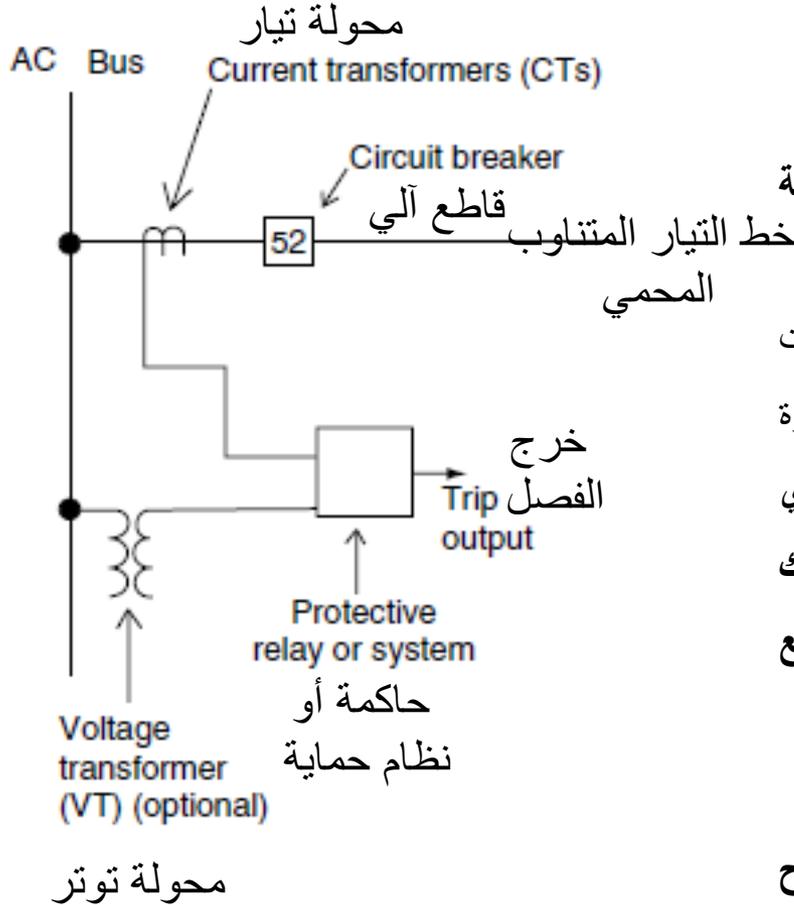


# أنظمة حماية المولدات الكهربائية

مقرر: حماية نظم القدرة الكهربائية  
السنة الخامسة - طاقة كهربائية

## مقدمة عامة عن حواكم الحماية

- تعتبر حاكمت الحماية (relays protection) بمثابة الدماغ الذي يتحسس لوجود الاضطراب في النظام الكهربائي.
- إن هذه الحواكم هي عبارة تجهيزات منخفضة الاستطاعة فهي لا تستطيع أن تفتح و تفصل المنطقة المضطربة من النظام الكهربائي.
- ترتبط هذه الحواكم بتجهيزات أخرى قادرة على فصل المناطق المضطربة و عزل الأعطال في النظام الكهربائي و عبر آليات متعددة تدعى بالقواطع الآلية (Circuit-breakers).
- دائماً حاكمت الحماية و القواطع الآلية تعمل مع بعضها البعض للقيام بعملية الحماية في النظام الكهربائي.
- لا قيمة لحواكم الحماية بدون القواطع الآلية إلا في حال العمل كنظام إنذار فقط.
- لا قيمة للقواطع الآلية بدون حاكمت الحماية إلا في عمليات الفصل و الوصل اليدوي لأحد الدارات أو الأجهزة الأخرى.
- حاكمت الحماية ، و التي بطبيعة الحال تستخدم الكميات الكهربائية، تتصل بنظام القدرة الكهربائية إما عبر محولات تيار (CT) أو عبر محولات توتر (VT).
- تؤمن هذه المعدات أو المحولات عملية عزل الحواكم عن نظام القدرة ذو التوتر العالي و تخفض مطالات القيم الكهربائية إلى مستوى القيم على ثانوي هذه المحولات المتصل مع هذه الحواكم.
- نبين في الرسم التالي مخطط الخط الواحد لخط AC متصل مع حاكمة الحماية و مخطط دارة الفصل ذات التيار المستمر (DC)



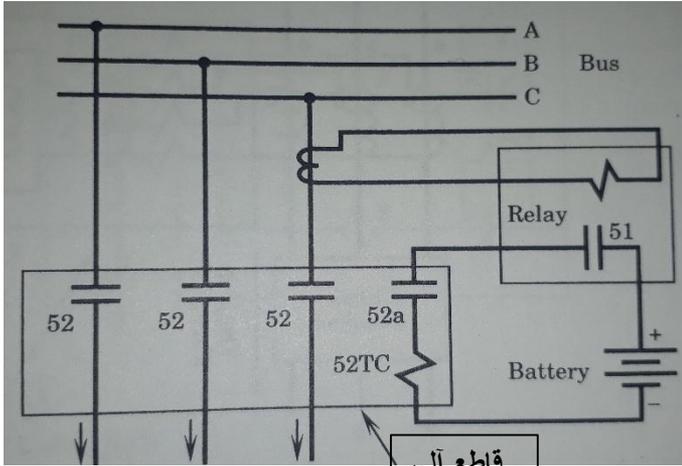
تملك كل حاكمة حماية (Protective Relays) دارتان :

1. دارة للتيار المتناوب ac (كالدارة المبينة جانباً لحاكمة overcurrent).

