المتطلبات الأساسية للمرحلات - Basic Requirements Of Relay

1- الإعتمادية Reliability للحكم على نظام وقاية بأنه نظام يعتمد عليه (موثوق فيه) عندما يشمل كل من:

*ضمان تصرف النظام بطريقة صحيحة خلال الأعطال وهوما يطلق عليه الثقة

*ضمان عدم تشغيل نظام الوقاية فى حالة عدم الحاجة وهو ما يطلق عليه الأمان وهذا يعني أن الاعتمادية على نظام الوقاية تتحقق عندما يتصرف بطريقة سليمة تحت ظروف النظم غير الملائمة والظروف البيئية المحيطة .

2- السـرعة في عزل العطل Speed بمعنى أنه يجب أن تستجيب المرحلات للظروف غير الطبيعية في أقل وقت ممكن

وهذا يعني أن زمن التشغيل يجب ألا يتجاوز الثلاث دورات على أساس نظم الـ 60 هرتز.

3- الانتقائية Selectivity بمعنى أن نظام الوقاية يجب أن يعطي أعلى استمرارية ممكنة للخدمة مع أقل فصل ممكن لنظام القوى.

4- البساطة واقتصادي Simplicity and Economy الاحتياج إلى كون النظام بسيط واقتصادي هو متطلب شائع فى أي تصميم هندسي

5- الحساسية Sensitivity أن يعمل المرحل طبقا للأحساس بأقل قيمة ضبط.

6- الآستقرارية stability: خاصية الاستقرارية بالنسبة لجهاز الوقاية تعني ان يبقى نظام الوقاية مستقرا في ظل حدوث دائرة قصر short circuit خارج المنطقة المحمية أو في حالات حدوث اعطال لحظية Transient faults فلا داع لعمل جهاز

أنواع المرحلات

تنقسم المرحلات طبقًا لتركيبها وعملها إلى:

1- المرحلات الكهرومغناطيسية	Electromagnetic Relays
2- المرحلات الكهروحرارية	Electro Thermal Relays
3- المرحلات الاستاتيكية	Static Relays
4- المرحلات الكهروديناميكية	Electro - Dynamic Relays
5- المرحل الفيزيائي الكهربي	Physical - Electric Relays
6- مرحلات الحاسوب	Computer Relays

مجالات التطبيق

1·تيارأو جهد أو قدرة منخفضة	Under current or voltage or power relay
2·تيارأو جهد أو قدرة مرتفعة	Over current or voltage or power relay
3·مرحل لإنعكاس القدرة أو التيار	Directional or reverse power or current
4·مرحل تفاضلي	Differential relay
5·مرحل مسافة	Distance relay
6·مرحل ممانعة	Impedance relay

فترات التشغيل

1·مرحل لحظي	Instantaneous relay
2·مرحل بزمن تأخير	Definite time - lag relay
3·مرحل عكسي	Inverse time - lag relay
4·مرحل عكسي ذو زمن تأخير	Inverse definite minimum time lag

تصنيف المرحلات

هناك طريقة لتصنيف المرحلات حسب وظائفها طبقا للتالي:

مرحلات قياس

مرحلات (فتح وغلق (on - off) و يعرف أحيانا بمرحلات (Allor nothing) وتتضمن مرحلات التأخر الزمني (Time-log)والمرحلات المساعدة ومرحلات الفصل . والسمة الشائعة لهذه الفئة أن المرحل ليس له مستوى محدد للضبط ويتم تغذيته بكمية معينة والتى إما تكون أعلى من القيمة التى يعمل عندها أو أقل من القيمة التى يعاد عندها لوضعه الأصلي. وفئة مرحلات القياس تتضمن عددا من الأنواع

والسمة الشائعة لهذه الفئة أن المرحل يعمل عند مستوى معين سبق ضبطه وتحديده وأمثلة على هذه المرحلات كالآتي:

1- **مرحلات التيار** : وتعمل عند قيمة محددة للتيار وتشمل مرحلات زيادة التيار ومرحلات نقص التيار.
2- **مرحلات الجهد :-** وتعمل عند قيمة محددة للجهد وتشمل مرحلات زيادة الجهد ومرحلات نقص الجهد
3- **مرحلات القدرة** :- وتعمل عند قيمة محددة للقدرة وتشمل مرحلات زيادة القدرة ومرحلات نقص القدرة

4- **المرحلات الاتجاهية** وتشمل:

ا- مرحلات التيار المتردد :وتعمل على أساس علاقة الطور الزاوي بين الكميات المتناوبة (المترددة).

ب- مرحلات التيار الثابت :وتعمل على أساس اتجاه التيار وغالبًا لنظام المغناطيسي الثابت أو الملف المتحرك

5- **مرحـلات التـــردد** : وتعمل عند قيمة محددة للتردد وتشمل مرحلات زيادة التردد ومرحلات نقص التردد

6- **-مرحلات الحـــرارة** : وتعمل عند قيمة محددة لدرجة الحرارة خلال الجزء المحمي

7- **المرحلات التفاضلية** : وتعمل على أساس الفرق بين كميتين مثل التيار أو الجهد وهكذا .. وهذا الفرق يمكن أن يكون اتجاهي أو قياسي.

8- **مرحـــلات المعـــاوقة** : وتعمل على أساس المسافة بين محول قياس التيارو العطل والمسافة تقاس على أساس قياس المقاومة أو المفاعلة أو المعاوقة\.

هناك انواع اخرى مختلفة من المرحلات (المتابعات):

1- **المتابع الوقائي Protective Relay**

هو المتابع الذى يستخدم لوقاية المعدات والأجهزة الكهربائية و يحتوى اساسا على ملف و نقطة تلامس. و يضبط على قيمة معينة للكمية الكهربية التي عندها تقفل نقط التلامس و تعطي اشارة كهربية لبداية تشغيل دائرة انذار او دائرةفصل او كليهما.

2- **متابع (مرحل) القياسMeasuring Relay**

هو المرحل يتم ضبطه على قيمة معينة يعمل عند وصول الكمية الكهربائية لهذه القيمة و يقوم بعمل قياسات معينة خاصة بنظام الحماية.

3- **متابع (مرحل) مساعدAuxiliary Relay**

هو المرحل لا يعتمد على وسيلة ضبط و بالتالي لايعمل على كمية كهربية معينة. و لكن يكون مساعدا للأجهزة الأخرى.

4- **متابع لحظي Instantaneous Relay**

هو المرحل سريع التشغيل زمن تشغيله تقريبا حوالي 0.02 ثانية و لا يحتوي على عنصر تآخير زمني.

5- **المتابع ذو زمن عكسي Inverse Time Relay**

هو ريلاى له خاصية عكسية بين الزمن و التيار.فكلما زاد التيار المار فى ملف الريلاى عن قيمة التشغيل المضبوط عليها كلما انخفض زمن تشغيله.

6- **المتابع كهرومغناطيسي Electromagnetic Relay**

عبارة عن ريلاى تقليدى يحتوي على اجزاء ميكانيكية متحركة (قرص متحرك) و دائرة مغناطيسية يتم عن طريقه قياس او مقارنة الكميات الكهربية.

7- **المتابع استاتيكي Static Relay**

يتكون غالبا من عناصر إلكترونية ثابتة static غير متحركة يتم عن طريقه قياس او مقارنة الكميات الكهربية.

8- **المتابع حماية ضد زيادة التيارOver current relay**

هو ريلاى (متابع) يعمل عند زيادة التيار المار فيه عن القيمة المضبوط عليها.

9 -**المتابع حماية ضد القصر الأرضي Earth fault relay**

هو ريلاى يعمل فقط عند حدوث دائرة قصر مع الأرضى

الجزء الثالث: المـــرحـــــلات

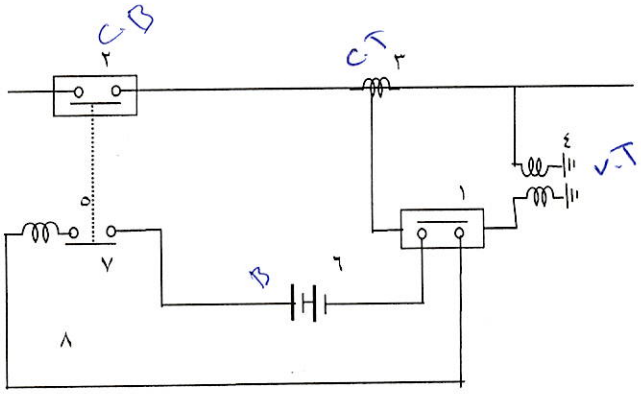
٢. ٥ المرحلات

٢. ٥. ١ مقدمة

يعرف المرحل بصفة عامة بأنه جهاز يستقبل إشارة تحكم معينة من الدائرة المركب عليها، وتبعا لتلك الإشارة فإنه يجري تغييرا أو أكثر في تلك الدائرة. ومرحلات الحماية هي مرحلات تستجيب لحالات التشغيل غير العادية في منظومات القوى الكهربية كالأخطاء وتجاوز الحمل. ويعطي المرحل تبعا لذلك الإشارة المناسبة لقاطع الدائرة الذي يفصل بدوره الجزء الخاطىء أو المعيب من المنظومة في أقل زمن ممكن. يبين الشكل (٢ ـ ٣٥) المبدأ الأساسي الذي يعمل عليه المرحل مع القاطع.

تتألف منظومة الحماية التقليدية كما بالشكل (٢ ـ ٣٥) من الأجزاء الأساسية الآتية:

١. مرحل الحماية.
٢. قاطع الدائرة.
٣. محول التيار.
٤. محول الجهد.
٥. ملف إعتاق القاطع.
٦. بطارية.
٧. مفتاح مساعد.
٨. دائرة إعتاق القاطع.



شكل (٢ ـ ٣٥) منظومة حماية تقليدية

٢.٥.٢ الطريقة العامة لعمل منظومة الحماية

يستقبل المرحل باستمرار إشارة تحكم من منظومة القوى المراد حمايتها. ويعتمد مقدار هذه الإشارة عادة إما على التيار في المنظومة أو على جهد المنظومة أو عليهما معا. يتم تغذية المرحل بإشارة التحكم عن طريق محول تيار أو محول جهد تبعا لنوع الكمية المغذاة.

والغرض من استعمال محولي الجهد والتيار هو ما يلي :

١. ضمان عزل كهربي عن باقي المنظومة.

٢.تحويل القيم العالية للتيارات والجهود التي تظهر تحت ظروف تشغيل غير عادية إلى قيم تتلائم مع مقنن المرحل ثم تغذية المرحل بها.

ويتم عادة قطع دائرة إعتاق القاطع عن طريق المفتاح المساعد ٧ وليس عن طريق تلامسات المرحل حيث أنها رقيقة ولاتتحمل عملية قطع الدائرة والتي تكون مصحوبة بشرارة كهربية. ويتم عادة تواشج (interlock) المفتاح المساعد ميكانيكيا مع قاطع الدائرة بحيث يتم فتح دائرة الإعتاق مع تشغيل القاطع.

كميات التشغيل

يعتمد المرحل في التمييز بين الحالة العادية وغير العادية على قياس كمية التشغيل له. وتكون هذه الكمية إما تيارا أو جهدا أو الاثنين معا. وتنقسم الكمية المقاسة في معظم المرحلات إلى ما يأتي :

١. قياس للمقدار ، كزيادة التيار وزيادة الجهد ونقص الجهد.

٢. قياس حاصل ضرب، كقياس القدرة ($VI \cos\Phi$) .

٣. قياس النسبة، كما في مرحلات المعاوقة التي تقيس النسبة بين V/I

٤. قياس الفرق، كما في المرحلات الفرقية التي تقيس الفرق بين كميتين من نفس النوع (تيار أو جهد).

٢. ٥. ٣ أنواع المرحلات

يمكن تصنيف المرحلات حسب مبدأ عملها أو تركيبها إلى أنواع كثيرة منها :

١. المرحلات الحرارية **Thermal Relays**

٢. المرحلات الكهرومغناطيسية ذات مبدأ الجذب **Electromagnetic - Attracted - Relays**

٣. المرحلات الكهرومغناطيسية ذات المبدأ الحثي **Electromagnetic Induction Relays**

٤. المرحلات الإستاتيكية **Static Relays**

وسوف نقتصر هنا على شرح النوعيين الأخيرين وهما المرحلات الكهرومغناطيسية ذات المبدأ الحثي والمرحلات الإستاتيكية حيث أنهما أكثر المرحلات استخداما في منظومات الحماية في الآونة الأخيرة.

(أ) المرحلات الحثية Induction relays

إن المرحلات الحثية هي أكثر المرحلات استخداما في منظومات الحماية نظرا لأن التنوع الكبير في خصائصها الزمنية يعطيها مرونة كبيرة في إمكانية التنسيق بين مرحلات مستخدمة للعمل على التوالي، أو التنسيق بين مرحلات وقواطع أو مصهرات.

تعتمد المرحلات الحثية في نظرية تشغيلها على الفعل المتبادل بين فيضين مغناطيسين Φ_1 و Φ_2 وبين التيارات الدوامية المستحثة في الجزء المتحرك من الرحل. ويمكن إثبات أن عزم التدوير الكهرومغناطيسي T يتناسب طرديا مع كل من Φ_1 و Φ_2 وجيب الزاوية بينهما α أي أن :

$$T \alpha \ \Phi_1 \ \Phi_1 \sin \alpha$$

نظرية الأداء

العزوم المتولدة في المرحل هي :

١. عزم التشغيل T_1 ، وهو يتناسب مع مربع التيار $T_1 = k_1 I^2$

٢. عزم مقاومة الزنبرك T_2 ، وهو ثابت $T_2 = k_1 I_.^2$

حيث $I_.$ هو تيار اللقط.

٣. عزم الخمد T_3 وهو يتناسب مع سرعة القرص $T_3 = k_2 (d/t)$

حيث (d) هي المسافة التي يتحركها القرص قبل أن يتلامس طرفاه و (t) هو زمن حركة القرص (على فرض أن سرعة القرص ثابتة).

ولذلك فإن العزم الكلي المؤثر على القرص هو :

$$T = k_1 I^2 - k_1 I_.^2 - k_2 (d / t)$$

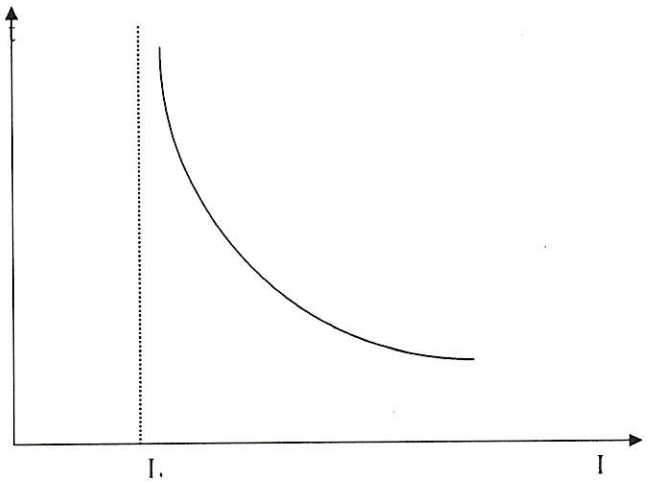
ويبدأ القرص في الحركة عندما يكون $T = 0$ ، أي :

$$K_1 (I^2 - I_.^2) = k_2 (d / t)$$

أي أن :

$$T = k\, d\, (I^2 - I_.^2)$$

ويتضح من هذه العلاقة الأخيرة أنه لقيمة معينة لكل من $I_.$ and d فإن زمن تشغيل المرحل يتناسب عكسيا مع مربع التيار المار به كما هو مبين بالشكل (٢ ـ ٣٩). ولهذا فإن هذه المرحلات تعرف بالمرحلات ذات الزمن العكسي (Inverse – Time Relays) .



شكل (٢ ـ ٣٩) المنحني الخصائصي لمرحل حثي ذي كمية تشغيل واحدة

الخواص

يتضح من الشرح السابق أنه يمكن التحكم في زمن تشغيل المرحل المناظر لنفس قيمة التيار وذلك عن طريق التحكم في المسافة التي يدورها القرص. ويمكن بالإضافة إلى ذلك تغيير قيمة تيار اللقط عن طريق تغيير عدد لفات ملف مغناطيسي المرحل نظرا لأن عزم الدوران يعتمد على الفيض المغناطيسي وعدد اللفات التي يمر فها هذا الفيض. وعلى هذا يزود المرحل الحثي بوسيلتي ضبط هما :

١. ضبط للزمن عن ضبط المسافة التي يدورها القرص قبل أن يتلامس طرفا المرحل. ويبين ذلك على المرحل باختيار معامل معين يسمى المضروب الزمني (Time Multiplier Setting) تتراوح قيمته بين ١١ & ٠,٥ عادة. وكلما قل المضروب الزمني قل زمن تشغيل المرحل لنفس قيمة التيار.

