المملكة الأردنية الهاشمية
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكهرباء

الرسم الصناعي

الفصل الدراسي الثاني
الصف الثاني عشر

الفرع الصناعي

الناشر

وزارة التربية والتعليم

إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال آرائكم وملحوظاتكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:
هاتف: 8-5/4117304 06، فاكس:4637569 06، ص.ب: 1930، الرمز البريدي: 11118
أو على البريد الإلكتروني VocSubjects.Division@ moe.gov.jo

قررت وزارة التربية والتعليم تدريس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم (2021/79)، تاريخ 2021/5/27م، بدءًا من العام الدراسي 2021/ 2022 م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم
عمان – الأردن/ ص.ب:1930

رقم الإيداع لدى المكتبة الوطنية:
(2021/7/4079)
ISBN:978-9957-84-986-3

لجنة التوجيه والإشراف على هذا الكتاب:

أ.د. راتب حمدان العيسى
أ.د. عصام صالح جلهم
د. مازن عبدالرحيم عرباسي
د. زبيدة حسن أبو شويمة
م. باسل محمود غضية
م. حمد عزات أحمرو
م. محمد عبداللطيف أبورحمة

لجنة تأليف هذا الكتاب:

م. وليد صبري طنينة
د. بلال محمد ربابعة
م. محمد سمير شاهين
م. جبر رشدي العزة

التحرير العلمي: م. محمد عبداللطيف أبورحمة
التحرير اللغوي: نضال أحمد موسى
التصميم: عمر أحمد أبو عليان
الرسم: إبراهيم محمد شاكر
التحريرالفني: نداء فؤاد أبو شنب
الإنتاج: د. هارون عبدالجليل علي

دقق الطباعة وراجعها: م. عاهد حامد العطوي

منهاجي
متعة التعليم الهادف

الطبعة الأولى
1442هـ / 2021م
أعيدت طباعته
2022م

قائمة المحتويات

الفصل الدراسي الثاني

إرشادات تطبيقية			4
الوحدة		الموضوع	الصفحة
الرابعة: الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة	أولًا	عناصر الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة ورموزها	9
	ثانيًا	مخططات الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة	10
الخامسة: محركات التيار المباشر	أولًا	رموز محركات التيار المباشر	36
	ثانيًا	مخططات محركات التيار المباشر	38
السادسة: التحكم الكهربائي والتحكم المنطقي المبرمج	أولًا	عناصر مخططات دارات التحكم الكهربائي ورموزها	73
	ثانيًا	مخططات دارات التحكم الكهربائي	76
مسرد المصطلحات			121
قائمة المراجع			124

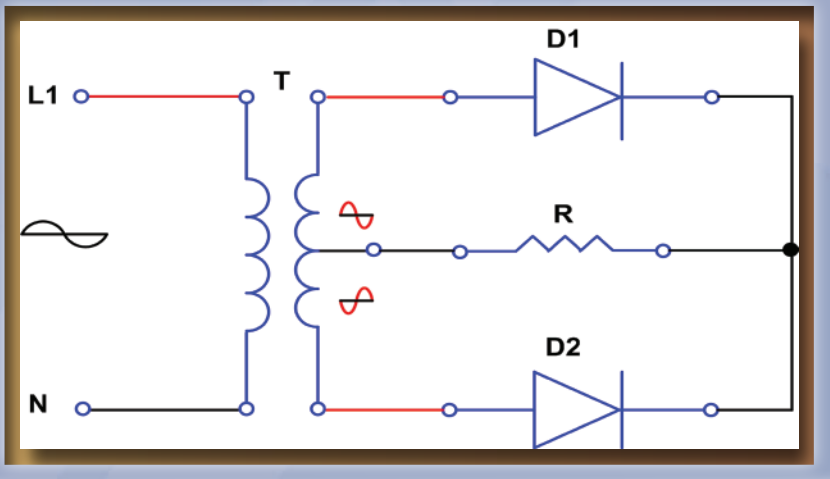
منهاجي
منصة التعليم الهادف

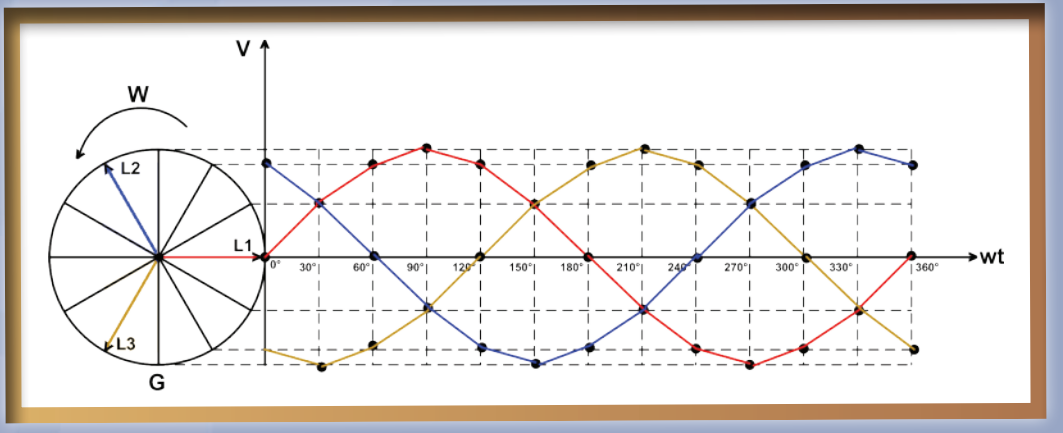
منهاجي
متعة التعليم الهادف

الوحدة الرابعة

الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة

(Electronic Circuits, and Power Electronics)





- كيف يُحوَّل التيار المتناوب إلى تيار مستمر؟
- ما اسم العنصر الإلكتروني المستخدم في تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر؟

تطـورت الأجهـزة الالكترونيـة فـي الآونـة الأخيـرة تطـورًا سـريعًا، وتعـددت مجـالات اسـتخدامها بحيـث شـملت كثيـرًا مـن المجـالات والقطاعـات الصناعيـة، والاسـتخدامات اليوميـة العاديـة.

تُسـهم إلكترونيـات القـدرة بفاعليـة فـي التحكـم فـي أنظمـة القـدرة الكهربائيـة، وفـي الأنظمـة الصناعيـة المعاصـرة، وفـي مصـادر القـدرة، وغيرهـا.

يُتوقَّع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

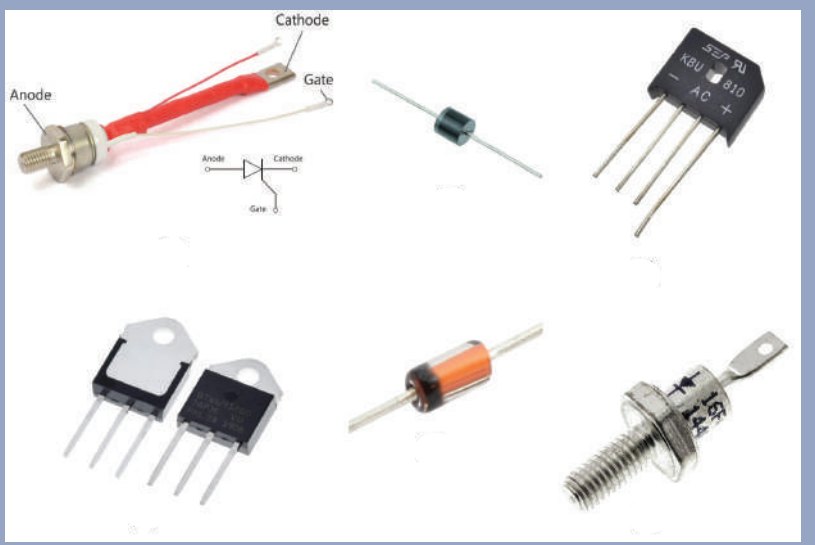
- يُفسِّر الرموز الخاصة بالدارات الإلكترونية، ودارات إلكترونيات القدرة.
- يُفسِّر المصطلحات الخاصة بالدارات الإلكترونية، ودارات إلكترونيات القدرة.
- يقرأ مخطط دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام محول ذي نقطة وسط، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام القنطرة، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تقويم نصف موجة ثلاثية الطور، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تقويم موجة كاملة ثلاثية الطور موصولة على شكل (نجمة-نجمة)، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تقويم موجة كاملة ثلاثية الطور موصولة على شكل (مثلث-نجمة)، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تقويم نصف موجة محكومة باستخدام جهاز ثايرستور، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تقويم موجة كاملة محكومة باستخدام جهاز ثايرستور، ويرسمه.

الوحدة الرابعة: الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة

المحاور الفرعية

أولًا: عناصر الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة ورموزها.

ثانيًا: مخططات الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة تستخدم فيها أجهزة القياس الكهربائية.



استكشف

اقرأ وتعلَّم

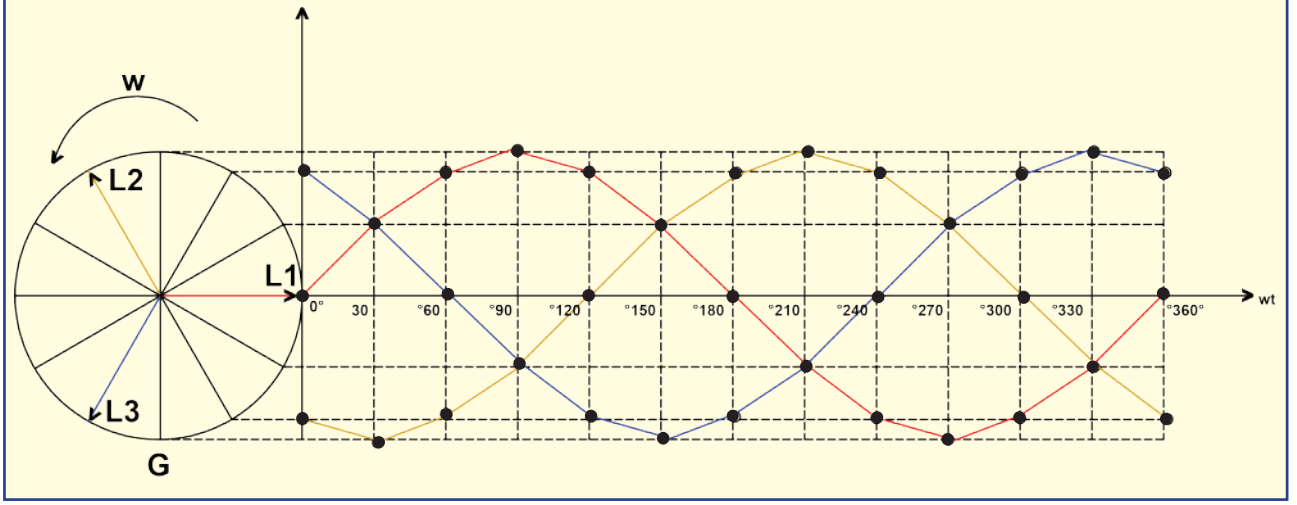
الإثراء والتوسُّع

القياس والتقويم

الخريطة المفاهيمية

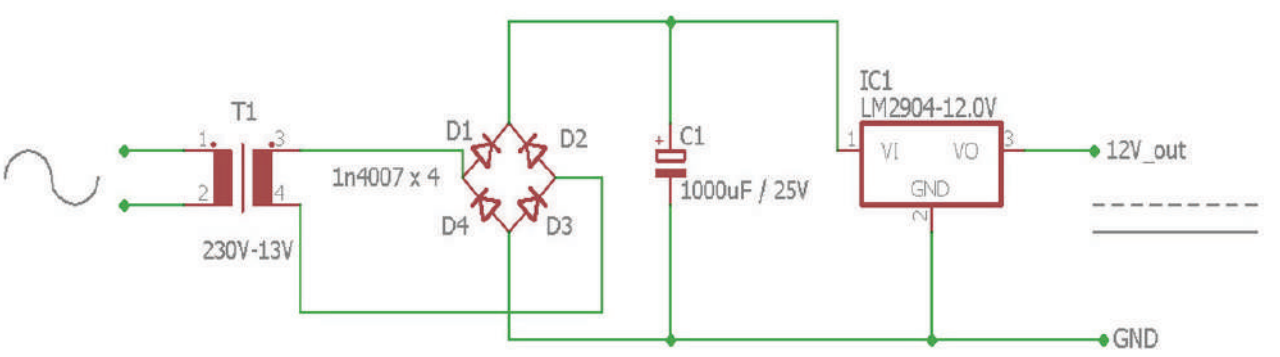
انظر .... وتساءل

فيمَ يستفاد من الموجة المُبيَّنة في الشكل الآتي؟



استكشف

- كيف يمكن تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمر؟
- ما العناصر الإلكترونية المستخدمة في دارات تحويل التيار المتناوب إلى تيار مستمرالمُبينَّة في الشكل الآَتي؟



أولاً : عناصر الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة ورموزها

يُبيّن الجدول الآتي عناصر الدارات الإلكترونية وإلكترونيات القدرة.

المصطلح بالعربية	المصطلح بالإنجليزية	الرمز
ثنائي شبه موصل.	Diode	
مقوم سليكوني محكوم (ثايرستور).	Silicon controlled Rectifier	
مقاومة ثابتة القيمة.	Resistor	
مُحوّل.	Transformer	
مصدر فولتية متناوبة.	Alternating current source	
غلاف عازل.	Insulating Cover	
مواسع.	Capacitor	

المثال (4 - 1)

يُبيّن الشكل (4 - 1) موجة تيار متناوب أحادية الطور، خارجة من مُولّد أحادي الطور(G). يُلاحَظ من المنحنى أن الفولتية (v) تغيَّرت مع زاوية انتقال الموجة بالزوايا نصف القُطْرية (ωt)، وأن الفولتية تصل قيمتها العظمى في الجزء الموجب عند الزاوية (90°)، وتصلها في الجزء السالب عند الزاوية (270°)، وتصل الصفر عند الزوايا: 0°،180°،360°.

في ما يأتي خطوات رسم موجة جيبية أحادية الطور:

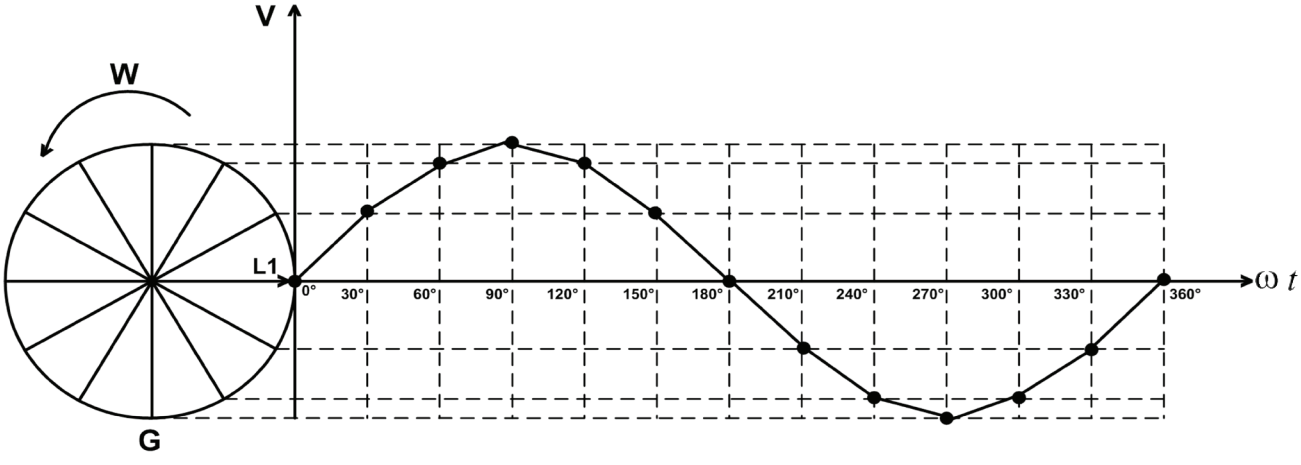
1 - رسم دائرة نصف قُطْرها يساوي اتساع الموجة لدورة واحدة.

2 - تقسيم الدائرة إلى قطاعات متساوية عن طريق تجزئتها إلى زوايا متساوية:30،60،90،120،150، 180،210،240،270،300،330،360.

3 - مَدُّ القُطْر الأفقي للدائرة، وتدريج المحور الناتج بقيم الزوايا المذكورة.

4 - رسم أعمدة من نقاط تدريج المحور، وإسقاط خطوط أفقية عليها من النقاط المُحدَّدة على محيط الدائرة.

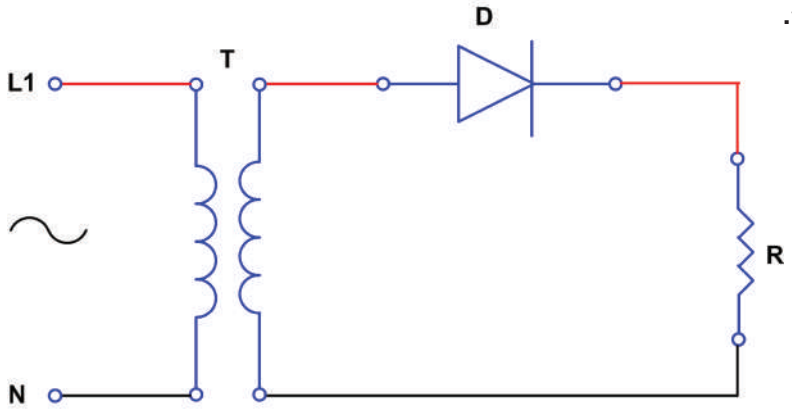
5 - التوصيل بين نقاط تقاطع الأعمدة مع الخطوط الأفقية بخط منحنٍ يمر بها جميعها.



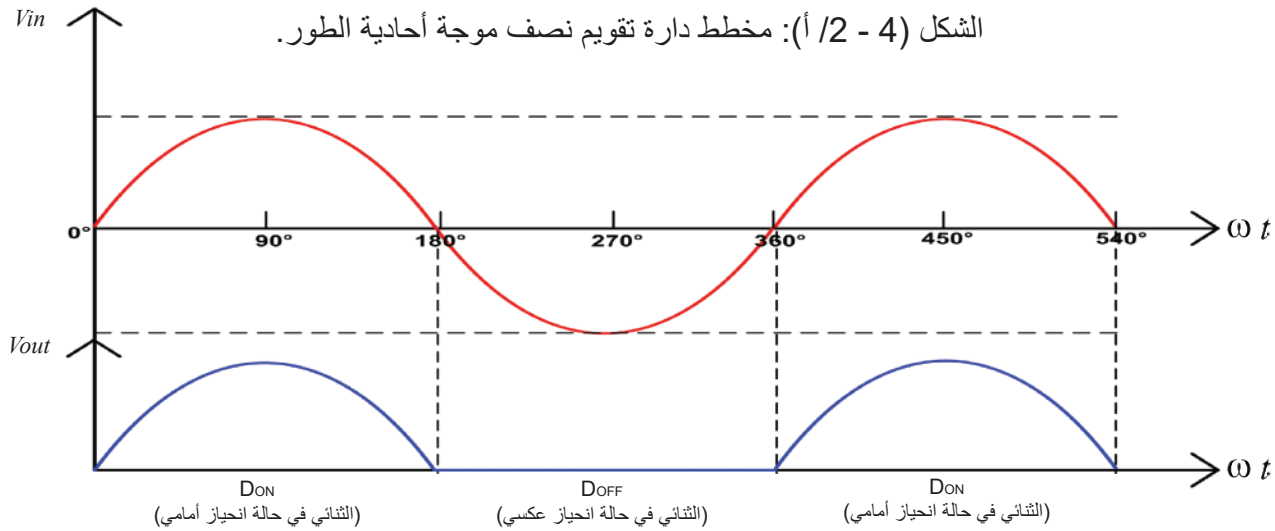
الشكل (4 - 1): مخطط رسم موجة جيبية لفولتية متناوبة أحادية الطور.

المثال (4 - 2)

يُبيّن الشكل (4 - 2/ أ) مخطط دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور، تعمل على تحويل التيار المتناوب إلى تيار مباشر باستخدام الثنائي (D)، ويوصَل فيها الملف الابتدائي للمُحوّل (T) بالمصدر الكهربائي، ويوصَل الملف الثانوي بمصعد الثنائي، ويوصَل المهبط بالحمل (R)، ويوصَل الطرف الثاني للحمل بالطرف الثاني للمُحوّل. أمّا الشكل (4 - 2/ ب) فيُبيّن شكل إشارة فولتية الدخل من المصدر إلى الملف الابتدائي للمُحوّل، وإشارة فولتية الخرج على طرفي الحمل (R). يُلاحَظ من الشكل أنه أمكن الحصول على نصف موجة فقط (الجزء الموجب) من الموجة الكاملة الداخلة.



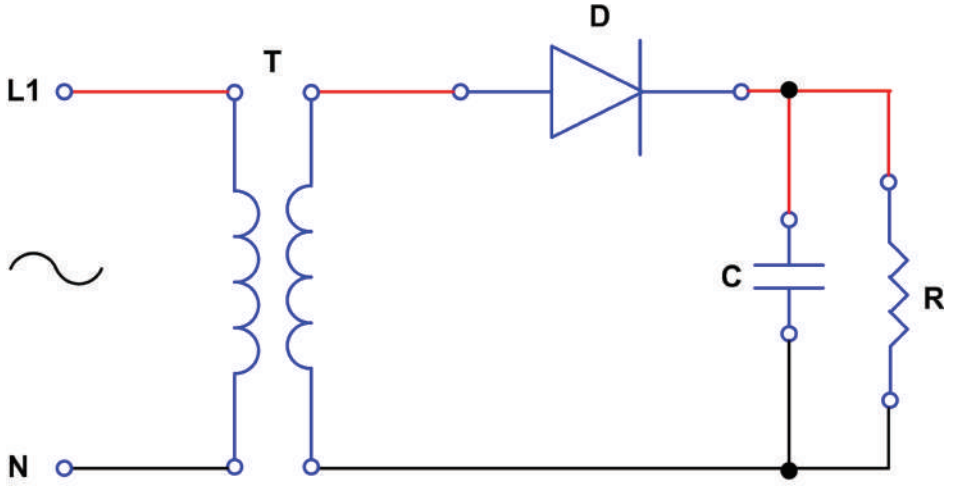
الشكل (4 - 2/ أ): مخطط دارة تقويم نصف موجة أحادية الطور.



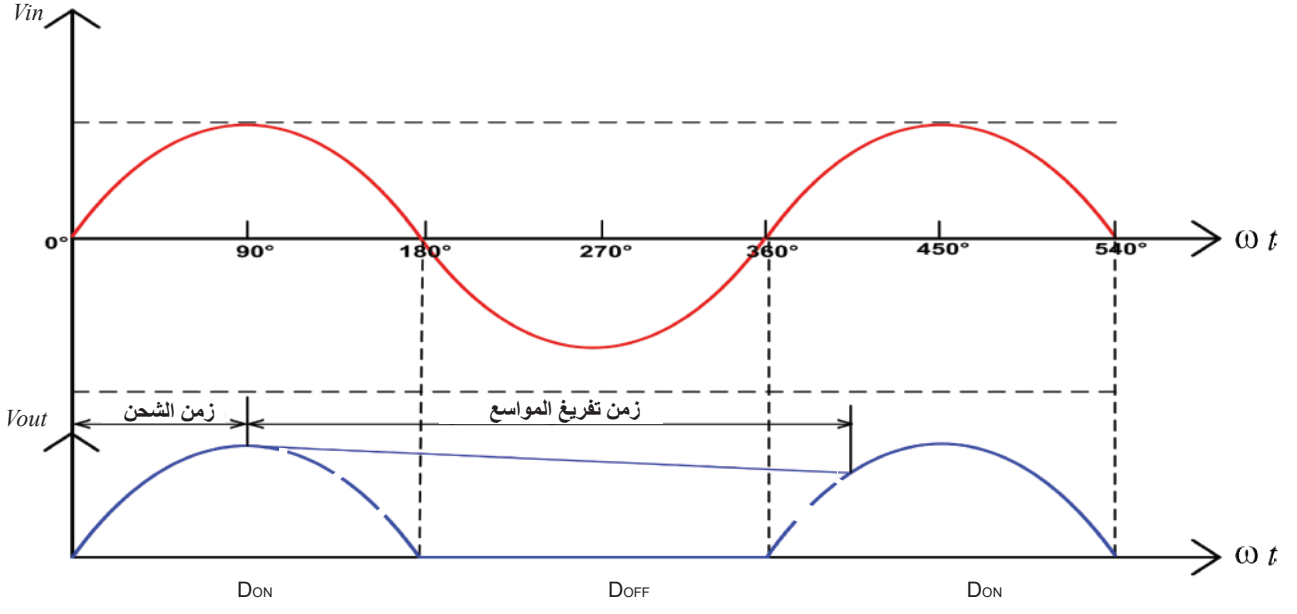
الشكل (4 - 2/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) لدارة تقويم نصف موجة.

المثال (4 - 3)

يُبيّن الشكل(4 - 3/ أ) مخطط دارة تقويم نصف موجة، يستخدم فيها مواسع (C) موصول على التوازي بالحمل (R) لتحسين شكل الإشارة الخارجة، بحيث تصبح ثابتة القيمة تقريبًا، في حين يُبيّن الشكل (4 - 3/ ب) شكل إشارة الدخل من المصدر، وإشارة فولتية الخرج على طرفي الحمل.



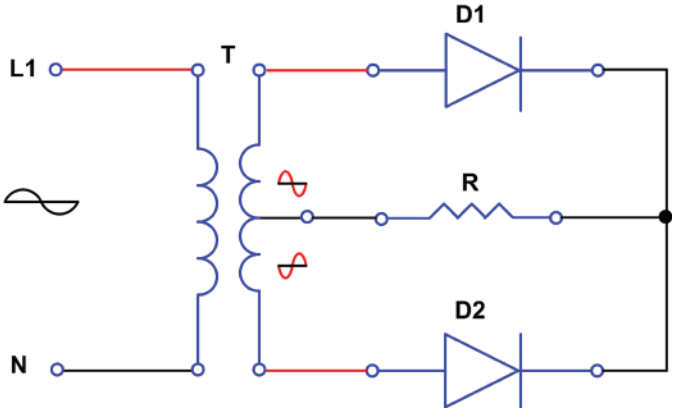
الشكل(4 - 3/ أ): مخطط دارة تقويم نصف موجة بمواسع.



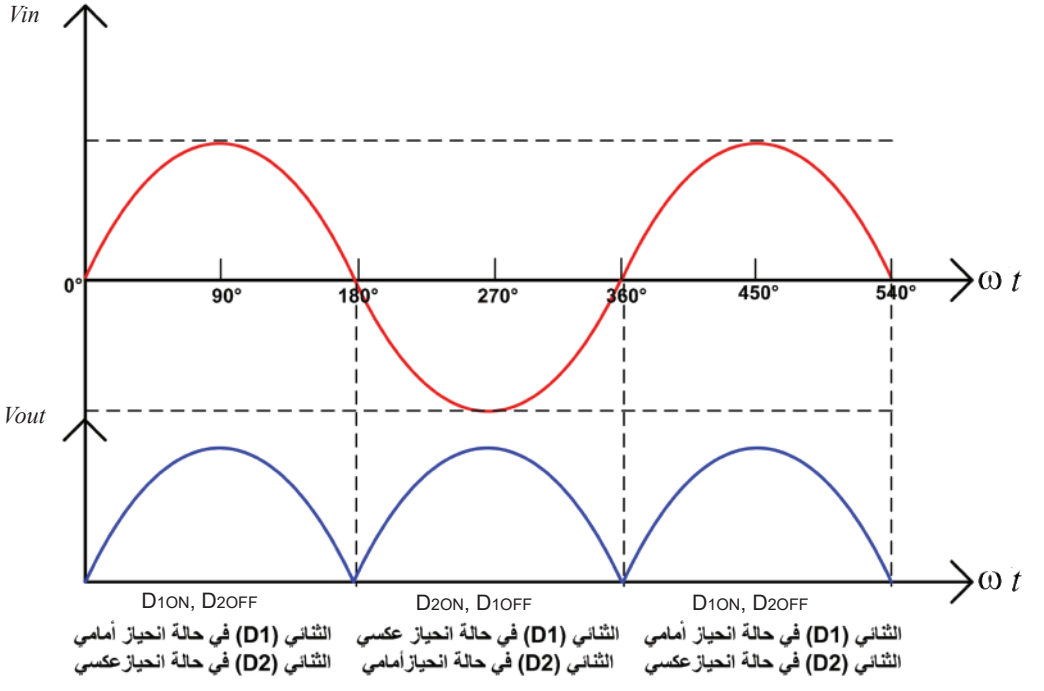
الشكل (4 - 3/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) لدارة تقويم نصف موجة بمواسع.

المثال (4 - 4)

يُبيّن الشكل(4 - 4/ أ) مخطط دارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام مُحوّل ذي نقطة وسط (Center Tapped Transformer). وفيها وُصِل الملف الابتدائي للمُحوّل (T) بالمصدر الكهربائي، ووُصِلت بداية الملف الثانوي بالثنائي (D1)، ووُصِلت نهايته بالثنائي (D2)، ووُصِلت نقطة الوسط بالحمل (R)، ووُصِل طرفا المهبط للثنائيين بالطرف الثاني للحمل. أمّا الشكل (4 - 4/ ب) فيُبيّن شكل الإشارة الداخلة من المصدر للملف الابتدائي، وشكل الإشارة الخارجة على طرفي الحمل. يُلاحَظ من الشكل أنه أمكن الحصول على نصفي الموجة في اتجاه واحد عن طريق الثنائيين.



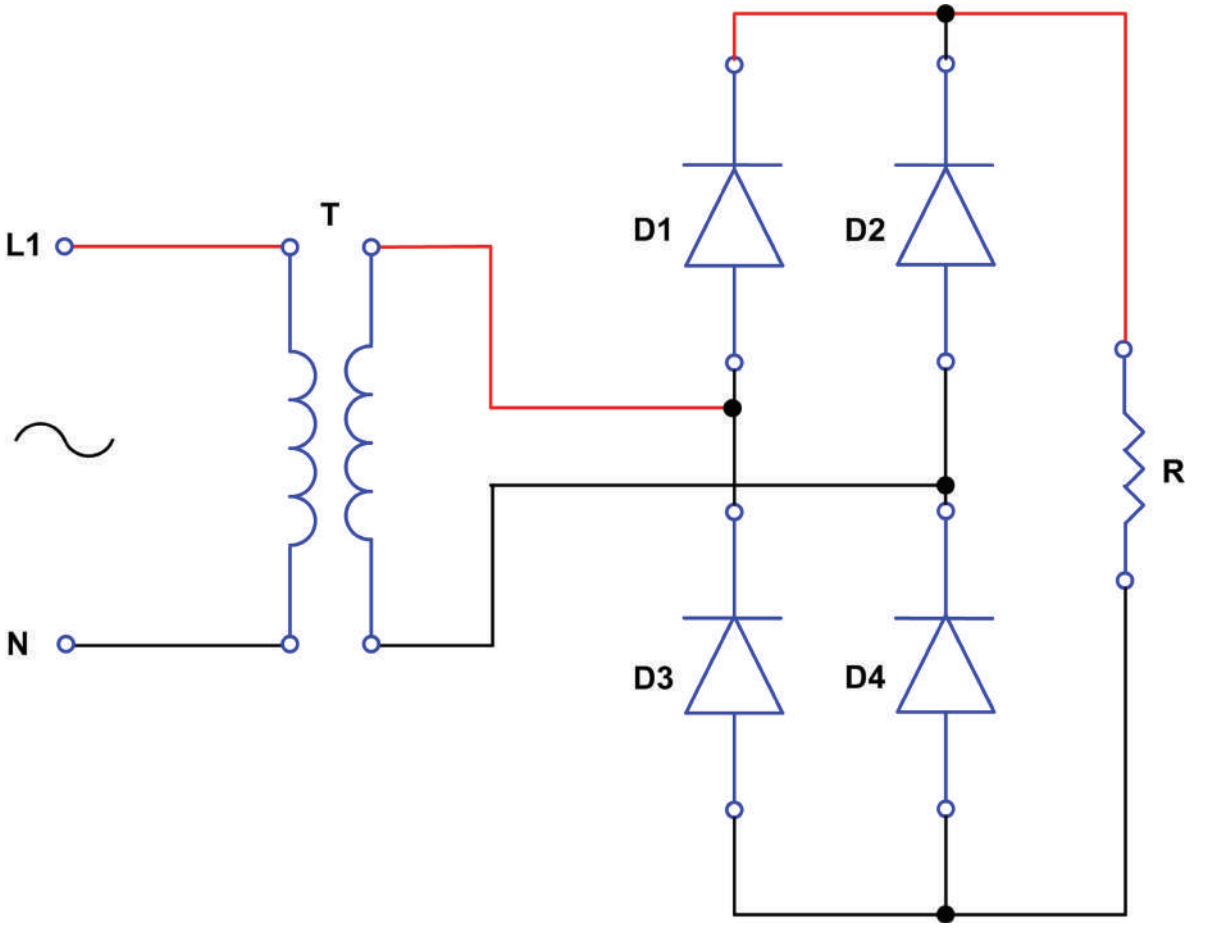
الشكل(4 - 4/ أ): مخطط دارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام مُحوّل ذي نقطة وسط.



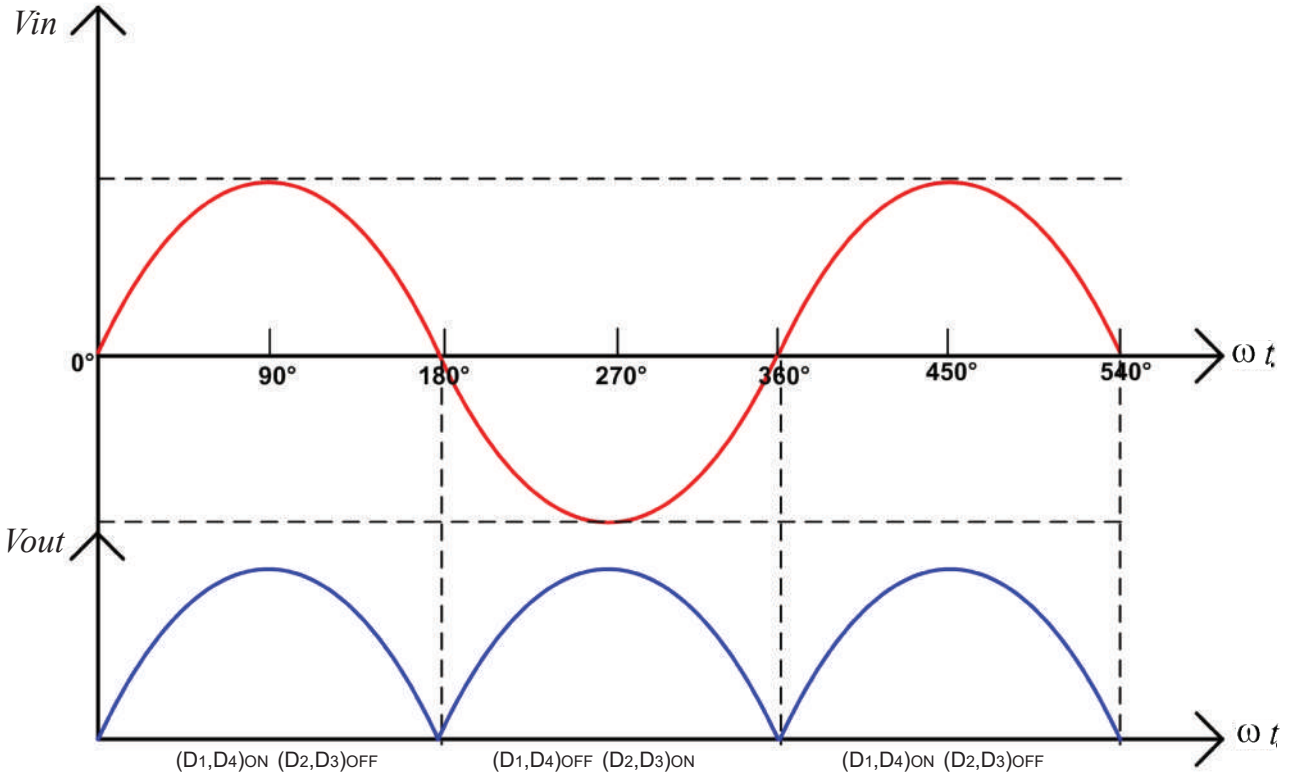
الشكل (4 - 4/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) لدارة تقويم موجه كاملة أحادية الطور باستخدام مُحوّل ذي نقطة وسط.

المثال (4 - 5)

يُبيّن الشكل (4 - 5/ أ) مخطط دارة تقويم أحادية الطور باستخدام القنطرة. ويُلاَحظ من الشكل أنه استُغِني عن مُحوّل نقطة الوسط، واستُخدِم مُحوّل عادي بدلًا منه، وأُضيفت ثنائيات ليصبح عددها أربعة ثنائيات شبه موصلة. وفيها وُصِل الملف الابتدائي للمُحوّل (T) بالمصدر الكهربائي، ووُصِل أحد أطراف الملف الثانوي بالثنائيين (D1) و (D3) ووُصِل الطرف الآخر بالثنائيين (D2) و (D4)، ووُصِل طرفا المهبط للثنائيين (D1) و (D2) بالحمل (R)، ووُصِل طرفا المصعد للثنائيين (D3) و (D4) بالطرف الآخر من الحمل. أمّا الشكل (6 - 1/ ب) فيُبيّن شكل الإشارة الداخلة من المصدر للملف الابتدائي، وشكل الإشارة الخارجة على طرفي الحمل. ويُلاحَظ من الشكل أنه أمكن الحصول على نصفي الموجة في اتجاه واحد.



الشكل (4 - 5/ أ): مخطط دارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام القنطرة.



الشكل (4 - 5/ ب): إشارة فولتية الدخل *(Vin)* وإشارة فولتية الخرج *(Vout)* لدارة تقويم موجه كاملة أحادية الطور باستخدام القنطرة.

نشاط

ارسم مخطط دارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام القنطرة، ومواسع (C) لتحسين شكل الإشارة الخارجية، ثم ارسم إشارة فولتية الدخل *(Vin)*، وإشارة فولتية الخرج *(Vout)* لها.

المثال (4 - 6)

يُبيّن الشكل (4-6) موجة تيار متناوب ثلاثية الطور. يُلاحَظ من الشكل وجود فرق في الطور بين الأطوار الثلاثة (L1,L2,L3) بمقدار (120°).

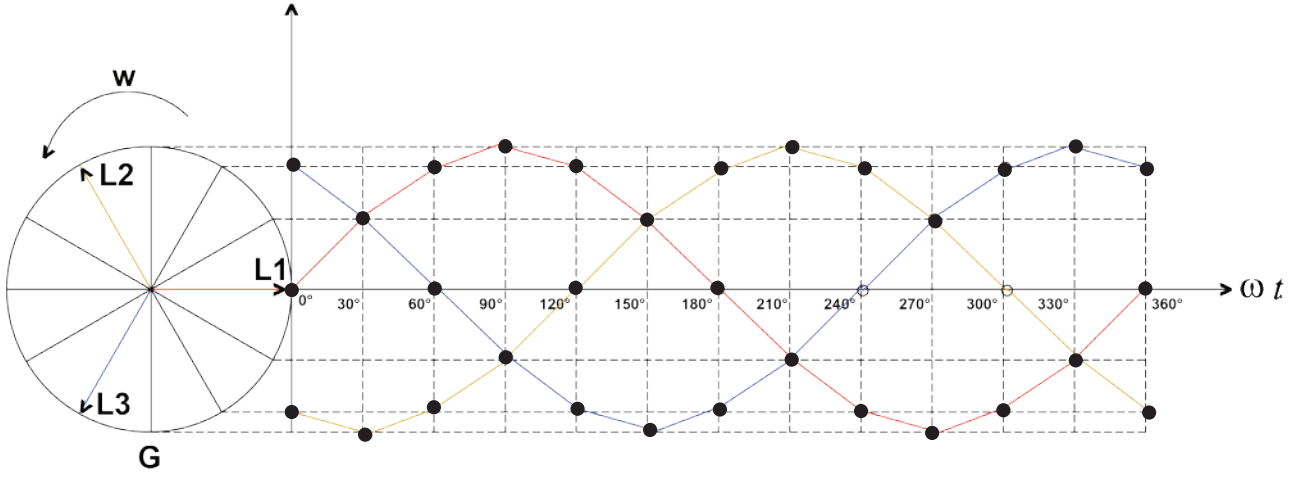
حيث:

- اللون الأحمر: يُمثِّل إشارة (L1) التي تبدأ من الزاوية (0°).

- اللون الأصفر: يُمثِّل إشارة (L2) التي تبدأ من الزاوية (120°).

- اللون الأزرق: يُمثِّل إشارة (L3) التي تبدأ من الزاوية (240°).

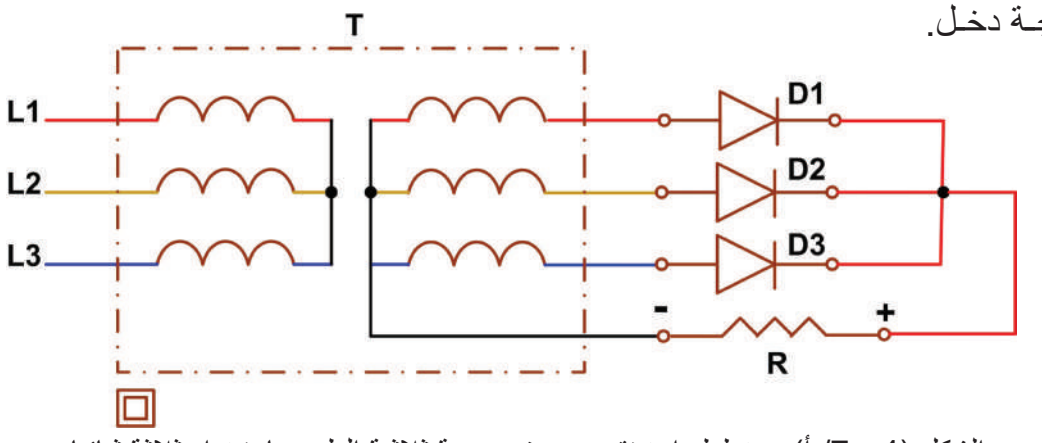
لرسم هذه الموجة، تُتَّبَع نفس خطوات رسم الموجة الجيبية أحادية الطور، ولكن بوجود ثلاث موجات بينها إزاحة طورية بمقدار (120°).



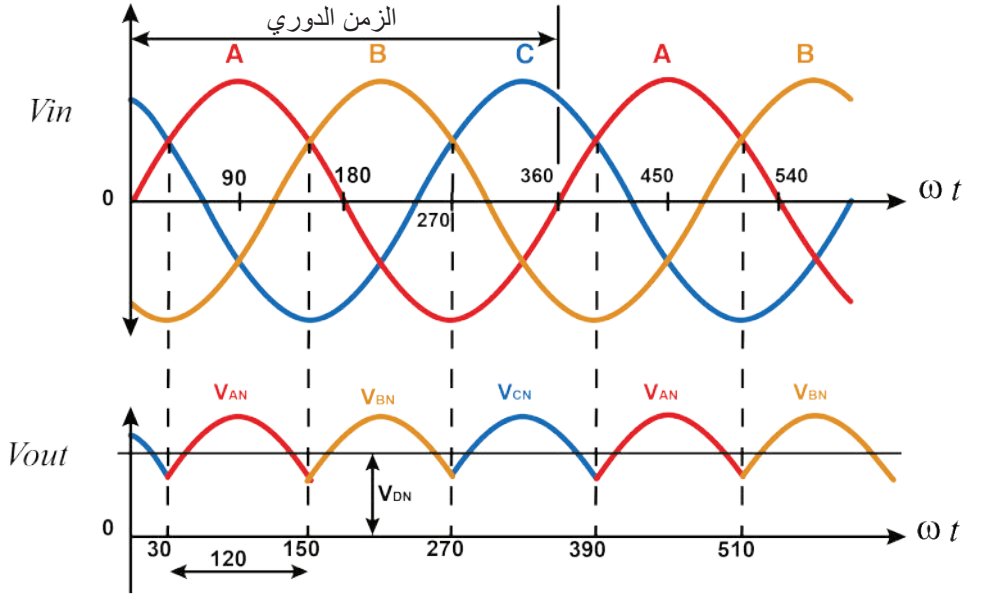
الشكل (4 - 6): مخطط رسم موجة جيبية لفولتية متناوبة ثلاثية الطور.

المثال (4 - 7)

يُبيّن الشكل (4 - 7/ أ) مخطط دارة تقويم نصف موجة ثلاثية الطور باستخدام ثلاثة ثنائيات شبه موصلة بمُحوّل ثلاثي الطور (T) على شكل (نجمة - نجمة). يُلاحَظ من الشكل أن الملف الابتدائي وُصِل بالمصدر الكهربائي، وأن كل مصعد من مصاعد الثنائيات الثلاثة وُصِل بأحد أطراف الملف الثانوي، وأن أطراف مهابط الثنائيات قُصِرت، ووُصِلت بطرف الحمل (R)، وأن الطرف الثاني للحمل وُصِل بنقطة التعادل للملفات الثانوية من المُحوّل. أمّا الشكل (4 - 7/ ب) فيُبيّن شكل الإشارة الداخلة من المصدر إلى الملف الابتدائي، وشكل الإشارة الخارجة على طرفي الحمل. يُلاحَظ من الشكل أن ثنائيًّا واحدًا في حالة وصل، وأن الثنائيين الآخرين في حالة فصل لكل موجة دخل.



الشكل (4 - 7/ أ): مخطط دارة تقويم نصف موجة ثلاثية الطور باستخدام ثلاثة ثنائيات.