توضح دارة التيار المتناوب محولات التوتر و التيار و التوصيلات الأساسية لحاكمة الحماية مع هذه المحولات أي التوصيلات في نظام القدرة الأساسي. كما تبين توضع القاطع الآلي في المنطقة المحمية . يحوي مخطط الحماية أيضاً نظام ترقيم وظيفة أجهزة الحماية المستخدمة وذلك لإيضاح هوية نظام الحماية المستخدم في المخطط (مثلاً 52 تعني قاطع آلي). تم وضع الترقيم اعتماداً على ANSI/IEEE C37.2

2. دارة التيار المستمر DC :

تتحكم دارة التيار المستمر بعملية فصل القاطع الآلي عن طريق السماح للتيار بالمرور عبر وشيعة فصل الكونتاكتور.



■ يبين الشكل دارة التيار المستمر لنظام الحماية (حاكمة و قاطع آلي):

حيث يشير الرقم 52 إلى رمز القاطع الآلي بالتيار المتناوب

والرقم 51 إلى حكمة تيار أعظمي زمنية وذلك حسب ANSI/IEEE

دارة التحكم بالقاطع الآلي تتألف من :

■ بطارية موصولة إلى التلامسات المساعدة للمساعدة للقاطع الآلي (52a) و إلى

وشيعة الفصل للقاطع الآلي (52TC) وأيضا إلى تلامسات الحكمة (51)

خلال العمل الطبيعي يكون القاطع الآلي مغلق (52 و 52a موصولة) و التيار

يجري عبر الخطوط الثلاثة. و التلامسات المساعدة للقاطع الآلي (52a) تكون

مغلقة.

عند حدوث العطل و كشفه من قبل الحكمة (ازدياد التيار المار في وشيعة الحكمة فوق عتبة محددة مسبقاً)

■ عندئذ ستغلق تلامسات الحكمة و يسبب هذا مرور التيار في الدارة DC من البطارية إلى وشيعة الفصل للقاطع الآلي

(52TC) ،ذلك يسبب فصل التلامسات الرئيسية للقاطع الآلي (52) و كذلك التلامسات المساعدة (52a)

■ إن فصل التلامسات الأساسية للقاطع الآلي يزيل العطل من النظام الكهربائي ما يتيح للحكمة بأن تفتح تلامساتها (51)

خلال فترة زمنية قصيرة تعتمد على خاصية الحكمة المستخدمة.

## أنظمة حماية المولدات الكهربائية

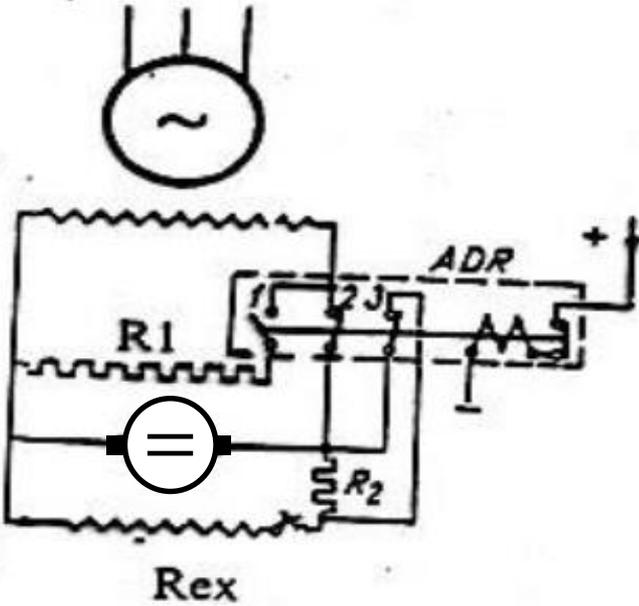
يجب أن تؤمن حماية المولدات الكهربائية الواجبات التالية:

- قيادة أجهزة تشغيل القواطع الآلية للمولد.
- قيادة الجهاز الآلي لإزالة التهييج السريع.
- إعطاء إشارات مختلفة لعناصر التشغيل و المراقبة.

■ يبين الشكل التالي الدارة الكهربائية الرمزية للجهاز الآلي لإزالة

### التهييج السريع ADR

- تصمم التماسات للجهاز ADR بحيث يغلق التماس 1 أولاً ثم يفتح التماس 2 و ذلك ليمنع ظهور حالة عابرة في دارة التهييج
- عند فتح التماسات 3 تدخل المقاومة R2 في دارة تهييج آلة التيار المستمر التي تستخدم لتغذية دارة تهييج المولدة لتمنع أية زيادة في التيار قد تؤدي إلى إتلاف آلة التهييج.



الدارة الرمزية للجهاز الآلي لإزالة التهييج السريع ADR

## 1- حماية المولدات الكهربائية المربوطة على قضبان التجميع من تيارات القصر الخارجية

## حماية زيادة التيار Over Current Protection

- تؤمن هذه الدارة حماية المولد من كافة أنواع القصر الخارجي و ذلك باستعمال مرشح للمركبات المتناظرة و العكسية للتيار و حماية من زيادة الحمولة.
- تشكل حاكمة التيار 2 و حاكمة الزمن 5 الحماية من تيار الحمل الزائد.
- توفر حاكمة التيار 1 حماية المولد ضد القصر الخارجي الثلاثي المتناظر و هي تستخدم مع حاكمة التوتر 3 و الحاكمة المساعدة 6 لتمييز العطل الخارجي حيث تمنع الحاكمة 3 عمل الحماية 1 عند زيادة الحمل. و عند ظهور العطل الخارجي الثلاثي يحدث انخفاض في التوتر فتعمل الحماية بتأخير زمني عن طريق حاكمة الزمن 4 و تعمل على فصل المولد و التهيج.
- تؤمن حاكمة التيار 7 و 8 عن طريق مرشحة المركبة العكسية للتيار FCSI الحماية ضد الأعطال الخارجية غير المتناظرة حيث تظهر في هذه الحالة مركبة عكسية كبيرة ضمن تيار القصر.
- تكون الحاكمة 7 ذات حساسية عالية و تعمل على إعطاء انذار بتأخير عبر حاكمة زمن 10 و يكون لحاكمة التيار 8 قيمة إقلاع أكبر من الحاكمة 7 و تعمل بتأخير عبر حاكمة الزمن 4 لفصل المولد و التهيج (انظر الشكل التالي)

