

## الرسم الفني الكهربائي

مخططات دوائر توصيل الآلات الكهربائية



**الجدارة:** معرفة مخططات دوائر توصيل آلات التيار المستمر بأنواعها وآلات التيار المتردد ثلاثية الأوجه

**الأهداف:** عندما تكتمل هذه الوحدة يكون لدى المتدرب القدرة بإذن الله على:

١. رسم الدائرة الكهربائية الممثلة لآلات التيار المستمر بأنواعها (منفصل التغذية - توالٍ - توازٍ - مركب).
٢. رسم الدائرة الكهربائية الممثلة لآلات التيار المتردد بأنواعها (تزامني - وحشي - وأحادي الوجه - وثلاثي الوجه).

**مستوى الأداء المطلوب:** أن يصل المتدرب إلى إتقان هذه الوحدة بنسبة ٨٥٪

**الوقت المتوقع للتدريب:** ٦ ساعات.

**الوسائل المساعدة:** لا توجد.

**متطلبات الجدارة:** لا توجد.

## الوحدة الرابعة : مخططات دوائر توصيل الآلات الكهربائية

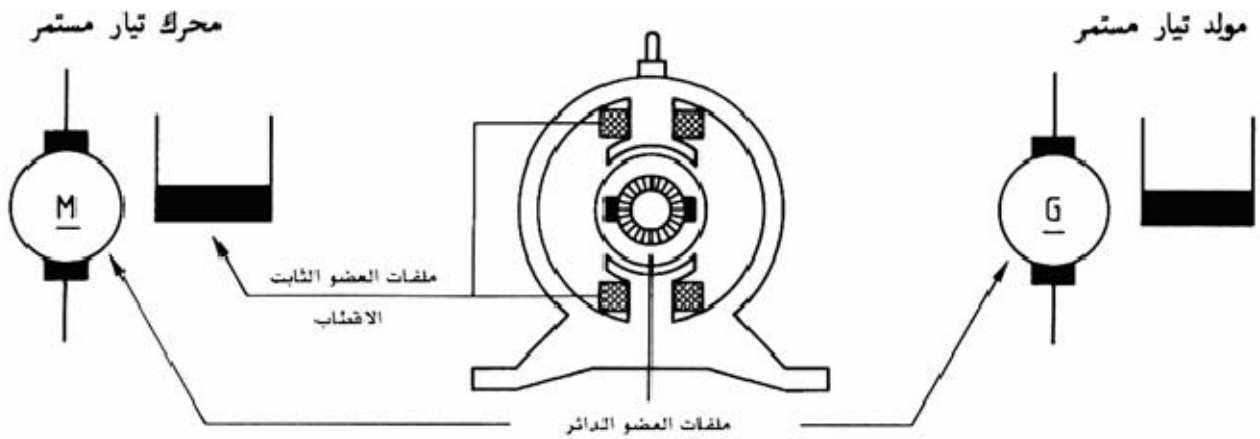
### ٤- ١ مقدمه :

تستخدم الآلات الكهربائية في تحويل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية والعكس إذا كان التحويل من الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية تسمى الآلة محركاً وإذا كان التحويل من الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية تسمى الآلة مولداً. وتصنف الآلات إلى آلات تيار مستمر وآلات تيار متردد وتصنف آلات التيار المتردد إلى آلات حثيه وآلات تزامنيه. عندما يتحرك موصل كهربائي موضوع عمودياً على اتجاه المجال المغناطيسي في اتجاه عمودي على ذلك المجال فإنه يتم توليد قوة دافعة كهربائية وهذه هي فكرة عمل مولد التيار المستمر. وأيضاً عندما يمر تيار مستمر خلال ذلك الموصل فإن شدة قوة تؤثر على ذلك الموصل وهذه هي فكرة عمل محرك التيار المستمر. وتسمى هذه الأجهزة بآلات التيار المستمر.

الآلات الحثية هي آلات التيار المتردد التي فيها يستقبل الملف الطاقة عند أحد الجوانب من الملف عند الجانب الآخر عن طريق الحث الكهرومغناطيسي. وهناك آلات حثيه ثلاثية الوجه وهي الأكثر استخداماً في الصناعة وأخرى أحادية الوجه تستخدم في آلات القدرة الصغيرة مثل الأجهزة المنزلية. أما بالنسبة للآلات التزامنية فهي آلات لها سرعة متزامنة مع المجال المغناطيسي الدوار في الثغرة الهوائية عند ظروف التشغيل في حالة الاستقرار تعرف بسرعة التزامن. المولدات التي تعمل في محطات توليد الكهرباء هي مولدات تزامنيه تدار بالسرعة التزامنية لتوليد جهد متغير بتردد ثابت. كما أن المولدات تصبح محركات تدور بالسرعة التزامنية عند التغذية بجهد متغير إلى لفائف عضو الإنتاج وعندئذ تعرف بالمحركات التزامنية.

### ٤- ٢ آلات التيار المستمر :

يمكن لآلات التيار المستمر العمل كمولد أو محرك. في الوقت الحاضر استخدام المولد محدود نظراً لاستخدام مولدات التيار المتردد. لكن تستخدم محركات التيار المستمر بكثرة في الصناعة. وتتميز محركات التيار المستمر بإمكانية الحصول على نطاق واسع لتغير السرعة مع العزم بتوصيلات مختلفة للملفات المجال. تصنف آلات التيار المستمر وفقاً لتوصيلات ملفات المجال إلى آلات منفصلة التغذية وآلات ذاتية التغذية وتنقسم الآلات ذاتية التغذية إلى آلات توالٍ والآلات توازي وآلات مركبة. الشكل (٤- ١) يبين تركيب آلات التيار المستمر.



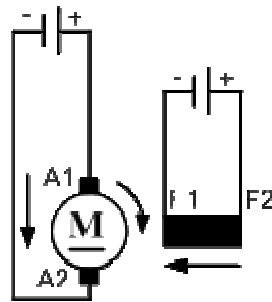
الشكل (٤ - ١) تركيب آلات التيار المستمر

#### ٤ - ٢ - ١ مخطط توصيل آلات التيار المستمر المنفصل التغذية :

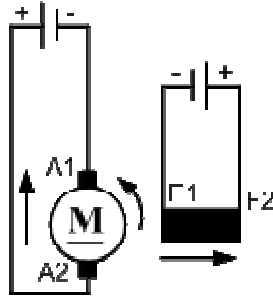
في التغذية المنفصلة الطاقة التي تستعمل لتوليد المجال المغناطيسي تؤخذ من مصدر تيار يقع خارج الآلة كما أن ملف العضو الدوار وملفات التغذية (المجال) منفصلة كهربياً.

(أ) التشغيل كمحرك:

إذا دار العضو الدوار إلى اليمين فإن A1 يكون طرف التوصيل الموجب و إذا دار العضو الدوار إلى اليسار فإن A1 يكون طرف التوصيل السالب. الشكل (٤ - ٢) يبين التشغيل كمحرك.



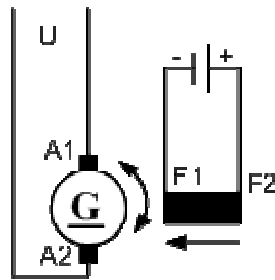
الشكل (٤ - ٢ - أ) محرك تيار مستمر منفصل التغذية دوران العضو إلى اليمين



الشكل (٤ - ٢ - ب) محرك تيار مستمر منفصل التغذية دوران إلى اليسار

(ب) التشغيل كمولد :

الشكل (٤ - ٣) يبين التشغيل كمولد.



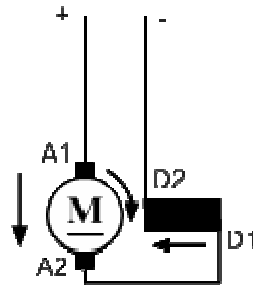
الشكل (٤ - ٣) مولد تيار مستمر منفصل التغذية

#### ٤ - ٢ - ٢ مخطط توصيل آلات التيار المستمر توالٍ :

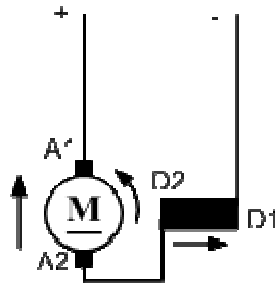
في توصيل آلات التيار المستمر توالٍ تقع دائرة المجال على التوالٍ مع دائرة العضو الدوار.

