إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكهرباء

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الثاني
الصف الثاني عشر

الفرع الصناعي

إعداد
وزارة التربية والتعليم

بالتعاون مع
الوكالة الكورية للتنمية الدولية KOICA
والوكالة الألمانية للتعاون الدولي GIZ

الناشر
وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال ملحوظاتكم وآرائكم على هذا الكتاب على العناوين الآتية:
هاتف: 8-5/4117304 فاكس: 4637569 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 (2020/20)، تاريخ (2021/5/4) ، بدءًا من العام الدراسي 2021 / 2022م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمّان – الأردن / ص. ب: 1930

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(2021/7/4076)
ISBN:978 - 9 957 - 84- 987-0

اللجنة الضابطة لتأليف هذا الكتاب

د. محمد سلمان كنانة — د. أسامة كامل جرادات
د. زايد حسن عكور — د. زبيدة حسن أبو شويمة
م. حمد عزات أحمرو — م. باسل محمود غضية
م. عبد الناصر سعيد حماد — بكر صالح عليان
م. عبد المجيد حسين أبو هنية — م. حماد محمد أبو الرشتة
م. محمد عبد اللطيف أبورحمة

المحرر العلمي: م. باسل محمود غضية — المحرر اللغوي: نضال أحمد موسى
المحرر الفني: نداء فؤاد أبوشنب — التصميم: فخري موسى الشبول

الإنتاج: سليمان أحمد الخلايلة

دقق الطباعة وراجعها: م. عاهد حامد العطوي

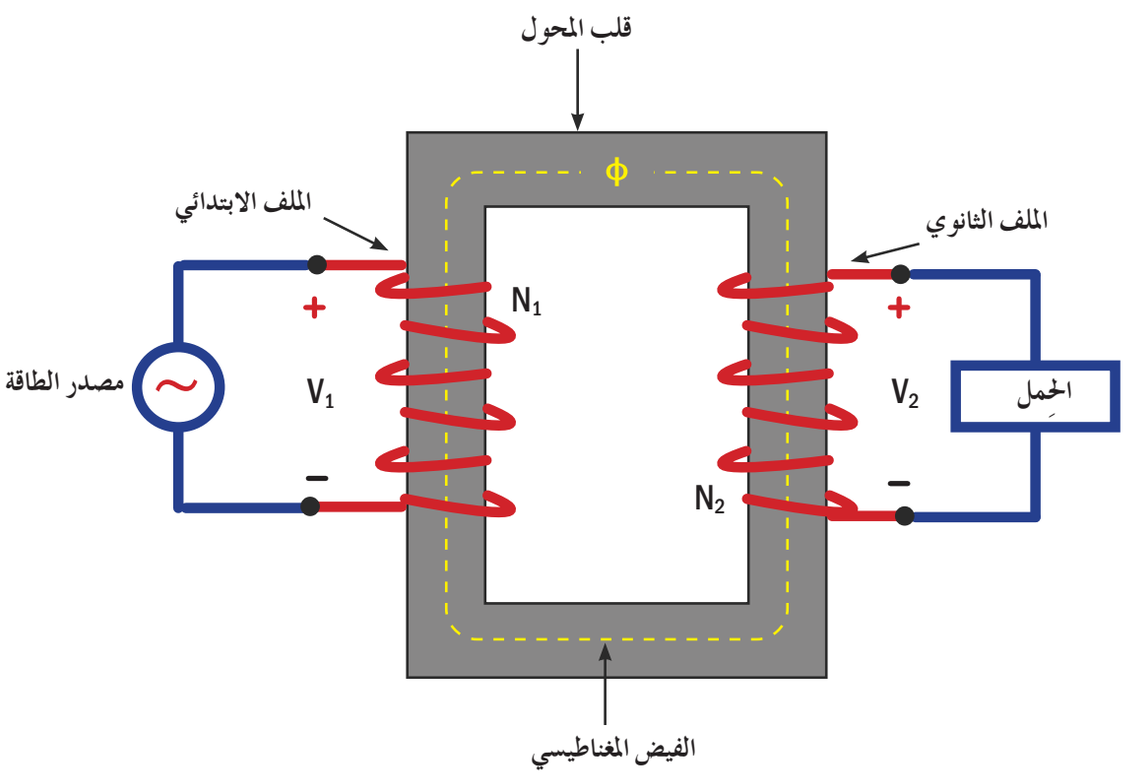
الطبعة الأولى — 1442 هـ / 2021 م
أعيدت طباعته — 2022 م

قائمة المحتويات

الموضوع	الصفحة
الوحدة الرابعة: المحولات الكهربائية	4
أولًا: المحول الكهربائي ومكوناته	6
ثانيًا: مبدأ عمل المحول الكهربائي	15
ثالثًا: معامل التحويل للمحول الكهربائي أحادي الطور (التيار، والفولتية، وعدد اللفات) والعلاقة بينهما	21
رابعًا: بيانات اللوحة الاسمية للمحول	33
خامسًا: أنواع المحولات الكهربائية	40
القياس والتقويم	76
الوحدة الخامسة: دارات التحكم والحماية للمحركات الكهربائية وأنظمتها	79
أولًا: عناصر دارات التحكم والتشغيل	81
ثانيًا: المفاتيح اليدوية الدوارة (الأسطوانية)	172
القياس والتقويم	196
الوحدة السادسة: التحكم المنطقي المبرمج	203
مكونات التحكم المنطقي المبرمج	205
القياس والتقويم	290
مسرد المصطلحات	293
قائمة المراجع	299

4 الوحدة الرابعة

المحولات الكهربائية
Electrical Transformers



منهاجي
متعة التعليم الهادف

النتاجات العامة للوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذة الوحدة أن:

- يتعرف الأجزاء الرئيسة لمحول كهربائي أحادي الطور.
- يتعرف مبدأ عمل المحولات الكهربائية (أحادية الطور وثلاثية الأطوار).
- يتعرف معامل التحويل للمحول الكهربائي أحادي الطور (التيار، والفولتية، وعدد اللفات) والعلاقة بينها.
- يتعرف المفاقيد (الخسائر) في المحولات الكهربائية وكفاءة المحول.
- يتعرف أنواع المحولات أحادية الأطوار وثلاثية الأطوار،خصائصها واستعمالاتها.

الوحدة الرابعة

4

أولًا: المحول الكهربائي ومكوناته

(Electrical Transformer)

النتاجات

يتوقع منك في نهاية هذا الدرس أن:

- تتعرف مفهوم المحول الكهربائي.
- تتعرف مكونات المحول الكهربائي.
- تفك أجزاء المحول الكهربائي، و تميّز الملف الابتدائي من الثانوي.

انظر.. وتساءل

كيف يمكن شحن سيارات الأطفال من مصدر التيار الكهربائي في المنزل، علمًا أن السيارة تعمل على فولتية مقدارها (6) فولت؟

درست سابقًا أن فولتية المصدر الكهربائي في المنازل (230V) للطور الواحد، ولشحن بطارية سيارات الأطفال التي تعمل على فولتية (6V)، لا بد من جهاز يخفض الفولتية من (230V) إلى (6V)، يسمى هذا الجهاز المحول الكهربائي.

استكشف

علمت سابقًا، أن الفولتية التي يتم توليدها من مولدات شركة الكهرباء تقدر بآلاف الفولتات، وأن الأجهزة الكهربائية المنزلية تعمل على (230) فولت، كيف تُزوّد المنازل بهذه الفولتية؟

درست سابقًا، أن مولدات شركة الكهرباء تولد التيار الكهربائي، ثم ينقل هذا التيار إلى المدن عن طريق خطوط نقل الضغط العالي، ثم تزودها بها المنازل، ومن أجل تحقيق هذا الهدف، لا بد من وجود وسيلة لرفع الفولتية من محطات التوليد عبر خطوط شبكة الضغط العالي، ومن ثَمّ، إعادة تخفيضها إلى فولتية تتناسب مع الأحمال المنزلية والصناعية؛ لذا تُستعمل محولات رفع للفولتية وخفضها حسب النظام المطلوب.

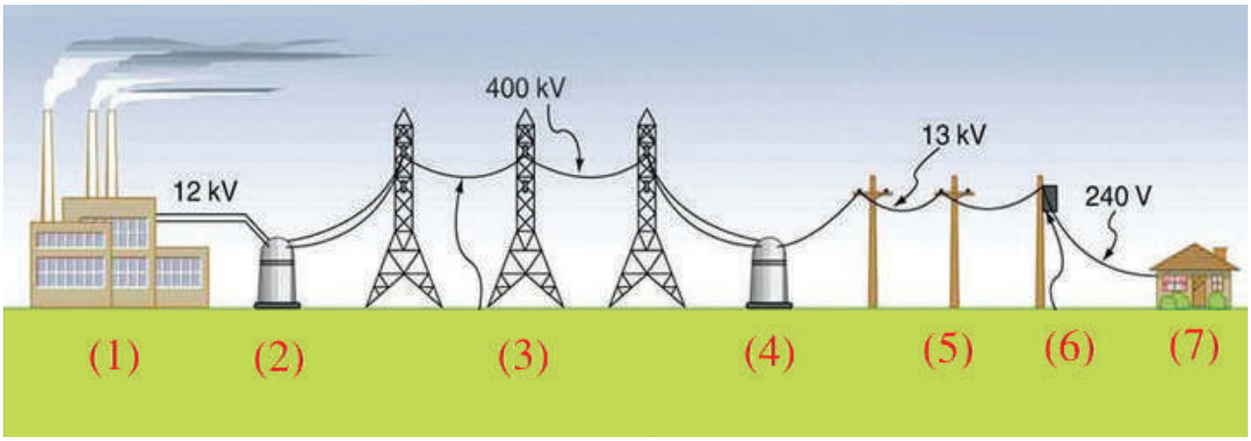
اقرأ.. وتعلم

المحول الكهربائي

المحول الكهربائي جهاز كهرومغناطيسي ستاتيكي (ثابت) لا توجد فيه أجزاء دوارة، يعمل على أساس التأثير الكهرومغناطيسي.

يستعمل المحول الكهربائي في أغلب الأحيان، لخفض الجهد الكهربائي أو رفعه مع فقدان جزء بسيط من القدرة الكهربائية التي يبددها المحول على صورة مفاقيد في أثناء عمله.

بدأت الحاجة الملحة إلى استعمال المحول عندما أصبح توليد القدرة الكهربائية بكميات هائلة في محطات التوليد الكبيرة، ما يستدعي نقل هذه القدرة إلى أماكن استعمالها، مع المحافظة على أقل كمية ممكنة من المفاقيد، وذلك عن طريق رفع الجهد الكهربائي إلى قيم عالية لخفض قيمة التيار الكهربائي، ثم خفض حجم النواقل والمفاقيد الكهربائية، والشكل (4-1)، يبين مراحل نقل الطاقة من محطة التوليد حتى وصولها إلى المستهلك.



