

# حماية النظم الكهربائية

## حماية المحركات الكهربائية

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

#### الأهداف :

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

١. معرفة كيفية حماية المحركات الكهربائية المتوسطة الحجم.
٢. معرفة كيفية حماية المحركات الكهربائية من التيار المفرط.
٣. معرفة كيفية اختيار مرحلات الحمل الزائد.

**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 المحركات.
٢. أن يكون على معرفة تامة بعمل المصهرات والمرحلات والقواطع الكهربائية.

## الوحدة السادسة

### حماية المحركات الكهربائية

#### ١.٦ مقدمة

يعتمد نوع الحماية المستخدم بالنسبة للمحركات أولاً وأخيراً على حجم المحرك نفسه وطبيعة الحمل الميكانيكي المتصل بعمود الإدارة. ولكن لكي نفهم نوع الحماية المطلوب لا بد من أن نلقي بعض الضوء على أهم خاصية من خواص المحرك الحثي أكثر الأنواع استخداماً وهي بدء حركة المحرك. إذا تأملنا في منحني بدء الحركة لأحد المحركات الحثية. نجد أنه لحظة توصيل أطراف ملفات العضو الثابت إلى مصدر التغذية يكون المحرك في حالة سكون وبالتالي فإن تياراً كبيراً سيمر في ملفات العضو الدوار. إذاً فإن التيار المسحوب من مصدر التغذية لحظة البدء سيكون كبيراً جداً من 8 - 7 مرات من التيار المقنن للمحرك. وبمجرد أن يبدأ العضو الدوار بالحركة فإن التيار المسحوب من مصدر التغذية سيقبل إلى 6 - 5 مرات من التيار المقنن ويبقى التيار ثابتاً حتى يصل المحرك إلى 80 % من سرعته التزامنية وبعد ذلك يقل الانزلاق وبالتالي فإن التيار المسحوب من خط التغذية يقل حتى يصل إلى قيمة مساوية لقيمة التيار المقنن عند السرعة العادية.

#### ٢.٦ الأخطاء المحتملة الحدوث في المحركات الكهربائية Possible Motor Faults

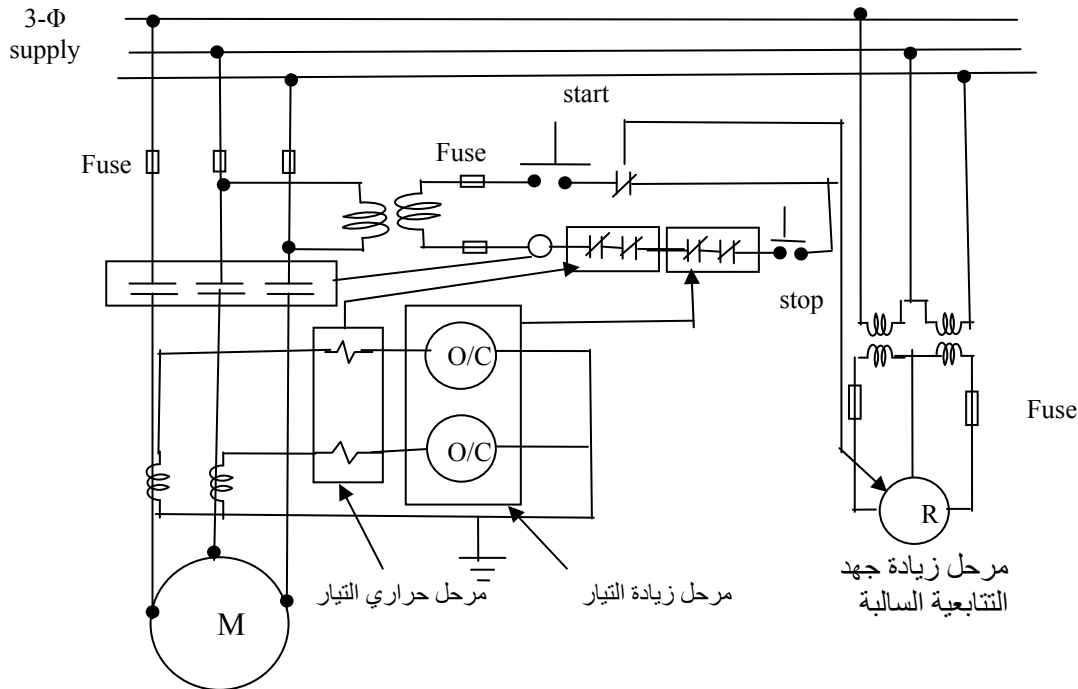
الأخطاء الشائعة الحدوث في المحركات الكهربائية تتلخص فيما يلي :