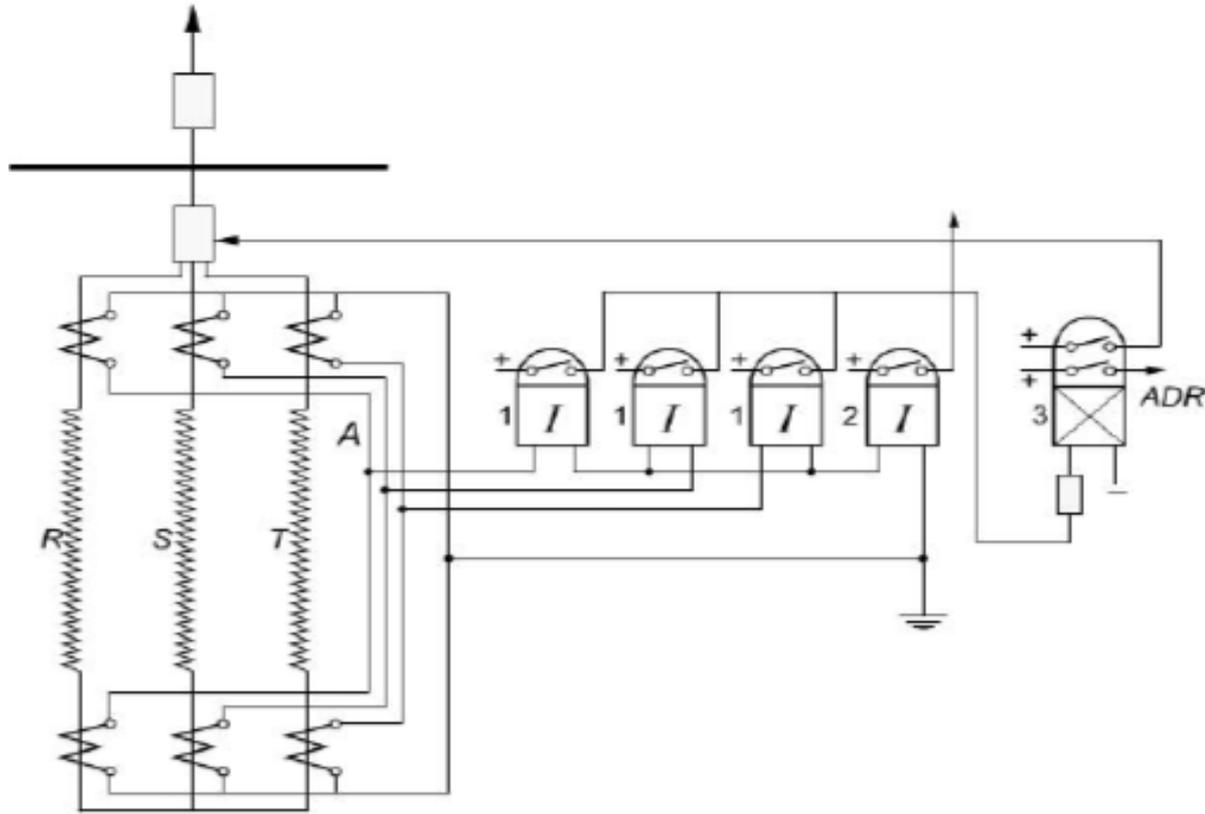


## 2- الحماية التفاضلية للمولد Differential Protection

- تستخدم هذه الحماية كحماية أساسية لوقاية المولد من الأعطال التي تحدث ضمن الجزء الثابت للمولد
- تقع المنطقة التي تحميها بين نقطة حيادي المولد و القاطع الآلي للمولد. يتم اختيار محولات التوتر المستخدمة في هذه الحماية لتكون ذات مواصفات مثالية و دقة عالية.
- تعمل الحماية عندما يظهر تيار عدم التوازن بين قيمة التيارات الثانوية التي تمر في ملفات محولات التيار على أي طور من الأطوار الثلاثة.
- تعطى حاكمة التيار الخاصة 2 إشارة تنبيه في حال حدوث أي انقطاع في نقاط الدارة.
- تعمل الحاكمة المساعدة 3 عند تهيج وشيعتها مما يؤدي إلى إغلاق تماسها و إعطاء الأمر لفصل القاطع الآلي للمولد و لفصل الجهاز الآلي لإزالة التهيج السريع للمولد ADR .
- يبين الشكل التالي دارة الحماية التفاضلية للمولد

## 2- الحماية التفاضلية للمولد Differential Protection

■ يبين الشكل التالي دارة الحماية التفاضلية للمولدات الكهربائية في المحطات الحرارية