(1) محطة التوليد.	(5) خطوط نقل الطاقة داخل المدينة نفسها.
(2) محولات رفع الفولتية من أجل النقل عن طريق خطوط الشبكة الكهربائية بين المدن.	(6) محول تخفيض الفولتية لتوزيعها على المنازل.
(3) خطوط النقل الخاصة الشبكة الكهربائية الرئيسة (شبكة الضغط العالي).	(7) توصيل التيار الكهربائي إلى المنازل.
(4) محول تخفيض الفولتية من أجل النقل داخل المدينة نفسها.	

الشكل (4-1): مراحل نقل الطاقة من محطة التوليد إلى المستهلك.

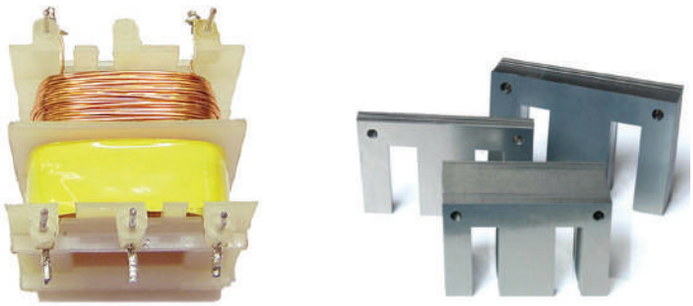
فكِّر

1 – ما الفائدة من تقليل مساحة مقطع النواقل في خطوط نقل الطاقة؟

2 – ما الفائدة من تخفيض نسبة المفاقيد في شبكة نقل الطاقة؟

مكونات المحول الكهربائي

يبين الشكل (4-2) أجزاء المحول الكهربائي الذي يتكون من عنصرين رئيسين، هما: الملفات، والقلب الحديدي.



القلب الحديدي الملفات

الشكل (4-2): مكونات المحول الكهربائي.

1 – **الملفات:**

مجموعة من الموصلات، تصمم على صورة ملفات مصنوعة من النحاس أو من الألمنيوم، ويتوقف نوع الموصل وقطره على قيمة التيار الذي يسري فيه، في حين يتوقف عدد اللفات على قيمة الفولتية الخاصة بتشغيله، وتصنف هذه الملفات إلى نوعين:

أ – **الملف الابتدائي** (Primary Winding): وهو الملف الذي توصل أطرافه بمصدر التيار الكهربائي المتناوب.

ب– **الملف الثانوي** (Secondary Winding): وهو الملف الذي توصل أطرافه بالحمل المستهلك للطاقة الكهربائية.

فكِّر

لماذا يعمل المحول على التيار المتناوب لا التيار المباشر؟

2 – **القلب الحديدي** (Iron Core)

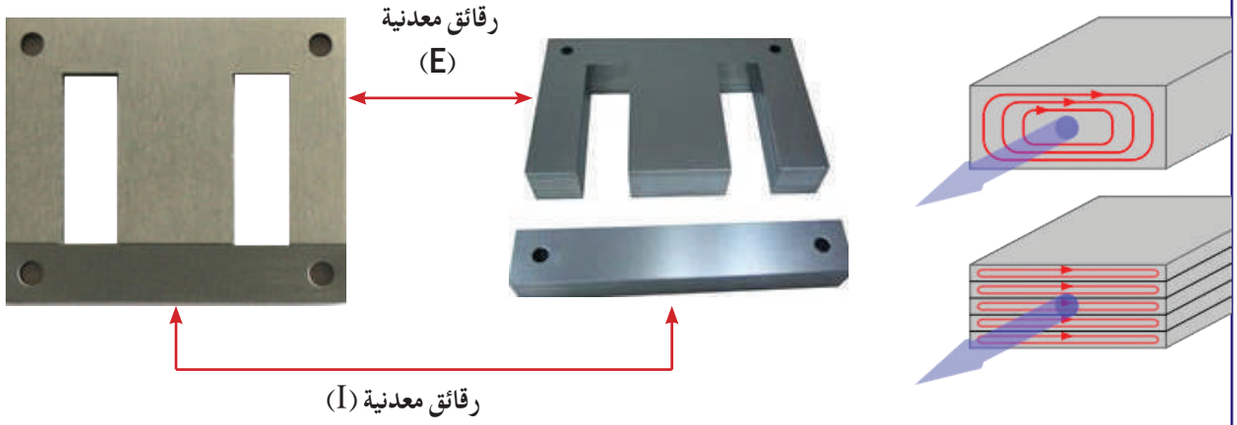
وهو مصنوع من مادة الحديد المطاوع السليكوني، على صورة شرائح رقيقة ومعزولة عن بعضها (للحد من التيارات الدوامية)، وهي تشكل الدارة المغناطيسية للمحول التي تتركز فيها خطوط الفيض المغناطيسي التي تسري من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي عبر هذا القلب.

تذكَّر

يوجد جزء من خطوط المجال المغناطيسي تسري في محيط الملفات، وهي خطوط متسربة غير مفيدة وتعدّ جزءًا من المفاقيد في المحول.

فكِّر

كيف تحد الشرائح المعدنية الرقيقة من التيارات الدوامية؟ انظر إلى الشكل (4-3).



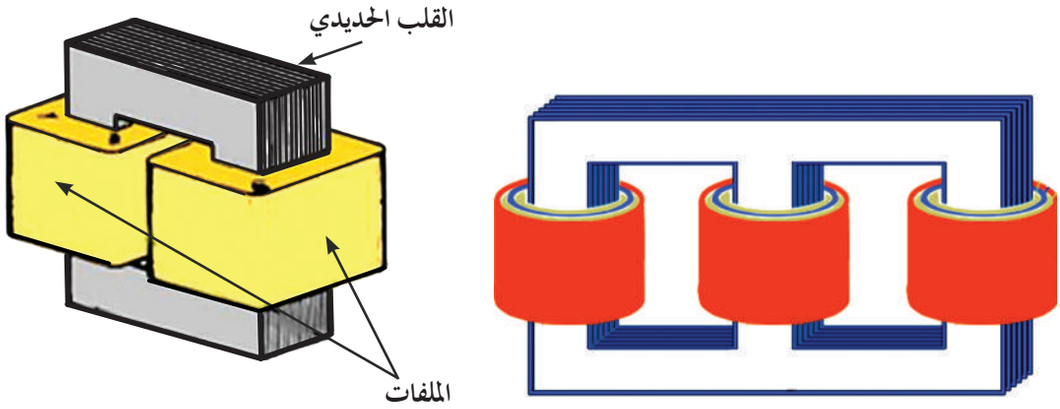
الشكل (4-3): العلاقة بين الشرائح المعدنية الرقيقة والتيارات الدوامية.

تُصنف المحولات من حيث عدد الأطوار إلى أحادية الطور وثلاثية الأطوار، حسب الشبكة الكهربائية المطلوبة والحمل الذي سَيُشغَّلُ عن طريق هذا المحول.

توضع الملفات للمحول الكهربائي أحادي الطور وثلاثي الأطوار على القلب الحديدي على طريقتين:

1 – المركزي (Core Type)

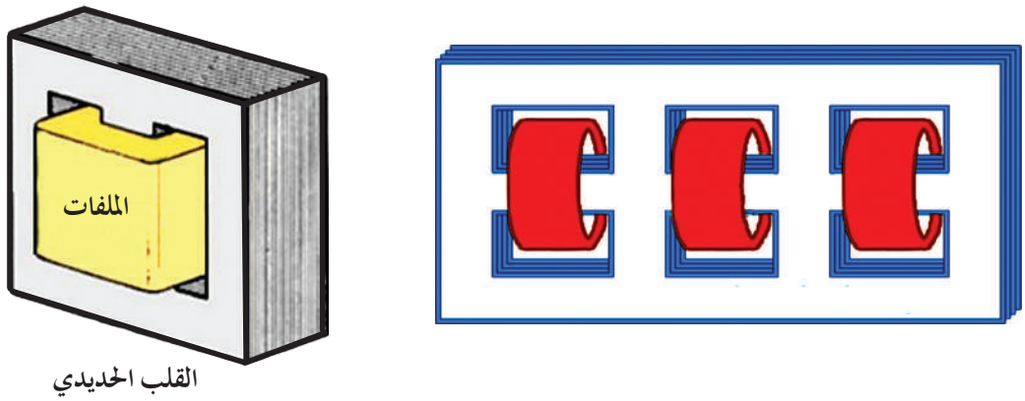
توضع الملفات فيه على طرفي القلب الحديدي، كما هو مبين في الشكل (4-4).



الشكل (4-4): قلب حديدي من النوع المركزي.

2 –الهيكلي (Shell Type)

تثبَّت الملفات وسط القلب الحديدي، كما هو مبين في الشكل (4-5).



الشكل (4-5): قلب حديدي (الهيكلي).

ابحث في الإنترنت عن أنواع وأشكال أخرى للمحولات الكهربائية، اكتب تقريرًا مفصّلًا عنها ثم اعرضه على زملائك.

التمارين العملية

التمرين (4-1)

فك محول كهربائي وتعّرف أجزائه الداخلية.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تفك محولًا كهربائيًّا وتتعرف أجزاءه الداخلية.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– صندوق عدة كهربائية.	- محول كهربائي ذو قلب حديدي (6v – 230v). - جهاز آفوميتر.

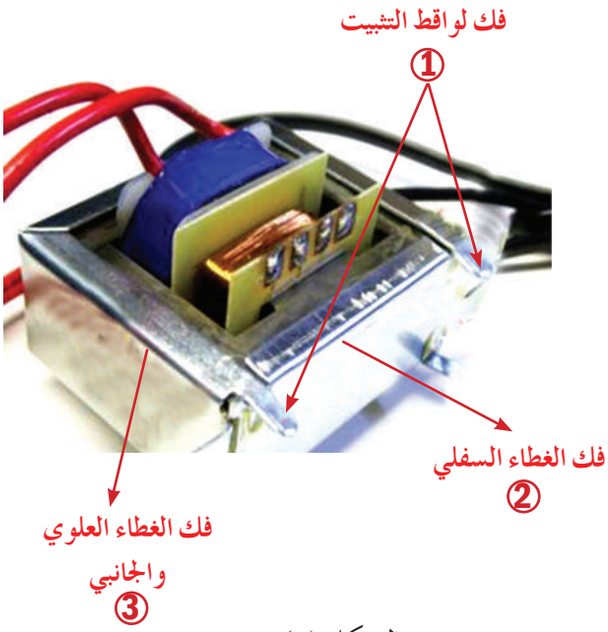
خطوات الأداء

1 - تحديد أغطية المحول قبل الفك.