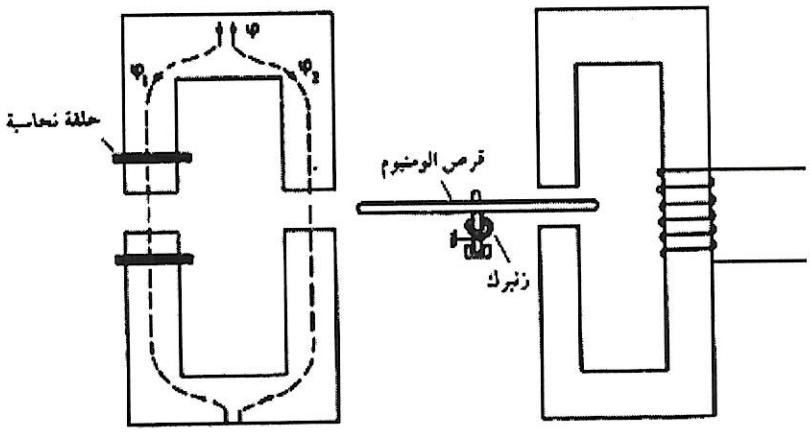
٢. ضبط لتيار اللقط عن طريق تغيير وضع قابس التيار. ويتغير تبعا لذلك عدد اللفات التي يمر فيها التيار. وبذلك يمكن تحديد قيمة تيار بدء عمل المرحل.

وللاستفادة من هاتين الوسيلتين يزود المرحل من الشركة الصانعة له بمجموعة منحنيات خصائصية تربط بين زمن تشغيل المرحل والتيار المار به، ويناظر كل منحني مضروبا زمنيا معينا. ويمكن بذلك اختيار المنحني المناسب عند ضبط المرحل بحيث يتناسق مع المرحلات المجاورة ووسائل الحماية الأخرى في الشبكة بغرض الحصول على التمييز المطلوب. ويبين الشكل (٢ ـ ٤٠) مجموعة من هذه المنحنيات التي ترسم عادة على مقياس لوغاريتمي للزمن والتيار بحيث يمثل المحور الأفقي النسبة بين التيار الفعلي المار في المرحل وتيار اللقط المناظر لوضع القابس.

هناك طريقتان للحصول على فيضين مغناطيسيين بينهما زاوية α.

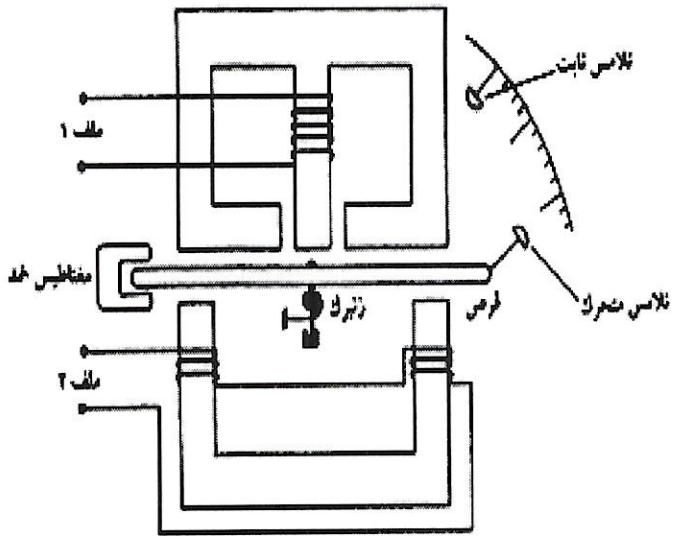
الطريقة الأولى : يستخدم فيها ملف إثارة واحد ودائرة مغناطيسية واحدة لها قطب محجب (shaded – Pole) . والطريقة الثانية ويستخدم فيها ملفين للإثارة ودائرتين مغناطيسين.

ويبين الشكل (٢ ـ ٣٦) مكونات المرحل الحثي ذي القطب المحجب. وهو يتكون من قرص من النحاس أو الألومنيوم مزود بمحاور ارتكاز وطليقة الدوران في الثغرة بين قطبي المغناطيس الكهربي. وكل قطب منشق إلى جزأين أحدهما محوط بحلقة ثقلية من النحاس. وتقوم هذه الحلقة _ نتيجة للتيارات المستحثة فيها. بتأخير مرحلي للفيض المار في الشق المحجب من القطب بالنسبة للفيض المار في الشق غير المحجب بزاوية α تتراوح بين ° ٤٥ – ٤٠° .

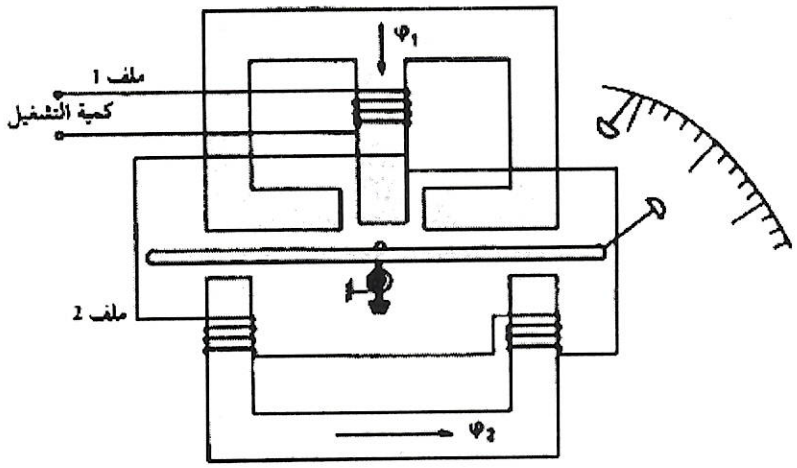


الشكل (٢ ـ ٣٦) مرحل حثي ذو قطب محجب

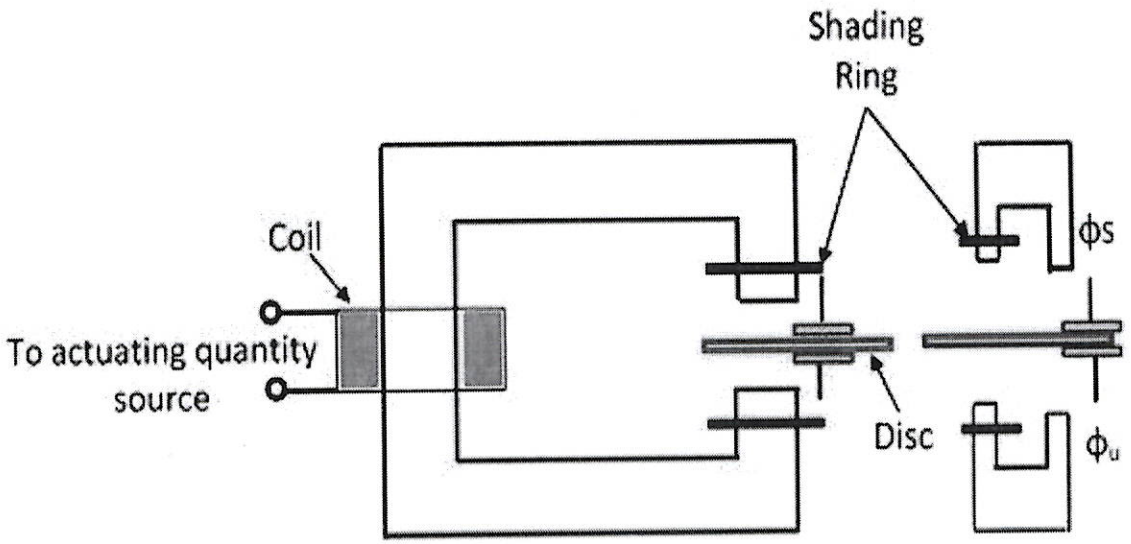
ويبين الشكل (٢ ـ ٣٧) مكونات مرحل حثي ذي ملفي إثارة يعملان بكميتي تشغيل، كما يبين الشكل (٢ ـ ٣٨) طريقة توصيل الملفين في حالة استخدام المرحل كمرحل تجاوز حمل. ويمتاز هذا المرحل بإمكانية الحصول على قيم للزاوية α أكبر من تلك التي نحصل عليها من المرحل ذي القطب المحجب. وعلي العموم، فإن غالبية المرحلات الحثية هي من النوع ذي الملفين بحيث يتولد في القرص مجالان مغناطيسيان.



شكل (٢ ـ ٣٧) مرحل حثي ذو ملفي إثارة

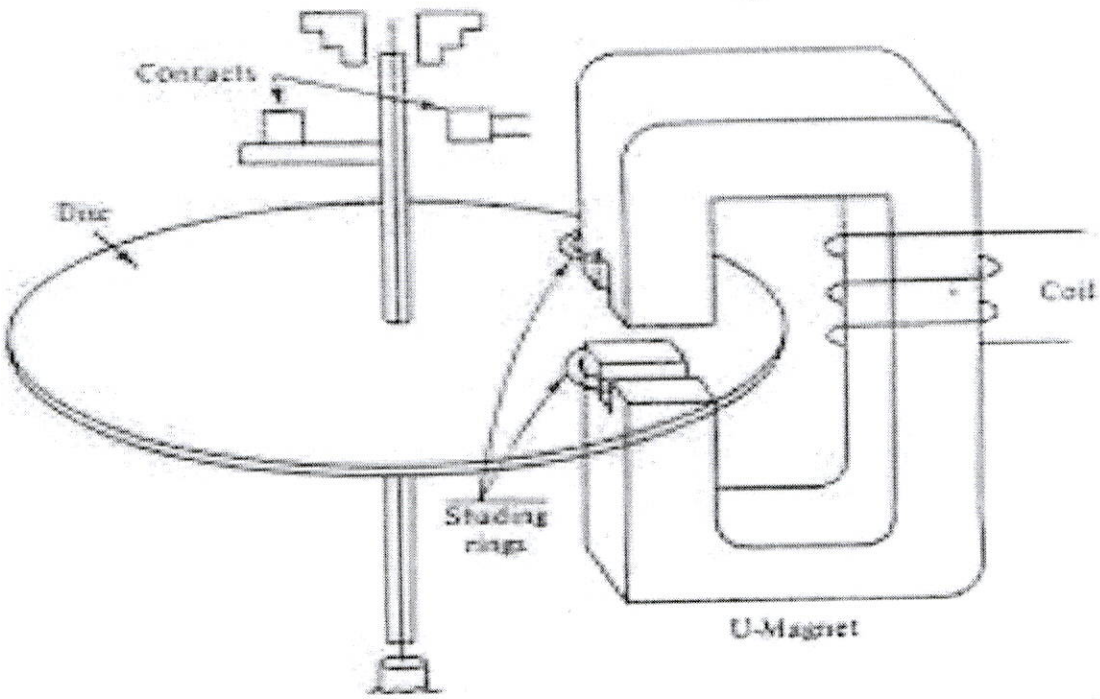


شكل (٢ ـ ٣٨) مرحل تجاوز حمل حثي



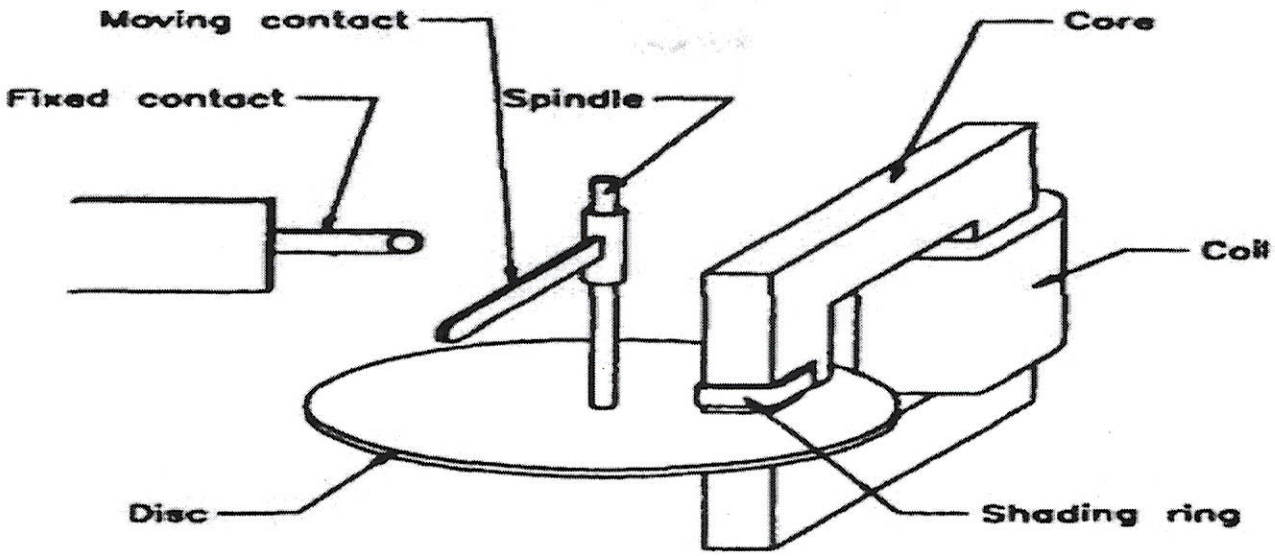
Shaded Pole Construction of Induction Disc Relay

