

# حماية النظم الكهربائية

## حماية المولدات الكهربائية

**الجدارة :** معرفة الطرق المختلفة التي تستعمل في حماية المولدات الكهربائية

#### **الأهداف :**

عند إتمام دراسة هذه الوحدة يتمكن المتدرب بإذن الله سبحانه من :

١. معرفة كيفية حماية المولدات الكهربائية باستخدام الحماية التفاضلية.
٢. معرفة كيفية حماية المولدات الكهربائية ضد القصر بين اللفات.
٣. معرفة كيفية حماية المولدات الكهربائية ضد زيادة الحمل.

**مستوى الأداء المطلوب :** أن لا تقل نسبة إتقان هذه الجدارة عن ٨٠٪.

**الوقت المتوقع للتدريب :** ٥ ساعات

#### **الوسائل المساعدة :**

١. استخدام الوسائل التعليمية المختلفة.
٢. استخدام المختبر.

#### **متطلبات الجدارة :**

١. أن يكون المتدرب على معرفة بتركيب وأسس عمل المولدات.
٢. أن يكون على معرفة تامة بالحماية التفاضلية.
٣. أن يكون على معرفة تامة بمرحلات زيادة التيار.

## الوحدة الخامسة

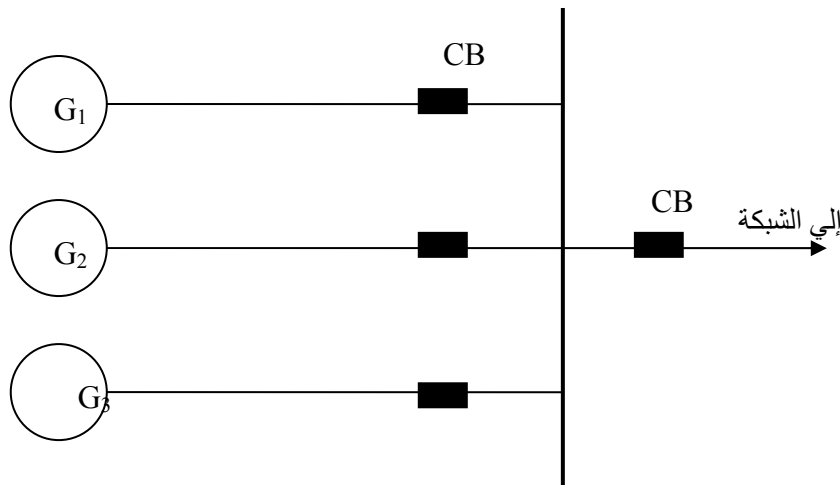
### حماية المولدات الكهربائية

#### ١.٥ مقدمة

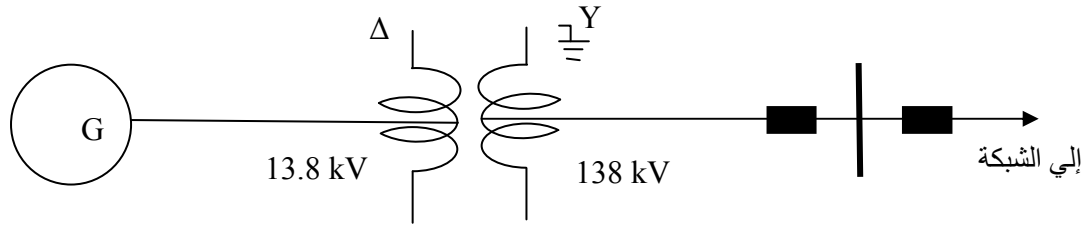
مقنن المولدات الكهربائية يعتمد اعتماداً كلياً على نوع المحرك الميكانيكي (prime Mover) والمقننات النموذجية للمولدات هي كما يلي :

- مولد يعمل بواسطة محرك ديزل 10kVA – 1.7 MVA
- مولد يعمل بواسطة تربينة الغاز 10MVA – 150 MVA
- مولد يعمل بواسطة تربينة بخارية 100 MVA – 600 MVA
- مولد يعمل بواسطة تربينة هيدروليكية 50 MVA – 300 MVA

المولدات الصغيرة يتم ربطها إلى الشبكة الكهربائية مباشرة من خلال قاطع آلي كما هو موضح في الشكل (١ - ٥). أما بالنسبة للمولدات الكبيرة أو محطات التوليد الأساسية فإنه يتم ربطها إلى الشبكة من خلال محول لرفع الجهد والقاطع الآلي المسؤول عن حماية المولد يتم وضعه عادة بعد محول الرفع كما في الشكل (٢ - ٥).



