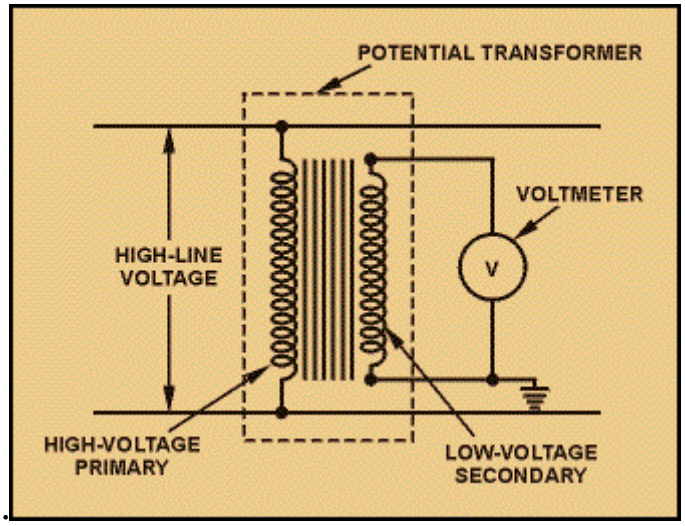
محولات الجهد تمكن من استخدام الأجهزة ذات العزل المنخفض لقياس المتغيرات في الشبكات ذات الجهد العالي بطريقة آمنة وإقتصادية .

محول الجهد لا يختلف كثيرا عن محول القدرة من حيث الملف الابتدائي ، والملف الثانوي ، والقلب المغناطيسي المصنوع من رقائق الصلب السليكوني إلا أنه يراعى في التصميم أن تكون مقاومة الأحمال أكبر بكثير من مقاومة القلب الحديدي وعدد لفات الملف الابتدائي أكبر بكثير من عدد لفات الملف الثانوي

الملف الابتدائي لمحول الجهد يتكون من عدد لفات أكبر ويوصل على التوازي ما بين الأوجه للجهد العالي والمتوسط بينما يتكون الملف الثانوي من عدد أقل من اللفات ويوصل على التوازي بملفات الجهد لأجهزة الوقاية والقياس كما موضح بالشكل.

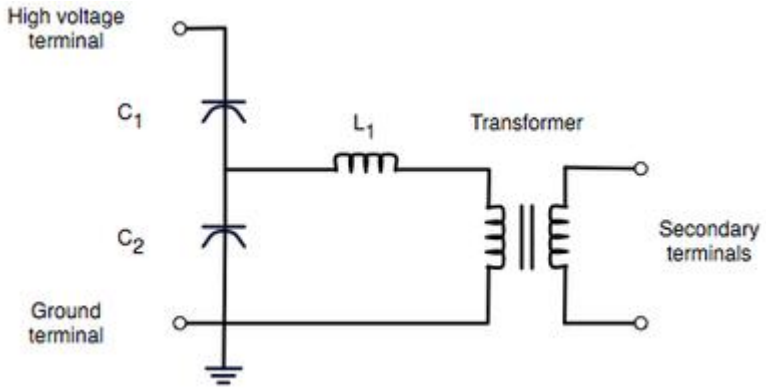
نسبة تحويل محول الجهد = جهد الابتدائي / جهد الثانوي.

الحمل الاسمي لمحول الجهد هو عبارة عن أكبر حمل يمكن توصيله على الملفات الثانوية بحيث لا يحدث تغيير في نسبة تحويل المحول إلا في حدود نسبة الخطأ المسموح بها . وعليه يجب ألا يزيد مجموع الأحمال المتصلة بالملفات الثانوية للمحول عن الحمل الاسمي.



محولات الجهد

محول جهد سعوي (CVT or CCVT) هو محول يستخدم في أنظمة الطاقة لخفض إشارات الجهد العالي و تقديم إشارة جهد منخفض ، لقياس أو تشغيل مرحل الحماية.



محول جهد سعوي بسيط

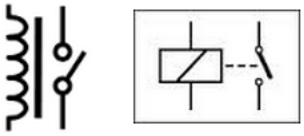
في أبسط أشكاله ، يتكون محول الجهد من : مكثفان يقومان بتقسيم إشارة خط النقل , مستحث (ملف) لضبط الجهاز على تردد الخط , ومحول جهد لعزل وخفض الجهد لأجهزة القياس أومرحل الحماية .

عمليا , المكثف (C_1) غالبا يتكون من سلسلة من المكثفات الصغيرة الموصلة على التوالي . وهذا يؤدي إلى انخفاض جهد كبير على المكثف (C_1) وإنخفاض جهد صغير نسبيا على المكثف (C_2) وبسبب وجود غالبية الانخفاض في الجهد على المكثف (C_1) فإن ذلك يؤدي إلى تقليل مستوى العزل لمحول الجهد وهذا يجعل محولات الجهد السعوي أكثر كفاءة اقتصادية من محولات الجهد الملفوف تحت الجهد العالي(أكثر من ١٠٠كيلو فولت)، لأن الأخير يحتاج إلى لفات ومواد أكثر.

رابعا: المرحلات (المتابعات) Relays

المرحل relay: - هو جهاز يتعرف على أي ظروف تشغيل غير عادية في الدائرة وذلك من خلال قياس الكميات الكهربائية (تيار - جهد - تردد - زاوية الطور) التي تختلف قيمها عند حدوث الأعطال في الدائرة الكهربائية . وتوصل المرحلات بالدوائر الثانوية لمحولات القياس وعندما يحس المرحل بالعطل يعمل ويغلق دائرة جهاز القطع والذي يقوم بدوره بفتح الدائرة الكهربية .ويعمل المرحل على أساس ضرورة اكتشاف الظروف غير مرغوب فيها خلال المناطق المحددة ويعمل المرحل على فصل المنطقة المتأثرة بالعطل وذلك لتجنب حدوث تدمير للأشخاص والمعدات وذلك عن طريق تشغيل قواطع الدائرة المناسبة .وفيما يلي شكل عام للمرحلات

والشكل التالي يبين بعض رموز للمرحلات المستخدمة فى الدوائر الكهربية



وتتكون جميع اجهزة الوقاية بصورة عامة من عناصر اساسسية وهي:

١. عنصر قياس لاي تغير يحدث في الدائرة (تيار- فولطية- تيار وفولطية معا).
٢. عنصر تحكم يعمل على توصيل دائرة الفصل لقاطع التيار.
٣. عنصر توقيت زمني للحصول على التاخير الزمني المطلوب.
٤. علامة او راية (flag) تظهر عندما يعمل الجهاز.

أنواع المرحلات

تنقسم المرحلات طبقًا **لتركيبها وعملها** إلى:

المرحلات الكهرومغناطيسية ,المرحلات الكهروحرارية ، المرحلات الاستاتيكية ,المرحلات الكهروديناميكية ، المرحل الفيزيائي الكهربي و مرحلات الحاسوب .

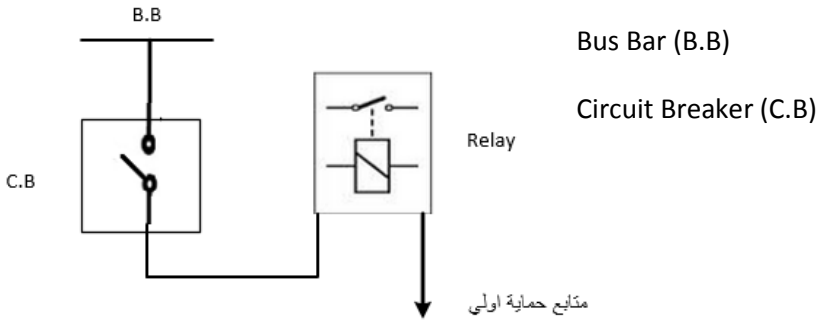
و تنقسم المرحلات حسب **تطبيقاتها** الى

١. مرحلات تفاضلية (Differential relay) :تعمل على اساس الفرق بين كميتين مثل التيار او الجهد.
٢. مرحلات اتجاهية (Directional relay): يعتمد مبدا عملها على الاستجابة لسريان التيار باتجاه واحد محدد ولا يستجيب لسريان التيار بالاتجاه المعاكس مهما كانت قيمتة وتنقسم الى
   - مرحلات التيار المتناوب وتعمل على اساس علاقة الطور الزاوي بين الكميات المتناوبة.
   - مرحلات التيار المستمر وتعمل على اساس اتجاه التيار.
٣. مرحلات المسافية او المعاوقة (Distance relay): يفصل عند حدوث عطل (fault) و ذلك بقياسه للمقاومة (بمعنى أدق الممانعه او المعاوقة (impedance)) فمثلا لو حدث خطا ستقل مقاومه السلك التى يراها ال relay نظرا لأن مسافه او جزأ منه وصل للأرض و أصبحت مقاومته صفر.

احد العوامل الهامة المتعلقة بكفاءة المرحلات هو مقدار القدرة الكهربائية المستهلكة فيها و الطريقة التي يمكن **تغذية ملفات** المرحل وتقسم الى:

١. مرحلات حماية اولية: وهي توصل بشكل مباشر في الدائرة المحمية وتتميز بالتالي:
   أ- لا تحتاج الى محولات قياس (محولات جهد او تيار).
   ب- لا تحتاج الى اسلاك للتحكم فيها.
   ت- تستخدم بكثرة في المحركات والمحولات ذات القدرة الصغيرة وشبكات التوزيع ذات الجهود المنخفضة.

والشكل التالي يوضح المرحلات الحماية الاولية



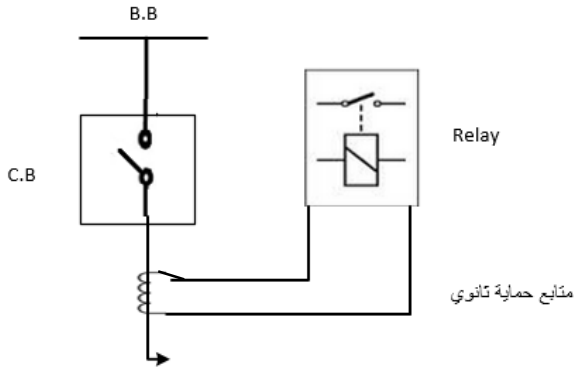
٢. مرحلات حماية ثانوية: وهي توصل الى الدائرة المحمية عبر محولات التيار او الجهد او كليهما معا وتتميز :

أ- تكون معزولة عن الجهد العالي.

ب- امكانها مناسبة للصيانة والاصلاح.