2 - فَكّ براغي التثبيت ووضعها في وعاء خاص للمحافظة عليها، ثم فك الأغطية السفلي والعلوي والجانبي، كما في الشكل (1).

3 - إخراج جسم المحول (شرائح القلب الحديدي) بطريقة صحيحة ، والتأكد من سلامة عزلها، كما في الشكل (2).

الرسم التوضيحي



الشكل (1).

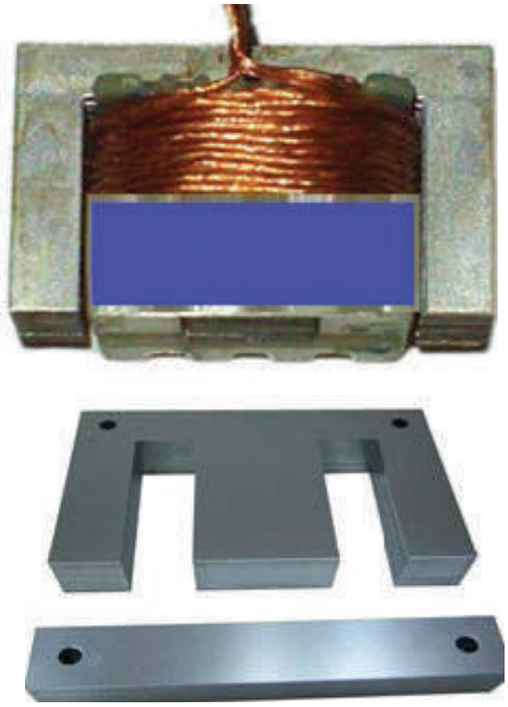
خطوات الأداء	الرسم التوضيحي

4 - إخراج كل ملف وحده، ووضعه في مكان آمن، حتى لا يتعرض للتلف، وفحص قيمة المقاومة لكل من الملفين، كما في الشكل (3)، و تدوين المعلومات في دفتر التدريب العملي.

فكِّر

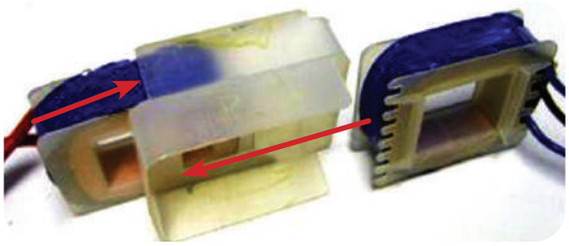
علامَ يدل وجود مقاومة مرتفعة نسبيًّا لأحد الملفات، ومقاومة منخفضة للملف الآخر؟

5 - التأكد من عدم وجود فصل (قطع) في الملفات بالنظر أولًا، ثم بجهاز الآفوميتر.

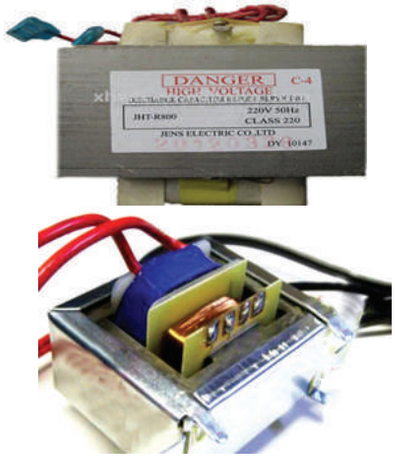


الشكل (2).

6 - إعادة تجميع المحول بدءًا من آخر قطعة فككتها، كما في الشكل (4).

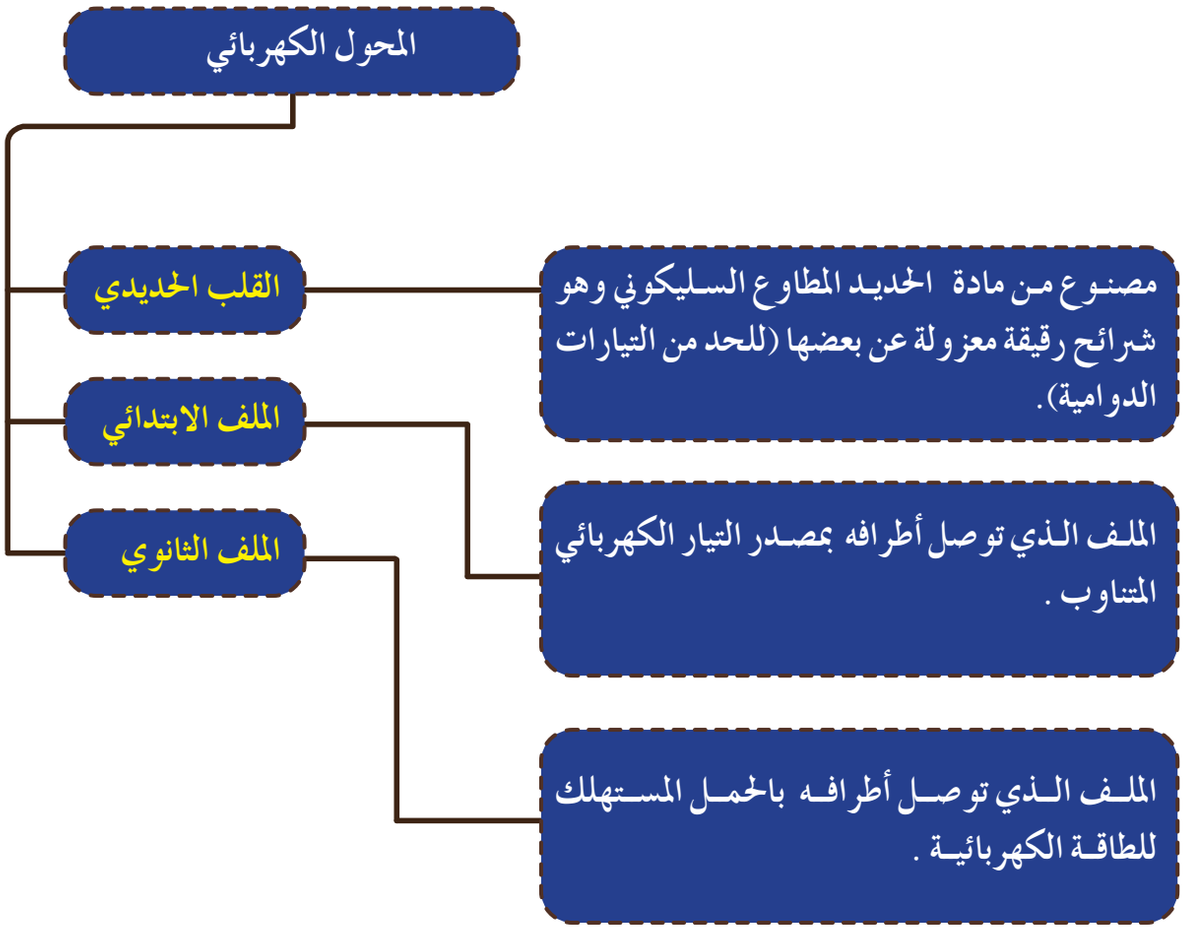


الشكل (3).



الشكل (4).

الخرائط المفاهيمية



ثانيًا: مبدأ عمل المحول الكهربائي (How Transformer Works).

النتاجات

يتوقع منك في نهاية الدرس أن:

- تتعرف مبدأ عمل المحول الكهربائي

مبدأ عمل المحول الكهربائي

لو كنت جالسًا في الطريق، ومر بك حامل مسك، هل ستتأثر برائحة المسك التي يحملها؟

عندما يمر بك شخص يحمل عطر المسك، ستشم رائحة المسك منه (بالتأثير)؛ بسبب انتقال الرائحة إليك عبر وسيط ناقل وهو الهواء.

استكشف

- هل للمجال المغناطيسي دور في عمل المحول الكهربائي؟
- هل هناك علاقة بين كمية التيار التي تسري في الملف الابتدائي للمحول، وكمية التيار المتولدة في الملف الثانوي؟

إن كمية التيار التي ستتولد في الملف الثانوي تتأثر بكمية الفيض المغناطيسي الناتج من كمية التيار الداخلة إلى المحول، وذلك حسب مواصفات ملفات المحول، كما سيمر بك لاحقًا.

تعلمت في الدرس السابق أن الملف الثانوي قد يكون معزولًا كهربائيًّا عن الملف الابتدائي، فكيف يمكن توليد التيار الكهربائي في الملف الثانوي؟

يعتمد مبدأ عمل المحول الكهربائي على قانون فاراداي للحث الكهرومغناطيسي، فعندما يقطع فيض مغناطيسي ملفًّا، ستتولد قوة دافعة كهربائية في هذا الملف، تتناسب مع (معدل تغير الفيض

المغناطيسي بالنسبة إلى الزمن)؛ ولهذا السبب لا يعمل المحول في أنظمة التيار المباشر؛ لأن التيار المباشر يولد مجالًا مغناطيسيًّا (ثابتًا) لا يتغير، فلا يمكن توليد قوة دافعة كهربائية حينئذٍ بطريقة الحث.

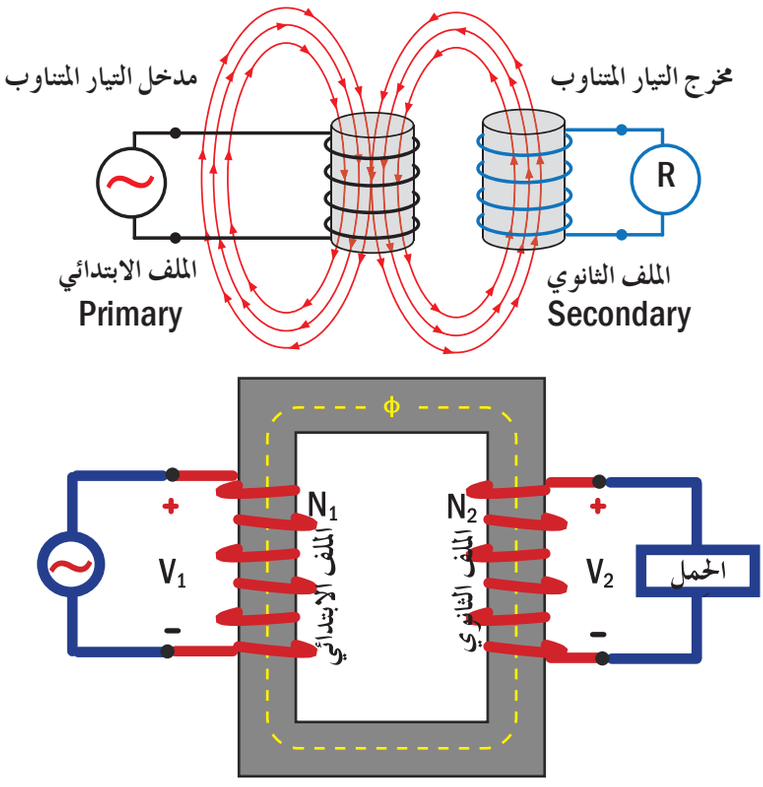
وهذا أحد الأسباب الرئيسة لتفضيل التيار المتناوب على التيار المباشر.