(أ) التشغيل كمحرك :

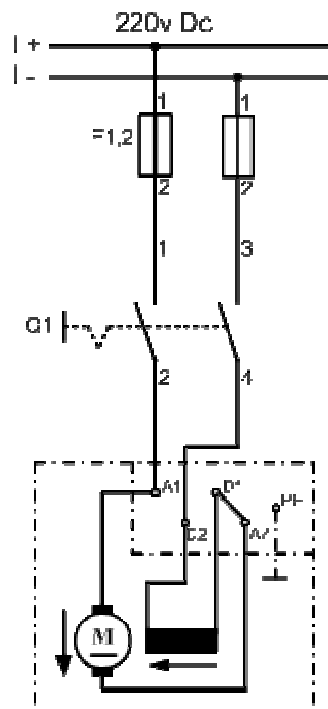
إذا سري التيار في ملفات التغذية من D1 إلى D2 يكون A1 هو الطرف الموجب عند الدوران إلى اليمين وعند الدوران إلى اليسار يكون A1 طرف التوصيل السالب. شكل (٤ - ٤) يبين تشغيل محرك التوالٍ. الشكل (٤ - ٥) يبين تشغيل محرك التوالٍ مع الجمع بين مخطط مسار التيار ومخطط التوصيلات. الشكل (٤ - ٦) يبين تشغيل محرك التوالٍ مع مفتاح يدوي كمفتاح تغذية. هذه المحركات لا يسمح بتشغيلها بدون حمل حيث تتسارع هذه المحركات أي أن عدد اللفات يزداد حتى التدمير الذاتي للمحرك.



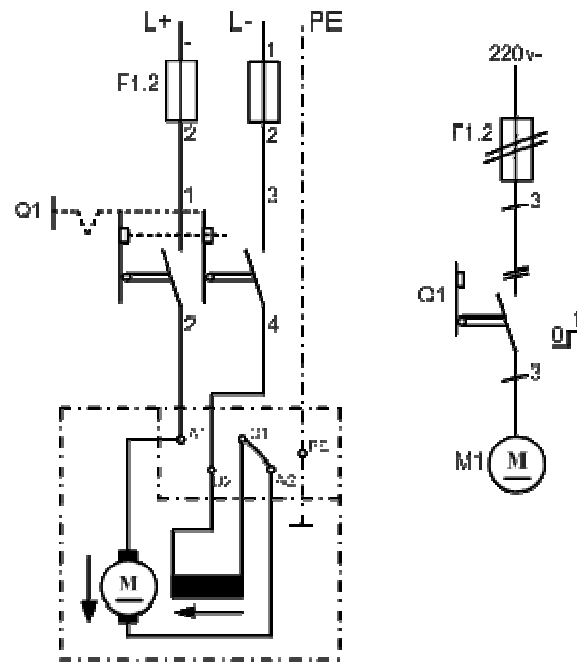
الشكل (٤ - ٤ - أ) محرك تيار مستمر توالٍ دوران إلى اليمين



الشكل (٤ - ٤ - ب) محرك تيار مستمر توالٍ دوران إلى اليسار



الشكل (٤ - ٥) محرك توالٍ مع الجمع بين مخطط مسار التيار ومخطط التوصيلات

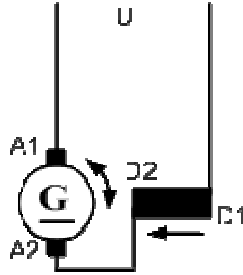


الشكل (٤ - ٦) تشغيل محرك توالٍ مفتاح يدوي كمفتاح أجهزة



### ب) التشغيل كمولد:

الشكل (٧ - ٤) يبين تشغيل مولد التوال.



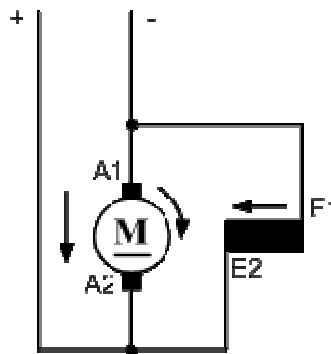
الشكل (٧ - ٤) مولد تيار مستمر توالٍ

### ٤ - ٢ - ٣ مخطط توصيل آلات التيار المستمر توالٍ:

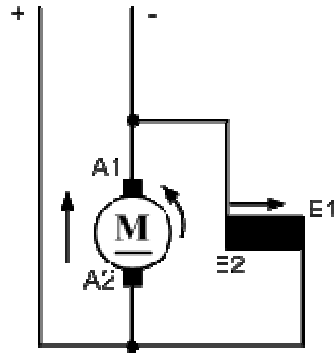
في آلات التيار المستمر الموصلة على التوازي تكون ملفات العضو الدوار وملفات التغذية موصلة على التوازي .

### أ) التشغيل كمحرك:

إذا سرى التيار في ملفات التغذية من E1 إلى E2 يكون A1 هو الطرف الموجب عند الدوران إلى اليمين وعند الدوران إلى اليسار يكون A1 طرف التوصيل السالب. الشكل (٨ - ٤) يبين تشغيل محرك التوازي.

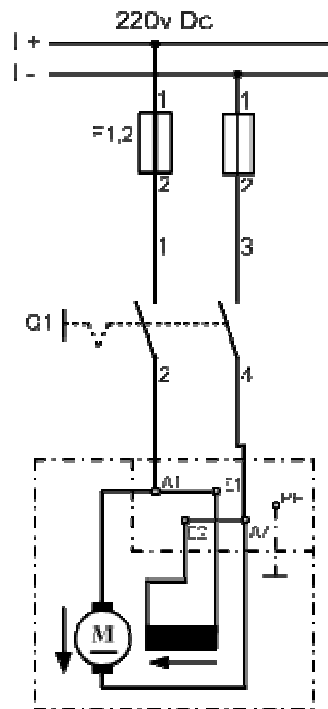


الشكل (٨ - ٤ - أ) محرك تيار مستمر توالٍ دوران إلى اليمين



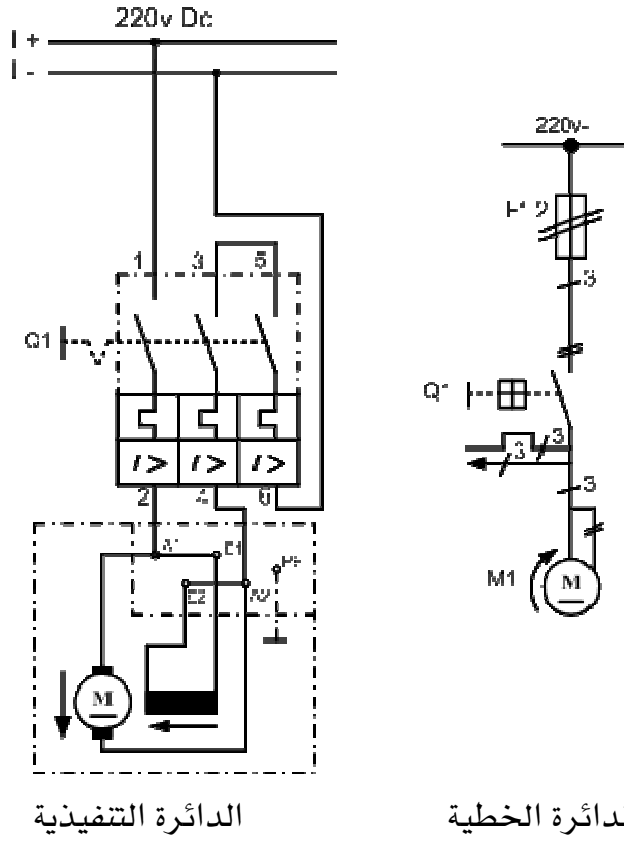
الشكل (٤ - ٨ - ب) محرك تيار مستمر توازي دوران إلى اليسار

و الشكل (٤ - ٩) يبين تشغيل محرك التوازي مع الجمع بين مخطط مسار التيار ومخطط التوصيلات .



الشكل (٤ - ٩) تشغيل محرك تيار مستمر توازي مع الجمع بين مخطط التوصيلات

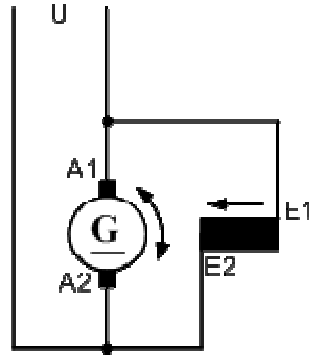
شكل (٤ - ١٠) يبين تشغيل محرك التوازي مع مفتاح وقاية محرك.



الشكل (٤ - ١٠) محرك تيار مستمر توازي مع مفتاح وقاية محرك كمفتاح أجهزة

### ب) التشغيل كمولد:

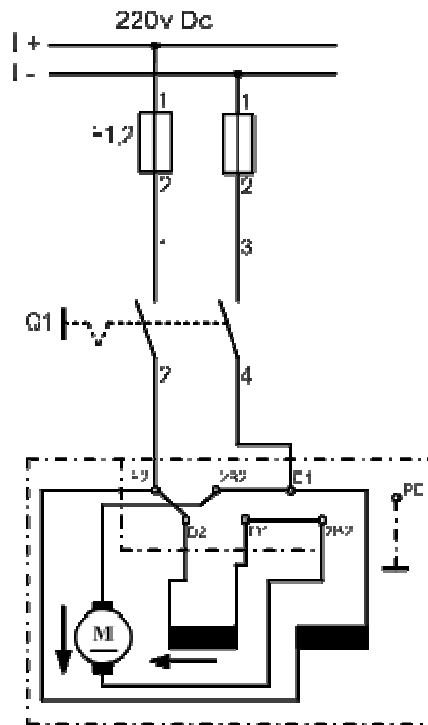
الشكل (١١ - ٤) يوضح التشغيل كمولد.