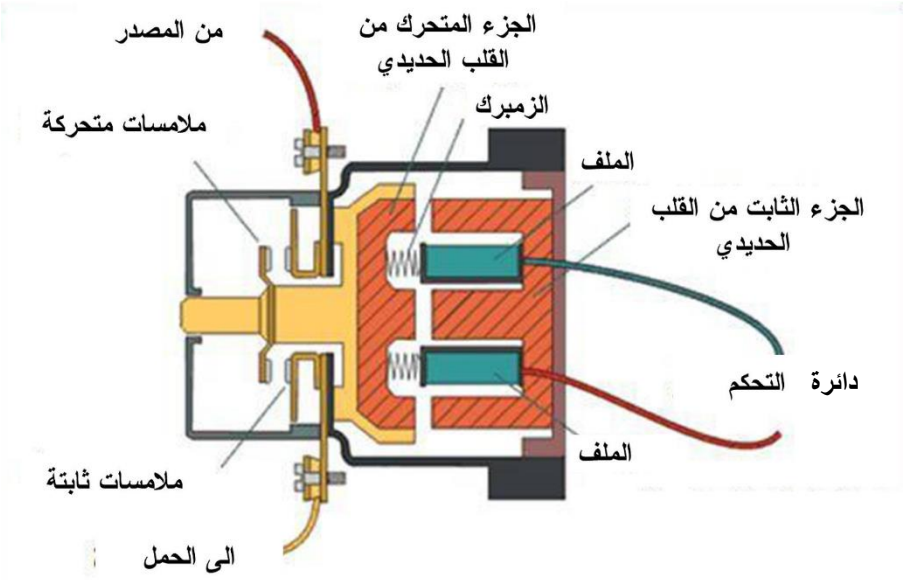
ت- تصميم التيارات من ٥ امبير بغض النظر عن جهة وتيار الدائرة.

والشكل التالي يوضح المرحلات الحماية الثانوية



المرحلات الكهرومغناطيسية ذات مبدا الجذب

يبين الشكل التالي التركيب الداخلي للمرحلات الكهرومغناطيسي حيث توجد دائرتان تتشاركان في عمل المفتاح التلامسي هما دائرة التحكم ودائرة التشغيل. بحيث تتصل دائرة التحكم بالملف المغناطيسي للمفتاح الكهرومغناطيسي. وتتصل دائرة التشغيل بملامسات القدرة يتم من خلالها ايصال التيار الى الحمل الكهربائي.وتعمل هذا المرحلات على التيار المتناوب والتيار المستمر.

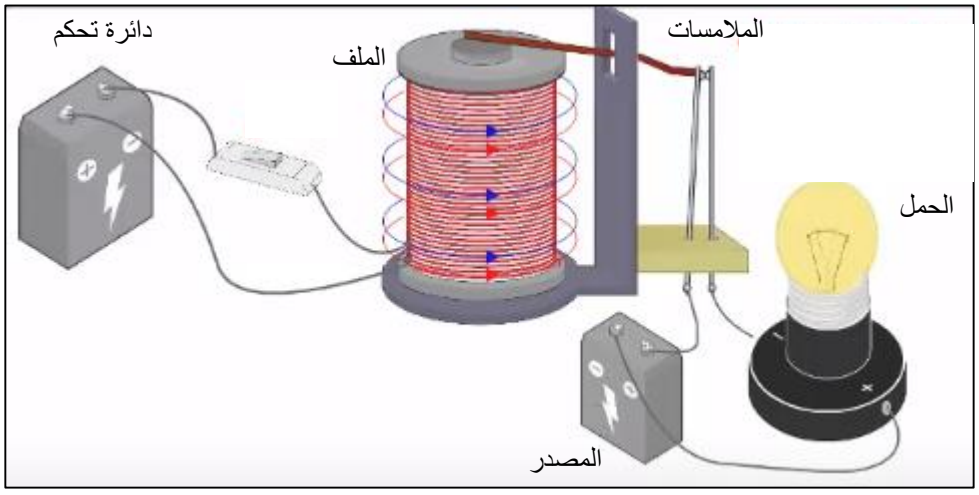


يتكون المرحل الكهرومغناطيسي كما في الشكل من العناصر التالية :

- القلب الحديدي :وهو عبارة عن مجموعة من الشرائح المصنوعة من الحديد السيلكوني على شكل حرف E .
- الحافظة : وهي الجزء المكمل للدائرة المغناطيسية مثبت بها نقاط الملامسات .
- الملف : عبارة عن ملف ملفوف من سلك النحاس المعزول بالورنيش ملفوف على بكرة من البلاستيك داخل القلب الحديدي وتصمم الملفات بحيث تعمل على فولطيات مختلفة مثل: (١٢فولت، ٢٤فولت ، ٢٢٠فولت ، و ٣٨٠ فولت وغيرها .
- الملامسات الرئيسية (ملامسات القدرة): تستعمل في توصيل دائرة التشغيل وتصمم بحيث تتحمل تيار الحمل الذي تعمل عليه .
- الملامسات المساعدة (ملامسات التحكم): تستعمل في توصيل دائرات التحكم وتتكون من نوعين:
  - الملامسات المساعدة المفتوحة NO .
  - الملامسات المساعدة المغلقة NC .

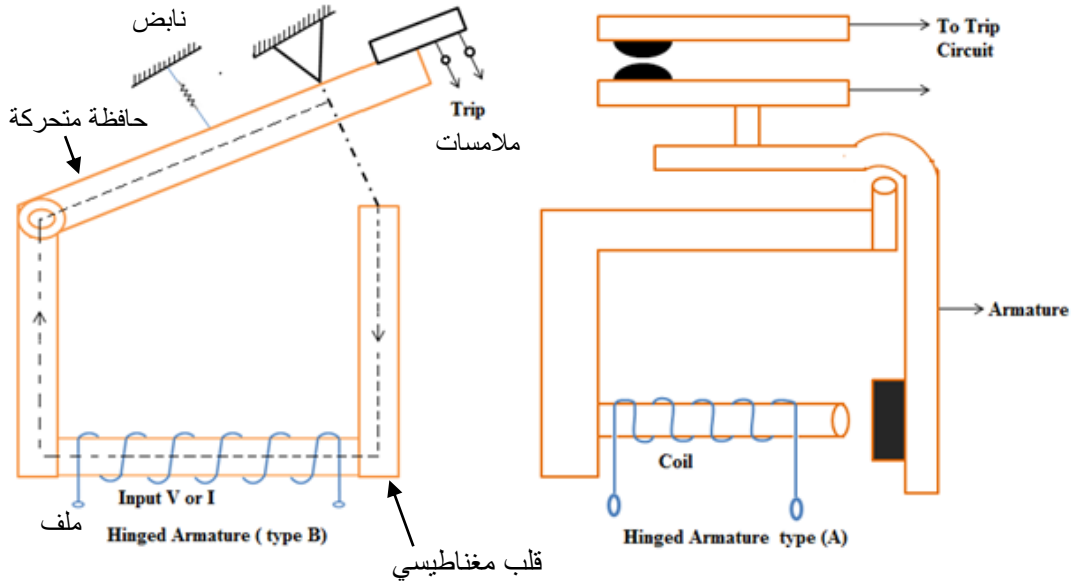
مبدأ عمل المرحلات الكهرومغناطيسي ذات مبدا الجذب

يعتمد مبدأ عمل المرحل الكهرومغناطيسي على تولد مجال مغناطيسي داخل الجزء الثابت للقلب الحديدي بسبب سريان التيار الكهربائي من دائرة التحكم إلى أطراف الملف المغناطيسي والذي يؤدي بدوره إلى نشوء قوة جذب مغناطيسي للجزء المتحرك وبالتالي تعمل على توصيل الملامسات في دائرة القدرة وبالتالي توصيل الفولطية من المصدر إلى الحمل الكهربائي عبر ملامسات القدرة. وعندما ينفصل التيار من دائرة التحكم يتلاشى المجال المغناطيسي فيؤدي ذلك لفتح دائرة ملامسات القدرة تحت تأثير زمبرك (نابض) الإرجاع كما في الشكل التالي.

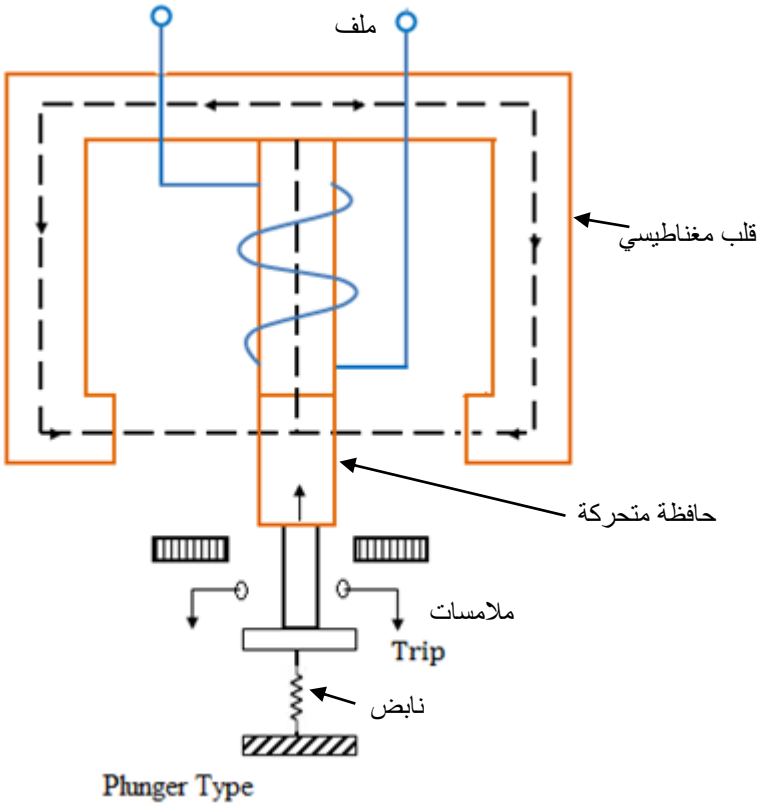


انواع المرحلات الكهرومغناطيسية ذات مبدا الجذب

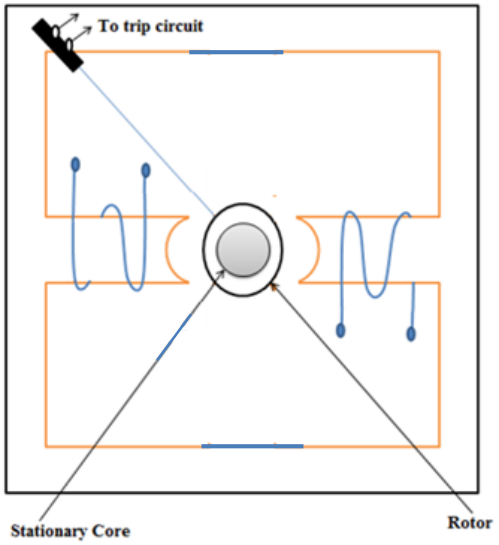
١. مرحل نوع المفصلي او المضلي



٢. المرحل نوع اللولبي

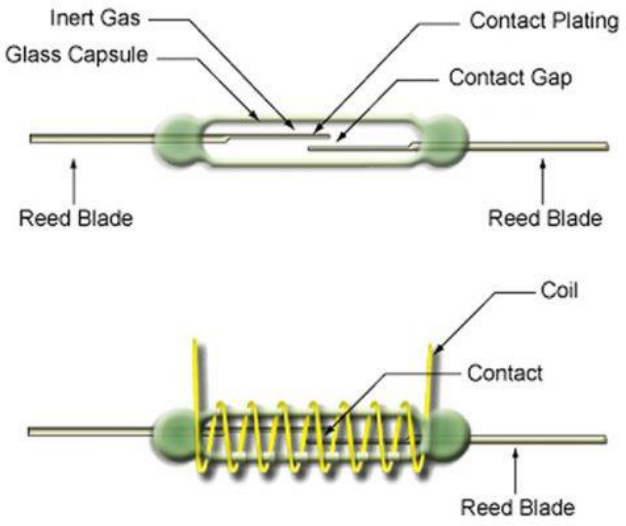


٣. المرحل ذو الحافضة الدوارة



٤. المرحل نوع الريشة

يتكون من نقطتي تماس قابلة للحركة مصنوعة من مادة مغناطيسية توضع في انبوب زجاجي محكم الاغلاق مملوء بغاز خامل ويحيط بالانبوب الزجاجي ملف يعطي فيض مغناطيسي محوري الاتجاه عند مرور التيار الكهربائي في الملف تنجذب نقاط التماس بتاثير المجال المغناطيسي وتصنع هذه الانواع من المرحلات باحجام صغيرة وتستخدم لفترة عمل قصيرة لا تتعدى 1msec ولا تتعدى القدرة الكهربائية 60mw.