الشكل (١ - ٥) ربط المولدات الصغيرة بالشبكة الكهربائية



الشكل (٥ - ٢) ربط المولدات الكبيرة بالشبكة الكهربائية

## ٢.٥ أعطال المولدات Generators Faults

### ١.٢.٥ الأعطال الميكانيكية Mechanical Faults

من الممكن تلخيص الأعطال الميكانيكية في المولدات كما يلي :

- أعطال ناتجة عن زيت التبريد.
  - أعطال ناتجة عن الاهتزاز.
  - فشل نظام تبريد الهيدروجين.
  - فشل المحرك الميكانيكي نفسه أو بمعنى آخر التوربين.
  - ارتفاع زائد في درجة حرارة الملفات نتيجة فشل جزئي للعزل.
- وجميع هذه الأعطال يتم مراقبتها عادة بواسطة أجهزة قياس متصلة إلى أجهزة إنذار.

### ٢.٢.٥ الأعطال الكهربائية Electrical Faults

#### أولاً : أعطال العضو الثابت Stator Faults

معظم الأعطال الداخلية التي يتعرض لها المولد تكون ناتجة عن فشل العزل في ملفات العضو الثابت. وانهيار العزل يسبب 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 الرئيسة لانهيار عزل ملفات العضو الثابت هي :

- ارتفاع زائد في جهد التوليد.
- عدم توازن في التيارات المولدة في الأوجه الثلاثة وهذا بدوره يؤدي إلى ارتفاع زائد في درجة حرارة ملفات العضو الثابت وبالتالي انهيار مادة العزل.

- مشاكل فنية في نظام تهوية وتبريد المولد الكهربائي.

## ثانيا : أعطال العضو الدوار Rotor Faults

بعض الأعطال التي يتعرض لها العضو الدوار هي :

- عطل الدائرة المفتوحة Open circuit
- ارتفاع زائد في درجة حرارة ملفات العضو الدوار نتيجة عدم توازن التيارات المتولدة في أوجه العضو الثابت.
- قصر بين ملفات العضو الدوار والأرض. وهذا النوع من الأعطال لا يستدعي الفصل الفوري للمولد عن الشبكة وذلك للأسباب التالية :
- ١. العضو الدوار يعمل عادة عند جهد  $500\text{ V}$  بينما يعمل العضو الثابت عند جهد يتراوح بين  $13.8 - 23\text{ kV}$ .
- ٢. ملفات العضو الدوار غير مؤرضة وبالتالي فإن مسار الخطأ الأرضي معدوم في هذه الحالة.