١. فشل في عزل الملفات يؤدي في معظم الأحيان إلى قصر بين الأوجه أو قصر بين الوجه والأرض.
٢. زيادة في تيار الحمل يؤدي إلى زيادة تسخين أو ارتفاع زائد في درجة حرارة ملفات المحرك.
٣. زلق العضو الدوار Locked rotor
٤. عدم توازن في جهد التغذية Unbalanced power supply
٥. نقص جهد التغذية Under Voltage
٦. نقص التيار Under current

## ٣.٦ حماية المحركات متوسطة الحجم من التيار المفرط

## Protection of medium size motors (300 HP – 1000 HP)

بشكل عام فإن المحركات الكهربائية ذات مقنن الخرج الأقل من أو يساوي 1000 HP تعمل عند جهد 600 V أو أقل بينما تعمل المحركات الكبيرة عند جهود عالية قد تصل إلى 13.8 kV . والشكل (٦ - ١) يبين الحماية الأساسية لمحرك متوسط الحجم أقل من 1000 HP .



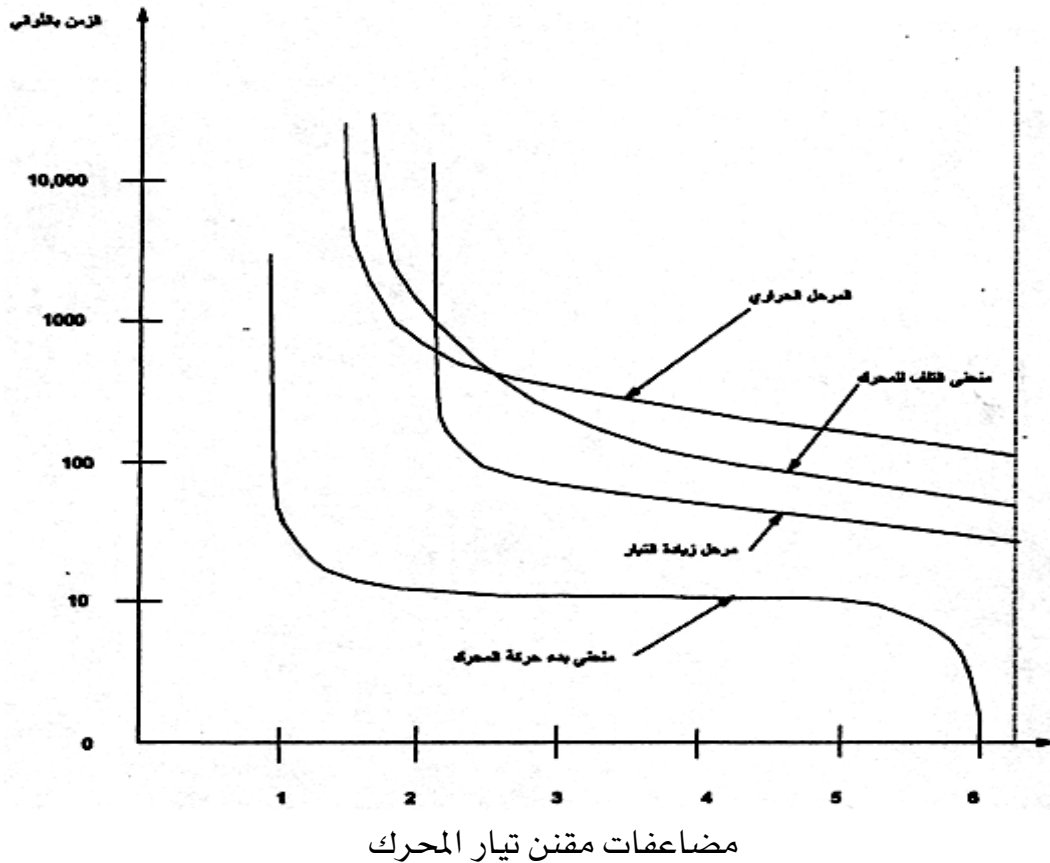
الشكل (٦ - ١) الحماية الأساسية لمحرك كهربائي ذي مقنن أقل من 1000 HP