المرحلات الكهرومغناطيسية ذات المبدا الحثي

تسمى ب**مرحلات الحث الكهرومغناطيسية** وتعمل على التيار المتناوب فقط لان تصميمها يعمل على مبدا الحث للتيار المتناوب.

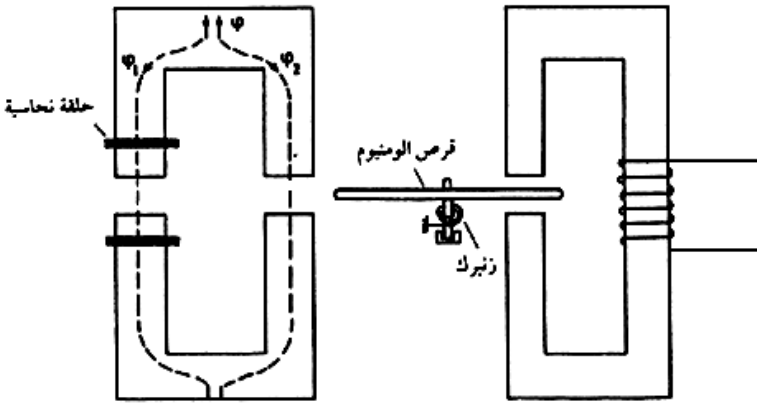
مبدا العمل للمرحلات الحث الكهرومغناطيسية

أن المرحلات الحثية هي أكثرالمرحلات استخداما في منظومات الحماية نظرا لأن التنوع الكبير في خصائصها الزمنية يعطيها مرونة كبيرة في إمكانية التنسيق بين مرحلات مستخدمة للعمل على التوالي ،أوالتنسيق بين مرحلات وقواطع أومصهرات.

تعتمد المرحلات الحثية في نظرية تشغيلها على الفعل المتبادل بين فيضين مغناطيسين بينهما فرق طور وبين التيارات الدوامية المستحثة في الجزء المتحرك من الرحل.

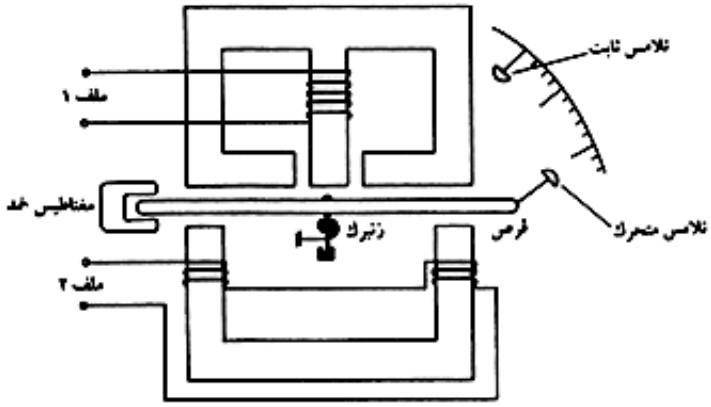
هنالك طريقتان للحصول على فيضين مغناطيسيين بينهما زاوية الفا

الطريقة الاولى :يستخدم فيها ملف اثارة واحد ودائرة مغناطيسية واحدة لها قطب محجب Shaded (Pole). الشكل (١) يبين مكونات المرحل الحثي ذي القطب المحجب الذى يتكون من :- قرص من النحاس او الالومنيوم مزود بمحاور ارتكاز وطليقة الدوران فى الثغرة بين قطبي المغناطيس. وكل قطب منشق الى جزأين احداهما محوط بحلقة ثقيلة من اللنحاس ، وتقوم هذه الحلقة نتيجة للتيارات المستحثة فيها بتاخير مرحلى للفيض المار فى الشق المحجب من القطب بالنسبة للفيض المار فى الشق غير المحجب بزاوية الفا تتراوح بين ٤٥-٤٠ درجة. ونيجة لذلك ينشا عزم دوران على القرص يجعله يدور واثناء دورانه يتحرك الملامس المتحرك في اتجاه الملامسات الثابتة.



الشكل(١) يبين مكونات المرحل الحثي ذي القطب المحجب

الطريقة الثانية :- يستخدم فيها ملفين للاثارة و دائرتين مغناطيسيتين كما في الشكل (٢).



الشكل(٢) مكونات مرحل حثي ذي ملفين اثارة يعملان بكميتي تشغيل

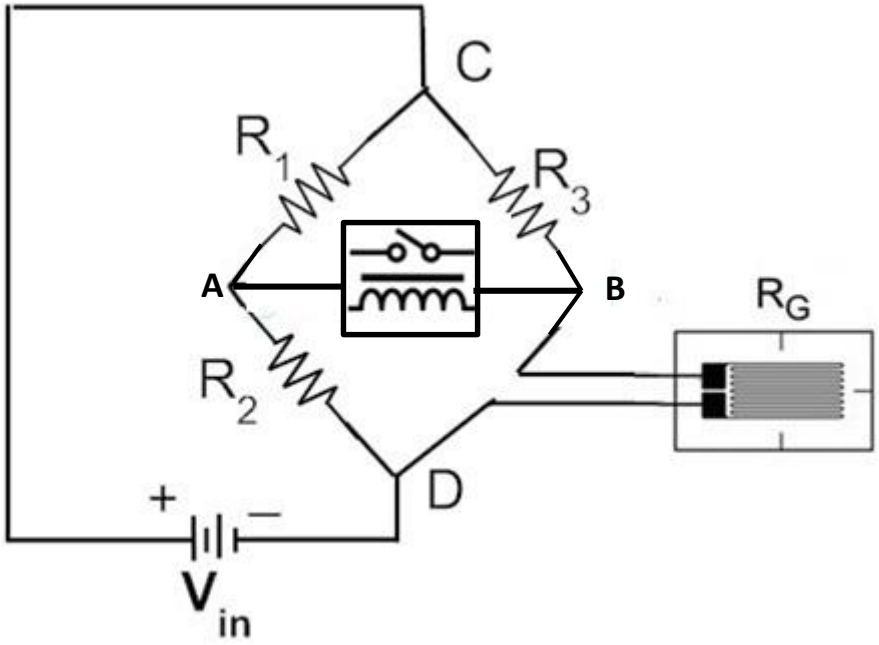
انواع المرحلات الحثية الكهرومغناطيسية

١. مرحل نوع عداد الطاقة.
٢. مرحل كرمي التركيب.
٣. مرحل القطب المضلل.

المرحلات الحرارية ثنائية المعدن

تتم حماية الجزء الثابت للمولد من زيادة التيار وبالتالي ارتفاع درجة الحرارة باستخدام كاشفات حرارية وذالك عن طريق قنطرة ويتستون (Wheatstone Bridge) وهي تتكون من مقاومات ثابتة (R_1، R_2، R_3 ومقاومة رابعة متغيرة R_G وهي مقاومة كشف الحرارة (المقاومة الحرارية) وهي تتكون من عدد كافي من الكواشف (المجسات) توضع في اماكن مختلفة في العضو الثابت للمولد وبين الملفات. في الحالة الطبيعية تكون القنطرة متزنة ويكون جهد نقطة A مساوي الى جهد نقطة B وبذلك لا يمر تيار في المرحل. في حالة حدوث ارتفاع في درجة الحرارة في اي مكان من اماكن العضو الثابت نتيجة ارتفاع التيار في ذلك الملف فان هذا يوثر على قيمة مقاومة كشف الحرارة. اختلاف قيمة هذا المقاومة التي هي جزء من المقاومات كشف الحرارة يؤدي الى اختلاف توازن القنطرة وبالتالي الى مرور تيار في المرحل.

ان عمل المرحل يؤدي الى اما اعطاء اشارة الى غرفة السيطرة تنبه عن ارتفاع درجة حرارة المولد وقد تكون الاشارة صوت او ضوء. او تقليل الحمل الموضوع على المواد اذا كانت المحطة الكهربائية تعمل بسيطرة ذاتية.



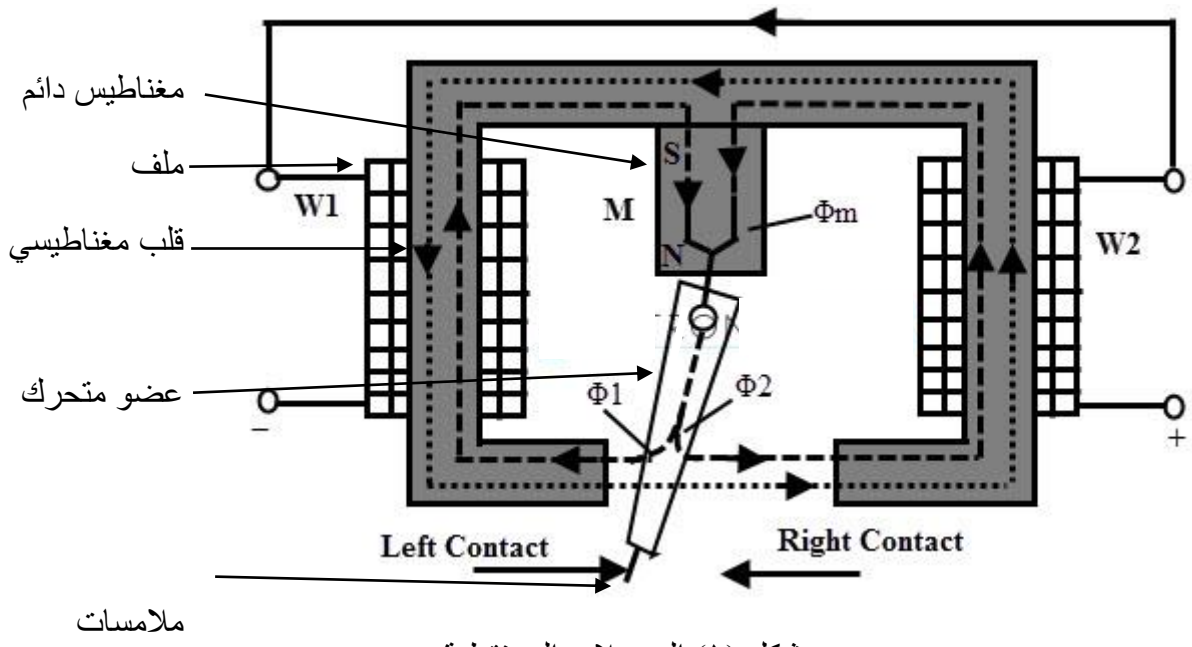
قنطرة وتستون

المرحلات المستقطبة

تتكون هذا المرحلات من الاجزاء التالية:

١. قلب مغناطيسي.
٢. ملف.
٣. مغناطيس دائم.
٤. عضو متحرك .
٥. ملامسات.