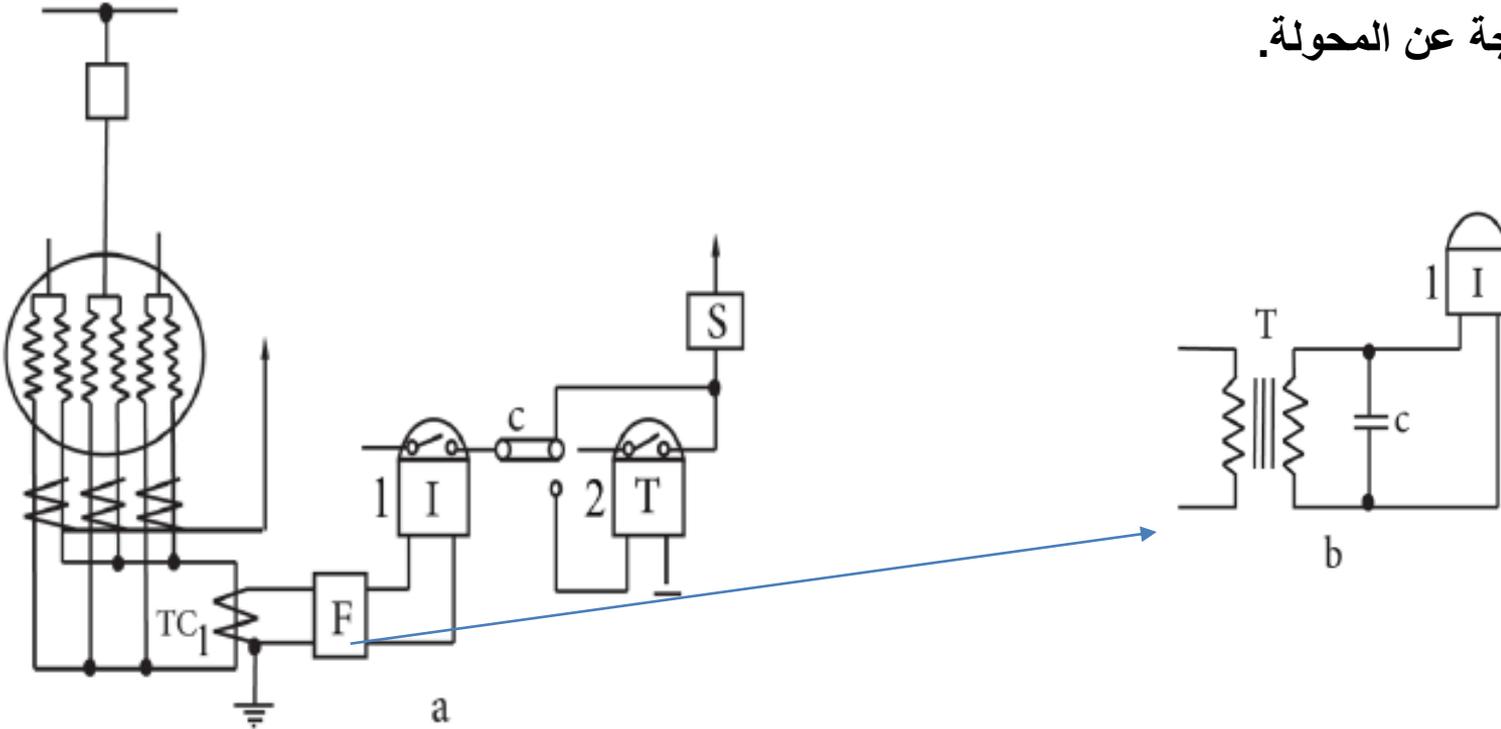


### 3- الحماية ضد الأعطال بين لفات وشيعة الطور الواحد في المولد

- تستعمل لهذه الغاية الحماية التفاضلية العرضانية و تتحسس هذه الحماية عند ظهور قصر بين لفات الوشيعة الواحدة.
- لكي يمكن تطبيق هذه الحماية لابد من أن يكون المولد مزوداً بوشيعتين مربوطتين على التفرع لكل طور. و كل ثلاثة من الوشائع الست لأطوار هذا المولد تربط مع بعضها على نقطة حيادية واحدة بحيث نحصل على نقطتين حياديتين ثم تربط هاتين النقطتين معا. و يربط على الخط الذي يصل بينهما محول تيار ذو إشباع مغناطيسي سريع TSR يغذي حاكمة تيار 1 عبر مرشح للتوافقية الثالثة و مضاعفاتها.
- في جال التشغيل النظامي أو في حالة ظهور قصر داخلي يبقى فرق الكمون بين نقطتي الحيادي مساوياً للصفر و لا يمر أي تيار في محولة التيار.
- في حال ظهور قصر بين لفات وشائع الطور الواحد فإن التيارات التي تمر في الوشائع تصبح غير متساوية و يمر عبر المحول تيار يساوي الفرق بين تيارات وشائع الطور الواحد و هذا التيار يقلع الحاكمة.
- يبين الشكل التالي مخطط هذه الحماية

### 3- الحماية ضد الأعطال بين لفات وشيعة الطور الواحد في المولد

- يبين الشكل التالي مخطط هذه الحماية باستخدام محولة تيار، حيث يستخدم المرشح F لمنع التوافقية الثالثة أو مضاعفاتها من إعطاء أوامر تشغيل خاطئة لحاكمة التيار، و التي يمكن أن تنتج في حالة التشغيل النظامية للمولد بسبب تشوه منحنى موجة التيار الكهربائي الذي يعطيه المولد. يتم ذلك عن طريق المكثف C و التحريضية الناتجة عن المحولة.