## ١.٣.٦ كيفية اختيار مرحلات الحمل الزائد

من الشكل (٦ - ١) نجد أن المرحل الحراري يستخدم للحماية ضد زيادة أو تجاوز الحمل (over load) وهذا المرحل يتكون من عنصر تسخين heating element يتم بواسطته تشغيل مفتاح ثنائي المعدن.

يتم اختيار المرحل الحراري بحيث يتطابق منحني خصائص المرحل مع منحني التلف للمحرك نفسه كما في الشكل (٦ - ٢). ويتم ضبط المرحل عادة للبدء في العمل عند تيار أكبر من أو يساوي 105 % من

التيار المقنن للمحرك. من الشكل (٦ - ٢) نرى أنه من المسموح مرور ضعف التيار المقنن في ملفات المحرك لمدة 1000 Sec أو 17 دقيقة تقريباً. بينما بمقدور المحرك تحمل 6 أضعاف التيار المقنن لمدة 15 ثانية فقط. وعلى العموم لا يمكن الحصول عملياً على تطابق كلي بين منحنى التلف للمحرك ومنحنى خصائص المرحل. من الشكل (٦ - ٢) نجد أن المرحل الحراري بطيء عند تيار أكبر من أو يساوي 2.5 مرة من التيار المقنن لذا لابد من أن نستخدم مرحل زيادة التيار (over current O/C relay) إلى جانب المرحل الحراري. ويتم ضبط مرحل زيادة التيار عند تيار عال نوعاً ما 180 % من مقنن تيار المحرك. إذن وباختصار فإن المرحل الحراري يستخدم لحماية المحرك من الزيادات الطفيفة في تيار الحمل ومرحل زيادة التيار للحماية من زيادات عالية في التيار.



الشكل (٦ - ٢) منحنى الخصائص للمرحل الحراري ومرحل زيادة التيار

أما بالنسبة لمرحل زيادة جهد التتابعية السالبة فإن وظيفته فصل المحرك عن مصدر التغذية عندما تصل قيمة جهد التتابعية السالبة إلى 4% من جهد التغذية. السبب وراء استخدام هذا النوع من المرحلات يرجع إلى أن عدم التوازن في الجهد يسبب تتابعيه سالبة في الجهد والتيار إلى جانب التتابعية الموجبة. هذا بدوره