## ٣.٢.٥ أعطال أخرى Other generators faults

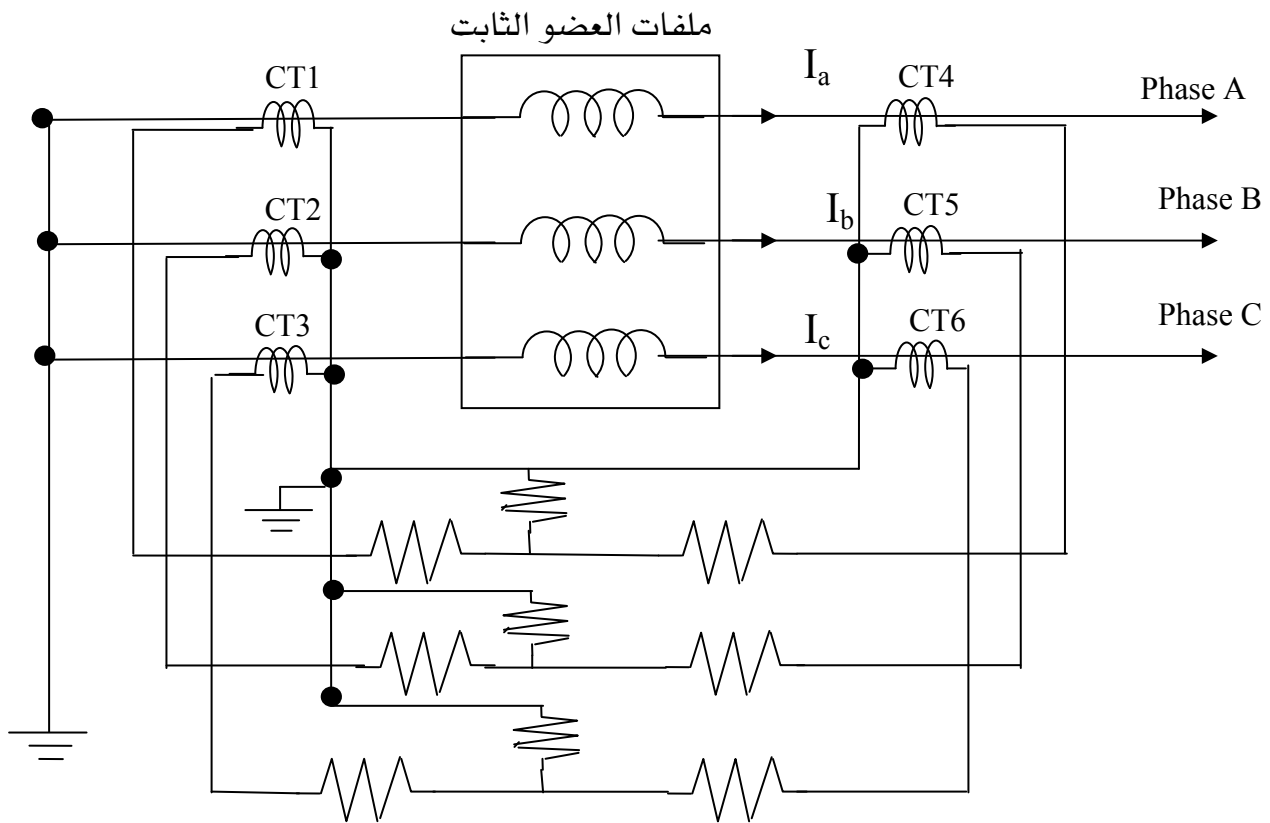
بعض الأعطال التي يتعرض لها المولد بشكل عام يمكن أن تلخص فيما يلي :

- ارتفاع زائد في تيار العضو الثابت نتيجة زيادة التحميل Over load
- هبوط في قيمة التردد under frequency وهذا قد يؤدي إلى تلف شفرات التربينه نتيجة الاهتزازات.
- عمل المولد كمحرك نتيجة توقف حركة التربينه لأي سبب من الأسباب. هذا قد يؤدي إلى تلف شفرات الضغط المنخفض للتربينه.
- توصيل المولد إلى الشبكة قبل التأكد من توافر متابعية الأوجه هذا يؤدي إلى تلف ميكانيكي لملفات المولد والتربينه معاً.