كما في الشكل التالي



شكل (١) المرحلات المستقطبة

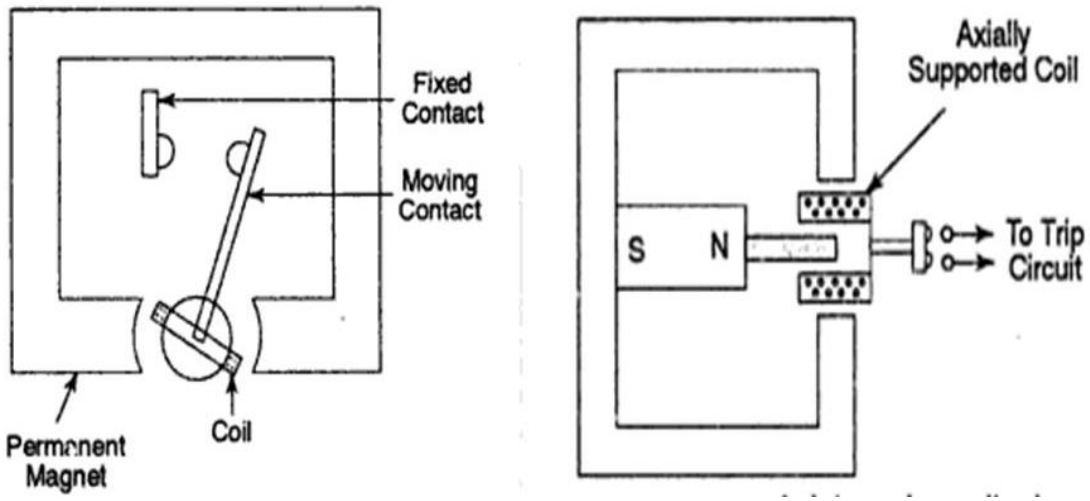
مميزات هذا المرحلات

- تعتبر احد اشكال المرحلات الكهرومغناطيسية.
- تتميز هذه المرحلات بوجود فيضيين مغناطيسيين احدهما نتيجة تيار المرحل ويسمى فيض التشغيل والاخر نتيجة المغناطيس الدائم ويسمى الفيض المستقطب.
- ذات حساسية عالية للتيار.
- تستهلك قدرة قليلة تتراوح بين 0.01w-0.005w.
- لا تعمل على التيار المتناوب.

مبدا عمل المرحلات المستقطبة

عند مرور تيار في ملفات المرحل (شكل (١)) سوف يتولد فيض التشغيل. وفي الحالة الطبيعية يكون فيض التشغيل مساوي لفيض المستقطب الموجود في الدائرة ويعاكسة في الاتجاه وهذا معناه ان المحصلة للفيضين تساوي صفر اما في حالة زيادة التيار يكون فيض التشغيل اكبر من الفيض المستقطب فيؤثر على العضو المتحرك مما يؤدي الى توصيل الملامسات وعمل المرحل. وعندما ينقطع التيار، يتم تقليل القوة الكهرومغناطيسية إلى أقل من المغناطيس الدائم، وبالتالي يعود العضو المتحرك إلى موقعه الأصلي.

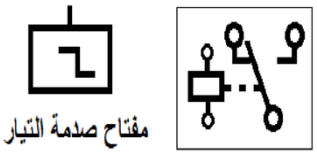
ويوجد نوع اخر من المرحلات المستقطبة (شكل (٢)) تعتمد على استخدام الحقل المغناطيسي المستمر الناتج عن المغناطيس الدائم والمؤثر على التيار المستمر المار في الملف المتحرك.



شكل (٢) مرحل ذو الملف المتحرك

المرحل الزمني

تستعمل المرحلات الزمنية للمساعدة في تنظيم وتحديد زمن عمل اجهزة الحماية والنوع الكهرومغناطيسي شائع الاستعمال. ويرمز له بالرمز الكهربائي التالي



هناك نوعين من اجهزة المؤقت الزمني Relay وهي حسب العمل:

1.التماثلي اليدوي Analog Relay: وهو اقل دقة.

2. الرقمي Digital Relay :ادق في التحكم واغلى ثمنا ويمكنه التحكم بأقصر وقت وهو الثانية واطول مده اسبوعيه وهو افضل بكثير من التماثلي الذي يكون اقل زمن التحكم به ٥ دقائق فقط.

مرحل بوخلز

يعتبر مرحل البوخلز (Buchholz relay) من اهم اجهزة الحماية اللازم تركيبها فى محولات القدرة الكهربية.

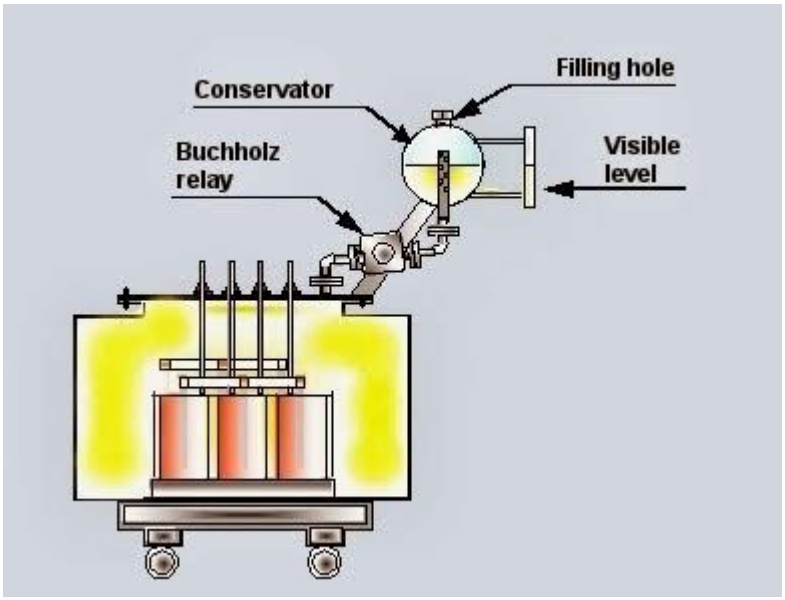
وظيفة مرحل البوخلز

١. اعطاء انذار عند زيادة نسبة الغازات فى خزان المحول.

٢. اعطاء انذار وفصل المحول بالكامل عند نقص الزيت بالخزان عن نسبة معينة و ذلك لحمايته من الاحتراق.

٣. فصل المحول عند حدوث دائرة قصر كهربي او زيادة التيار بنسبة كبيرة جدا.

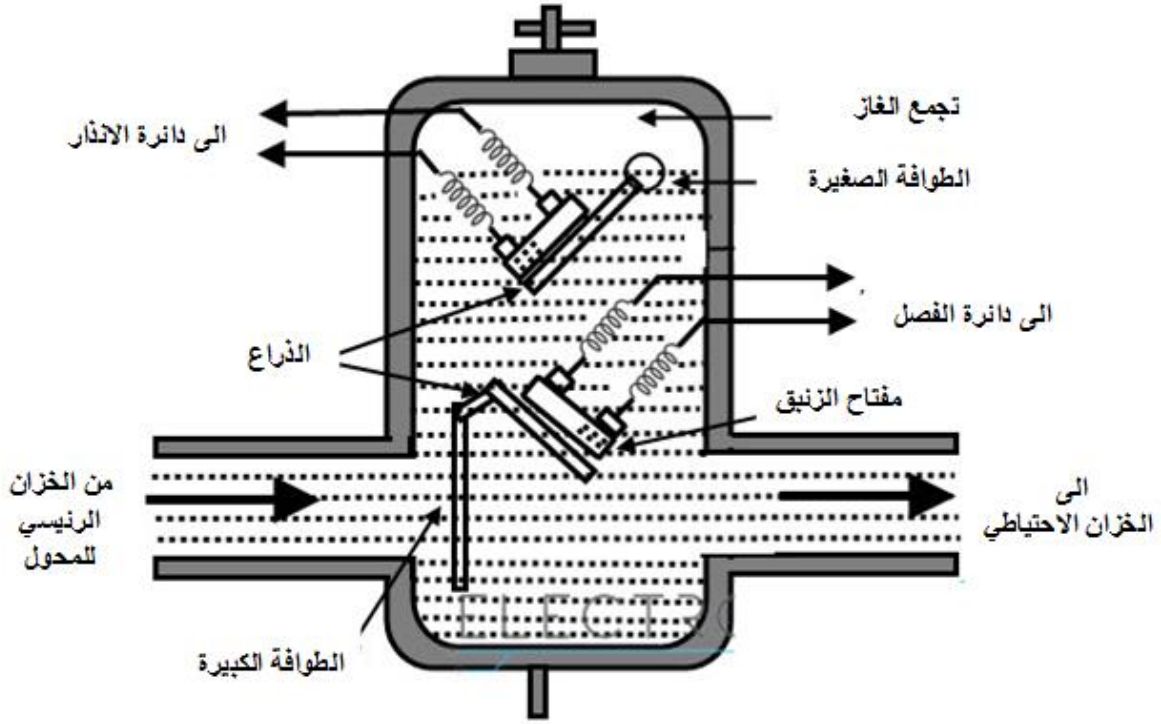
يتم تركيب مرحل البوخلز فى الماسورة الواصلة بين الخزان الرئيسي والخزان الاحتياطي كما في الشكل التالي.



مبدا عمل مرحل بوخلز

يعتمد البوخلز في عملة على فكرة ان التيار الكهربي العالي يسخن الزيت الموجود داخل المحول مما ينشا عنه تحلل للزيت وتحوله من الحالة السائلة الى الحالة الغازيه لذلك يتصاعد الى الاعلى مندفعا تجاه اعلى جسم المحول وهو الخزان الاحتياطي (conservator) وبذلك سيمر بالبوخلز والذي يحتوي علي طوافتين (الشكل التالي)، الطوافة الصغيرة وهي مسؤولة عن اعطاء انذار صوت او ضوء عند حوث عطل كزيادة حرارة الملفات او تحميل فوق الاعتيادي. حيث تتولد فقاعات غازية مما يؤثر على الطوافة الصغيرة التي تحتوي على زئبق وعندما تنغلق النقاط في داخل الطوافة يحصل الانذار.