الشكل (١١ - ٤) مولد تيار مستمر

### ٤ - ٢ - ٤ مخطط التوصيل لآلات التيار المستمر المركب:

في آلات التيار المستمر المركبة يكون على كل قطب رئيس نوعان من لفائف المجال ملفات استثارة على التوازي موصلة مع دائرة عضو الإنتاج وملفات استثارة على التوالي موصلة مع دائرة عضو الإنتاج على التوالي. الشكل (١٢ - ٤) يبين تشغيل محرك مركب مع الجمع بين مخطط مسار التيار ومخطط التوصيلات.

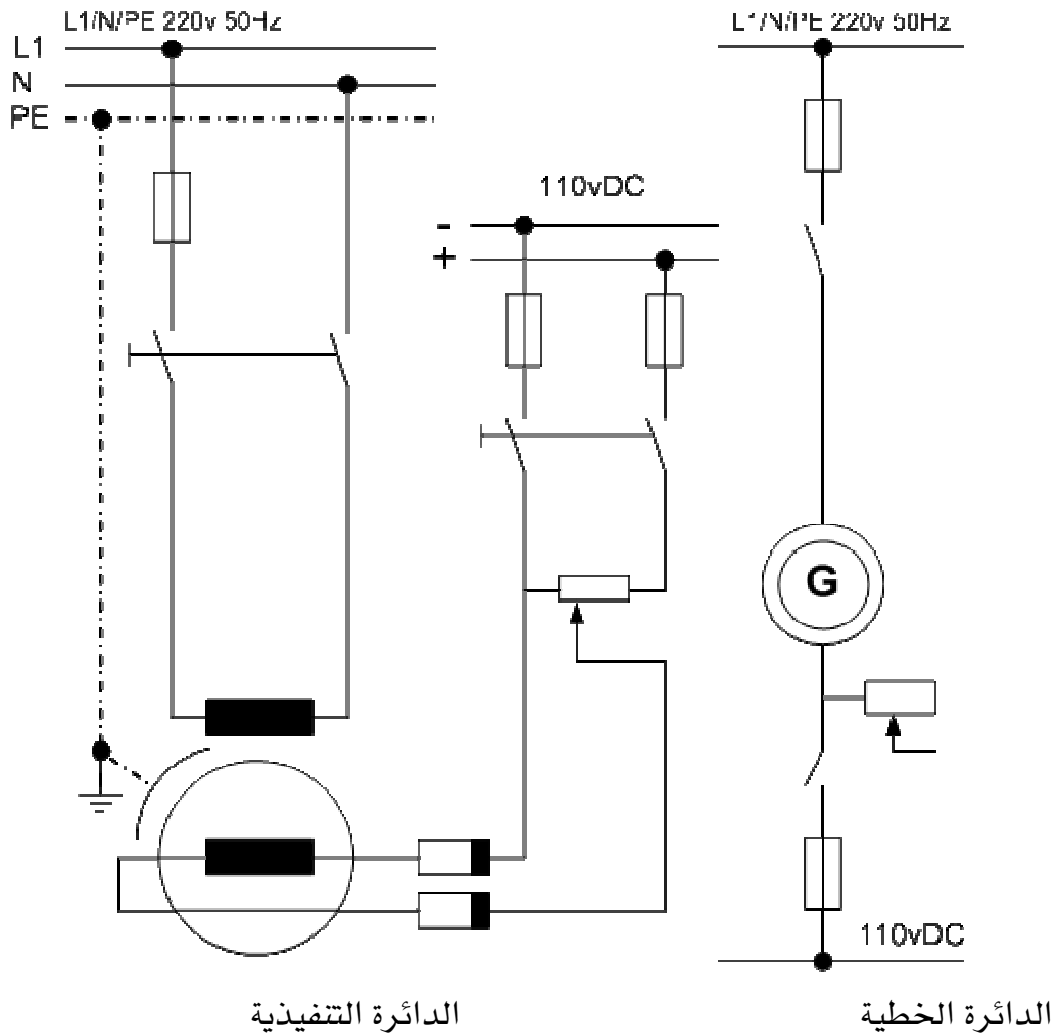


الشكل (١٢ - ٤) محرك تيار مستمر مركب مع الجمع بين مسار التيار ومخطط التوصيلات

#### ٤- ٣ آلات التيار المتردد:

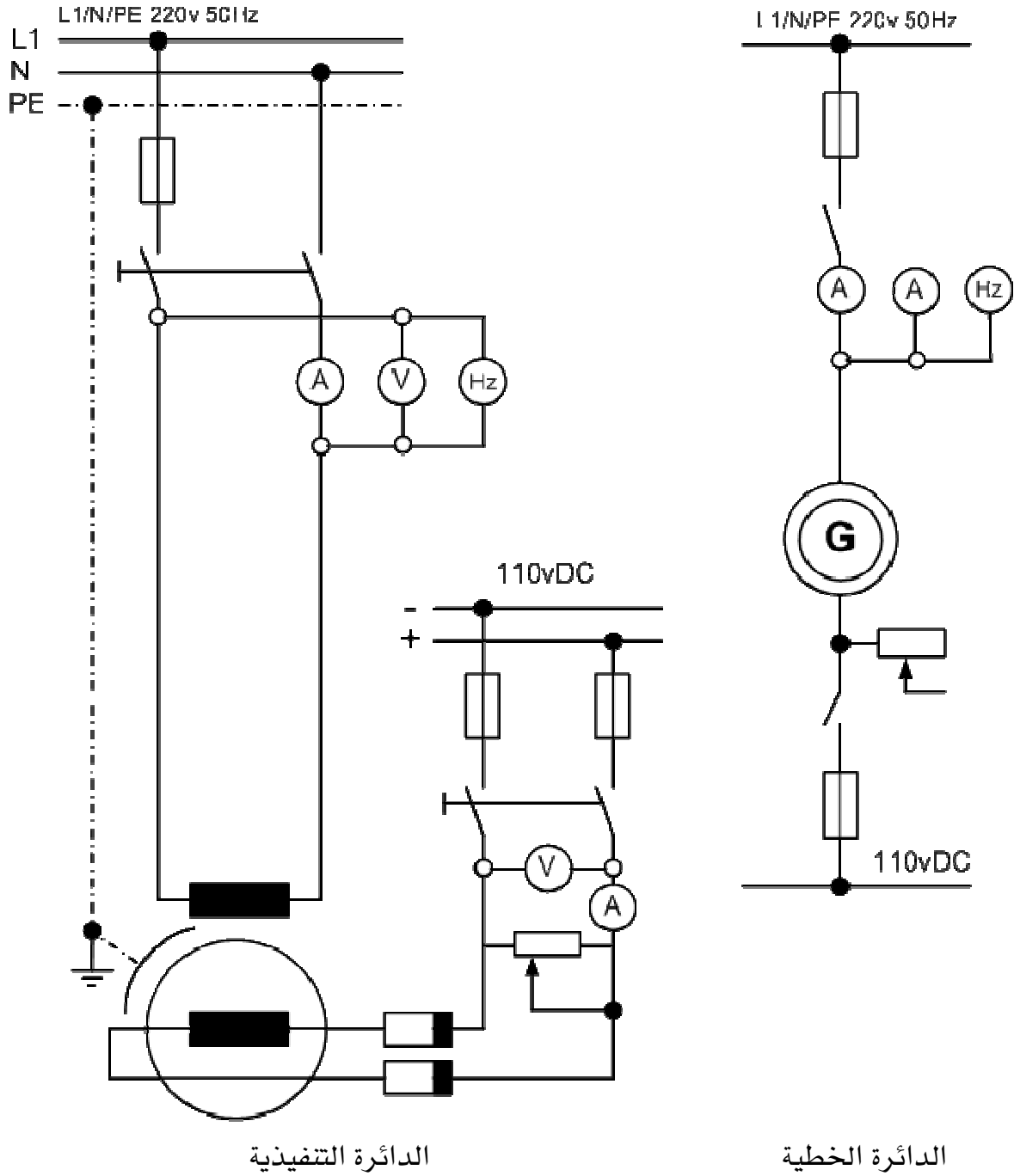
#### ٤- ٣- ١ الدائرة الكهربائية الممثلة للمولدات التزامنية أحادية الوجه:

يتكون المولد التزامني من عضو ساكن وهو عضو استنتاج فقط والعضو الدوار وهو يمثل الأقطاب وهي إما بارزة وتركب في المولدات ذات السرعة المنخفضة وإما غاطسة وتركب في مولدات السرعة العالية. وتغذي ملفات أقطاب المولد بالتيار المستمر للحصول على مجال مغناطيسي ثابت في الأقطاب. مولد التيار المتغير ذو الوجه الواحد قدرته صغيرة ولا يصلح استخدامه في محطات التوليد الكبيرة. شكل (٤- ١٣) يوضح الدائرة الخطية والدائرة التنفيذية لمولد تيار متغير وجه واحد فيه عضو الاستنتاج هو العضو الساكن والأقطاب هي العضو الدائر حيث تغذى من قضبان توزيع التيار المستمر P.N عن طريق حلقات الانزلاق والفرش كما يتم تنظيم تيار التثبيته بمقاومة تنظيم الجهد وهي مقاومة متغيرة موصلة في دائرة التيار المستمر.