ويوصل طرفا الملف الابتدائي بمصدر التيار المتناوب، في حين يوصل طرفا الملف الثانوي بالحمل المستهلك للطاقة الكهربائية.

عند سريان تيار كهربائي متناوب في الملف الابتدائي، يتكون فيض مغناطيسي متناوب، يسري عبر القلب الحديدي الذي يشكل الدارة المغناطيسية، قاطعًا بذلك ملفات الملف الثانوي، فتولد فيها قوة دافعة كهربائية حثية بحسب قانوني فاراداي ولنز، وتتناسب هذه القوة مع فولتية الملف الابتدائي والنسبة بين عدد لفات كل من الملفين (الابتدائي والثانوي)، كما في الشكل (4-6).

تذكَّر

تسري بعض خطوط المجال المغناطيسي في الهواء مكونة خطوط التسرب المغناطيسي.



الشكل (4-6): خطوط المجال المغناطيسي في المحول الكهربائي.

وتحدد القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الملفين بالعلاقتين الآتيتين:

- $EMf_1=4.44\ fN_1\ \Phi_m$
- $EMf_2=4.44\ fN_2\ \Phi_m$:

حيث:

EMf_1: القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف الابتدائي (فولت).

EMf_2: القوة الدافعة الكهربائية الحثية المتولدة في الملف الثانوي (فولت).

f: التردد (هيرتز).

N_1:عدد لفات الملف الابتدائي (لفة).

N_2: عدد لفات الملف الثانوي (لفة).

Φ_m: الفيض المغناطيسي (ويبر).

اكتب تقريرًا موضحًا بالصور، عن مبدأ عمل المحولات الكهربائية وعن تأثير حجم المحول في مبدأ عمله، ثم اعرضه على زملائك.

التمارين العملية

التمرين (2-4)

قياس فولتية الملفين الابتدائي والثانوي للمحول.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تفحص فولتية الملفين الابتدائي والثانوي للمحول وتقارن بينهما.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
جهاز فحص آفوميتر مصدر كهرباء (230v).	محول كهربائي ذو قلب حديدي (9v - 230v).

خطوات الأداء

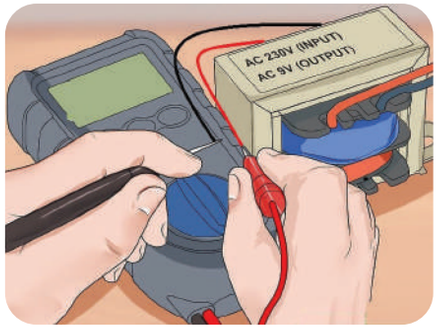
1 – تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل البدء بتنفيذ التمرين.

2 – تأكد من تناسب مصدر فولتية الملف الابتدائي مع مصدر التغذية، كما في الشكل (1).

3 – وصّل أطراف الملف الابتدائي للمحول (AC 230v) مع مصدر التيار الكهربائي، ثم وصّل التيار الكهربائي، وشغّل جهاز الآفوميتر، ثم ثبّت مفتاح الاختيار على تدريج أعلى من (AC 230 v)، وقس الفولتية على الملفين الابتدائي والثانوي كما في الشكل (2)، قارن بين فولتية كل من الملفين، ثم دون الملاحظات في دفتر التمارين العملية.

الرسم التوضيحي

الشكل (1).



الشكل (2).

فكِّر

ما النسبة بين فولتية الملف الابتدائي والملف الثانوي؟

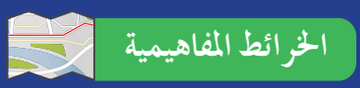
الخرائط المفاهيمية

ثالثًا: معامل التحويل للمحول الكهربائي أحادي الطور: (التيار، والفولتية، وعدد اللفات) والعلاقة بينهما

النتاجات

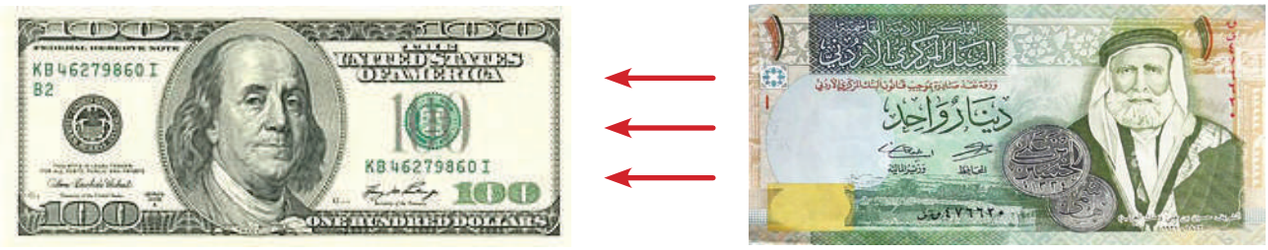
يتوقع منك في نهاية الدرس أن:

- تتعرف معامل التحويل للمحول الكهربائي أحادي الطور (التيار، والفولتية، وعدد اللفات) والعلاقة بينهما.
- تستعمل العلاقات الرياضية للمحول؛ لإيجاد العلاقة بين (التيار والفولتية، وعدد اللفات).
- تستعمل جهاز الآفوميتر في إثبات العلاقة بين (التيار والفولتية، وعدد اللفات) والعلاقة بين كل منهما.



إذا كان لديك مائة دينار أردني، وأردت تحويلها إلى دولارات أمريكية ، كم دولارًا ستحصل عليه بعد التحويل؟

علامَ يعتمد عدد الدولارات التي ستحصل عليها نتيجة هذه العملية؟



إن النسبة بين سعر الدولار والدينار الأردني هي الأساس في عملية التحويل؛ للحصول على نتيجة وقيمة صحيحة في هذه العملية، فبقسمة الدنانير على قيمة الدولار يصبح لدينا كمية الدولارات التي يمكن أن نحصل عليها.

- هل لنسبة التحويل في المحول الكهربائي بين الملفين الابتدائي والثانوي علاقة في قيمة الفولتية والتيار الخارجة منه؟

تُعدُّ نسبة التحويل في المحول الكهربائي من الأمور الأساسية التي يعتمد عليها عمل هذا المحول، حيث تُحدَّد خلالها قيمة الفولتية والتيار الخارجة منه، وحسب حاجة النظام المطلوب.

اقرأ.. وتعلم

يحول المحول الكهربائي القدرة الكهربائية من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي بتردد ثابت، مع تغير في قيمة التيار والفولتية حسب طبيعة استعمال هذا المحول وتصميمه، وعليه، لا بد من دراسة معادلة المحول الكهربائي للحصول على قيمة كل من التيار والفولتية التي ستعمل عليها الملفات ليتم عمل المحول في حالته الطبيعية، وبكفاءة عالية دون التعرض للتلف.

العلاقة الحسابية بين عدد لفات الملفين الابتدائي والثانوي

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

حيث

V_1: فولت الملف الابتدائي.

V_2: فولت الملف الثانوي.

N_1: عدد لفات الملف الابتدائي.

N_2: عدد لفات الملف الثانوي.

فكّر

ما العلاقة بين عدد اللفات والفولتية؟ هل هي طردية أم عكسية؟

$$\frac{I_2}{I_1} = \frac{N_1}{N_2}$$

حيث

I_1 : تيار الملف الابتدائي.

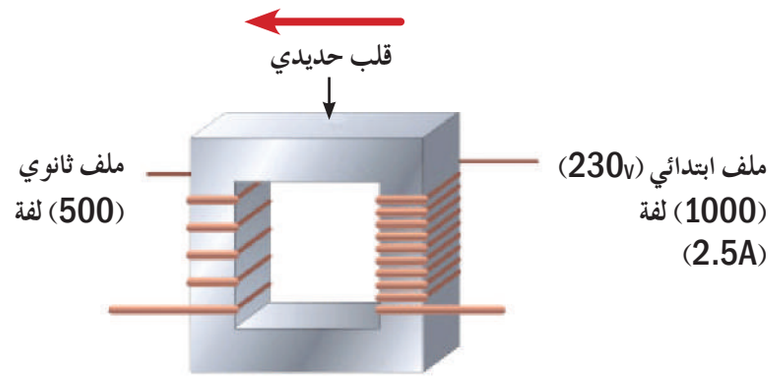
I_2 : تيار الملف الثانوي.

فكّر

ما العلاقة بين عدد اللفات والتيار؟ هل هي طردية أم عكسية ؟

فكّر

في الشكل (4-7)، محول كهربائي أحادي الطور يحمل البيانات الآتية:



الشكل (4-7): محول كهربائي أحادي الطور.

1 – ما قيمة الفولتية والتيار للملف الثانوي، حسب معادلة المحول الكهربائي؟

2 – أي الملفات أكبر مقاومة في هذا المحول، الابتدائي أم الثانوي؟ علل ذلك.

نسبة التحويل في المحول الكهربائي (K)

$$(K) = \frac{N_1}{N_2} = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

تعرف نسبة التحويل في المحول الكهربائي بأنها: النسبة بين عدد لفات الملف الابتدائي إلى عدد لفات الثانوي، أو النسبة بين فولتية الابتدائي إلى فولتية الثانوي، وعليه يُصنَّف المحول: هل هو رافع أم خافض للجهد.

في المثال السابق تكون نسبة التحويل

$$(K) = \frac{1000}{500} = \frac{2}{1}$$

أي أن المحول المذكور في المثال السابق، باستطاعته أن يخفض فولتية الملف الثانوي إلى نصف قيمة الملف الابتدائي، فهو يصنف في هذه الحالة بوصفه محولًا خافضًا للفولتية.

فكّر

1 – هل يمكن استعمال هذا المحول بوصفه محولًا رافعًا للفولتية؟

2 – ما وظيفة المحول الكهربائي الذي نسبة التحويل فيه تساوي $(\frac{1}{1})$؟

القدرة في المحول الكهربائي

فكِّر

هل هناك علاقة بين حجم المحول الكهربائي وقدرته؟

إن القدرة التي تُحوَّل عن طريق المحول الكهربائي، تعتمد على التيار والفولتية التي ستعمل عليه الملفات الابتدائي والثانوي، وتعلمت سابقًا أن التيار الكهربائي له علاقة مباشرة بمساحة مقطع الموصل، أما الجهد الكهربائي، فله علاقة بعدد اللفات.