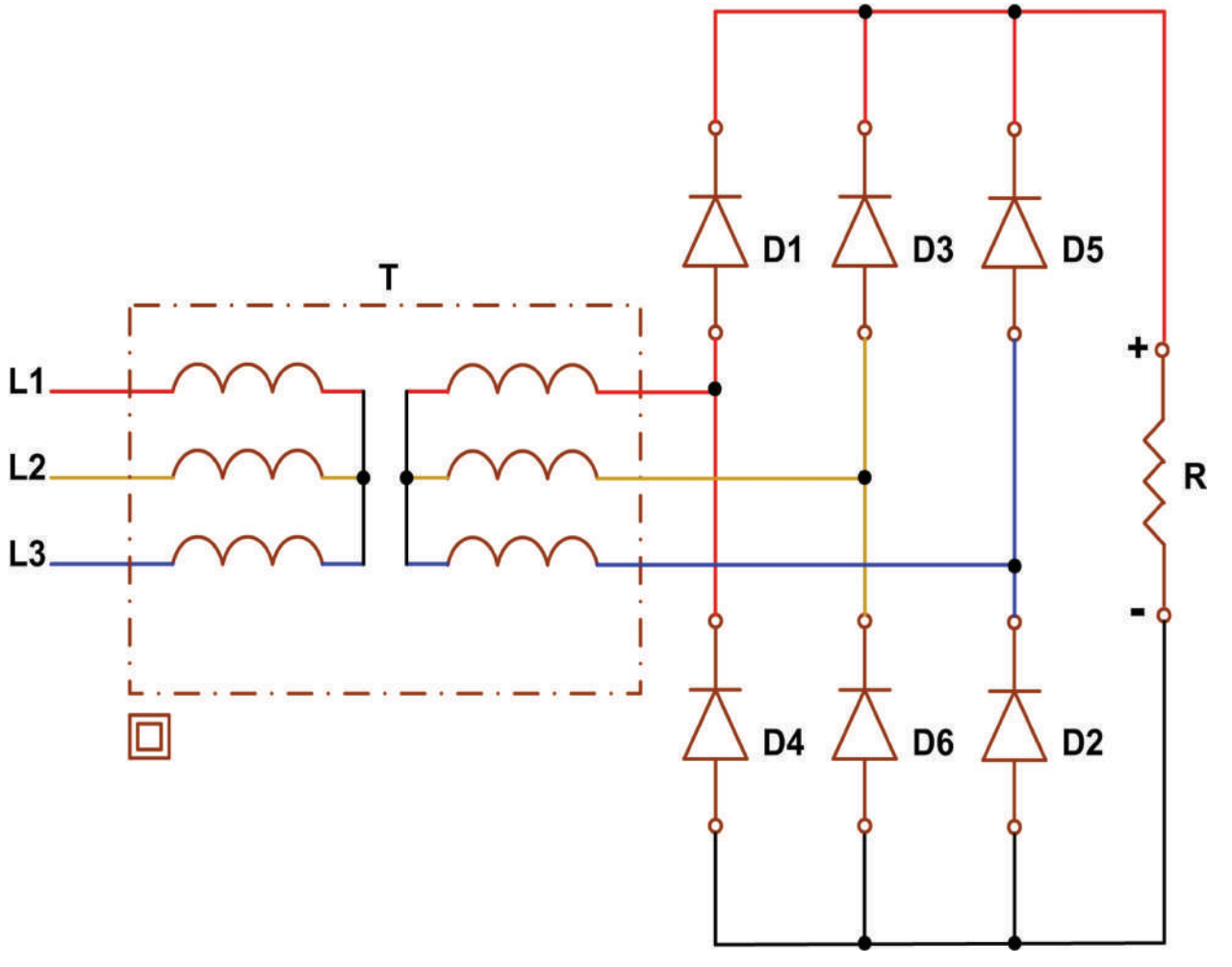


الشكل (4 - 7/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) لدارة تقويم نصف موجة ثلاثية الطور باستخدام ثلاثة ثنائيات.

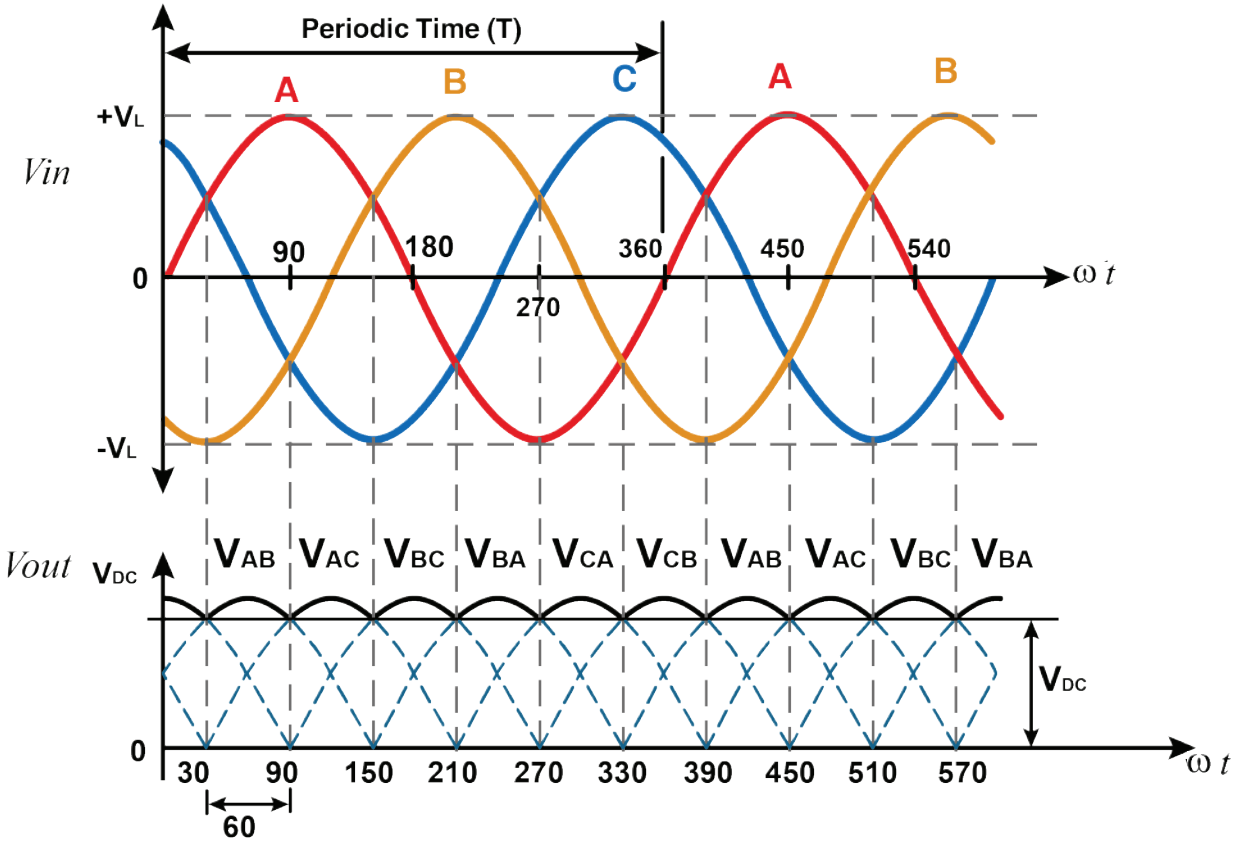
منهاجي
متعة التعليم الهادف

المثال (4 - 8)

يُبيّن الشكل (4 - 8/ أ) مخطط دارة تقويم موجة كاملة ثلاثية الطور باستخدام ستة ثنائيات شبه موصلة. يُلاحَظ من الشكل أن الملف الابتدائي للمُحوّل ثلاثي الطور(T) الموصول على شكل (نجمة - نجمة) وُصِل بالمصدر الكهربائي، وأن الثنائيين (D1) و (D4) وُصِلا بالطور الأول، وأن الثنائيين (D3) و (D6) وُصِلا بالطور الثاني، وأن الثنائيين (D2) و (D5) وُصِلا بالطور الثالث من الملف الثانوي للمُحوّل ثلاثي الطور، وأن أطراف المهبط لثلاثة ثنائيات قُصِرت، ووُصِلت بطرف الحمل (R)، وأن أطراف المصعد للثنائيات الثلاثة الأخرى قُصِرت، ووُصِلت بالطرف الثاني للحمل. أمّا الشكل (4 - 8/ ب) فيُبيّن شكل الإشارات الداخلة والخارجة على طرفي الحمل.



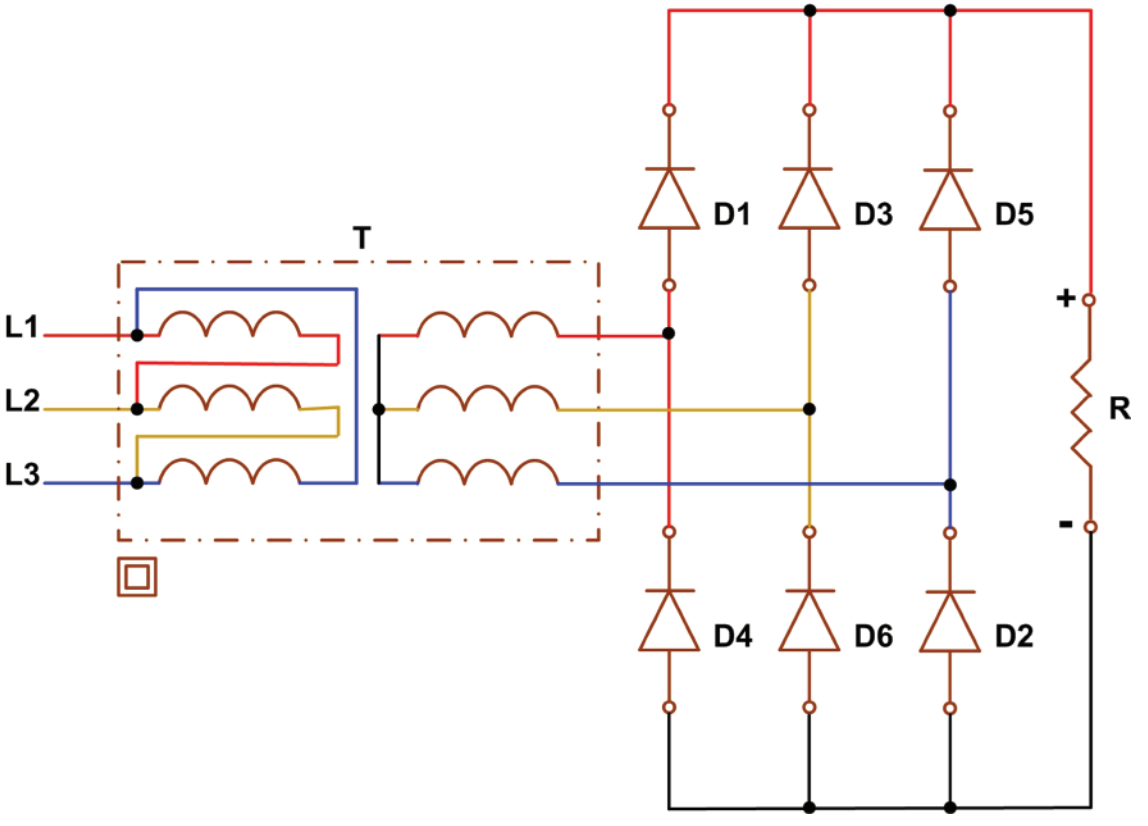
الشكل (4-8/ أ): مخطط دارة تقويم موجة كاملة ثلاثية الطور باستخدام ستة ثنائيات بمُحوّل ثلاثي الطور (T) موصول على شكل (نجمة – نجمة).



الشكل (4 - 8/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) لدارة تقويم موجة كاملة ثلاثية الطور باستخدام ستة ثنائيات.

المثال (4 - 9)

يُبيّن الشكل (4 - 9) مخطط دارة تقويم موجة كاملة ثلاثية الطور باستخدام ستة ثنائيات شبه موصلة. يُلاحَظ من الشكل أن الملف الابتدائي للمُحوّل ثلاثي الطور(T) الموصول على شكل (مثلث - نجمة) وُصِل بالمصدر الكهربائي، وأن الثنائيين (D1) و (D4) وُصِلا بالطور الأول، وأن الثنائيين (D3) و (D6) وُصِلا بالطور الثاني، وأن الثنائيين (D2) و (D5) وُصِلا بالطور الثالث من الملف الثانوي للمُحوّل ثلاثي الطور. يُلاحَظ أيضًا أن أطراف المهبط لثلاثة ثنائيات قُصِرت، ووُصِلت بطرف الحمل (R)، وأن أطراف المصعد للثنائيات الثلاثة الأخرى قُصِرت، ووُصِلت بالطرف الثاني للحمل.



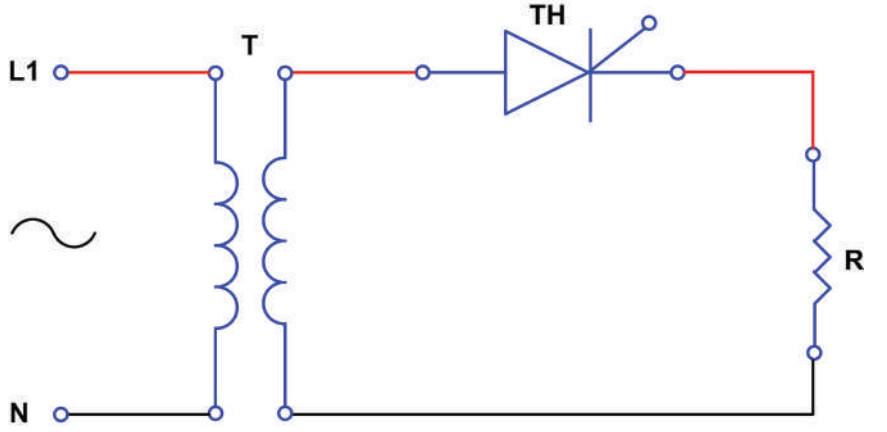
الشكل (4 - 9): مخطط دارة تقويم موجة كاملة ثلاثية الطور باستخدام ستة ثنائيات بمُحوّل ثلاثي الطور (T) موصول على شكل (مثلث – نجمة).

فكّر

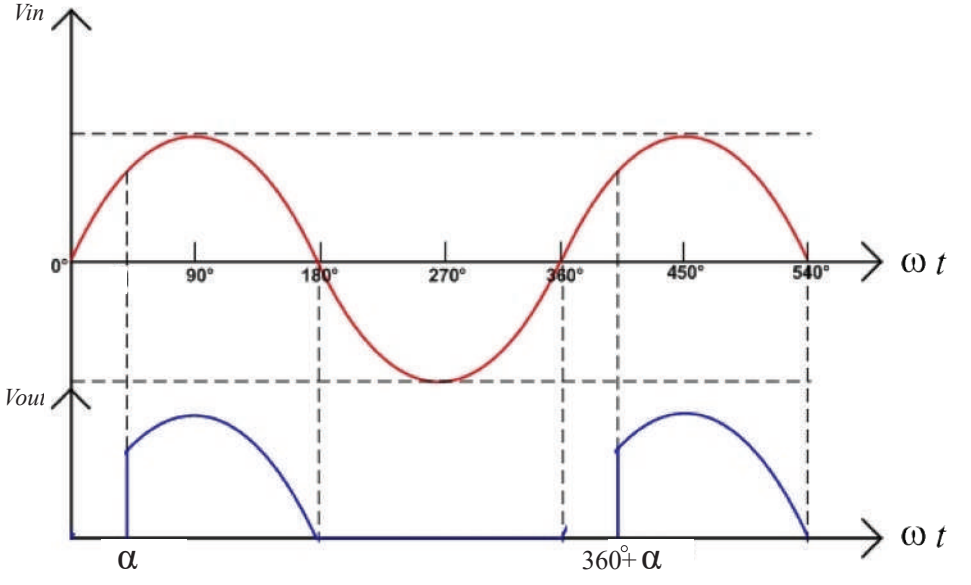
ارسم إشارة فولتية الدخل (*Vin*) وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) للدارة السابقة.

المثال (4 - 10)

يُبيّن الشكل (4 - 10/ أ) دارة تقويم نصف موجة محكومة أحادية الطور باستخدام ثايرستور (TH). وفيها وُصِل الملف الابتدائي من المُحوّل بالمصدر الكهربائي، ووُصِل أحد أطراف الملف الثانوي للمُحوّل بالثايرستور، ووُصِل الطرف الآخر بالحمل. أمّا الشكل (4 - 10/ ب) فيُبيّن شكل إشارة فولتية الدخل (*Vin*) من المصدر إلى الملف الابتدائي، وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) على طرفي الحمل. يُلاحَظ من الشكل أن الثايرستور بدأ بالتوصيل بعد مدَّة زمنية معينة بحسب زاوية قدح الثايرستور (α).



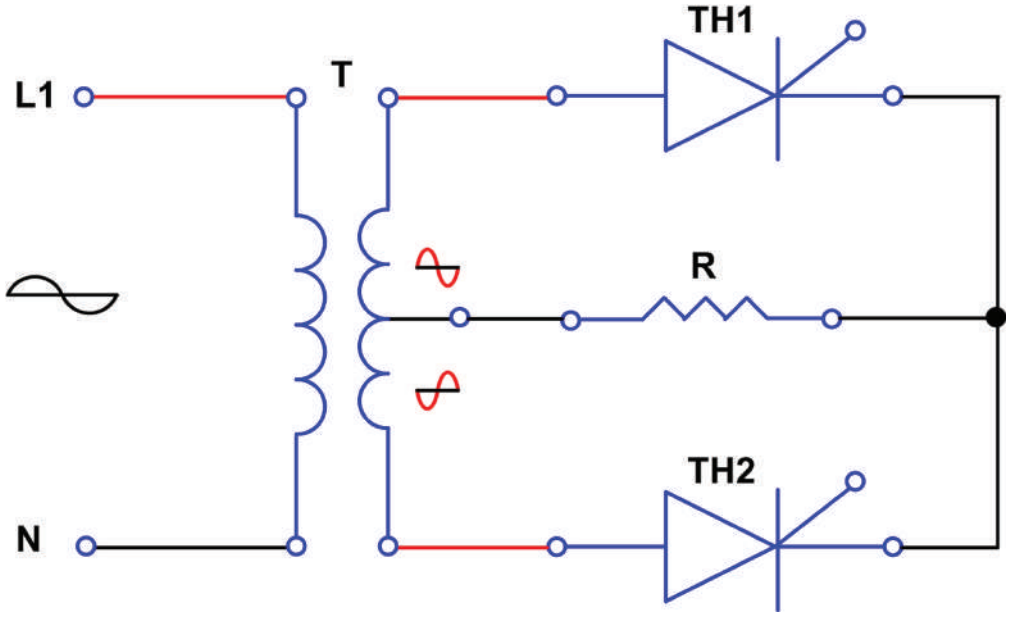
الشكل (4 – 10/ أ): مخطط دارة تقويم نصف موجة محكومة أحادية الطور باستخدام ثايرستور.



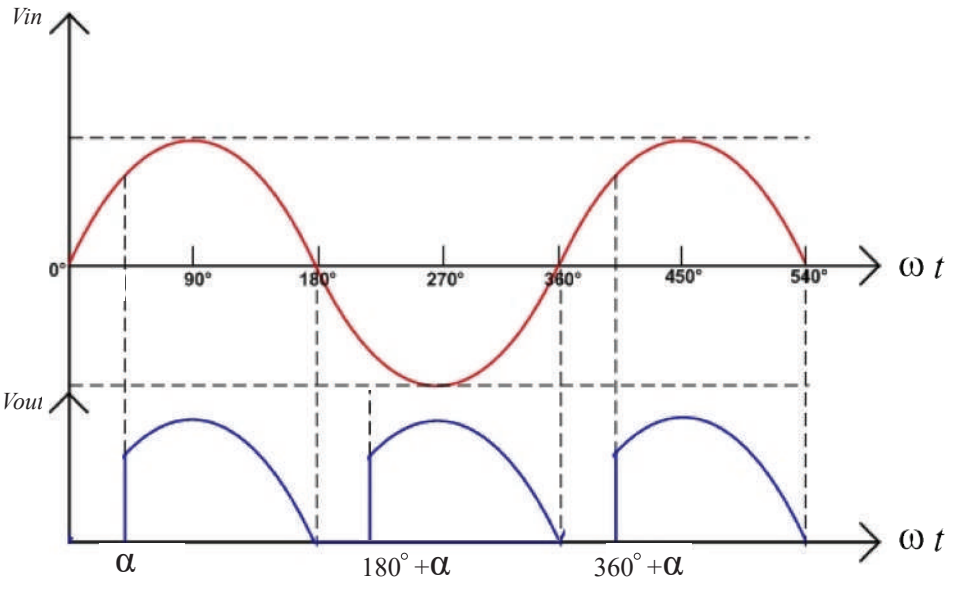
الشكل (4 - 10/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) لدارة تقويم نصف موجة محكومة أحادية الطور باستخدام ثايرستور.

المثال (4 - 11)

يُبيّن الشكل (4 - 11/ أ) دارة تقويم موجة كاملة محكومة أحادية الطور باستخدام مُحوّل ذي نقطة وسط وثايرستورين. وفيها وُصِل الملف الابتدائي للمُحوّل (T) بالمصدر الكهربائي، ووُصِل طرفا الملف الثانوي بمصعدي الثايرستورين (TH1) و (TH2)، ووُصِلت نقطة الوسط بالحمل (R)، ووُصِل طرفا المهبط للثايرستورين بالطرف الثاني للحمل. أمّا الشكل (4 - 11/ ب) فيُبيّن شكل إشارة فولتية الدخل (*Vin*) من المصدر إلى الملف الابتدائي، وشكل إشارة فولتية الخرج (*Vout*) على طرفي الحمل. يُلاحَظ من الشكل أن الثايرستور بدأ بالتوصيل بعد مدَّة زمنية معينة بحسب زاوية قدح الثايرستور (α).



الشكل (4 - 11/ أ): مخطط دارة تقويم موجة كاملة محكومة أحادية الطور باستخدام مُحوّل ذي نقطة وسط.



الشكل (4 - 11/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) وإشارة فولتية الخرج (*Vout*) لدارة تقويم موجة كاملة محكومة أحادية الطور باستخدام مُحوّل ذي نقطة وسط.

- مستعينًا بالمراجع المتوافرة في مكتبة المدرسة أو المواقع الإلكترونية في شبكة الإنترنت، ابحث أنت وزملاؤك عن أشكال دارات تقويم أخرى، ثم اكتب تقريرًا عنها.

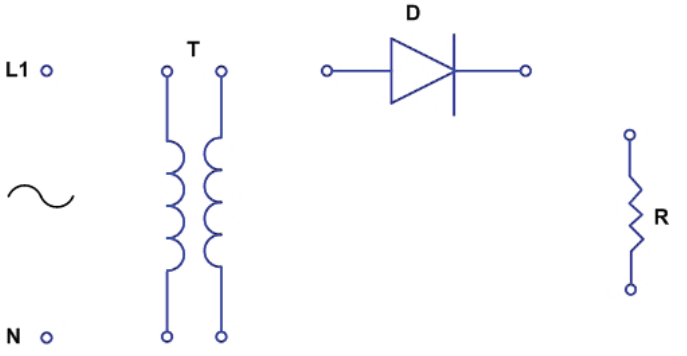
- مستعينًا بأحد برامج الرسم باستخدام الحاسوب (Visio)، أو (Work Bench)، أو(Multi Sim)، ارسم بعض الدارات الإلكترونية السابقة، مثل الشكل (4 - 9)، والشكل (4 - 11/ أ)، ثم اعرضها على معلمك.

التمرين (4 - 1)

يُبيِّن الشكل (4 - 12) عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم نصف موجة أحادية الطور باستخدام ثنائي شبه موصل:

1 - صِلْ عناصر المخطط التفصيلي وصلًا صحيحًا.

2 - ارسم إشارة فولتية الدخل (*Vin*) للدارة المُبيَّنة في الشكل (4 - 12)، وإشارة فولتية الخرج (*Vout*)، مُستخدِمًا مقياس رسم مناسبًا.



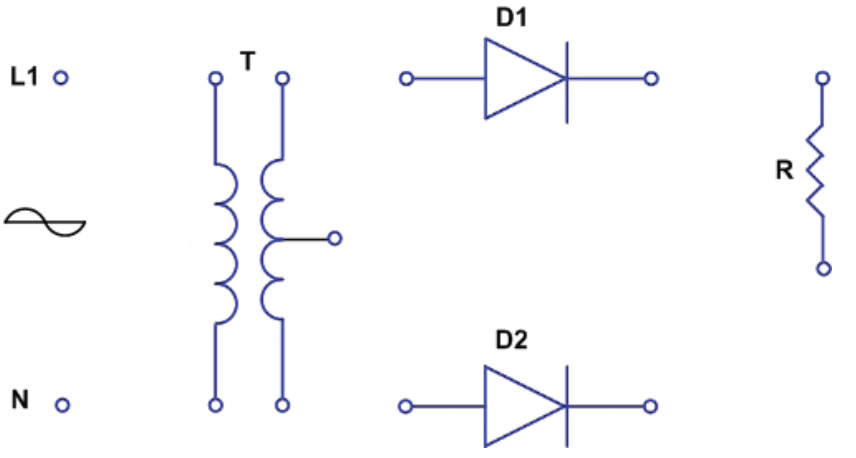
الشكل(4 - 12): عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم نصف موجة أحادية الطور باستخدام ثنائي شبه موصل.

التمرين (4 - 2)

يُبيِّن الشكل (4 - 13) عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام مُحوِّل ذي نقطة وسط :

1 - صِلْ عناصر المخطط التفصيلي وصلًا صحيحًا.

2 - ارسم إشارة فولتية الدخل (*Vin*) للدارة المُبيَّنة في الشكل (4 - 13)، وإشارة فولتية الخرج (*Vout*)، مُستخِدمًا مقياس رسم مناسبًا.



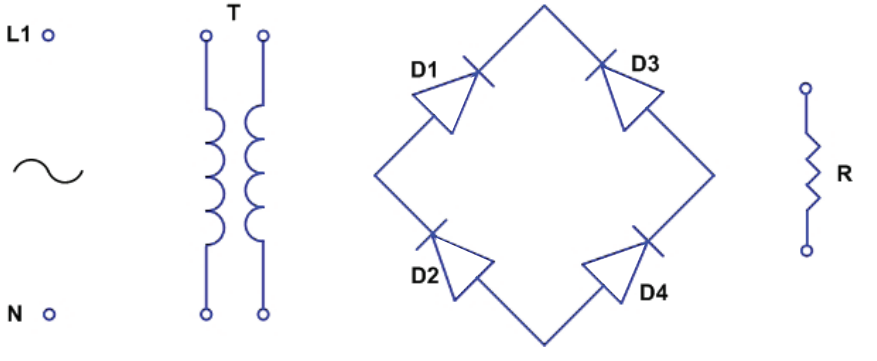
الشكل (4 - 13): عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم موجة كامله أحادية الطور باستخدام مُحوِّل ذي نقطة وسط.

التمرين (4 - 3)

يُبيِّن الشكل (4 - 14) عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام القنطرة:

1- صِلْ عناصر المخطط التفصيلي وصلًا صحيحًا.

2- ارسم إشارة فولتية الدخل (*Vin*) للدارة المُبيَّنة في الشكل (4 - 14)، وإشارة فولتية الخرج (*Vout*)، مُستخدِمًا مقياس رسم مناسبًا.



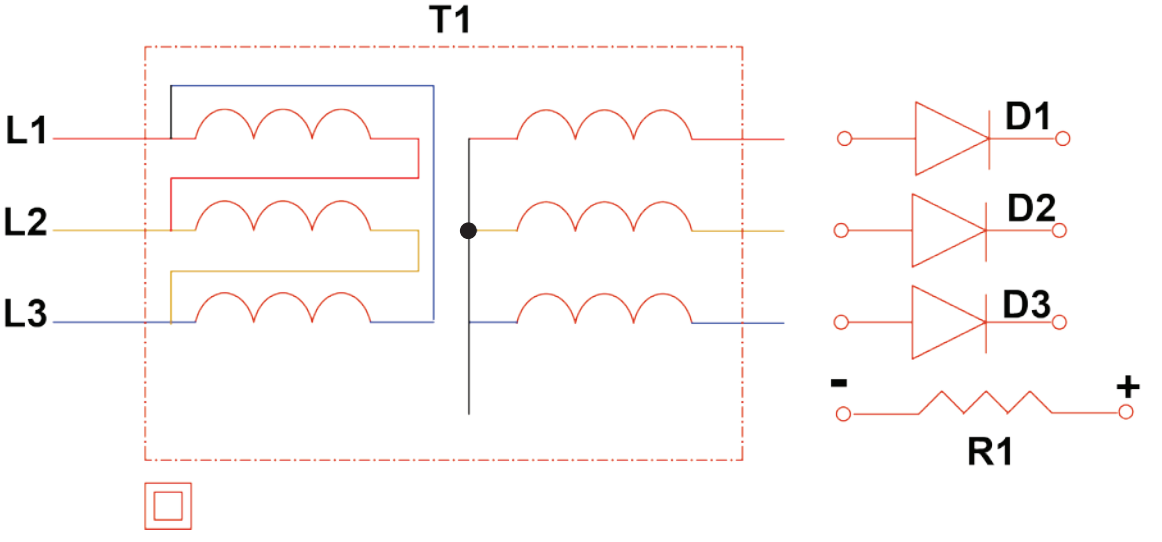
الشكل (4 - 14): عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم موجة كاملة أحادية الطور باستخدام القنطرة.

التمرين (4 - 4)

يُبيّن الشكل (4 - 15/ أ) عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم نصف موجة ثلاثية الطور باستخدام مُحوِّل ثلاثي الطور موصول على شكل (مثلث- نجمة):

1 - صِلْ عناصر المخطط التفصيلي وصلًا صحيحًا.

2 - ارسم إشارة فولتية الدخل (*Vin*) للدارة المُبيَّنة في الشكل (4 - 15/ب)، وإشارة فولتية الخرج (*Vout*)، مُستخدِمًا مقياس رسم مناسبًا.



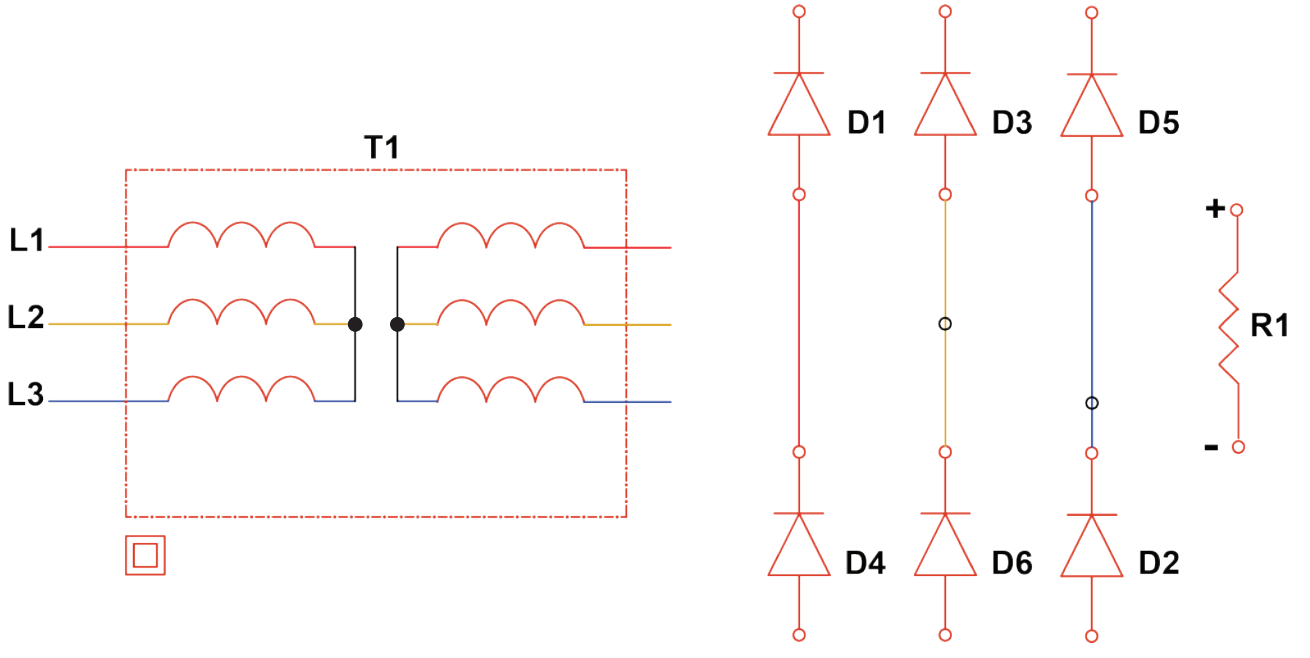
الشكل (4 - 15): عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم نصف موجة ثلاثية الطور باستخدام مُحوِّل ثلاثي الطور موصول على شكل (مثلث- نجمة).

التمرين (4 - 5)

يُبيّـن الشـكل (4 - 16) عناصـر المخطـط التفصيلـي لـدارة تقويـم موجـة كاملـة ثلاثيـة الطـور باستخدام مُحوِّل ثلاثي الطور موصول على شكل (نجمة- نجمة):

1 - صِلْ عناصر المخطط التفصيلي وصلًا صحيحًا.

2 - ارسـم إشـارة فولتيـة الدخـل (*Vin*) للـدارة المُبيَّنـة فـي الشـكل (4 - 16)، وإشـارة فولتيـة الخـرج (*Vout*)، مُستخدِمًا مقياس رسم مناسبًا.



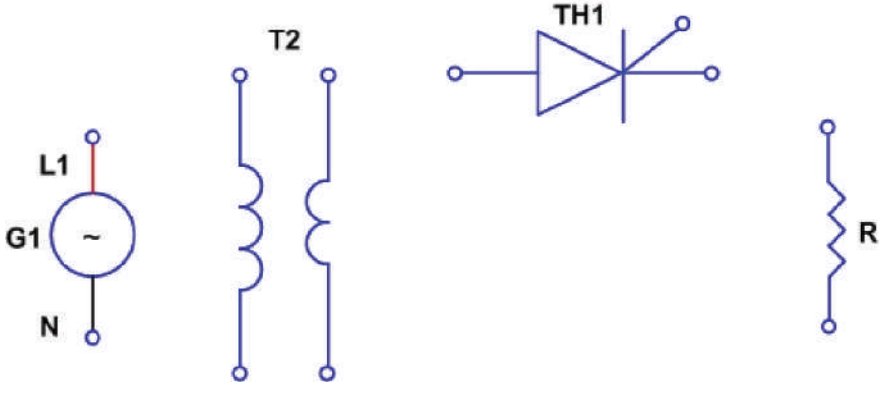
الشكل (4 - 16): عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم موجة كاملة ثلاثية الطور باستخدام مُحوِّل ثلاثي الطور موصول على شكل (نجمة- نجمة).

التمرين (4 - 6)

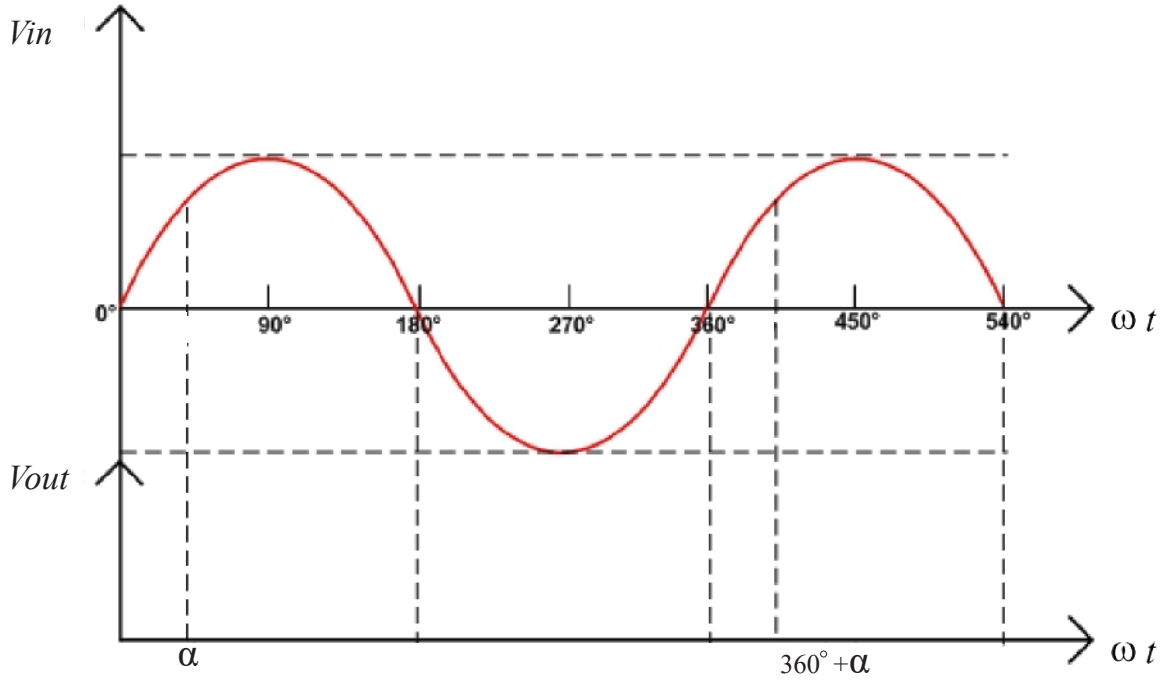
يُبيّن الشكل (4 - 17/ أ) عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم نصف موجة محكومة أحادية الطور باستخدام ثايرستور، ويُبيّن الشكل (4 - 17/ ب) إشارة فولتية الدخل لهذه الدارة:

1 - صِلْ عناصر المخطط التفصيلي وصلًا صحيحًا.

2 - ارسم إشارة فولتية الدخل (*Vin*) للدارة المُبيَّنة في الشكل (4 - 17/ أ)، وإشارة فولتية الخرج (*Vout*)، مُستخدِمًا مقياس رسم مناسبًا.



الشكل (4 - 17/ أ): عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم نصف موجة محكومه أحادية الطور باستخدام ثايرستور.



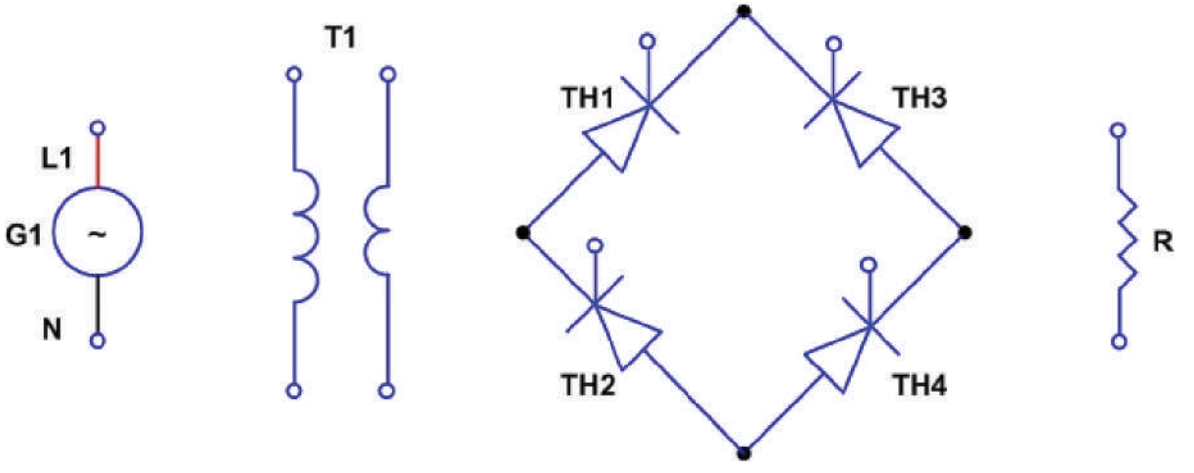
الشكل (4 - 17/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) لدارة تقويم نصف موجة محكومة أحادية الطور باستخدام ثايرستور.

التمرين (4 - 7)

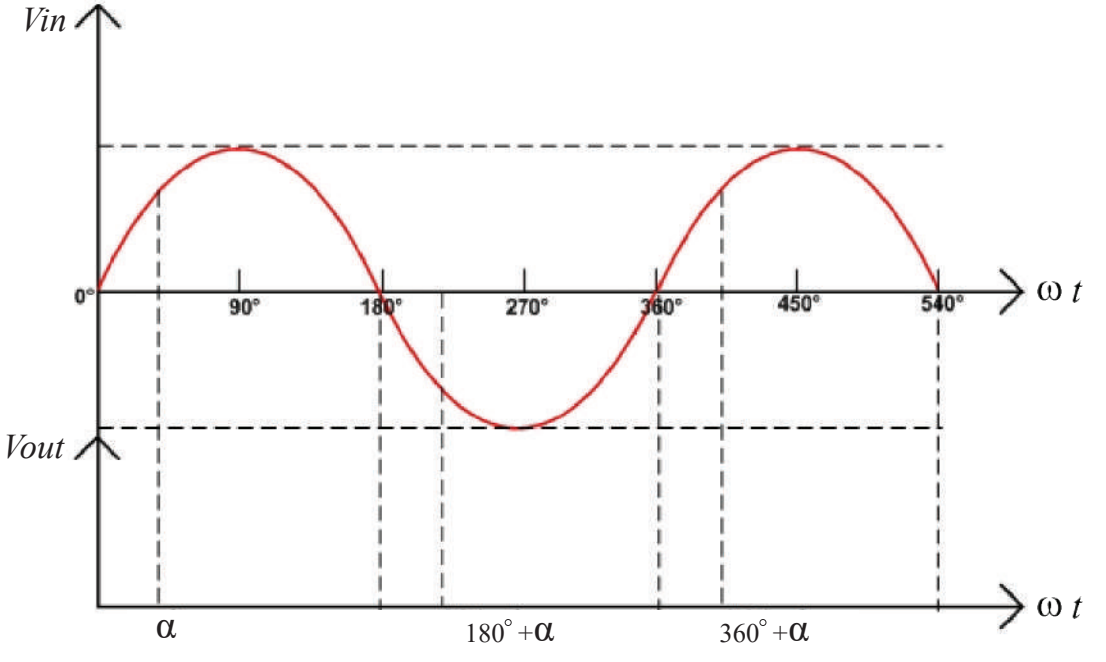
يُبيّن الشكل (4 - 18/ أ) عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم موجة كاملة محكومة أحادية الطور باستخدام القنطرة، ويُبيّن الشكل (4 - 18/ ب) إشارة فولتية الدخل لهذه الدارة:

1 - صِلْ عناصر المخطط التفصيلي وصلًا صحيحًا.

2 - ارسم إشارة فولتية الدخل (*Vin*) للدارة المُبيَّنة في الشكل (4 - 18/ أ)، وإشارة فولتية الخرج (*Vout*)، مُستخدِمًا مقياس رسم مناسبًا.



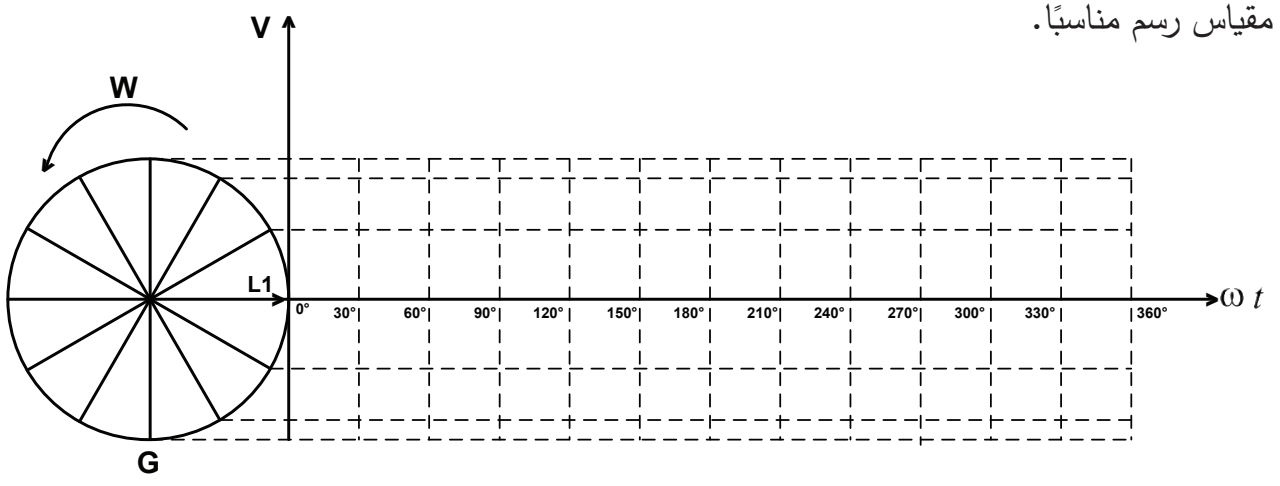
الشكل (4 - 18/ أ): عناصر المخطط التفصيلي لدارة تقويم موجة كاملة محكومة أحادية الطور باستخدام القنطرة.



الشكل (4 - 18/ ب): إشارة فولتية الدخل (*Vin*) لدارة تقويم موجه كاملة محكومة أحادية الطور باستخدام القنطرة.

التمرين (4 - 8)

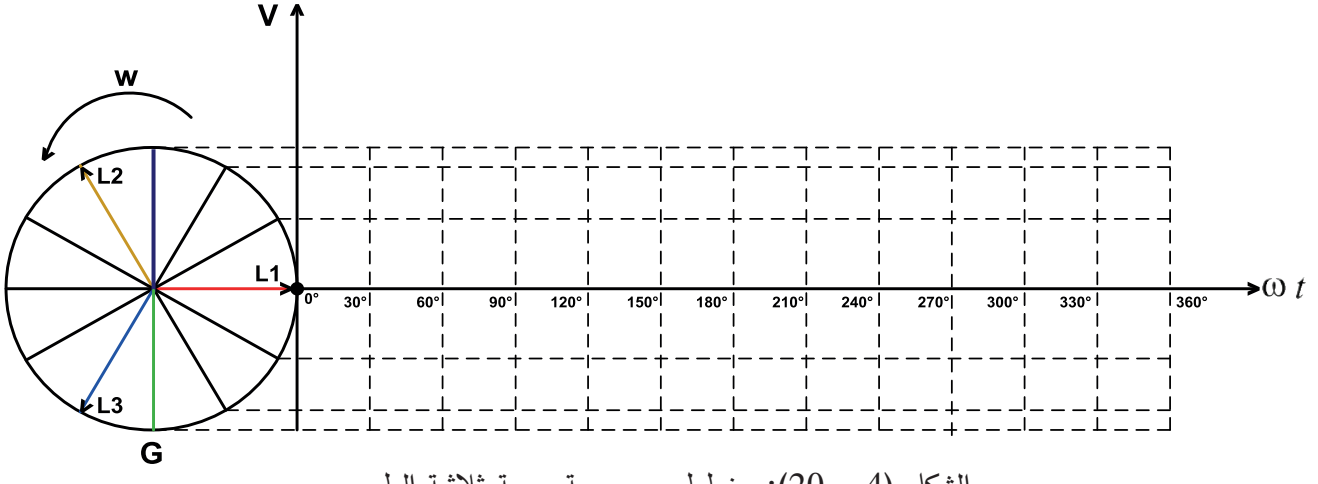
ارسم موجة جيبية لفولتية متناوبة أحادية الطور في الرسم المُبيَّن في الشكل (4 – 19)، مُستخدِمًا مقياس رسم مناسبًا.