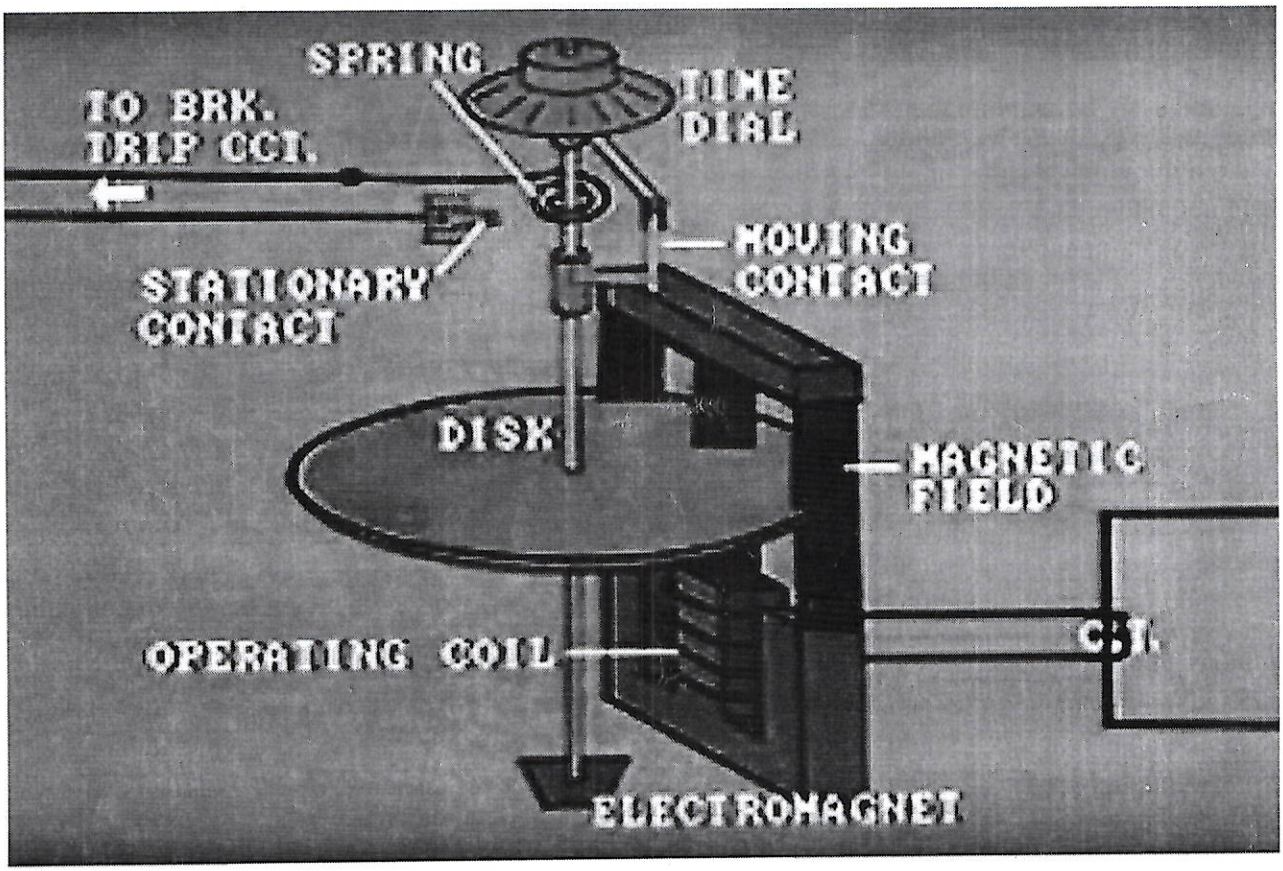
CircuitGlobe



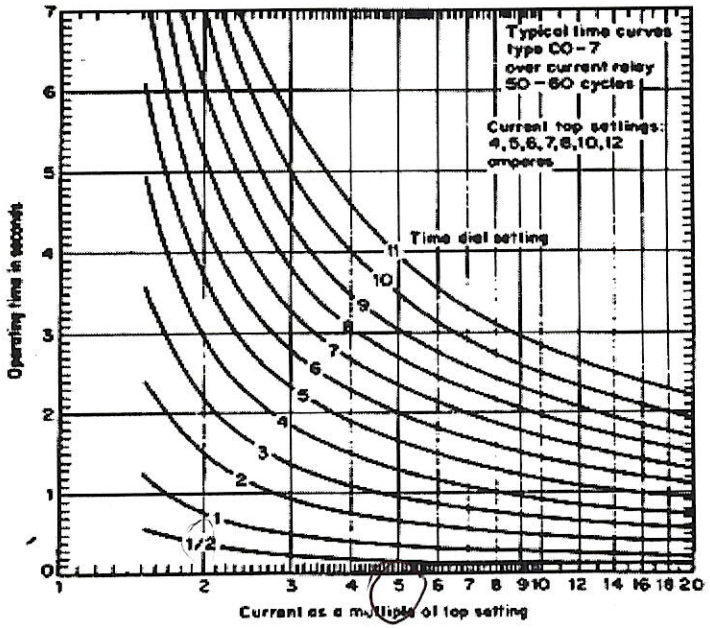
Electromagnetic induction Relays

المتابعات الكهرومغناطيسية ذات المبدا الحثي





Electromagnetic Relays – المتابعات (المرحلات)الكهرومغناطيسية



شكل(٢ . ٤٠) المنحنيات الخصائصية لمرحل حثي ذي كمية تشغيل واحدة ومضروبات زمنية مختلفة (صنع وستنجهاوس)

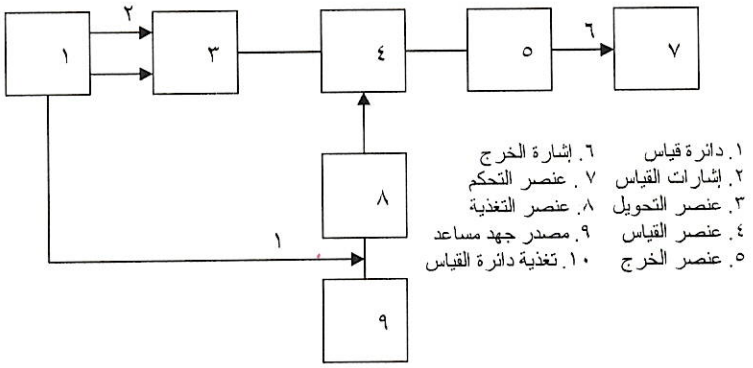
(ب) المرحلات الإستاتيكية

يعرف المرحل الإستاتيكي بأنه مرحل تنشأ فيه الاستجابة المطلوبة عن طريق مكونات الكترونية أو مغناطيسية أو أية مكونات أخرى دون حدوث حركة.

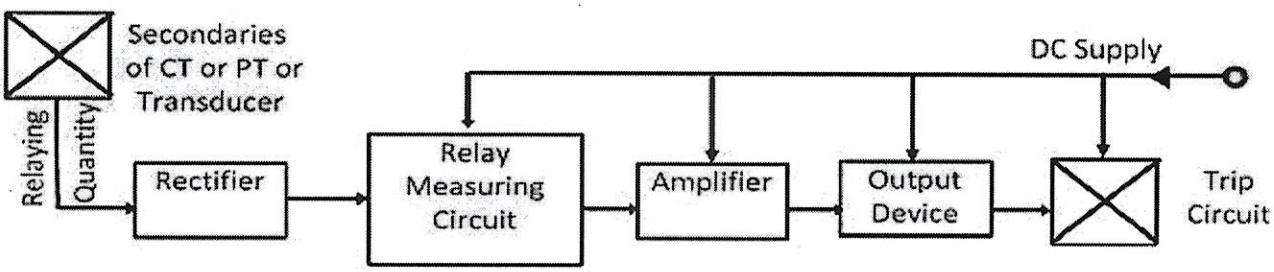
إن التطور السريع الذي تحقق في صناعة أشباه الموصلات خلال العقود الثلاثة الماضية قد ساهم بدرجة كبيرة في إمكانية صناعة واستخدام المرحلات الإستاتيكية على نطاق واسع. ويمكن القول بأن جميع وظائف وخصائص المرحلات الكهروميكانيكية قد أمكن تحقيقها الآن بالمرحلات الإستاتيكية بصورة اقتصادية وأداء أفضل. وجدير بالذكر أن المرحلات الإستاتيكية تتفوق في أدائها على المرحلات الكهروميكانيكية في حالات المرحلات المعقدة نسبيا كمرحلات المعاوقة والمرحلات الفرقية. وعلى العكس ، فإن مرحلات تجاوز الحمل الكهروميكانيكي لاتزال أبسط وأنسب في أدائها من المرحلات الإستاتيكية.

التركيب الأساسي لمرحل الحماية الإستاتيكي

يبين شكل (٢ ـ ٤١) المكونات الأساسية للمرحل الإستاتيكي. يتم فيه تغذية عنصر التحويل بإشارة التغذية عن طريق دائرة القياس (١) والتي تكون عبارة عن محول جهد أو محول تيار أو الاثنين معا. يتم بذلك تحويل إشارة التغذية داخل عنصر التحويل (٣) إلى كميات يمكن التعامل معها بسهولة بواسطة عنصر القياس(٤). يبدأ عنصر القياس في العمل عندما تصل قيمة إشارة التغذية إلى حد معين حيث يعطي حينئذ إشارة القفل. يستقبل عنصر الخرج (٥) هذه الإشارة ويقوم بتكبيرها وتقويتها ثم نقلها إلى عنصر التحكم (٧) الذي يعطي بدوره الإشارة النهائية لدائرة إعتاق قاطع الدائرة. ويتم تغذية عنصري القياس والخرج عن طريق عنصر التغذية (٨). ويحصل عنصر التغذية على الطاقة اللازمة إما من مصدر جهد مساعد (٩) أو من دائرة القياس نفسها.

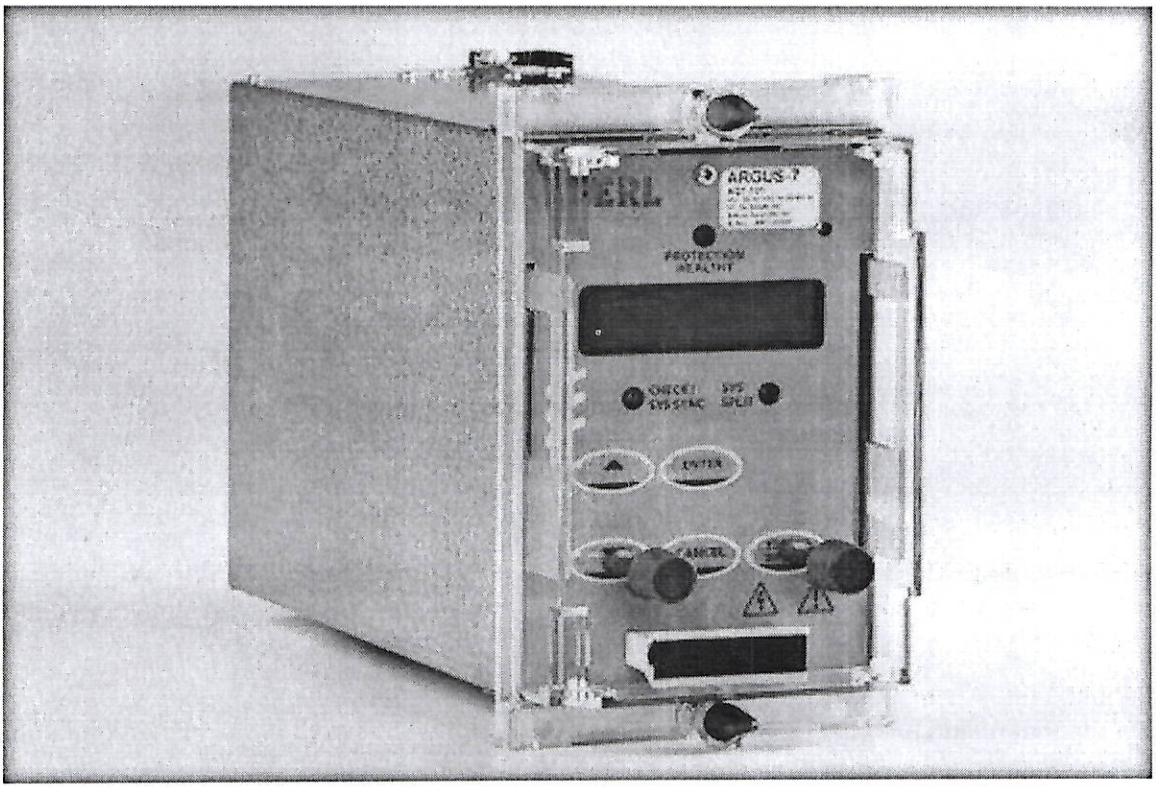


شكل(٢ ـ ٤١) رسم تخطيطي لمرحل استاتيكي



Block Diagram of Static Relay

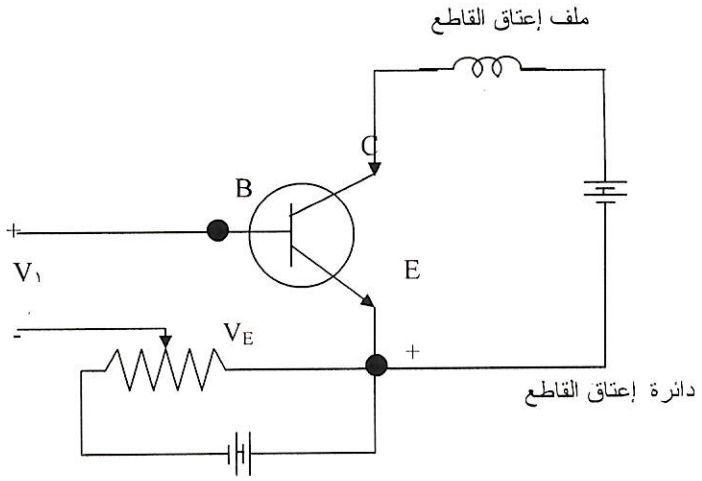
Circuit Globe



Static Relays – المتابعات (المرحلات) الآستاتيكية

مرحل الترانزستور

يبين شكل (٢ ـ ٤٢) مرحل ترانزستور يكافئ في طريقة أدائه المرحل ذا الذراع المنجذب. يتناسب جهد الدخل V_1 (وهو جهد قاعدة الترانزستور B) مع مقدار تيار أو جهد منظومة القوى المركب عليها المرحل. عندما يكون V_1 أقل من جهد الباعث V_E فإن ملتقى القاعدة ـ الباعث يكون في حالة انحياز عكسي وبذلك لايمر تيار في دائرة الباعث E ـ المجمع C . إذا زاد V_1 عن V_E يصبح انحياز القاعدة ـ الباعث أمامي مما يؤدي إلى مرور تيار في دائرة حمل المرحل ةالتي تكون هي دائرة إعتاق القاطع.



شكل (٢ ـ ٤٢) مرحل ترانزستور فوري

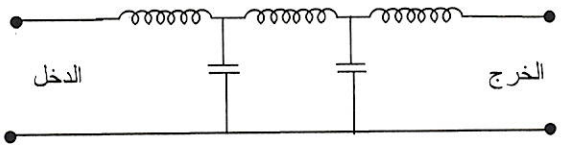
(ج) دوائر التأخير الزمني

للحصول على التأخير الزمني المطلوب تستخدم دوائر التأخير الزمني على النحو التالي :

١.تستخدم كابلات أو خطوط التأخير المستعملة عادة في منظومات الاتصالات وذلك للحصول على تأخير زمني في نطاق الميكروثواني. ويمثل كابل أو خط التأخير عادة بدائرة مكافئة كالمبينة بالشكل (٢ ـ ٤٣).

٢.للحصول على تأخير زمني في حدود الميللي ثانية تستخدم دوائر رنينية من مفاعلات ومكثفات (دوائر C – L).

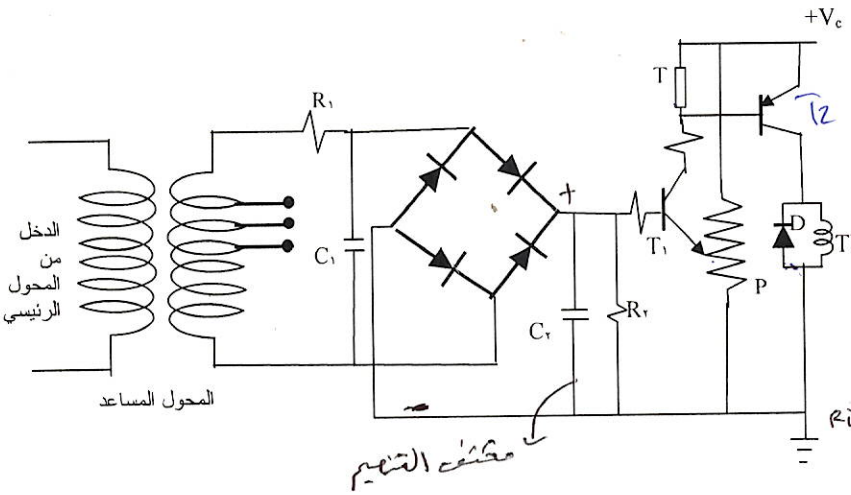
٣.للحصول على تأخير زمني أكبر مما سبق تستخدم دوائر من مقاومات ومكثفات (دوائر R – C).

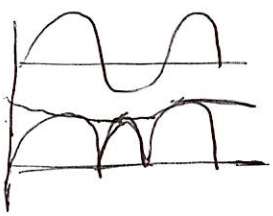


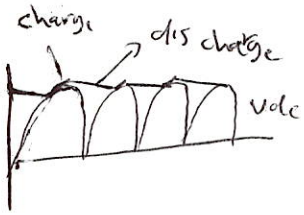
شكل (٢ ـ ٤٣) الدائرة المكافئة لخط التأخير الزمني

(د) مرحل تجاوز التيار الترانزستور

يبين الشكل (٢ ـ ٤٤) إحدى دوائر مرحل تجاوز الحمل الترانزستور ويستقبل محول التيار المساعد إشارة الدخل من محول التيار الرئيسي حيث يغذي بها قنطرة تقويم كاملة الموجة (يتم حماية قنطرة التقويم ضد الجهود العابرة العالية بواسطة الدائرة المكونة من R_1 & C_1). تغذي إشارة خرج قنطرة التقويم قاعدة الترانزستور T_1 على المقاومة R_2 ويتم تنعيم هذا الخرج بواسطة المكثف C_2 . عندما يتعدى جهد قاعدة T_1 قيمة محددة بواسطة مقسم الجهد P ونسبة تحويل محول التيار المساعد يبدأ الترانزستور T_1 في العمل حيث يؤدي هذا إلى عمل الترانزستور T_2 وقفل دائرة الإعتاق TR . يتم ضبط درجة الحرارة بواسطة المنظم الحراري Th بينما يعمل الصمام الثنائي D على حماية ملف المرحل. يزود الملف الثانوي للمحول المساعد بمخارج مختلفة لضبط نسة التحويل.