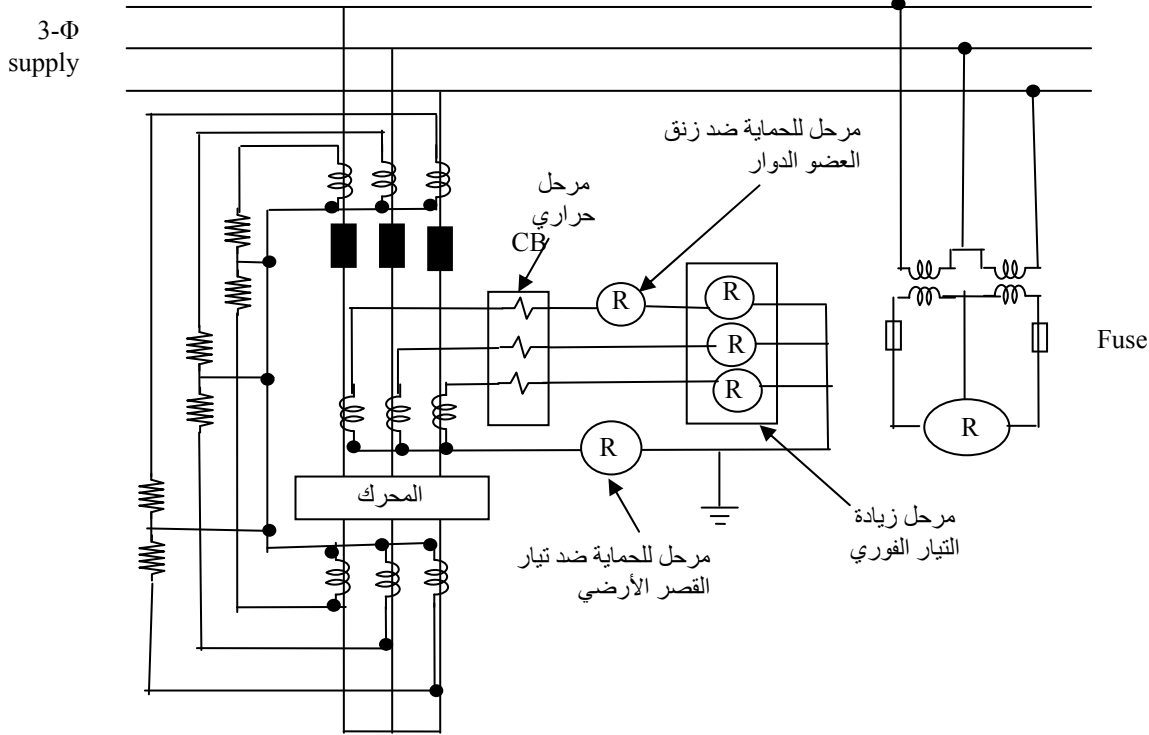
سيؤدي إلى وجود مجال مغناطيسي في الثغرة الهوائية والذي بدوره يعكس اتجاه المجال المغناطيسي الناتج عن التتابعية الموجبة. هذا المجال المغناطيسي العكسي سيؤدي بدوره إلى نشوء تيار إضافي في ملفات العضو الدوار عند تردد يساوي تقريباً ضعف تردد التغذية. هذا التيار سينتج عنه عزم مضاد للعزم الناتج عن التتابعية الموجبة وبالتالي فإن هذا قد يؤدي إلى تسخين زائد لملفات المحرك وتلف الماكينة. بشكل عام فإن الحالات الشائعة التي تؤدي إلى عدم توازن في جهد التغذية هي وجود أحمال أحادية الوجه بكثرة في الشبكة أو احتراق أحد المصهرات المستخدمة لحماية المحرك ضد تيارات القصر الكبيرة. وتعتبر حالة احتراق أحد المصهرات من أسوأ حالات عدم التوازن لأن المحرك سيعمل في هذه الحالة بوجهين فقط  $2 - \Phi$ . وبالتالي فإن التيار الذي سيمر في كل من الوجهين المتصلين بمصدر التغذية قد يصل إلى 250 % من التيار المقنن للمحرك. إذن فإن مرحلة زيادة جهد التتابعية السالبة يجب أن يعمل في هذه الحالة في وقت زمني أقل من الوقت اللازم لتشغيل المرحل الحراري.

أخيراً لحماية المحركات من تيارات القصر العالية فإننا نستخدم مصهرات ( هذا ينطبق فقط على المحركات المتوسطة الحجم ) . والأسباب الرئيسة وراء استخدام المصهرات لفصل تيارات القصر العالية هي :

١. زمن فصل المرحل الحراري ومرحلة زيادة التيار كبير ويتم عند مستويات عالية من التيار. وتيار القصر يكون عادة كبيراً وهذا قد يؤدي إلى تلف ملفات المحرك.
٢. ملامسات contactors المرحل لا تمتلك القدرة الكافية لفصل تيارات القصر العالية ولذلك نستخدم المصهرات من نوع (High rupture capacity fuse (HRC) .

## ٤.٦ حماية المحركات الكبيرة Large motor protection

وقاية المحركات الكبيرة تختلف نوعاً ما عن وقاية المحركات المتوسطة الحجم ( نقصد بالمحركات الكبيرة المحركات ذات مقنن أكبر من 1000 HP ) وحماية هذه المحركات يوضحه الشكل (٦ - ٣).