اما الطوافة الكبيرة فهي مسؤولة عن الاعطال الكبيرة مثل قصر بين الملفات مما يؤدي الى اندفاع كمية من الزيت وهذا الاندفاع سوف يؤثر على الطوافة الكبيرة مما يؤدي الى انغلاق نقاط التلامس فيها بسبب الزئبق الموجود فيها وعلية تعمل دائرة قاطع الدورة وتفصل المحولة عن الشبكة. فان البوخلص هو جهاز يعمل على وقاية المحول من تيارات القصر الداخلية معتمدا في عمله على البخرة و الغازات الناتجة عن احتراق الزيت الموجود داخل المحول نتيجة التيارات العالية سواء قصر او حمل عالي على المحول.

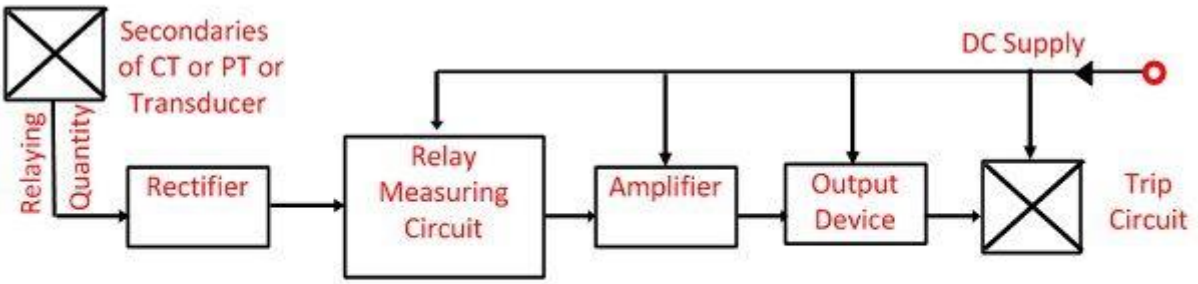


مرحل بوخلز

المرحلات الالكترونية (الساكنة)

وهي المرحلات الذي لا تحتوي على أي أجزاء متحركة. في مثل هذا النوع من المرحلات، يتم الحصول على الإخراج من قبل مكونات ثابتة مثل الدائرة المغناطيسية والإلكترونية وغيرها ويسمى المرحل الذي يتكون من المرحل الساكن والكهرومغناطيسي بمرحل ثابت لأن من وحدات ثابتة يمكن الحصول على الاستجابة ويستخدم المرحل الكهرومغناطيسي فقط للتبديل عملية. الشكل التالي يوضح مكونات المرحل الساكن. يتم توصيل مدخلات محول التيار .C.T بخط النقل، ويتم إعطاء مخرجاته للمقوم (Rectifier). يقوم المقوم بتصحيح إشارة الادخال وتمريرها إلى وحدة قياس المرحل (Relaying Measuring Unit). هذا الوحدة لديها المقارن (Comparators)، وكاشف المستوى والدوائر المنطقية (Level Detector and the Logic Circuit). ولا نحصل على إشارة خروج إلا عندما تصل الإشارة إلى

قيمة العتبة. الخروج لوحدة قياس المرحل بمثابة مدخل إلى المكبر(Amplifier). يقوم المكبر بتضخيم الإشارة ويعطي الإخراج إلى أجهزة الإخراج (Output Devices). يقوم جهاز الإخراج بتنشيط ملف المرحل فقط عند تشغيل المرحل. ويتم الحصول على الإخراج من أجهزة الإخراج فقط عندما يكون للقياس قيمة محددة جيدا. يتم تنشيط جهاز الإخراج ويعطي الأمرالى ملامسات دائرة المرحل. إن المرحل الساكن يعطي فقط الاستجابة للإشارة الكهربائية. يتم تحويل الكميات الفيزيائية الأخرى مثل الحرارة وما إلى ذلك أولا إلى الإشارات الكهربائية التماثلية والرقمية ومن ثم تعمل كمدخل للمرحل.



مخطط المرحل الساكن

المميزات التي تميز المرحلات الساكنة

- يستهلك طاقة قليلة بسبب انخفاض العبء على أدوات القياس وزيادة دقتها.
- يعطي استجابة سريعة، حياة طويلة، موثوقية عالية.
- لا تحتوي المرحلات الساكنة على اجزاء متحركة لذلك فهي غير معرضه لحدوث اخطاء بسبب الحركة الميكانيكية.
- سهولة الصيانة.
- توفير امكانية التكبير للاشارة وامكانية زيادة الحساسية.
- يمكن أن يعمل المرحل الساكن بسهولة في المناطق المعرضة للزلازل لأن لديهم مقاومة عالية للصدمات.

الحماية الرقمية

ان نظام الحماية الرقمية هو نظام قائم على الحاسوب مع خوارزميات الحماية القائمة على البرمجيات للكشف عن الأعطال الكهربائية في أنظمة نقل وتوزيع الطاقة الكهربائية الصناعية وتسمى هذه المرحلات أيضا باسم المرحلات الحماية نوع المعالج الدقيق. وهي بدائل وظيفية لمرحلات الوقاية الميكانيكية والكهربائية وقد تشمل العديد من وظائف الحماية كتوفير القياس، والاتصالات، ووظائف الاختبار الذاتي وكذلك الحماية الرقمية ذات فوائد اقتصادية.

تصنيف الحماية الرقمية

تستند الحماية الرقمية اساسا الى تحويل الاشارة التناظرية الى اشارة رقمية ومن ثم ارسالها الى وحدة قياس اجهزة الحماية وبعدها اصدار اشارة الافلات في حالة حدوث عطل وهي على هذا الاساس صنفت الى صنفين:

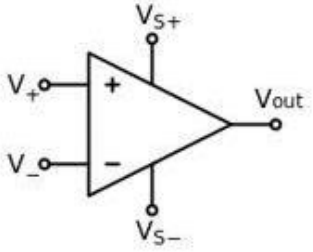
١. الحماية الرقمية المستندة الى الحالة المستقرة للعطل.
٢. الحماية الرقمية المستندة الى الحالة الغير مستقرة للعطل.

الدوائر المنطقية

Not gate OR gate AND gate NAND gate

مكبر العمليات Operation Amplifier

هو قطعة الكترونية تستخدم لتكبير وتضخيم الجهود المستمرة والاشارات المتناوبة وهو ذو كسب عالي يمكن استخدامة من الصفر الى اكثر من 1mHz. وهنالك ما يزيد على 200 نوع من مكبرات العمليات.

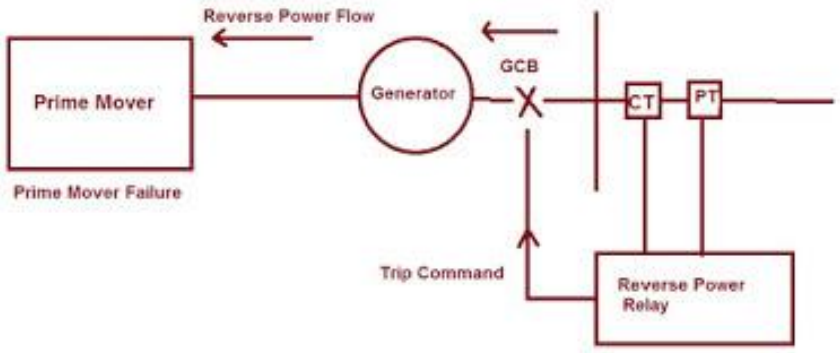


تقسم المرحلات حسب استخدامها الى

١. مرحلات ضد انعكاس القدرة
٢. مرحلات ضد زيادة التيار الاتجاهية
٣. مرحلات المسافة (الممانعة)

اولا: مرحلات ضد انعكاس القدرة

وفيها يتم حماية المولد من انعكاس القدرة فيه وبالتالي عمل المولد كمحرك بسبب فصل التربينة (بخارية أو غازية) ويتم ذلك عن طريق مراقبة اتجاه التيار للمولد الموضح بالشكل التالي.



GCB - Generator Circuit Breaker

Reverse Power Relay is a directional Relay

ثانيا: مرحلات ضد زيادة التيار الاتجاهية

ان امكانية الحصول عى خصائص بتميز معقولة لمعدات الحماية ضد زيادة التيار مع او بدون تاخير زمني لفصل اعطال القصر تكون فعالة في شبكة النقل المغذات من مصدر تغذية واحد على اساس تدرج زمني لزمن بدا تشغيل معدات الحماية ويمكن استخدام مبدا حماية زيادة التيار فقط عندما لا يتغير اتجاه تيار القصر بتغير نقطة حدوث العطل وبتحقق الشرط اعلاة فقط في الشبكات الشعاعية وغير قابل للتحقق في الشبكات المزودة بالقدرة الكهربائية من مصدرين تصل بينهما خطوط النقل الكهربائية حيث يتعرض اتجاه قدرة القصر الى تغيرات عند تغير نقاط حدوث القصر والشكل ادناة يبين كيفية عمل المرحل الاتجاهي حيث يعتبر المرحل الاتجاهي ضد زيادة التيار عبارة عن مرحلان الاول مرحل ضد زيادة

التيار والثاني مرحل ضد عكس القدرة. اذا حدث عطل عند نقطة f فان مرحل زيادة التيار سيعمل وكذلك مرحل ضد عكس القدرة وبعد عمل مرحل ضد عكس القدرة سيعمل المرحل الزمني الذي سيشغل قاطع الدورة بعد زمن معين، والشكل التالي يوضح عمل مرحل ضد زيادة التيار الاتجاهي

نظام الوقاية الاتجاهي ضد زيادة التيار له عدد من المميزات والعيوب:

من المزايا

- البساطة في التركيب.
- الفعالية

ومن العيوب

- عدم العمل في المناطق المجاورة مباشرة للمرحل.
- احتمال الاختبار الخاطيء لاتجاه تيار الخطا عند انهيار جهد الشبكة.
- الحساسية.

استخدامات نظام الوقاية الاتجاهي ضد زيادة التيار

- كوقاية اساسية حتى في شبكات المغذات من الطرفين في خطوط قدرة 35KV.
- كوقاية احتياطية من KV (110-220).