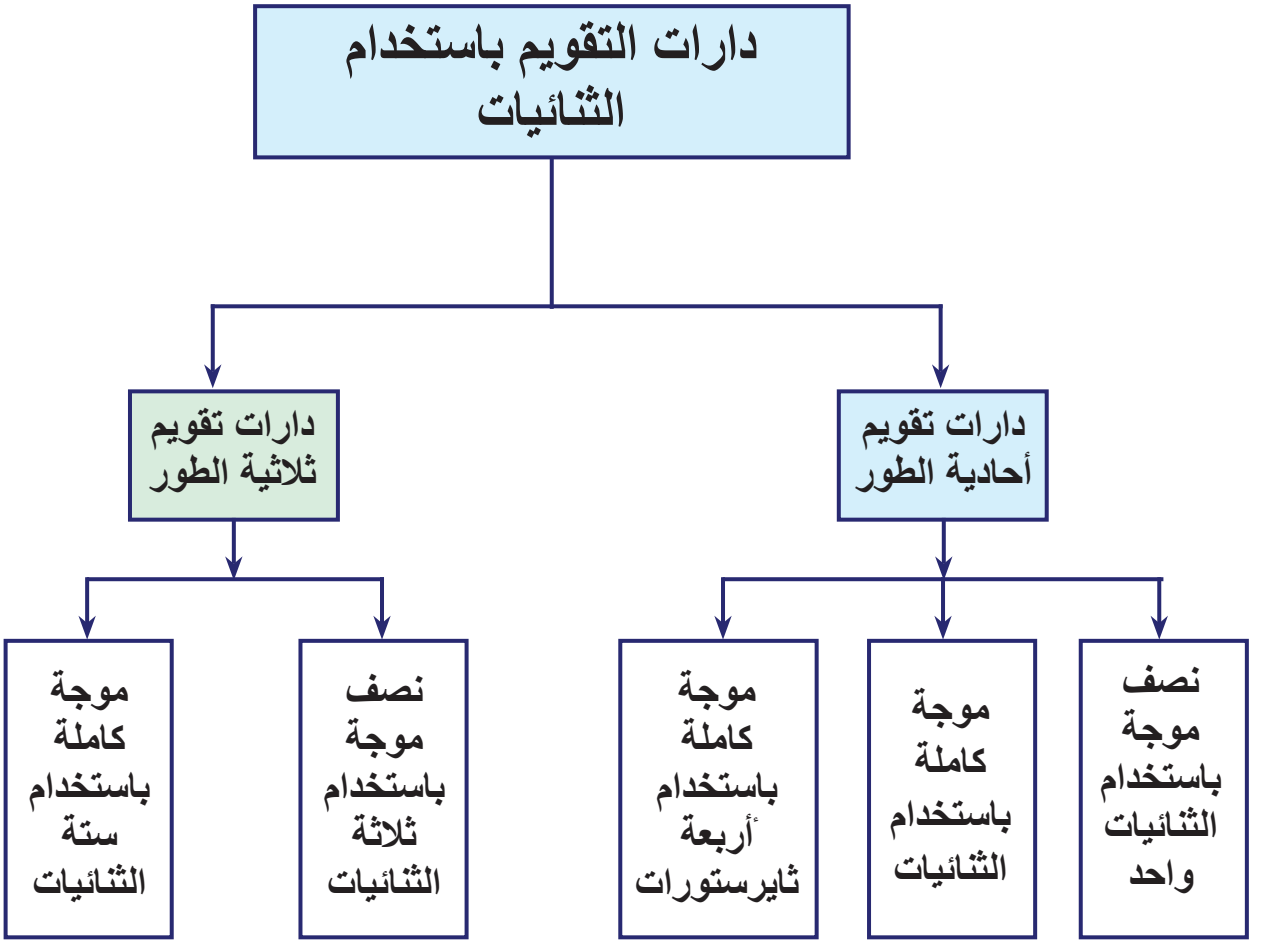
الشكل (4 – 19): مخطط رسم موجة جيبية أحادية الطور.

التمرين (4 - 9)

ارسم موجة جيبية لفولتية متناوبة ثلاثية الطور في الرسم المُبيَّن في الشكل (4 – 20)، مُستخدِمًا مقياس رسم مناسبًا.

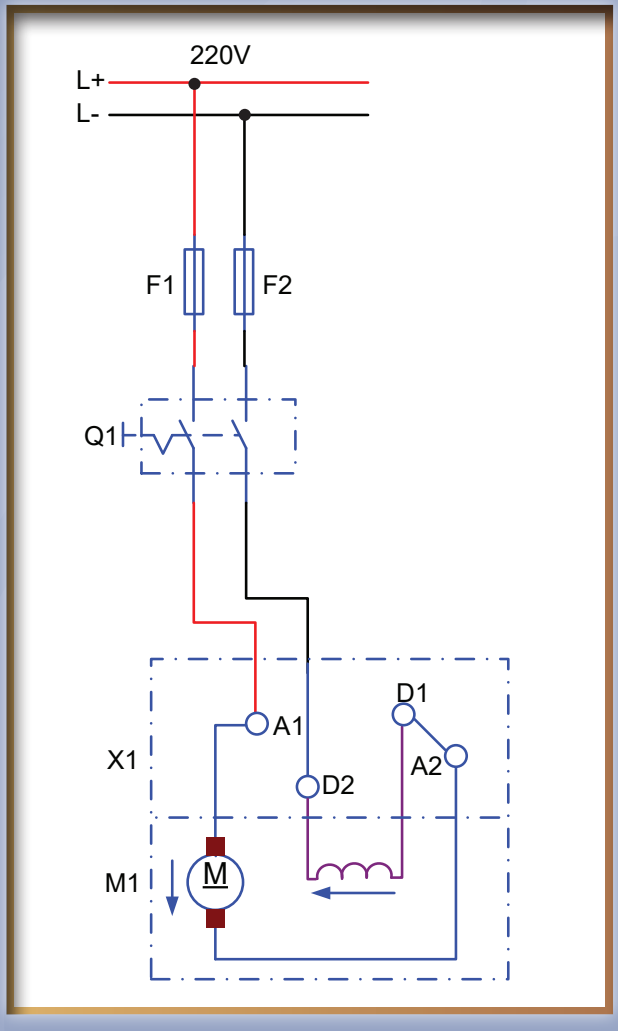


الشكل (4 – 20): مخطط رسم موجة جيبية ثلاثية الطور.


دارات التقويم باستخدام الثنائيات
دارات تقويم أحادية الطور
دارات تقويم ثلاثية الطور
نصف موجة باستخدام الثنائيات واحد
موجة كاملة باستخدام الثنائيات
موجة كاملة باستخدام أربعة ثايرستورات
نصف موجة باستخدام ثلاثة الثنائيات
موجة كاملة باستخدام ستة الثنائيات

الوحدة الخامسة

محركات التيار المباشر
(DC Machine)



- ما استخدامات محرك التيار المباشر؟
- كيف تُرسَم مخططات التحكم في محركات التيار المباشر؟

تستخدم محركات التيار المباشر على نطاق واسع في أنظمة الجر الكهربائي، مثل تشغيل القطارات والسفن والمصاعد الكهربائية، إضافةً إلى استخدامها في تشغيل الروبوتات (Robots) وأجهزة الاتصالات. تمتاز هذه المحركات بدورانها وفق السرعات المطلوبة بدقة، وبمدى واسع لتغيُّر السرعة، وبإمكانية عكس اتجاه دورانها، وبعزم بدء حركة عالٍ نسبيًّا.

يُتوقَّع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يُفسِّر الرموز الخاصة بمحركات التيار المباشر.
- يُفسِّر المصطلحات الخاصة بمحركات التيار المباشر.
- يقرأ مخطط دارة كهربائية لمحرك تيار مباشر له تحريض (إثارة) على التوالي، ويرسمه (مخطط رمزي، مخطط مسار تيار، مخطط تفصيلي، قطاع يُبيّن توصيل ملفات الأقطاب).
- يقرأ مخطط دارة كهربائية لمحرك تيار مباشر له تحريض (إثارة) على التوازي، ويرسمه (مخطط رمزي، مخطط مسار تيار، مخطط تفصيلي).
- يقرأ مخطط دارة كهربائية لمحرك تيار مباشر له تحريض مُركَّب، ويرسمه (مخطط رمزي، مخطط مسار تيار، مخطط تفصيلي).
- يقرأ مخطط دارة كهربائية لمحرك تيار مباشر له تحريض مُركَّب باستخدام مقاومة بدء حركة، ويرسمه (مخطط رمزي، مخطط مسار تيار، مخطط تفصيلي).
- يقرأ مخطط دارة كهربائية لمحرك تيار مباشر ذي مغناطيس دائم، ويرسمه (مخطط رمزي، مخطط تفصيلي).

الوحدة الخامسة: محركات التيار المباشر

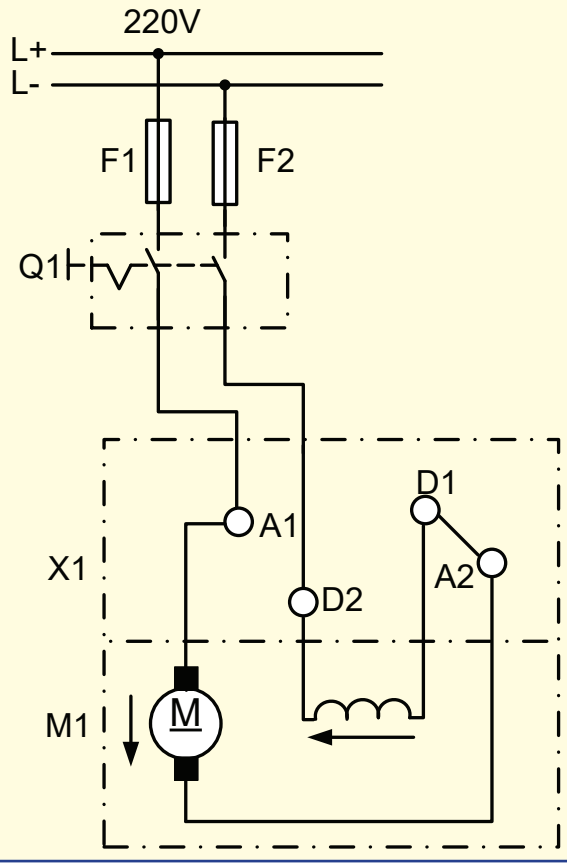
المحاور الفرعية

أولًا: رموز محركات التيار المباشر.

ثانيًا: مخططات محركات التيار المباشر.

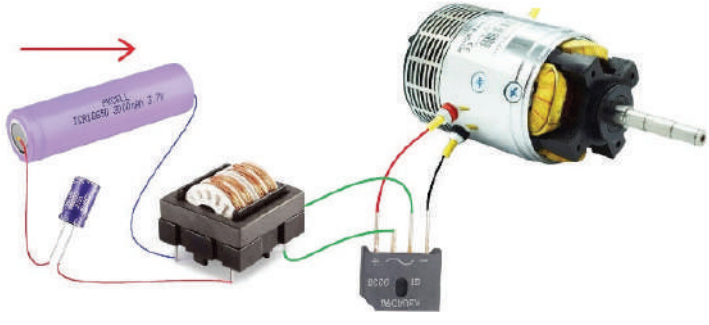
القياس والتقويم

- ما الذي يُمثّله المخطط التفصيلي التالي؟
- ما العناصر الكهربائية المُكوّنة له؟



استكشف

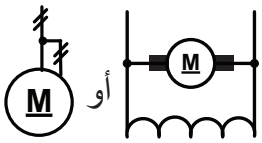
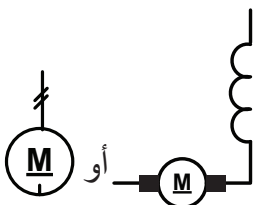
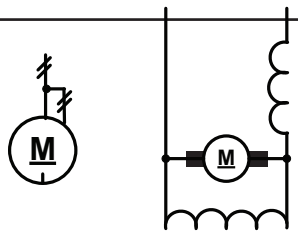
- ما أنواع المخططات التي تستخدم لرسم الدارات الكهربائية لمحركات التيار المباشر؟
- ما الأدوات اللازمة لرسم مخططات الدارات الكهربائية لمحركات التيار المباشر؟

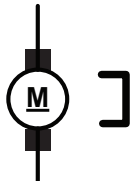
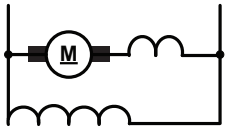
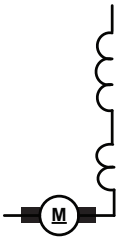
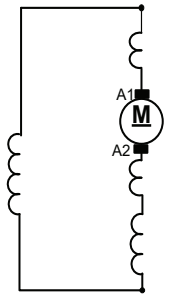
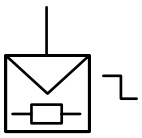


أولاً: رموز محركات التيار المباشر.

يُبيّن الجدول (5 - 1) رموز محركات التيار المباشر.

الجدول (5 - 1): رموز محركات التيار المباشر.

المصطلح بالعربية	المصطلح بالإنجليزية	الرمز
ملف توازٍ.	Shunt Coil	
ملف توالٍ.	Series Coil	
ملف تبديل (تعويض).	Commutating Coil	
خط تغذية تيار مباشر.	Direct Current Supply	220V,2-
مقاومة متغيرة.	Variable Rheostat	
محرك تيار مباشر ذو تحريض على التوازي.	D.C Shunt - Motor	
محرك تيار مباشر ذو تحريض على التوالي.	D.C Series - Motor	
محرك تيار مباشر ذو تحريض مُركَّب.	D.C Compound – Motor	

محرك تيار مباشر ذو مغناطيس دائم.	D.C Permanent-Magnet Field Motor	
محرك تيار مباشر ذو تحريض على التوازي وملف تبديل (تعويض).	D.C Shunt motor with Commutating field	
محرك تيار مباشر ذو تحريض على التوالي وملف تبديل (تعويض).	D.C Series Motor with Commutating Field	
محرك تيار مباشر ذو تحريض مُركَّب وملفي تبديل.	D.C Compound Motor with Commutating Field	
مقاومة بدء حركة.	Starting-Rheostat	
مصهر.	Fuse	
اتصال ميكانيكي.		
خط إحاطة لتحديد أجزاء توصيل معينة ضمن مخطط.		

تستخدم في مخططات محركات التيار المباشر رموز تُبيّن أطراف هذه المحركات، انظر الجدول (5 - 2) الذي يُبيّن رموز أطراف ملفات الأقطاب، وأطراف ملفات المنتج لمحركات التيار المباشر، وطرائق توصيلها.

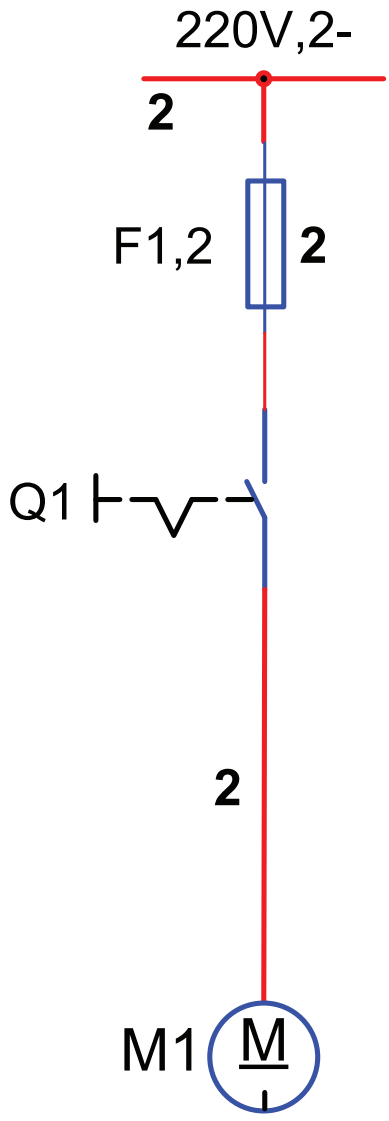
الجدول (5 - 2): رموز أطراف ملفات الأقطاب، وأطراف ملفات المنتج.

نوع المحرك	أطراف ملفات الأقطاب	أطراف المنتج
محرك توالٍ (Series Motor).	D1,D2	A1,A2
محرك توازٍ (Shunt Motor).	E1,E2	A1,A2
محرك مُركَّب (Compound Motor).	D1,D2 E1,E2	A1,A2
محرك ذو أقطاب دائمة (Permanent-Magnet Field Motor)	مغناطيس دائم	A1,A2
محرك توالٍ ذو ملفات تبديل (تعويض) (Series Motor with Commutating Field)	D1,D2 B1,B2	A1,A2
محرك توازٍ ذو ملفات تبديل (Shunt motor with Commutating Field)	E1,E2 B1,B2	A1,A2
محرك مُركَّب ذو ملفات تبديل (Compound Motor with Commutating Field)	D1,D2 E1,E2 B1,B2	A1,A2

تتضمَّن هذه المخططات الرموز والمصطلحات والبيانات الفنية لمحركات التيار المباشر، وهي تُوضِّح كيفية تركيبها، وطرائق توصيلها وتشغيلها؛ ما يُسهِّل أعمال صيانتها، وإجراء التجارب عليها، وإعادة لفها. في ما يأتي أنواع هذه المخططات:

1 - المخطط الرمزي

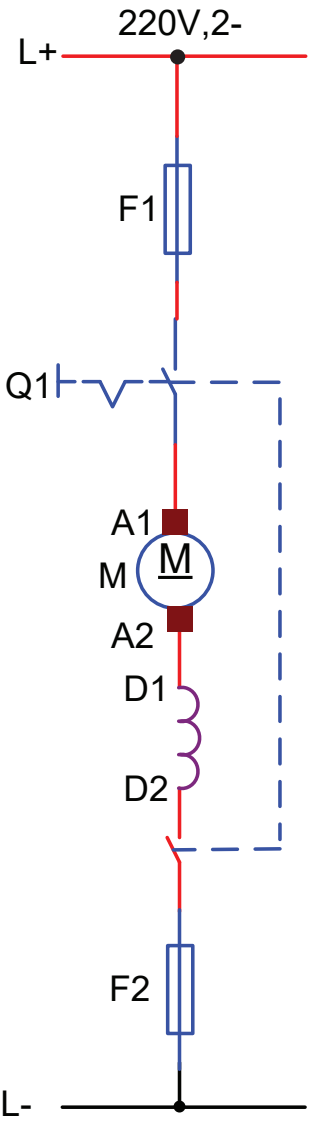
يُبيّن الشكل (5 - 1/ أ) مخططًا رمزيًّا لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي.



الشكل(5 - 1/ أ): المخطط الرمزي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي.

2 - مخطط مسار التيار

يُبيّن الشكل (5 - 1/ ب) مخطط مسار التيار لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي، يدور في اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يميني).



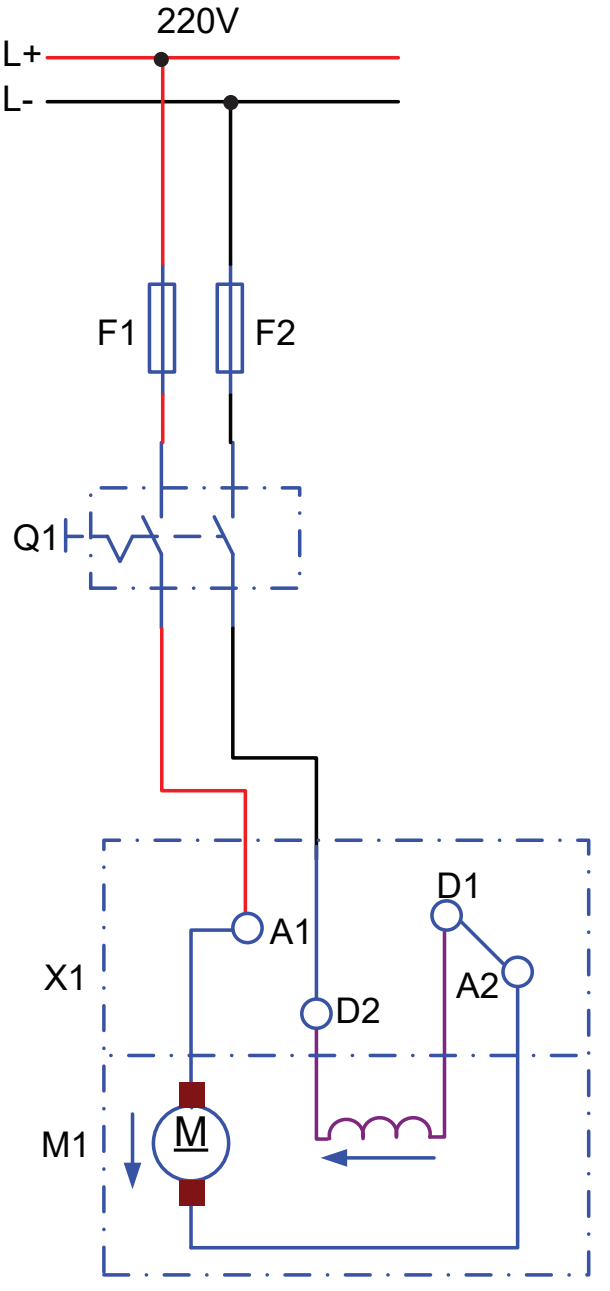
الشكل (5 - 1/ ب): مخطط مسار التيار لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي يدور في اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يميني).

3 - المخطط التفصيلي

يُبيّن الشكل (5 - 1) مخططًا تفصيليًّا لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي يدور في اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يميني)، حيث:

X1: مُسمَّيات أطراف المحرك.

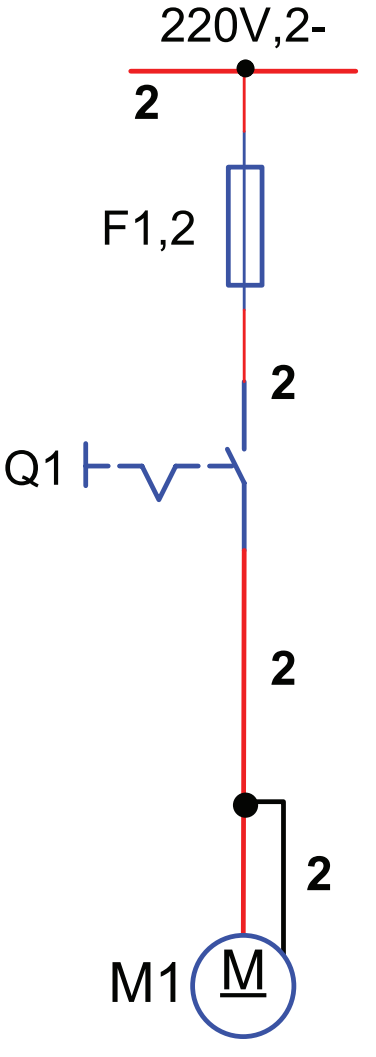
M1: أجزاء المحرك.



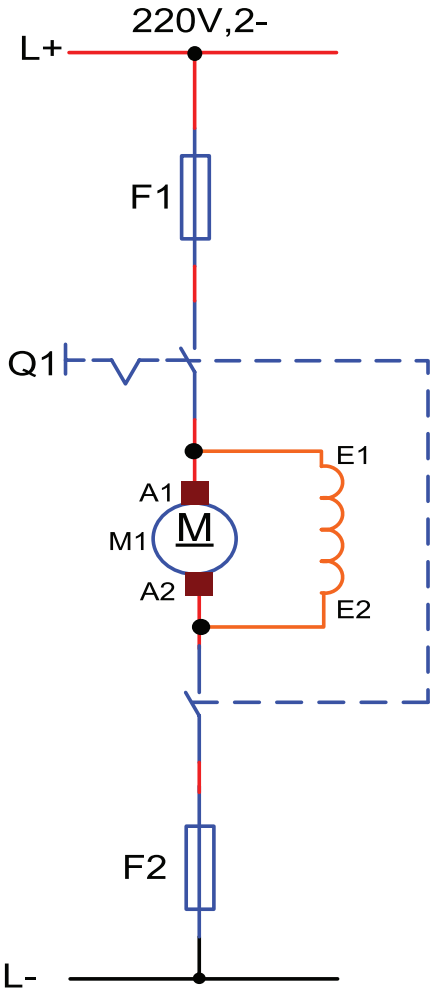
الشكل (5 - 1): المخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي يدور في اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يميني).

المثال (5 - 1)

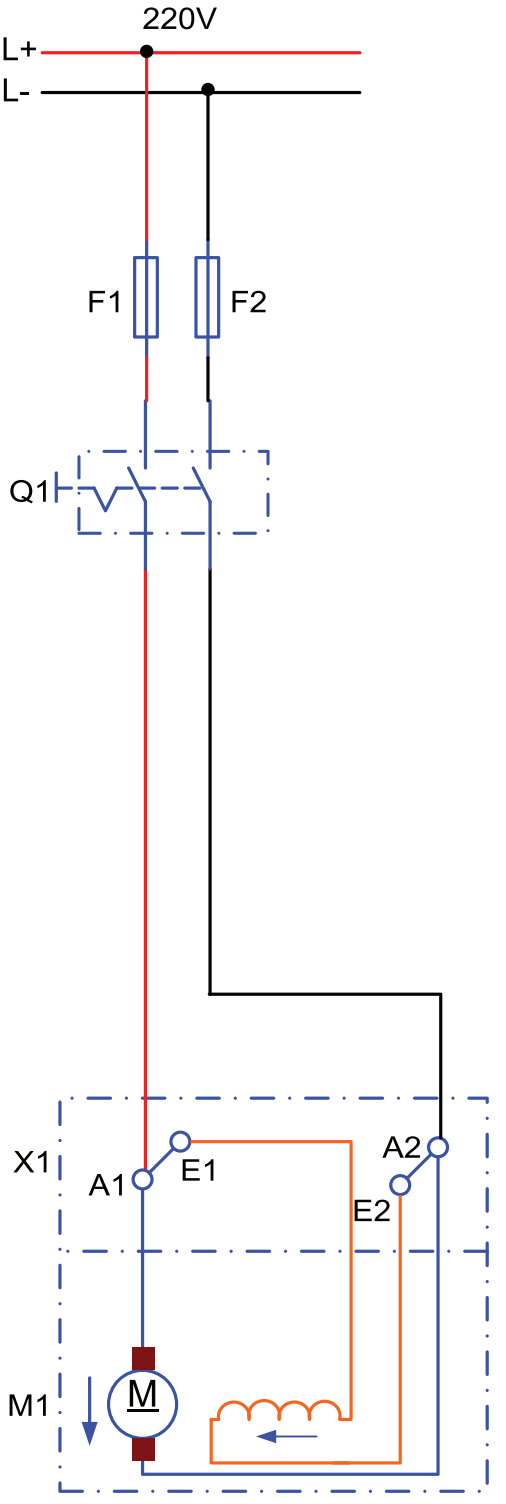
تُبيّن الأشكال (5 - 2/ أ)، (5-2/ ب)، (5-2/ جـ) على الترتيب المخطط الرمزي ومخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوازي (دوران يميني)، وطريقة توصيل ملفات قطبيه (E1) و (E2) بطرفي المنتج (A1) و (A2)، وكذلك طريقة توصيل أطراف المحرك بالمصدر الكهربائي عن طريق مفتاح التشغيل (Q1)، ومصهري الحماية (F1) و (F2).



الشكل (5 - 2/ أ).



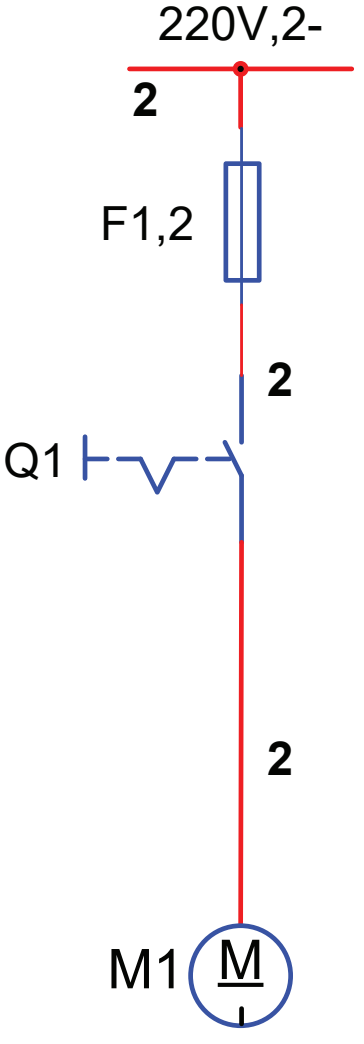
الشكل (5 - 2/ ب).



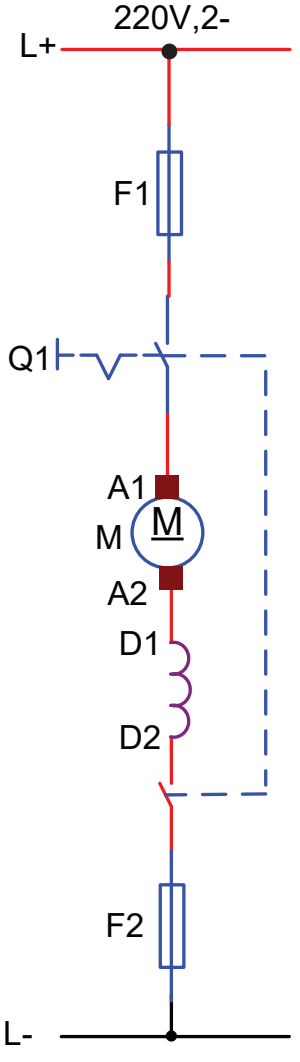
الشكل (5 - 2/ جـ).

المثال (5 - 2)

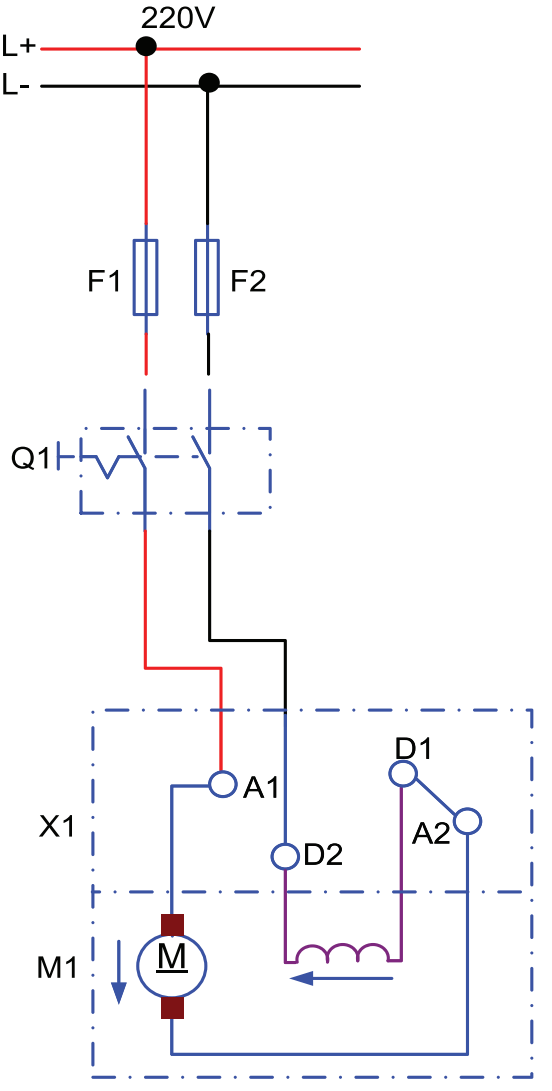
تُبيّن الأشكال (5 - 3/ أ)، (5 - 3/ ب)، (5 - 3/ جـ) على الترتيب المخطط الرمزي ومخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي (دوران يميني)، وطريقة توصيل ملفات قطبيه (D1) و (D2) بطرفي المنتج (A1) و (A2)، وكذلك طريقة توصيل أطراف المحرك بالمصدر الكهربائي عن طريق مصهري الحماية (F1) و (F2)، ومفتاح التشغيل (Q1). أمّا الشكل (5 - 3/ د) فيُبيّن قطاعًا توصَل فيه الأقطاب لمحرك التوالي.



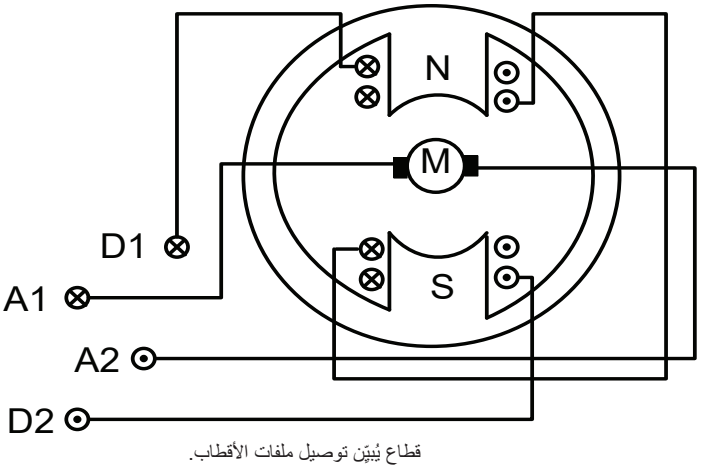
الشكل (5 - 3/ أ).



الشكل (5 - 3/ ب).



الشكل (5 - 3/ جـ).



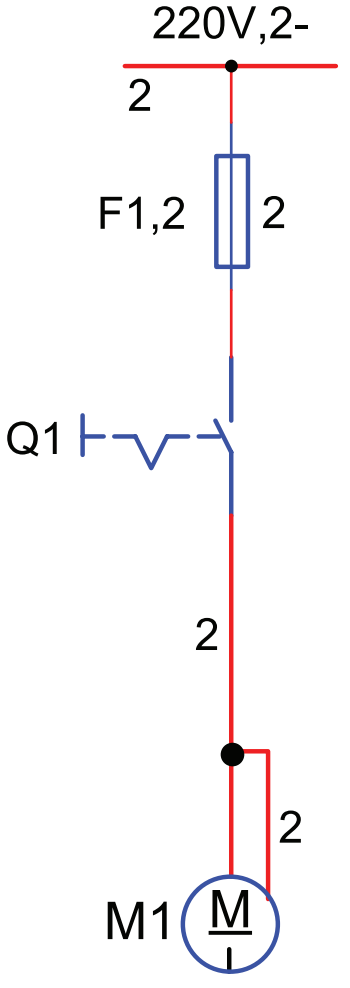
قطاع يُبيّن توصيل ملفات الأقطاب.

الشكل (5 - 3/ د).

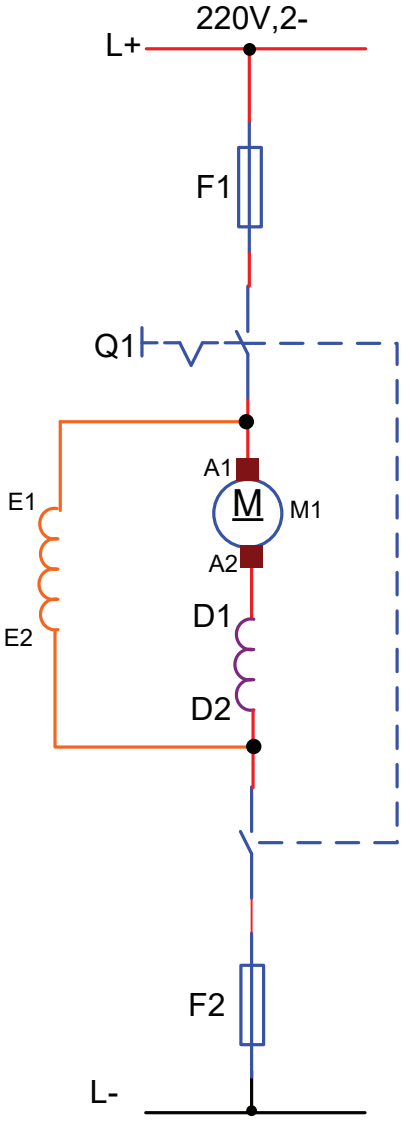
منهاجي
متعة التعليم الهادف

المثال (5 - 3)

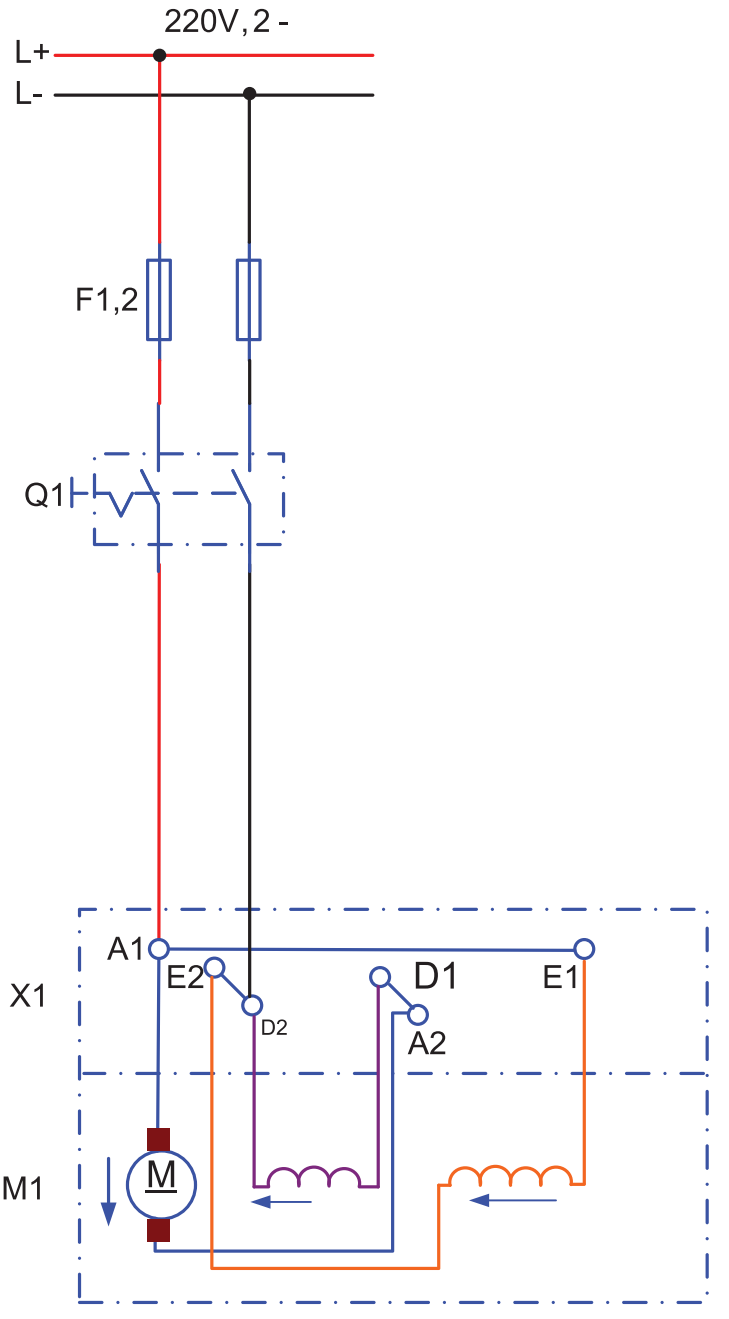
تُبيّن الأشكال (5 - 4/ أ)، (5 - 4/ ب)، (5 - 4/ جـ) على الترتيب المخطط الرمزي ومخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض مُركَّب (دوران يميني)، وطريقة توصيل ملفات التوالي (D1) و (D2) وملفات التوازي (E1) و (E2) بطرفي المنتج (A1) و (A2)، وكذلك طريقة توصيل أطراف المحرك بالمصدر الكهربائي عن طريق مصهري الحماية (F1) و (F2)، ومفتاح التشغيل (Q1).



الشكل (5 - 4/ أ).



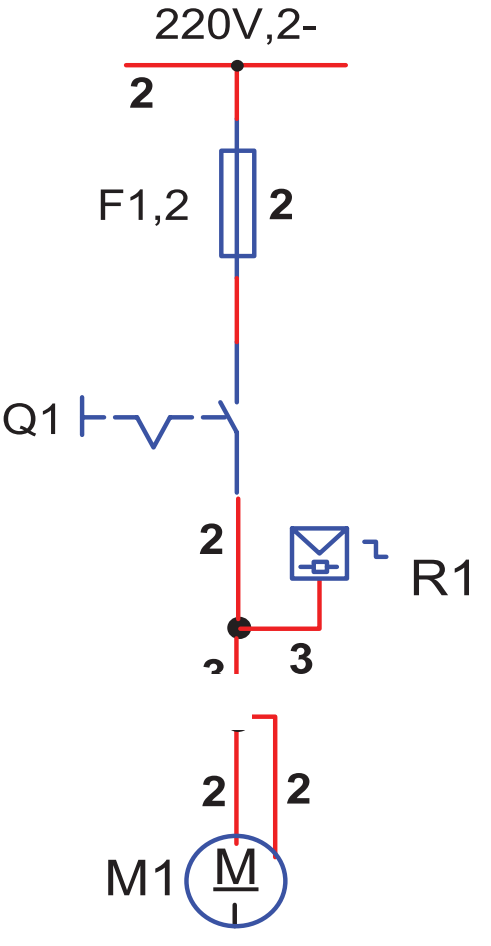
الشكل (5 - 4/ ب).



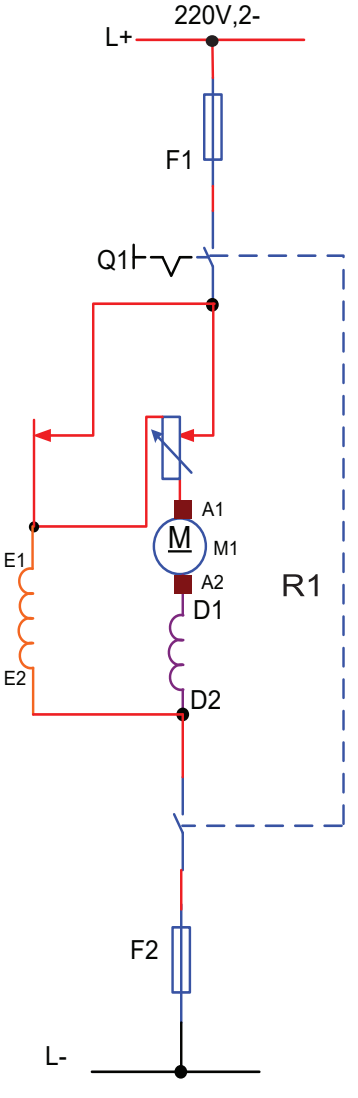
الشكل (5 - 4/ جـ).

المثال (5 - 4)

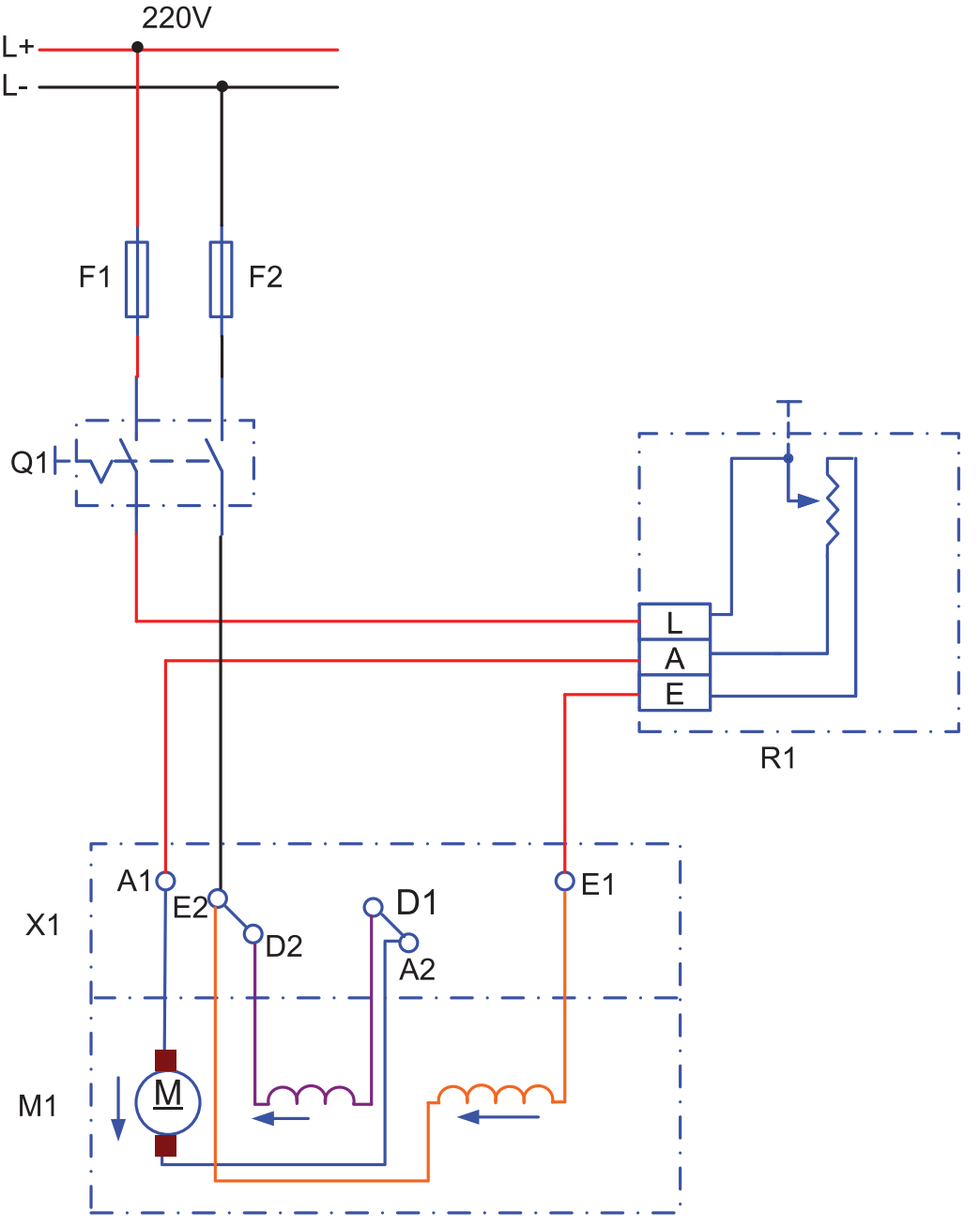
تُبيّن الأشكال (5 - 5/ أ)، (5 - 5/ ب)، (5 - 5/ جـ) على الترتيب المخطط الرمزي ومخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة بدء الحركة لمحرك تيار مباشر ذي تحريض مُركَّب (دوران يميني) باستعمال مقاومة البدء (R1)، وكذلك طريقة توصيل المحرك بالمصدر عن طريق مصهري الحماية، ومفتاح التشغيل، ومقاومة البدء.