### ٣.٥ الحماية الأساسية للعضو الثابت Stator Main Protection

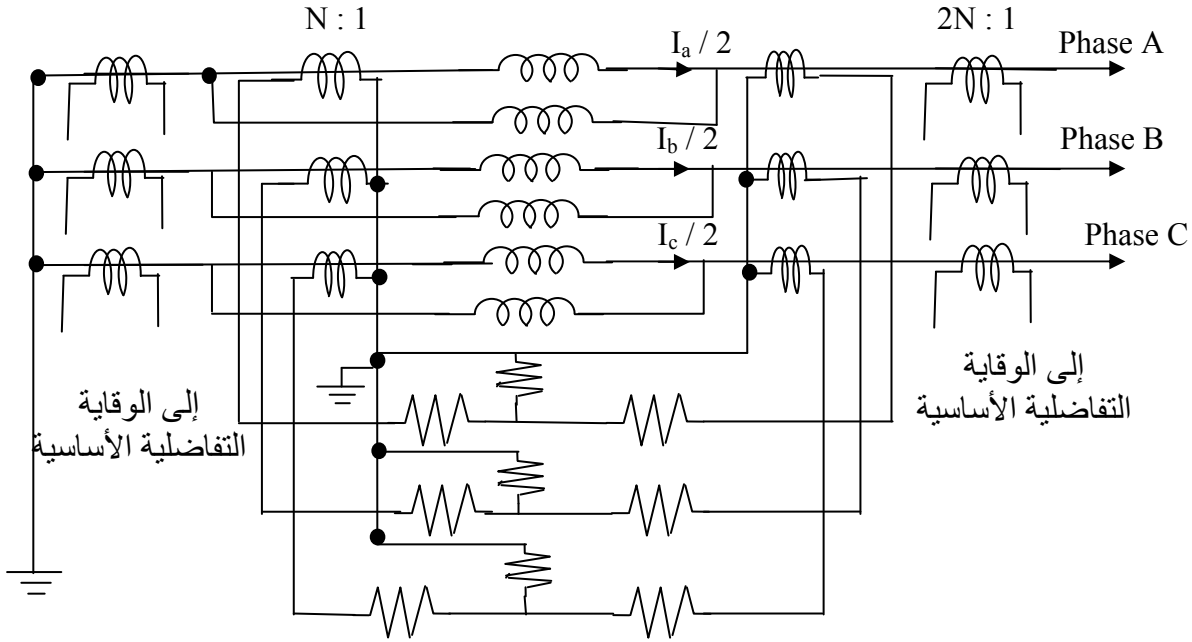
#### ١.٣.٥ الحماية التفاضلية Differential Protection

الوقاية الأساسية للمفات العضو الثابت ضد الأخطاء الداخلية تتم عادة عن طريق استخدام الوقاية التفاضلية الانحيازية كما هو موضح في الشكل (٣ - ٥).



الشكل (٣ - ٥) حماية ملفات العضو الثابت بواسطة الوقاية التفاضلية.

أما بالنسبة للمولدات الكبيرة ( ذات مقنن التيار العالي جداً ) فإنه يتم تجزئة ملفات العضو الثابت إلى ملفين لكل وجه split winding . وبالتالي فإن الوقاية التفاضلية الموضحة في الشكل (٣ - ٥) لا يمكنها كشف عطل الدائرة المفتوحة. لذلك لابد من استخدام وقاية تفاضلية إضافية في هذه الحالة كما هو موضح في الشكل (٤ - ٥).



الشكل (٥ - ٤) حماية ملفات العضو الثابت المجزئة بواسطة الوقاية التفاضلية الانحيازية