#### 4- حماية المولدات ضد الأعطال الأحادية في الجزء الثابت

- يعتبر القصر الأحادي في ثابت المولد العطل الأكثر انتشارا في المولدات. عندما يتجاوز تيار العطل 5 أمبير يظهر القوس الكهربائي مما قد يسبب اتلاف حديد الثابت لذلك تستخدم هذه الحماية و تعير لتعمل عند تيارات أكبر من 5 أمبير.
- بما ان الحماية تعمل عند تيارات صغيرة فإنها يجب أن تكون ذات حساسية عالية.
- يبين الشكل في «الاسلايد التالي» المخطط الكهربائي لهذه الحماية حيث لدينا في الدارة a حماية المولدات بنقطة حيادية معزولة و مربوطة إلى قضبان التجميع بواسطة نواقل غير معزولة.
- تتغذى حاكمة التيار في هذه الدارة من محولة التيار TSH ذات المركبة الصفيرية.
- S هي حاكمة إشارة ضوئية.
- في الدارة b لدينا حماية المولدات بنقطة حيادية معزولة لكنها مربوطة إلى قضبان التجميع بواسطة كابل معزول. تربط علبة نهاية كابل إلى الأرض بناقل يمر عبر دارة محولة المركبة الصفيرية TSH.
- في الدارة c لدينا مخطط حماية المولدات بنقطة حيادية مربوطة للأرض عبر وشيعة إخماد.
- يمرر الناقل الحيادي عبر محولة المركبة الصفيرية للتيار مرتين (بحيث يمر تيار العطل الخارجي الأحادي مرتين و بشكل متعاكس عبر ملفات المحولة) كي لاتعمل الحماية عند حدوث عطل خارجي.





## 5- حماية وشائع دائرة تهيج المولد الكهربائي

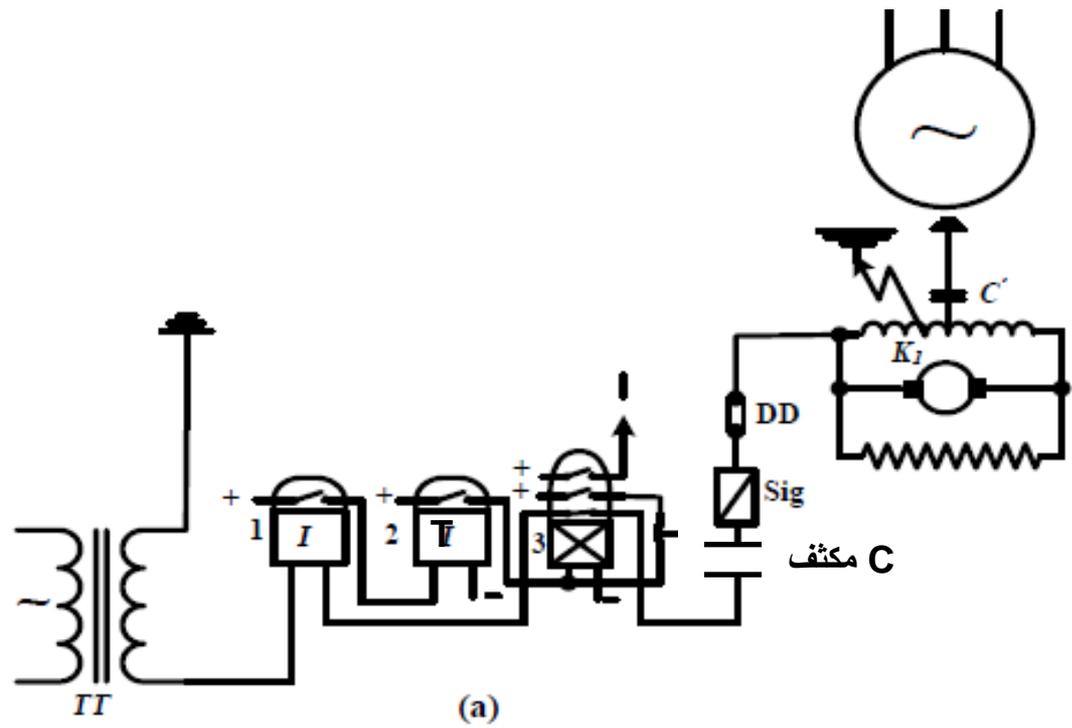
- تعتبر حالة القصر إلى الأرض في نقطة ما من دائرة التهيج في المولد أكثر الأعطال حدوثاً في الجزء الدوار. لا يمر في هذه الحالة في منطقة العطل أي تيار و لا يشكل العطل أي خطر مباشر على المولد الذي يمكن أن يعمل حتى حلول فترة الصيانة.
- إذا ظهر عطل آخر مع الأرض في دائرة التهيج في نقطة ثانية، عندها يحدث إتلاف كبير في المولد بسبب قصر الجزء من وشيعة التهيج الواقع بين نقطتي العطل مما يسبب ظهور تيارات كبيرة و تسخين وشيعة و حديد الدائر و اهتزازات ميكانيكية مؤذية بسبب عدم توازن القوى المحركة الكهربائية المتولدة نسبة للدائر.
- يمكن تحديد العطل الأول مع الأرض في دائرة التهيج عن طريق الفحص الدوري لعازلية وشائع الدائر أو باستعمال حماية خاصة تعطي إشارة تنبيه عند حدوث العطل الأول في الدائر.
- تجهز المولدات في محطات التوليد الحرارية بحماية تعطي إشارة عند ظهور العطل الأول في الدائر، أما المولدات في محطات التوليد المائية فلا تزود بهذه الحماية.

## 5- 1 حماية المولدات ضد العطل الأول في دارة التهييج

- يبين الشكل في السلايد التالي إحدى الدارات المستعملة لتحقيق هذه الحماية و هي تتألف من حاكمة تيار 1 و حاكمة زمنية 2 و حاكمة مساعدة 3 و مكثف سعته 6 ميكروفاراد و محول توتر يساوي خرجه 100 - 400 فولت.
- يمر التيار المتناوب في حالة التشغيل النظامية عبر دارة الأرض- ثانوي محول التوتر - وشيعة الحاكمة 1 - تماس الحاكمة المساعدة 3 -المكثف C و الفاصمة Sig- جهاز الفصل DD -وشيعة التهييج- المكثف المكافئ للدارة مع الأرض C' -الأرض.
- و بما أن المكثف C يمثل ممانعة كبيرة في طريق التيار فإن قيمة هذا التيار ستكون صغيرة و لا تكفي لإقلاع حاكمة التيار.
- أما في حالة عطل مع الأرض في دارة التهييج في النقطة K1 مثلاً، فإن الممانعة تصغر بشكل كبير و يكبر التيار بشكل كاف لكي تعمل الحاكمة 1 و تقلع الحاكمة الزمنية 2 ثم تعمل الحاكمة المساعدة 3 فتعطي إشارة تنبيه و تؤمن التهييج الذاتي و تقطع التيار في دارة الأرض.
- الحاكمة الزمنية ضرورية لكي لا تعمل الحماية عند الأعطال العابرة.
- تستعمل الفاصمة Sig لقطع الدارة عند انهيار C و جهاز الفصل DD لتجريب الحماية.