شكل (٤- ١٣) الدائرة الخطية والدائرة التنفيذية لمولد تيار متغير وجه واحد

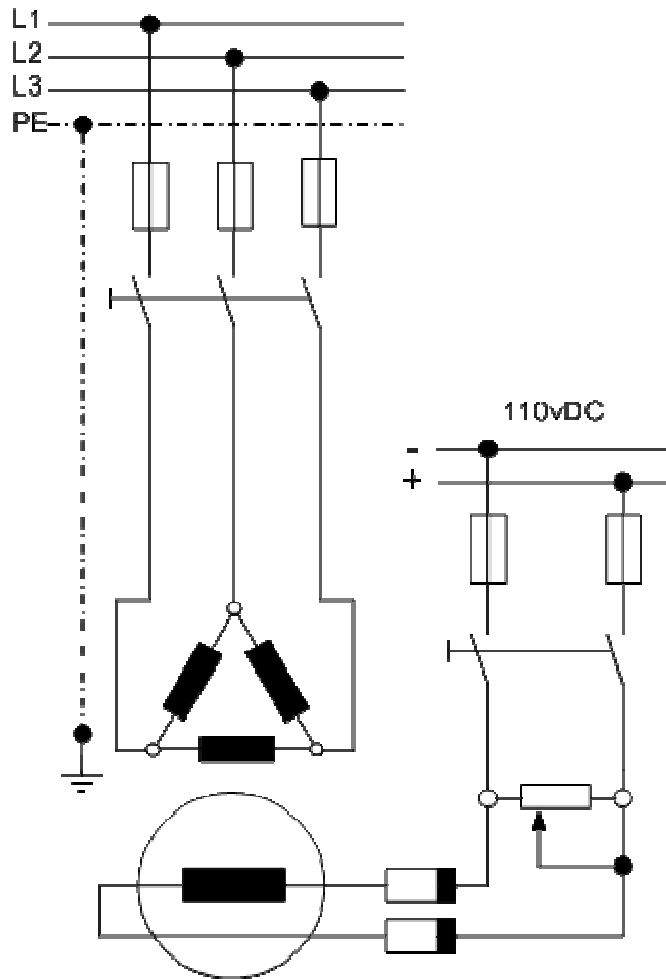
الشكل (٤ - ١٤) يوضح الدائرة الخطية والدائرة التنفيذية لمولد تيار متغير وجه واحد ضغط منخفض موصلة بين أجهزة قياس.



شكل (٤ - ١٤) الدائرة الخطية والدائرة التنفيذية لمولد تيار متغير وجه واحد موصلة مع أجهزة القياس

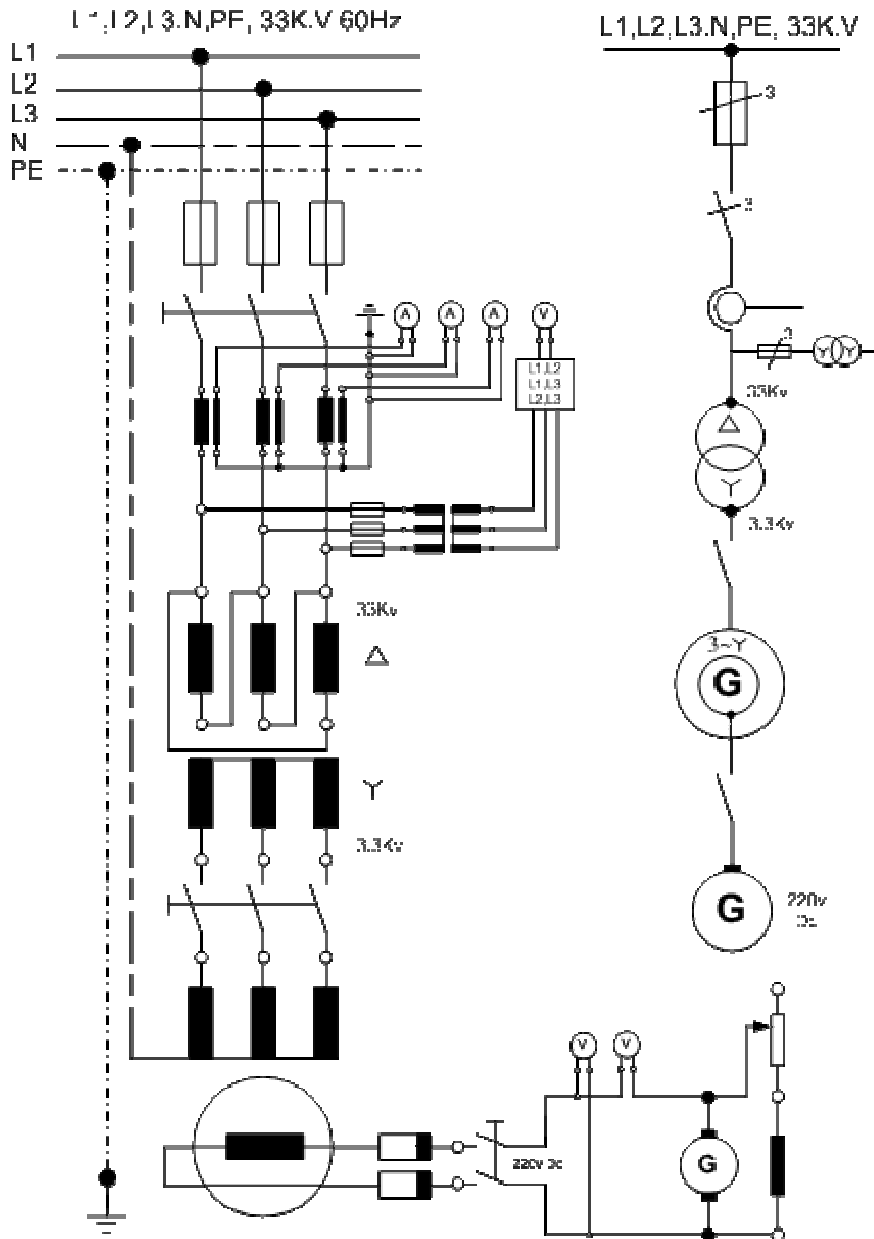
#### ٤ - ٣ - ٢ الدائرة الكهربائية الممثلة للمولدات التزامنية ثلاثية الأوجه :

يتركب المولد التزامني ثلاثي الأوجه من هيكل خارجي وغطاءين جانبيين ، في المحيط الداخلي للهيكل رقائق حديدية مثبتة فيها فتحات المجاري التي تحمل ملفات عضو الاستنتاج حيث يكون ٣ أفرع ملفات منفصلة مرتبة بحيث تكون مزاحة  $120^\circ$  بالنسبة إلى بعضها البعض يمكن أن توصل نجمة أو مثلث. تردد الجهد المتردد يعتمد على عدد أزواج الأقطاب وسرعة دوران المولد. والشكل ( ٤ - ١٥ ) يبين الدائرة التنفيذية لتوصيل مولد تيار متغير ثلاثي الأوجه العضو الساكن هو عضو الاستنتاج الموصلة ملفاته على شكل مثلث ، ويوصل الضغط المتغير المتولد في ملفات عضو الاستنتاج إلى القضبان العمومية مباشرة والقاطع الرئيس لدائرة التيار المتغير من النوع اليدوي الهوائي أما العضو الدائر (الأقطاب) فتتغذى ملفاته من قضبان توزيع التيار المستمر عن طريق حلقات انزلاق وفرش كما يتم تنظيم تيار التنبيه بمنظم جهد (مقاومة متغيرة) موصلة في دائرة التيار المستمر.