الشكل (5 - 5/ أ).



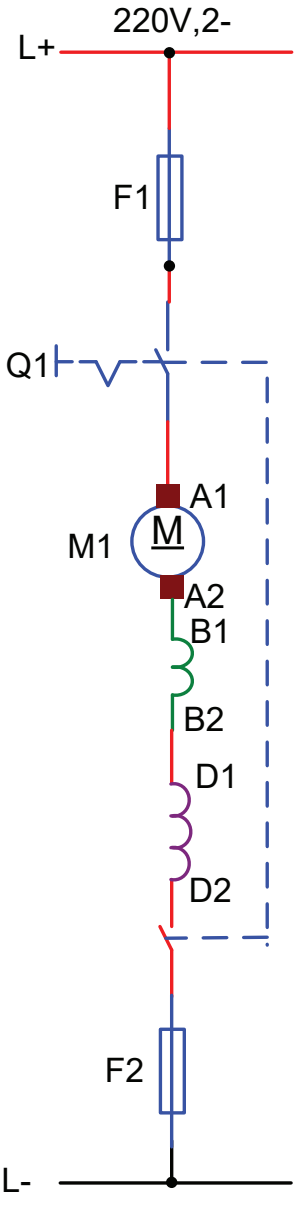
الشكل (5 - 5/ ب).



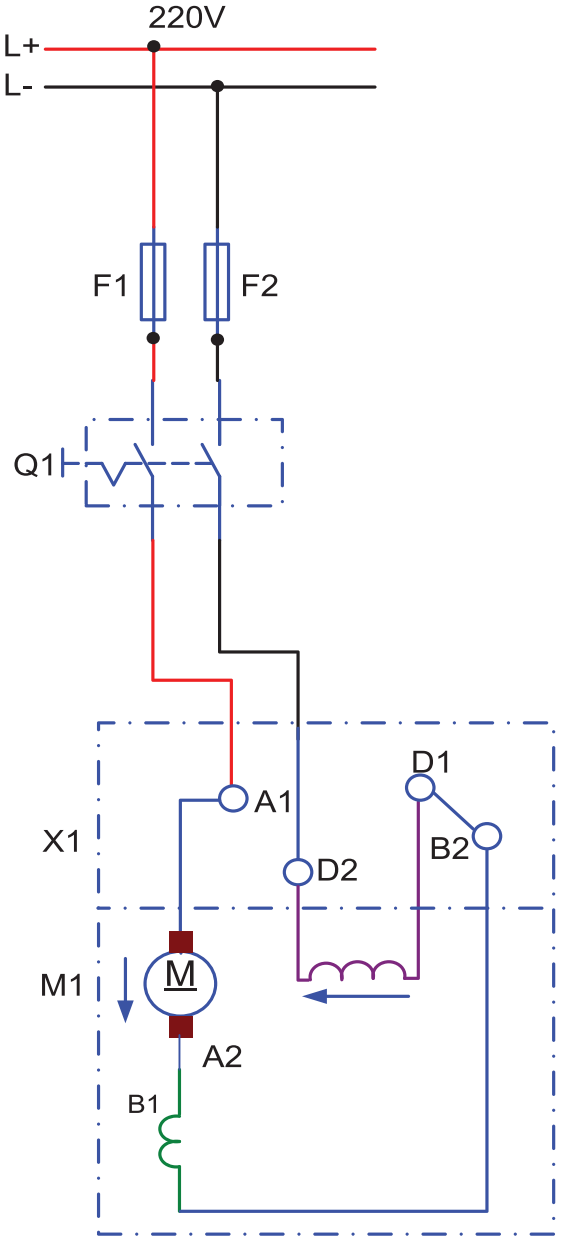
الشكل (5 - 5/ جـ): المخطط التفصيلي.

المثال (5 - 5)

يُبيّن الشكل (5 - 6/ أ)، والشكل (5 - 6/ ب) على الترتيب مخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض (إثارة) على التوالي، وملف تبديل تعويض (دوران يميني)، وطريقة توصيل ملفات أقطاب التوالي (D1) و (D2)، وملف التبديل (B1) و(B2) بطرفي المنتج (A1) و (A2)، وكذلك طريقة توصيل أطراف المحرك بالمصدر الكهربائي عن طريق مصهري الحماية (F1) و (F2)، ومفتاح التشغيل (Q1).



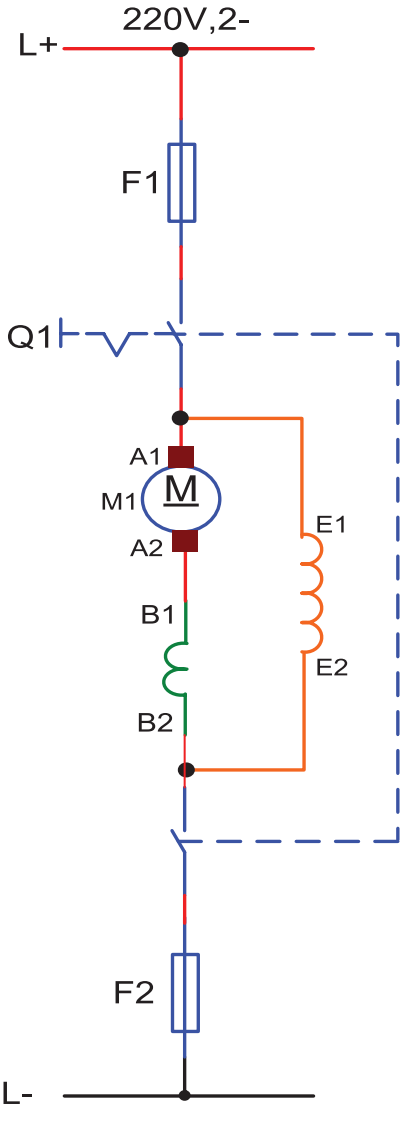
الشكل (5 - 6/ أ).



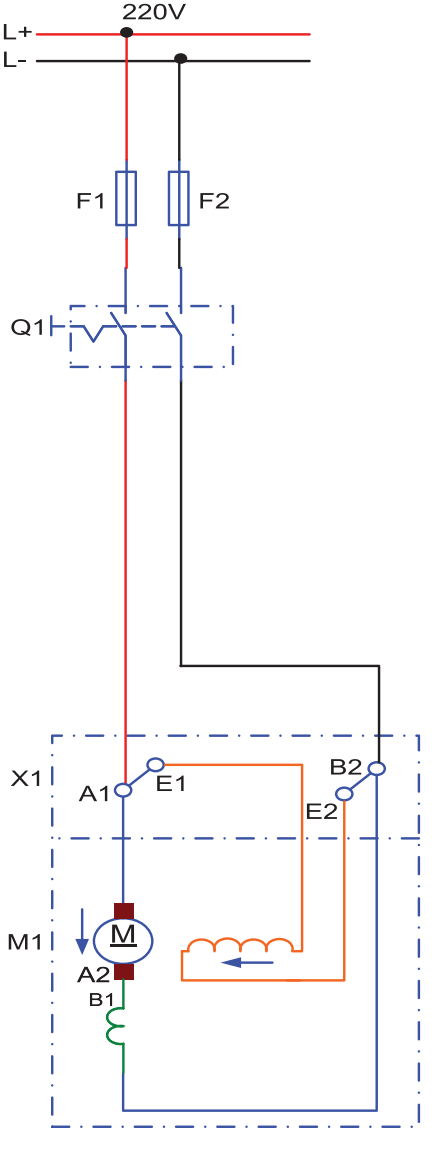
الشكل (5 - 6/ ب).

المثال (5 - 6)

يُبيّن الشكل (5 - 7/ أ)، والشكل (5 - 7/ ب) على الترتيب مخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض (إثارة) على التوازي، وملف تبديل (تعويض) (دوران يميني)، وطريقة توصيل ملفات قطبيه (E1) و (E2)، وملف التبديل (B1) و (B2) بطرفي المنتج (A1) و (A2)، وكذلك طريقة توصيل أطراف المحرك بالمصدر الكهربائي عن طريق مصهري الحماية (F1,F2)، ومفتاح التشغيل (Q1).



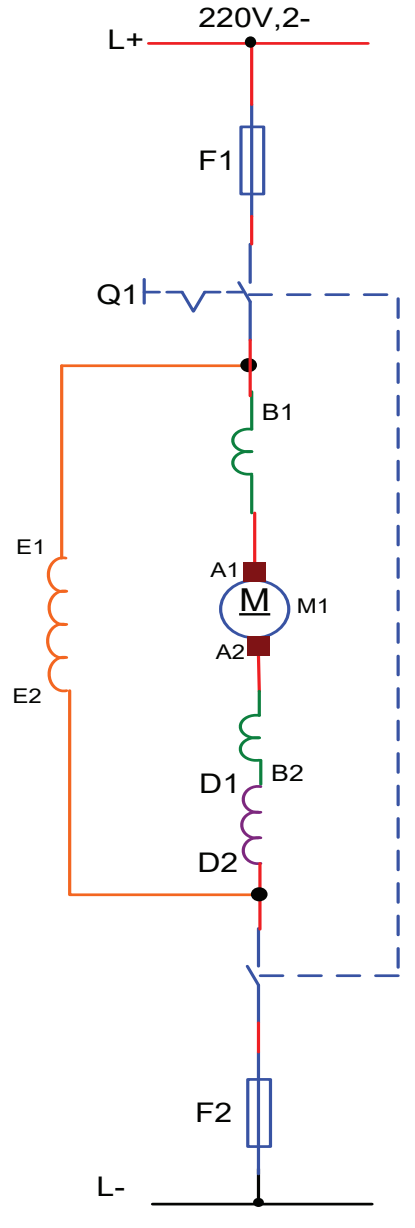
الشكل (5-7/ أ).



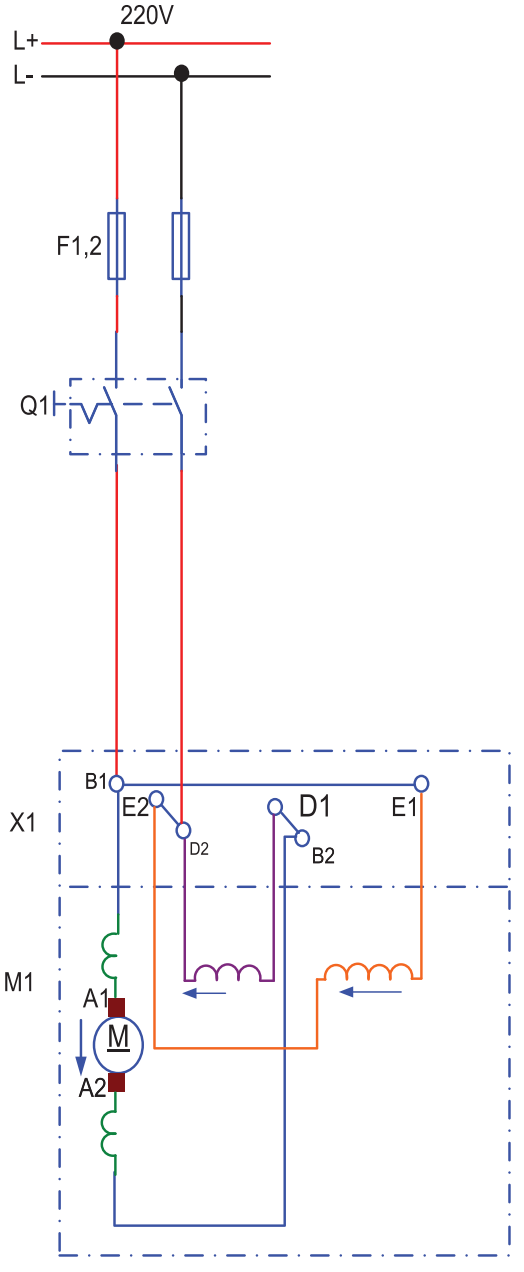
الشكل (5-7/ ب).

المثال (5 - 7)

يُبيّـن الشـكل (5 - 8/ أ)، والشـكل (5 - 8/ ب) علـى الترتيـب مخطـط مسـار التيـار والمخطـط التفصيلـي لـدارة محـرك تيـار مباشـر ذي تحريـض (إثـارة) مُركَّـب، وملفـي تبديـل (تعويـض) (دوران يميني)، وطريقـة توصيـل ملفـات التـوازي (E1) و (E2)، وملفـات التوالـي (D1) و (D2) بطرفـي ملـف التبديـل (B1) و (B2) المتصلين بطرفـي المنتـج (A1) و(A2)، وكذلـك طريقـة توصيـل أطراف المحـرك بالمصـدر الكهربائـي عـن طريـق مصهـري الحمايـة (F1) و (F2)، مفتـاح التشـغيل (Q1).



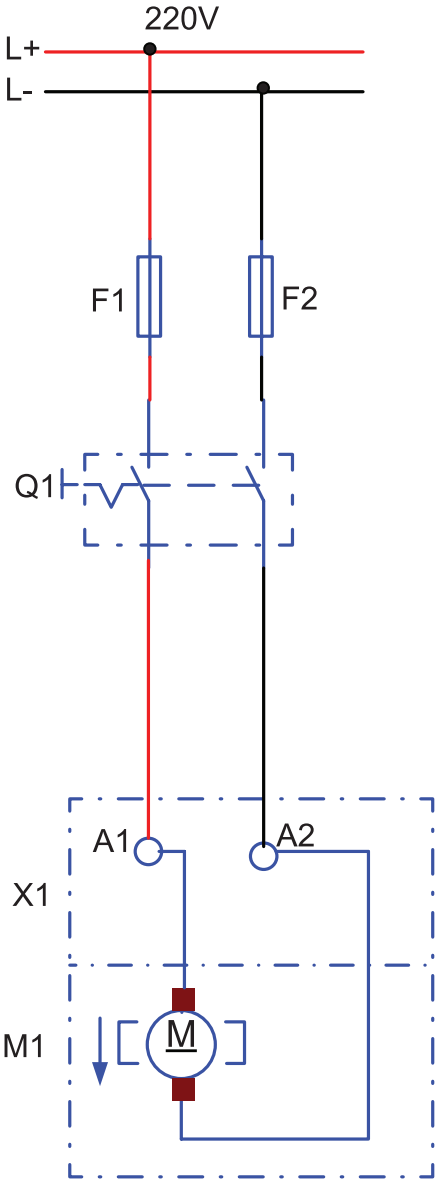
الشكل (5 - 8/ أ).



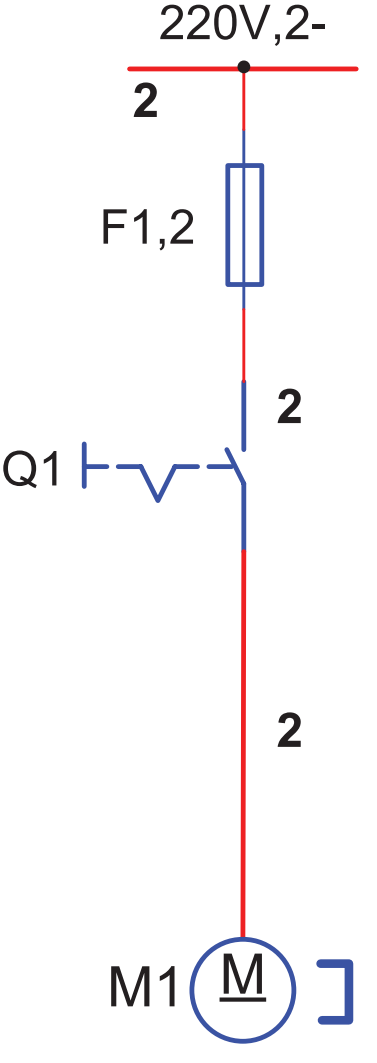
الشكل (5 - 8/ ب).

المثال (5 - 8)

يُبيّن الشكل (5 - 9/ أ)، والشكل (5 - 9/ ب) على الترتيب المخطط الرمزي والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي مغناطيس دائم، يدور في اتجاه عقارب الساعة (دوران يميني)، وطريقة توصيل طرفي المنتج (A1) و(A2)، وطريقة توصيل أطراف المحرك بالمصدر الكهربائي عن طريق مصهري الحماية (F1) و (F2)، ومفتاح التشغيل (Q1).



الشكل (5 - 9/ ب).



الشكل (5 - 9/ أ).

مستعينًا بالمراجع المتوافرة في مكتبة المدرسة أو المواقع الإلكترونية في شبكة الإنترنت، ابحث أنت وزملاؤك عن دارات أخرى للتشغيل والتحكم في محركات التيار المباشر.

استخدم برامج الرسم باستخدام الحاسوب، مثل برنامج (Electrical AutoCAD)، وبرنامج (Work Bench)، لرسم الدارات الكهربائية كما في الشكل (5 - 6/ أ)، والشكل (5 - 6/ ب).

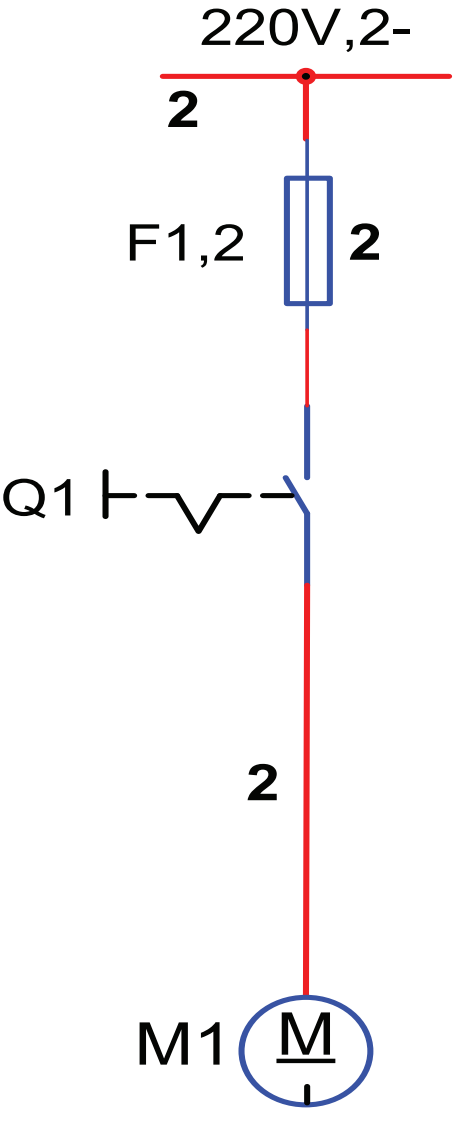
القياس والتقويم

التمرين (5 - 1)

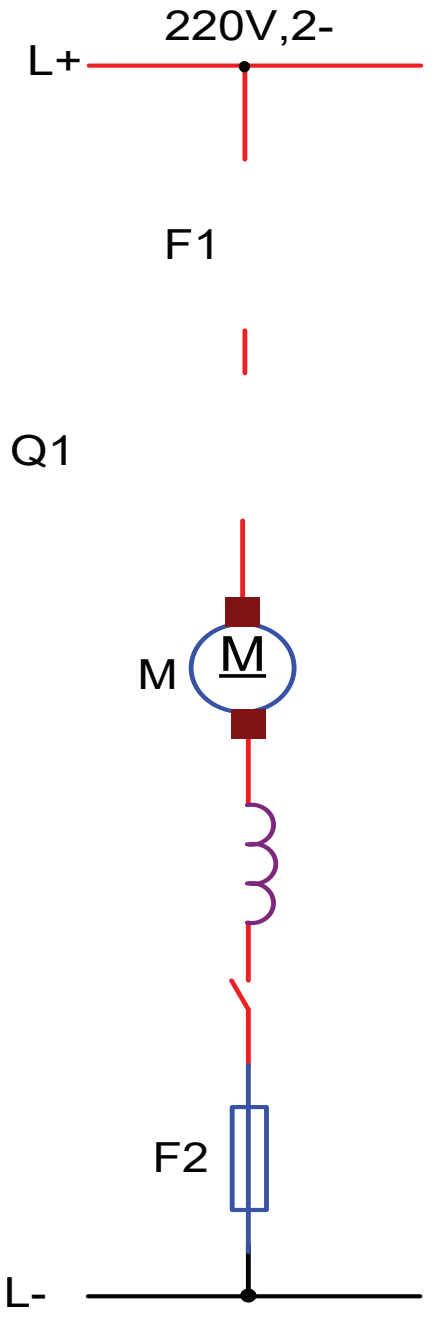
يُبيّن الشكل (5 - 10/ أ) المخطط الرمزي، ويُبيّن الشكلان (5 - 10/ ب)، (5 - 10/ جـ) على الترتيب عناصر مخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي:

1 - أكمل رسم المخطط التفصيلي ومخطط مسار التيار لهذه الدارة؛ لكي يدور المحرك عكس اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يساري)، مستعينًا بالمخطط الرمزي المُبيَّن في الشكل (5 - 10/ أ).

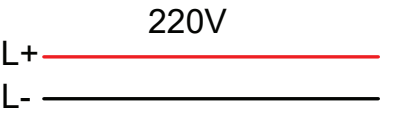
2 - صِلِ الأقطاب لهذا المحرك المُبيَّن في الشكل (5 - 10/ د)؛ لكي يدور المحرك عكس اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يساري).

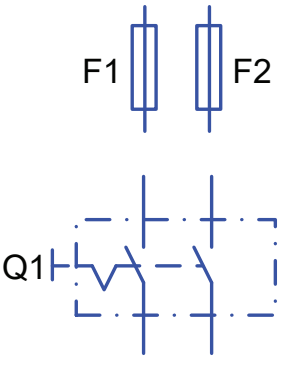


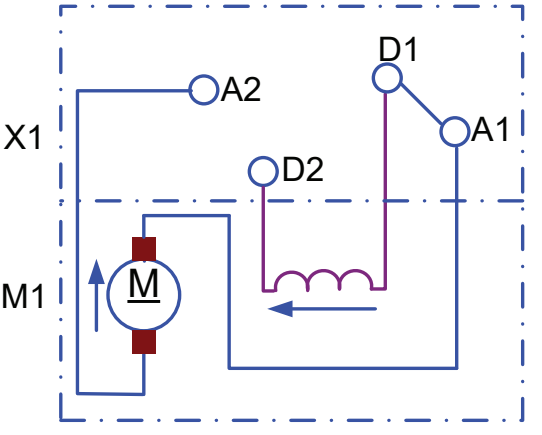
الشكل (5 - 10/ أ): المخطط الرمزي.

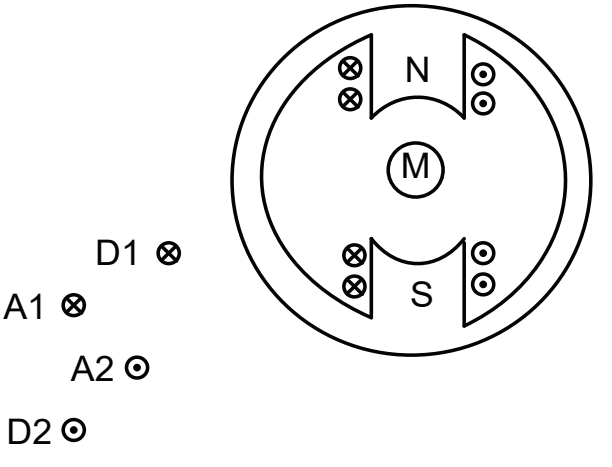


الشكل (5 - 10/ ب): مخطط مسار التيار.


220V
L+
L-


F1
F2
Q1


D1
A2
A1
X1
D2
M1
M


N
M
S
D1
A1
A2
D2

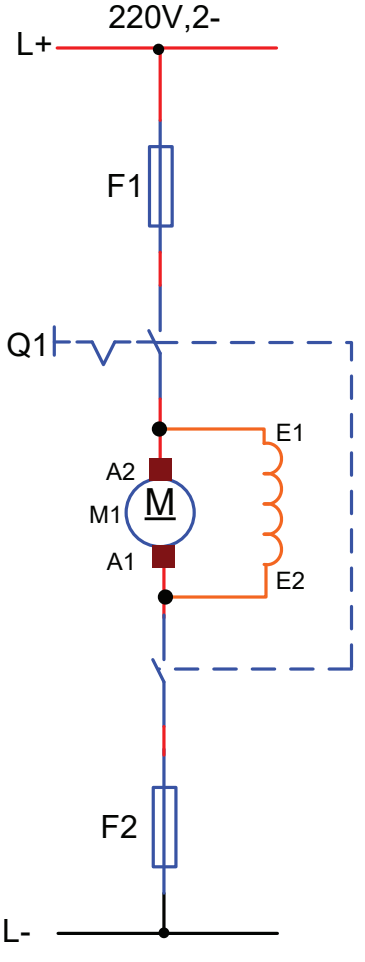
التمرين (5 - 2)

يُبيّن الشكل (5 - 11/ ب) مخطط مسار التيار، ويُبيّن الشكلان (5 - 11/ أ) و(5 - 11/ جـ) على الترتيب عناصر المخطط الرمزي والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوازي:

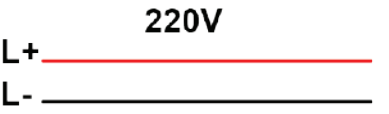
1 - أكمل رسم المخطط التفصيلي لهذه الدارة؛ لكي يدور المحرك عكس اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يساري)، مستعينًا بمخطط مسار التيار المُبيَّن في الشكل (5 - 11/ ب).

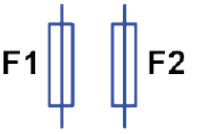
2 - أكمل رسم المخطط الرمزي المُبيَّن في الشكل (5 - 11/ أ)، ما عدد الخطوط عليه؟

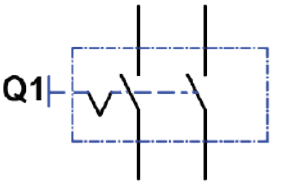
الشكل(5 - 11/ أ): المخطط الرمزي.

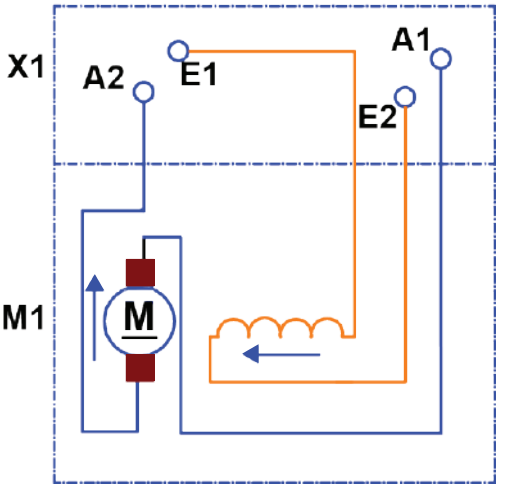


الشكل(5 - 11/ ب): مخطط مسار التيار.





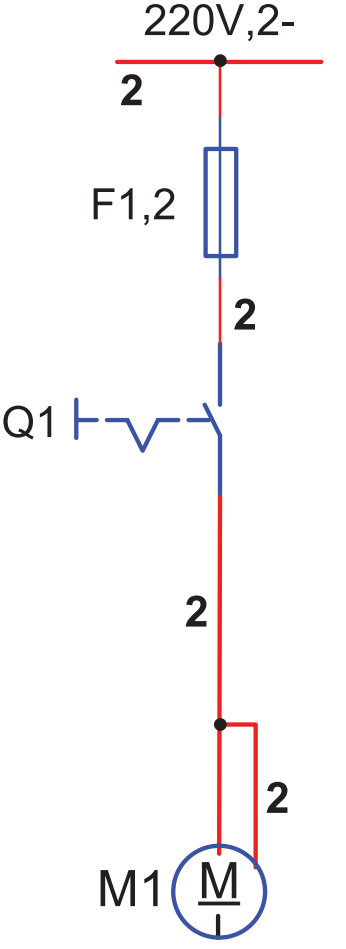




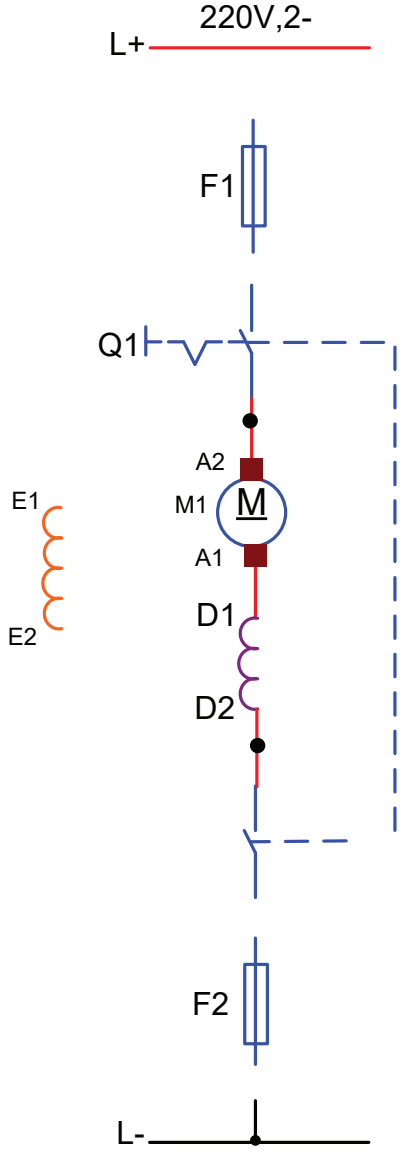
الشكل (5-11 / جـ): المخطط التفصيلي.

التمرين (5 - 3)

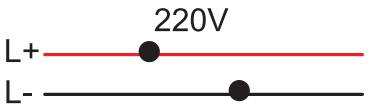
يُبيّن الشكل (5 - 12/ أ) المخطط الرمزي، ويُبيّن الشكلان (5 - 12/ ب) و (5 - 12/ جـ) على الترتيب عناصر مخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض مُركَّب. مستعينًا بالمخطط الرمزي المُبيَّن في الشكل (5 - 12/أ)، أكمل رسم المخطط التفصيلي ومخطط مسار التيار لهذه الدارة؛ لكي يدور المحرك في اتجاه دوران عكس عقارب الساعة (دوران يساري).

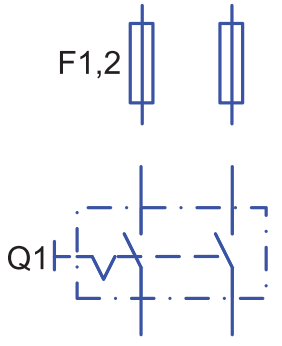


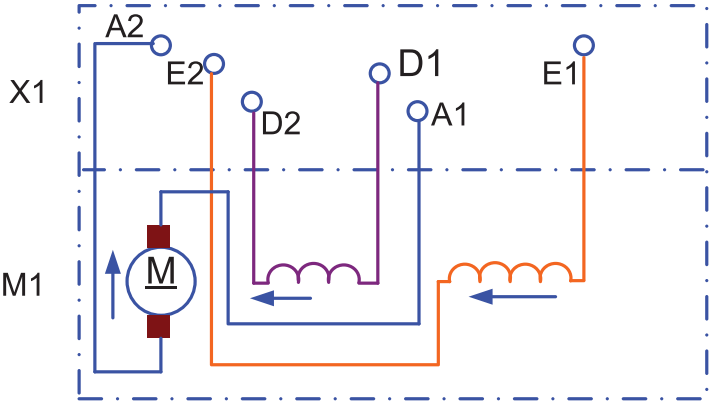
الشكل (5 - 12/ أ): المخطط الرمزي.



الشكل (5 - 12/ ب): مخطط مسار التيار.



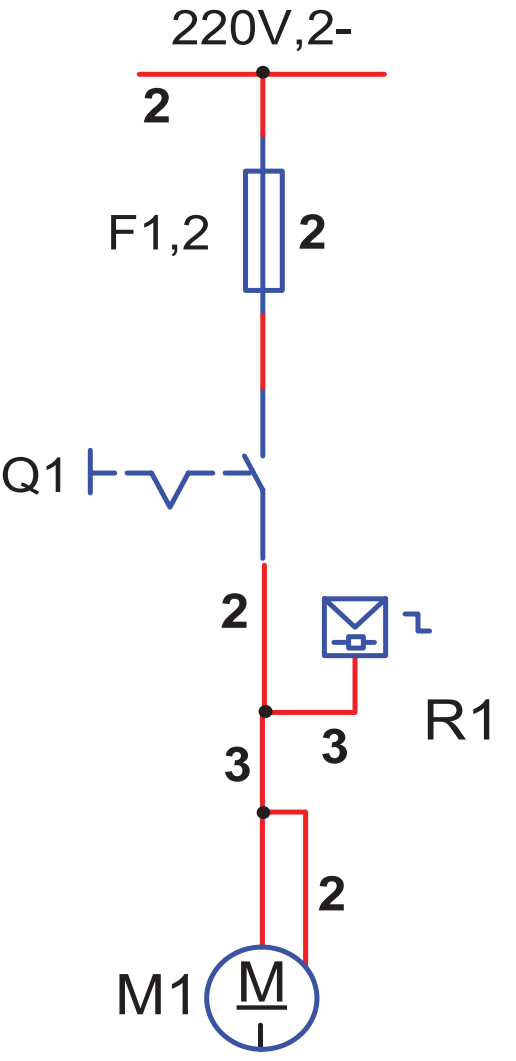




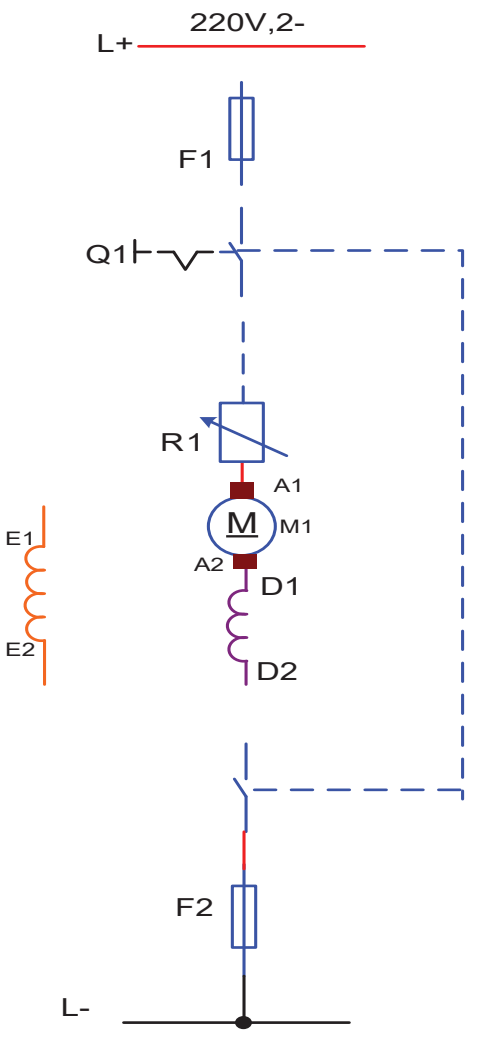
الشكل (5 - 12/ جـ): المخطط التفصيلي.

التمرين (5 - 4)

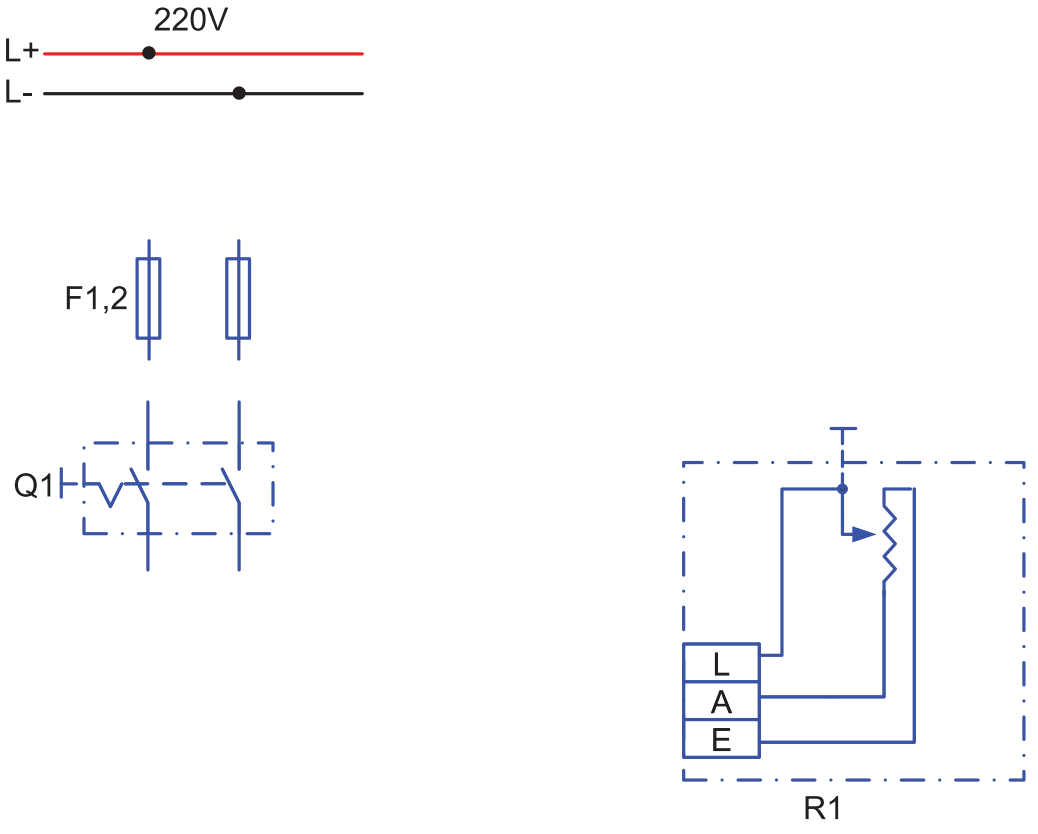
يُبيّن الشكل (5 - 13/ أ) المخطط الرمزي، ويُبيّن الشكلان (5 - 13/ ب)،(5-13/ جـ) على الترتيب عناصر مخطط مسار التيار والمخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض مُركَّب موصول بمقاومة بدء حركة. أكمل رسم المخطط التفصيلي ومخطط مسار التيار لهذه الدارة؛ لكي يدور المحرك في اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يميني)، مستعينًا بالمخطط الرمزي المُبيَّن في الشكل (5 - 13/ أ).



الشكل (5 - 13/ أ): المخطط الرمزي.



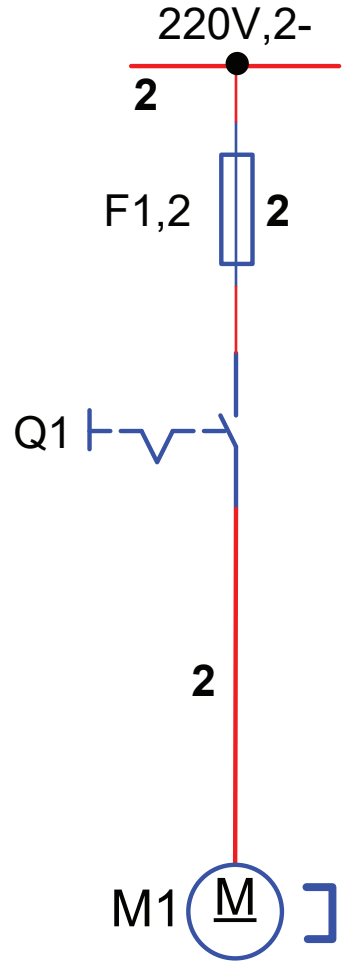
الشكل (5 - 13/ ب): مخطط مسار التيار.



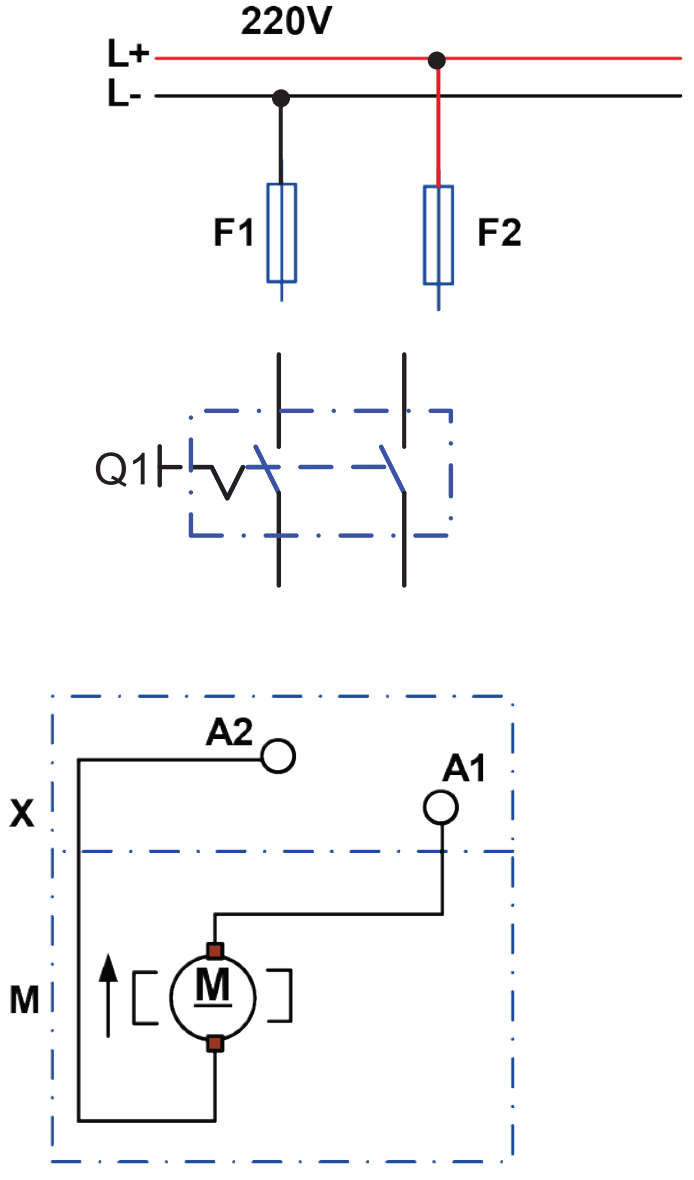
الشكل (5 - 13/ جـ): المخطط التفصيلي.

التمرين (5 - 5)

يُبيّن الشكل (5 - 14/ أ) المخطط الرمزي، ويُبيّن الشكل (5 - 14/ ب) عناصر المخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي مغناطيس دائم. مستعينًا بالمخطط الرمزي، صِلْ عناصر المخطط التفصيلي لهذه الدارة؛ لكي يدور المحرك عكس اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يساري).



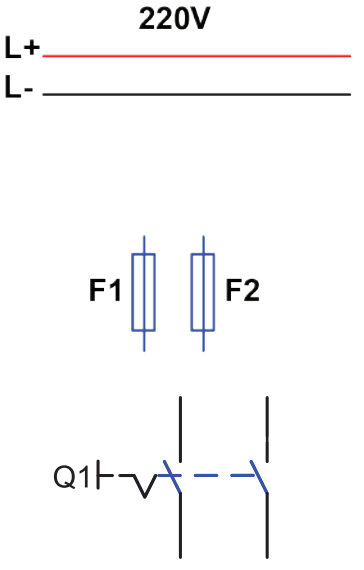
الشكل (5 - 14/ أ): المخطط الرمزي.

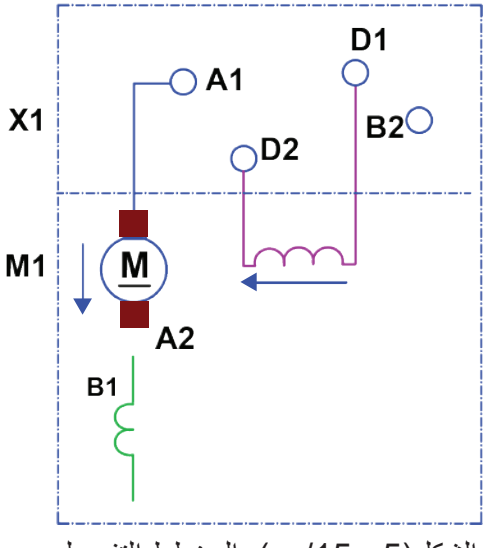


الشكل (5 - 14/ ب): المخطط التفصيلي.

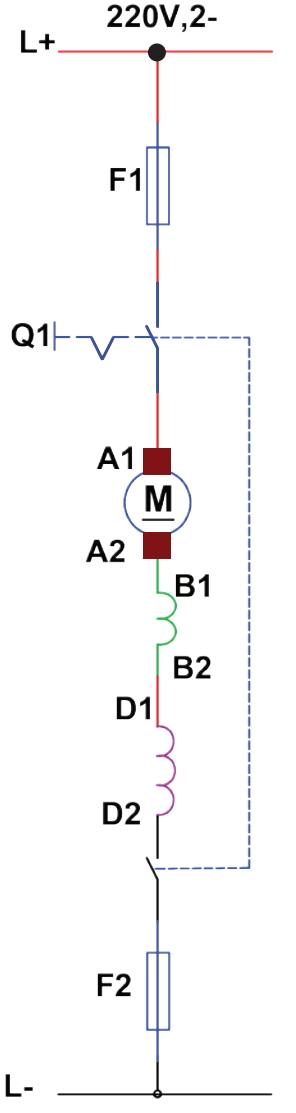
التمرين (5 - 6)

يُبيّن الشكل (5 - 15/ أ) مخطط مسار التيار، ويُبيّن الشكل (5 - 15/ ب) عناصر المخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوالي، وملف تبديل (تعويض). أكمل رسم المخطط التفصيلي ومخطط مسار التيار لهذه الدارة؛ لكي يدور المحرك في اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يميني)، مستعينًا بمخطط مسار التيار.