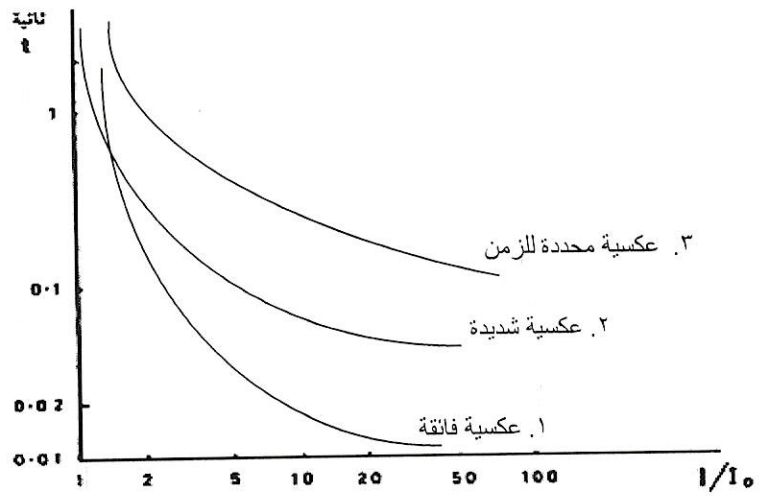
شكل (٢ ـ ٤٤) دائرة مرحل تجاوز تيار ترانزستور فوري

1) قنطرة كاملة الموجة : أول من اتجرة فكرة القنطرة هنري المهندس البولندي كارول بوزك (وكا) 1896
تم نشرها لأول مرة اعتراف في ـ ٧٥ جامعة برلين
لكن تصوير القنطرة اكتشفة من قبل العالم الفيزيائي الالماني (ليو جرايتز)
ولهذا تطلق عليها الان بـ (قنطرة جرايتز)
وظيفتها (DC ← AC)

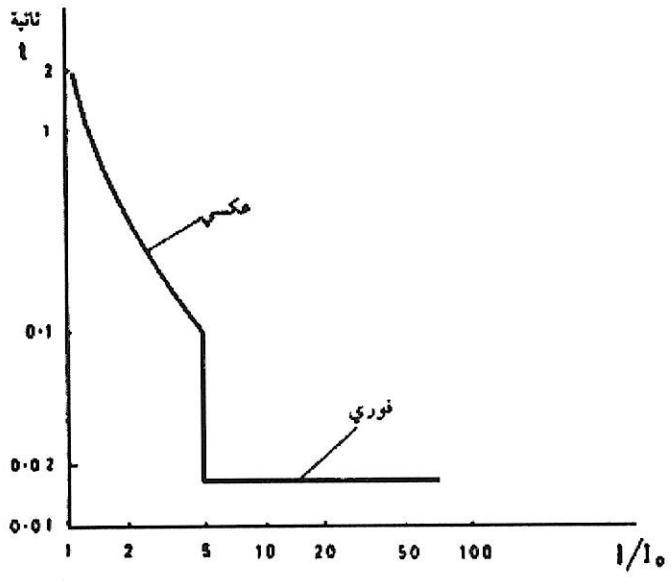
٢. ٥. ٤ الحماية ضد زيادة التيار Over Current (O/C) Protection

إن نظام الحماية ضد زيادة التيار هو أكثر النظم شيوعا واستخداما في حماية منظومات التوزيع. يعتمد هذا النوع من الحماية أساسا على مرحلات تجاوز التيار. وتكون هذه المرحلات عادة إما مرحلات الذراع المنجذب أو مرحلات حثية ذات كمية تشغيل واحدة.

تستخدم مرحلات الذراع المنجذب في حالات التشغيل الفوري للحصول على علاقة خصائصية ذات أقل محدد زمني. بينما تستخدم المرحلات الحثية للحصول على علاقة عكسية بين الزمن والتيار . وفي هذه الحالة يقل زمن التشغيل بسرعة كبيرة مع إزدياد التيار بحيث يكاد أن يكون التشغيل فوريا بالنسبة لتيارات القصر. وهذه الخاصية غير مرغوبة إذا أردنا التنسيق بين مرحلين أو أكثر على التوالي حيث يصعب التمييز بينهم في حالات الخطأ. ولذلك فإن التصميم الحديث لهذه المرحلات يستخدم ظاهرة التشبع المغناطيسي في دائرة المغناطيس الكهربي للحصول على منحني خصائصي يصل إلى قيمة دنيا محددة لزمن التشغيل كما هو مبين بالشكل (٢ ـ ٤٥ a). ويعرف هذا النوع من المرحلات بمرحل عكسي ذي قيمة صغرى محددة الزمن (Inverse – Definite – Minimum Time Relay; IDMT) . ويبين الشكل (٢ ـ ٤٥ b)المنحنيات الخصائصية لثلاثة أنواع من المرحلات العكسية. ويمكن في بعض الأحيان الحصول على المنحني الخصائصي المبين بالشكل (٢ ـ ٤٥ b) عن طريق استخدام مرحل له عنصران، أحدهما حثي له علاقة عكسية والآخر كهرومغناطيسي يعمل فوريا. ويتم اختبار نوع المرحل على أساس متطلبات التنسيق بحيث يمكن التوصل إلى التنسيق الأمثل بين المرحلات وبعضها أو بين المرحلات وأجهزة الحماية الأخرى مثل القواطع والمصهرات.



(a) مرحلات ذات علاقات عكسية

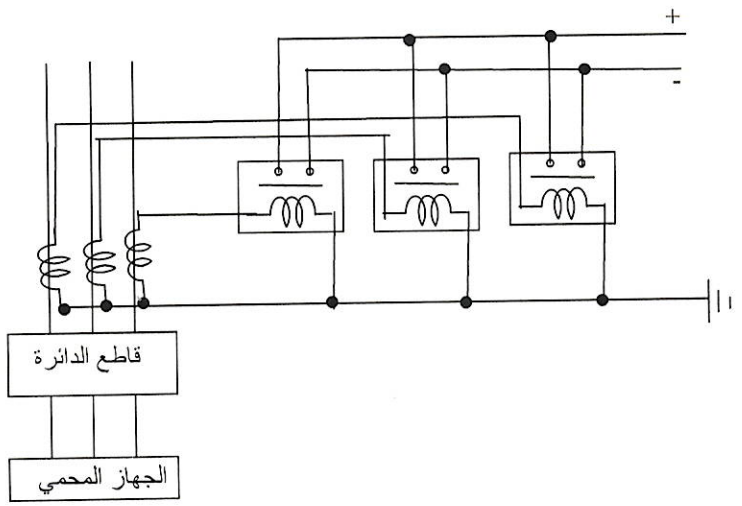


(b) مرحل ذو علاقة عكسية بيمة صغرى محددة للزمن

شكل(٢ ـ ٤٥) خصائص مرحلات تجاوز التيار

طريقة التوصيل

توجد عدة طرق مختلفة لتوصيل مرحلات تجاوز التيار. أكثر هذه الطرق شيوعا تلك التي تستخدم ثلاثة محولات للتيار وثلاثة مرحلات توصل كما هو مبين بالشكل (٢ ـ ٤٦).



شكل (٢ ـ ٤٦) منظومة حماية باستخدام ثلاثة محولات تيار وثلاثة مرحلات تجاوز التيار

استخدامات مرحلات زيادة التيار

تستخدم مرحلات تجاوز التيار على نطاق واسع في حماية منظومات القوى الكهربية. ومن هذه الاستخدامات ما يأتي :

١. حماية المحركات ذات المقننات الكبيرة (أعلى من ١٠٠٠ حصان).
٢. حماية المحولات ذات المقننات الكبيرة (أعلى من ٥٠٠ kVA) حيث تستخدم مرحلات تجاوز التيار كحماية ثانوية للحماية التفاضلية (differential Protection) .
٣. حماية المغذيات وخطوط النقل بالإضافة إلى نظام حماية المعاوقة (Impedance Protection) .
٤. حماية بعض الأجهزة الخاصة كالأفران الكهربية الصناعية.

ضبط مرحلات زيادة التيار

١. يجب اختيار مرحل زيادة التيار بحيث تتلاءم منحنيات تشغيله الخصائصية مع خطة الحماية المطلوبة.

٢. يجب التنسيق بين المرحل والمرحلات وأجهزة الحماية والقطع الأخرى المجاورة. ويتم عمل التنسيق بين المرحلات بإحدى الطرق التالية:

أ. التدرج الزمني Time grading

ب. تدرج التيار Current grading

ج. التدرج بواسطة التيار والزمن وذلك باستخدام مرحلات ذات خواص عكسية مناسبة (IDMT Relays).

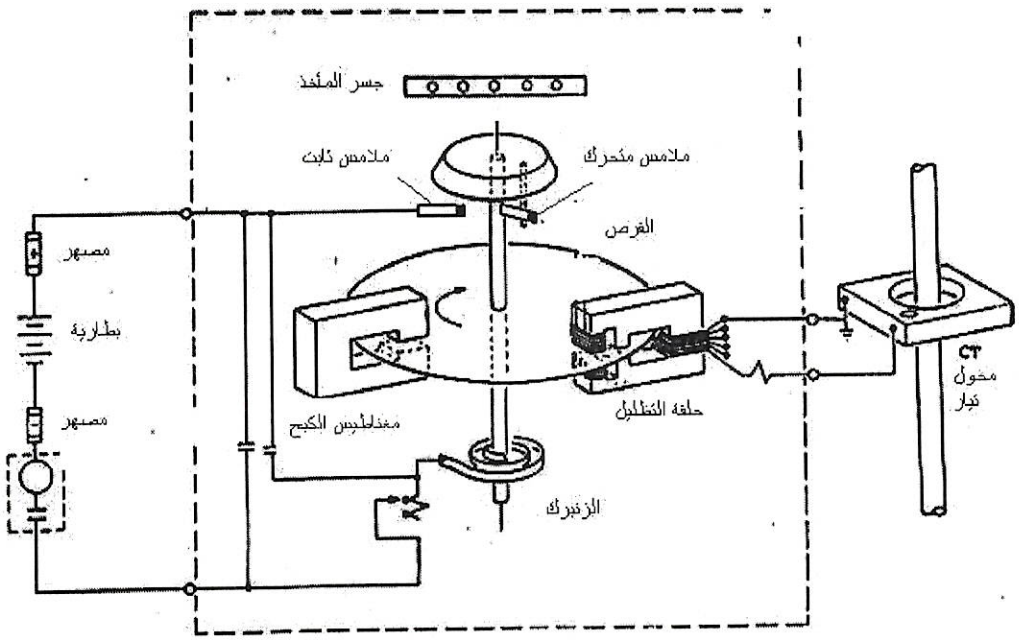
مكونات مرحل زيادة التيار من النوع الحثي Components of Induction Type O/C Relay

يمثل الشكل (٢ ـ ٤٧) الرسم التفصيلي لمرحل زيادة التيار من النوع الحثي الذي سبق شرحه. وسوف نستعرض باختصار وظيفة الأجزاء الرئيسية لهذا المرحل :

- جسر الآخذ Tap Block : وظيفة جسر الآخذ هي التحكم في قيمة التيار الذي يبدأ المرحل بالعمل عنده (تيار اللقط). هذا يتم عن طريق اختيار وضعية مأخذ التيار المناسبة.
- حلقة التظليل Shading Ring : وظيفة هذه الحلقة هي شطر (تقسيم) المجال المغناطيسي الناتج عن التيار المار في ملف التشغيل إلى مجالين بينهما زاوية في الطور. وبدون هذه الحلقة لن يدور القرص مهما كان تيار القصر كبيرا.
- مغناطيس الكبح أو التخميد Damping Magnet : لهذا المغناطيس وظيفتان رئيسيتان هما سرعة القرص وضمان عدم عمل المرحل نتيجة القصور الذاتي للقرص (أي بعد فصل تيار الخطأ من الجزء المتعطل من الشبكة بواسطة مرحل آخر).
- القرص الزمني Time Dial : وظيفته التحكم في زمن عمل المرحل .
- الزنبرك Spring : وظيفة الزنبرك تنقسم إلى قسمين هما ، الأول هي توليد عزم مضاد لعزم دوران القرص كما في لمنع القرص من الدوران تحت ظروف التحميل العادية. أما السم الثاني فهو أن يضمن الزنبرك رجوع الملامسات المتحركة أوتوماتيكيا إلى وضعها الأساسي بعد فصل تيار الخطأ.
- محول التيار C.T. : حيث إن تغذية مرحل التيار تتم عن طريق محول التيار فلابد من ذكر وظيفة محول التيار وهي:

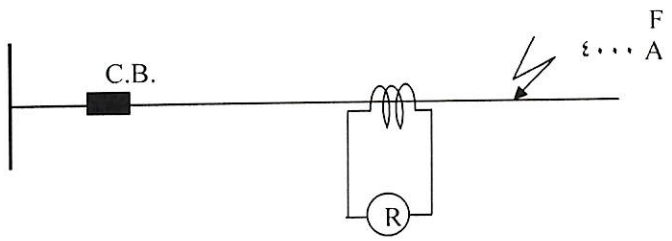
١.تخفيض تيار الشبكة المطلوب حمايتها إلى تيار مناسب لعمل المرحل. مقنن التيار للمرحل عادة ١A or ٥A .

٢.عزل دائرة المرحل عن الجهد العالي للشبكة وذلك لضمان سلامتة الذين يعملون في غرفة التحكم والمراقبة.



شكل (٢ ـ ٤٧) رسم تفصيلي لمرحل زيادة التيار من النوع الحثي

مثال : مرحل زيادة تيار حثي وله مقنن تيار A ١ ومضبوط عند وضعية مأخذ تيار % ١٢٥ من التيار المقنن ومضاعف زمن T.M.S = ٠.٦ . يتغذى المرحل من محول تيار ١ : ٤٠٠ وتيار العطل A ٤٠٠٠ كما هو موضح في شكل (٢ ـ ٤٨) . المطلوب حساب زمن عمل المرحل.



شكل (٢ ـ ٤٨)

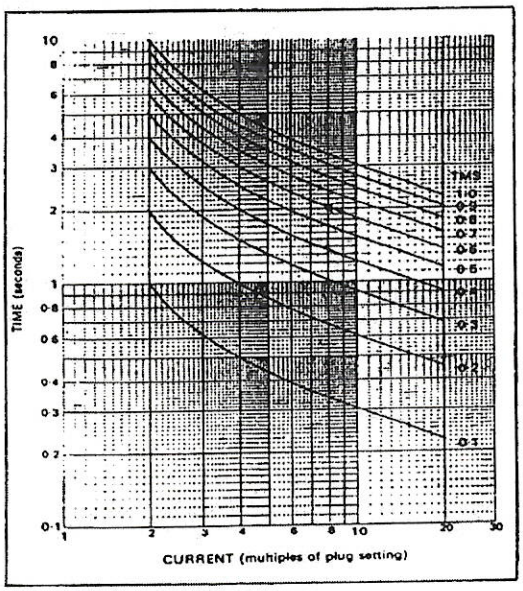
الحل :

التيار المار بالمرحل $I = ٤٠٠٠ / ٤٠٠ = ١٠ A$

التيار المضبوط عنده المرحل هو $I_. = ١ * (١٢٥ / ١٠٠) = ١,٢٥ A$

النسبة بين التيار المار في المرحل إلى التيار المضبوط عنده المرحل $I / I_. = (١٠ / ١,٢٥) = ٨$

ومن الشكل (٢ ـ ٤٩) يكون زمن التشغيل للمرحل $t = ٢ Seconds$



شكل (٢ ـ ٤٩)

٢. ٥. ٥ المرحلات المسافية Distance Relays

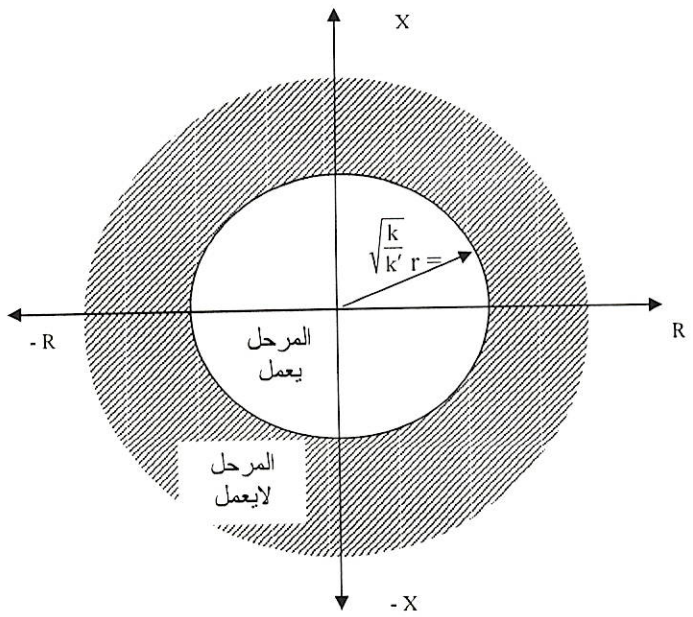
عندما يكون طول الخط المراد حمايته طويلا فإن الحماية بواسطة أسلاك البيلوت تصبح مكلفة وغير اقتصادية. وتتم الحماية في هذه الحالة باستخدام مرحلات الممانعة أو المسافة حيث يتم فيها مقارنة التيار المحلي مع الجهد المحلي في طور محدد. ففي المرحلات الكهرومغناطيسية فإن مغناطيس التيار يخلق قوة أو عزماً ($k I^٢$) يحاول إغلاق ملامس المرحل ومغناطيس الجهد يخلق قوة أو عزماً مقاوماً ($k' V^٢$)يحاول أن يبقي الملامس مفتوحاً. ويحدث العمل في المرحل عندما يتغلب عزم التيار على عزم الجهد.

$$k\,|I|^2 \succ k'\,|V^2|$$

$$\left|\frac{V}{I}\right|^2 \prec \frac{k}{k'}$$

$$|Z| \prec \sqrt{\frac{k}{k'}}$$

ويظهر في المعادلة الأخير أن مميزات التشغيل على مخطط الممانعة دائرة نصف قطرها $\sqrt{\frac{k}{k'}}$ ومركزها في مركز الإحداثيات ويبين الشكل (٢ ـ ٥٠) هذه الحالة. ويعمل المرحل عندما تنخفض الممانعة عن قيمة محددة. وبما أن ممانعة الخطوط تتناسب مع الطول لذلك تستعمل هذه الحماية للحماية من عطل ضمن منطقة معينة. ويعير المرحل بحيث تصبح ممانعة الجزء المحمي مساوية $\sqrt{\frac{k}{k'}}$ حيث k' , k ثوابت.