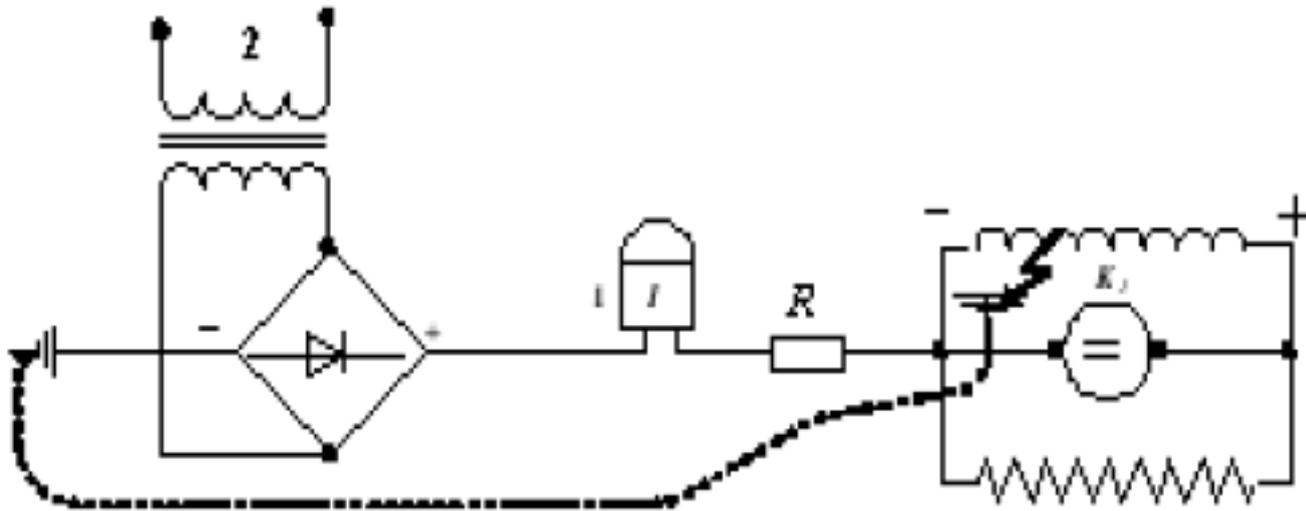
5-1 حماية المولدات ضد العطل الأول في دارة التهييج