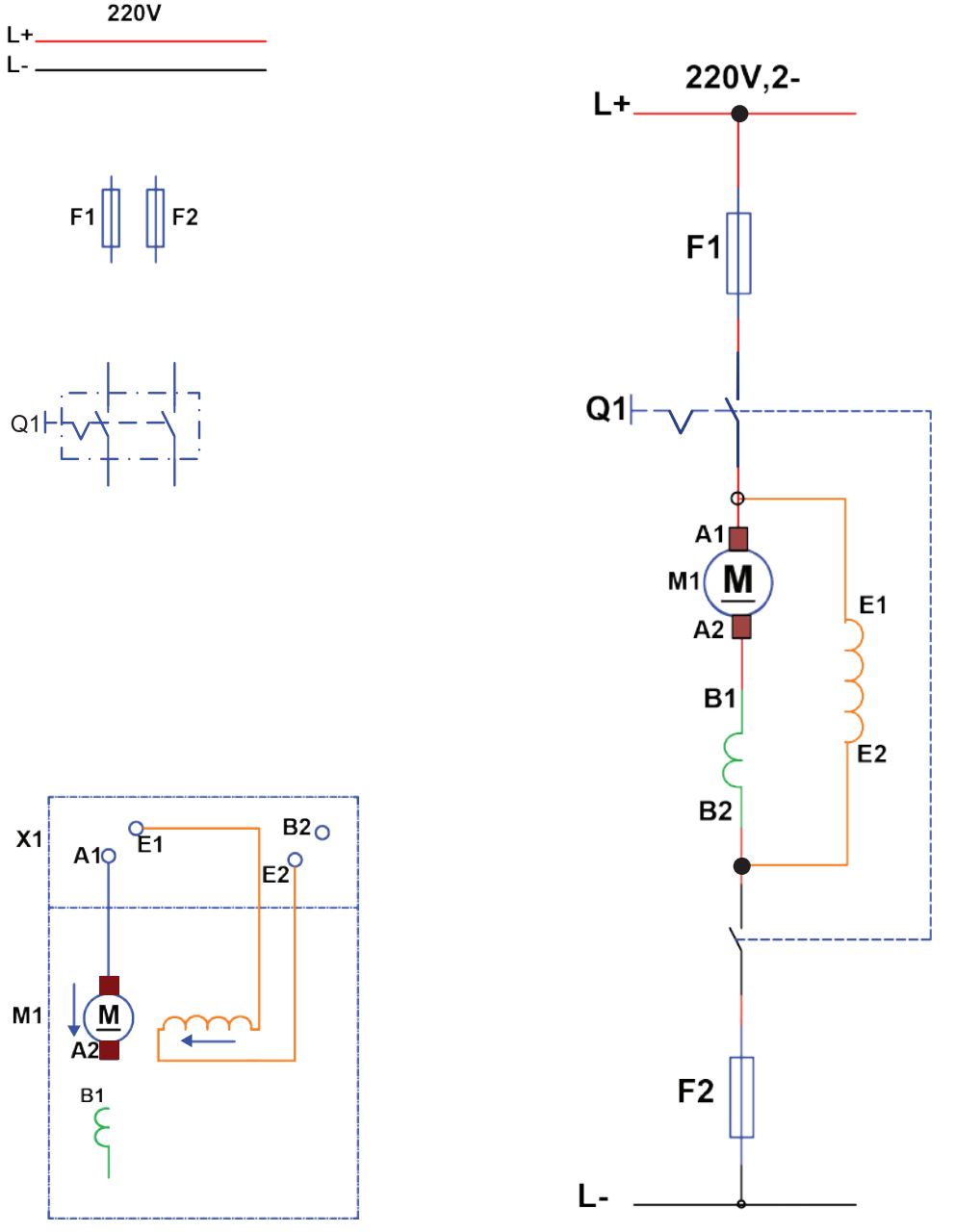
الشكل(5 - 15/ ب): المخطط التفصيلي.



الشكل(5 - 15/ أ): مخطط مسار التيار.

التمرين (5 - 7)

يُبيّن الشكل (5 - 16/ أ) مخطط مسار التيار، ويُبيّن الشكل (5 - 16/ ب) عناصر المخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض على التوازي، وملف تبديل (تعويض). أكمل رسم المخطط التفصيلي لكي يدور المحرك في اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يميني)، مستعينًا بمخطط مسار التيار.

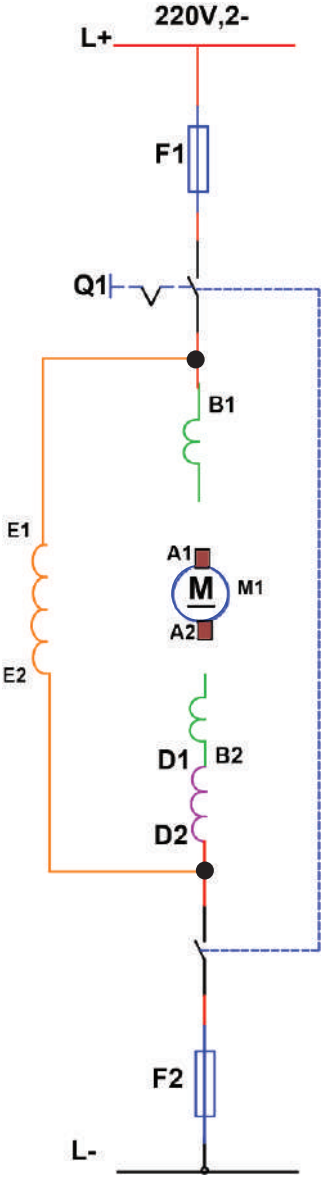


الشكل(5 - 16/ أ): مخطط مسار التيار.

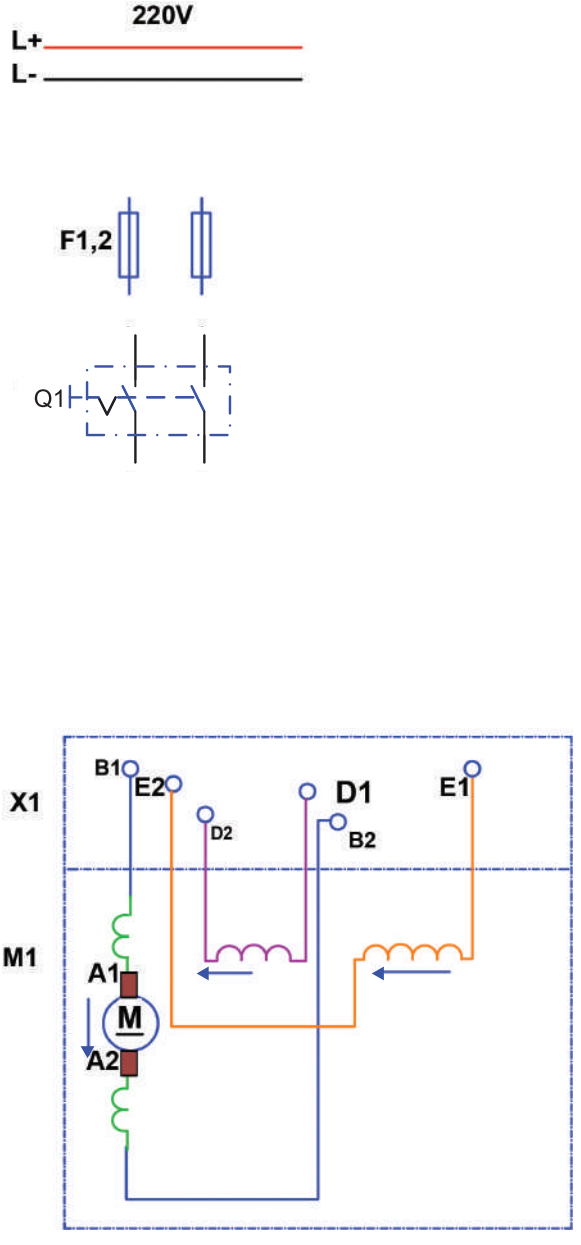
الشكل(5 - 16/ ب): المخطط التفصيلي.

التمرين (5 - 8)

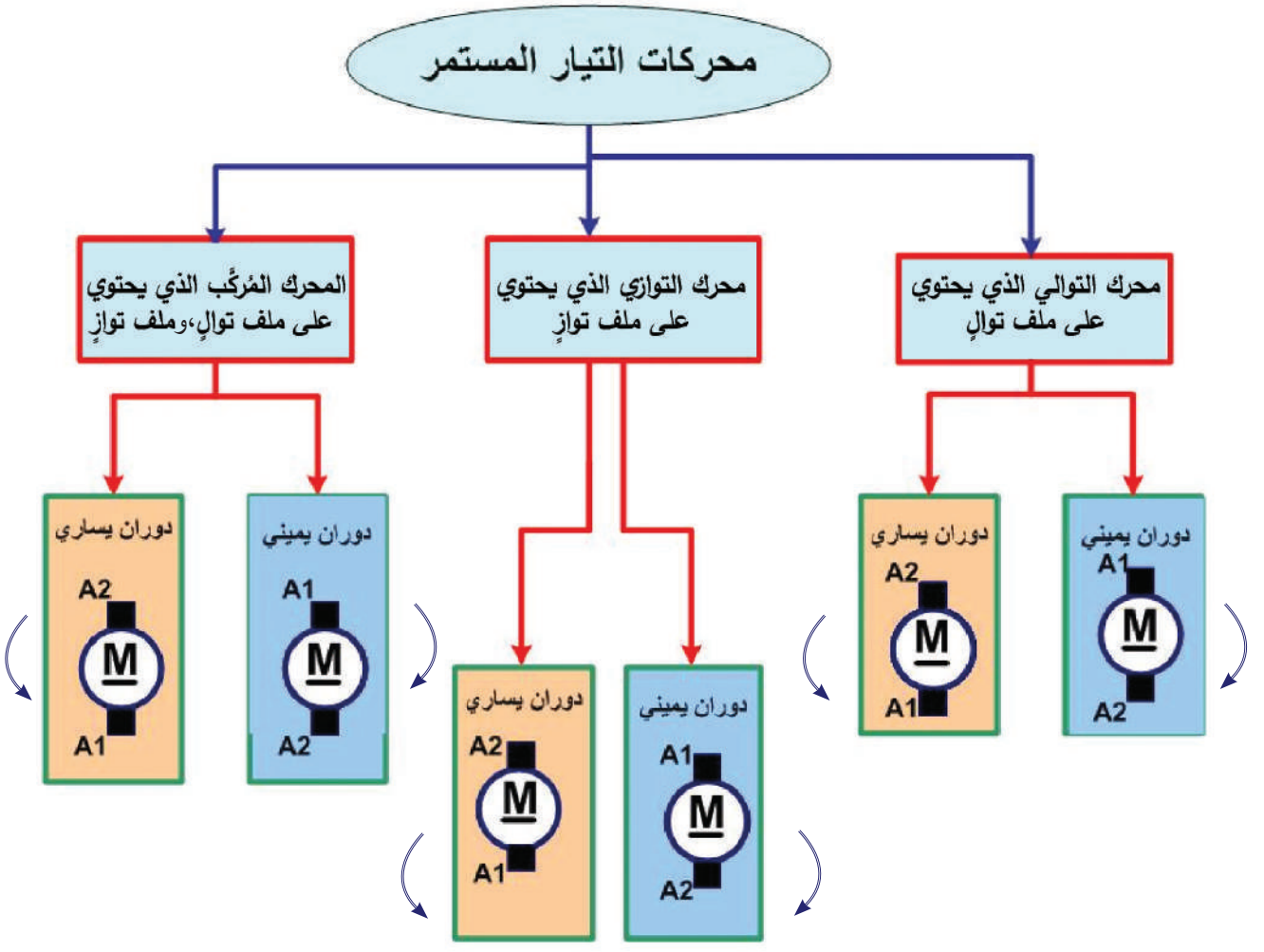
يُبيّن الشكل (5 - 17/ أ) مخطط مسار التيار، ويُبيّن الشكل (5 - 17/ ب) عناصر المخطط التفصيلي لدارة محرك تيار مباشر ذي تحريض مُركَّب، وملف تبديل (تعويض). أكمل رسم المخطط التفصيلي ومخطط مسار التيار لهذه الدارة؛ لكي يدور المحرك في اتجاه دوران عقارب الساعة (دوران يميني)، مستعينًا بمخطط مسار التيار.



الشكل(5 - 17/ أ): مخطط مسار التيار.

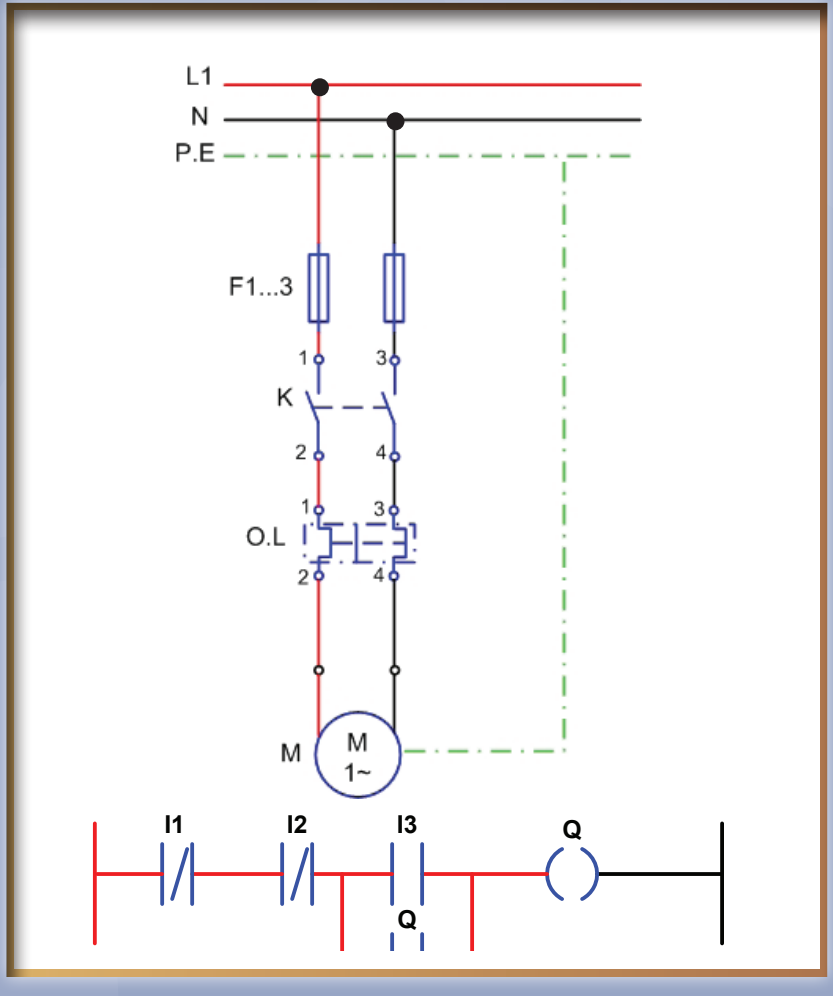


الشكل(5 - 17/ ب): المخطط التفصيلي.


محركات التيار المستمر
المحرك المُركَّب الذي يحتوي على ملف توالٍ،وملف توازٍ
محرك التوازي الذي يحتوي على ملف توازٍ
محرك التوالي الذي يحتوي على ملف توالٍ
دوران يساري
A2
M
A1
دوران يميني
A1
M
A2
دوران يساري
A2
M
A1
دوران يميني
A1
M
A2
دوران يساري
A2
M
A1
دوران يميني
A1
M
A2

الوحدة السادسة

التحكم الكهربائي والتحكم المنطقي المبرمج
(Electrical Control and PLC)



- ما العناصر المستخدمة في دارات التحكم الكهربائي
- فيم يُستخدَم التحكم المنطقي المبرمج؟

تتكوَّن الدارة الكهربائية من مصدر كهربائي وعناصر توصيل هذا المصدر بحمل كهربائي، والحمل الكهربائي نفسه. لضمان عمل الدارة بصورة آمنة، وسليمة، وحمايتها، والتحكم فيها في أثناء الاستخدام؛ يجب إضافة عناصر أخرى إلى هذه الدارة، هي عناصر الحماية والتحكم، مثل: مفاتيح التشغيل اليدوية، والمفاتيح التلامسية، ووسائل الحماية، مثل: القواطع، والمصهرات، وقواطع الحماية الحرارية والتلامسية اللازمة لحماية الدارة الكهربائية من الأعطال المختلفة، مثل: زيادة التيار، وقصر الدارة.

يُتوقَّع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- يُفسِّر الرموز الخاصة بدارات التحكم الكهربائي.
- يقرأ مخطط تشغيل محرك أحادي الطور باستعمال مفتاح تلامسي مُزوَّد بحماية حرارية مع مصهرات (مخطط مسار تيار، مخطط دارة تشغيل).
- يقرأ مخطط تشغيل محرك أحادي الطور وعكس اتجاه دورانه باستعمال مفتاح سكيني مع مصهرات (مخطط رمزي، مخطط تفصيلي).
- يقرأ مخطط تشغيل لمحرك ثلاثي الطور باستعمال مفتاح تلامسي مُزوَّد بحماية حرارية مع مصهرات (مخطط مسار تيار، مخطط دارة تشغيل).
- يقرأ مخطط عكس اتجاه الدوران لمحرك ثلاثي الطور باستعمال مفتاح عكس اتجاه الدوران مع مصهرات (مخطط رمزي، مخطط تفصيلي)، ويرسمه.
- يقرأ مخطط تشغيل لمحرك ثلاثي الطور من مكانين باستعمال مفتاح تلامسي مُزوَّد بحماية حرارية مع مصهرات (مخطط مسار تيار، مخطط دارة تشغيل).
- يقرأ مخطط تشغيل محرك ثلاثي الطور ليعمل في اتجاهين باستعمال مفاتيح تلامسية مع حماية حرارية ومصهرات (سريع، بطيء) (مخطط مسار تيار، مخطط دارة تشغيل)، ويرسمه.
- يقرأ مخطط تشغيل لمحرك ثلاثي الطور ذي سرعتين باستعمال مفاتيح تلامسية مع حماية حرارية ومصهرات (مخطط مسار تيار، مخطط دارة تشغيل)، ويرسمه.

- يقرأ مخطط تشغيل لمحرك ثلاثي الطور على شكل (نجمة، مثلث)،(Y660) (380 /Δ) فولت (يدويًّا، وآليًّا) باستخدام مفاتيح تلامسية مع حماية حرارية ومصهرات (مخطط مسار تيار، مخطط دارة تشغيل).
- يُفسِّر الرموز الخاصة بدارات التحكم المبرمج.
- يُفسِّر المصطلحات الخاصة بمخططات التحكم المبرمج.
- يقرأ مخطط دارة تحكم في إضاءة مصباح كهربائي باستعمال دارة تحكم منطقي مبرمج، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تحكم في إضاءة مصباح كهربائي من مكانين باستعمال دارة تحكم منطقي مبرمج، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تحكم في تشغيل محرك كهربائي أحادي الطور باستعمال دارة تحكم منطقي مبرمج، ويرسمه.
- يقرأ مخطط دارة تحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور باستعمال دارة تحكم منطقي مبرمج، ويرسمه.

الوحدة السادسة: التحكم الكهربائي والتحكم المنطقي المبرمج

المحاور الفرعية

أولًا: عناصر دارات التحكم الكهربائي ورموزها.

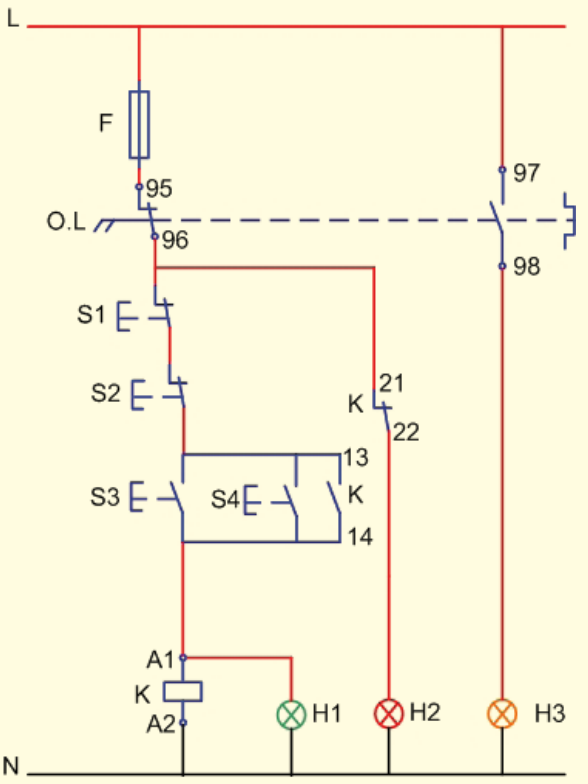
ثانيًا: مخططات دارات التحكم الكهربائي.

القياس والتقويم

منهاجي
متعة التعليم الهادف

انظر .... وتساءل

فيمَ يستفاد من رسم مخططات التحكم الكهربائي؟

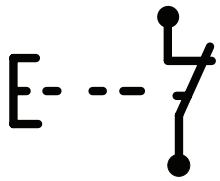
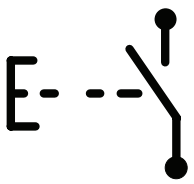
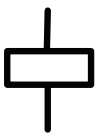


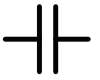
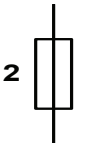
استكشف

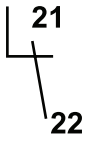
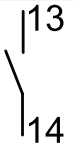
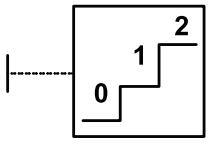
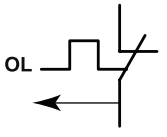
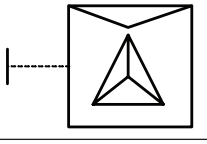
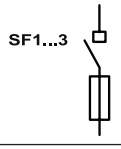
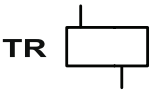
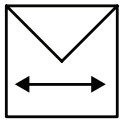
- ما الأعطال المُتوقَّعة إذا حدث قطع طور في دارة التشغيل لمحرك ثلاثي الطور؟
- ما المقصود بالتحكم المنطقي المبرمج (Programmable Logic Control: PLC)؟

أولاً: عناصر مخططات دارات التحكم الكهربائي، ورموزها

يمكن التعبير عن عناصر دارات التحكم الكهربائي باستخدام رموز عِدَّة؛ للإفادة منها بسهولة، انظر الجدول الآتي:

المصطلح بالعربية	المصطلح بالإنجليزية	الرمز
ضاغط إيقاف.	Off Push-Button	
ضاغط تشغيل.	On Push-Button	
ملف مفتاح تلامسي.	Contactor Coil	
محرك أحادي الطور.	Single-Phase Motor	
محرك ثلاثي الطور (توصيل على شكل نجمة).	Three-Phase Motor (Star- Connection)	
محرك ثلاثي الطور (توصيل على شكل مثلث).	Three-Phase Motor (Delta- Connection)	

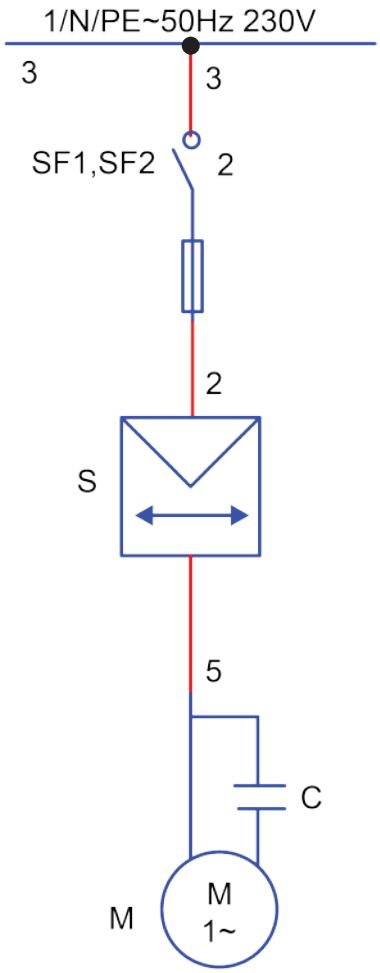
	Capacitor	مواسع.
	Fuse	مصهر.
	Tow Fuses	مصهران.
	Fuse Cutout	مصهر فاصل.
	PLC Magnetic Control Coil	ملف الملامس المغناطيسي داخل (PLC).
	PLC Normally Closed Contact	تلامس مغلق في (PLC).
	PLC Normally Opened Contact of Magnetic Switch	تلامس مفتوح للمفتاح التلامسي في (PLC).
	PLC Normally Opened Contact	تلامس مفتوح في (PLC).

تلامس مساعد مغلق.	
تلامس مساعد مفتوح.	
مفتاح يدوي ثنائي السرعة.	
حماية حرارية.	
نقطة تلامس رئيسة في مفتاح تلامسي.	
مفتاح (نجمة - مثلث).	
مفتاح سكيني ثلاثي القطب.	
مرحل زمني.	
محرك ثلاثي الطور ذو سرعتين (قطبين، أربعة اقطاب).	
مفتاح عكس اتجاه الدوران.	
محول خافض للفولتية.	

يستفاد من هذه المخططات في توضيح مبدأ عمل دارات التحكم، وتسهيل تركيبها وتشغيلها وصيانتها. وفي ما يأتي بيان لأنواعها:

1- المخطط الرمزي

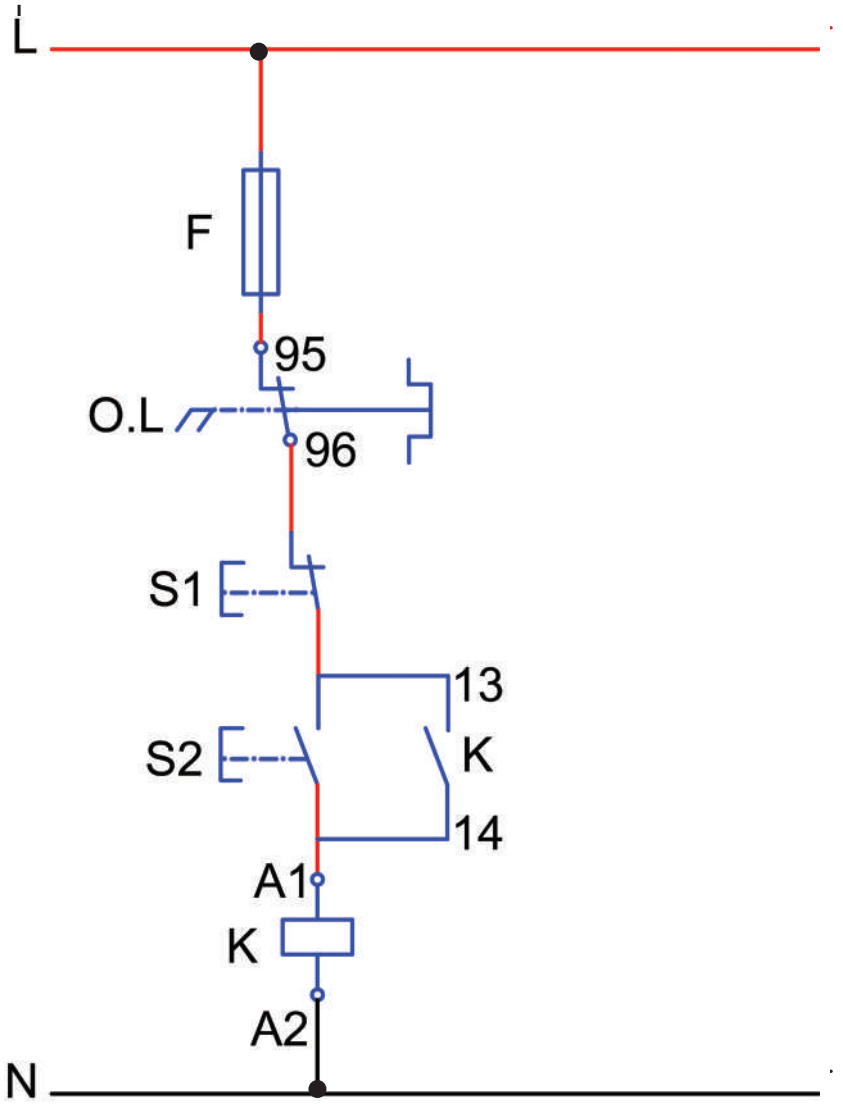
يُبيّن الشكل (6 - 1) المخطط الرمزي لعكس اتجاه دوران محرك أحادي الطور، ويتكوَّن المخطط من مفتاح سكيني ثنائي القطب (SF1,SF2)، ومفتاح عكس اتجاه دوران المحرك (S)، ومحرك أحادي الطور (M).



الشكل (6 - 1): المخطط الرمزي لعكس اتجاه دوران محرك أحادي الطور.

2- مخطط مسار التيار(دارة التحكم)

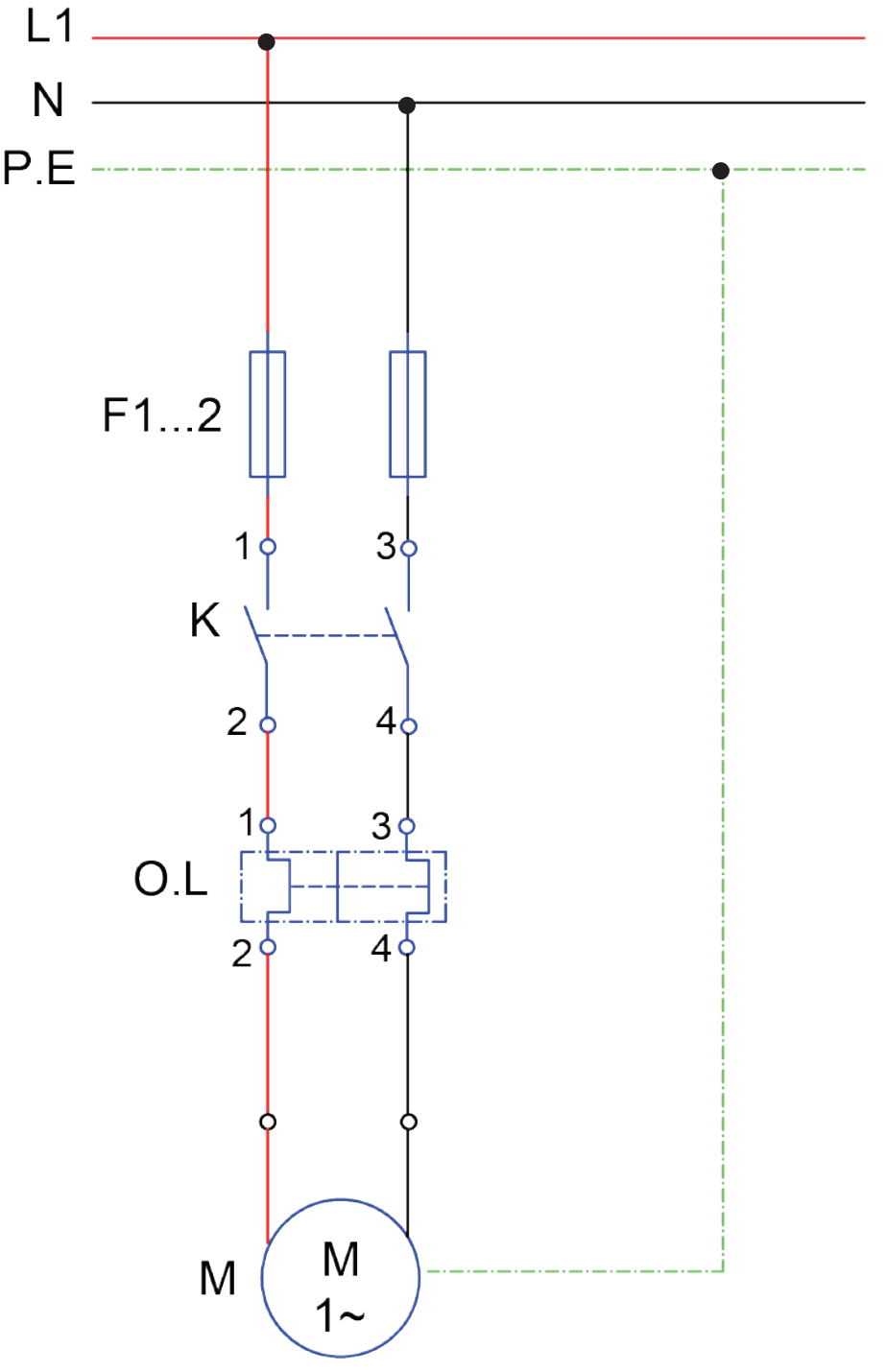
يُبيِّـن الشـكل (6 - 2) مخطـط مسـار التيـار لتشـغيل محـرك أحـادي الطـور باسـتعمال مفتـاح تلامسـي (K) يتصـل بالمصـدر عـن طريـق مصهـر حمايـة (F)، وبالمرحـل الحـراري للحاميـة مـن زيـادة الحمـل (O.L)، ويُسـتعمَل ضاغـط التشـغيل (S2) لتشـغيله، ويُسـتعمَل ضاغـط الإيقـاف (S1) لإيقافـه.



الشكل (6 - 2): مخطط مسار التيار (دارة التحكم) لتشغيل محرك أحادي الطور باستعمال المفتاح التلامسي (K).

3- مخطط دارة التشغيل (Power Circuit)

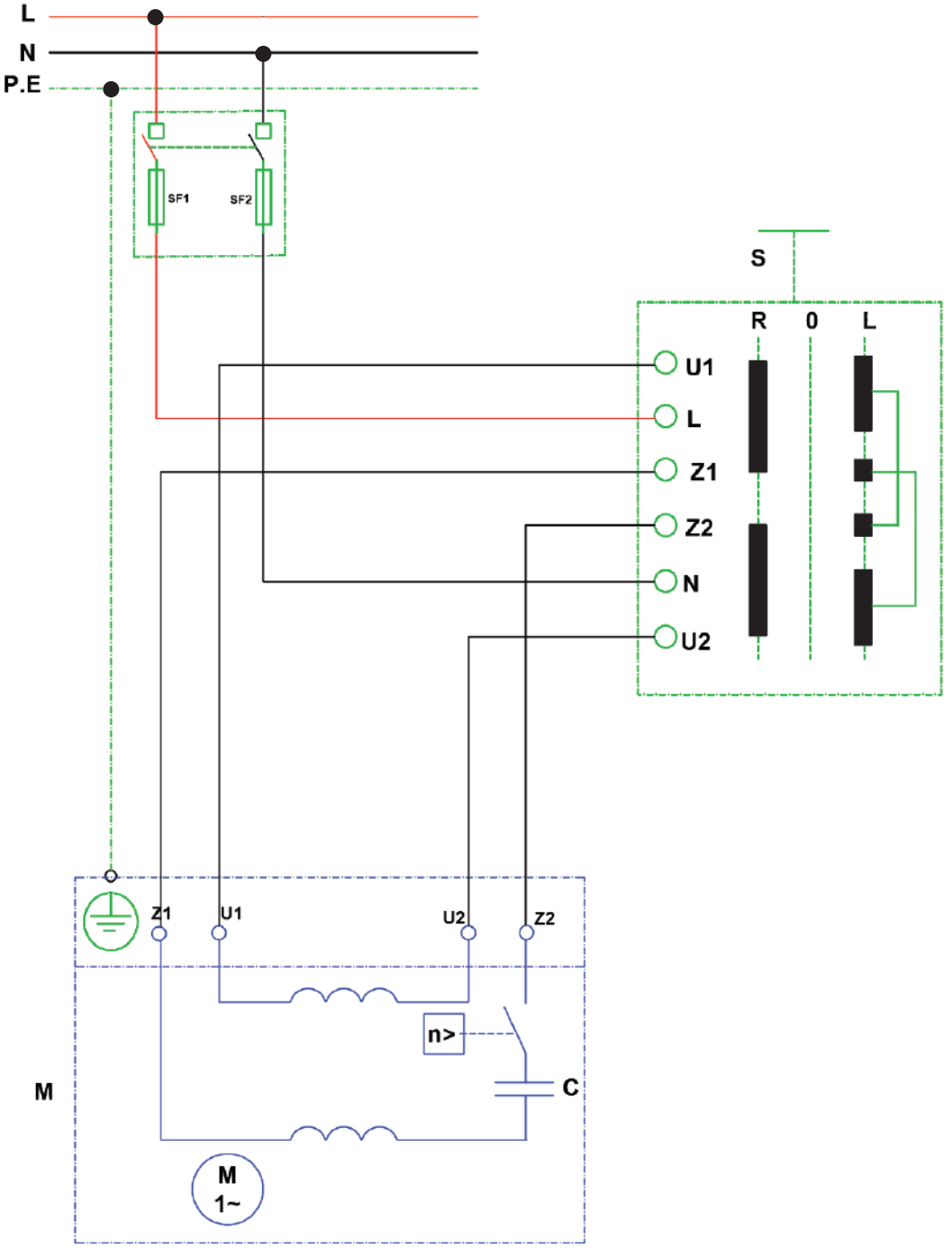
يُبيّن الشكل (6 - 3) مخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك أحادي الطور يتصل بالمصدر الكهربائي، ومصهري الحماية (F1..2)، ونقاط التلامس الرئيسة للمفتاح التلامسي (K)، والمرحل الحراري لزيادة الحمل (O.L).



الشكل (6 - 3): مخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك أحادي الطور.

4- المخطط التفصيلي

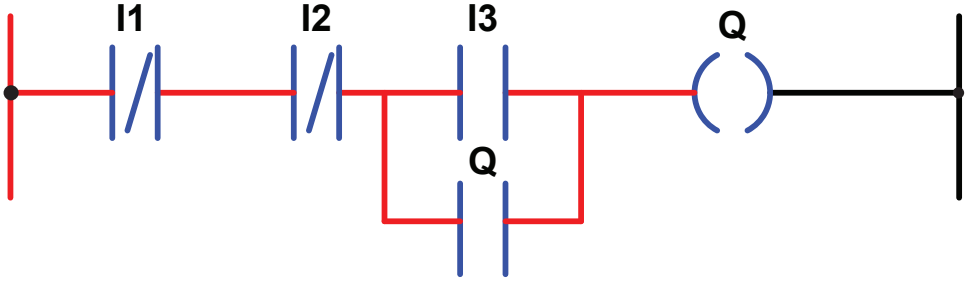
يُبيّن الشكل (6 - 4) المخطط التفصيلي لتشغيل محرك أحادي الطور (M) يتصل بالمصدر الكهربائي عن طريق مفتاح سكيني ثنائي القطب (SF1,SF2)، ومفتاح يدوي لعكس اتجاه دوران المحرك (S).



الشكل (6 - 4): المخطط التفصيلي لتشغيل محرك أحادي الطور وعكس اتجاه دورانه.

5- المخطط السلمي

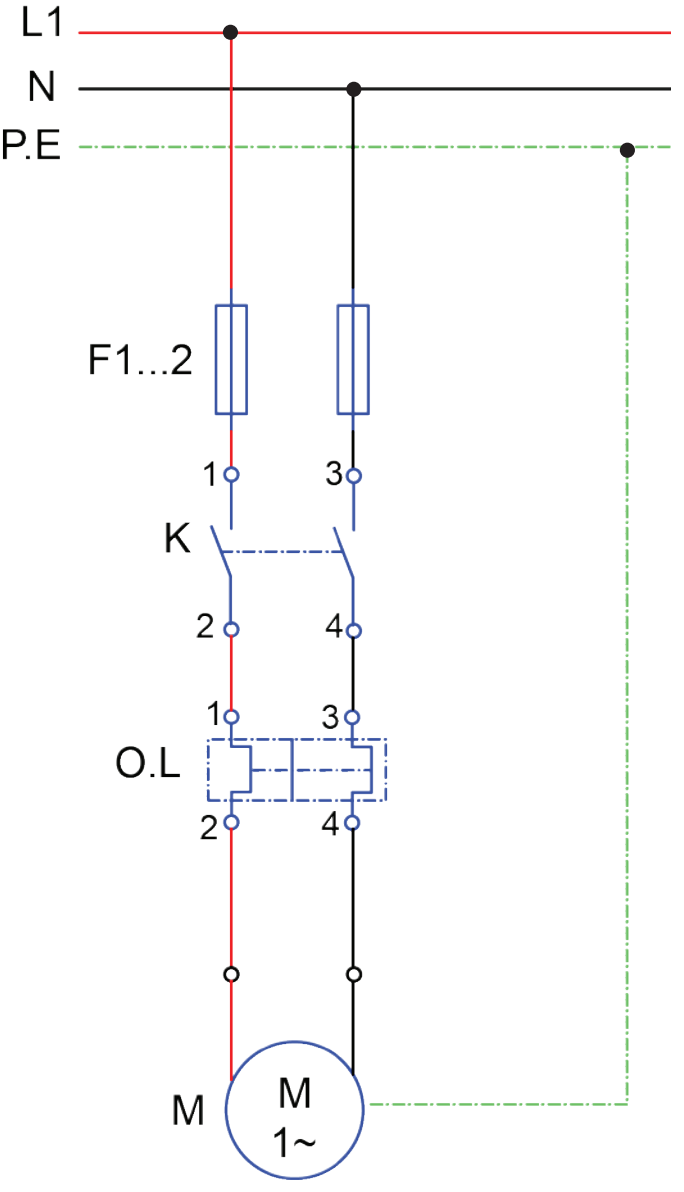
يُبيّن الشكل (6 - 5) المخطط السلمي (يُستخدَم في التحكم المبرمج) لتشغيل محرك ثلاثي الطور. وفيه يُمثِّل الرمز(I1) الحماية الحرارية، ويُمثِّل الرمز (I2) ضاغط الإيقاف، ويُمثِّل الرمز (I3) ضاغط التشغيل، ويُمثِّل الرمز (Q) التلامس المفتوح من المفتاح التلامسي، ويُمثِّل الرمز (Q) ملف المفتاح التلامسي داخل (PLC).



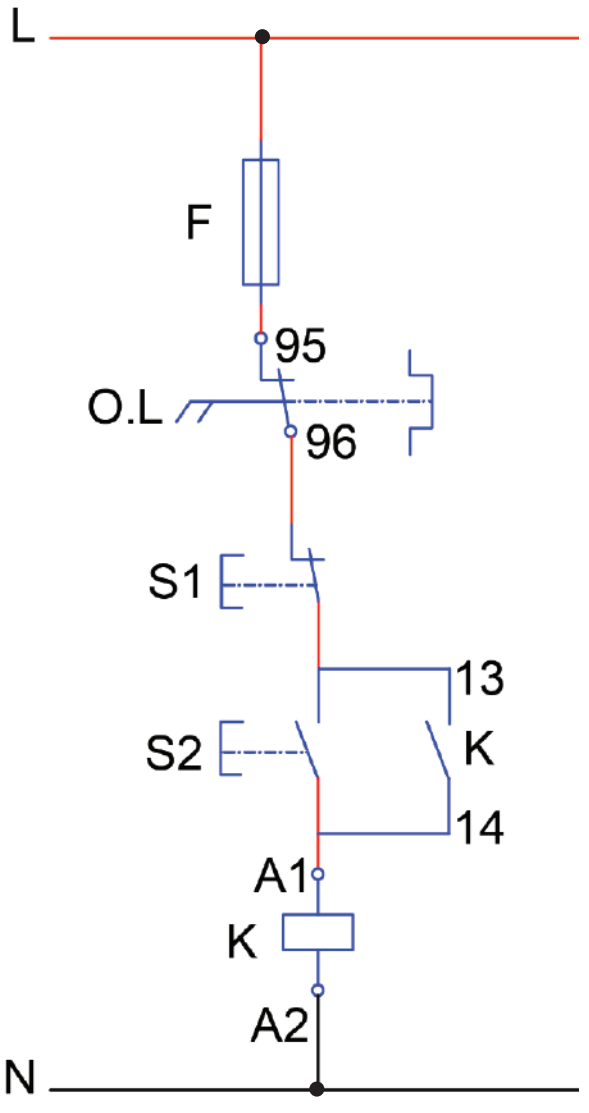
الشكل (6 - 5): المخطط السلمي لتشغيل محرك ثلاثي الطور.

المثال (6 - 1)

يُبيِّـن الشـكل (6 - 6/ أ) والشـكل (6 - 6/ ب) علـى الترتيـب مخطـط دارة التشـغيل ومخطـط دارة التحكـم لمحـرك أحـادي الطـور (M) باسـتعمال المفتـاح التلامسـي (K) المُـزوَّد بمرحـل حـراري لزيـادة الحمـل (O.L)، ومصهـري الحمايـة (F_1 F_2) لحمايـة دارة التشـغيل، ومصهـر كبسـولي (F) لحمايـة دارة التحكـم، علمًـا بـأن جسـم المحـرك متصـل بخـط الحمايـة الأرضـي (P.E)، والـدارة تُشـغَّل باسـتعمال ضاغـط التشـغيل (S2)، وتوقَـف باسـتعمال ضاغـط الإيقـاف (S1).