الشكل (٤ - ١٥) الدائرة التنفيذية لتوصيل مولد تيار متغير ثلاثي الأوجه

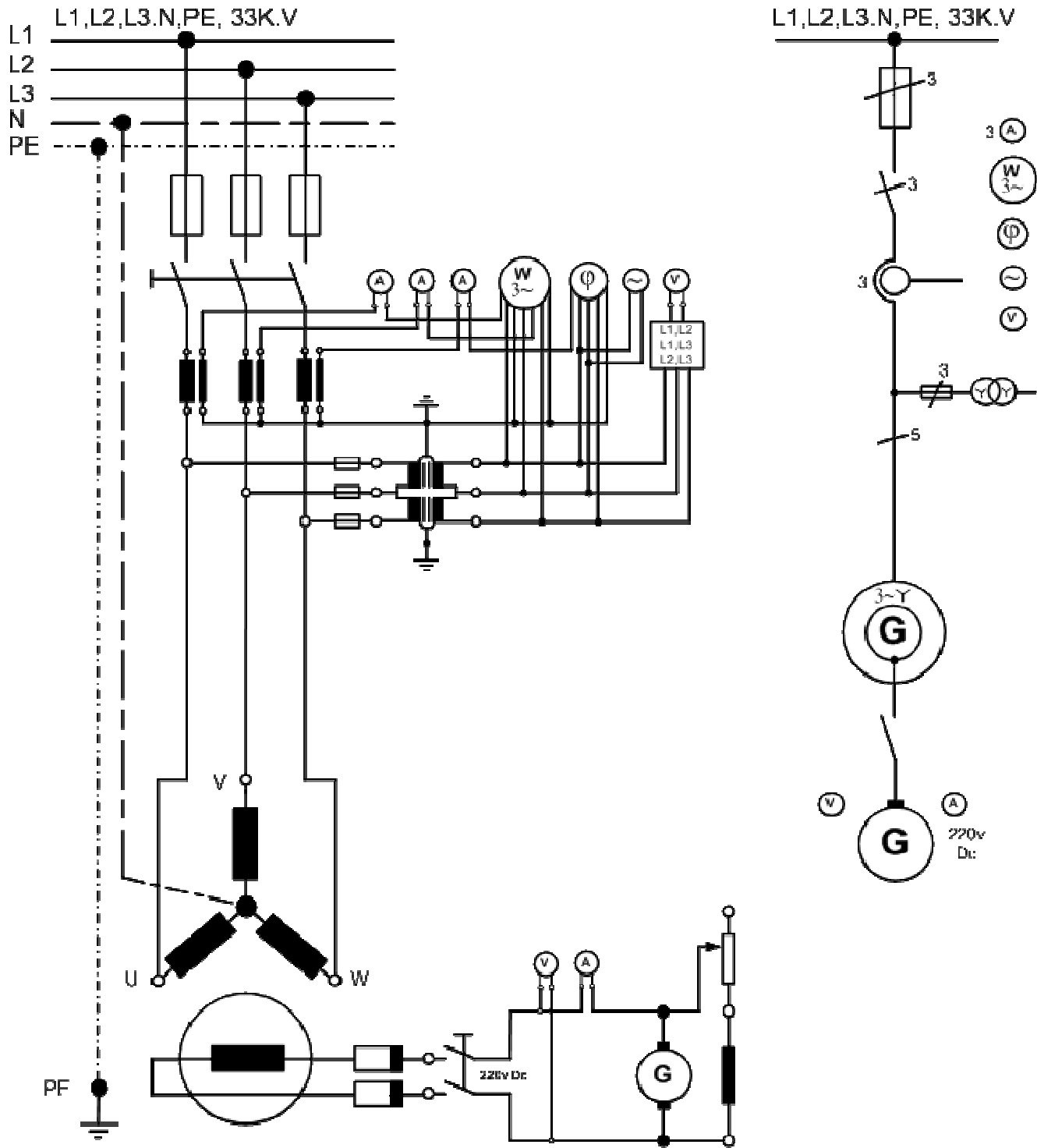
الشكل ( ٤ - ١٦ ) يبين الدائرة الخطية والتنفيذية لتوصيل مولد تيار متغير ثلاثي الأوجه العضو الساكن هو عضو الاستنتاج توصيل ملفاته على شكل نجمة وجهد  $3.3\text{kV}$  تيار متغير وتغذى أقطابه عن طريق مغزٍ بالتيار المستمر بضغط  $220\text{ V}$  ويرفع الجهد المتغير المتولد من المولد باستخدام محول قدرة رفع  $\Delta/Y$  إلى  $33\text{ kV}$  حيث يصل إلى القضبان العمومية المقننة لهذا الجهد علاوة على أجهزة قياس الجهد والتيار باستخدام محولات تيار ومحول جهد ثلاثي الأوجه  $Y/Y$  وذلك في دائرة التيار المتغير ، كذلك شدة التيار وجهد التيار المستمر المغذي للأقطاب باستخدام أميتر وفولت ميتر.



الشكل ( ٤ - ١٦ ) الدائرة الخطية والدائرة التنفيذية لمولد تيار متغير ثلاثي الأوجه يرفع الجهد المتولد باستخدام محول مع أجهزة قياس الجهد والتيار



الشكل ( ٤ - ١٧ ) يوضح الدائرة الخطية والتنفيذية لتوصيل مولد تيار متغير ثلاثي الأوجه العضو الساكن هو عضو الاستنتاج توصل ملفاته على شكل مثلث وجهد  $6 \text{ kV}$  تيار متغير وتغذى أقطابه عن طريق قضبان توزيع للتيار المستمر خلال حلقات انزلاق وفرش . ويتم تنظيم ضغط المولد بتوصيل مقاومة متغيرة توالٍ مع ملفات التنبيه لمغذي الأقطاب. علاوة على أجهزة القياس اللازمة ومحولات القياس الموصلة بها لخفض الجهد والتيار لتشغيل هذه الأجهزة و دائرة تحكم في ملف القاطع تعمل على جهد  $220\text{V}$  لذا استخدم محول جهد وجه واحد لخفض الجهد من  $6 \text{ kV}$  إلى  $220 \text{ V}$ .



الدائرة التنفيذية

الدائرة الخطية

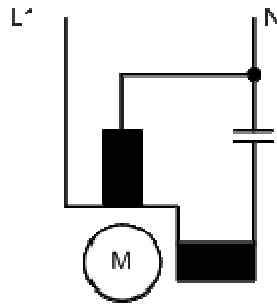
الشكل (٤ - ١٧) الدائرة الخطية والدائرة التنفيذية لمولد تيار متغير ثلاثي الأوجه مزود بوقاية حرارية ضد زيادة التيار مع أجهزة القياس المختلفة

### ٤ - ٣ - ٣ الدائرة الكهربائية المثلثة للمحركات الحثية أحادية الوجه :

في المحرك الحثي أحادي الوجه تتكون ملفات العضو الثابت من فرعين الرئيس (ملفات التشغيل) والفرع المساعد (الملفات المساعدة) وعند لف الآلة نحصل على أفضل الظروف عندما توضع ملفات التشغيل في ثلثي مجرى العضو الدوار الساكن والملفات المساعدة في ثلث هذه المجاري . والعضو الدوار هو من النوع المقصر الدائرة. في المحرك ذي الملفات المساعدة تعتمد خصائص بدء الحركة والتشغيل على توصيل مكثف في الدائرة المساعدة لبعض أنواع المحركات.

#### المحرك الأحادي الوجه مع مكثف التشغيل المستمر :

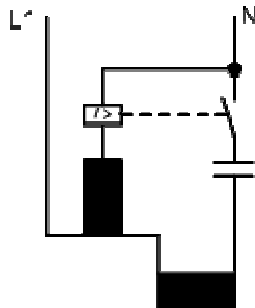
يمتاز بمعامل قدرة جيد الشكل (٤ - ١٨ - أ).



الشكل (٤ - ١٨ - أ) المحرك الأحادي الوجه مع مكثف التشغيل المستمر

#### المحرك الأحادي الوجه مع مكثف بدء التشغيل :

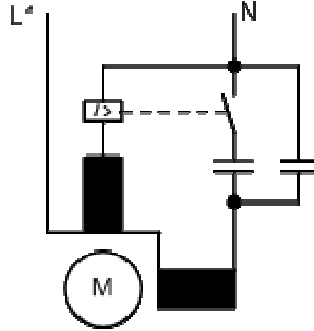
يوصل المرحل الدائرة المساعدة عندما يكون تيار البدء عالياً فقط ويمتاز بعزم دوران بدئي جيد الشكل (٤ - ١٨ - ب).



الشكل (٤ - ١٨ - ب) محرك أحادي الوجه مع مكثف بدء

### المحرك الأحادي الوجه ذو مكثف البدء ومكثف التشغيل :

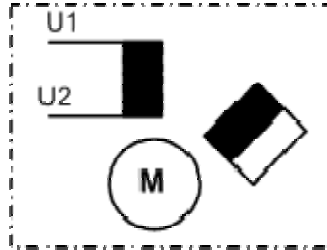
يمتاز بمعامل قدرة جيد عند عزم دوران بدئي عالٍ الشكل ( ٤ - ١٨ - ج ).