### ٢.٣.٥ حماية ملفات العضو الثابت بواسطة مرحل الخطأ الأرضي

## Stator Protection by Earth Fault Relays

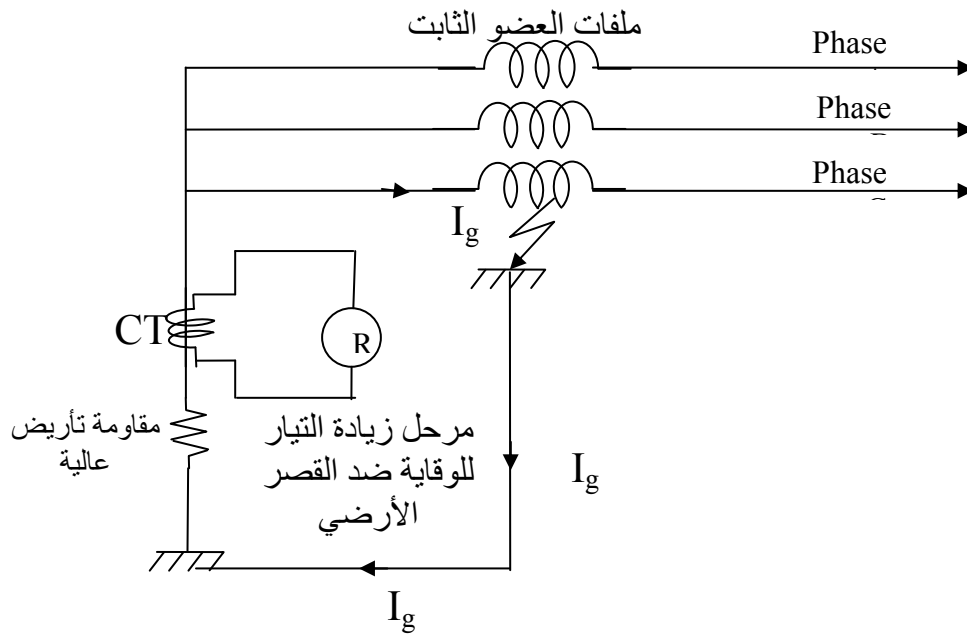
عملية تأريض حيادي ملفات العضو الثابت هي عملية مألوفة في جميع المولدات الكهربائية وذلك لضمان مسار تيار القصر الأرضي وتسهيل عملية كشف هذا النوع من الأعطال.

في المولدات الصغيرة أو المتوسطة الحجم تتم عملية التأريض من خلال مقاومة عالية High resistance . والهدف من وجود هذه المقاومة هو خفض تيار الخطأ الأرضي إلى قيمة مساوية للتيار المقنن للمولد ، يتم توصيل محول التيار CT في دائرة الأرضي لمراقبة وقياس تيار الخطأ. ملفات الثانوي لمحول التيار توصل إلى مرحل زيادة التيار ذي الخصائص العكسية كما هو موضح في الشكل (٥ - ٥).

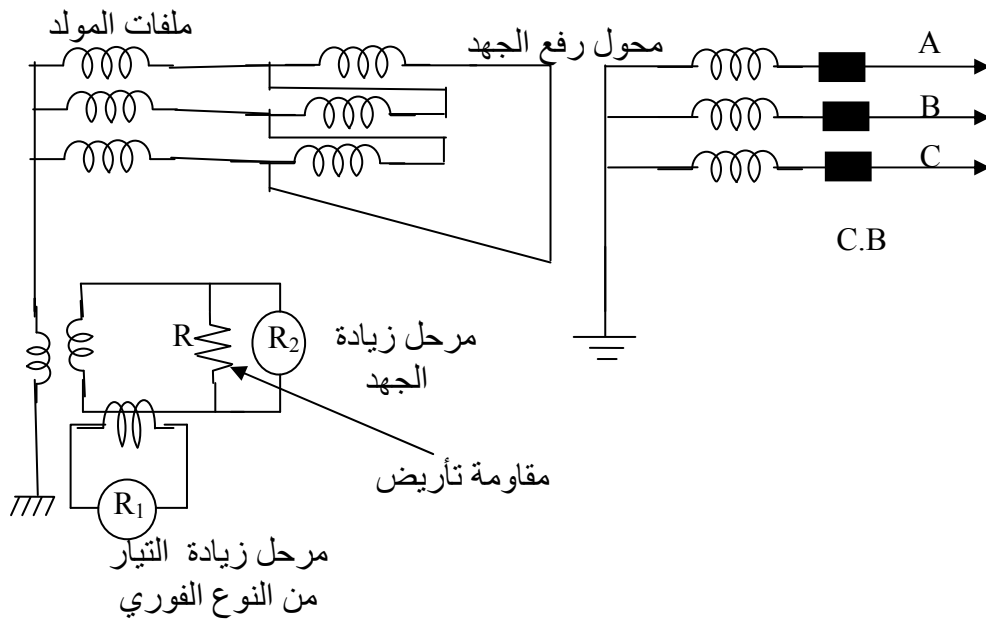
أما بالنسبة للمولدات الكبيرة التي يتم ربطها بالشبكة من خلال محول رفع الجهد فإن تأريضها يتم من خلال محول الجهد potential transformer . مقنن محول الجهد يتراوح بين 5, 10 kVA والجهد الثانوي يتراوح بين 100, 500 V . مقاومة التأريض نفسها يتم توصيلها على أطراف ملفات الثانوي لمحول الجهد وقيمتها تتراوح بين 100, 200 Ω . ويتم اختيار مقاومة التأريض بحيث لا يزيد تيار القصر الأرضي المار في ملفات العضو الثابت عن 10 A .