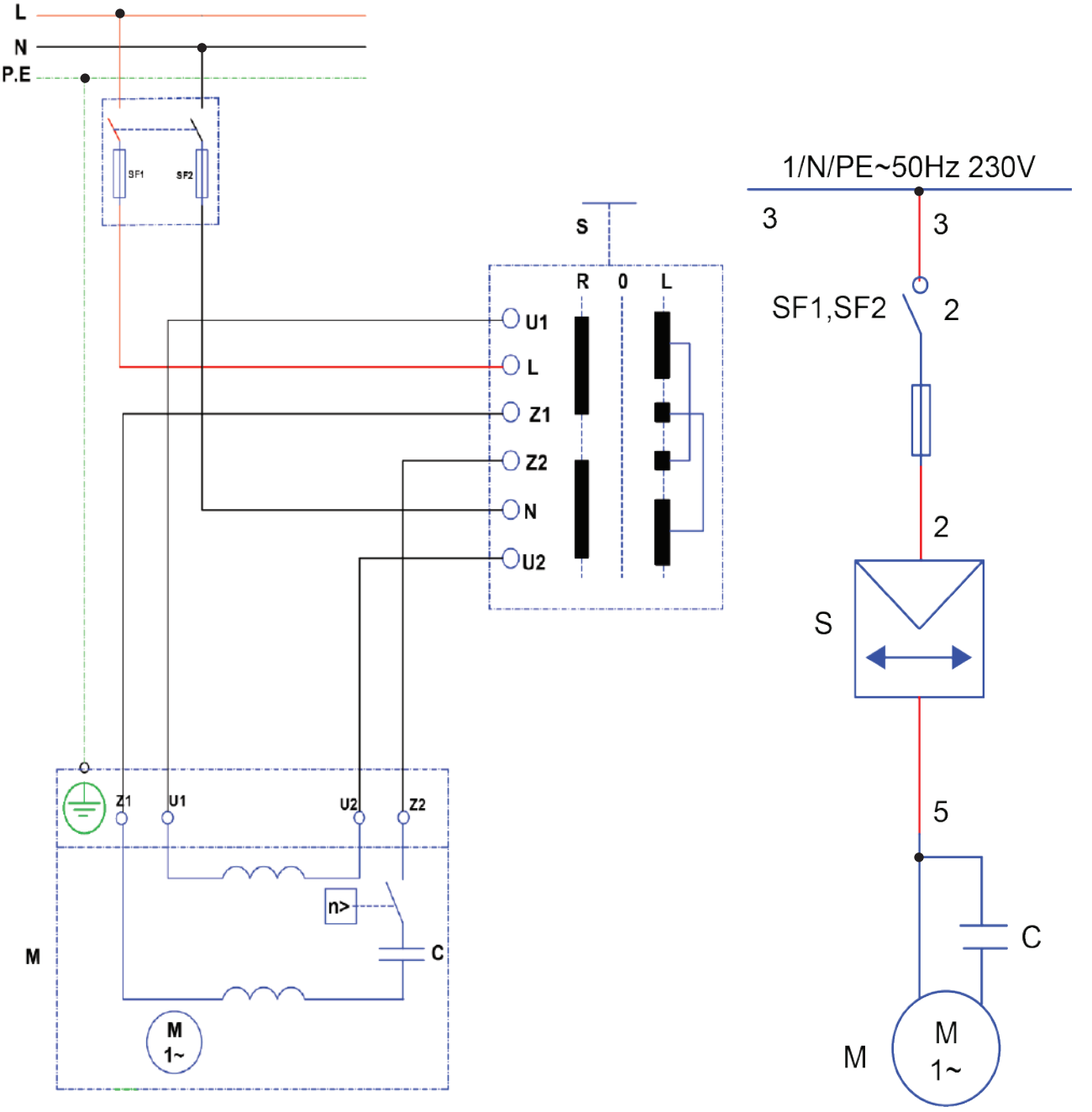
الشكل (6 – 6/أ): مخطط دارة التشغيل.



الشكل (6 – 6/ب): مخطط دارة التحكم.

المثال (6 - 2)

يُبيِّن الشكل (6 - 7/ أ) والشكل (6 - 7/ ب) على الترتيب المخطط الرمزي والمخطط التفصيلي لدارة تشغيل محرك أحادي الطور ذي مواسع بدء تشغيل وعكس اتجاه دورانه باستعمال المفتاح الأسطواني (S) المتصل بالمصدر الكهربائي عن طريق المفتاح السكيني ثنائي القطب (SF1,SF2)، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E).

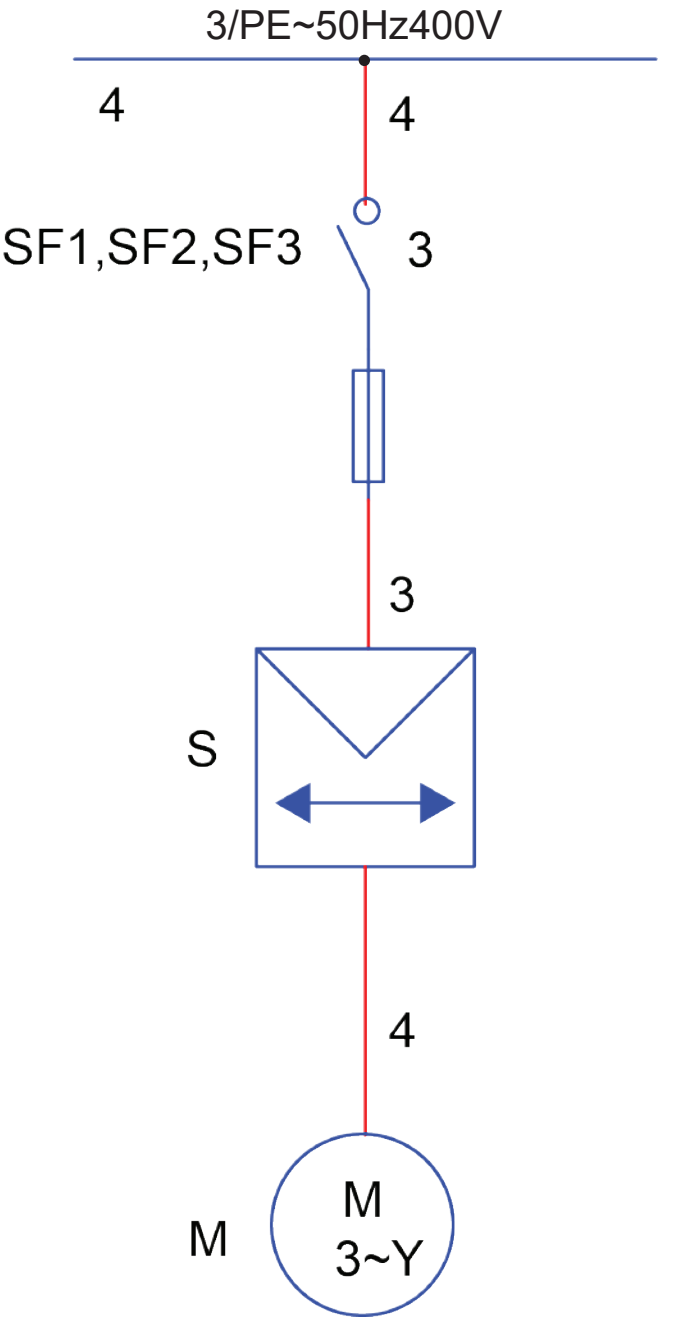


الشكل (6 - 7/ أ): المخطط الرمزي.

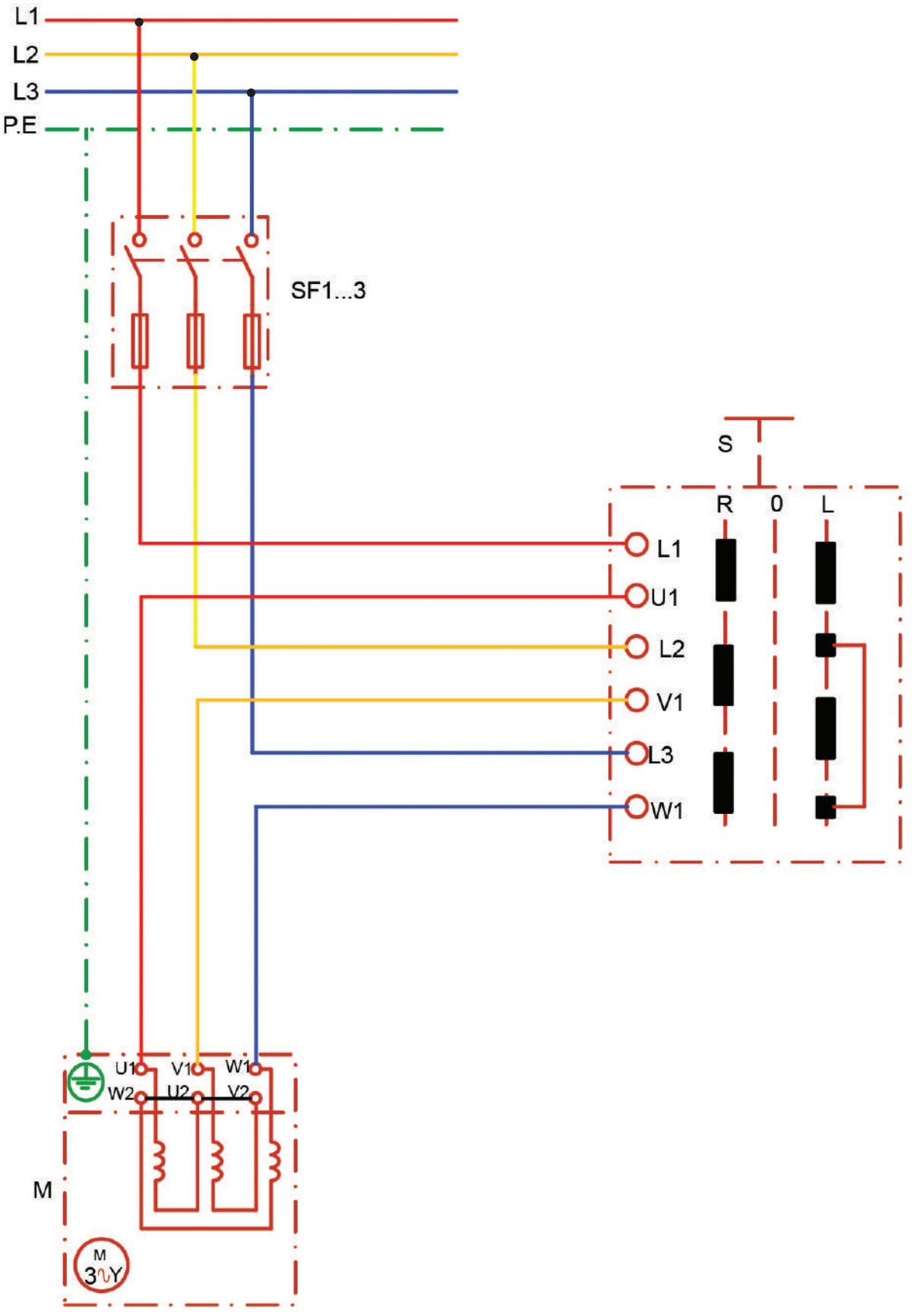
الشكل (6 - 7/ ب): المخطط التفصيلي.

المثال (6 - 3)

يُبيّن الشكل (6 - 8/أ) والشكل (6 - 8/ب) على الترتيب المخطط الرمزي والمخطط التفصيلي لدارة عكس اتجاه الدوران لمحرك ثلاثي الطور باستعمال مفتاح عكس اتجاه الدوران اليدوي (S) المتصل بالمصدر الكهربائي عن طريق المفتاح السكيني ثلاثي القطب (SF1) و (SF2) و (SF3)، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E).



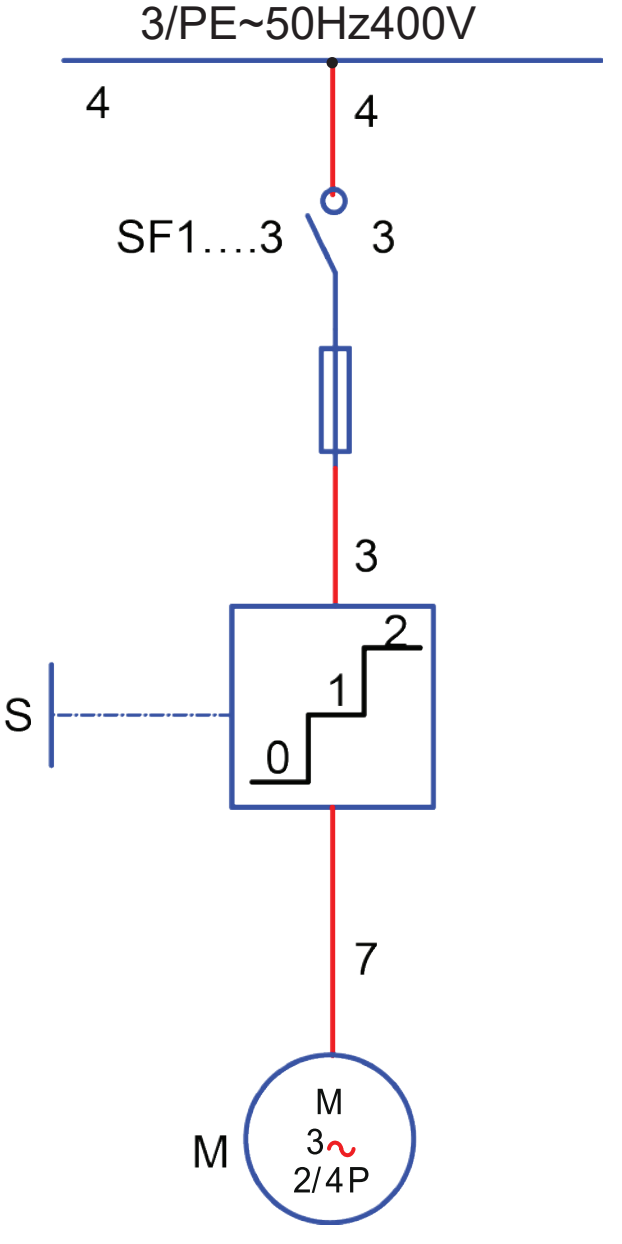
الشكل (6 - 8/ أ): المخطط الرمزي.



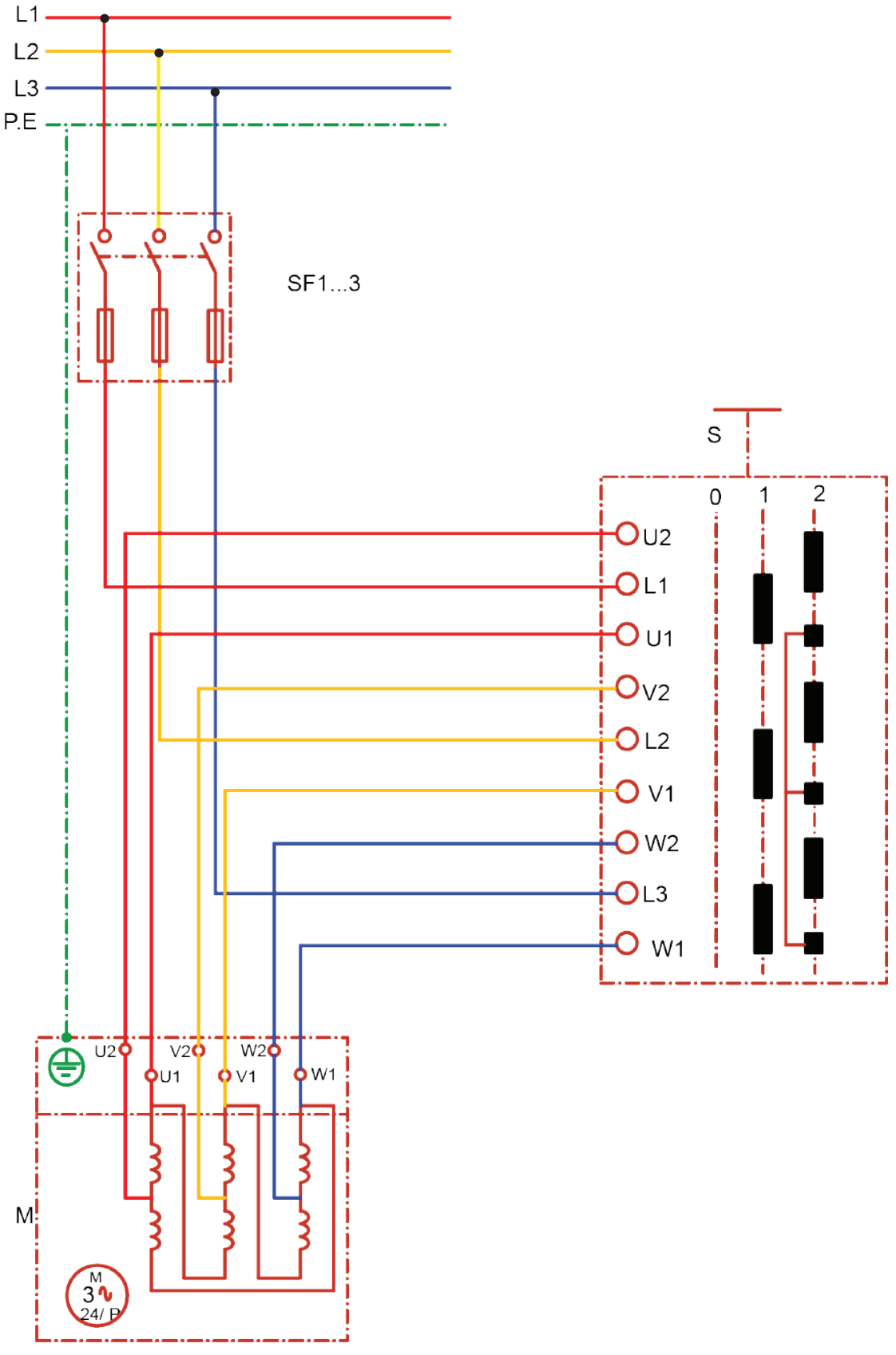
الشكل (6 - 8/ ب): المخطط التفصيلي.

المثال (6 - 4)

يُبيّن الشكل (6 - 9/ أ) والشكل (6 - 9/ ب) على الترتيب المخطط الرمزي والمخطط التفصيلي لدارة تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين (قطبان، وأربعة أقطاب (دالندر)، وعزم ثابت. وفيه يوصَل المحرك بتوصيلة المثلث في حال السرعة المنخفضة، وتوصيلة النجمة الثنائية في حال السرعة العالية باستعمال المفتاح اليدوي ثنائي السرعة (S) المتصل بالمصدر الكهربائي عن طريق المفتاح السكيني ثلاثي القطب (SF1) و (SF2) و (SF3)، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E).



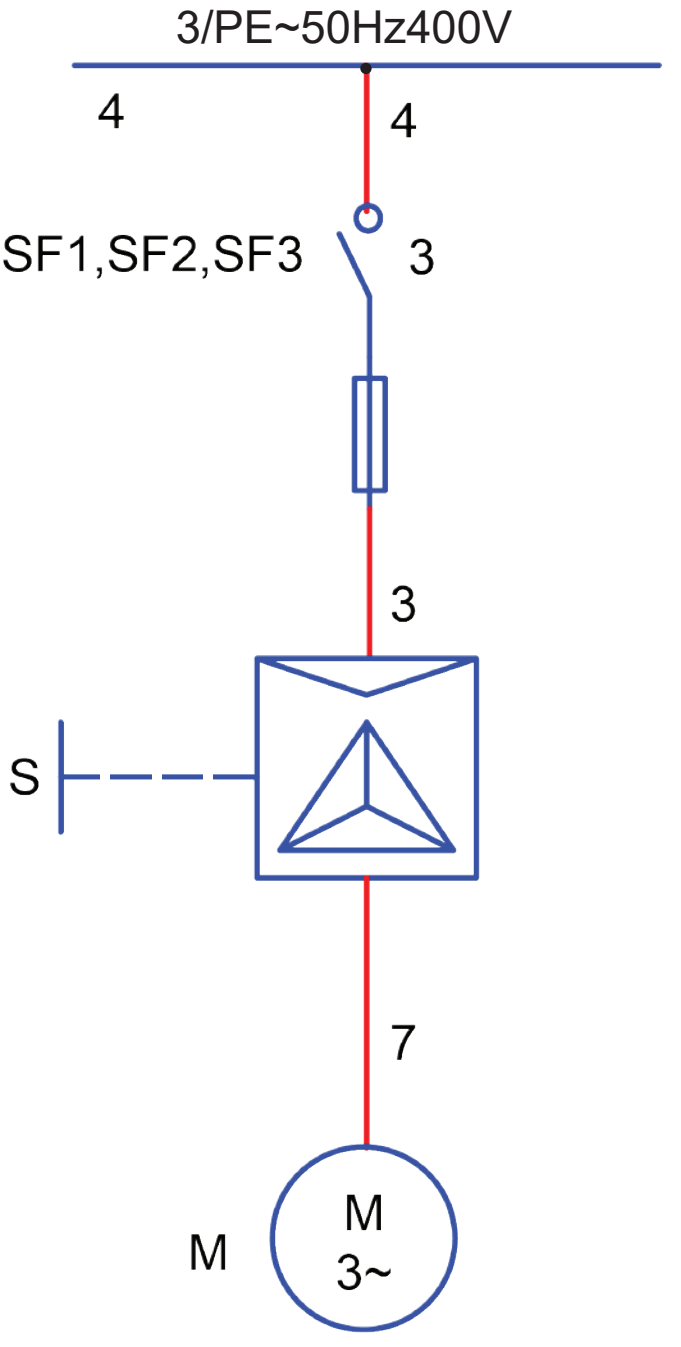
الشكل (6 - 9/ أ): المخطط الرمزي.



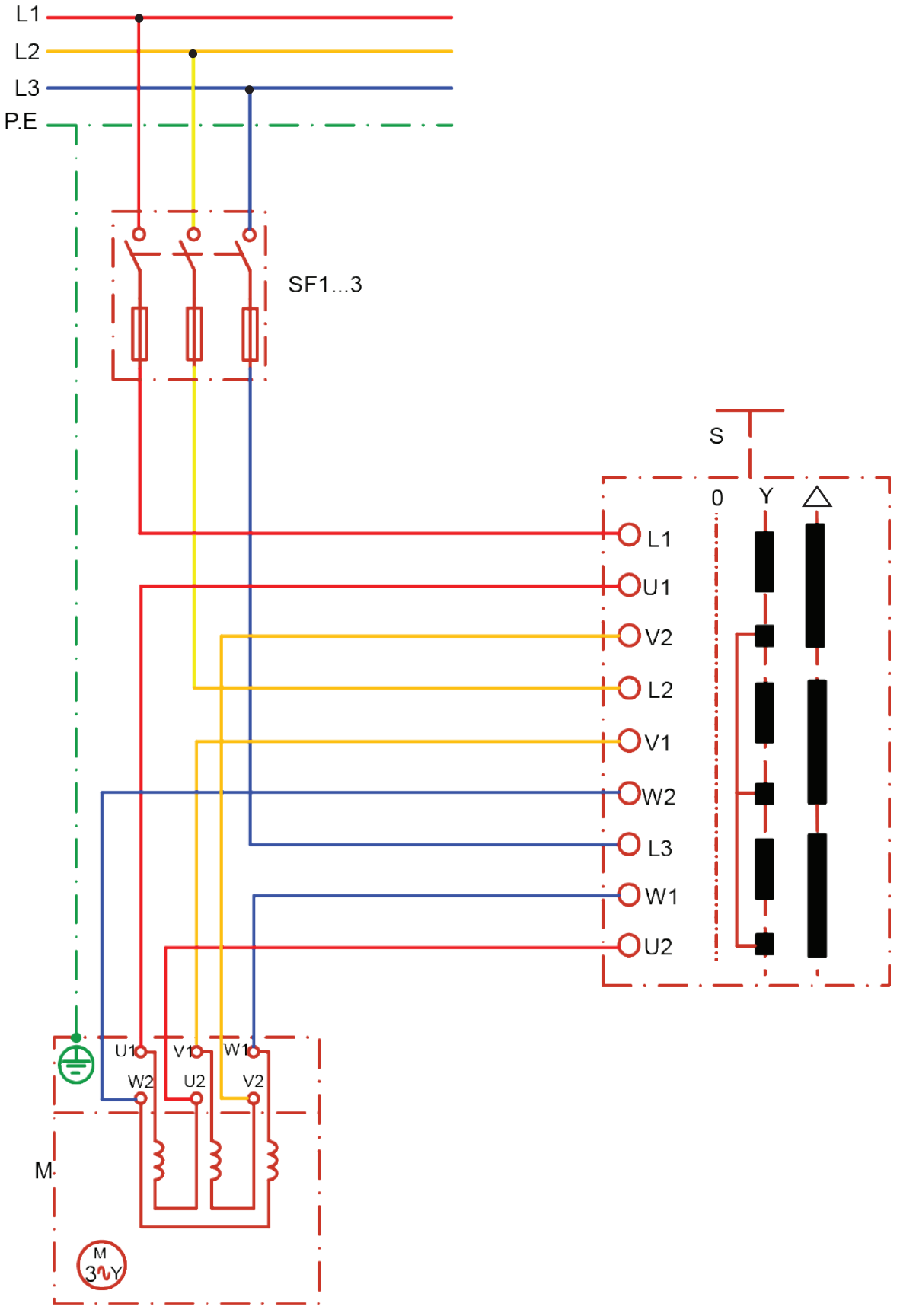
الشكل (6 - 9/ ب): المخطط التفصيلي.

المثال (6 - 5)

يُبيِّـن الشـكل (6 - 10/ أ) والشـكل (6 - 10/ ب) علـى الترتيـب المخطـط الرمـزي والمخطـط التفصيلـي لـدارة تشـغيل المحـرك ثلاثـي الطـور (M) (نجمـة- مثلـث) باسـتعمال مفتـاح (نجمـة- مثلـث) اليـدوي (S)، علمًـا بـأن هـذا المحـرك متصـل بالمصـدر الكهربائـي عـن طريـق المفتـاح السـكيني ثلاثـي القطـب (SF1) و (SF2) و (SF3)، وجسـمه متصـل بخـط الحمايـة الأرضـي (P.E).



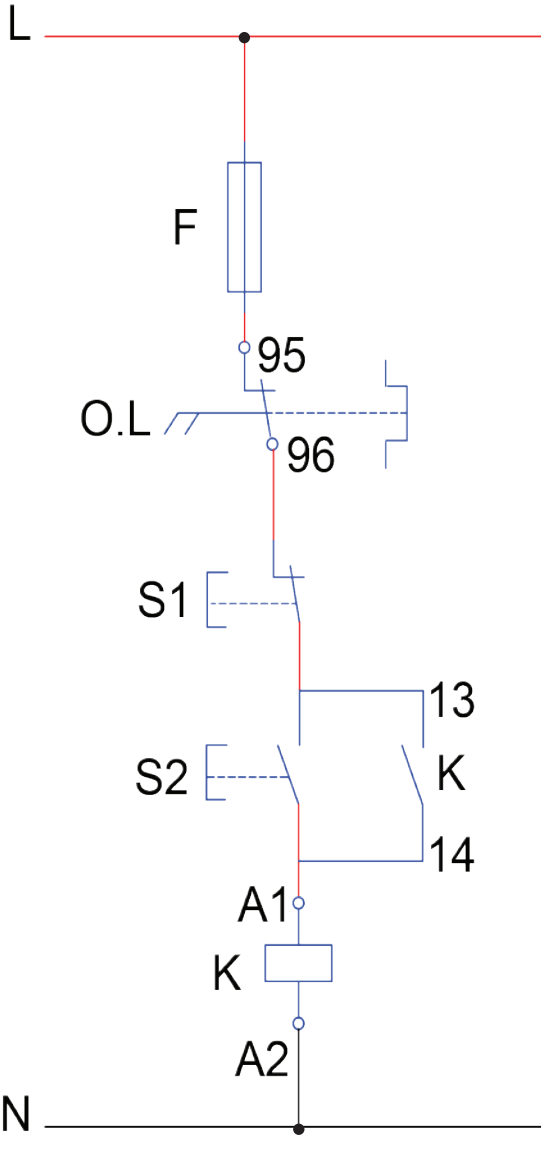
الشكل (6 - 10/ أ): المخطط الرمزي.



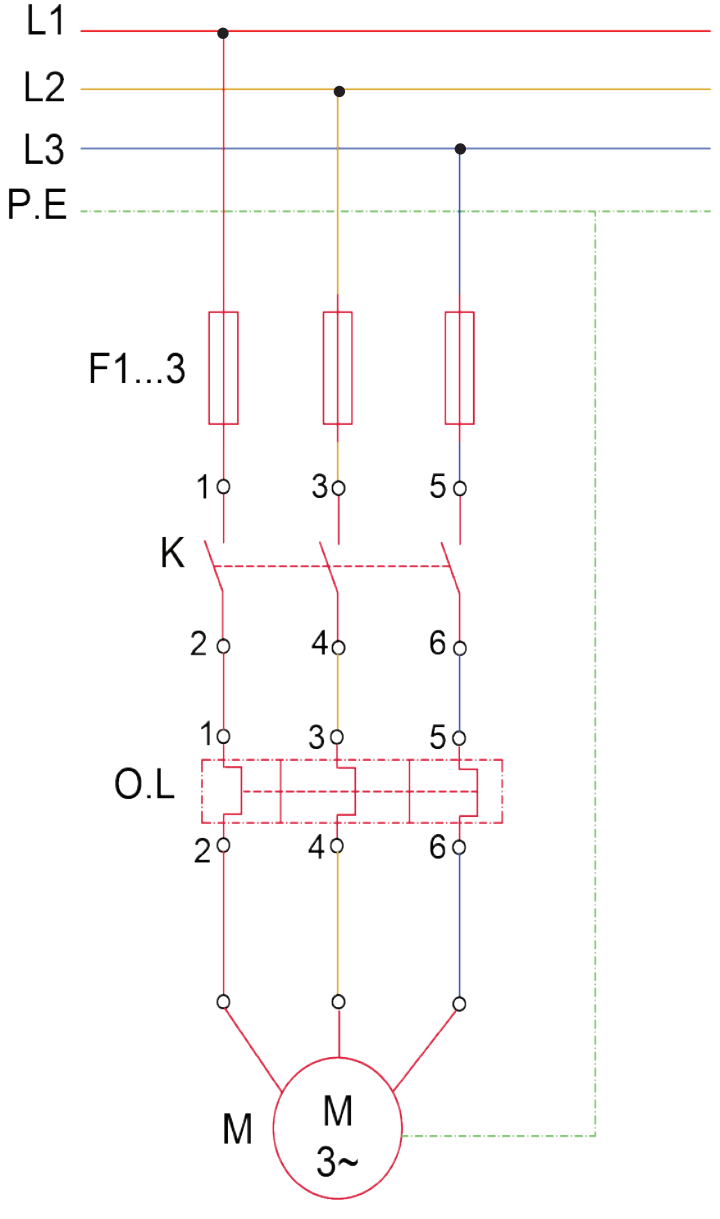
الشكل (6 - 10/ ب): المخطط التفصيلي.

المثال (6 - 6)

يُبيّن الشكل (6 - 11/ أ) والشكل (6 - 11/ ب) على الترتيب مخطط دارة التحكم ومخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك ثلاثي الطور من مكان واحد (S2) وإيقافه من مكان واحد (S1) باستعمال المفتاح التلامسي (K) المُزوَّد بحماية حرارية من زيادة التيار (O.L)، والمصهرات (F1,F2,F3) لحماية دارة التشغيل، والمصهر (F) لحماية دارة التحكم، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E).



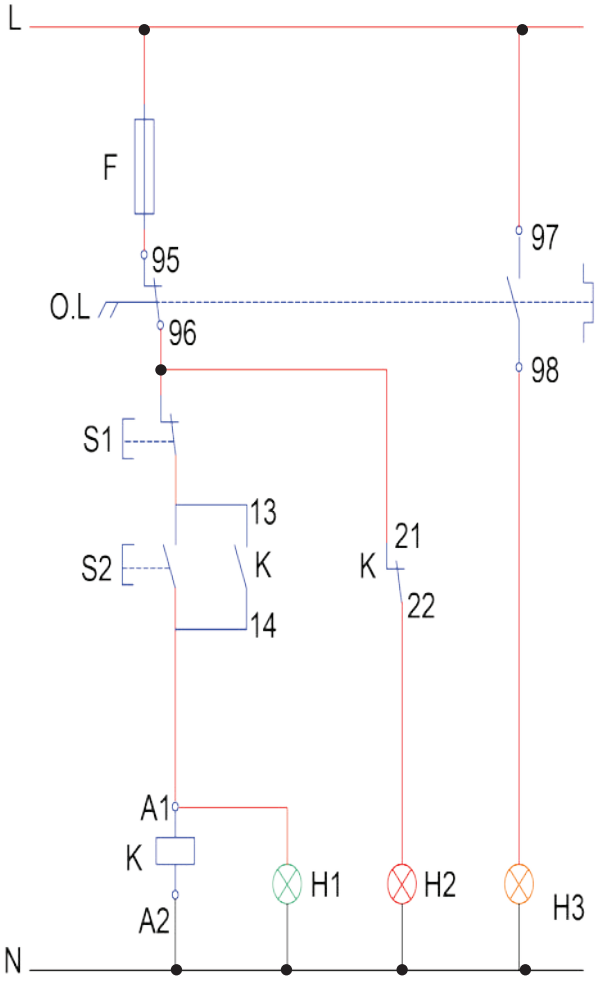
الشكل (6 - 11/ أ): مخطط دارة التحكم.



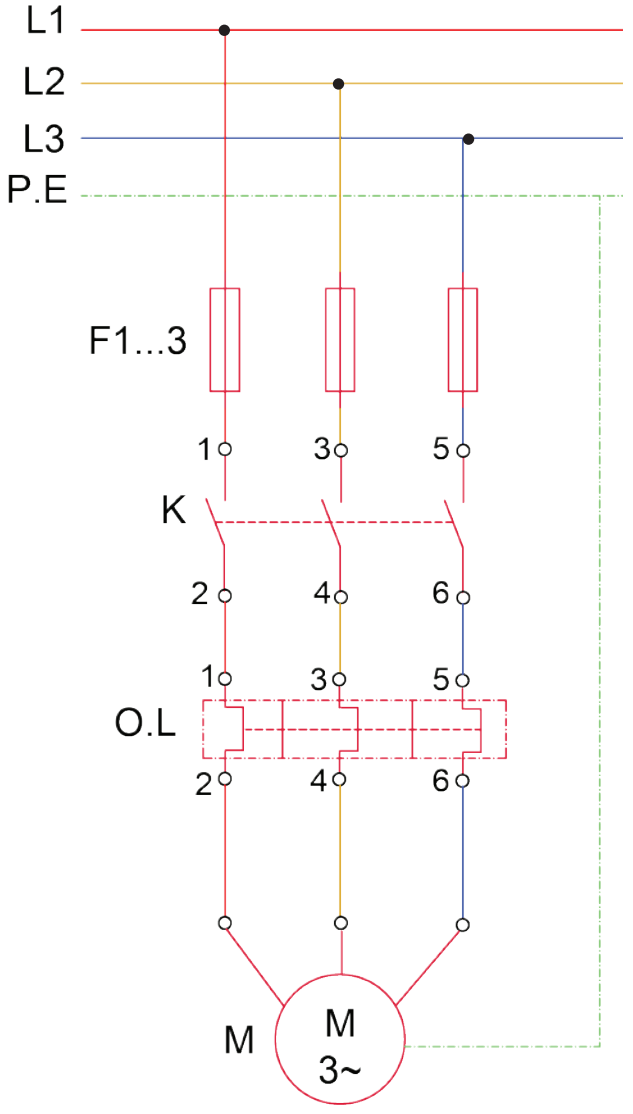
الشكل (6 - 11/ ب): مخطط دارة التشغيل.

المثال (6 - 7)

يُبيّن الشكل (6 - 12/أ) والشكل (6 - 12/ب) على الترتيب مخطط دارة التحكم ومخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك ثلاثي الطور من مكان واحد (S2) وإيقافه من مكان واحد (S1) باستعمال المفتاح التلامسي (K) المُزوَّد بحماية حرارية من زيادة التيار (O.L)، والمصهرات (F1,F2,F3) لحماية دارة التشغيل، والمصهر (F) لحماية دارة التحكم. وقد استُخدِم في دارة التحكم مصابيح بيان (H1 لبيان التشغيل، وH2 لبيان الإيقاف، وH3 لبيان العطل)، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E).



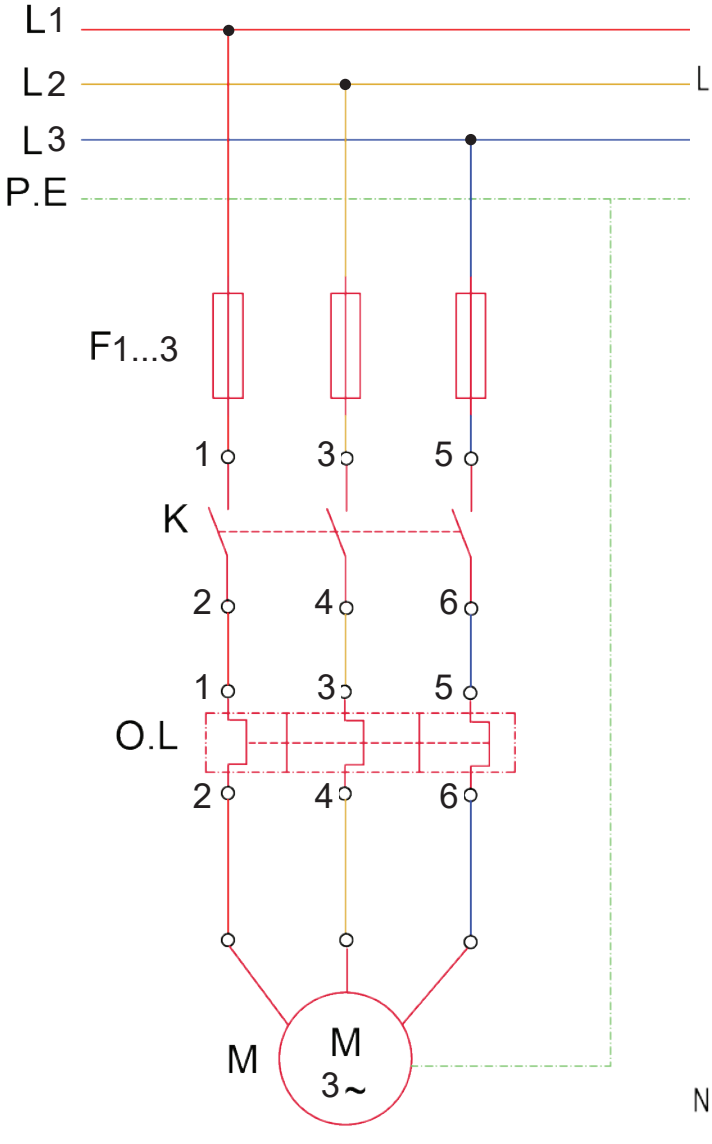
الشكل (6 - 12/ أ): مخطط دارة التحكم.



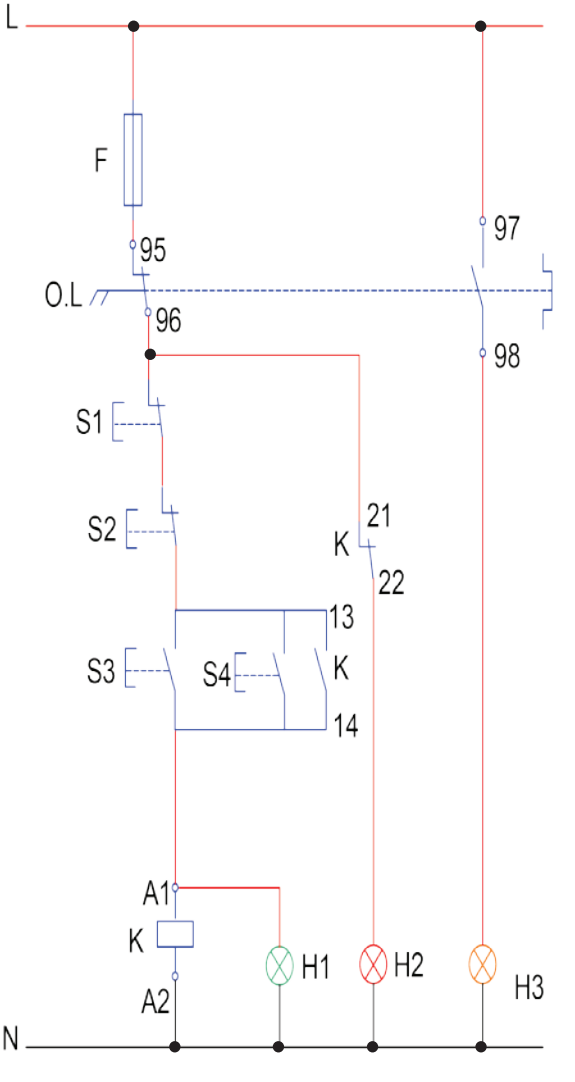
الشكل (6 - 12/ ب): مخطط دارة التشغيل.

المثال (6 - 8)

يُبيّن الشكل (6 - 13/ أ) والشكل (6 - 13/ ب) على الترتيب مخطط دارة التحكم ومخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك ثلاثي الطور من مكانين (S3,S4) وإيقافه من مكانين (S1,S2) باستعمال المفتاح التلامسي (K) المُزوَّد بحماية حرارية من زيادة التيار (O.L)، والمصهرات (F1,F2,F3) لحماية دارة التشغيل، والمصهر (F) لحماية دارة التحكم. وقد استُخدِم في دارة التحكم مصابيح بيان (H1 لبيان التشغيل، وH2 لبيان الإيقاف، وH3 لبيان العطل)، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E).



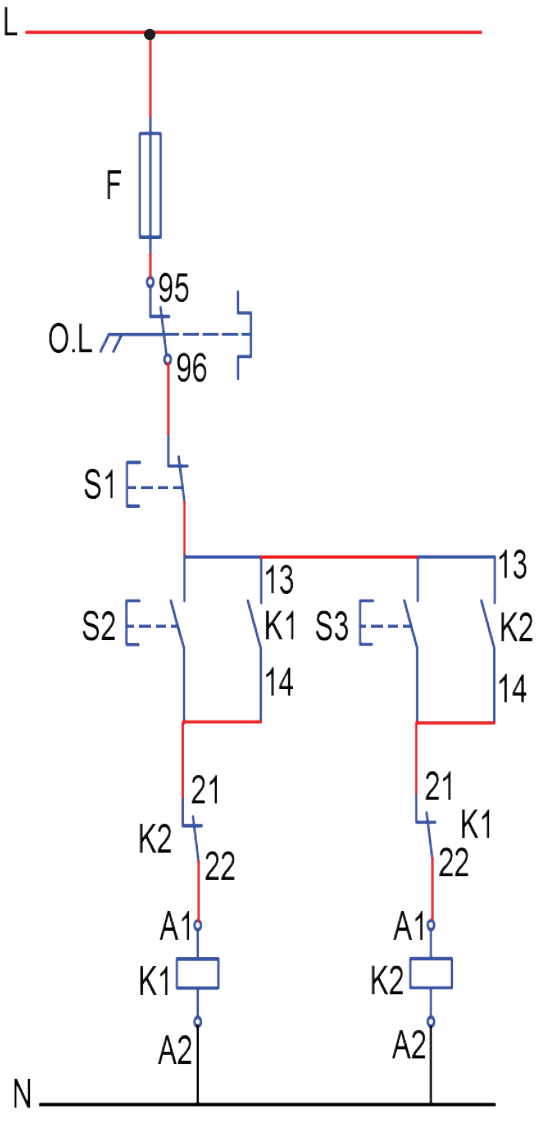
الشكل (6 - 13/ ب): مخطط دارة التشغيل.



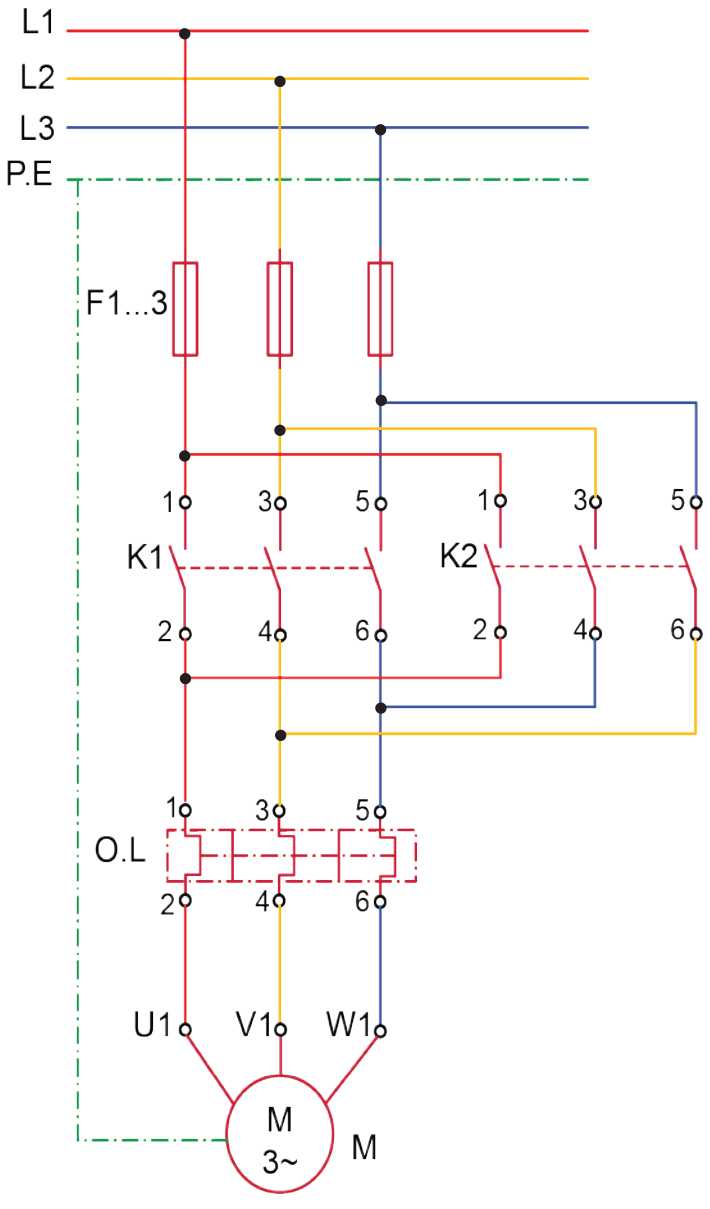
الشكل (6 - 13/ أ): مخطط دارة التحكم.

المثال (6 - 9)

يُبيّن الشكل (6 - 14/أ) والشكل (6 - 14/ب) على الترتيب مخطط دارة التحكم ومخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك ثلاثي الطور يعمل في اتجاهين؛ الأول باستعمال الضاغط (S2)، والثاني باستعمال الضاغط (S3)، ويمكن إيقافه عن طريق الضاغط (S1) باستعمال المفتاحين التلامسيين (K1)، و(K2) المُزوَّدين بحماية حرارية من زيادة التيار (O.L)، ومصهرات الحماية (F1..3) لحماية دارة التشغيل، والمصهر (F) لحماية دارة التحكم، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E).