لما كانت القدرة = (التيار × الجهد)، فإن زيادة القدرة ستؤدي إلى زيادة التيار، وعدد اللفات، وعليه، سيزداد حجم ملفات المحول الكهربائي، فيزداد حجم المحول نفسه إثر ذلك.

ويمكن حساب قدرة المحول الكهربائي بالمعادلة الآتية، مفترضًا أنه محول مثالي.

حيث:

$$S_1 = I_1 \times V_1$$

$$S_2 = I_2 \times V_2$$

S_1: القدرة الظاهرية للملف الابتدائي (القدرة الداخلة).

S_2: القدرة الظاهرية للملف الثانوي (القدرة الخارجة).

وعليه فإن:

القدرة الداخلة = القدرة الخارجة (مع إهمال الفقد في القدرة عند الحساب).

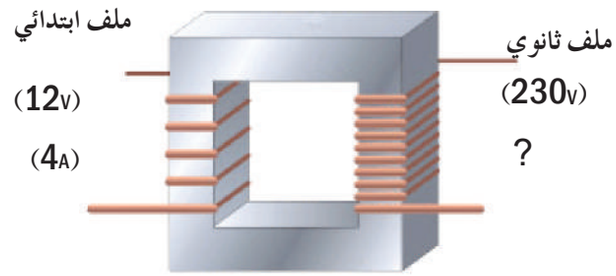
أي أن: $V_1 \times I_1 = V_2 \times I_2$

فكِّر

ما المقصود بالمحول الكهربائي المثالي؟

نشاط

انظر إلى الشكل (4-8) الذي يبين محولًا كهربائيًا مثاليًّا، ثم جد القدرتين الداخلة والخارجة.



الشكل (4-8): محول كهربائي.

فكِّر

اعتمادًا على فولتية الملف الابتدائي، هل هذا المحول رافع أم خافض للجهد؟

تذكَّر

تقاس قدرة المحولات الكهربائية بوحدة (KVA)، وتعدّ المفاقيد من الأمور المهمة في تحديد قدرة المحول، علمًا أن المفاقيد في المحول تتكون من نوعين، هما: المفاقيد النحاسية (Iron losses) Pcu والمفاقيد الحديدية (Iron losses) Pfe، إذ تعتمد المفاقيد النحاسية (I^2R) على مربع التيار، وتعتمد المفاقيد الحديدية على الجهد، وعليه، تعتمد المفاقيد الكلية للمحول على الجهد ومربع التيار، لما كانت الأحمال الموصلة على الجانب الثانوي للمحول متغيرة، فإن معامل القدرة سيتغير، فلو قيسَت قدرة المحول (KW)، فسوف تتغير قدرة المحول مع تغير معامل القدرة للأحمال الموصلة عليه، ولن تكون قدرته ثابتة، لذلك تقاس قدرته بوحدة (KVA) التي تعتمد على معامل القدرة.

المفاقيد في المحول الكهربائي (P Loss)

تتمثل المفاقيد داخل المحول الكهربائي في الآتي:

1 - **المفاقيد الناتجة من التخلفية المغناطيسية والتيارات الدوامية، ومنها:**

أ – **المفاقيد الحديدية:** تحدث عند سَريان التيار الكهربائي في الملفات، الذي ينشأ منه مجال مغناطيسي يسبب تمغنط القلب الحديدي.

ب– **المفاقيد التيارات الإعصارية:** التي تحدث نتيجة تكون مجالات مغناطيسية في القلب الحديدي.

مثال

محول كهربائي قدرته الظاهرية (100KVA)، يعمل بفولتية (5000V/250V)، إذا كانت المفاقيد النحاسية عند الحمل الكامل (1800W)، المفاقيد الحديدية (1200W)، فجد كفاءة المحول عند الحمل الكامل بمعامل قدرة مقداره (0.85) متأخرًا.

$$P_{OUT} = S.\cos\emptyset = 100x0.85 = 85\ KW \longrightarrow \eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{85}{85+1.8+1.2} \times 100\% = 96.59\ \%$$

كفاءة المحول (η)

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

تُعرَّف كفاءة المحول بأنها النسبة بين القدرة الكهربائية المستنفدة في الملف الثانوي والقدرة الكهربائية المستنفدة في الملف الابتدائي، أي أنها النسبة بين القدرة الخارجة من المحول إلى القدرة الداخلة المحول.

$$\text{كفاءة المحول} = \left(\frac{\text{قدرة الملف الثانوي}}{\text{قدرة الملف الابتدائي}}\right) = \frac{\text{القدرة الخارجية}}{\text{القدرة الداخلية}} \times 100\%$$

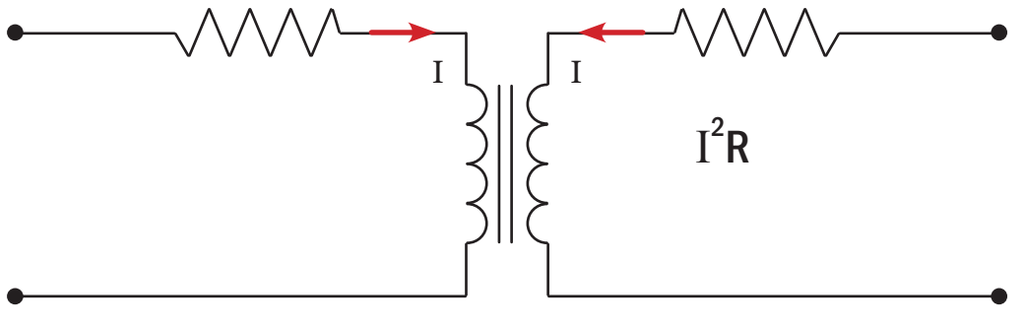
علمًا أن: القدرة الخارجة من المحول = (القدرة الداخلة – المفاقيد في المحول الكهربائي)

فعند تأثر القلب الحديدي بالمجالات المغناطيسية للمحول، فإن هذا يسبب تولُّد تيارات صغيرة تنساب داخل القلب، وتسمى التيارات الدوامية (**Eddy Current**)، وهي تيارات كهربائية تتولد بالتأثير في القلب الحديدي، التي تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة قلب المحول. ولتلافي هذه المفاقيد يصنع القلب الحديدي على هيئة شرائح معزولة عن بعضها كهربائيًا. ما يؤدي إلى رفع مقاومة دارة الحديد لسريان التيارات الدوامية.

جـ- **المفاقيد المتسربة**: وهي المفاقيد التي تحدث نتيجة تسرب جزء من الفيض المغناطيسي خارج المحول، الذي قد يؤثر في الأجزاء الحديدية الخارجية للمحول، فينشأ فيها تيارات غير مرغوب فيها ويتسبب في سخونتها.

2 – **المفاقيد الكهربائية الناتجة من سريان التيار في مقاومة ملفات المحول**

تظهر هذه المفاقيد نتيجة سريان التيار الكهربائي خلال أسلاك الملفات للمحول، وذلك لوجود مقاومة مادية لأسلاك ملفات المحول، إذ يتناسب هذا الفقد طرديًا مع مربع شدة التيار، كما في الشكل (4-9).



الشكل (4-9): المفاقيد الكهربائية.

معلومة

تستعمل أحيانًا مواد من الفرايت للقلب المغناطيسي بديلًا عن القلب الحديدي، وذلك في المحولات عالية التردد. لأنها مواد لها خواص تشبه الحديد ولكنها ذات مقاومة عالية، إذ تصبح المفاقيد صغيرة جدًّا، لأن مقدار التيارات الدوامية فيها قليلة.

تذكَّر

عند فتح دارة الملف الثانوي، فإن تيار الملف الابتدائي يكاد يختفي، حيث إن الحث الذاتي للملف الابتدائي يعمل على توليد تيار تأثيري عكسي يكاد يكون مساويًا ومعاكسًا للتيار الأصلي؛ فيختفي التيار في الابتدائي ولا تُستهلك الطاقة.

يمكن تقليل المفاقيد في المحول الكهربائي بالطرائق الآتية:

1 - جزء من الطاقة الكهربائية يتحول إلى طاقة حرارية؛ بسبب مقاومة الأسلاك.

(للحد من الفقد بسبب المقاومة، تصنع الملفات من النحاس الذي له مقاومة نوعية منخفضة).

2 - جزء يُفقد بسبب التيارات الدوامية المتولدة في القلب الحديدي.

(يصنع القلب الحديدي من شرائح رقيقة من الحديد المطاوع السليكوني معزولة عن بعضها؛ للحد من التيارات الدوامية).

3 - تسرب جزء من خطوط الفيض خارج القلب الحديدي، فلا يقطع الملف الثانوي.

(يوضع الملف الابتدائي داخل الملف الثانوي ويعزل عنه).

4 - جزء يفقد في صورة طاقة ميكانيكية، تستنفد في تحريك الجزيئات المغناطيسية للقلب الحديدي.

(للحد من الفقد، يصنع القلب من الحديد المطاوع؛ لسهولة حركة جزيئاته المغناطيسية)

قارن بين المفاقيد في المحول الكهربائي عن طريق عرض تقديمي (Power Point) ثم اعرضه على زملائك.

التمارين العملية

التمرين (4-3)

التحقق من نسبة تحويل المحول الكهربائي باستعمال نموذج تدريبي لمحول كهربائي.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تتحقق من نسبة تحويل المحول الكهربائي باستعمال نموذج تدريبي لمحول كهربائي.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
- جهاز آفوميتر. - مصدر فولتية متناوبة متغير القيمة (0 -30v). - قلب حديدي. - ملف يحتوي (200) لفة. - ملف يحتوي (100) لفة. - ملف يحتوي (50) لفة.	– أسلاك كهربائية.

خطوات الأداء

1 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل العمل.

2 - اجمع أجزاء المحول بوضع ملف (200) لفة للابتدائي و(100) لفة للثانوي، كما في الشكل (1).

3 - وصّل أطراف الملف الابتدائي بمصدر متناوب ذي قيمة متغيرة (0-30V).

4 - اضبط مفتاح الاختيار على صفر فولت، ثم صل المصدر بالتيار الكهربائي.

5 - شغّل جهاز الآفوميتر، ثم ثبّت مفتاح الاختيار على تدريج أعلى من (30V).

6 - قِس الفولتية على الملف الابتدائي ومن ثَمَّ، على الملف اثانوي برفع الفولتية تدريجيًّا مع تدوين القراءات على ثلاث مراحل (**15V – 10V – 5V**)، كما في الشكل (2).