شكل (٢ ـ ٥٠) خصائص الحماية المسافية

أجهزة الوقاية ضد زيادة التيار أو الحماية ضد زيادة التيار

Over Current (O/C) Protection

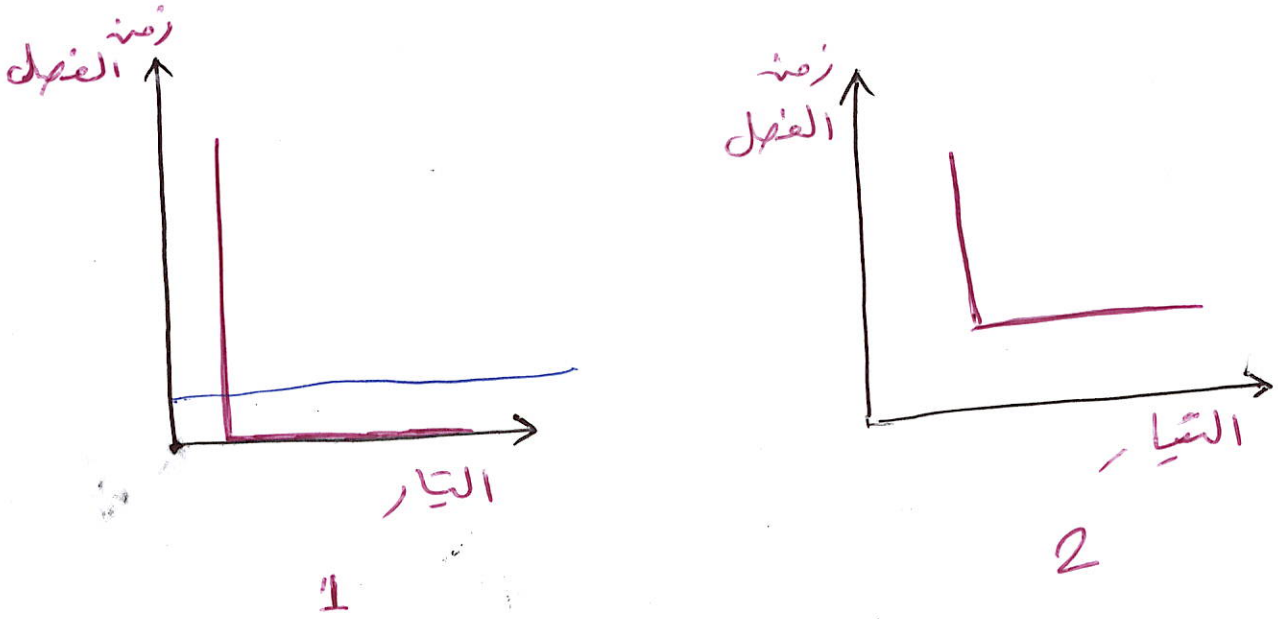
أجهزة الـ Over current relay من اقدم واشهر واوسع اجهزة الوقاية انتشارا وذلك لان معظم الاعطال ينتج عنها زيادة في التيار ,ومن هنا فنا التفكير كان دائما ومن البداية يتجه الي دراسة ومتابعة التغير في قيمة التيار المار في اي عنصر من عنصر منظومة القوى , وفصل التيار مباشرة اذا تعدت قيمته حدا معينا وخاصا بهدا العنصر

الانواع المختلفة لأجهزة overcurrent relays

هنالك انواع متعددة من اجهزة ضد زيادة التيار وروعي في التصميم الانواع المختلفة ان تأخذ في الاعتبار التباين في قيمة تيار العطل والفترة الزمنية المطلوب فصل الدائرة المعطلة بعدها وهل الفترة الزمنية ثابتة ام متغيرة ؟ وهل الفترة الزمنية وجيزة أم طويلة ؟ ....الخ كل هذه الاعتبارات انتجت في النهاية عدة انواع من اجهزة Overcurrent Relays

1- أجهزة تفصل لحظيا اذا تعدى التيار قيمة محددة Definite Current Relay
(رقم 1- في الشكل 3-2)

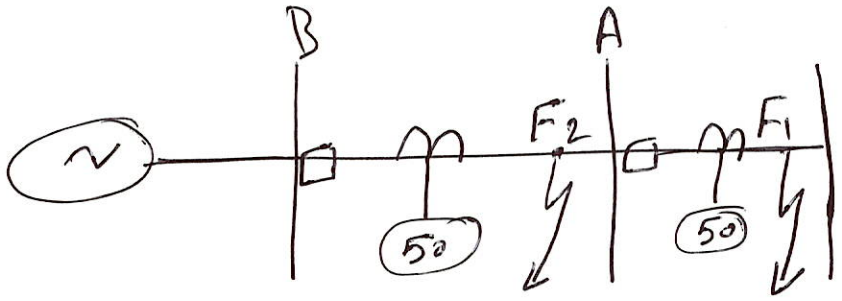
2- أجهزة تفصل اذا تعدى التيار قيمة معينة وتعدى الفترة زمن العطل ايضا قيمة محددة
Definite time relay (رقم 2- في الشكل 3-2)



الشكل 3-2 علاقة التيار بالزمن في أجهزة Overcurrent Relay

س/ ما هو الفرق بين (Definite Time O.C Relay ، Definite current O.C Relay)

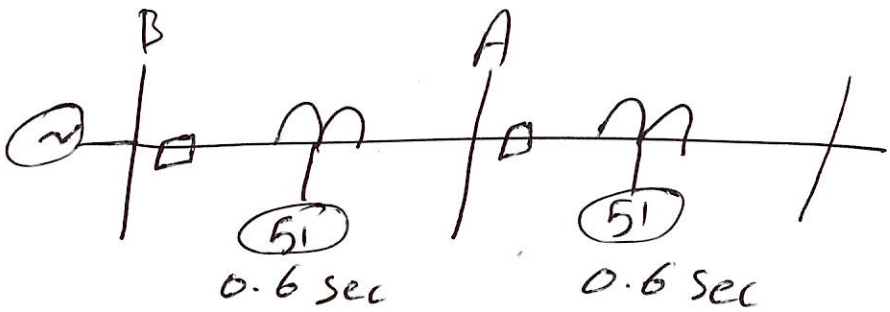
النوع الاول والذي يعرف ايضا بـ instantaneous OC فأن جهاز الحماية يفصل الدائرة لحظيا اذا تعدت قيمة التيار قيمة محددة وهذا النوع مناسب لفصل الاعطال العالية التيار التي لاتتحمل اي انتظار لانه حتى لو لم يستمر العطل سوى مدة وجيزة يجب فصله لخطورته .
ويعيبه بصفة اساسية انه في احيان كثيرة خاصة حين تكون هناك خطين قصيرين في الطول ومتتالين فانه يصعب عمل تنسيق بين اجهزة الوقاية ومن هذا النوع لان الفرق بين تيار العطل وعلى كلا الخطين لايكون كبيرا كما في حالة العطل عند النقطيتين
الشكل 3-3 .



الشكل يوضح طريقة التمييز لدى الحاجز B بين الاعطال F1 & F2

اما النوع الثاني (Definite time) فهو مناسب للاعطال الاقل خطورة حيث انه يفصل اذا تعدت قيمة التيار قيمة محددة بالاضافة الي مرور فترة زمنية محددة ايضا لبقاء العطل .وبالتالي فعنده القدرة على تجنب فصل الدائرة بسبب عطل عبار transient fault لان الجهاز سينتظر مدة محددة قبل اعطاء اشارة الفصل فلو كان العطل من النوع الدائم permanent fault فسيتم فصله بمجرد انتهاء المدة المحددة المضبوط عليها الجهاز .
ويستخدم هذا النوع عندما تكون Z_S اكبر من Z_L (بمعنى اخر عندما يكون الفرق بين مستوى short circuit في اول الخط واخره صغيرا) وهذا يعنى انه تغلب على مشكلة النوع الاول .

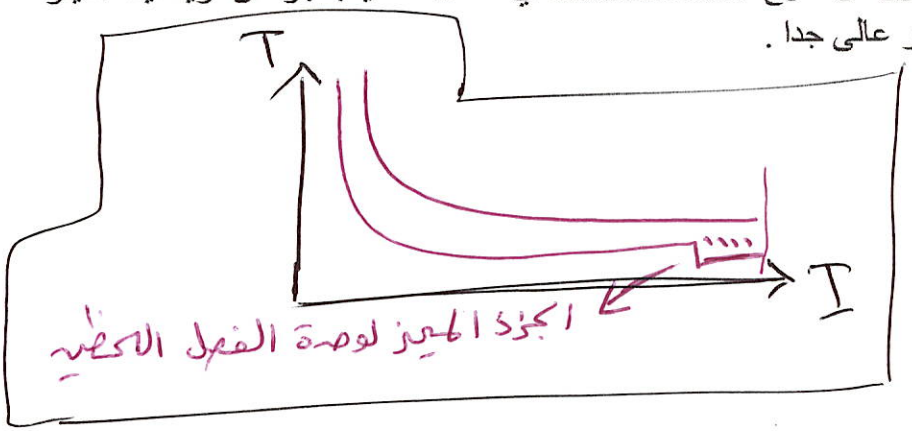
ولكن يعيبه ان التنسيق ايضا يكون صعبا بين اجهزة الوقاية من هذا النوع على الخطوط المتتالية .حيث يكون زمن الفصل اكبر مايمكن في حالة الاعطال قرب المصدر كما في الشكل 3-4 رغم ان انها الاعطال الاخطر والاعلى قيمة .



الشكل يوضح زمن الفصل لكل من الاجهزة القريبة من المصدر

3- وهنالك نوع ثالث يعرف بـ (normal inverse OC) وهو يجمع بين ميزات النوعين السابقين فيفصل طبقا لعلاقة عكسية بين تيار الغطل وزمن العطل . ويتميز بانه لايتاثر بالاعطال العابرة وفي نفس الوقت يفصل بسرعه في حالة الاعطال العالية التيار . هذا النوع من الاجهزة يكون عادة مزودا بمنحيات ذات ميول متعددة لتناسب جميع الاستخدامات وليعطى سرعات متنوعة لنفس قيمة التيار ولكن هذه الاجهزة لاتصلح للاستخدام في انظمة ذات قدرة التوليد المتغيرة . وغاليا يستخدم هذا النوع عندما تكون Zs اقل Zl بمعنى اخر عندما يكون الفرق بين مستوى Short circuit في اول الخط واخره كبيرا .

في اغلب الاحيان يكون جهاز overcurrent relay مكونا من وحدتين .
الاولى من النوع inverse OC بحيث تفصل بعد زمن تاخير معين
والوحدة الثانية تكون من النوع Instantenous اي تفصل لحظيا بمجرد ان تزيد قيمة التيار عن setting اخر عالى جدا .



وقد كان هذا يتم في الاجهزة القديمة باستخدام وحدتين منفصلتين كما في حالة الاجهزة الكتروميكانيكة . أما في حالة الاجهزة الرقمية الحديثة فقد اصبح يتم داخل جهاز واحد وبصورة اسهل بكثير حيث التحكم في تصرفات الجهاز يكون بتغيير المعادلة المستخدمة داخل الجهاز

4- وهنالك نوع رابع من انواع الـ OC Relay يسمى Inverse definite (IDMT) minimum time يتميز بوجود جزء inverse مع تيارات المنخفضة حتى حد معين ثم يلي ذلك جزء له زمن فصل ثابت لحظى instantaneous في حالة التيارات العالية . لذلك inverse + definite time في نفس الوقت .

والانواع الاربعة السابقة يمكن ان يضاف الي كل منها وحدة اضافية تسمى الوحدة الاتجاهية (directional unit) وفي حالة استخدام الـ (directional OC) فلا يكفي ان يزيد عن قيمة الضبط . وانما يلزم كذلك ان يكون تيار العطل في اتجاه محدد والا فلن يعمل حتى لو كان التيار عاليا جدا.

ضبط قيمة الحماية OC Relay Setting

المقصود بضبط الجهاز هو اختيار نوع العلاقة بين زمن الفصل وقيمة تيار العطل بمعنى تحديد القيم التي يفصل عندها الجهاز , وتحديد زمن التشغيل عند هذه القيم وفي الاجزاء التلية سنقدم شرحا لطرسيقة ضبط اجهزة الوقاي ضد زيادة التيار من نوع inverse وكذلك من النوع instantenous حيث انهما الاكثر انتشارا في الشبكات الكهربائية . وعموما لضبط اي جهاز OC فأن هناك ثلاث خطوات متتالية مطلوبة .

1- اختيار محول التيار المناسب CT
2- اختيار التيار الذي يبدا عنده الجهاز في العمل Pickup .
3- واخيرا اختيار زمن الفصل المطلوب Time Dial Setting

فيما يلي تفصيل هذه الخطاوت بفرض اننا نستخدم النوع الاول وهو inverse overcurrent relay .

Differential Relays

المتابع التفاضلي

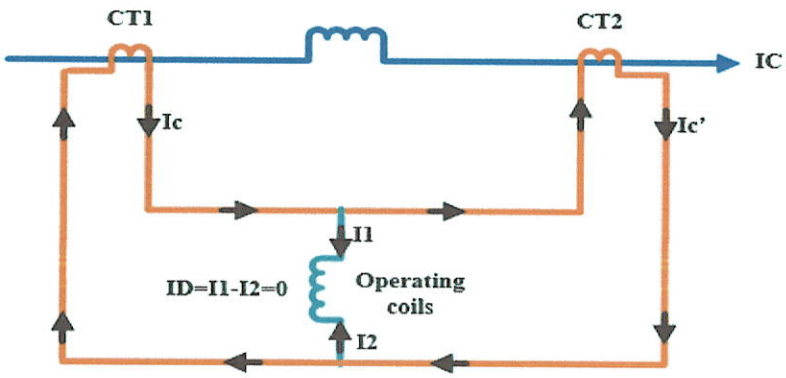
المتابع التفاضلي يستجيب للاختلاف الطوري بين كميتين أو اكثر للكميات الكهربائية المتشابهة وعلى هذا الاساس فالقيم إما تكون تيار / تيار أو فولطية / فولطية ،فالمتابع يستجيب للفرق بين

(I1 – I2) بما في ذلك القيمة والفرق الطوري .

المتابع التفاضلي يطلق عليه بنظام حماية الوحدة (Unit Protection) حيث تحدد منطقة الحماية بمواقع محولات التيار (Current Transformers).