أما بالنسبة لمرحل الوقاية فإنه يكون في هذه الحالة مرحل زيادة الجهد حيث يتم توصيله على التوازي مع مقاومة التأريض. ويتم ضبط هذا المرحل عادة عند جهد التقاط قيمته حوالي  $10\text{ V}$  . الشكل ( ٦ . ٥ ) يبين هذا النوع من الحماية.

ملاحظة : في بعض الأحيان يتم وضع مرحل زيادة التيار من النوع الفوري Instantaneous في دائرة ثانوي محول الجهد وذلك كحماية احتياطية لمرحل زيادة الجهد.



الشكل ( ٥ . ٥ ) حماية المولدات الصغيرة أو متوسطة الحجم ضد التيار الأرضي



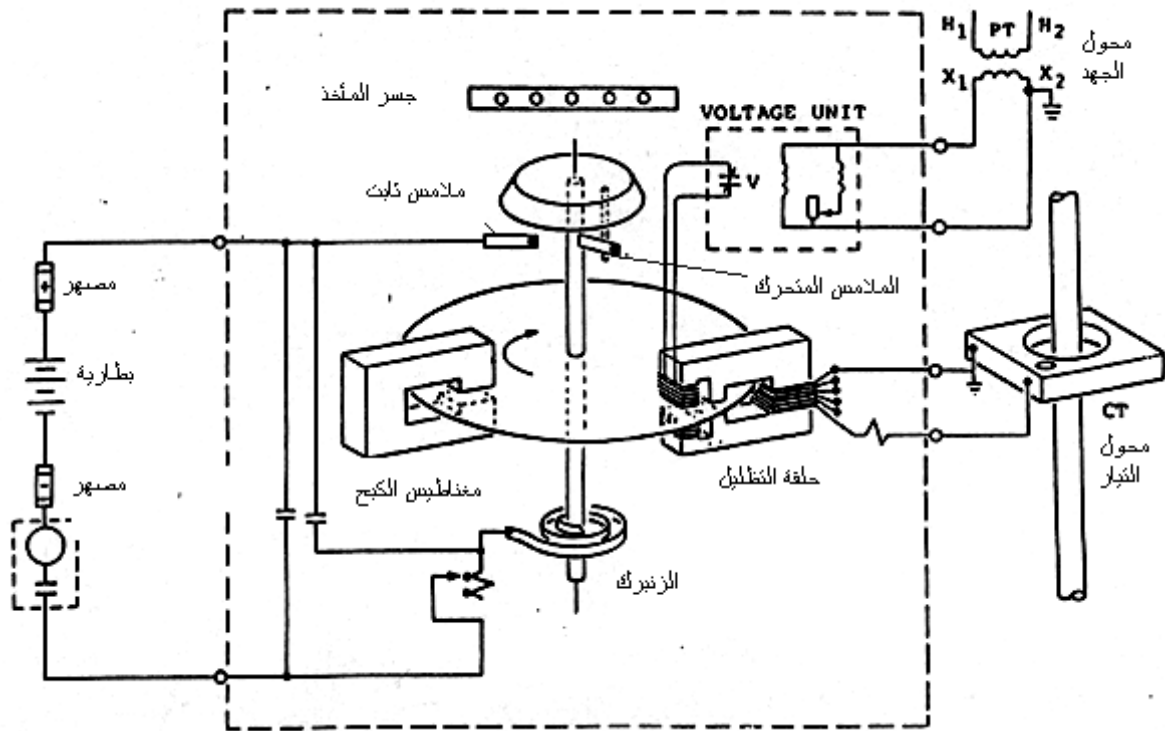
الشكل ( ٦ . ٥ ) حماية المولدات الكبيرة ضد القصر الأرضي