الشكل ( ٤ - ١٨ - ج ) محرك أحادي الوجه مع مكثف البدء ومكثف التشغيل المستمر

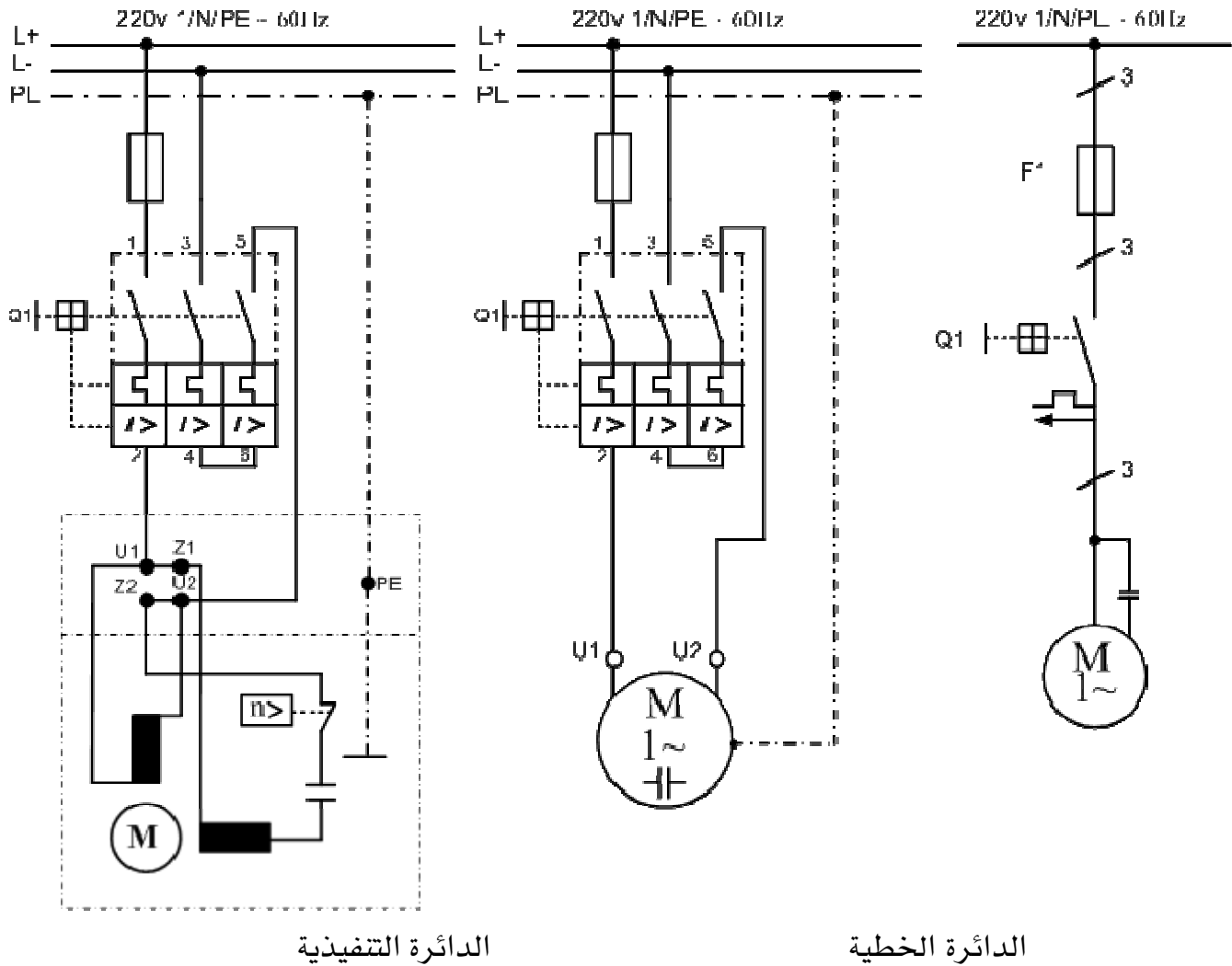
### محرك أحادي الوجه ذو القطب المظلل :

في المحرك ذي القطب المظلل "المشطور" ألواح العضو الساكن لها أقطاب بارزة وقد أزيل جزء من القطب لتكوين مجرى توضع فيه حلقة نحاسية لتقصير الدائرة الشكل ( ٤ - ١٨ - د ).



الشكل ( ٤ - ١٨ - د ) المحرك الأحادي الوجه ذو القطب المشطور

الشكل (٤ - ١٩) يبين مخطط دائرة محرك تيار متغير أحادي الوجه مع مفتاح يدوي لوقاية المحرك ومخطط لمسار التيار.



شكل (٤ - ١٩) محرك التيار المتردد أحادي الوجه مع مفتاح يدوي لوقاية المحرك

#### ٤ - ٣ - ٤ الدائرة الكهربائية المثلثة للمحركات الحثية ثلاثية الأوجه :

تنقسم المحركات الحثية من حيث التركيب إلى نوعين النوع الأول ذو القفص السنجابي والنوع الثاني ذو العضو الدائر الملفوف حلقات الانزلاق.

يتكون العضو الدوار ذو القفص السنجابي من أسطوانة مصنوعة من شرائح من الصلب السليكوني فيها قضبان من الألمنيوم ويتم توصيل نهايات القضبان مع بعضها البعض من الناحيتين بواسطة حلقتين.

أما النوع الثاني ذو العضو الدائر الملفوف "حلقات الانزلاق" فيتكون من ملفات من النحاس المعزول ويتم توصيل الملفات للأوجه الثلاثة للعضو الدوار على شكل نجمة ويتم إكمال دائرة الملفات عبر مجموعة من حلقات الانزلاق وفرش كربونية ومقاومة متغيرة ثلاثية الأوجه على شكل نجمة. وتتميز المحركات ذات العضو الدوار بحلقات انزلاق لها عزم دوران بدئي كبير عند تيار بدء منخفض. يمكن توصيل ملفات العضو الساكن للمحركات الحثية بتوصيلة نجمة أو مثلث.

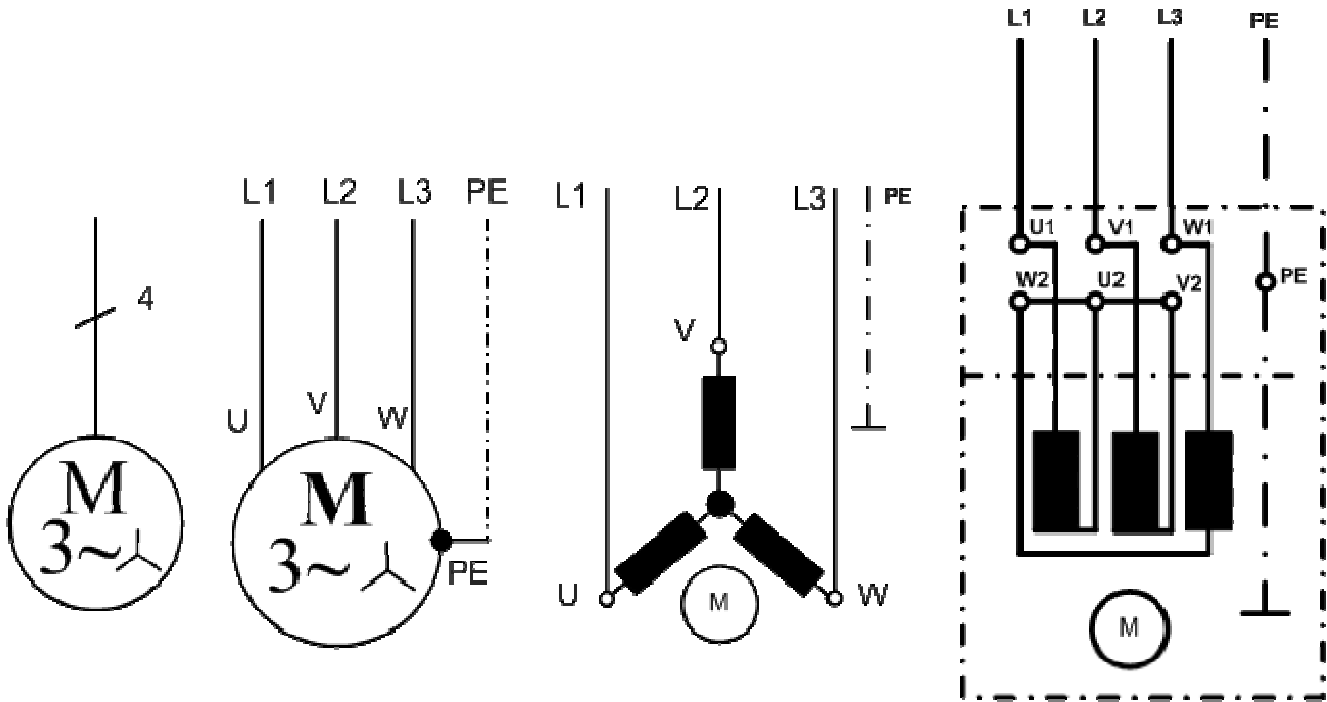
#### أ - توصيلة النجمة:

في توصيلة النجمة يتم توصيل أطراف بداية الملفات أو أطراف نهاية الملفات معاً في نقطة تسمى بنقطة التعادل. في هذه الحالة الجهد بين الخطوط أي بين الأوجه يسمى جهد الخط والجهد بين الخط ونقطة لتعادل يسمى جهد الوجه ويرتبط جهد الخط بجهد الوجه بالعلاقة:

$$\text{جهد الخط} = \sqrt{3} \times \text{جهد الوجه}$$

أما تيار الخط فيساوي تيار الوجه.