الشكل ( ٦ - ٣ ) الحماية الأساسية لمحرك 5000 HP

ومن هذا الشكل نلاحظ :

- بدلاً من استخدام المصهرات لحماية المحركات متوسطة الحجم نستخدم هنا القواطع الآلية Circuit Breakers ومرحلات زيادة التيار الفورية Instantaneous O/C relays للوقاية ضد تيارات القصر العالية. يتم ضبط المرحلات عادة عند 180 % من تيار البدء للمحرك.
- وللوقاية ضد تيار القصر بين أحد أوجه المحرك والأرض نستخدم مرحل خطأ أرضي earth fault relay. ويتم ضبط هذا المرحل للعمل عند تيار يساوي 40 % - 10 % من التيار المقنن للمحرك.
- بالإضافة إلى هذا فإننا نستخدم الوقاية التفاضلية لوقاية المحرك من تيارات القصر المنخفضة نسبياً بسبب خطأ داخلي.
- أيضاً نستخدم في بعض الأحيان مرحلاً للحماية ضد زلق العضو الدوار Locked rotor relay. فمثلاً المحركات التي تستخدم في مصانع الدلفنة Rolling plants والكسارات أو المحركات التي تدير النواقل Conveyors حيث يكون المحرك عرضة للزلق والعرقلة. كذلك نستخدم مرحل الحماية ضد زلق العضو الدوار في المحركات التي تدير مضخات مياه المجاري (الصرف) بسبب تعرضها للانسداد في بعض الأحيان.

- في بعض الحالات الخاصة جداً يتم استخدام مرحلات نقص التيار Under current relay . التطبيق المثالي هو حماية محرك يدير مضخة غاطسة. حيث يتم تبريد المحرك بواسطة الماء الذي تضخه المضخة. ففي حالة جفاف البئر مثلاً واستمرار دوران المحرك (بدون ماء) فإن المحرك سيسخن بالرغم من أن تيار الحمل سيكون أقل من التيار المقنن. عادة يتم ضبط هذا المرحل عند 40 % من التيار المقنن للمحرك.

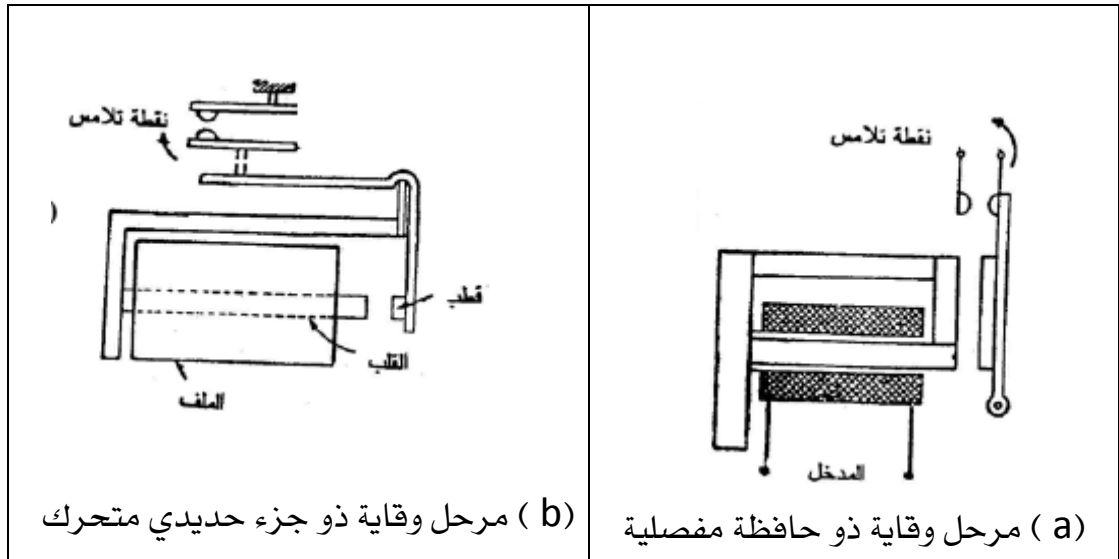
## ٦ - ٥ الوقاية ضد زيادة أو انخفاض الجهد