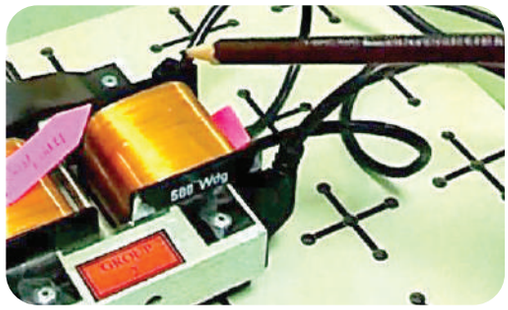
7 - قارن بين فولتية كل من الملف الابتدائي والثانوي.

8 - دوّن الملاحظات في دفتر التمارين العملية.

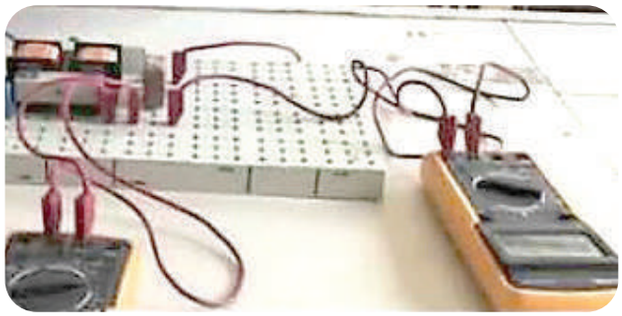
9 - أعد التجربة بحيث يكون الملف ذو (**100**) لفة هو الملف الابتدائي ويوصل بالمصدر، والملف ذو (**200**) لفة هو الملف الثانوي، ثم نفذ التجربة مرة أخرى، ودوّن ملاحظاتك، ماذا تلاحظ؟

10 - اجمع أجزاء المحول مرة أخرى بوضع ملف (**200**) لفة للابتدائي و(**50**) لفة للثانوي، ثم نفّذ خطوات التجربة السابقة، ودوّن ملاحظاتك.

الرسم التوضيحي



الشكل (1).

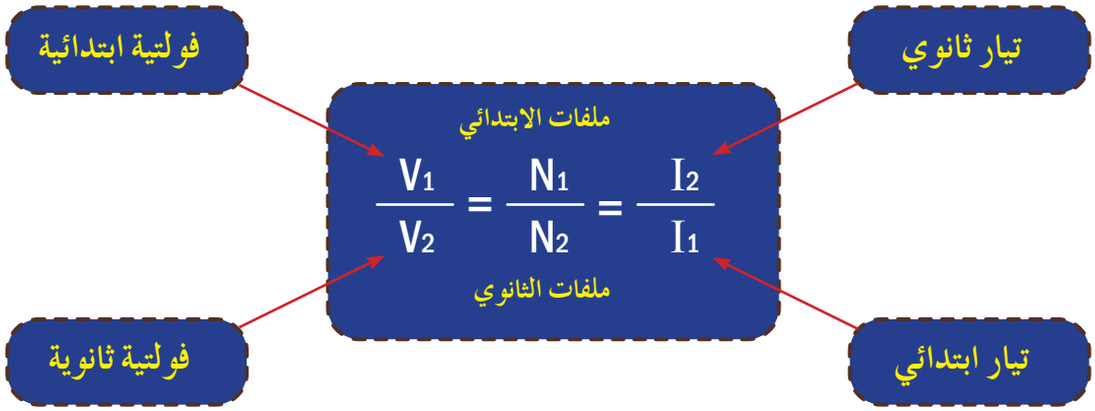


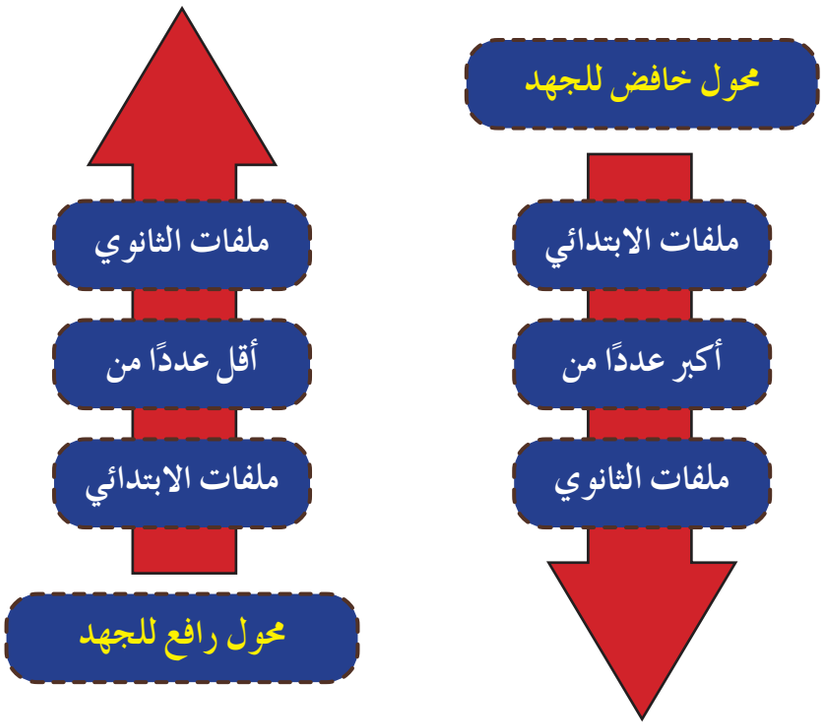
الشكل (2).

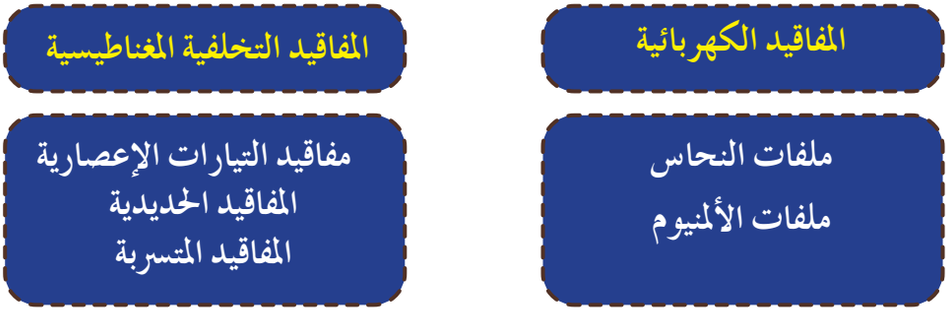
فكّر

ما نسبة التحويل في كل من الحالات الثلاث؟

ماذا يسمى المحول في كل حالة من الحالات الثلاث؟


فولتية ابتدائية
تيار ثانوي
ملفات الابتدائي
$\frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2} = \frac{I_2}{I_1}$
ملفات الثانوي
فولتية ثانوية
تيار ابتدائي


محول خافض للجهد
ملفات الابتدائي
أكبر عددًا من
ملفات الثانوي
ملفات الثانوي
أقل عددًا من
ملفات الابتدائي
محول رافع للجهد


المفاقيد الكهربائية
ملفات النحاس
ملفات الألمنيوم
المفاقيد التخلفية المغناطيسية
مفاقيد التيارات الإعصارية
المفاقيد الحديدية
المفاقيد المتسربة

رابعًا: بيانات اللوحة الاسمية للمحول

النتاجات

يتوقع منك في نهاية الدرس أن:

- تتعرف بيانات اللوحة الاسمية للمحول وخصائصها.

انظر..
وتساءل

كيف يُمَيَّزُ المسمى الوظيفي لكل فرد من أفراد المنشأة الصناعية؟

تُحدَّد عناصر رئيسة لكل مسمًّى وظيفي؛ لتمييز الواجبات التي يؤديها فرد في المنشأة الصناعية، حيث تحتوي هذه الواجبات المهام الرئيسة لكلّ فرد داخل المنشأة.

استكشف

- ما أهمية وجود اللوحة الاسمية على الآلة الكهربائية؟

تُعدّ اللوحة الاسمية من العناصر الأساسية التي تعتمد عليها الآلة الصناعية، حيث تُحدَّد المهام وطريقة العمل التي ستعمل بها هذه الآلة.

اقرأ.. وتعلم

تعلمت سابقًا أن بعض الآلات الكهربائية تحتوي لوحة بيانات تبين المعلومات والخصائص الأساسية التي تعمل بها هذه الآلة، وهذا ما يسمى اللوحة الاسمية.

وتحتوي اللوحة الاسمية في المحولات عدة بيانات، بعضها يتشابه في الاسم بين المحولات أحادية الطور وثلاثية الأطوار، نذكر منها ما يأتي:

1 – القدرة الفعّالة للمحول بوحدة (فولت أمبير) (**KVA**).

2 – فولتية الملف الابتدائي (**HV**) (**volts at no load**).

3 – فولتية الملف الثانوي (**LV**) (**volts at no load**).

4 – التردد الذي يعمل عليه المحول (**Frequency**).

5 – تيار الملف الابتدائي (**HV**) (**AMPERES**).

6 – تيار الملف الثانوي (**LV**) (**AMPERES**).

7 – درجة حرارة الجو المحيط المناسبة لتشغيل المحول (**Temp**).

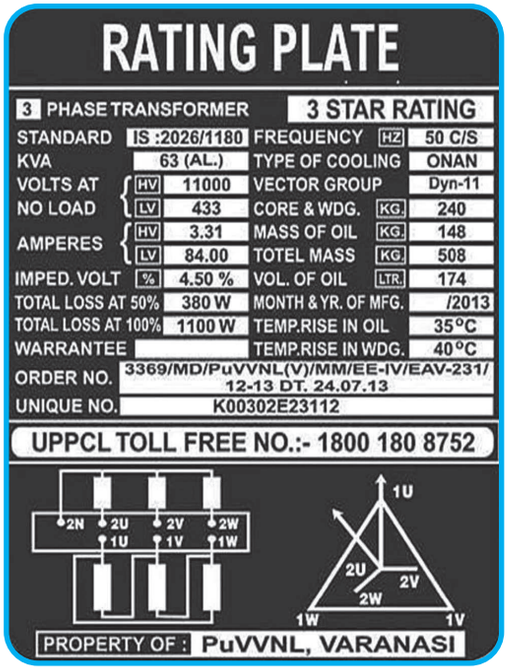
وتحتوي اللوحة الاسمية لمحولات **القدرة ثلاثية الأطوار** أيضًا المعلومات ذاتها، إضافة إلى بيانات أخرى، أهمها:

1 – طريقة تبريد المحول (**Type of cooling**) (**Oil Natural Air Natural: ONAN**).