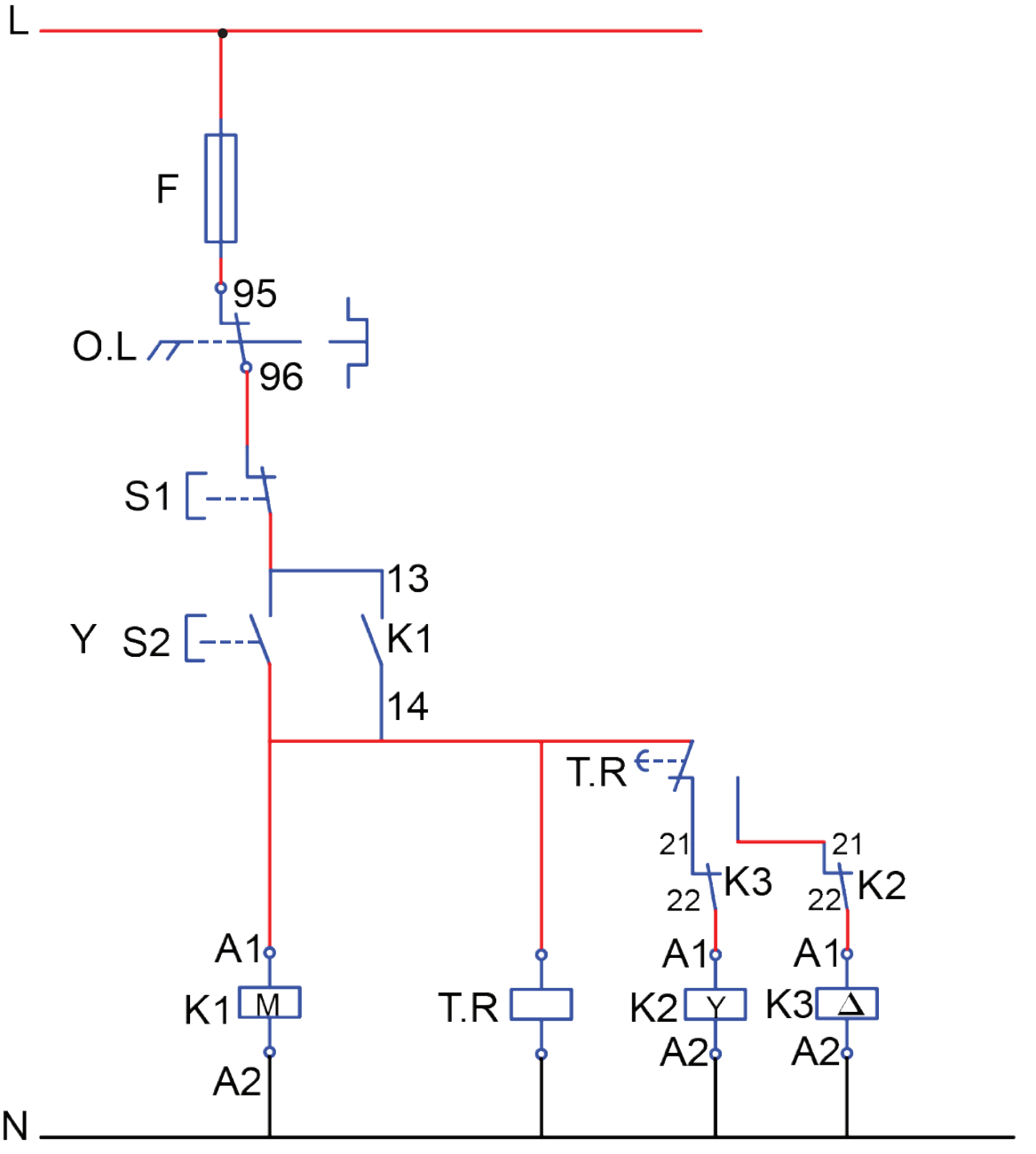
الشكل (6 - 14/ أ): مخطط دارة التحكم.



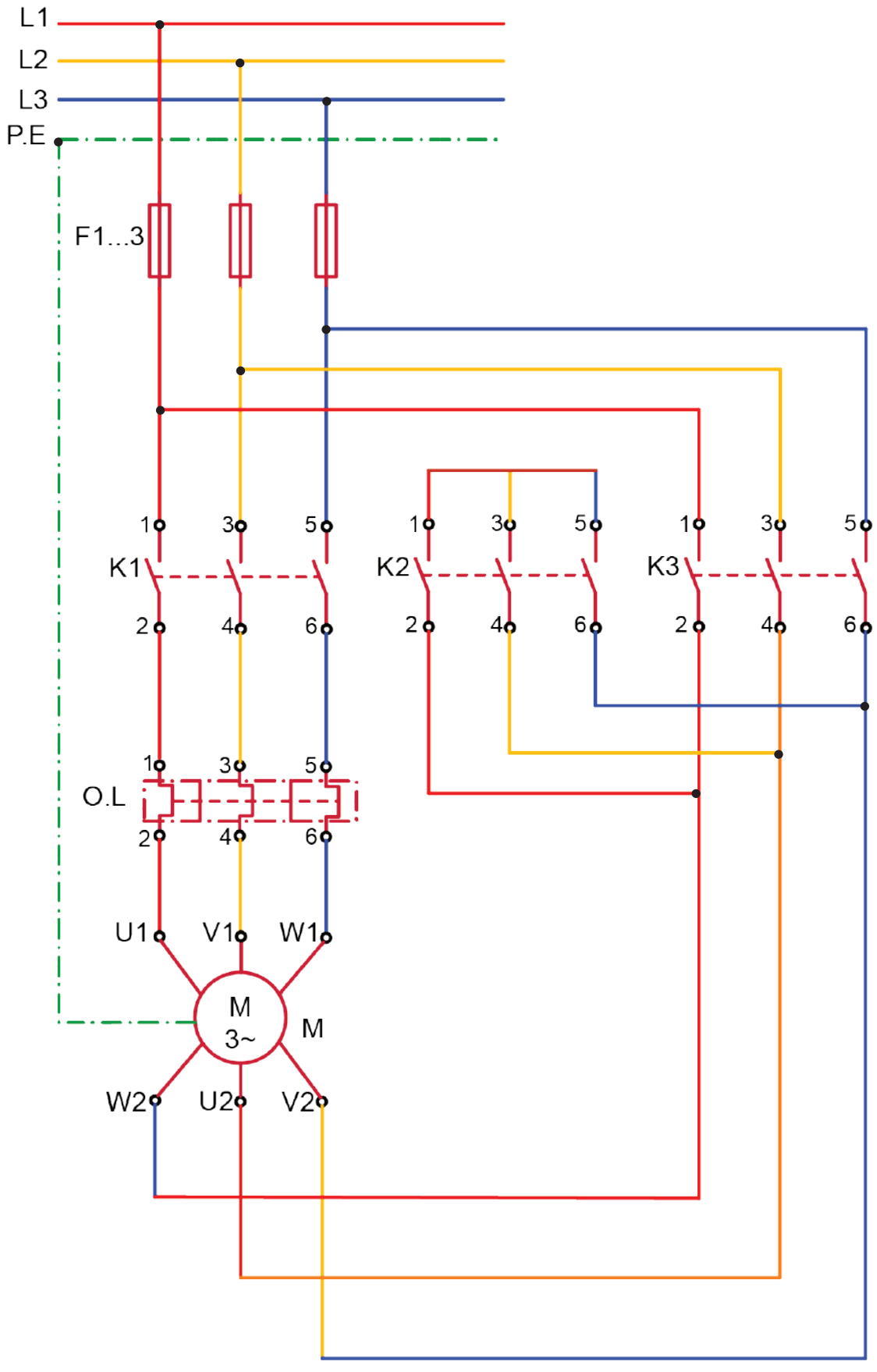
الشكل (6 - 14/ ب): مخطط دارة التشغيل.

المثال (6 - 10)

يُبيّن الشكل (6 - 15/ أ) والشكل (6 - 15/ ب) على الترتيب مخطط دارة التحكم ومخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة- مثلث) آليًّا باستعمال المرحل الزمني (T.R)، والمفاتيح التلامسية الثلاثة (K1)، و(K2)، و(K3) المُزوَّدة بحماية حرارية من زيادة التيار(O.L)، ومصهرات الحماية (F1...3)، والمصهر (F) لحماية دارة التحكم، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E).



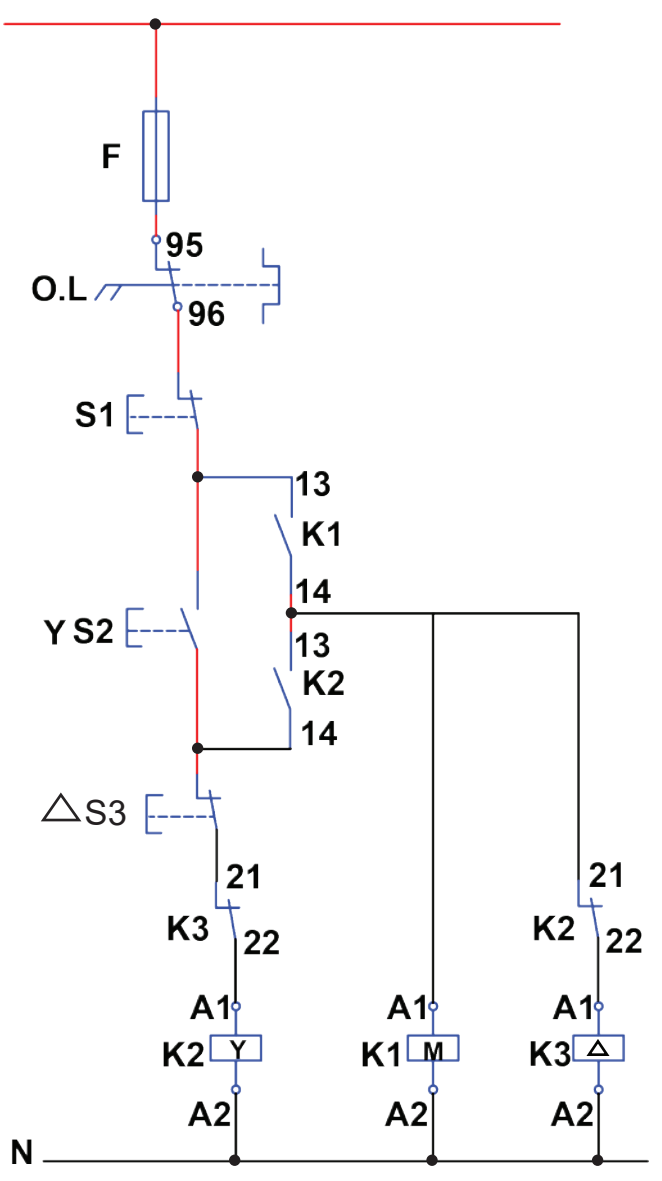
الشكل (6 - 15/ أ): مخطط دارة التحكم.



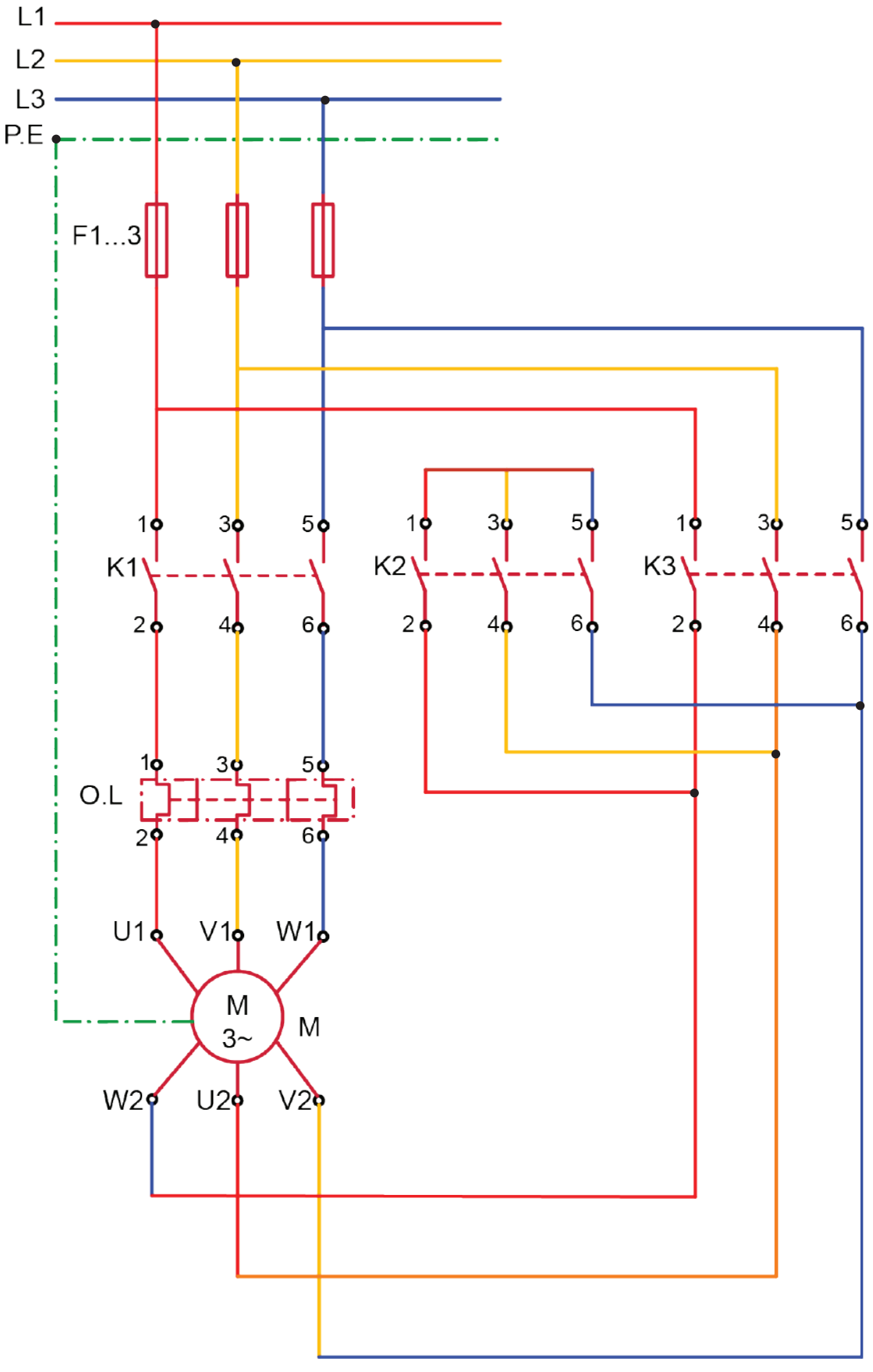
الشكل (6 - 15/ ب): مخطط دارة التشغيل.

المثال (6 - 11)

يُبيّن الشكل (6 - 16/ أ) والشكل (6 - 16/ ب) على الترتيب مخطط دارة التحكم ومخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة- مثلث) يدويًّا باستعمال المفاتيح التلامسية الثلاثة (K1)، و(K2)، و(K3) المُزوَّدة بحماية حرارية من زيادة التيار (O.L)، ومصهرات الحماية (F1...3)، والمصهر (F) لحماية دارة التحكم، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E)، والدارة تُشغَّل باستعمال ضاغط التشغيل (S2) في حال التوصيل على شكل نجمة، وضاغط الإيقاف (S3) في حال التوصيل على شكل لمثلث، وتوقَف باستعمال ضاغط الإيقاف (S1).



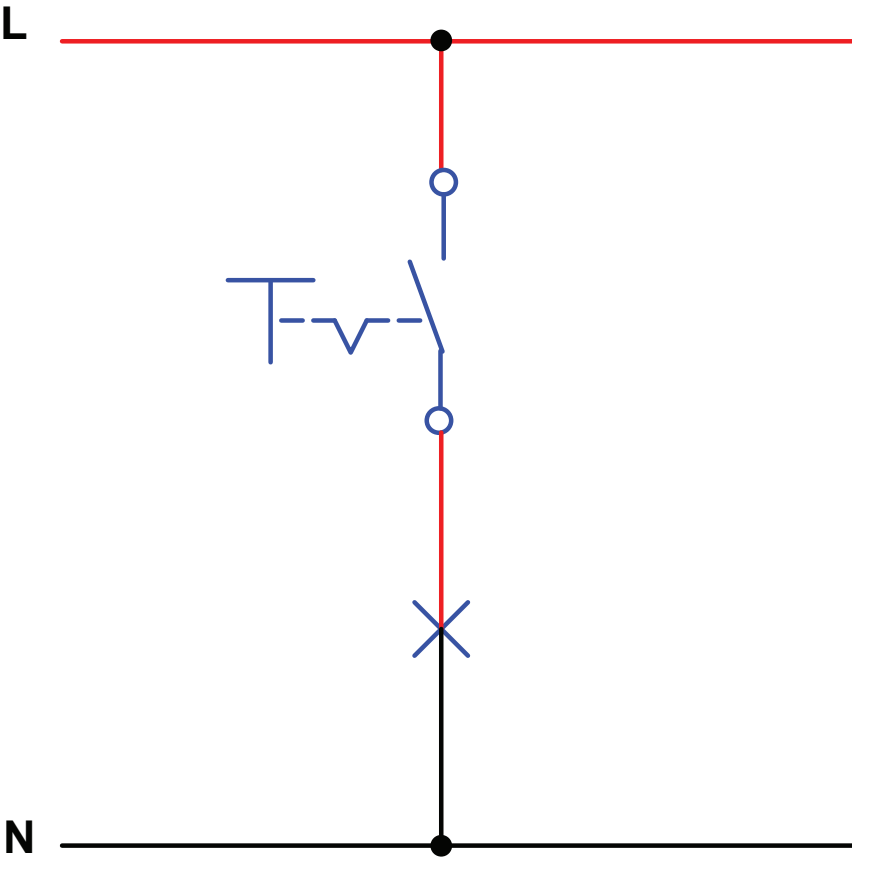
الشكل (6 - 16/ أ): مخطط دارة التحكم.



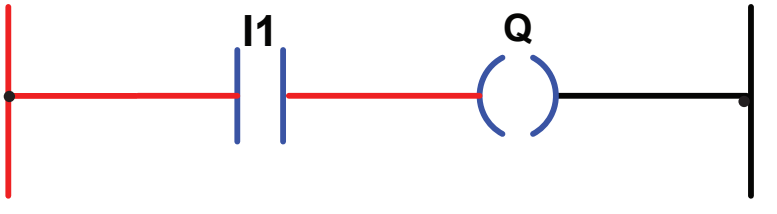
الشكل (6 - 16/ ب): مخطط دارة التشغيل.

المثال (6 - 12)

يُبيّن الشكل (6 - 17/ أ) مخطط مسار التيار(دارة التحكم) لإضاءة مصباح من مكان واحد، ويُبيّن الشكل (6 - 17/ ب) المخطط السلمي المكافئ للدارة، يُمثِّل الرمز (I1) أوضاع المفتاح في حالتي الفتح والإغلاق، ويُمثِّل الرمز(Q) الحمل.



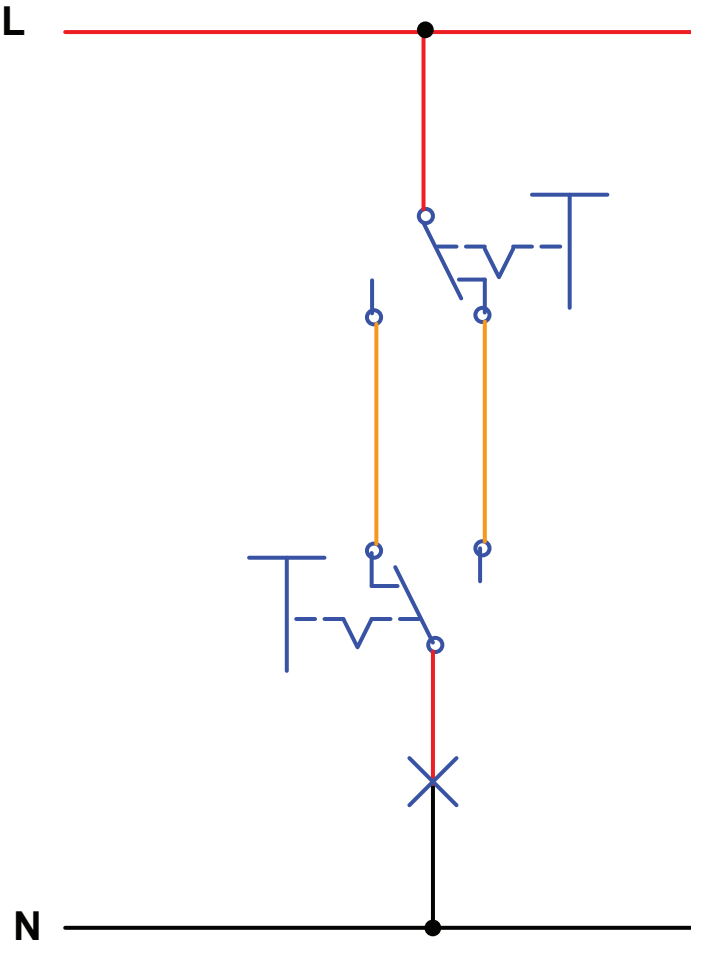
الشكل (6 - 17/ أ): مخطط مسار التيار (دارة التحكم).



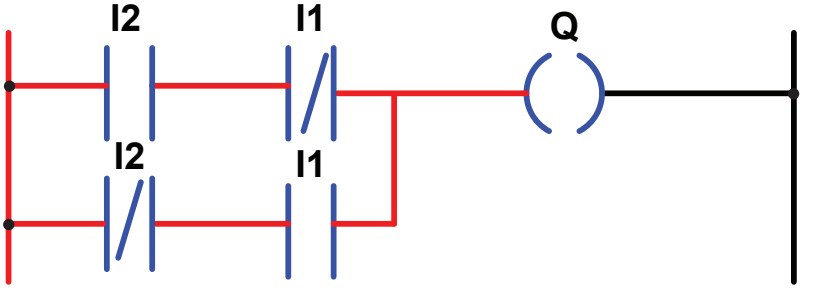
الشكل (6 - 17/ ب): المخطط السلمي.

المثال (6 - 13)

يُبيّن الشكل (6 - 18/ أ) مخطط مسار التيار (دارة التحكم) لإضاءة مصباح من مكانين، ويُبيّن الشكل (6 - 18/ ب) المخطط السلمي المكافئ للدارة، ويُمثِّل الرمز (I1) أوضاع المفتاح الأول، ويُمثِّل الرمز (I2) أوضاع المفتاح الثاني، ويُمثِّل الرمز(Q) الحمل.



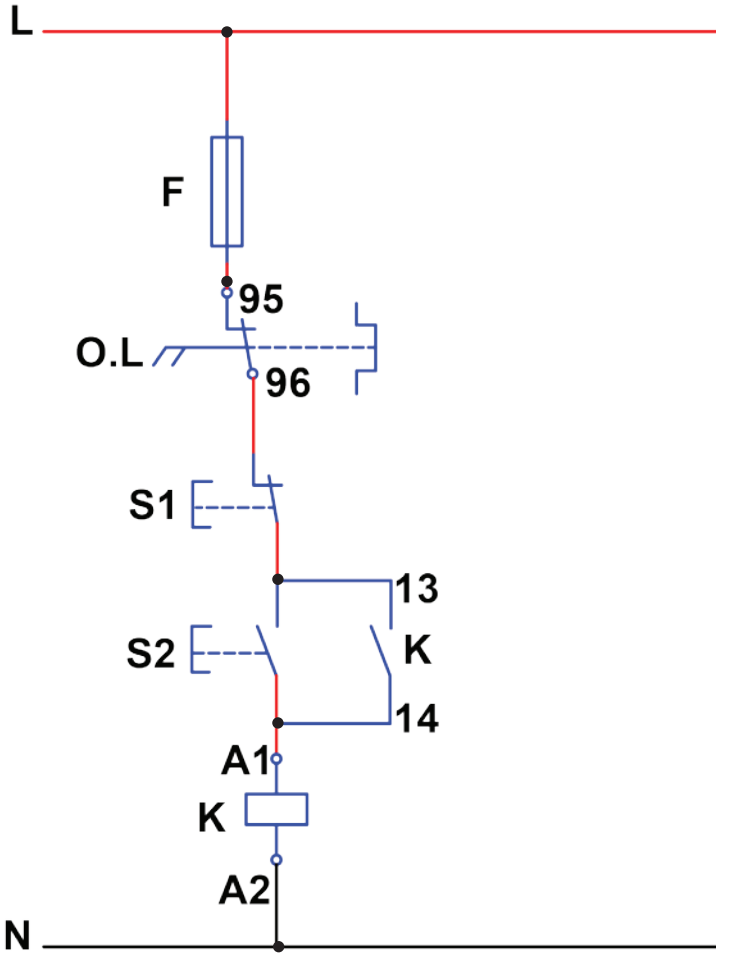
الشكل (6 - 18/ أ): مخطط مسار التيار.



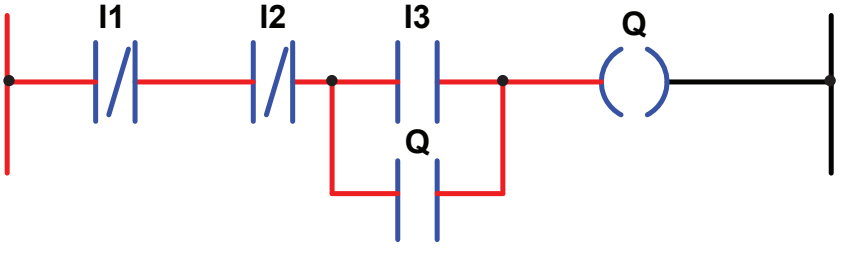
الشكل (6 - 18/ ب): المخطط السلمي.

المثال (6 - 14)

يُبيّن الشكل (6 - 19/ أ) مخطط دارة التحكم لتشغيل محرك أحادي الطور من مكان واحد، ويُبيّن الشكل(6 - 19/ ب) المخطط السلمي المكافئ للدارة، ويُمثِّل الرمز (I1) الحماية الحرارية (O.L)، ويُمثِّل الرمز (I2) ضاغط الإيقاف (S1)، ويُمثِّل الرمز(I3) ضاغط التشغيل (S2)، ويُمثِّل الرمز (Q) التلامس المفتوح (K)، ويُمثِّل الرمز (Q) ملف التلامس (K).



الشكل (6 - 19/ أ): مخطط دارة التحكم.

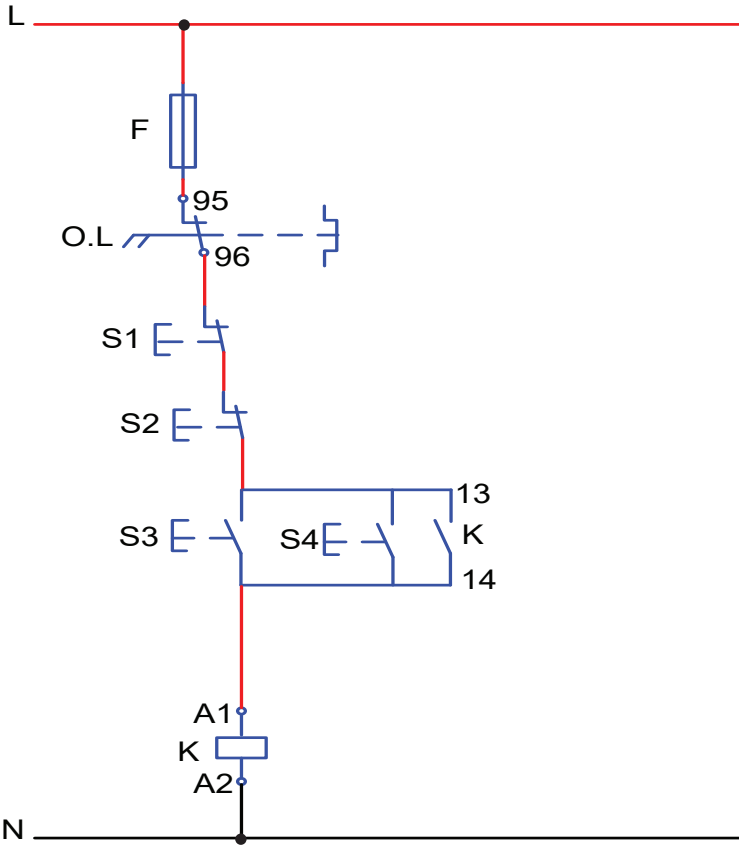


الشكل (6 - 19/ ب): المخطط السلمي.

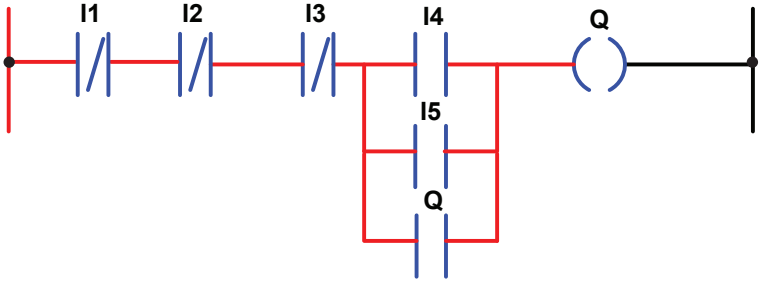
منهاجي
متعة التعليم الهادف

المثال (6 - 15)

يُبيّن الشكل (6 - 20/ أ) مخطط دارة التحكم لتشغيل محرك ثلاثي الطور من مكانين وإيقافه من مكانين مختلفين، ويُبيّن الشكل (6 - 20/ ب) المخطط السلمي المكافئ لهذه الدارة، ويُمثِّل الرمز (I1) ملامس الحماية الحرارية (O.L)، ويُمثِّل الرمز (I2) ضاغط الإيقاف (S1)، ويُمثِّل الرمز(I3) ضاغط الإيقاف (S2)، ويُمثِّل الرمز (I4) ضاغط التشغيل (S3)، ويُمثِّل الرمز (I5) ضاغط التشغيل (S4)، ويُمثِّل الرمز (Q) ملف الملامس داخل (PLC) وملامسه.



الشكل (6 - 20/ أ): مخطط دارة التحكم.



الشكل (6 - 20/ ب): المخطط السلمي.

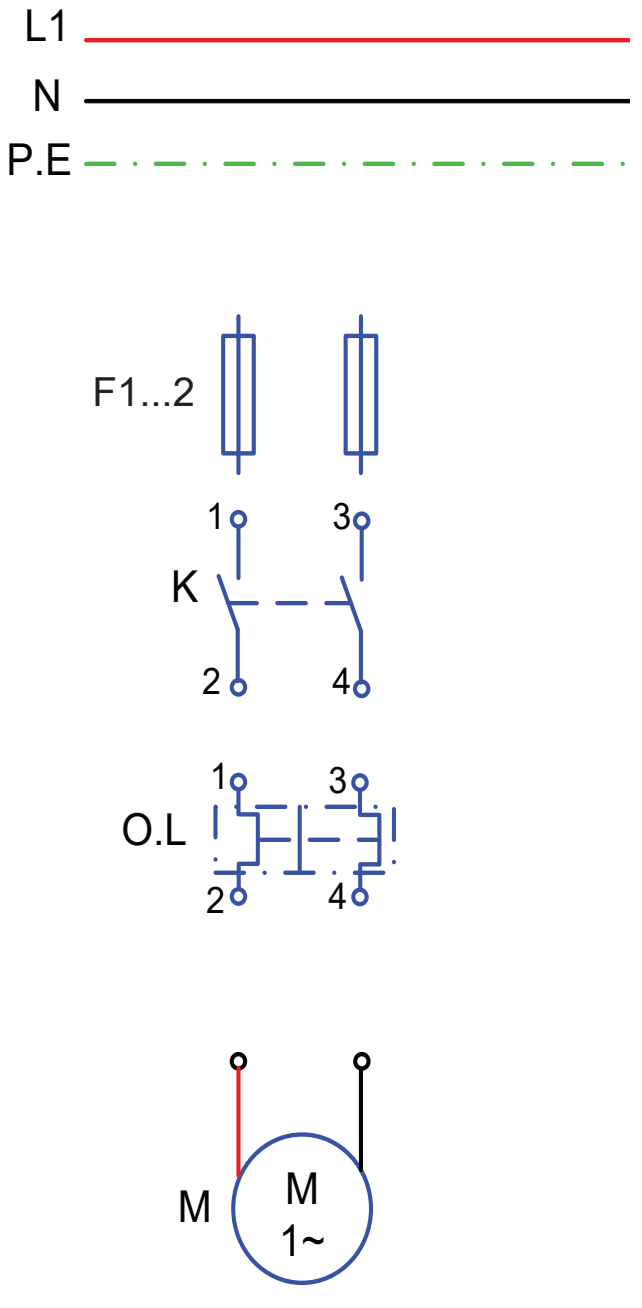
زُرْ بإشراف مُعلّمك أحد المصانع التي تستخدم دارات التحكم ودارات (PLC)؛ لتتعرَّف الرسوم والمخططات المستخدمة في ذلك.

القياس والتقويم

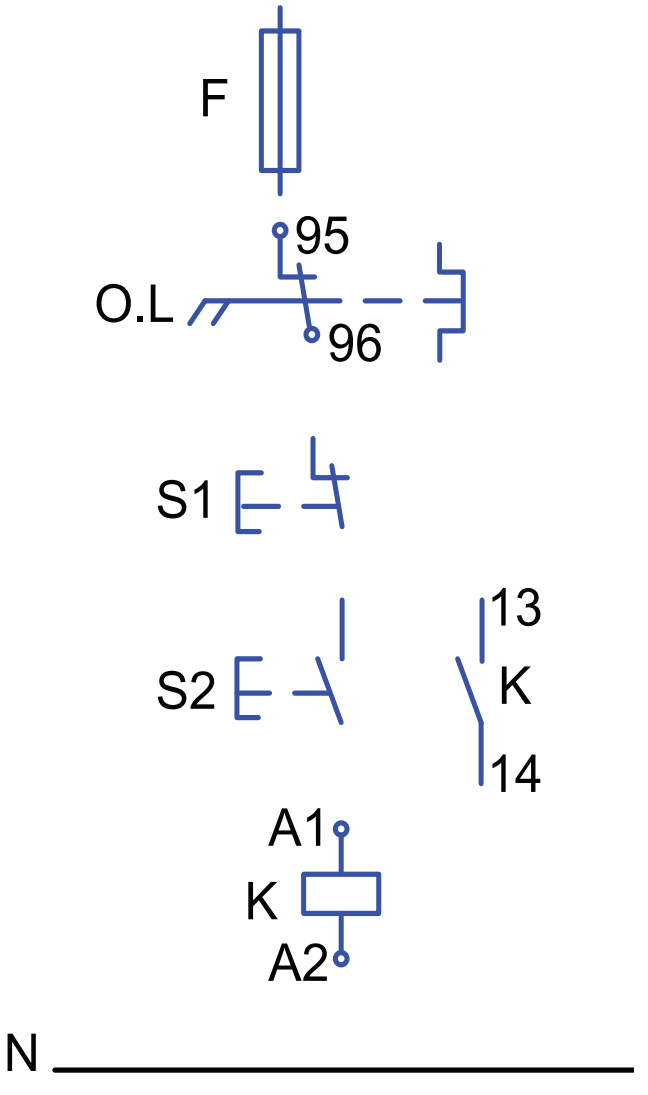
يُبيِّن الشكل (6 - 21/ أ) عناصر مخطط دارة التشغيل لتشغيل المحرك أحادي الطور(M)، باستعمال المفتاح التلامسي (K) المُزوَّد بحماية حرارية مع مصهرات، ويُبيِّن الشكل (6 - 21/ ب) عناصر مخطط مسار التيار لهذه الدارة. يُشغَّل المفتاح التلامسي في الدارة باستعمال ضاغط التشغيل (S2)، وتوقَف الدارة باستعمال ضاغط الإيقاف (S1)، ويعمل المصهران (F1) و (F2) على حماية دارة التشغيل، ويعمل المصهر(F) على حماية دارة التحكم، ويوصَل جسم المحرك بخط الحماية الأرضي (PE):

1 - أكمل رسم مخطط دارة التشغيل.

2 - أكمل رسم مخطط مسار التيار.



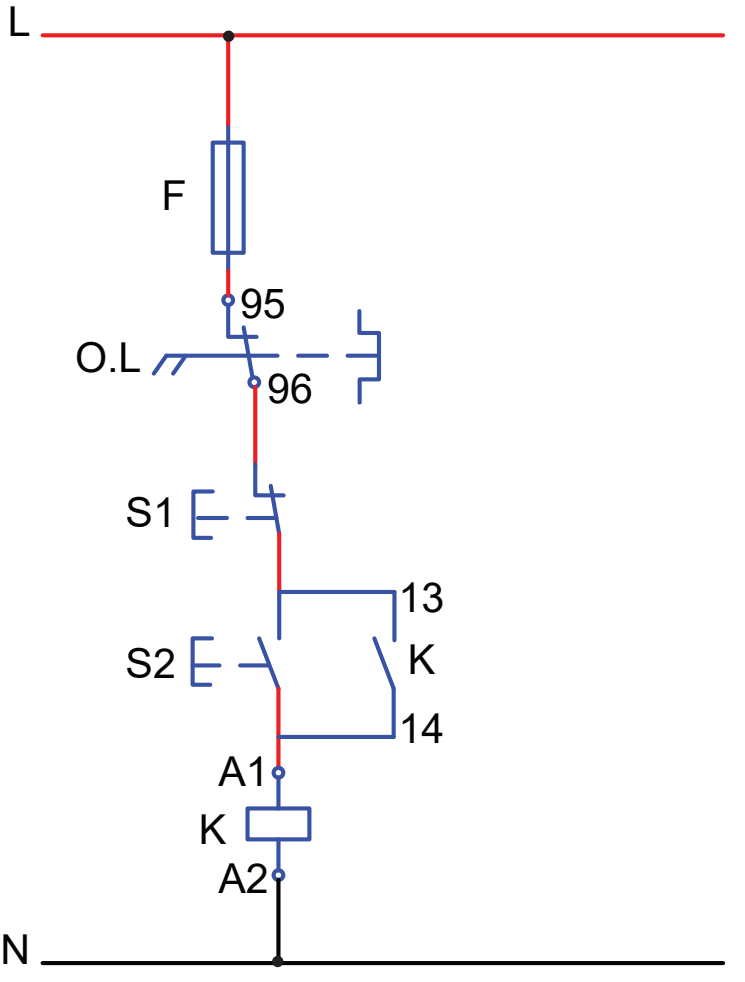
الشكل (6 - 21/ أ): عناصر مخطط دارة التشغيل.



الشكل (6 - 21/ ب): عناصر مخطط مسار التيار.

التمرين (6 - 2)

يُبيّن الشكل (6 - 22) مخطط دارة التحكم لدارة تشغيل محرك ثلاثي الطور متصل بالمصدر باستعمال مصهر الحماية (F)، والحماية الحرارية (O.L)، ويمكن تشغيله عن طريق المفتاح التلامسي (K)؛ إذ يعمل الضاغط (S2) على تشغيل المحرك، ويعمل الضاغط (S1) على إيقافه. أمّا المصهر(F) فيعمل على حماية دارة التحكم، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (P.E). ارسم مخطط دارة التشغيل، مستعينًا بمخطط مسار التيار المُبيَّن في الشكل (6 - 22).



الشكل (6 - 22): مخطط دارة التحكم.

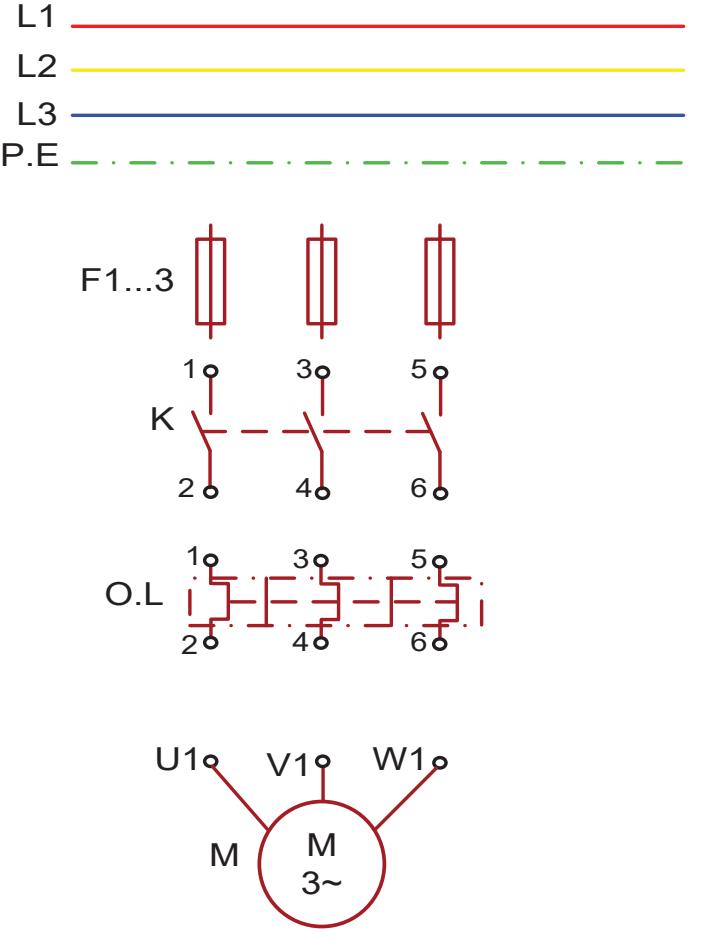
التمرين (6 - 3)

يُبيِّـن الشـكل (6 - 23/ أ) عناصـر مخطـط دارة التشـغيل لتشـغيل المحـرك ثلاثـي الطـور(M) مـن مكانيـن باسـتعمال المفتـاح التلامسـي (K) المُـزوَّد بحمايـة حراريـة مـع مصهـرات، ويُبيِّـن الشـكل (6 - 23/ ب) عناصر مخطط مسار التيار لهذه الدارة.

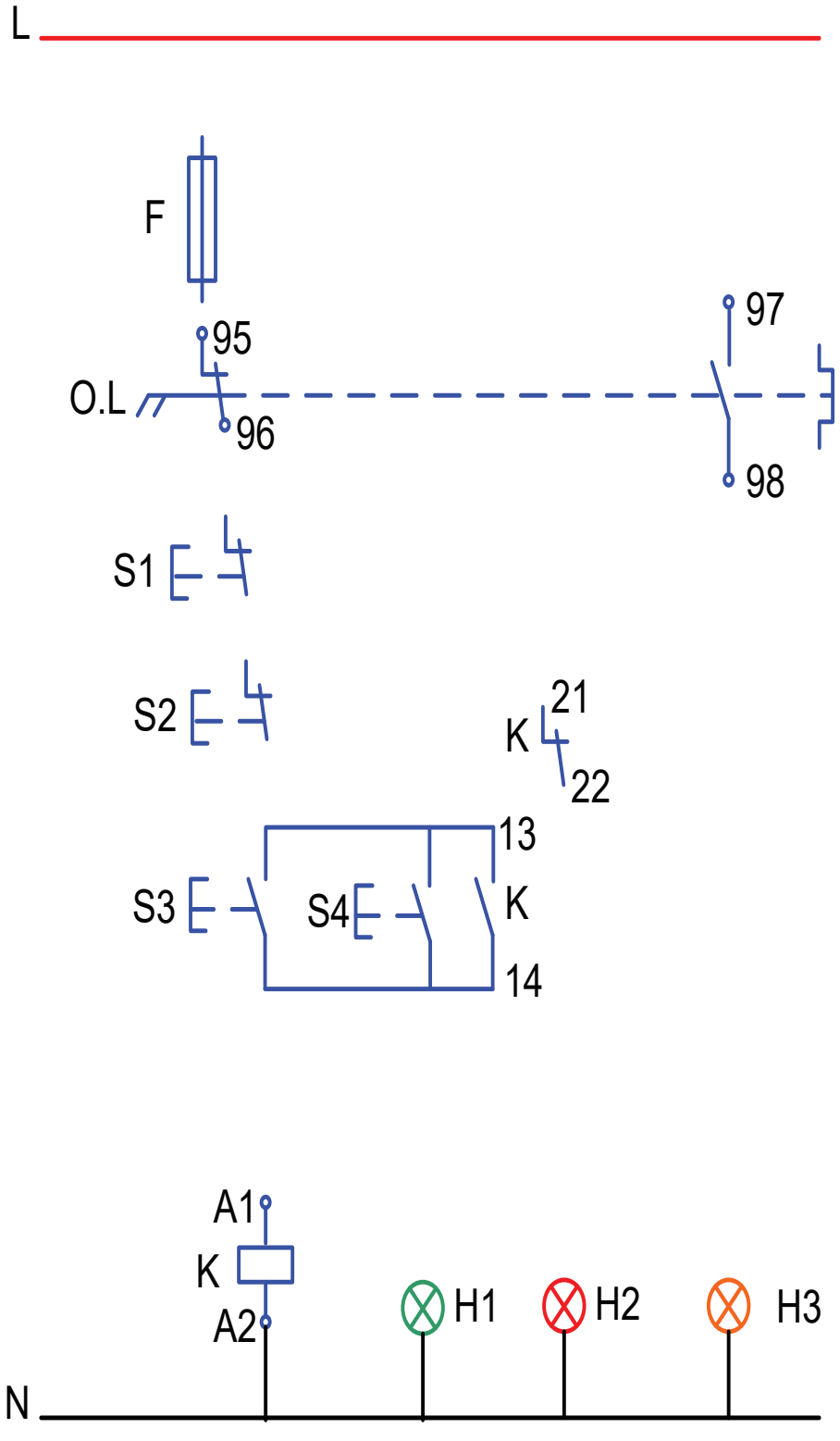
يُشـغَّل المفتـاح التلامسـي فـي الـدارة باسـتعمال ضاغـط التشـغيل (S3,S4)، وتوقَـف الـدارة باسـتعمال ضاغـط الإيقـاف (S1,S2)، وتعمـل المصهـرات (F1....3) علـى حمايـة دارة التشـغيل، ويعمـل المصهـر (F) علـى حمايـة دارة التحكـم، وتعمـل المصابيـح (H1)، و(H2)، و(H3) علـى التوالـي علـى بيـان وضـع التشـغيل والإيقـاف والعطـل، ويوصَـل جسـم المحـرك بخـط الحمايـة الأرضـي (PE):

1 - أكمل رسم مخطط دارة التشغيل.

2 - أكمل رسم مخطط مسار التيار.



الشكل (6 - 23/ أ): عناصر دارة التشغيل.