### Over-voltage and under-voltage protection

تغذى مرحلات الوقاية ضد زيادة أو انخفاض الجهد من الملفات الثانوية لمحولات الجهد. وتعمل ملفات المرحل بجهد مقنن 100or 110or 220 Volt . وفي مرحلات الوقاية الإستاتيكية يضاف محول (أو محولات) جهد مساعدة لتخفيض الجهد المقنن إلى قيمة مناسبة لتغذية الدوائر الإلكترونية. وفيما يلي توضيح لأنواع مرحلات الوقاية ضد زيادة وانخفاض الجهد.

مرحلات الوقاية ضد زيادة أو انخفاض الجهد الكهرومغناطيسية  
هناك أنواع متعددة من هذه المرحلات منها:

- مرحل وقاية ذو حافظة مفصلية وهو مرحل يعمل لحظياً كما هو مبين في الشكل (٦ - ٤ a)
- مرحل وقاية ذو جزء حديدي متحرك ويعمل لحظياً كما هو مبين في الشكل (٦ - ٤ b)



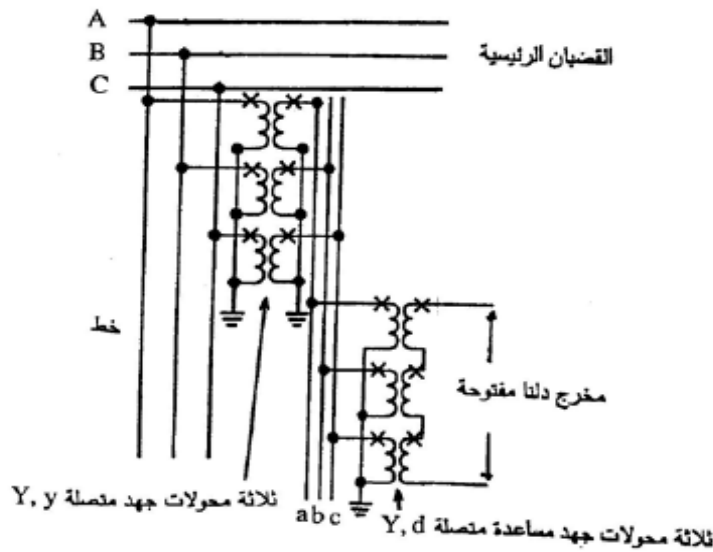
الشكل (٦ - ٤) مرحلات زيادة أو خفض الجهد



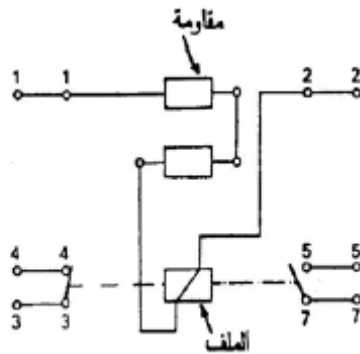
ويوضح الشكل (٦ - ٥) طريقتين لتوصيل محولات الجهد ، أحدهما توصيلة نجمة مؤرضة للحصول على جهد ثانوي ثلاثي الأوجه. والأخرى توصيلة دلتا للحصول قيمة جهد عدم الاتزان للأوجه الثلاثة. وفيما يلي أمثلة لمرحلات الوقاية ضد تغير الجهد:

- مرحل وقاية ضد زيادة الجهد حسب المبين في الشكل (٦ - ٦) ويعمل بجهد مقنن يساوي 220 V وتردد 50 Hz وحدود ضبط المرحل ذي الجزء الحديدي المتحرك ويعمل لحظياً ويحتوي على :

نقط تلامس (إما وضع الفتح أو القفل) بالإضافة إلى مجموعة مقاومات على التوالي مع ملف الجهد للتغلب على حالة التشغيل المستمر للملف تجنباً لحدوث ارتفاع في درجة حرارة الملف منعاً للتلف. أما عند تشغيل المحرك في حالة انخفاض الجهد فإن انخفاض الجهد يسبب زيادة التيار وبالتالي يمكن حماية المحرك بأجهزة زيادة الحمل أو أجهزة استشعار درجة الحرارة.