الشكل (٤ - ٢٠) يبين توصيلة العضو الساكن توصيلة نجمة.



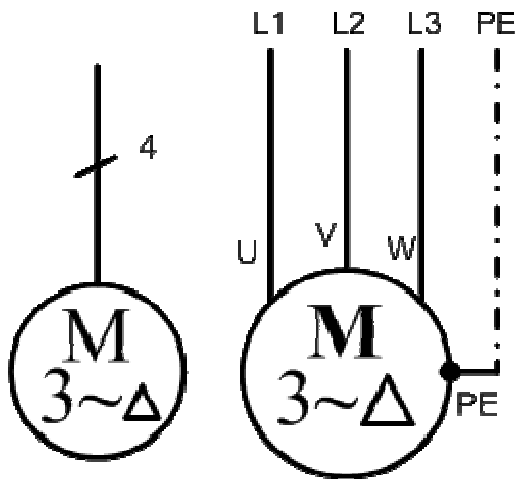
الشكل (٤ - ٢٠) توصيلة العضو الساكن توصيلة نجمة للمحرك ثلاثي الأوجه

### ب- توصيلة المثلث:

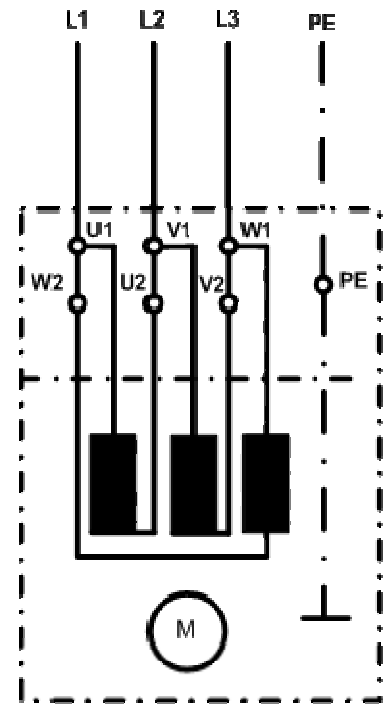
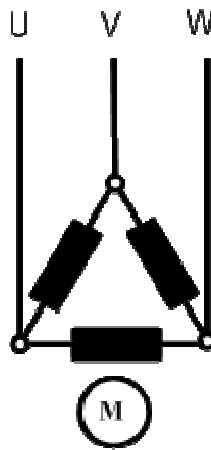
في توصيلة المثلث يتم توصيل بداية الوجه الأول في نهاية الوجه الثاني وبداية الوجه الثاني في نهاية الوجه الثالث وبداية الوجه الثالث في نهاية الوجه الأول. وتكون جهود الخطوط مساوية لجهود الأوجه ويرتبط تيار الخط بتيار الوجه بالعلاقة:

$$\text{تيار الخط} = \sqrt{3} \times \text{تيار الوجه}$$

الشكل (٤ - ٢١) يبين توصيلة العضو الساكن توصيلة المثلث.



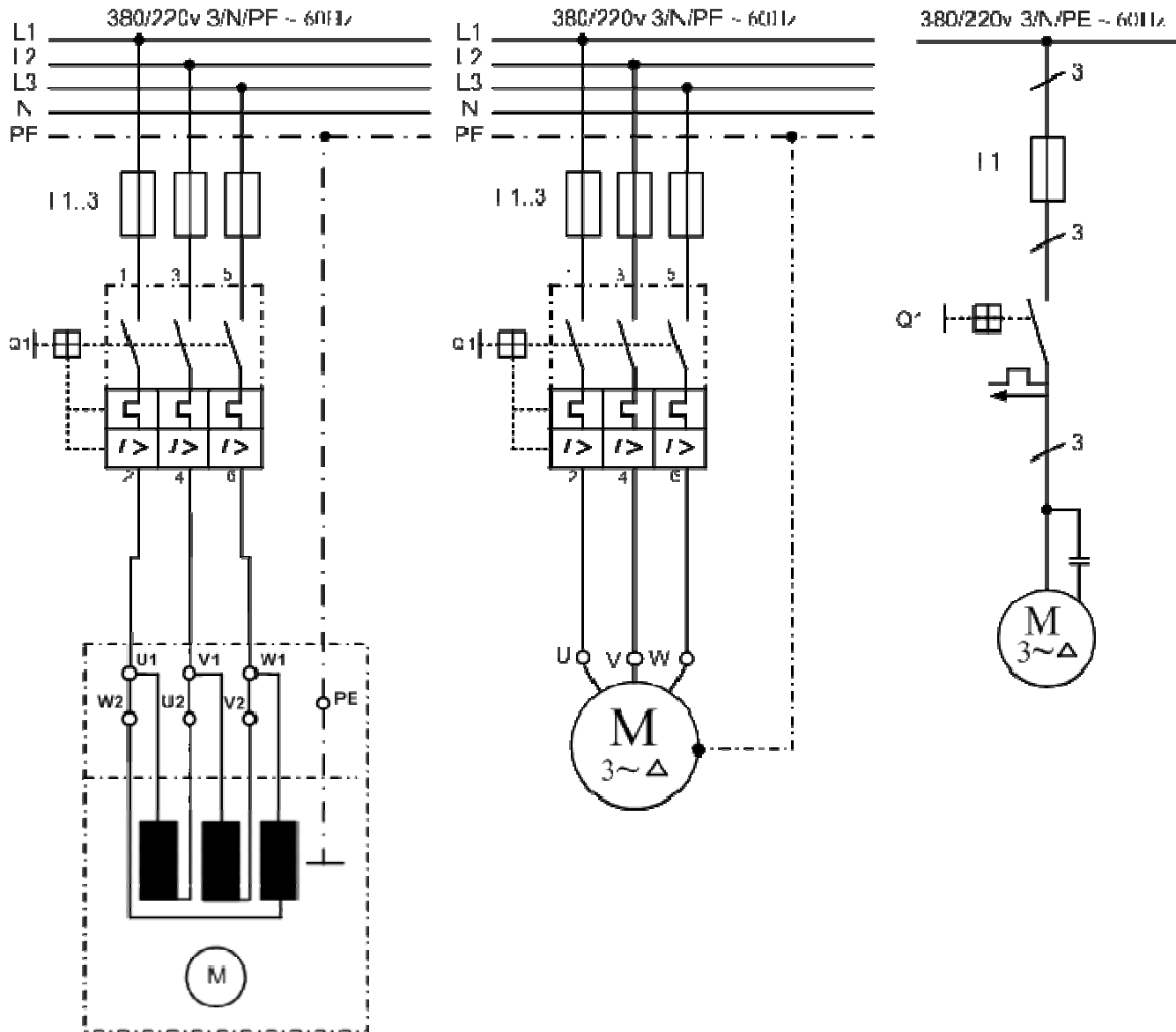
الدائرة الرمزية



الدائرة التنفيذية

شكل (٤ - ٢١) توصيلة العضو الساكن توصيلة المثلث للمحرك ثلاثي الأوجه

الشكل (٤ - ٢٢) يبين محركاً حثياً ثلاثي الأوجه مع مفتاح لوقاية المحرك مع الجمع بين مخطط مسار التيار ومخطط التوصيلات.