ثالثا:مرحلات المسافة او الحماية المسافية

ان مرحل المسافة هو يقارن بين جهد وتيار كهربائيين ويعبر عن نسبتهم بالممانعة حيث ان الممانعة هي مقياس كهربائي لطول خط نقل القدرة الكهربائية ويمكن ادخال عدة تعديلات على تركيب مرحل الممانعة فنحصل على مرحلات اخرى تفيد في الحصول على خصائص تشغيل معينه. ويتركب من:

- محول التيار .C.T
- محول الجهد .V.T
- دائرة التشغيل (ملف التيار)
- خط النقل
- قاطع دورة .C.B
- دائرة كبح (ملف فولطية)

وبالشكل التالي مخطط يوضح كيفية توصيل مرحل المسافة لحماية خط نقل الطاقة الكهربائية

مبدا عمل مرحل المسافة

في هذا النوع من المرحلات الكهرومفناطيسية يستخدم النوع ذو العتلة المتزنة. وفي الحالة الطبيعية (حالة الاتزان) يكون (T_v) يساوي (T_i) حيث T_i عزم التيار لسحب العتلة و T_v عزم الفولطية لارجاع العتلة.

$$T_v=T_i$$

$$T_i \alpha\, I^2$$

$$T_i = K_i\, I^2$$

$$T_v \alpha\, V^2$$

$$T_v = K_v\, V^2$$

حيث K_i و K_v ثوابت تعتمد على طبيعة وعدد ملفات التيار وملف الفولطية على التوالي.

$$K_v\, V^2 = K_i\, I^2$$

$$\frac{V^2}{I^2} = \frac{K_i}{K_v}$$

$$\text{Impedance or Distance}=Z_r = \sqrt{\frac{K_i}{K_v}}$$

اما في حالة حدوث عطل فان عزم التيار لا يساوي عزم الفولطية فيختل التوازن ويوثر على عتلة التوازن فيعمل المرحل.

حماية خطوط النقل

ان اهم متطلبات معدات حماية خطوط النقل للقيام بواجبها وجوب تمتعها بالاعتمادية والحساسية والسرعة بالعمل وعند اختيار هذا المعدات يجب الاخذ بنظر الاعتبار مايلي:

١. اختيار معدات حماية ذات تركيب بسيط تحتوي على اقل عدد ممكن من الاجهزة لاجل زيادة الاعتمادية وسهولة الصيانة وتقليل الكلفة.
٢. اختيار الخصائص المميزة وفقا ما يلي:

- الاختيار المناسب لزمن تشغيل الحماية.
- الاختيار المناسب لزمن بدا التشغيل.
- ان تكون قادرة على اجراء مقارنة لكميات الكهربائية في اي نقطة من الشبكة وفي اي لحظة زمنية.

٣. اختيار حساسية معدات الحماية لحالات الاعطال لابعد نقطة في منطقة الحماية.

الحماية التفاضلية لخطوط النقل الكهربائية

يعتمد مبدا الحماية التفاضلية لخطوط النقل على مقارنة تيارين كهربائيين متساويين بخط النقل في طرفيه سواء كانت هذا المقارنة حصلت على قيم التيارين او مقارنة طوريهما وينقسم هذا النوع من الحماية الى قسميين:

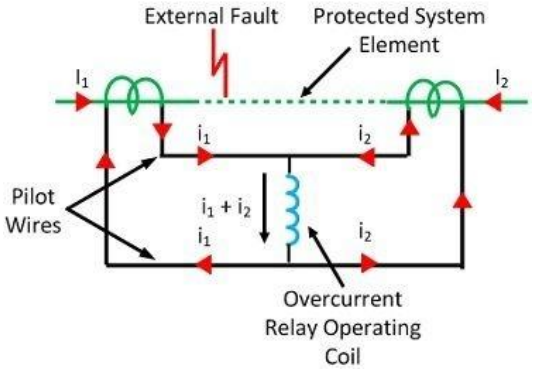
١. حماية تفاضلية طولية: تعمل على مقارنة تيار بداية جزء من خط نقل مع تيار نهاية هذا الجزء. وتستخدم لوقاية خط نقل واحد او عدة خطوط متوازية.
٢. حماية تفاضلية مستعرضة:تستخدم في خطوط النقل المزدوجة او المتوازية فقط وتعمل على مقارنة تيارات خطي النقل.

اولا: نظام الوقاية التفاضلية الطولية:

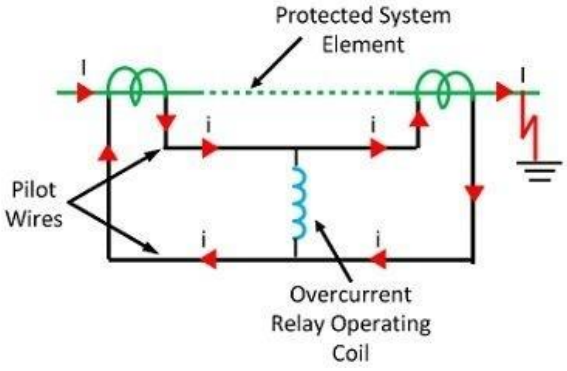
يتم لحالتين:

أ- باستخدام نظام التيار الدائرة (اتزان التيار)

يعتمد هذا النوع على المقارنة بين كمية واتجاه التيارات في نهايات منطقة الوقاية ويستخدم لذلك محولات تيار .$C.T_1$ و $C.T_2$ ويجب ان تكون نسبة تحويلهما متطابقة عند الطرفين ويحمل نفس الصفات والا فسيكون هنالك نسبة خطا تسبب مرور التيار في ملف المرحل فيعمل في هذا الحالة ويتم ضبط معامل الضبط في المرحل نفسة لكي لا يعمل عند التيارات القليلة جدا ويوصل الجانب الثانوي لمحولات التيار الى ملف المرحل التفاضلي.



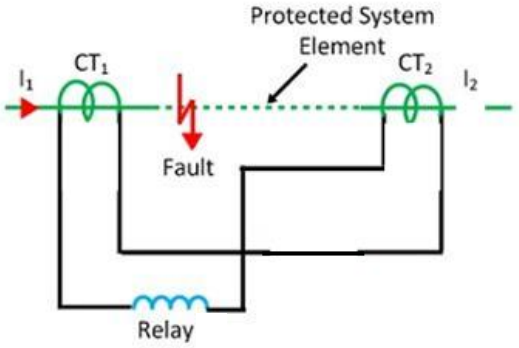
العطل داخل منطقة الحماية



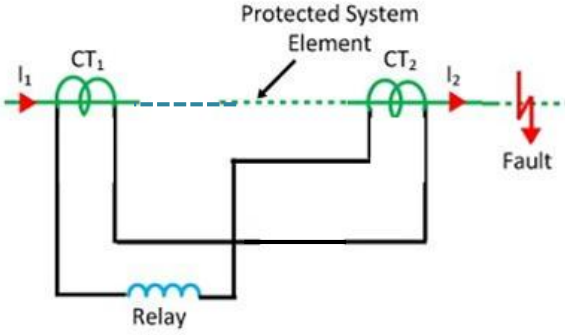
العطل خارج منطقة الحماية

ب- باستخدام نظام اتزان الجهد

يبين الشكل التالي طريقة توصيل المتابعيين في هذا النظام حيث يكون الجهد المتولد على جانبي الثانوي لمحولات القياس فيها متعاكسا عندما يكون العطل داخل منطقة الحماية وتكون ملفات المرحل على التوالي.



العطل داخل منطقة الحماية



العطل خارج منطقة الحماية

مميزات وعيوب الحماية التفاضلية الطولية

من مميزاتها:

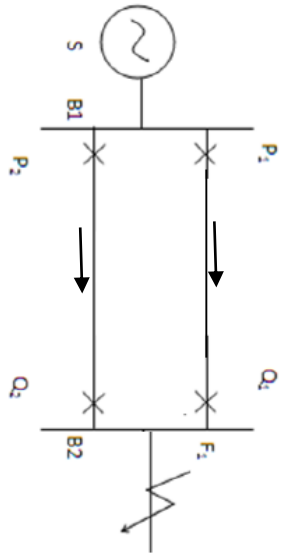
- البساطة.
- سهولة التشغيل.
- عدم الاستجابة عند زيادة الاحمال.

ومن عيوبها:

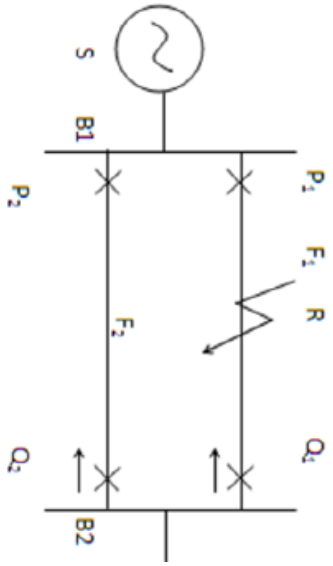
- التكلفة الكبيرة لكابلات التوصيل وتحدياتها مع احتمال فصل خاطىء اذا حدث عطل في هذا الكابلات.
- تاخير زمني نتيجة الكابلات.

ثانيا: نظام الوقاية الفرقية (التفاصلية) المستعرضة

يستخدم هذا النوع في المغذيات المتوازية المتساوية في الطول وتعتمد نظرية عمله على قيمة التيار واتجاهه في كل مغذي وعند استخدام هذا النظام في المغذيات المتوازية الموصلة الى قاطع الدائرة مشترك على فرض ان التغذية في اتجاه واحد توصل المحولات التيار .C.T1 و C.T2 على الوجهين المتشابهيين في المغذي ويجب ان تكون نسبة التحويل واحدة لكل منهما.



العطل خارج منطقة الحماية



العطل داخل منطقة الحماية

مميزات وعيوب الحماية المستعرضة

من مميزاتها:

- البساطة.
- قلة التكلفة.

- عدم وجود تاخير زمني.
- عدم العمل في حالة زيادة التيار او تارجح القدرة.

ومن عيوبها

- حدوث فصل خاطىء للقواطع في بعض الاحيان.
- وجود مناطق ميتة لا يمكن حمايتها بنسبة 100%.
- الاعتماد على الوقاية الحثية في حالة فصل احد الخطوط.

حماية المغذيات

تتعرض خطوط نقل الطاقة الكهربائية في المسافات الطويلة وكذلك المغذيات الى اعطال متنوعة منها اعطال بين الاوجه ومنها اعطال بين الوجه والارض وقد تكون اعطال بسبب الاعاصير وغيرها لهذا توجد عدة انواع من الحماية للخطوط ومنها:

١. حماية الخطوط الكهربائية من زيادة التيار بواسطة التدرج الزمني.
٢. حماية الخطوط الكهربائية من زيادة التيار بواسطة تدرج التيار.
٣. حماية الخطوط الكهربائية بواسطة مرحل المسافة.
٤. حماية الخطوط الكهربائية بواسطة المرحلات التفاضلية.

التدرج الزمني للمغذيات الشعاعية الحلقية والمتوازية

يستخدم نظام التدرج الزمني لحماية المغذيات حيث ان المرحل الاقرب الى العطل يفصل بصورة اسرع من المرحل الذي يلية.