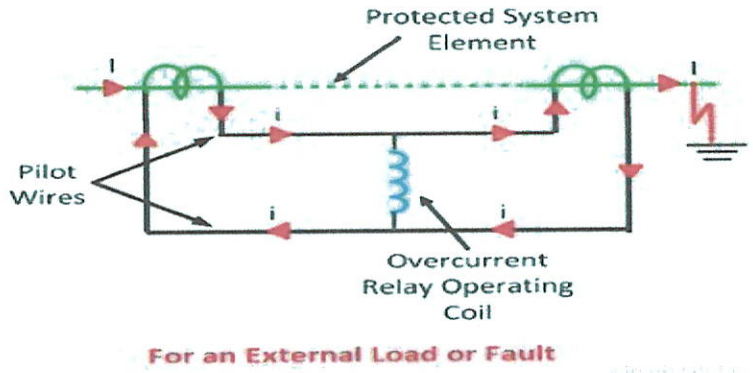
.....

مبدأ عمل الحماية التفاضلية (المتابع التفاضلي)



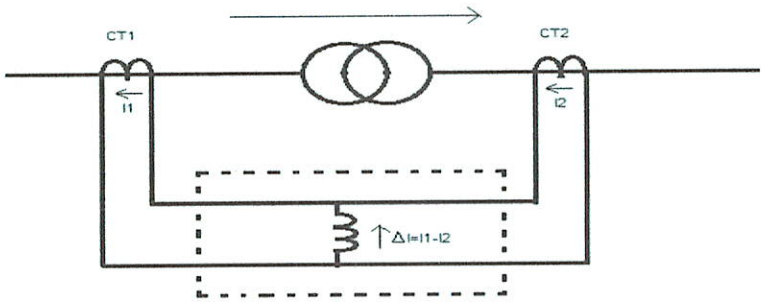
الشكل اعلاه يوضح مبدأ عمل الحماية التفاضلية في الحالة الطبيعية

١- عند الحالة الطبيعية لا يوجد عطل :- فأن تيار المتابع (Ir = I1 – I2) يمثل الفرق بين تياري ثانوي محولات التيار ،وطالما (I1=I2) معناه الحالة طبيعية (لا يوجد عطل) فأن (Ir=0) فالمتابع لا يعمل .



الشكل اعلاه يوضح مبدأ عمل الحماية التفاضلية في حالة وجود عطل خارجي

٢- عند حدوث عطل F2 خارج المنطقة المحمية (خارج محولات التيار) فأن قيم I1 ،I2 ترتفع بصورة متساوية الى قيمة تيار العطل (IF – Fault Current) ولكونها متساوية فأن (Ir =0) فالمتابع لا يستجيب للعطل الخارجي .



الشكل اعلاه يوضح مبدأ عمل الحماية التفاضلية في حالة وجود عطل داخلي

٣- عند حدوث عطل داخلي (ضمن المنطقة المحمية – F3) فأن تيار الاول I1 سوف يزداد بينما التيار الثاني I2 يكون قليلا او منخفض لذلك فأن المتابع Ir = I1 – I2 ويؤدي الي عمل المتابع لان التيار هنا I1 >> I2 بالتالي Ir ≠ 0 .

.....

تطبيقات (استخدامات) المتابع التفاضلي (الحماية التفاضلية)

١- حماية المولدات - كحماية وحدة المولدة او كـ وحدة واحدة .
٢- حماية المحولات
٣- حماية خطوط النقل باستخدام المقارنة الطورية
٤- حماية المحركات الكبيرة
٥- حماية القضبان العمودية Bus – Zone Protection.

المشاكل المرافقة للحماية التفاضلية

١- **اختلاف اطوال الاسلاك الدليلية**:- (السلك الدليلي هو السلك الذي يربط او الواصل بين الاطراف الثانوية لمحولات التيار والمتابع التفاضلي). حيث يؤدي الي اختلاف الفولتيات ويتم معالجته بمقاومة متغيرة تربط على التوالي .

٢- **خطأ نسبة التحويل C.T أثناء حالة القصر (S.C):-** عند حدوث عطل لا يبقى الاتزان بين تياري الثانوي للمحولتين ،بسبب اختلاف في خصائص الدائرة المغناطيسية ومركبة التيار المستمر (DC).

٣- **الإشباع في محولات التيار أثناء حالة القصر(S.C):-** مما يسبب عمل المتابع واستجابته للأعطال التي تقع خارج محولات التيار والذي قد يؤدي الى فقدان استقراريه الشبكة اثناء الاعطال ويتم معالجة هذه المشكلة باستخدام ملف الانحياز والذي يسري في ملفه (I1 +I2 / 2).

٤- **تيار المغنطة الاندفاعي عن اثناء بدء تشغيل لمحولات القدرة :-**

عندما تربط محولة الي مجهز قدرة فأن تيار الاندفاعي قدره (10 – 6) مرات تيار الحمل يندفع مما يسبب عمل المتابع التفاضلي بالرغم من عدم وجود عطب ، ولتجنب هذه المشكلة يستخدم قفل التوافقيات (Harmonic Restrain) .

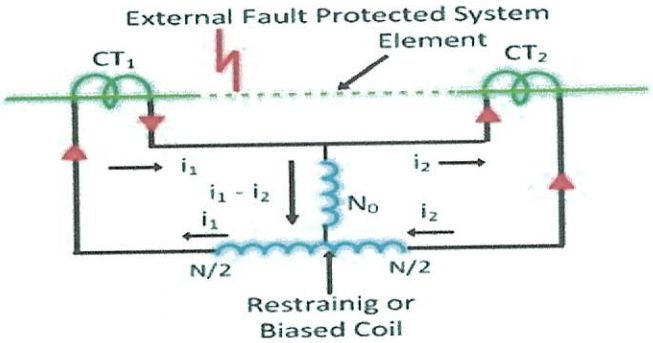
٥- **متغيرة التفريعة Tap changing :-** تغير التفريعة يؤدي الى حدوث اختلاف في نسبة التحويل محولات التيار وبالتالي نسبة التحويل محولة التيار لا يتوافق مع نسبة تحويل محولة مؤديا الي مرور تيار في السلك الدليلي اثناء الحالة الطبيعية .والذي يمكن معالجته بالمتابع لتفاضلي الانحيازي.

.....

Biased Differential Relay
المتابع التفاضلي المنحاز

يتم استخدام المتابع التفاضلي المنحاز والذي يضاف فيه ملف الانحياز الي المتابع العادي وذلك للتغلب على الاختلاف في تيارات ثانوي محولات التيار والتي تظهر اثناء قيم تيارات القصر العالية في هذا المتبع كما موضح بالشكل ادناه ملف التشغيل يربط الي النقطة الوسطية لملف الكبح (ملف الانحياز).

في حالة الاعطال الخارجية فأن (I1، I2) يزدادان وبالتالي فأن (I1 + I2 / 2) يزداد مؤديا الي زيادة عزم الانحياز الذي يمنع من عمل المتابع الغير مرغوب فيه.



Biased or Percentage Differential Relay

ضبط المتابع التفاضلي : Setting Of Differential Relay

المتابع التفاضلي له وسيلتين للضبط :

١- ضبط ملف الانحياز (Setting of operation coil)

٢- ضبط ملف التشغيل (Setting of Biased coil)

ضبط ملف التشغيل = اقل تيار يسبب عمل ملف التشغيل / التيار المقنن لملف التشغيل * ١٠٠

ضبط ملف الانحياز (pick up value) = تيار ملف التشغيل الذي يسبب عمله / التيار في ملف الانحياز * ١٠٠

$$\%\text{pick up value} = \frac{I1 - I2}{I1 + I2 / 2} * 100$$

عند أيجاد ضبط المتابع هنالك عدة عوامل تؤخذ بنظر الاعتبار:-

١-أخطاء محولات التيار CT error

٢- مغير التفريعة Tap changing

٣- مقاومة السلك الدليلي Resistance Of pilot wires

٤- استقراريه الاعطاب العارضة Stability for through fault

الباب الثالث

حماية المولدات الكهربائية

1.3 مقدمة :

منظومة القوى الكهربائية بما تحتوية من عناصر مثل المولدات والمحولات والخطوط الهوائية والكيبلات الأرضية لنقل وتوزيع القدرة الكهربائية تتعرض لبعض الأعطال والتي قد تؤدي إلى توقف المنظومة عن العمل بسبب عطل أو إتلاف أحد عناصر هذه المنظومه وبالتالي إنقطاع التيار الكهربائي إذا لم تتخذ الأمور الوقائية اللازمة .

المولد الكهربائي هو الأهم بين كل عناصر منظومة القوى الكهربائية فإنه يتميز بكثرة أجهزة الحماية المركبة عليه وتعددها فمن هذه الأنواع الحماية ضد زيادة التيار ، وضد الأعطال الأرضية ، وضد الفيض الزائد ، وكذلك الحماية التفاضلية ،والحماية الإتجاهية ، والحماية ضد زيادة الجهد أو إنخفاضه ،والحماية ضد فقد مصدر الفيض .

و من أهم السمات، التي يجب أن تتحقق في حماية المولدات الكهربائية سمة التأمين ،بمعنى أن المولد الكهربائي يجب أن لا يفصل إلا في حالة الأعطال الداخلية ، أو الأعطال الخارجية التي عجزت أجهزة الحماية الأخرى عن فصلها ،فإذا فقد نظام الحماية هذة السمة فإنه ربما يفصل على أي عطل يقع في الشبكة فيتسبب في إنقطاع الخدمة دون داعٍ بالإضافه إلى الإعتمادية والإختيارية.

2.3 أعطال المولدات (Generators Faults):

يمكن أن تتعلق الأعطال في عمل المولدات إما بتعطل تلك المولدات أو إما بتشكل شروط غير طبيعية في عملها وتكون هذه الأعطال ناتجة إما من أسباب ميكانيكية أوكهربائية .

يمكن الإتقاء من الأعطال الناتجة عن الأسباب الميكانيكية عن طريق الصيانة الصحيحة والمعرفة الجيدة في الإستعمال .أما الأعطال الناتجة عن الأسباب الكهربائية فلها صفة إلي حد كبير أنها غيرممكنة التوقع ولايمكن أن نتقي من حدوثها ، بينما في حالة حدوثها يجب أن نعمل على إزالتها وكذلك الحد إلى درجة ممكنة من إبعاد الأعطال الدائمة إذا حدثت .

وهناك عدد من الظروف الغير طبيعية التي يمكن أن تحدث لأي معده دواره وتشمل :

- أعطال في الملفات .
- فقد الإثاره .
- عمل المولدات كمحركات .
- زياده الحمل .
- زياده الحراره .
- زياده السرعة .
- التشغيل غير المتزن .

1.2.3 الأعطال الميكانيكية (Mechanical Faults):

- أعطال ناتجة عن زيت التبريد.
- أعطال ناتجة عن الإهتزاز .
- فشل نظام تبريد الهيدروجين .
- فشل المحرك الميكانيكي نفسه أو بمعنى آخر التوربينة .
- إرتفاع زائد في درجة حرارة الملفات نتيجة فشل جزئي للعزل .

وجميع هذه الأعطال يتم مراقبتها عادة بواسطة أجهزة حماية متصلة إلى أجهزة إنزار.

2.2.3 الأعطال الكهربائية (Electrical Faults):

أ- أعطال العضو الثابت (Stator Faults):

معظم الأعطال الداخليه التي يتعرض لها المولد تكون ناتجه عن فشل العزل في ملفات العضو الثابت وإنهيار العزل بسبب قصر كهربائي بين الوجه والوجه أو بين الوجه والأرض وتيار القصر نفسه قد يؤدي إلى تلف ملفات العضو الثابت أو صفائح حديد العضو الثابت وبعض المسببات الرئيسيه لإنهيار عزل ملفات العضو الثابت هي:

- إرتفاع زائد في جهد التوليد .
- عدم توازن في التيارات المولده في الأوجه الثلاثة وهذا بدوره يؤدي إلى إرتفاع زائد في درجة حرارة ملفات العضو الثابت وبالتالي إنهيار مادة العزل .
- مشاكل فنية في نظام تهوية وتبريد المولد الكهربائي .

ب- أعطال العضو الدوار(Rotor Faults):

بعض الأعطال التي يتعرض لها العضو العضو الدوار هي :

- عطل الدائرة المفتوحة Open Circuit .
- إرتفاع زائد في درجة حرارة ملفات العضو الدوار نتيجة عدم توازن التيارات المتولدة في أوجة العضو الثابت .
- قصر بين ملفات العضو الدوار والأرض ،وهذا النوع من الأعطال لا يستدعي الفصل الفوري للمولد عن الشبكة وذلك للأسباب التالية :

أ -العضو الدوار يعمل عادة عند جهد (500V) بينما يعمل العضو الثابت عند جهد يتراوح بين (13.8- 23KV) .

ب ملفات العضو الدوار غير مؤرضة وبالتالي فإن مسار الخطأ الأرضي معدوم في هذه الحالة .

3.2.3 أعطال أخرى (Other Generators Faults):

بعض الأعطال التي يتعرض لها المولد بشكل عام يمكن أن تتلخص فيما يلي :

- إرتفاع زائد في تيار العضو الثابت نتيجة زيادة التحميل Over Load .
- هبوط في قيمة التردد Under frequency وهذا يؤدي إلى تلف شفرات التوربينة نتيجة الإهتزازات
- عمل المولد كمحرك نتيجة توقف حركة التوربينة لأي سبب من الأسباب وهذا قد يؤدي إلى تلف شفرات الضغط المنخفض للتوربينة .
- توصيل المولد للشبكة قبل التأكد من تواؤم تتابعية الأوجه هذا قد يؤدي إلى تلف ميكانيكي لملفات المولد والتوربينة معاً .

3.3 محولات الجهد والتيار(CT and VT) :

محولات الجهد والتيار (CT&VT)يمثلان بوابة الدخول لجهاز الوقاية ، فمنهما تدخل إليه كافة الإشارات ،وبالتالي فإن أى خطأ أو تشوية في قراءة هذه الإشارات سيتسبب في خداع جهاز الحماية ،ويجعله يعمل بطريقة غير مناسبة ، وهذا بالتأكيد ليس عيباً في جهاز الحماية ،ولكنه عيباً في ال CT و VT ،ومن هنا وجب العناية بدراسة هذه الأجهزة ، والتأكد من دقة عملها ، وإلافلا قيمة لأى مجهود يبذل فى تطوير أجهزة الوقاية مادامت الإشارة الداخلة إليها غير سليمة ، وحيث إن الجهود والتيارات في الغالب تكون عالية ،ولايمكن أن تدخل مباشرة لجهاز الوقاية ؛فلذلك تقوم محولات الجهد والتيار بخفض قيمة الجهد والتيار قبل دخولهما لجهاز الوقا ية ، وبصفة عامة فإن وظيفة محولات الجهد ومحولات التيار تتشابة ،فكلاهما يؤدى الوظائف التالية :

- تخفيض قيمة الجهد أو التيار إلى قيم مناسبة يمكن قياسها باجهزة القياس أو الوقاية .

- عزل الدوائر الموجودة فى الجانب الثانوى (أجهزة وقاية/ قياس) عن الجانب الأبتدائى ذى التيار والجهود العالية .
- إستخدام قيم قياسية للجهد/للتيار ، للأجهزة الموجودة فى الجانب الثانوى

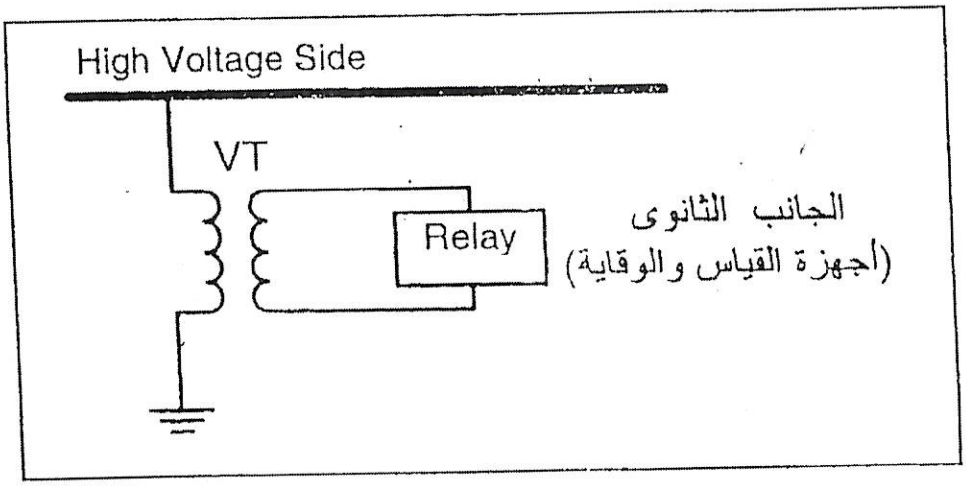
1.3.3 محولات الجهد :

تقوم محولات الجهد بتخفيض الجهد إلى 100فولت أو 110 فولت ،لتغذية أجهزة القياس و أجهزة الوقاية وأنظمة التحكم .