الدائرة التنفيذية

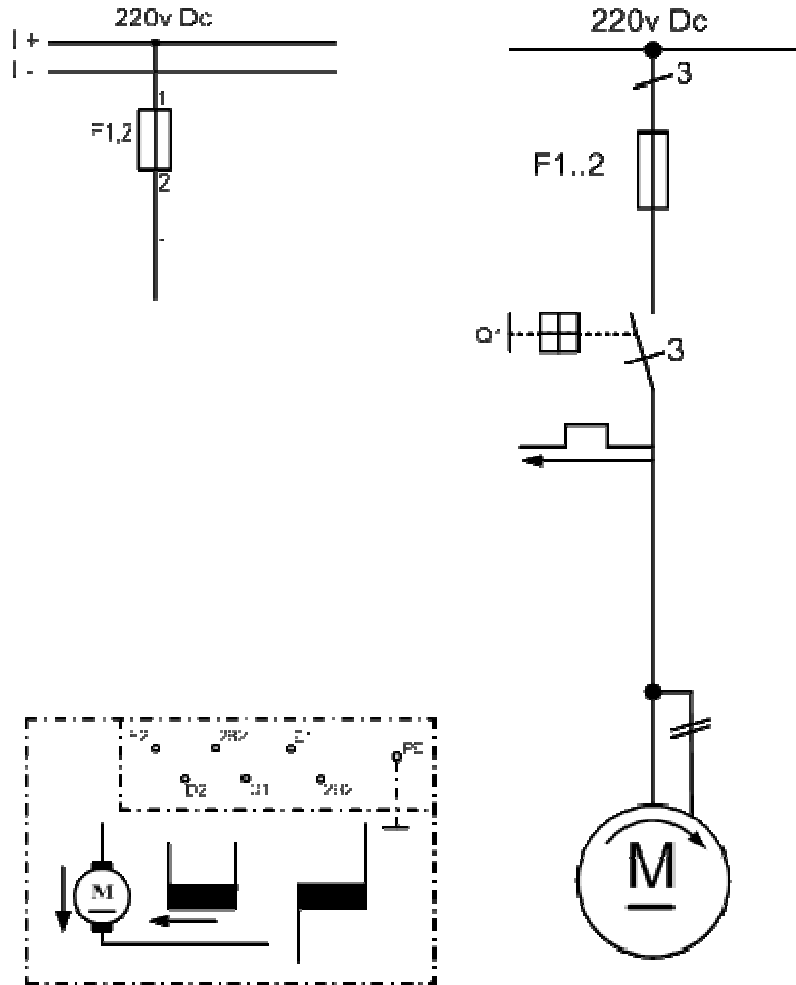
الدائرة الخطية

الشكل (٤ - ٢٢) المحرك الحثي ثلاثي الأوجه مع مفتاح لوقاية المحرك كمفتاح أجهزة



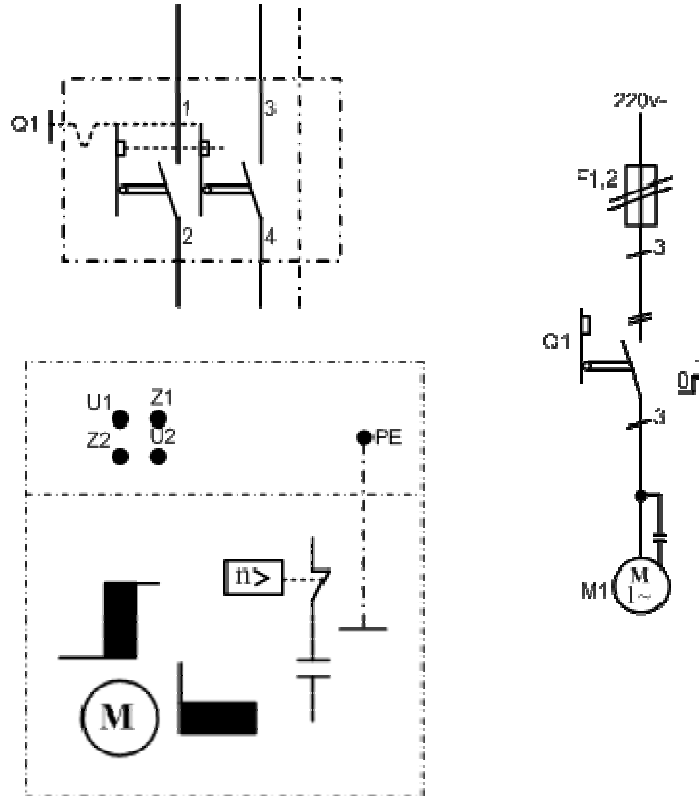
#### ٤ - ٤ - ٤ - ٤ : تمارين:

(١) في شكل (٤ - ٢٣) المحرك ذو الاستثارة "أقطاب" المزدوجة فيه ملفات استثارة "أقطاب" على التوازي وملفات استثارة "أقطاب" على التوالي ، ارسم المخطط الأساسي المعطي رسماً يجمع بين مسار التيار ومخطط التوصيل.



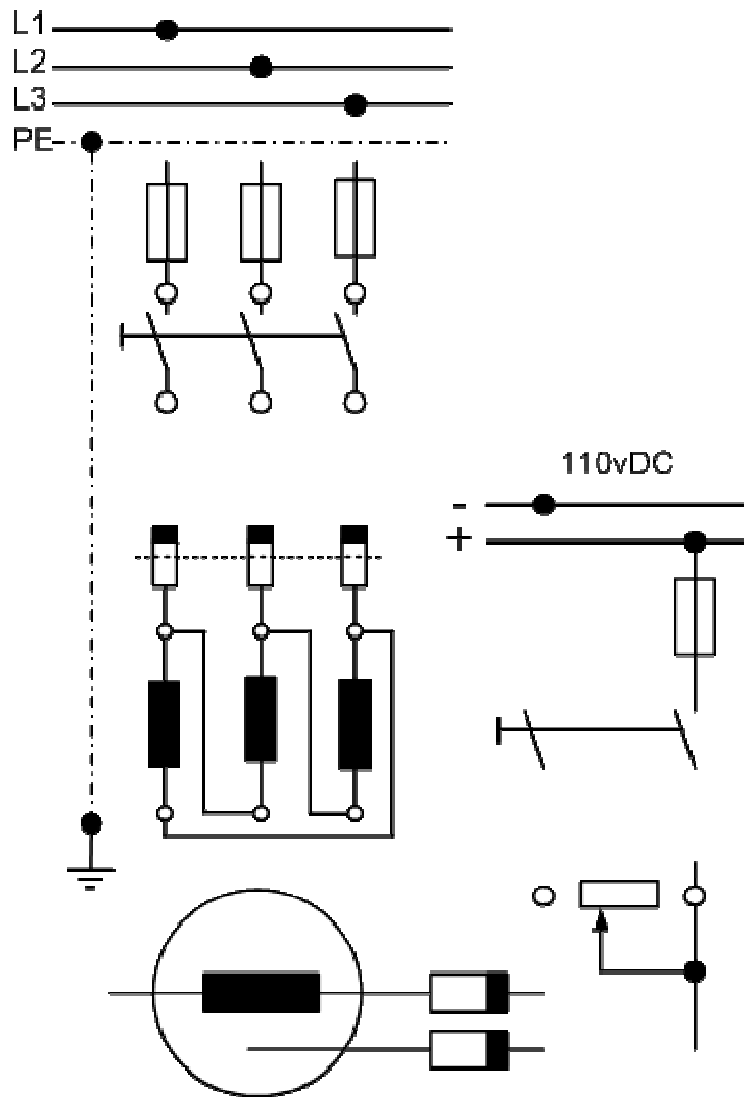
الشكل (٤ - ٢٣) محرك تيار مستمر مركب

(٢) في شكل (٤ - ٢٤) ارسم تمثيلاً متعدد الأقطاب للمخططات الأساسية المعطاة (في الرسم الأول ، الجزء المميز بشكل خاص فقط).



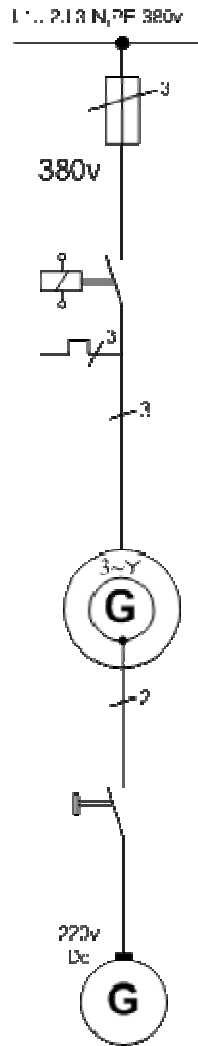
الشكل (٤ - ٢٤) آلات تيار متردد أحادي الوجه بمكثف ومفتاح طرد مركزي

(٣) شكل (٤ - ٢٥) يوضح الرسم التنفيذي لمولد تيار متغير ثلاثي الأوجه موصل مثلث صغير القدرة  
ذا عضو استنتاج دائر وتغذي الأقطاب من قضبان توزيع التيار المستمر. المطلوب إعادة رسم الدائرة  
التنفيذية بعد تكميلها ثم ارسم الدائرة الخطية مع استكمال الأجهزة اللازمة.



الشكل (٤ - ٢٥) مولد تيار متغير ثلاثي الأوجه

شكل (٤ - ٢٦) يوضح الدائرة الخطية لمولد تيار متغير ثلاثي الأوجه  $380\text{ V}$  وهذا المولد يتصل بالقضبان العمومية بقاطع أوتوماتيكي ذي أزرار ضاغطة للتشغيل والإيقاف ومزود بوقاية حرارية ضد زيادة التيار ووقاية مغناطيسية ضد نقص الجهد و تغذى أقطابه بالتيار المستمر من مغنٍ مركب على محور الدوران. المطلوب رسم الدائرة التنفيذية مع بيان أجهزة القياس اللازمة لتشغيل المولد في كل من دائرتي تيار المولد.



الشكل (٤ - ٢٦) مولد تيار متغير ثلاثي الأوجه