حماية المولدات الكهربائية

ان المولد هو الوحدة الرئيسية في نظام توليد الطاقة الكهربائية. ولذلك يجب ان يعمل بشكل منتظم ومتزامن مع الشبكة الوطنية. ومن اهم انواع الاعطال التي تتعرض لها المولدات:

١. توقف في عمل بادىء الحركة (التورباين): ان توقف التورباين له اثر سلبي على عمل المولد حيث يودي الى فقدان شروط التزامن بين المولد والشبكة. في هذا الحالة يتحول المولد الى محرك تزامني بالتوازي مع الشبكة ويصبح التورباين حمل على المحرك التزامني. والمولد الذي يعمل كمحرك سوف يغذى من الشبكة وتسمى هذا الحالة انعكاس القدرة. وعلية يجب فصل المولد عن الشبكة بشكل سريع لتلافي الاضرار التي تتلف المولد.
٢. توقف او نقصان التغذية الى المولد: ان نقصان التغذية المستمره او توقفها عن المولد يفقده التزامن مع الشبكة. و نقصان التغذية يؤدي الى انخفاض الفولطية عند اطراف المولد عن قيمتها الاعتيادية وانخفاض القدرة الغير الفعالة.
٣. انهيار عوازل الجزء الثابت في المولد او التوصيلات الداخلية: وهذا يؤدي الى

- حدوث دائرة قصر بين الاطوار يؤدي الى مرور تيار عالي يعتمد على سعة الشبكة والمولد.
- حدوث دائرة قصر بين احد الاطوار والارض وهذا الخلل يؤدي الى اتلاف المولد.
- حدوث دائرة قصر بين لفات الملف لنفس الطور وهذا الخلل يؤدي الى تلف وعطل المولد.
- حدوث دائرة قصر بين العضو الدوار والارضي وهذا لا يؤدي الى تلف المولد.

الحماية التفاضلية للمولدات

تتميز هذه الدوائر بضرورة استخدام محولات التيار على طرفي المولد ويجب ان تكون متساوية في نسبة تحويلها ومتماثلة بالخصائص المغناطيسية حتى لا تكون هناك نسبة خطا تؤدي الى مرور تيار في ملف المرحل مما يؤدي الى عمل المرحل لذلك يستخدم ملف يسمى ملف الارجاع.

ومن اهم فوائد الحماية التفاضلية في المولدات:

١. امكانية تنظيم تيار الالتقاط والتيار الذي يمر في المرحل الى حدود صغيرة جدا بحيث يمكن حماية اكبر جزء ممكن من ملفات الجزء الثابت.

٢. ضمان استقرارية المرحل في حالة حدوث اشد الاعطال.
٣. عدم استخدام محولات التيار ذات فجوة هوائية لغرض تلافي فقدان الضبط في محولات التيار.

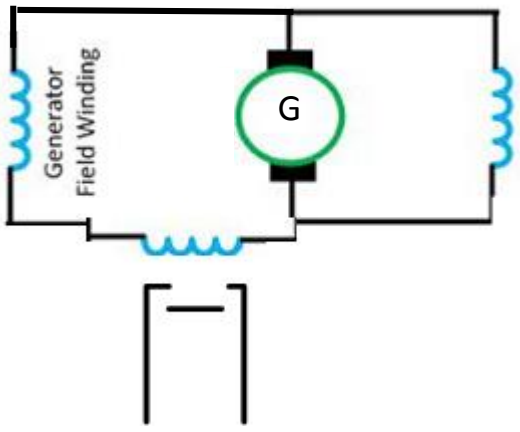
الوقاية ضد ارتفاع التيار للمولد

يتم حماية المولد ضد زيادة التيار في العضو الثابت وارتفاع درجات الحرارة باستخدام كاشفات الحرارة عن طريق قنطرة وتيستون.

الوقاية ضد فقدان الاشارة في المولد

يحصل هذا الخلل نتيجة فتح دائرة التغذية او فتح دائرة قاطع الدورة .C.B وهذا يؤدي الى:

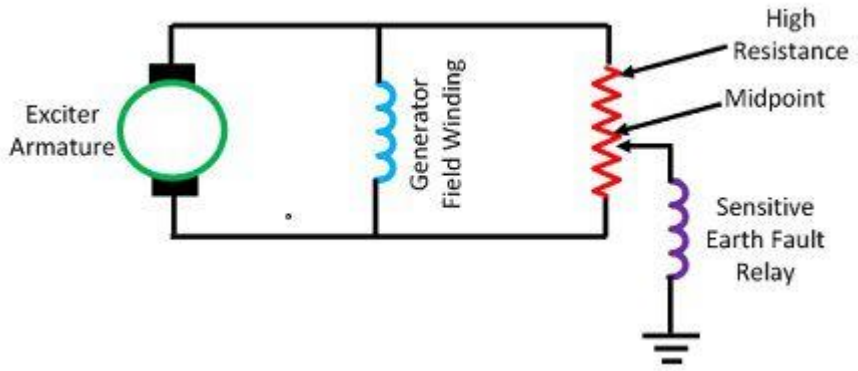
١. اذا كان المولد يعمل منفصلا عن الشبكة الوطنية فان فقدان التغذية يؤدي الى عدم توليد الفولطية وفقدان التزامن.
٢. اذا كان المولد جزء من الشبكة الوطنية فان فقدان التغذية يؤدي الى فقدان الفولطية وبذلك يصبح المولد محرك يغذى من الشبكة الوطنية وعند استمرار المولد في العمل كمحرك فان هناك قوة دافعة كهربائية محتثة في العضو الدوار سوف تتولد وسوف تتولد تيارات دوامية محتثة ترفع من درجة الحرارة للعضو الدوار لذلك يستخدم مرحل يتحسس للتيار دون القيمة الاعتيادية حيث يربط المرحل على التوالي مع ملفات المجال.



مرحل حساس للتيار دون القيمة الاعتيادية

حماية العضو الدوار ضد التسرب الارضي للمولد

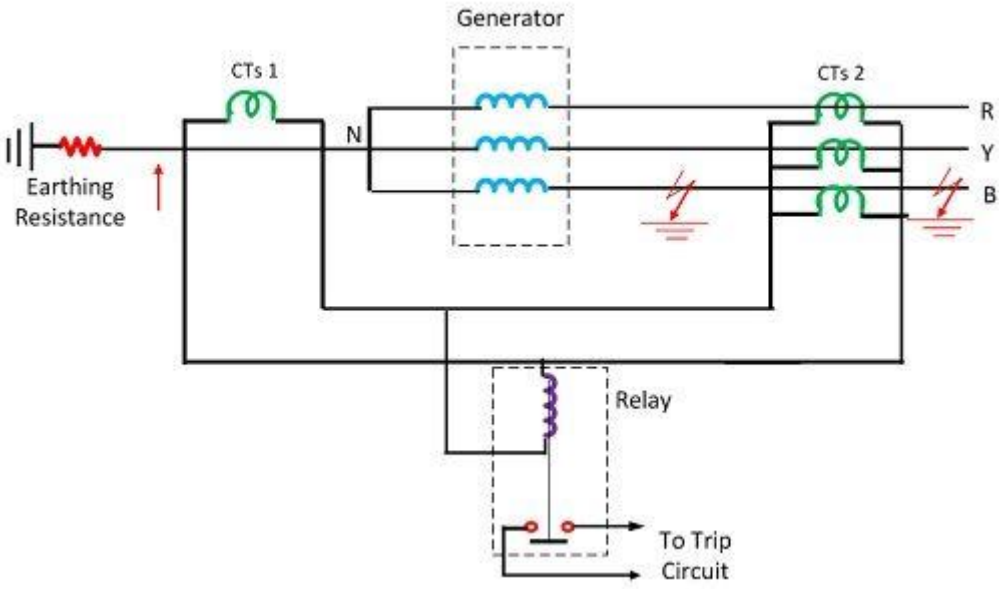
وهو اخطر انواع الاعطال حيث يؤدي الى حدوث دائرة قصر على بعض ملفات العضو الدوار مما يؤدي الى زيادة التيار في الملفات الاخرى وهذا العطل يؤدي الى فقدان الاتزان في توليد المجال المغناطيسي وحصول اهتزاز في الجزء الدوار مما يسبب تلف العضو الدوار وكذلك تلف ملحقاته وبالتالي تلف المولد بالكامل. لذلك توجد طريقة للكشف عن تسرب الارضي في العضو الدوار حيث توضع مقاومه عالية جدا عبر ملفات الدوار ومن منتصف هذه المقاومة يوصل متابع حساس ضد الخلل الارضي وبذلك سوف يكشف المتابع عن الخلل الارضي ويفصل المولد.



حمايه العضو الدوار ضد التسرب الارضي

حماية العضو الثابت للمولد ضد التسرب الارضي

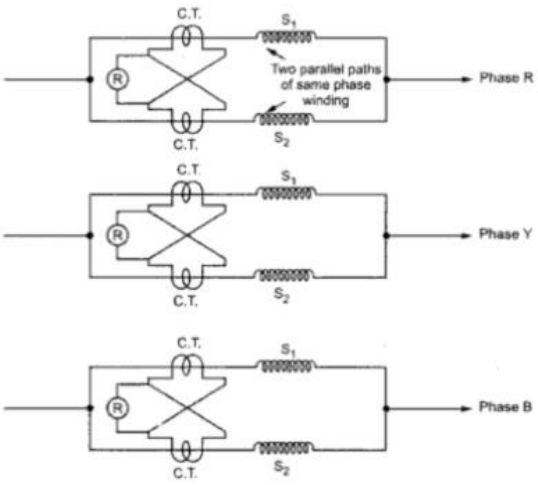
هذا النوع من الحمايه مهم جدا وذلك لكثرة تكرار حدوث الاخطاء بين اي خط والارضي او بين خطين من خطوط النقل والارضي او بين ثلاث خطوط والارضي حيث انه في حاله الطبيعية يكون تيار خط التعادل مساوي للصفر او قيمة قليلة لعدم توازن الاحمال على المولد لكن هذا التيار لا يؤدي الى عمل المتابع عند حدوث عطل بين اي خط والارضي فان التيار المار بخط التعادل سيكون كبير جدا مما يسبب مرور تيار عالي في ملف المتابع يؤدي الى عمل المتابع وفصل المولد عن الشبكة.



حمايه العضو الثابت للمولد ضد التسرب الارضي

الوقاية ضد حالات القصر بين ملفات الجزء الثابت للمولد

لا يمكن كشف الاعطال بين ملفات طور من الاطوار في الجزء الثابت للمولد بواسطة الحماية التفاضلية العرضية لان عطل من هذا النوع لا يصاحبة فرق في قيم التيارات على طرفي الملفات في الجزء الثابت وللكشف عن هذه الاعطال تم استخدام طريقة تعتمد على قياس فرق الجهد بين نقطة التعادل لملفات الجزء الثابت ثلاثية الطور ونقطة صفر اصطناعية يتم انشائها عن طريق ثلاث محولات جهد احادية الطور يتم توصيلها بشكل ستار حيث يتم توصيل مرحل زيادة التيار بنقطة الصفر لملفات الجزء الثابت عن طريق محول تيار ومرشح، سكما في الشكل التالي.