محولات الجهد المستخدمة في القياس والوقاية تختلف أساساً عن محولات القوى الرئيسية المستخدمة في الشبكات لرفع وخفض الجهد فى قدرة كل منهما ، فمحولات القياس ربما لاتتعدى القدرة التى تمر خلالها عدة عشرات من V.A بينما تصل القدرة المارة خلال محولات القوى إلى ما يزيد على 300MVA ،كما أن محولات الجهد المستخدمة في القياس أو الوقاية لا تحتاج على سبيل المثال إلى تبريد ،بينمامحولات القوى تحتاج إلى تبريد بشكل أساسى لأن القدرة المارة خلالها عالية ؛ولذا فمن بين الأختلافات عن محولات القوى الأختلاف في الحجم .

2.3.3 توصيل محولات الجهد:

توصل محولات الجهد (VT) لقياس الجهد على الأوجه الثلاثة بصورة منفصلة حيث يتم توصيل كل VT بين Phase و Neutral ،وبالتالي تتاح لجهاز الوقاية أن يرى قيمة جهود الأوجة الثلاثة منفصلة عن بعضها V_C، V_B، V_A، والشكل (1.3) يظهر تركيب الVTمع أحد الPhaseالثلاثة لخط من خطوط النقل .



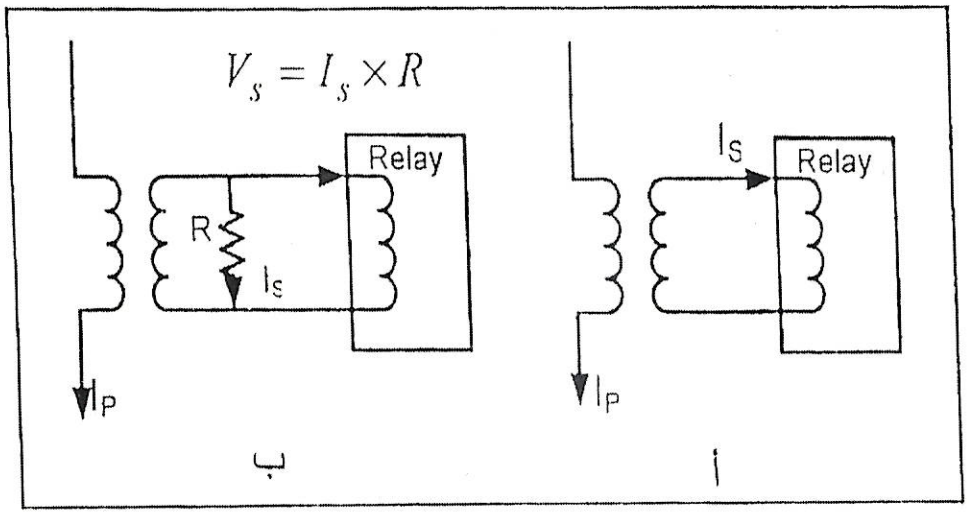
شكل (1.3) يوضح تركيب ال VT مع أحد االخطوط

3.3.3 محولات التيار:

وظيفة محول التيار أن يغذى جهازالقياس أوالحماية بتيار صغير تتناسب قيمتة مع التيار الأصلى المار فى الدائرة ، ويفضل دائماً أن تكون قيمة تيار الجانب الثانوى في حدود أقل من 5 أمبير في الأحوال الطبيعية ، ويتم ذلك بإختيار نسبة تحويل معينة تعرف ب Turn Ratio .

4.3.3 توصيل محولات التيار مع أجهزة الحماية :

في بعض الأحيان ، يتم توصيل الملف الثانوي مباشرة إلى الهرحل بمعنى إستخدام تيار الثانويمباشرة ليمر في ملف جهاز الحماية ،كما في الشكل (2.3) وفي أحيان أخرى يتم توصيل مقاومة صغيرة جداً بين طرفى الملف الثانوى ،وينشأ عليها جهد يتناسب مع قيمة التيارالمار في الملف الثانوى لل CTكما في الشكل (2.3) ، وهذا الأسلوب يستخدم غالباً مع أجهزة الوقاية الرقمية التى تحتاج إلى تحويل التيار إلى جهد ؛تمهيداً لتحويله إلىDigital Numbersبواسطة Analog to digital converter.



شكل (2.3) يوضح توصيل محولات التيار مع أجهزة الحماية

4.3 تأريض المولدات الكهربائية(Generators Earth) :

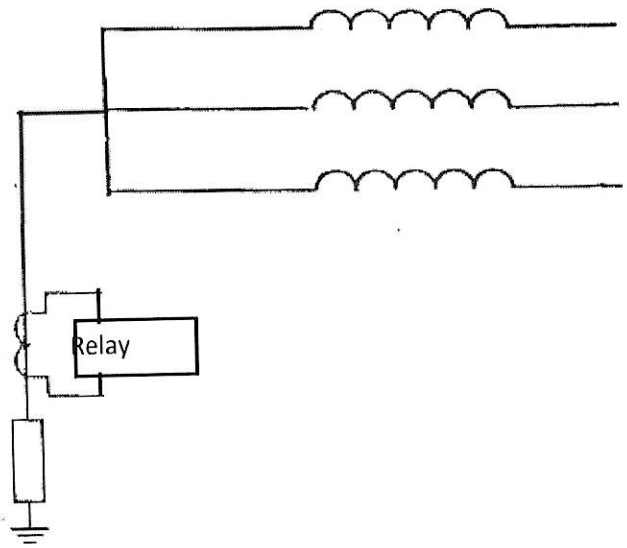
المولدات الكهربائية يتم تأريضها بطرق عديدة وذلك من أجل تحقيق أهداف وهي :

- تقليل تيار العطل .
- تقليل تأثير over voltagesurges التي يمكن أن تضرب منظومة القوى لأسباب خارجية (البرق) ،أوداخلية (switching) .
- يستفاد من دائرة التأريض المتصلة بالمولد في وضع أجهزة وقاية للمولد.

5.3 أنواع التأريض :

1.5.3 التأريض خلال مقاومة :

يتم بواسطة وضع مقاومة عند نقطة التعادل كما في الشكل (3.3):وهذه المقاومة يمكن التحكم في قيمتها بحيث تجعل تيار العطل لا يتجاوز في قيمته التيار الطبيعي للمولد ، وكلما زادت قيمة مقاومة التأريض كلما إنخفض تيار العطل .



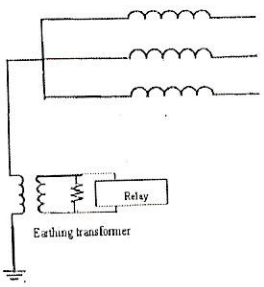
شكل (3.3)تأريض المولد خلال مقاومة

2.5.3 التأريض بإستخدام محول:

إن إستخدام محول تأريض في تأريض المولد له ميزة هامة ،حيث نضع في الجانب الثانوي للمحول مقاومة صغيرة كما بالشكل (4.3)، لكن القيمة المكافئة لهذه المقاومة الصغيرة تكون كبيرة عندما يراها الجانب الإبتدائي كما بالمعادلة (1.3) .

$$R_1 = R_2 \times (\frac{N_1}{N_2}) \qquad (1.3)$$

وبالتالي فهي تكأفئ تماماً وضع مقاومة كبيرة مباشرةً في الجانب الإبتدائي .



شكل (4.3) يوضحإستخدام محول تاريض

إستخدام مقاومة تأريض عالية القيمة يكون مفيداً ،غير أن ذلك يتبعه بعض المشكلات وهي :

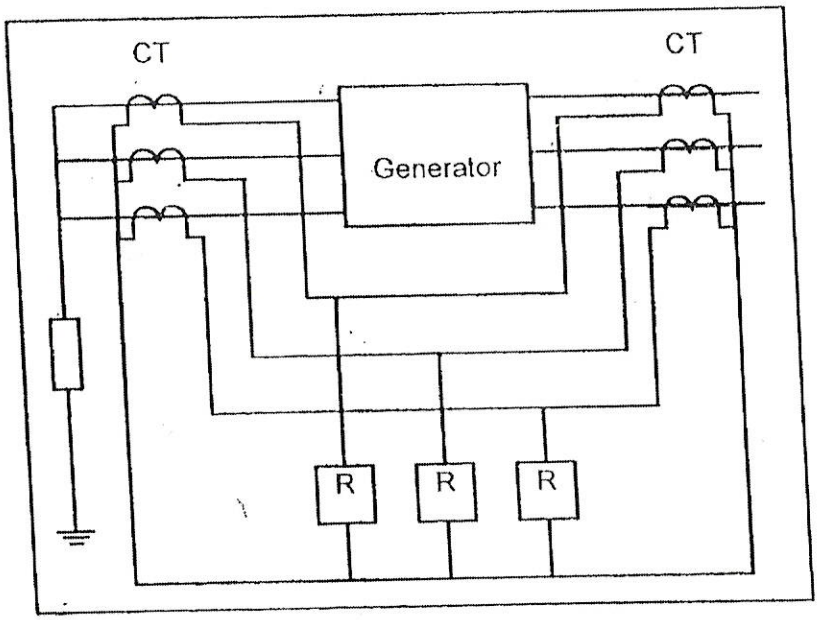
- صعوبة إكتشاف الأعطال في حالة التيارات المنخفضة .
- إرتفاع قيمة الجهد عند حدوث العطل بصورة كبيرة تستلزم أن يكون العزل كبيراً .
- تقليل حساسية ال Differential Relay ،كلما زادت مقاومة التأريض كان الفرق بين التيارالداخل والخارج من ملفات المولد صغيراً ،لأن التيار يتوزع بالنسبة العكسية للمقاومات ،وحيث أن مقاومة العطل مضافاً إليها مقاومة التأريض تكون كبيرة فإن جزءاً صغيراً فقط من التياريتسرب للأرض وبالتالي يحدث فرق صغير بين التيار الداخل (I_{in}) و التيار الخارج(I_{out}) وهذا الفرق الصغير يتسبب في تقليل حساسية ال Differential Relay لهذه النوعية من الأعطال ، خاصة الأعطال من النوع Single Line to ground ،وبالتالي فهي غالباً تفشل في إكتشاف مثل هذا النوع من الأعطال في حالة التأريض بمقاومة عالية .
- كلما زادت قيمة مقاومة التأريض صعب التفريق بين الأعطال الأرضيه التي يرجع تيارها خلال دائرة الأرضي،وبين تيار Unbalance Currentالذي ينشأ عن عدم إتزان الأحمال في الأوجه الثلاثة ، حيث يتسبب عدم الأتزان هذا في ظهور Harmonic Current.

6.3 الحماية الأساسية للعضو الثابت (Stator Main Protection):

الحماية الأساسية لملفات العضو الثابت ضد الأعطال الداخلية تتم عادة عن طريق إستخدام الوقاية التفاضلية.

7.3 المبادي الأساسية للحماية التفاضلية Differential Protection:

تتميز الحماية التفاضلية بالقدرة على التمييز بين الأعطال داخل منطقة الحماية وخارجها. الفكرة الأساسية لهذه الوقاية تتضح من الشكل (5.3) ، التيار الداخل إلى جهاز الوقاية هو الفرق بين التيار الداخل للمولد والتيار الخارج منه $I_1 - I_2$ ويسمى هذا التيار بـDifferential current ففي الظروف الطبيعية (بدون أعطال)لا بد أن يكون $I_1 = I_2$ وهذا يعني أن التيار الداخل لجهاز الوقاية يساوي صفر وفي حالة وجود عطل فإن$I_2 \neq I_1$ ويحدث فرقاً يسبب تشغيل جهاز الوقاية .



شكل (5.3) يوضح مبأدئ الوقاية الأساسية

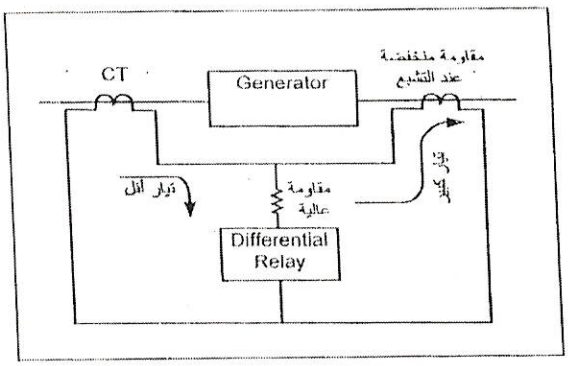
وهذه الوقاية تعاني من مشكلة أن التيار الداخل للمولد يختلف عن التيار الخارج منه حتى في الظروف الطبيعية وذلك للأسباب الأتية :

- عدم تماثل محولي التيار ، سيظل بينهما فرق يجعل التيار في الجانب الثانوي لكل منهما مختلفاًعن الأخر ، حتى لو كان التيار الأبتدائي متساوياً تماماً ، وهذا يعزى أحياناً لعيوب التصنيع .

- وجود مكثفات شاردة في المولد المراد حمايته ، قد تكون بسبب الكابلات أو العوازل في المولد المراد حمايته،وهذه المكثفات يتسرب من خلالها جزء من التيار الداخل إلى الأرض.
- عند حدوث عطل خارجي يحدث تشبع لأحد محولي التيار ، مما يترتب عليه إنخفاض قيمة التيار الذي يقرؤه محول التيار، ويؤدي هذا إلى إختلاف التيار الداخل والخارج ،الذي قد يترتب عليه حدوث فصل خاطي .

ولعلاج هذه المشاكل يتم تعديل الشكل(5.3) بإضافة مقاومة على التوالي مع ملف التشغيل ليصبح بالشكل(6.3) وهذا التعديل أدخل على Differential Relay حتى لايتأثر بحدوث أي تشبع في محولات التيار الموجوده على طرفي المولد ، نتيجة عطل خارجي فإن التيار للمحول يختلف عن التيار الخارج ومن ثم فإن Differential Relay يرى هذا الوضع على إنه عطل داخلي فيصدر إشارة فصل خاطئة وللتغلب على هذه المشكلة فقد وضعت مقاومة عالية على التوالي مع ال Differential Relay كما بالشكل (6.3)وبسبب هذه المقاومة العالية فإن جزءاً كبيراً التيار سيفضل المرور في مسار Saturated current transformer ذي المقاومة

المنخفضة عن المرور في مسار المرحل ذي المقاومة العالية ، ومن ثم فلا يتأثر المرحل بهذه المشاكل .



شكل (6.3) يوضح الوقاية التفاضلية المعدلة بإستخدام مقاومة عالية

في حالة حدوث عطل فسيحدث أحد أمرين :

- إما ألا يحدث تشبع لأي من محولات التيار وفي هذه الحالة لن يشعر المرحل بالعطل .
- و إما أن يحدث تشبع لأحد محولات تيار أي يصبح كأنه دائرة قصر وفي هذه الحالة وبعد إضافة المقاومة العالية فإن تيار العطل القادم من محولات التيار الذي لم يحدث له تشبع سيجد أمامه طريقين :

أ- المرحل ومعه المقاومة العالية .

ب- محولات التيار الذي دخل في التشبع ويمر جزء كبير منالتيار في ال Saturated current transformer وبالتاليلن يتأثر بهذا العطل الخارجي .

8.3 حماية المولدات ضد زيادة الحمل :

إن زيادة تيار الحمل إلي قيمة أعلى من قيمة تيار المولد لفترة زمنية طويلة يؤدي إلى إرتفاع درجة حرارة ملفات العضو الثابت إلى قيمة أعلى من درجة الحرارة القصوى التي يتحملها عزل الملفات ولابد في هذه الحالة من حماية المولد ضد زيادة الحمل بواسطة مرحل حراري Thermal Relay مجهز بتأخير زمني مناسب . وفي المولدات الكبيرة يتم وضع مزدوجات حرارية Thermo-Couples في فتحات العضو الثابت . وبهذا يمكن قياس درجة حرارة الملفاتبواسطةأجهزة مسجلة Recording Devices وفي حالة الإرتفاع الزائد في درجة الحرارة فإن هذا يؤدي إلى عمل أجهزة الإنزار .