2 – طريقة توصيل كل من الملف الابتدائي والثانوي حسب نظام ثلاثي الأطوار.

3 – أوضاع مفتاح مبدل الفولتية (**Tap Changer**) والقيم الخاصة بكل وضع من أوضاعه.

والشكل (4 – 10)، يبين إحدى اللوحات الاسمية لمحول ثلاثي الأطوار:



الشكل (4 –10): لوحة اسمية لمحول ثلاثي الأطوار.

تذكَّر

في حالة المحول أحادي الطور، تكون القدرة الظاهرية $S=IV$

في حالة المحول ثلاثي الأطوار، تكون القدرة الظاهرية $S = \sqrt{3}\ I_L\ V_L$

وتقاس بوحدة (**VA**)

فكِّر

محول قدرته (**1kVA**)، إذا كان معامل القدرة للحمل الذي سَيُشَغَّل على هذا المحول = **0.8**، فجد القدرة الفاعلة التي يتحملها هذا المحول بالكيلو وات.

تذكَّر

إن الأحمال الموصولة على الجانب الثانوي للمحول متغيرة، ويتغير نتيجة ذلك معامل القدرة لها، وإذا قيسَت قدرة المحول بوحدة (**KW**)، فسوف تتغير قدرة المحول مع تغير معامل القدرة للأحمال الموصولة عليه، ولن تكون قدرته ثابتة، لذلك تقاس قدرته بوحدة (**KVA**) التي لا تعتمد على معامل القدرة.

تأريض القلب الحديدي: الأجزاء المعدنية جميعها في المحول، سواء الداخلية أو الخارجية، يجب تأريضها مضمونًا. عند دخول المحول في الخدمة، يقع القلب الحديدي وغيره من الأجزاء المعدنية في مجال كهربائي شديد ينشأ بين الملفات، فتتأثر هذه الأجزاء المعدنية الواقعة في هذا المجال، ولكي نتجنب الظاهرة غير المرغوب فيها، يجب تأريض القلب وخزان التبريد في محولات النقل والتوزيع، وأدوات التثبيت وكل ما هو معدني في محولات القدرة، وإلا، فيمكن أن تتولد قوة دافعة كهربائية كبيرة بين هذه العناصر الواقعة في مجال الملفات، وهذه القوة الدافعة يمكن أن تفوق قدرة العزل الموجودة بين الصفائح المعدنية مثلًا، حيث إنها أضعف في درجات العزل لقلة سماكتها، ما يسبب تفريغ الشحنة الكهربائية داخل الخزان.

التمارين العملية

التمرين (4-4)

التحقق من بيانات اللوحة الاسمية للمحول الكهربائي بالحساب، وباستعمال جهاز الآفو ميتر

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تتحقق من بيانات اللوحة الاسمية للمحول الكهربائي بالحساب، وباستعمال جهاز الآفو ميتر.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– محول كهربائي أحادي الطور مدون عليه البيانات الآتية: • قدرة المحول = 100VA . • فولتية الملف الابتدائي = 230V . • فولتية الملف الثانوي= 127V . • تيار الملف الابتدائي= 0.5A . • تيار الملف الثانوي= 1A . – جهاز فحص آفوميتر. – مصدر كهرباء متناوب أحادي الطور (230V).	– أسلاك، صندوق عُدَة

خطوات الأداء

1 – تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل العمل.

2 – تأكد من المعلومات المدونة على اللوحة الاسمية للمحول الكهربائي، كما في الشكل (1).

الرسوم التوضيحية

الشكل (1).

خطوات الأداء

3 – صل أطراف الملف الابتدائي بمصدر تيار متناوب أحادي الطور (230V).

4 – شغّل جهاز الآفوميتر، وثبت ا لمفتاح على تدريج أعلى من (230V).

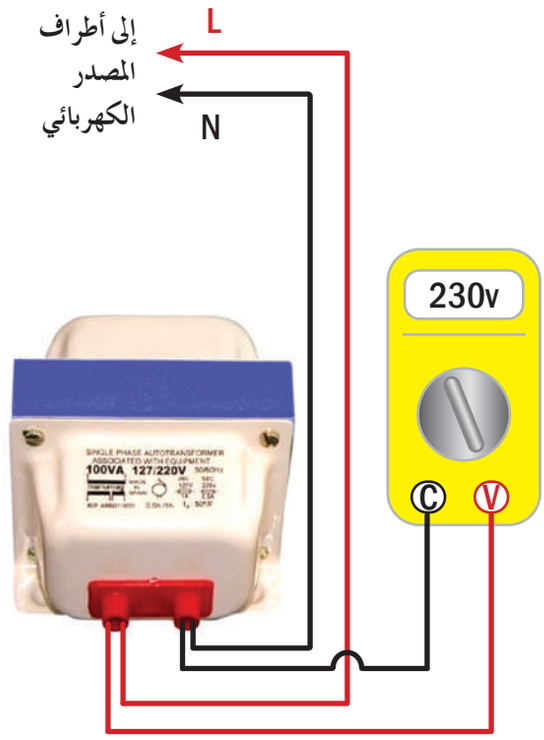
5 – ابدأ بقياس الفولتية على الملف الابتدائي، ثم على الملف الثانوي، كما في الشكل (2).

6 – قارن بين فولتية كل من الملف الابتدائي والثانوي والبيانات المدونة على المحول.

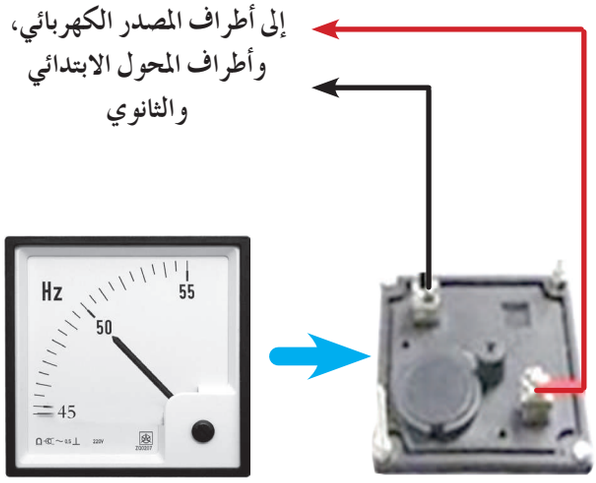
7 – استعمل جهاز قياس التردد لقياس تردد الملفين الابتدائي والثانوي، كما في الشكل (3).

8 – دوّن الملاحظات في دفتر التمارين العملية.

الرسوم التوضيحية



الشكل (2).



الشكل (3).

فكّر

1 - إذا حمّل المحول بمحرك معامل قدرته (**0.8**)، فكم القدرة الفاعلة التي يتحملها هذا المحول (بالكيلووات)؟

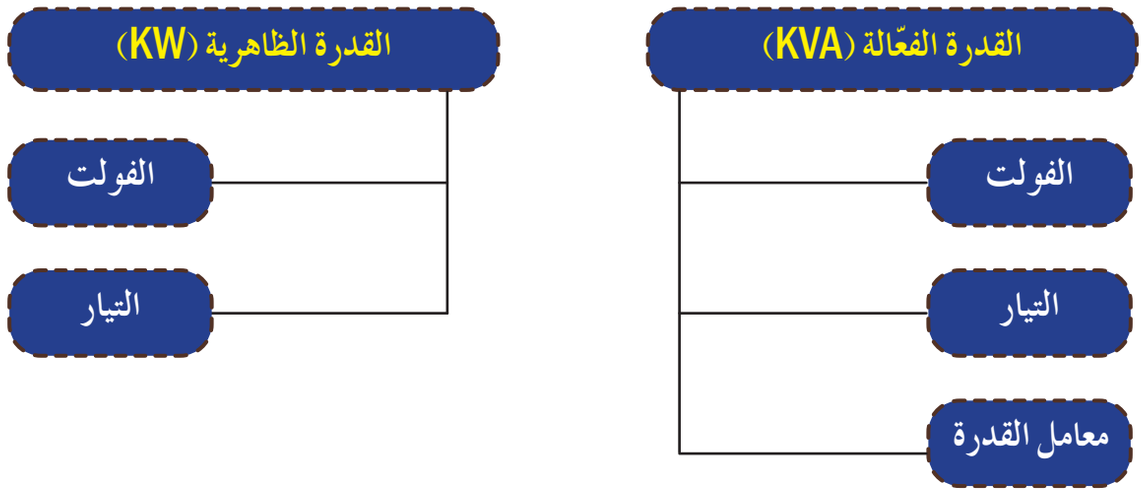
2 - ما نسبة التحويل في هذا المحول؟

3 - ما ذا يسمى المحول في هذه الحالة؟

تذكّر

إن عدد اللفات ليس العنصر الوحيد المتحكم في قيمة الجهد المتولد بالحث في الجانب الثانوي، فهناك درجة الترابط المغناطيسي بين الملفين أيضًا، إذ ترتفع قيمة الجهد المتولد في الثانوي كلما كان الارتباط بين الملفين أكبر، ويمكن تحقيق ذلك بزيادة تقارب الملفين بدرجة أكبر من بعضهما، وبوضع قلب حديدي ذي مواصفات جيدة بين الملفين.

الخرائط المفاهيمية



خامسًا: أنواع المحولات الكهربائية.

النتاجات

يتوقع منك في نهاية الدرس أن:

- تتعرف أنواع المحولات الكهربائية.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

هل اختلاف أنواع السيارات المستعملة مهّم في الحياة العملية؟

تختلف السيارات المستعملة في الحياة العملية من حيث: الحجم، وطريقة العمل، والتشغيل، لكي تتناسب مع حاجات المستخدمين على اختلاف مهامهم وواجباتهم.

استكشف

- لماذا تصنّع المحولات الكهربائية بأنواع مختلفة؟

تصنّع المحولات الكهربائية بأنواع مختلفة؛ لتلبية حاجة الآلات الصناعية، متناسبة مع طبيعة الاستعمال وقيمة الفولتية التي تعمل بها هذه الآلات.

اقرأ.. وتعلم

أنواع المحولات الكهربائية

تختلف المحولات في أنواعها وخصائصها، وتُصنَّف بحسب معايير خاصة، على النحو الآتي:

1 – **بحسب طريقة التبريد:**

أ – التبريد بالهواء العادي.

ب– التبريد بالزيت.

جـ– التبريد بالماء ويكون هذا التبريد للأجزاء الخارجية فقط.

د – التبريد بمواد خاصة مثل السيليكون السائل وغيره.

هـ– التبريد الطبيعي.

2 – **بحسب نسبة التحويل:**

أ – المحول الرافع للجهد.