الدارة الكهربائية لحماية المولدات ضد العطل الأول في دارة التهييج



## 5-1 حماية المولدات ضد العطل الأول في دارة التهيج

### الدارة الكهربائية المعدلة لحماية المولدات ضد العطل الأول في دارة التهيج

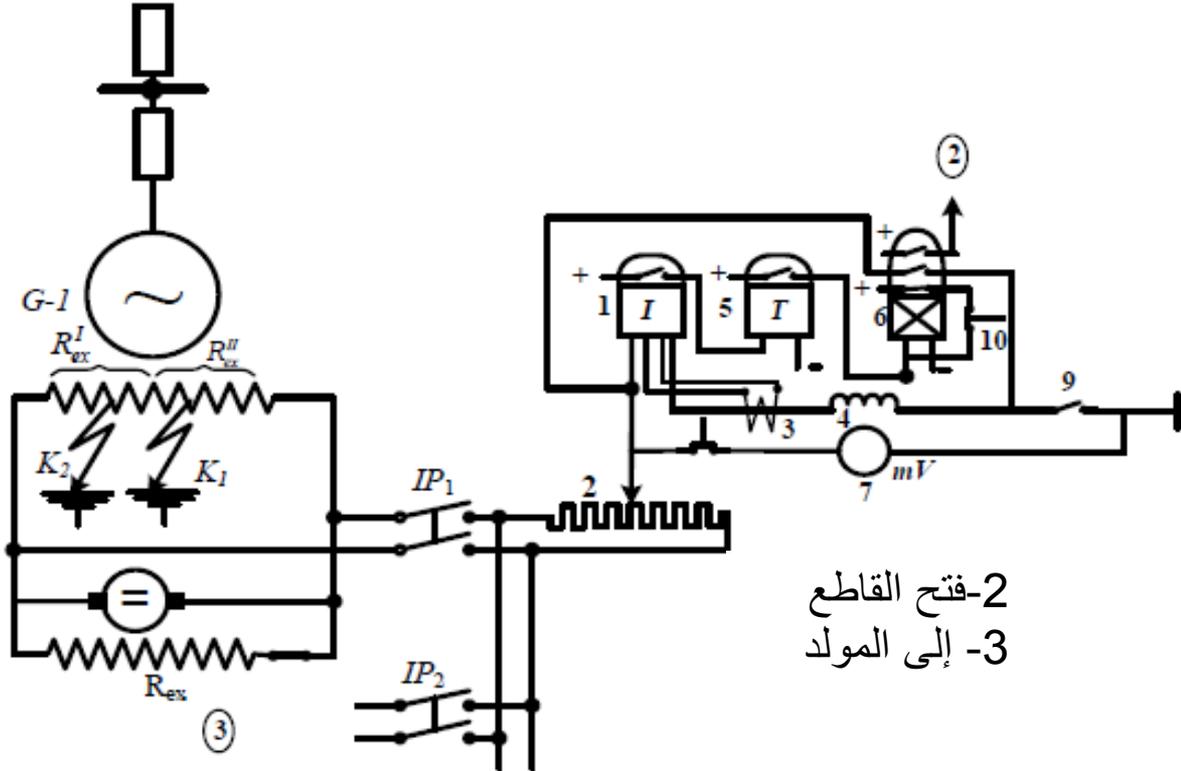


## 5 - 2 حماية المولدات ضد العطل الثاني مع الأرض في دائرة التهييج

- تتم حماية المولدات من الأعطال في نقطتين من دائرة التهييج استناداً على مبدأ جسر واطستون كما في الشكل 2-7- تربط هذه الحماية من قبل عناصر التشغيل إلى المولد المصاب بقصر مع الأرض للمرة الأولى باستخدام القاطع IP1 و بهذا تدخل المقاومة المتغيرة P على التوازي مع وشيعة الدائر. تتألف الأضلاع الأربعة للجسر من المقاومات:  $R'_{ex}, R''_{ex}$  المحددة بواسطة نقطة العطل الأول  $K_1$  و من المقاومات  $R_p, R'_p$  المحددة بواسطة منزلقة المقاومة المتغيرة. يغدى الجسر من آلة التيار المستمر في دائرة التهييج.
- يربط قطب الحاكمة 1 إلى المنزلقة و القطب الآخر إلى الأرض.
- يربط مقياس ميللي فولت على التوازي مع الحاكمة 1 عن طريق المفتاح 8 .
- بعد ظهور العطل الأول مع الأرض تربط هذه الحماية مع المولد المصاب عبر القاطع IP1 .
- يتم تأمين توازن الجسر عن طريق المنزلقة. عندما يظهر العطل الثاني في النقطة K2 فإن جزءاً من الدارة سوف يقصر و سوف تتغير قيمة  $R'_{ex}, R''_{ex}$  و يحصل عدم اتزان في الجسر فيمر تيار في الحاكمة 1 يؤدي إلى إقلاعها.
- حاكمة الزمن 5 تساعد في تأخير عمل الحماية من 1-1.5 ثانية حتى لا تعمل عند ظهور الأعطال العابرة.

## 5 - 2 حماية المولدات ضد العطل الثاني مع الأرض في دارة التهيج

- تهيج الحاكمة المساعدة 6 ذاتياً عن طريق التماس السفلي و تقصر وشيعة الحاكمة 1 عبر مقاومة صغيرة 4 عن طريق التماس المتوسط و تقوم بفصل القاطع الآلي عن طريق التماس العلوي (2). و تقوم الوشيعة 4 و المحول 3 ذو نسبة التحويل 1:1 بإزالة المركبة المتناوبة للتيار الذي يمكن أن يؤدي إلى إقلاع خاطئ للحاكمة.

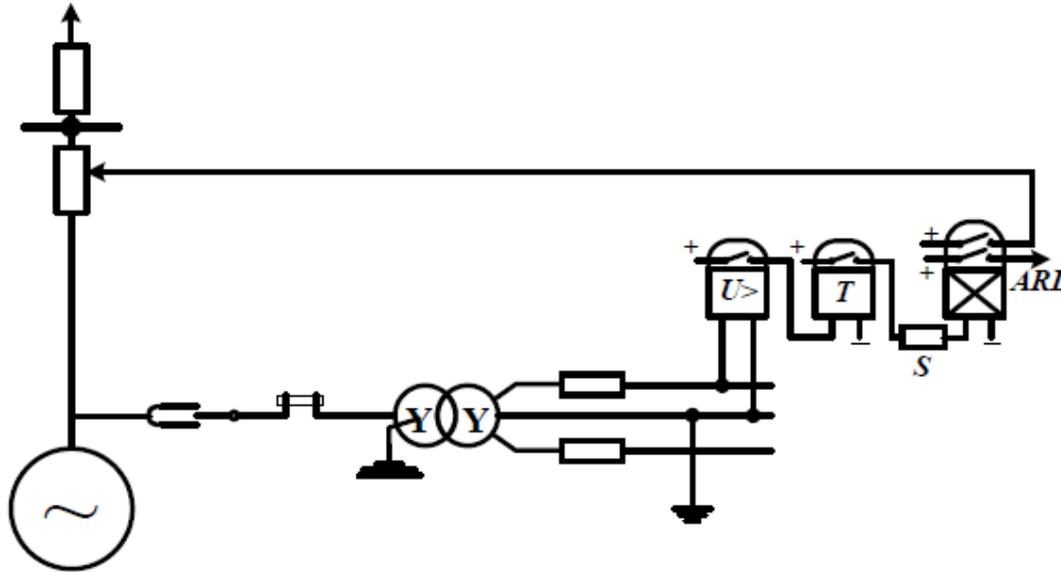


الشكل 7-2

2-فتح القاطع  
3- إلى المولد

## 6 - حماية المولدات من زيادة التوتر

- يمكن أن تنتج زيادة التوتر في المولدات عن عوامل عديدة و تكون خطيرة أحياناً و خاصة في المحطات المائية، فعند انخفاض الحمولة المفاجئ يؤدي تدفق الماء على شفرات العنفة إلى زيادة سرعتها و بالتالي زيادة التوتر.
- تنفذ حماية المولدات بواسطة حاكمة توتر أعظمي مع حاكمة زمن لتأخير عمل الحماية و عن طريق حاكمة مساعدة يتم إعطاء إشارة الفصل إلى القاطع الآلي و إزالة تيار تهيج المولدة. يبين الشكل الدارة الكهربائية للحماية ضد زيادة التوتر في المولدات.