في حالة فصل حمل كبير بصورة فجائية فإن كمية البخار الداخل إلى التوربينة تظل كما هي دون تغيير لفترة ، خلالها تزداد السرعة ، وما لم يتدخل الـ Governor لضبط مدخلات التوربينة إلى قيم أصغر تتناسب مع الوضع الجديد فإن المولد يدخل في دوامة السرعة العالية المدمرة ، يمكن للـ Governorأن يحس بذلك التغيرمن خلال قيمة الفولت الذي يقرؤه مولد صغير يركب على عمود المولد والتوربينة ، عند زيادة

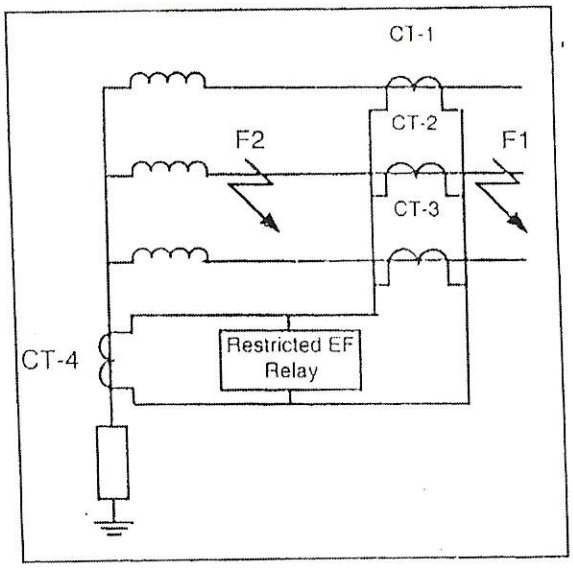
السرعة سيزداد هذا الجهد كمايمكن إكتشاف هذه المشكلة بواسطة جهاز وقاية ضد زيادة التردد Over Frequency relay لأن التردد يتناسب طردياً مع الجهد.

9.3 حماية المولدات الكهربائية ضد زيادة التيار(Over Current Relays):

من أكثر أنواع الحماية إنتشاراً لأن معظم الأعطال ينتج عنها زيادة في التيار.في المولدات الصغيرة يكون هو الحماية الأساسية ،أما في المولدات الكبيرة يكون واحداً من عدة أجهزة وقاية تركب على المولد، ومن أنواعه التي تستخدم مع المولدات Voltage dependent over current ومن مميزاته إكتشافالأعطالالتي تصعب على الOver current relay العادي إكتشافها خاصة الأعطال التي يكون فيها تيار العطل أقل من تيار المولد .

10.3 الحماية الأرضية لمنطقة محددةRestricted Earth Fault Protection:

في حالة تأريض المولد خلال مقاومة عاليه يصبح إستخدام ال Over current relays و Earth fault relays غير مناسب لأن تيار العطل منخفض لذلك يستخدم ال Restricted earth fault protection ومن مميزاته أنه لا يعمل إلا إذا وقع العطل داخل المنطقة المحمية فقط التي تحدد حدودها بمواقع الCTsوعندحدوث العطل خارج المنطقة الحمية نقطة F1شكل (7.3) فإن التيار الذي يرجع من خلال CT4 يساوي تيار العطل في CT3، حيث تهمل قيم تياري CT1وCT2 مقارنة بتيار العطل وحيث أن إتجاه التيار في CT4 يعاكس إتجاه التيار في CT3 فسيكون التيار الداخل لجهاز الوقاية يساوي صفراً في حالة الأعطال الخارجية، وعند حدوث العطل داخل المنطقة المحمية (عند F2) يكون هناك فرق كبير بين مجموعة التيارات التي ترجع من خلال CT3+CT2+CT1 ، وبين التيار المارفي CT4 ، مما يؤدي لعمل المرحل، ولمنع حدوث تشغيل خأطي أستخدمت مقاومة توازن على التوالي مع Earth fault relay بحيث يصبح الجهد بين طرفي المرحل أصغر.

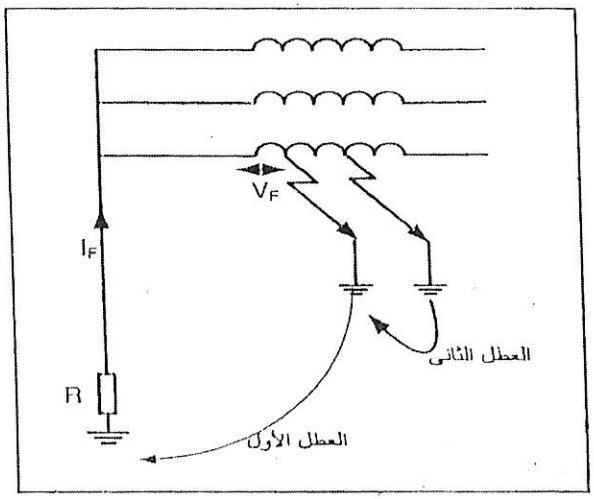


شكل(7.3) يوضح الحماية بإستخدام Restricted Earth Fault Relay فى المولدات

11.3 الأعطال القريبة من Neutral:

في حالة حماية المولدات من الأعطال الأرضية تظهر مشكلة أن اللفات القريبة من نقطة التعادل لا تكون محمية ، والجهد المتولد على أطراف المولد هو مجموع الجهود المتولدة في اللفات فأقصى جهد يكون عند الأطرافوأقل جهد (صفر)يكون عند نقطة التعادلوبينما يتزايد الجهد ، وعند حدوث عطل قريب من نقطة التعادل فإن الجهد المتولد فيها يكون صغيراً ، وبالتالي تيار العطل الناشئ يكون صغيراً ولا يعمل جهاز الوقاية ويظل هذا العطل غير مكتشف عند حدوث عطل آخر قبل إكتشاف العطل الأول ، عندها يجد تيار العطل الثاني إن الأفضل له أن يكمل الدائرة من خلال المسار المار بدائرة التأريض التي تحتوي على مقاومة لخفض تيار العطل .

عندما لايتم إكتشاف العطل الأول يكون تيار العطل عالياً جداً يؤدي لتدمير المولد ، أحد الأسباب التي أدت إلى عدم إكتشاف العطل الأول بواسطة الحماية ضد الأعطال الأرضية ، أن الحماية يجب أن تضبط بحيث إذا تعدى تيار العطل قيمة محددة بالأخذ في الإعتبار التيارات المتسربة خلال المكثفات الشاردة وقيمة التيار الناشئ عن عدم تماثل الأوجه.

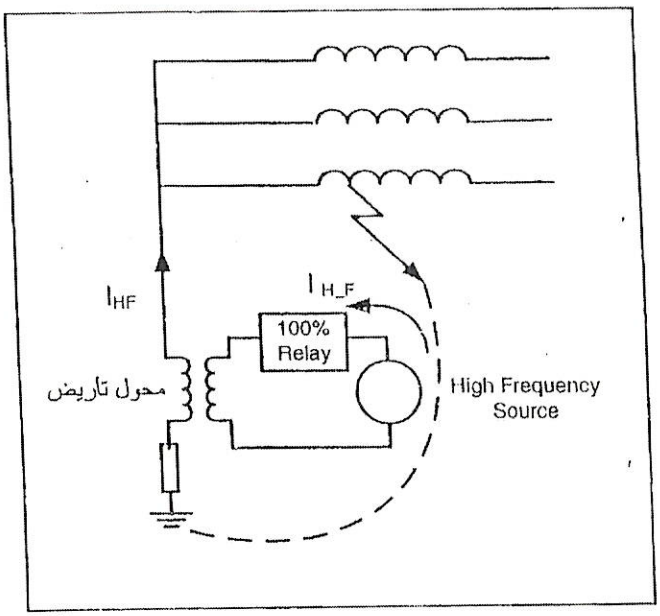


شكل (8.3) يوضح مسارات تيارات العطلين الأول والثاني

12.3 الحماية الكاملة للعضو الثابت في المولدات :

للتغلب على مشكلة الحماية غير الكاملة ضد الأعطال الأرضية ، يستخدم ما يسمى بالحماية الكاملة للمولدات 100% Generator protection. والفكرة المبسطة لها تظهر بوضوح من الشكل (9.3)، فالمولد هنا يتم تأريضة من خلال محول تأريض Ear thing Transformer، وفى الجانب الآخر لهذا المحول يركب مصدر توليد تردده مختلف عن 50HZ يمكن استخدام الترددالعالى أو المنخفض)، المهم هو استخدام تردد مختلف عن ال 50HZ حتى يمكن التفرقة بينالتيار المسحوب من المصدر الجديد والذى بناءً على قيمتة سيتم تحديد مكان العطل وبين اي تيار آخر راجع من خلال الأرض نتيجة Leakage Current أو UnbalanceLoads. ولنفرض أننا نستخدم مصدراً عالى التردد ،فعند حدوث عطل قريب من نقطة التعادل

،فإن المقاومةالمكافئة التى يراها مصدر التياراتعالية التردد الذى أضفناه للدائرة تكون صغيرة ،وبالتالى فالتيار المسحوب منه يكون عالياً ، فيظهر جهد محسوس داخل وحدة ال حماية (100% Relay) وتسبب عمل جهاز الحماية



شكل (9.3) الوقاية الكاملة لملفات المولد

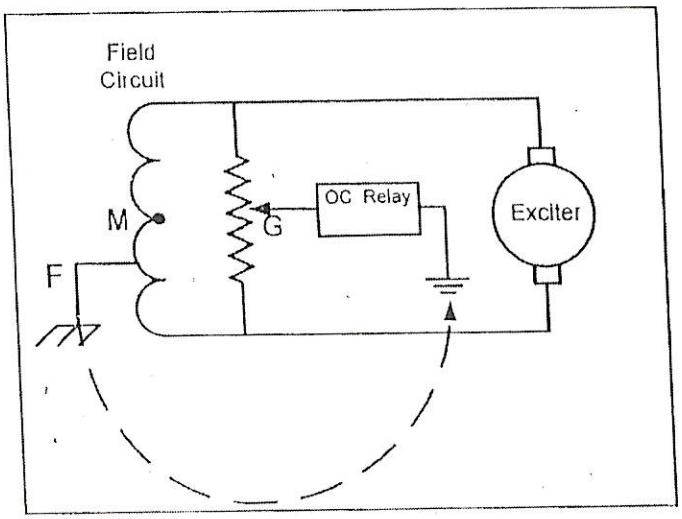
لاحظ أنه فى حالة الأعطال البعيدة عن نقطة التعادل فإن المقاومة المكافئة ستكون عالية ، وبالتالى فالتيار المسحوب من مصدر التيارات عالية التردد سيكون صغيراً ،فلا يحس بة الجهاز . لكن عدم إشتغالة لا يمثل مشكلة ؛ لأن مثل هذا النوع من الأعطال البعيدة عن نقطة التعادل يمكن إكتشافه بسهولة بواسطة أنواع اخرى عديدة منالوقايات المركبة على المولد مثل DifferentialProtectionأو Earth Fault العادى.

13.3 حماية العضو الدوار:

أهم ما يميز العضو الدوار أنه يتغذى من خلال DC system ، وعند حدوث تلامس بين ملفه والأرض فإن التيار لا يجد طريقاً ليكمل دائرته ،ومن ثم لا يتأثر بالعطل الأرضى،لكن إذا حدث عطل أرضى

ثاني فستكون مشكلة بسبب مرور تيار العطل بين نقطتى التلامس مع الأرض وهذا ينتج تيار عطل عالياً جداً.ولتجنب هذه المشكلة فإن هنالك طريقتين تستخدمان فى حالة حماية الدوار:

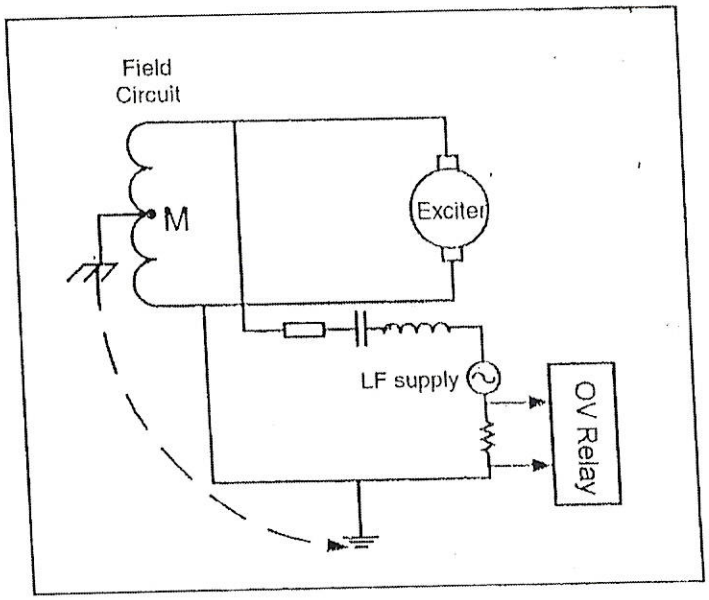
- باستخدام مقاومة عالية توضع على التوازي مع ملف الدوار ، ويوصل أحد طرفى جهاز الحماية فى منتصفها تماماً عند النقطة G كما فى الشكل (10.3) ففى حالة العطل عند النقطة F مثلاً فإن جهاز الحماية سيكون ضمن دائرة مغلقة تضمة مع نصف المقاومة وكذلك جزء من ملف الدوار مقداره يعتمد على مكان نقطة العطل F على الدوار. ويعيب هذه الطريقة أنة إذا حدث العطل في منتصف ملف الدوار تماماً عند النقطة M فإن فرق الجهد بين نقطة M ونقطة G يساوى صفراً وبالتالى لا يمر تيار بالمرحل ، أما إذا حدث العطل عند أى نقطة أخرى عدا النقطة M فسيكون هنالك فرق جهد بين النقطتين يسبب مرور تيار لتشغيل المرحل.



شكل (10.3) يوضح الطريقة الأولى لحماية العضو الدوار

- عند حدوث عطل أرضى على ملف ال دوار سيتسبب فى عمل دائرة مغلقة تضم source AC+ مكثف لتحجيم التيار فى حالة AC+جزء من ملف الدوار (حسب مكان العطل)+مقاومة يظهر عليها جهد يتناسب مع تيار العطل كما بالشكل(11.3) .

وقد يستبدل مصدر ال AC injection بآخر من النوع DC وفى هذه الحالة يوضع مقاومة بدلاً من المكثف وفى كلتا الحالتين سيظهر جهد كاف على المقاومة التى يوضع على طرفيها Over voltage Relay وسيظهر هذا الجهد بين طرفى ال Relayفى حالة العطل الأرضى أياً كان مكان العطل حتى لوكان فى منتصف الملف ،وهو مايميزه عن الطريقة الأولى.



شكل (11.3) يوضح الطريقة الثانية لحمايةالعضو الدوار

14.3 الحماية ضد فقد الاثارة :

إن فقد ا الاثارة (Excitation) يمكن أن يترتب علية مشاكل كبيرة للمولد إذا لم يكتشف هذا العيب بالسرعة الكافية ، وفقدان الحث يكون لسببين هما :

- أن يكون المولد معزولاً عن أي مولد آخر، وغير مرتبط بأى شبكة ، ففي هذه الحالة سيتسبب فقدان ال Field في إنخفاض الجهد على أطراف المولد ، وهذا يمكن إكتشافه ، وفصل المولد عند تعدى حدود الخطر.

- إذاكان المولد مرتبطاً بشبكة فسيحدث عدة تطورات هامة متتابعة:

سيبدأ المولد فى سحب ما يحتاجة من القدره الغير فعاله(Reactive power) من خلال الشبكة ،ويدور على سرعة أعلى من المعتادة ، وعندها يصبح المولد كأنه مولد حثي (Induction generator) ،ولأن تيار المغناطيسية (magnetizing current) يتم سحبه من الوحدات الأخرى ، وبالتالى يمكن أن يسبب مشاكل لبقية الوحدات إذاكان عالياً،ويمكن فى النهاية أن يحدث له out of synchronism ، ولأن المولد الآن يعمل كأنة Induction generator لذلك يمر بالعضو الدوار ما يسمى slip current النأشئ عن slip frequency emf التى تتولد فى Rotor،وهذا التيار يسبب سخونة خاصة فى حالة ال Wound Rotor الذى يتأثر بشدة بهذه التيارات التى تمر فى جسم العضو الدوار، والطريقة الأكثر شيوعاً فى إكتشاف هذا النوع من الأعطال هى إستخدام distance relay وتعتمد فى فكرتها على أساس أن إنخفاض ال field سيسبب بلاشك إنخفاضاً فى جهد ال stator ،وارتفاعاً فى تيار ال stator ،وهذا يعنى أننا لو إستخدمنا Impedance Relay فإنة بسهولة يمكن إكتشاف هذا النوع من الأعطال بتتبع خارج قسمة V_S/I_S وهما كميتان معلومتان .