## ٤.٥ حماية المولدات ضد القصر بين اللفات

أكثر المرحلات التي تستخدم للعمل كوقاية احتياطية في حالة حصول خطأ داخلي في المولد هو مرحل زيادة التيار المحكوم بالجهد Voltage controlled O/C Relay . ونظرية عمل هذا المرحل تعتمد على فكرة هبوط الجهد على أطراف المولد نتيجة قصر داخلي بين اللفات. بمعنى آخر إذا حدث قصر داخل المولد فإن القصر الكهربائي يكون عادة مصحوباً بانخفاض مفاجئ في جهد التوليد. لذلك فإن مرحل زيادة التيار المحكوم بالجهد هو عبارة عن مرحلين معاً مرحل زيادة التيار ومرحل نقص الجهد الشكل (٥ - ٧).

وفي هذه الحالة تكون ملامسات مرحل نقص الجهد متصلة على التوالي مع ملف حلقة التظليل لمرحل زيادة التيار. وهذا بدوره سيمنع وحدة زيادة التيار من العمل إذا كان جهد المولد أعلى من الجهد المضبوط عنده مرحل نقص الجهد ( عادة يكون % 80 من جهد التوليد). ولكن بمجرد حصول خطأ داخل المولد وفشل الوقاية التفاضلية في العمل فإن جهد التوليد سينخفض إلى قيمة أقل من % 80 من القيمة الأساسية لجهد التوليد. وهذا سيؤدي إلى قفل ملامسات مرحل نقص الجهد مما يؤدي إلى عمل مرحل زيادة التيار وفصل المولد عن الشبكة.



الشكل (٥ - ٧) مرحل زيادة التيار المحكوم بالجهد

## ٥.٥ حماية المولدات ضد زيادة الحمل

إن زيادة تيار الحمل إلى قيمة أعلى من قيمة تيار المولد ولفترة زمنية طويلة قد يؤدي إلى ارتفاع 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 مجهزة بتأخير زمني مناسب.

أما بالنسبة للمولدات الكبيرة فإنه بدل استخدام المرحل الحراري يتم وضع مزدوجات حرارية Thermo - Couples في فتحات العضو الثابت. وبهذا يمكن قياس درجة حرارة الملفات بواسطة أجهزة مسجلة Recording Devices مما يتيح للفني المختص قراءة درجة حرارة الملفات خلال فترة الخدمة. وفي حالة الارتفاع الزائد في درجة الحرارة فإن هذا يؤدي إلى عمل أجهزة الإنذار وتدخل الفني لفصل بعض الأحمال عن المولد بدلاً من فصل المولد كلياً عن الشبكة.

### أسئلة الوحدة الخامسة : حماية المولدات الكهربائية

١. من المعروف أن مقنن المولدات الكهربائية يعتمد اعتماداً كلياً على نوع المحرك الميكانيكي. اذكر المقننات النموذجية للمولدات الكهربائية.
٢. اذكر الأعطال الميكانيكية التي يمكن أن تحدث على المولدات الكهربائية.
٣. اذكر الأعطال الكهربائية التي يمكن أن تحدث على العضو الثابت للمولد.
٤. اذكر الأعطال الكهربائية التي يمكن أن تحدث على العضو الدوار للمولد.
٥. اشرح مع التوضيح بالرسم كيف يمكن استخدام الحماية التفاضلية لحماية ملفات العضو الثابت للمولدات.
٦. اشرح مع التوضيح بالرسم كيف يمكن حماية المولدات الكهربائية الصغيرة والمتوسطة الحجم ضد التيار الأرضي.
٧. اشرح مع التوضيح بالرسم كيف يمكن حماية المولدات الكبيرة ضد القصر الأرضي.