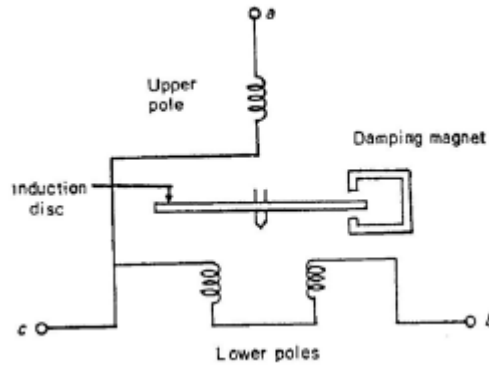
الشكل (٦ - ٥) طرق توصيل محولات الجهد



الشكل (٦ - ٦) مرحل الوقاية ضد زيادة الجهد

## ٦ - ٦ الحماية ضد انعكاس أحد الأوجه

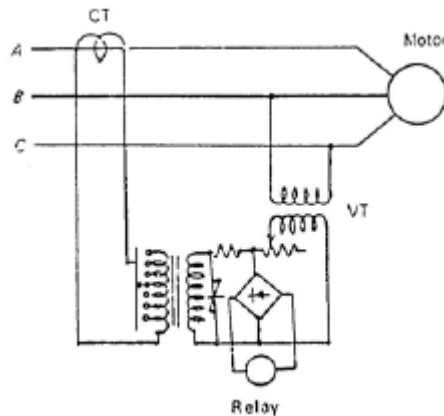
يتغير اتجاه دوران المحرك في حالة تغير تتابع الأوجه. وفي بعض التطبيقات لا يسمح بانعكاس دوران الحركة في المحرك ولذلك تعتبر هذه الخاصية مهمة جدا ويجب حمايتها. ويوجد أنواع متعددة من المرحلات والتي تستخدم في حماية المحرك ضد انعكاس الأوجه أو في حالة البدء وأحد الأوجه مفتوح منها مرحل الجهد المتعدد الأوجه من نوع القرص الحثي الشكل (٦ - ٧)



الشكل (٦ - ٧) المرحل المستخدم للحماية ضد انعكاس أو فتح أحد الأوجه

## ٦ - ٧ الحماية ضد فقدان التزامن

المحركات المتزامنة يمكن خروجها من التزامن نتيجة لحمل زائد كبير جدا أو نتيجة لتعرضها لانخفاض في الجهد. مثل هذه الحالة يمكن حمايتها بمرحل يستجيب إلى التغير في معامل القدرة. شكل (٦ - ٨) يبين مرحل الحماية ضد فقد التزامن.



الشكل (٦ - ٨) مرحل الحماية ضد عدم التزامن

## ٦ - ٨ : الحماية الكلية الرقمية للمحرك

الشكل (٦ - ٩) يمثل إحدى الحماية الرقمية الحديثة المستخدمة للمحرك وكيفية توصيله وضبطه باستخدام الحاسب الآلي.



الشكل (٦ - ٩) الحماية الرقمية الحديثة للمحرك

### أسئلة على الوحدة السادسة

١. ما العوامل التي يعتمد عليها نوع الحماية المستخدمة بالنسبة للمحركات؟
٢. اذكر أنواع الأخطاء المحتملة الحدوث في المحركات الكهربائية.
٣. ما المراحل المستخدمة في حماية المحركات الكهربائية وما دور كل منها في حماية المحرك.
٤. تستخدم المصهرات عادة لحماية المحركات متوسطة الحجم من تيارات القصر العالية . اشرح الأسباب الرئيسية وراء استخدام المصهرات لفصل تيارات القصر العالية بالنسبة للمحركات.
٥. اشرح مع التوضيح بالرسم كيف يمكن حماية المحركات الكهربائية الكبيرة الحجم.