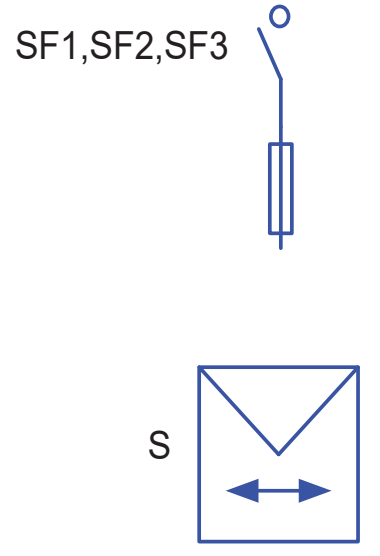


الشكل (6 - 23/ ب): عناصر دارة التحكم.

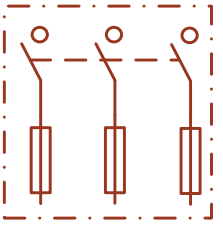
التمرين (6 - 4)

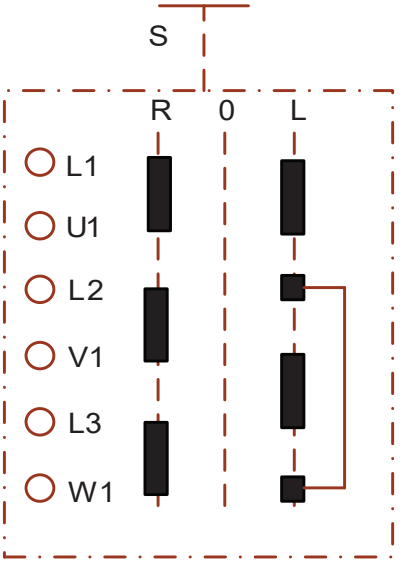
يُبيِّـن الشـكل (6 - 24/ أ) والشـكل (6 - 24/ ب) علـى الترتيـب عناصـر المخطـط الرمـزي وعناصـر المخطـط التفصيلـي لـدارة عكـس اتجـاه الـدوران لمحـرك ثلاثـي الطـور موصـول علـى شـكل نجمـة باسـتعمال مفتـاح عكـس اتجـاه الـدوران (S) المتصـل بالمصـدر عـن طريـق المفتـاح السـكيني ثلاثـي القطـب (SF1,SF2,SF3)؛ علمًـا بـأن جسم المحـرك متصـل بخـط الحمايـة الأرضـي (PE). أكمـل رسـم عناصـر المخطـط التفصيلـي لهـذه الـدارة، ورسـم عناصـر المخطـط الرمـزي لهـا، مُبيّنًـا عليـه عـدد الخطـوط.

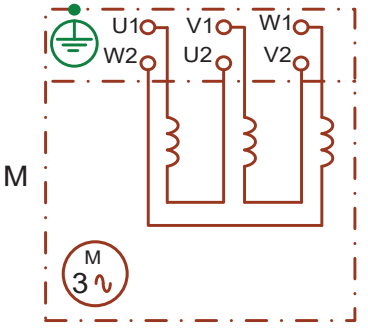
3/PE~50Hz400V



الشكل (6 - 24/ أ): عناصر المخطط الرمزي.





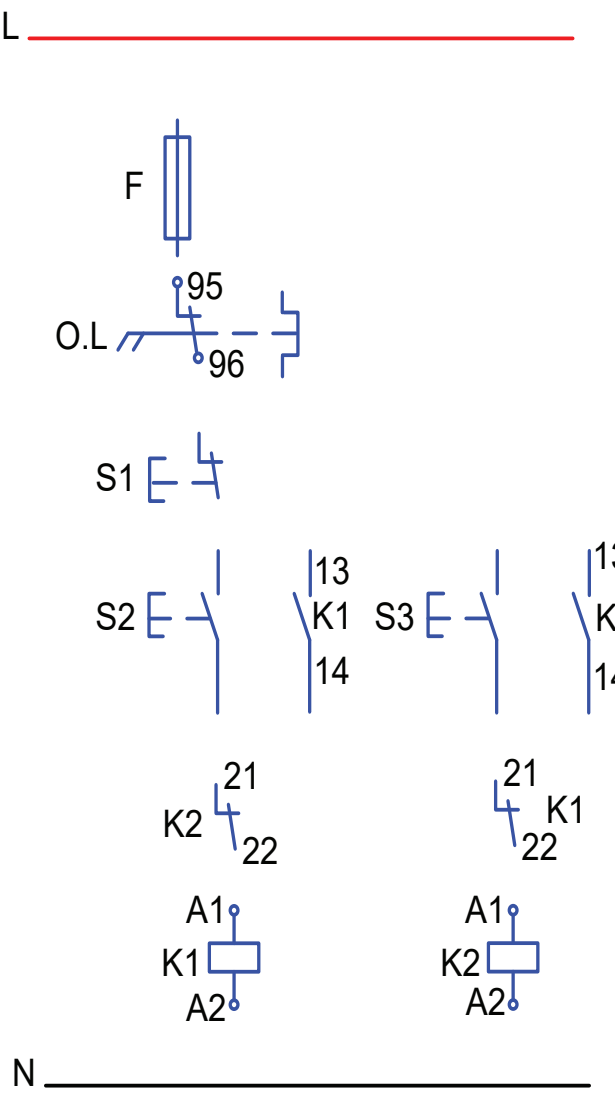


الشكل (6 - 24/ ب) : عناصر المخطط التفصيلي.

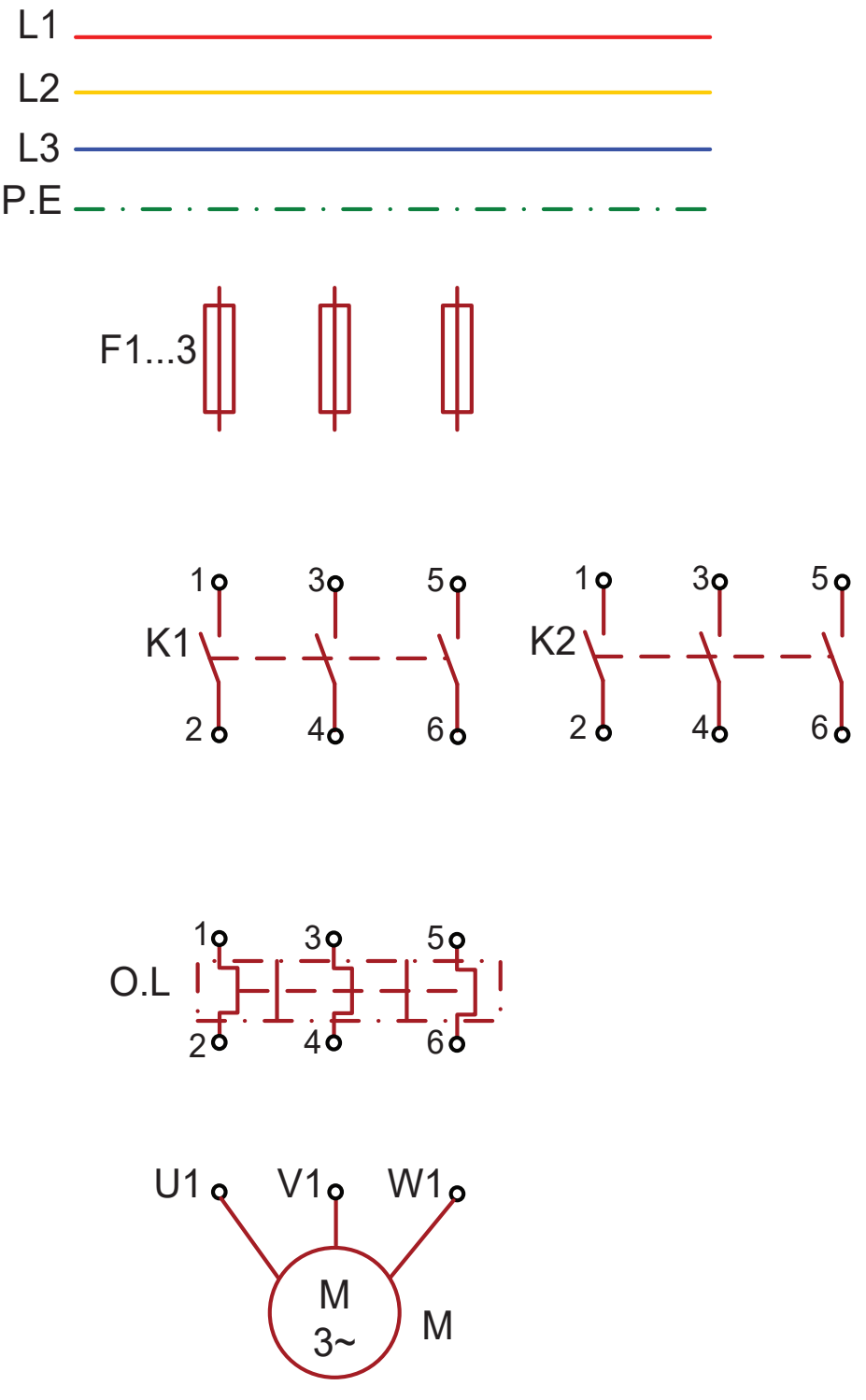
التمرين (6 - 5)

يُبيّن الشكل (6 - 25/ أ) والشكل (6 - 25/ ب) على الترتيب عناصر مخطط دارة التحكم وعناصر مخطط دارة التشغيل لتشغيل محرك ثلاثي الطور يعمل في اتجاهين باستعمال المفتاحين التلامسيين (K1) و (K2) المُزوَّدين بالحماية الحرارية (O.L)، ومصهرات الحماية (F1..3)؛ علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (PE).

أكمل رسم عناصر مخطط دارة التشغيل، ورسم عناصر مخطط مسار التيار لها.



الشكل (6 - 25/ أ): عناصر مخطط دارة التحكم.



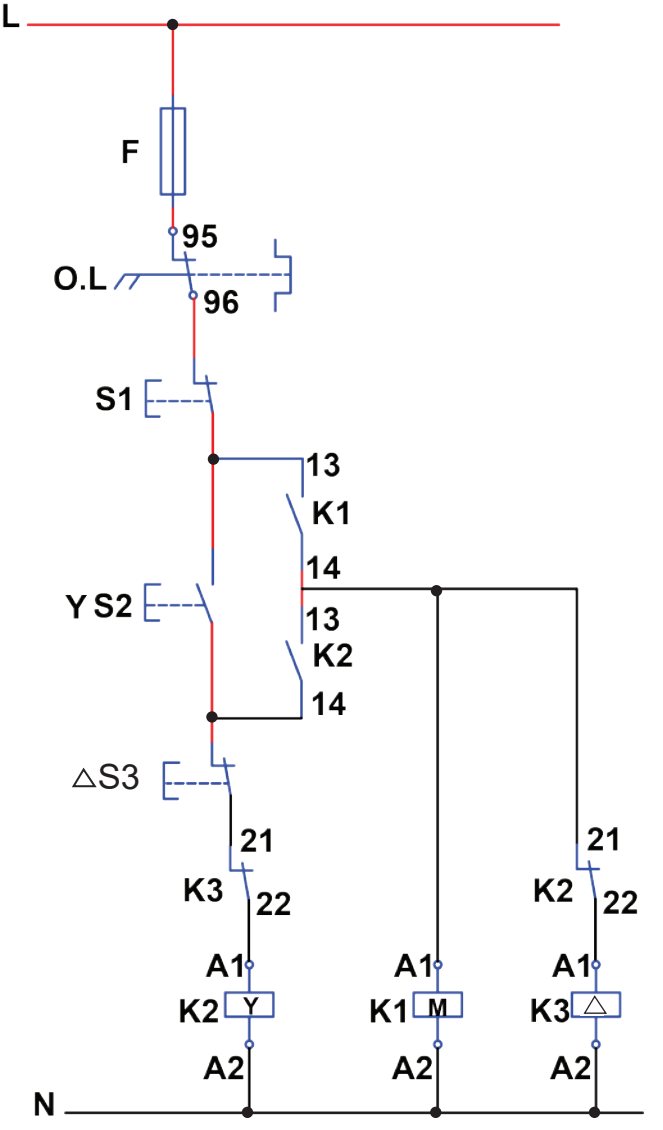
الشكل (6 - 25/ ب): عناصر مخطط دارة التشغيل.

التمرين (6 - 6)

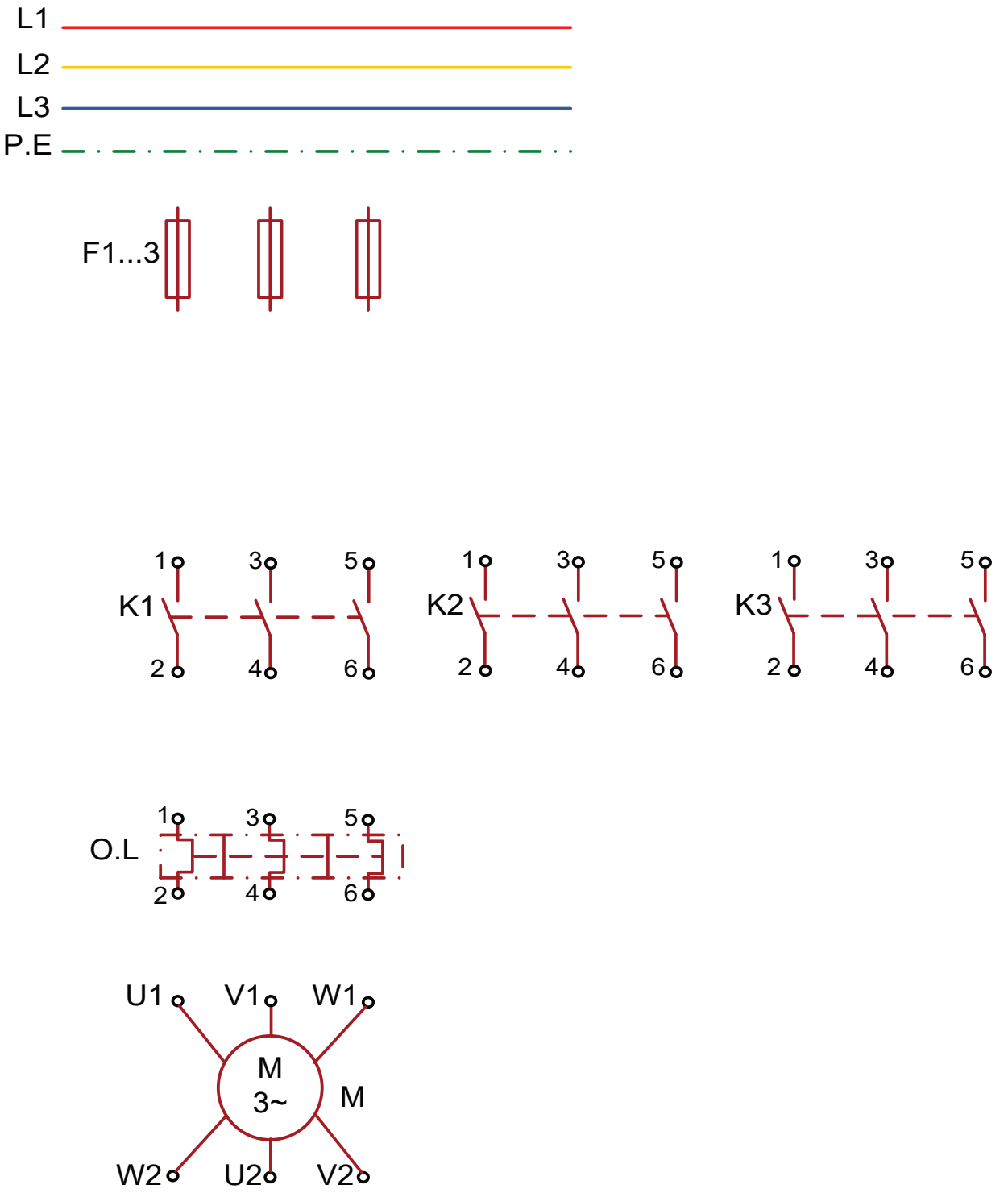
يُبيّـن الشـكل (6 - 26/ أ) مخطـط دارة التحكـم، ويُبيّـن الشـكل (6 - 26/ ب) عناصـر مخطـط دارة التشـغيل لتشـغيل محـرك ثلاثـي الطـور(نجمـة - مثلـث)، فولتيتـه (660 / 380) فولـت (يـدوي) باسـتعمال المفاتيـح التلامسـية الثلاثـة (K1,K2,K3)، علمًـا بـأن الـدارة مُـزوَّدة بالحمايـة الحراريـة (O.L)، مـع مصهـرات الحمايـة (F1..3)، وجسـم المحـرك متصـل بخـط الحمايـة الأرضـي (PE):

1 - أكمل رسم مخطط دارة التشغيل، مستعينًا بمخطط دارة التحكم.

2 - ارسم مخطط مسار التيار (آليًّا) باستعمال مؤقت، مستعينًا بمخطط دارة التشغيل بعد توصيلها.



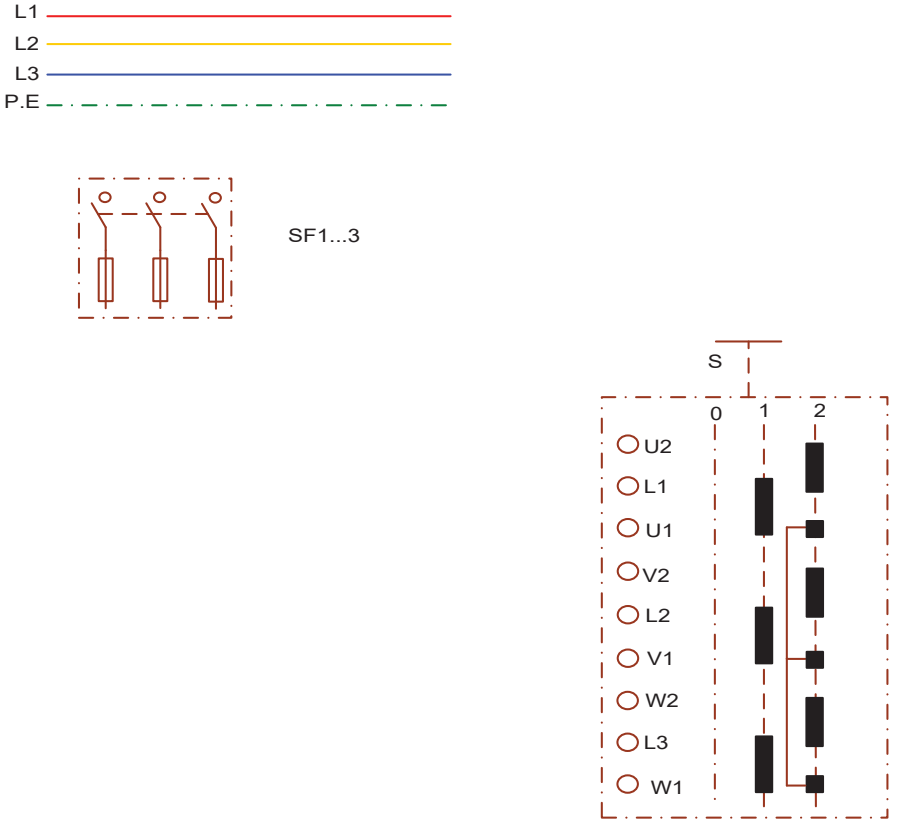
الشكل (6 - 26/ أ): مخطط دارة التحكم.



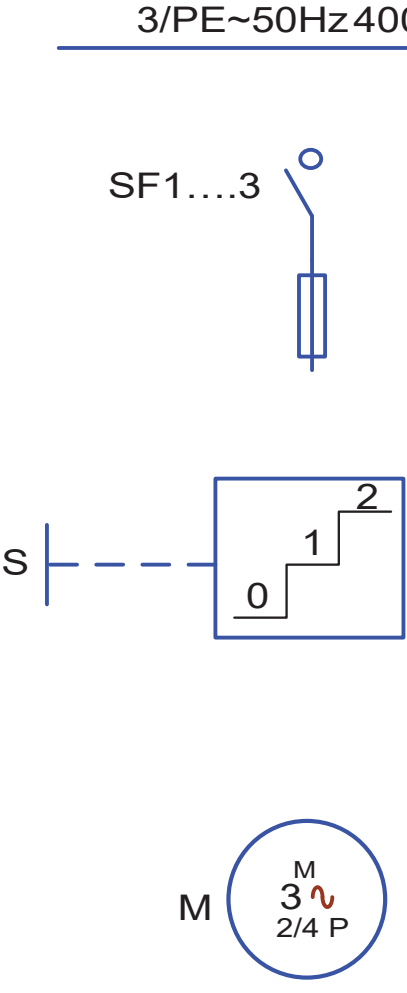
الشكل (6 - 26/ ب): عناصر مخطط دارة التشغل.

التمرين (6 - 7)

يُبيّـن الشـكل (6 - 27/ أ) والشـكل (6 - 27/ ب) علـى الترتيـب عناصـر المخطـط التفصيلـي وعناصـر المخطـط الرمـزي لـدارة تشـغيل محـرك ثلاثـي الطـور ذي سـرعتين متناصفتيـن (دالنـدر) باسـتعمال مفتـاح يـدوي ثنائـي السـرعة (S) متصـل بالمصـدر عن طريق المفتـاح السـكيني ثلاثي القطب (SF1,SF2,SF3)؛ علمًـا بـأن جسـم المحـرك متصـل بخـط الحمايـة الأرضـي (PE). أكمـل رسـم عناصـر المخطـط التفصيلـي لهذه الدارة، ورسـم عناصر المخطط الرمزي لهـا، مُبيّنًا عليه عدد الخطوط.



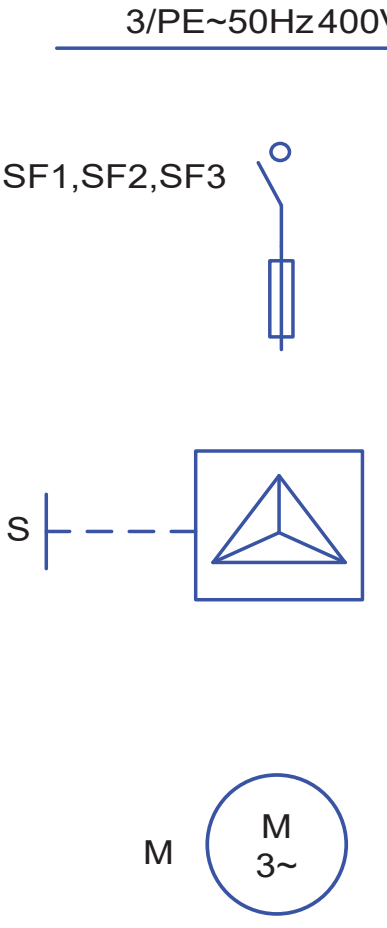
الشكل (6 - 27/ أ): عناصر المخطط التفصيلي.



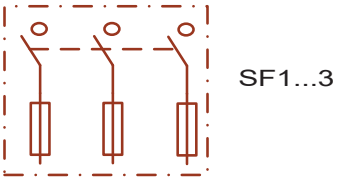
الشكل (6 - 27/ ب): عناصر المخطط الرمزي.

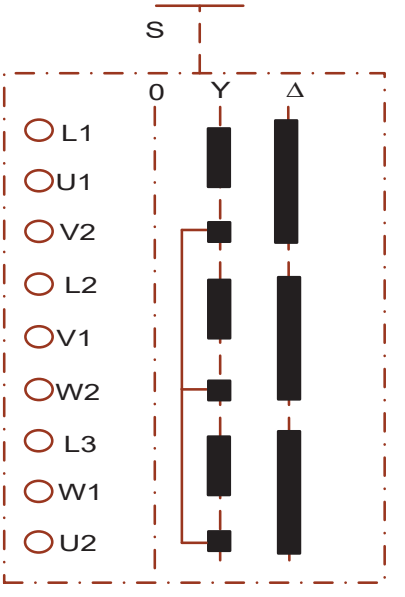
التمرين (6 - 8)

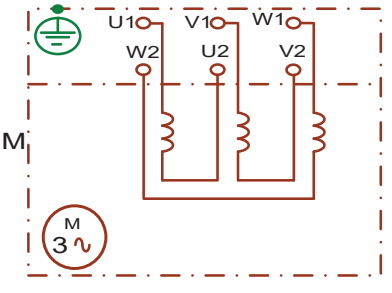
يُبيّن الشكل (6 - 28/ أ) والشكل (6 - 28/ ب) على الترتيب عناصر المخطط الرمزي وعناصر المخطط التفصيلي لدارة تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة- مثلث) باستعمال مفتاح (نجمة- مثلث) اليدوي (S) المتصل بالمصدر عن طريق المفتاح السكيني ثلاثي القطب (SF1,SF2,SF3)، علمًا بأن جسم المحرك متصل بخط الحماية الأرضي (PE). أكمل رسم عناصر المخطط التفصيلي لهذه الدارة، ورسم عناصر المخطط الرمزي لها، مُبيّنًا عليه عدد الخطوط.



الشكل (6 - 28/ أ):عناصر المخطط الرمزي.



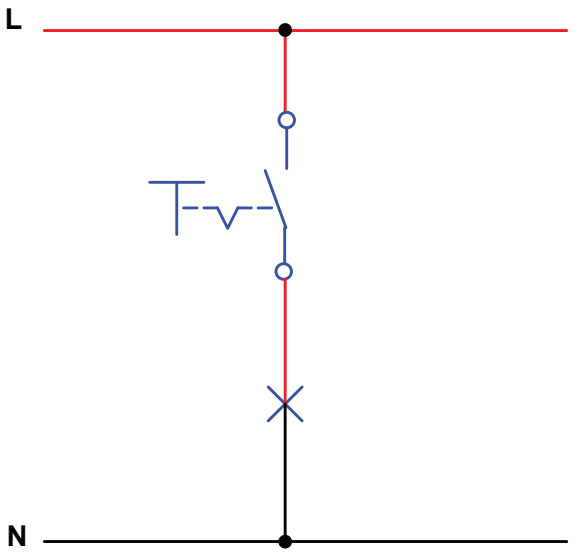




الشكل (6 - 28/ ب): عناصر المخطط التفصيلي.

التمرين (6 - 9)

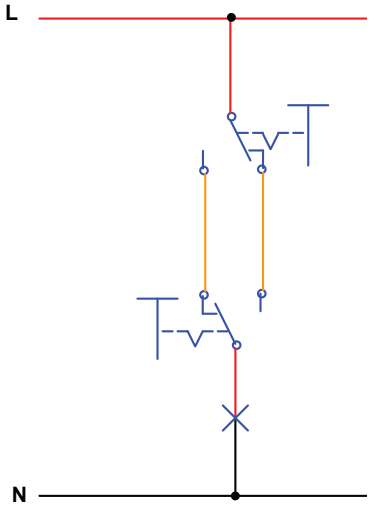
يُبيّن الشكل (6 - 29) مخطط مسار التيار لإضاءة مصباح من مكان واحد. ارسم المخطط السلمي لهذه الدارة.



الشكل (6 - 29): مخطط مسار التيار.

التمرين (6 - 10)

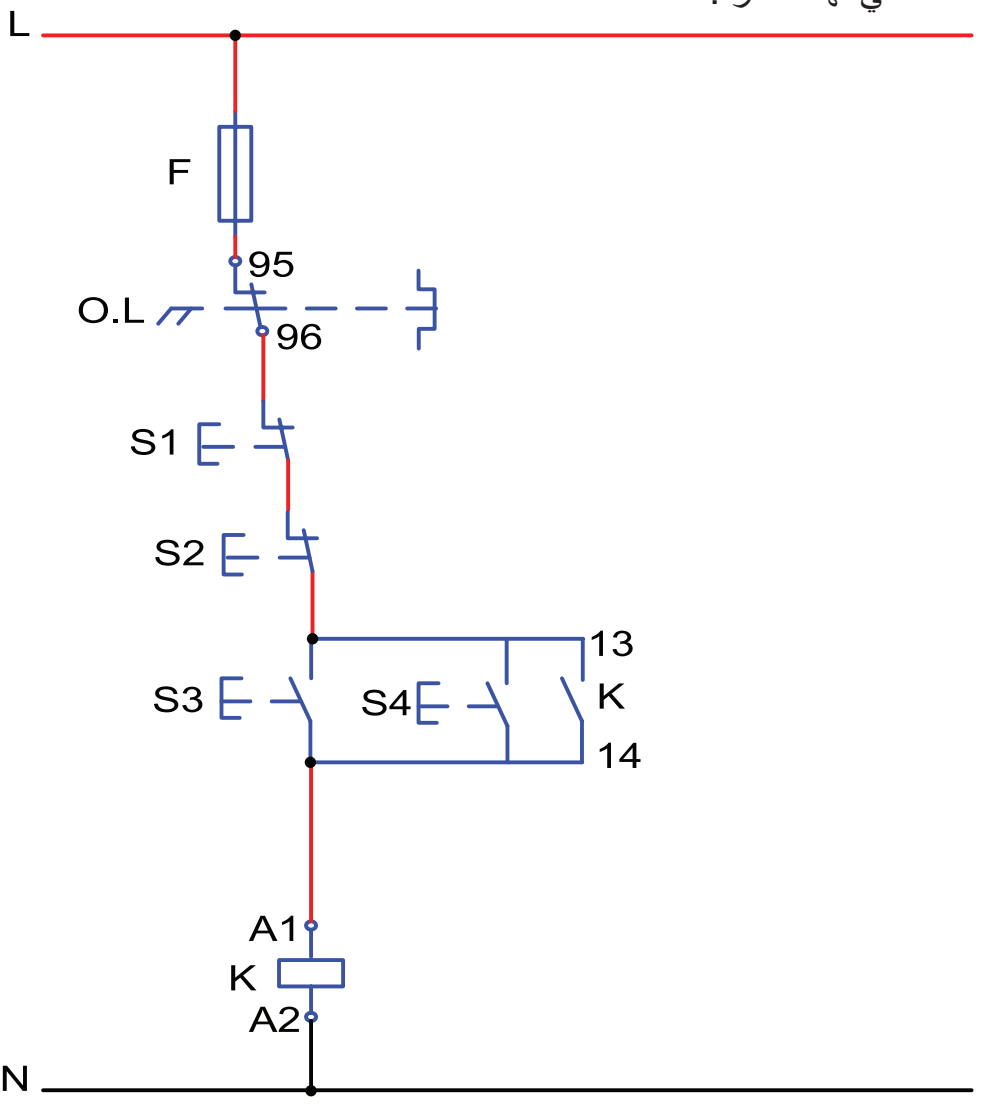
يُبيّن الشكل (6 - 30) مخطط مسار التيار لإضاءة مصباح من مكانين. ارسم المخطط السلمي لهذه الدارة.



الشكل (6 - 30): مخطط مسار التيار.

التمرين (6 - 11)

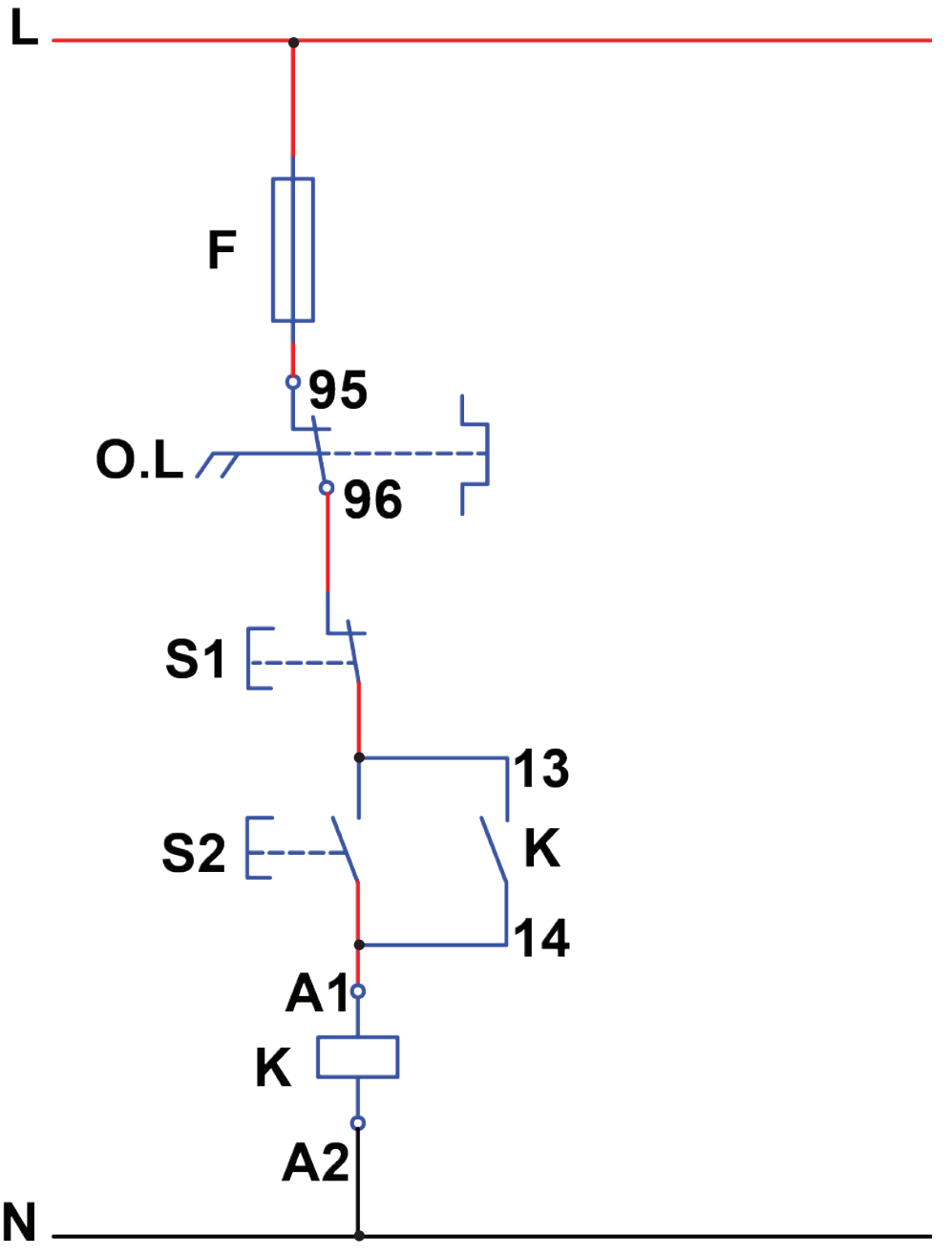
يُبيّن الشكل (6 - 31) مخطط مسار التيار لتشغيل محرك أحادي الطور من مكانين، وإيقافه من مكانين.
ارسم المخطط السلمي لهذه الدارة.



الشكل (6 - 31): مخطط مسار التيار.

التمرين (6 - 12)

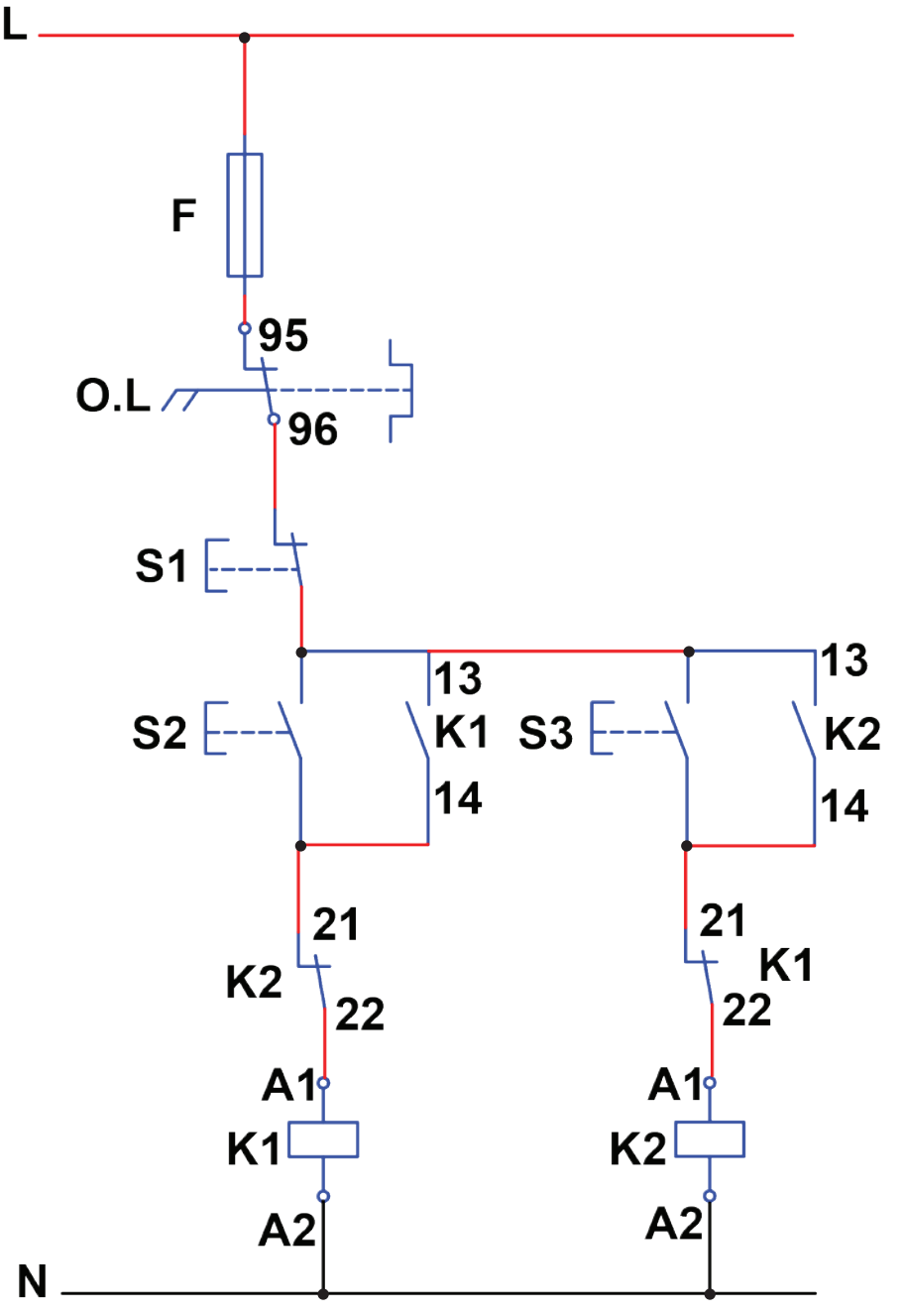
يُبيّن الشكل (6 - 32) مخطط مسار التيار لتشغيل محرك ثلاثي الطور من مكان واحد، وإيقافه من مكان واحد. ارسم المخطط السلمي لهذه الدارة.



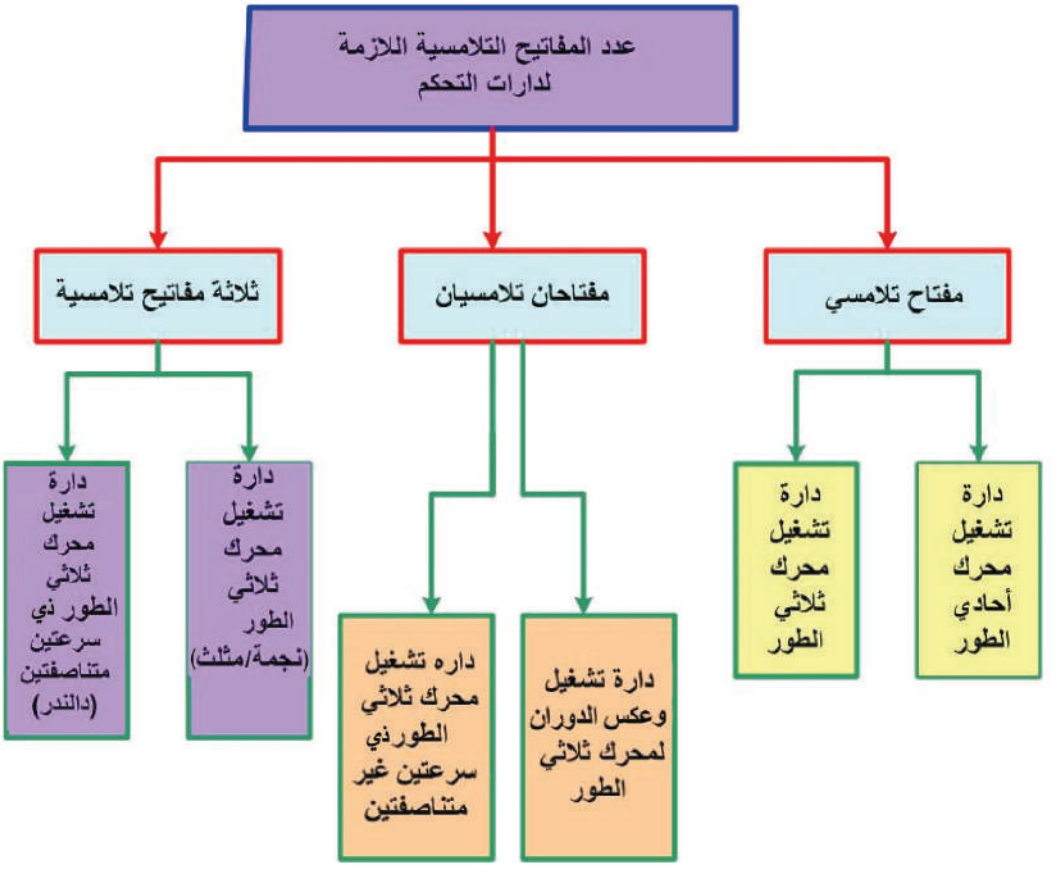
الشكل (6 - 32): مخطط مسار التيار.

التمرين (6 - 13)

يُبيّن الشكل (6 - 33) مخطط مسار التيار لعكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور. ارسم المخطط السلمي لهذه الدارة.



الشكل (6 - 33): مخطط مسار التيار.


عدد المفاتيح التلامسية اللازمة لدارات التحكم
مفتاح تلامسي
مفتاحان تلامسيان
ثلاثة مفاتيح تلامسية
دارة تشغيل محرك أحادي الطور
دارة تشغيل محرك ثلاثي الطور
دارة تشغيل وعكس الدوران لمحرك ثلاثي الطور
داره تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين غير متناصفتين
دارة تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة/مثلث)
دارة تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين متناصفتين (دالندر)

مسرد المصطلحات

D.C machine	آلة تيار مباشر
A.C machine	آلة تيار متناوب
Control	تحكم
Operated by pulling	تشغيل بالسحب
Operated by pressing	تشغيل بالضغط
Operated by foot	تشغيل بالقدم
Operated by key	تشغيل باستعمال مفتاح
Manually operated	تشغيل باليد
Delta-connection	توصيل على شكل مثلث
Star-connection	توصيل على شكل نجمة
Direct-Current	تيار مباشر
Alternating-Current	تيار متناوب
Thermal protection	حماية حرارية
Magnetic protection	حماية مغناطيسية
Single-Phase supply	مصدر تغذية أحادي الطور
Direct-current	مصدر تغذية تيار مباشر
Three-Phase supply	مصدر تغذية ثلاثي الطور
Neutral line	خط محايد
Electrical control circuit	دارة تحكم كهربائية
Push – button - off	ضاغط إيقاف
Push – button - on	ضاغط تشغيل
Rotary compressor	ضاغط دوراني

Circuit - Breaker	قاطع دارة
Main Busbar	قضبان رئيسة
Single phase - motor	محرك أحادي الطور
D.C Shunt - motor	محرك توازٍ/ تيار مباشر
D.C Series - motor	محرك توالٍ/ تيار مباشر
Three- Phase motor	محرك ثلاثي الطور
D.C compound - motor	محرك مُركَّب/ تيار مباشر
Current transformer	مُحوِّل تيار
Three – phase transformer	مُحوِّل ثلاثي الطور
Step down transformer	مُحوِّل خفض
Step up transformer	مُحوِّل رفع
Voltage Transformer	مُحوِّل فولتية
Exploded - diagram	مخطط تفصيلي
Single - diagram	مخطط رمزي
Block - diagram	مخطط صندوقي
Current flow - diagram	مخطط مسار التيار
Relay	مرحل
Thermal - relay	مرحل حراري
Time - relay	مرحل زمني
Single lamp	مصباح إشارة
Fuse	مصهر
Fuse cutout	معتق المصهر

Travel - switch	مفتاح تشغيل
Star – delta - switch	مفتاح نجمي مثلثي
Thermal - switch	مفتاح حراري
Over current trip and short circuit trip	إعتاق بسبب فرط التيار، أو قصر الدارة
Isolator	مفتاح سكيني
Push - button	مفتاح ضاغط
Centrifugal- switch	مفتاح طرد مركزي
Reversing - switch	مفتاح عكس اتجاه الدوران
Contactor	مفتاح تلامسي
Starting - rheostat	مقاومة بدء حركة
Capacitor	مواسع
Closing - contact	ملامس غلق
Opening – contact	ملامس فتح
Rectifier	ثنائي الوصلة
Half - wave	نصف موجة

قائمة المراجع

أولًا: المراجع العربية

1 - م. أحمد عبد المتعال، **الأسس العملية في التركيبات الكهربائية، الموسوعة العلمية في التركيبات الكهربائية**، دار النشر للجامعات، مصر، 2000م.

2 - الكودات الأردنية للأعمال الكهربائية (إنارة، تأريض).

3 - محمود الجيلاني، **المرجع في التركيبات والتصميمات الكهربية**، جامعة القاهرة/ مصر، 2013م.

4 - نقابة المهندسين الأردنيين، **التعليمات الفنية التي تعمل بموجبها المكاتب الهندسية**، 2019م.

5 - هاني عبيد، **تخطيط وتصميم التمديدات الكهربائية في المشاريع الكبرى**، دار الشروق للنشر والتوزيع، 2001م.

ثانيًا: المراجع الأجنبية

1 - Alfred Still - Charles S. Siskind, **Electrical Machine Design**, 2018.

2 - Blackie, **Technical Drawing for Electrical Engineering**, 2013.

3 - Brian SCADD, **Wiring Systems Finding for Installation Electricians** Fourth Edition, 2015.

4 - Fachzeichnen, **Standard Handbook for Electrical Engineres**, (12th Edition) England, Mc. Craw, 2000.

5 - I.E.C; Graphical Symbols for Diagrams, Switzerland, Geneve 2017.

6 - RAMSAY; **Engineering Instrumentation & Control**, Thornes, 2012.

7 - Theraja, **A Textbook of Electrical Technology**, CHAND, 2013.

تم بحمد الله تعالى