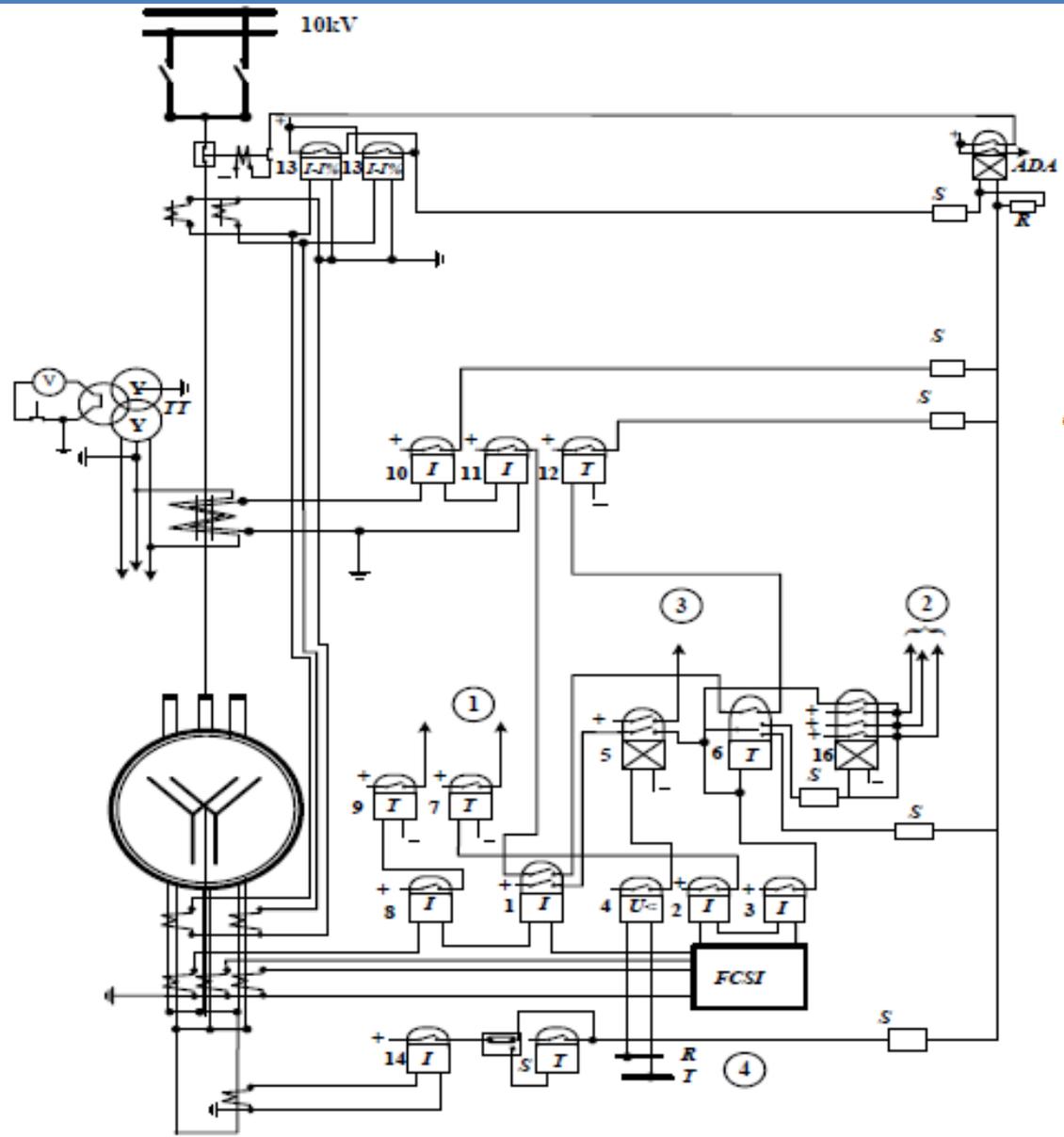




## 7 - نظام الحماية الكامل للمولدات الكهربائية

- يبين الشكل التالي الدارة الكهربائية الكاملة لنظام الحماية لمولد كهربائي تديره عنفة بخارية . يتضمن الشكل مايلي:
  - الحاكمت 1-2-3-4-5-6-7 مع مرشح المركبة العكسية تشكل مجموعة الحماية ضد أعطال قصر الدارة الخارجية وزيادة الحمل.
  - الحاكمة 2-3 مع المرشح تؤمن الحماية ضد الأعطال الخارجية غير المتناظرة.
  - الحاكمة 1-4-5 تؤمن الحماية ضد الأعطال الخارجية المتناظرة .
  - الحاكمة 8-9 تؤمن الحماية ضد زيادة الأحمال الثلاثية.
  - الحاكمة 10-11 مع محولة المركبة الصفيرية للتوتر تؤمن الحماية ضد الأعطال الأحادية ضمن لفات الجزء الثابت.
  - الحاكمة 13 تشكل الحماية التفاضلية و الحاكمة 14-15 الحماية التفاضلية ضد الأعطال بين لفات الوشيعة الواحدة.
  - الحاكمة 16 تعطي الأمر لفتح قواطع خلايا الربط الطولاني و العرضاني للقضبان.
  - يعطي التماس السفلي لجميع الحمايةات الإشارة الحاكمة المساعدة لفصل القاطع الآلي.

7 - نظام الحماية الكامل للمولدات الكهربائية



- 1 اشارة
- 2 لفتح قواطع خلايا الكوبلاج والمحولات
- 3 اشارة مع تاخير زمني
- 4 من محولة التوتر



## نهاية الفصل الرابع