حماية المحولات الكهربائية

حماية المحولات من الاعطال الغير مباشرة والتي تحصل داخل المحوله ومن هذا الاعطال:

- اعطال داخل القلب الحديدي قبل انهيار عازل الرقائق.
- توصيلات رديئه في اطراف التوصيل.
- اعطال في منظومة التبريد تؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة.
- انخفاض مستوى الزيت حيث يؤدي الى تعرض العوازل في المحولة الى الهواء بدلا من الزيت وقلة في التبريد وضعف في قوة العزل. وان انخفاض الزيت في المحولات ناتج عن:-
  - عدم ادخال كمية كافية من الزيت الى خزان المحولة للحد المعين منذ البداية.
  - تسرب الزيت من الخزان.

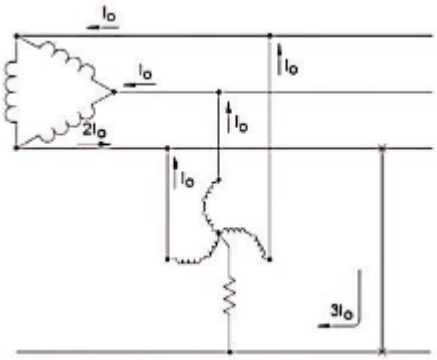
وان مستوى الزيت يعين بواسطة طوافة. عند انخفاض مستوى الزيت في المحولة سوف تنخفض الطوافة وبهذا فان الطوافة سوف تعطي اشارة او انذار الى غرفة السيطرة تدلل على وجود خطا في المحولة.

الحماية من التسخين الحراري في المحولات

تعمل زيادة التحميل على تسخين الزائد في ملفات المحولة والتسريع في ضعف المادة العازلة لاسلاك الملفات حيث انها مع مرور الزمن تصبح هشه.تكون تيارات زيادة الحمل اكبر من تيار المحول الاسمي حيث ان ملفات المحول تتعرض الى اجهادات حرارية وتتم حماية المحول اعتمادا على مبدا قياس درجه حرارة الملفات التي يجب ان لا تتعدى القيمة المسموح بها. ويستخدم لذلك النموذج الحراري للمحول (الثرموستات) وهو عبارة عن وعاء صغير يثبت بغلاف المحولة بحيث يكون مغمورا بالزيت ويوجد داخل الوعاء مقياس حراري مقاومي او محاط بملف تسخين يمر به تيار من الدائرة الثانوية لمحولات التيار ويتناسب مع تيار المار بملفات المحولة. ويكون مبدا عمله على اختيار قيمة تيار ملف التسخين بحيث لو مر تيار في ملفات المحولة مساوي للتيار الاسمي للمحول فان تيار ملف التسخين يرفع درجة حرارة المقياس الحراري من ١٥ الى ٢٥ درجة فوق درجة حرارة زيت التبريد المحيط بمقياس الحرارة فيتاثر مقياس الحرارة ويعطي اشارة الى مرحل مساعد وهذا بدورة يعطي اشارة الى C.B ويفصل المحول ويمكن لاستعاضه عن المقاوم الحراري بقطعة ثنائية المعدن.

حماية محولات التاريض

معظم محولات التوزيع تكون مؤرضة تاريضا مباشرا اي بتوصيل نقطة التعادل مباشرتا بالارض مما يجعل تيارات الاعطال مرتفعة القيمة، وذلك من اجل ان تميزها اجهزة الحماية بسهولة ولتقليل الاجهاد الكهربائي على العوازل والمعدات. فاذا كان المحول موصلا على شكل دلتا فيمكن تاريضه ولكن من خلال محولات التاريض التي تكون على شكل زجزاج كما في الشكل (١).



شكل (١) توصيل الزجزاج.

ومحولات التاريض تستخدم عادة في محطات النقل الفرعية لان المحولات فيها عادة تكون دلتا/ ستار، وقد تحتاج في جهة الدلتا لرفع قيمة ال zero sequence impedance لخفض قيمة التيار في حالة حدوث اعطال ارضية، ولذا تستخدم محولات التاريض في هذه الحالة للحد من قيمة تيارات القصر الارضية الى قيمة التيار المقنن وتستخدم للتاريض فقط وليس للتحميل عليها. ويمكن تمييز محولات التاريض بان لها اربعة نقاط دخول فقط وليس لها نقاط خروج كما في الشكل (٢). (المحولات العادية يكون لها نقاط دخول للجهد الابتدائي ونقاط خروج للجهد الثانوي). ويتم تحديد نسبة التحويل لهذا المحولات بحيث تتحمل مرور التيارات الارضية لمدة اقصاها خمس دقائق، ويجب ان تعمل اجهزة الحماية قبل ذلك بكثير ويتم توصيل هذه المحولات بارضي المحطة.

شكل (٢) محولات التاريض.

حماية المحركات الحثية

الاعطال الكهربائية في المحركات (محركات تزامنية أو حثية) هي تقريبا نفس الاعطال في المولدات ومن اهمها:

١. اعطال العضو الثابت.
٢. اعطال العضو الدوار.
٣. زيادة الحمل.
٤. عدم اتزان الفولطية.
٥. انخفاض الجهد.
٦. عكس الحركة بسبب فصل احد الاطوار.
٧. فقدان التزامن (في حاله المحركات المتزامنة فقط).
٨. فقدان احد الاطوار مما يؤدي الى استمرار المحرك في العمل.
٩. القصر بين الاطوار او بين طور والارض.

الحماية ضد اعطال العضو الثابت للمحرك

دوائر قصر العضو الثابت إما أن تكون أرضية أو بين الأوجه . تتم الحماية ضد هذه الأعطال بمساعدة أجهزة فصل ضد زيادة التيار من النوع الحراري ذات خواص عكسية بين التيار والزمن وفي الغالب تزود بوسيلة فصل لحظي في حالة التيارات العالية . يتم توصيل مرحلات زيادة التيار اللحظية بمحولات تيار في حالة المحركات ذي القدرة العالية والتي يمكن أن تكون أكبر من ٥٠ حصان.

تتم حماية أعطال الأوجه باستخدام عنصريين لمرحل لحظي ذي قيمة ضبط عالية ويجب أن تكون عملية الضبط أعلى من تيار البدء Starting Current .

كما تتم حماية أعطال الأرضي بالنسبة لمحرك يعمل على نظام ذي نقطة تعادل مؤرضة بمرحل لحظي وقد يتم ضبطه بحوالي ٣٠ % من حمل المحرك في دائرة محولات التيار الثلاثة المتبقية. في حالة عدم وجود نقطة تعادل مؤرضة يجب أن نذكر بأن لا فائدة في وضع مرحل ضد أعطال الأرضي في حالة الأنظمة غير المؤرضة . والشكل ادناه يوضح دائرة حماية محرك حثي في حاله عدم وجود نقطة تعادل مؤرضه.

اما في حالة المحركات الكبيرة القدرة فتستخدم الحماية التفاضلية وهذا النوع من الحماية يكون ذو استقرارية عالية وحساسية عالية للعطل على كامل الملفات تكون اطراف محولات التيار موصله على اطراف المحرك ويتم توصيلها الى مرحلات (صندوق مرحلات) يكون مربوطة ميكانيكيا مع مفتاح ومقاومة عالية.

الحماية التفاضلية للمحركات الكبيرة القدرة

الحماية ضد عدم الاتزان الفولطية وسقوط وجه واحد

عدم اتزان الفولطية (المصدر) يسبب تدفق تيارعالي سالب في المحرك وبالتالي يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة في ملفات الآلة ، اما بالنسبة لعدم اتزان الأحمال أو سقوط أحد أوجه المصدر يعتمد على طبيعة الحمل الذي يجعل المحرك في حالة تشغيل. أيضا مثل هذه الظروف تسبب مرور تيار تعاقبي سالب.

أن المحركات الموصلة على شكل نجمي يتم تزويدها بعنصر ثنائي المعدن في حالة سقوط أحد الأوجه او زيادة الاحمال او بمرحل اتزان الاطوار.

ولكشف ظروف سقوط أحد الأوجه يفضل أن تزود بمرحل اتزان الأوجه أو بمرحلات ثنائية المعدن bimetal relays. مرحل ثنائي المعدن بشريحتين S1 و S2 بحيث أن الشريحة S1 تتحرك بانحراف القطع المعدنية بينما الشريحة S2 تظل في مكانها نتيجة عدم ثني القطع المعدنية . في حالة الأحمال المتماثلة كل القطع ثنائية المعدن a . b . c تنحني بالتساوي وكلا من الشريحتين S1 و S2 تتحركان في نفس الاتجاه بمسافة تقدر d وتلامس النقطة p مسببة فصل للدائرةفي حالة سقوط أحد الأوجه تنحني كل من القطعتين a . c فقط بينما تبقى القطعة الثالثة b باردة.

أحيانا في بعض الحكات الكبيرة والتي تكون ذات أهمية كبيرة يتم حمايتها بثر مستور المقاوم الحراري عند حدوث حرارة زائدة نتيجة التحميل الزوائد أو سقوط أحد الأوجه المقاوم الحراري يتم دفنه في أماكن مختلفة من العضو الثابت متصلا بجهاز فصل يعمل نتيجة اختلاف في المقاومة.

الحماية ضد انخفاض الجهد

تشغيل المحرك في حالة انخفاض الجهد بسبب زيادة في التيار وبالتالي ممكن حمايته بأجهزة زيادة الحمل أو أجهزة استشعار درجة الحرارة . وان مرحل انخفاض الجهد يمكن استخدامه مع تغذيته بجهد أحد الأوجه مع الأرضي أو وجه وذلك لحماية المحرك في حالة حدوث انخفاض في الجهد في الأوجه الثلاثة غالبا مؤخر زمني يستخدم حتى لا يحدث فصل في حالة انخفاض الجهد العابر.

الحماية ضد انعكاس الأوجه

يتغير اتجاه دوران المحرك في حالة تغير تتابع الأوجه في بعض التطبيقات لا يسمح بانعكاس دوران الحركة في المحرك ولذلك تعتبر هذه الخاصية مهمة جدا ويجب حمايتها.

يوجد أنواع متعددة من المرحلات نذكر منها مرحل الجهد متعدد الأوجه من نوع القرص الحثي من حماية المحرك ضد انعكاس الأوجه أو في حالة البدء وأحد الأوجه مفتوح.

الحماية ضد فقد التزامن

المحركات المتزامنة يمكن خروجها من التزامن نتيجة لحمل زائد كبير جدا أو نتيجة لتعرضها لانخفاض في الجهد مثل هذه الحماية ممكن حمايتها بمرحل يستجيب إلى التغيير في معامل القدرة.

الحماية الكلية الرقمية للمحرك

إحدى الحمايات الرقمية الحديثة المستخدمة للمحرك وكيفية توصيله وضبطه باستخدام الحاسب.

تطبيقات صناعية

من أهم التطبيقات الصناعية الموجودة هي حماية المحرك في حالة نقصان الحمل التي تعتمد أساسا على قياس الزاوية بين الفولت والتيار.

.