ب– المحول الخافض للجهد.

تذكَّر

- هناك محولات نسبة التحويل فيها = (**1/1**)، وتستعمل محولات عزل؛ تجنبًا لتداخل الإشارات الترددية والتشويش في بعض الأجهزة الخاصة.

فكِّر

شخص أحضر معه جهازًا كهربائيًّا من المملكة العربية السعودية، يعمل هذا الجهاز على فولتية مقدارها (**110V AC**). ما نوع المحول الذي يمكن استعماله لتشغيل هذا الجهاز استعمالًا صحيحًا؟

منهاجي
متعة التعليم الهادف

3 – **بحسب تردد التشغيل:**

أ – محول ذو تردد منخفض مثل محولات القوى والتوزيع.

ب– محول تردد عالٍ: تستخدم محولات التردد العالي في أجهزة الاتصالات وأجهزة التحكم ومصادر التغذية الإلكترونية، وتمتاز بصغر حجمها، لأن قلوبها تصنع من مواد أخف كثافة من الحديد، وبأنها ذات نفاذية مغناطيسية عالية.

4 – **من حيث نوع القلب:**

أ – محولات كهربائية ذات قلب حديدي.

ب– محولات كهربائية ذات قلب هوائي.

جـ– محولات كهربائية ذات قلب من مادة الفرايت، وهي أخف كثافة من الحديد.

5 – **من حيث عدد الأطوار:**

أ – محولات أحادية الطور.

ب– محولات ثلاثية الأطوار.

6 – **من حيث طبيعة الاستعمال:**

أ – محولات القدرة (محولات القوى والتوزيع)، وهي محولات تستخدم في شبكات النقل والتوزيع الكهربائية.

ب– محولات أجهزة القياس والحماية، وهي نوعان: (محولات الجهد، ومحولات التيار).

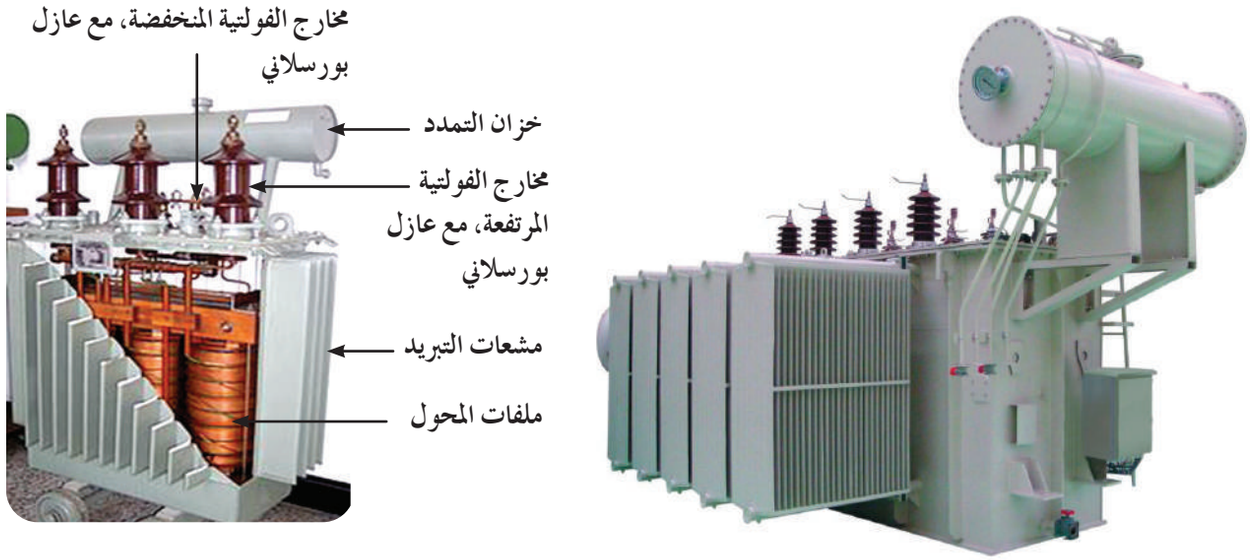
جـ– المحولات الخاصة، تستخدم في مجالات خاصة كما في آلات اللحام الكهربائية وأنظمة الاتصالات، ومحولات الأجهزة الصوتية وغيرها.

د – محولات القدرات الصغيرة التي تستخدم بكثرة في الآلات الصناعية والأجهزة المنزلية.

ستدرس في هذا الفصل بعض أنواع المحولات المهمة مفصلة، منها:

1 – محولات القدرة (Power Transformers)

تستخدم هذه المحولات في شبكات النقل والتوزيع الكهربائية، وتستخدم في هذا النوع المحولات ثلاثية الأطوار، كما في الشكل (4-11)، الذي يوضح أحد أنواع هذه المحولات.

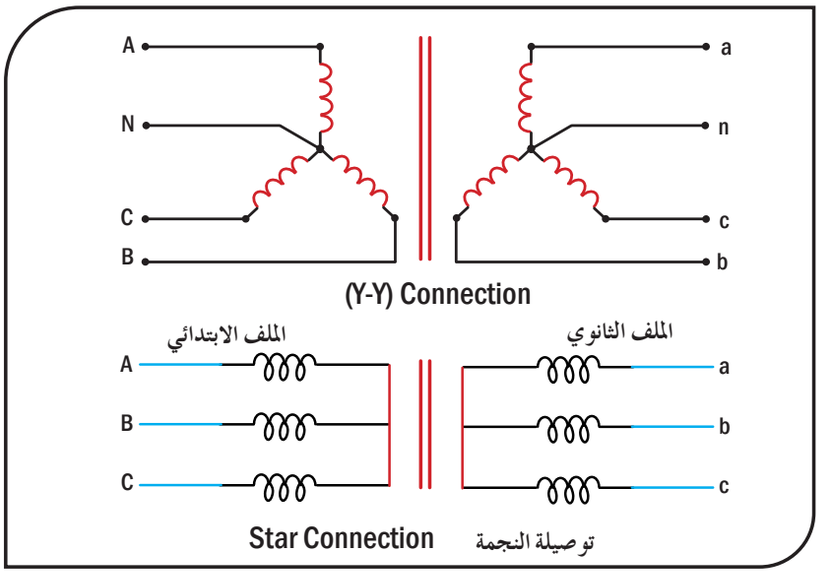


الشكل (4 – 11): محول قدرة ثلاثي الأطوار.

تحتوي هذه المحولا ت ملفات ابتدائية وملفات ثانوية، تسمى أطراف الملفات الابتدائية المرتبطة بالجهد المرتفع (HV) (A.B.C)، تسمى أطراف الملفات الثانوية المرتبطة بالفولتية المنخفضة (LV) (a.b.c).

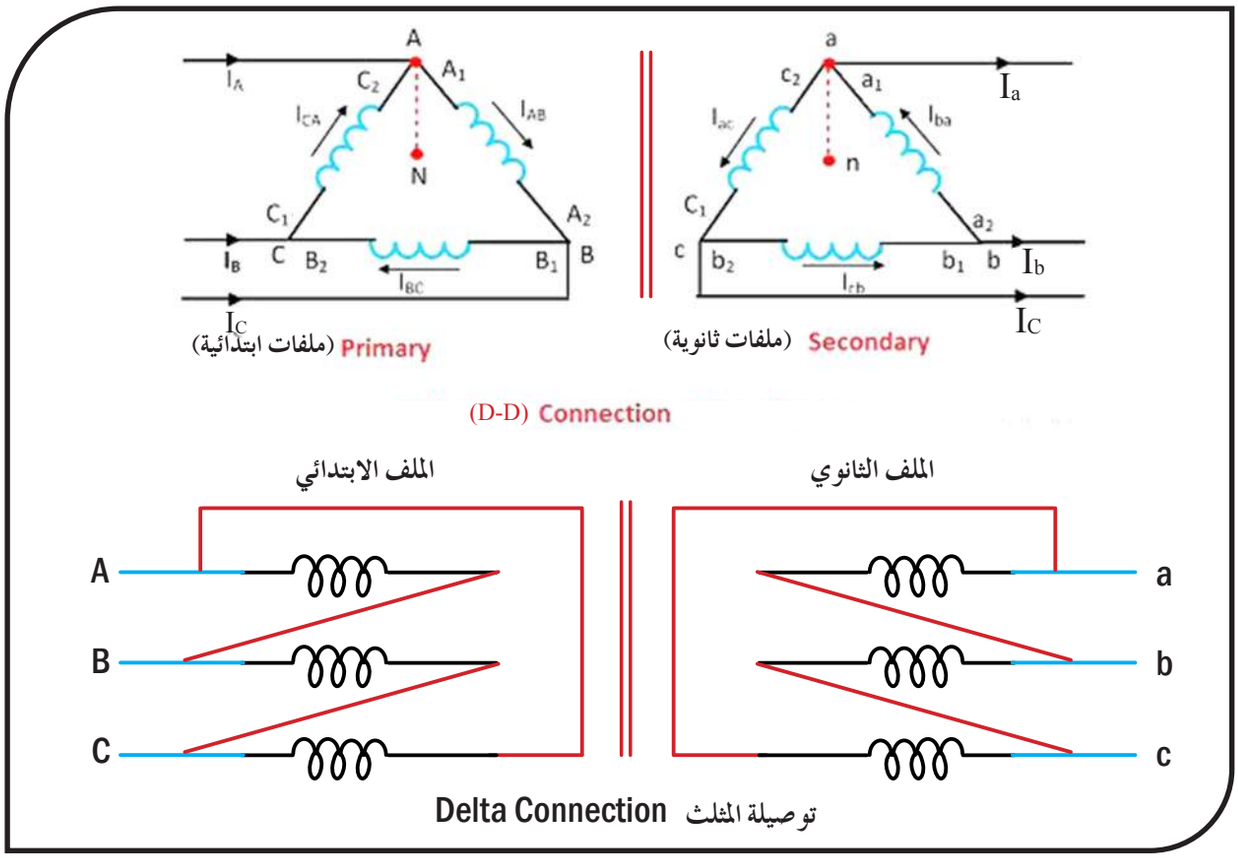
في ما يأتي أهم التوصيلات التي وُصِلَت بملفات هذه المحولات المستخدمة في شبكات النقل والتوزيع:

أ – **طريقة التوصيل (نجمة–نجمة) (Y – Y)**: يستخدم هذا النوع من التوصيل غالبًا في محولات التوزيع ذات القدرات الصغيرة، ويمكن الاستفادة في هذه الحالة بنقطتي النجمة لاستعمالها في حالة الحاجة إلى الخط المحايد عند استعمال مصدر لتغذية أحمال أحادية الطور، كما في الشكل (4-12).



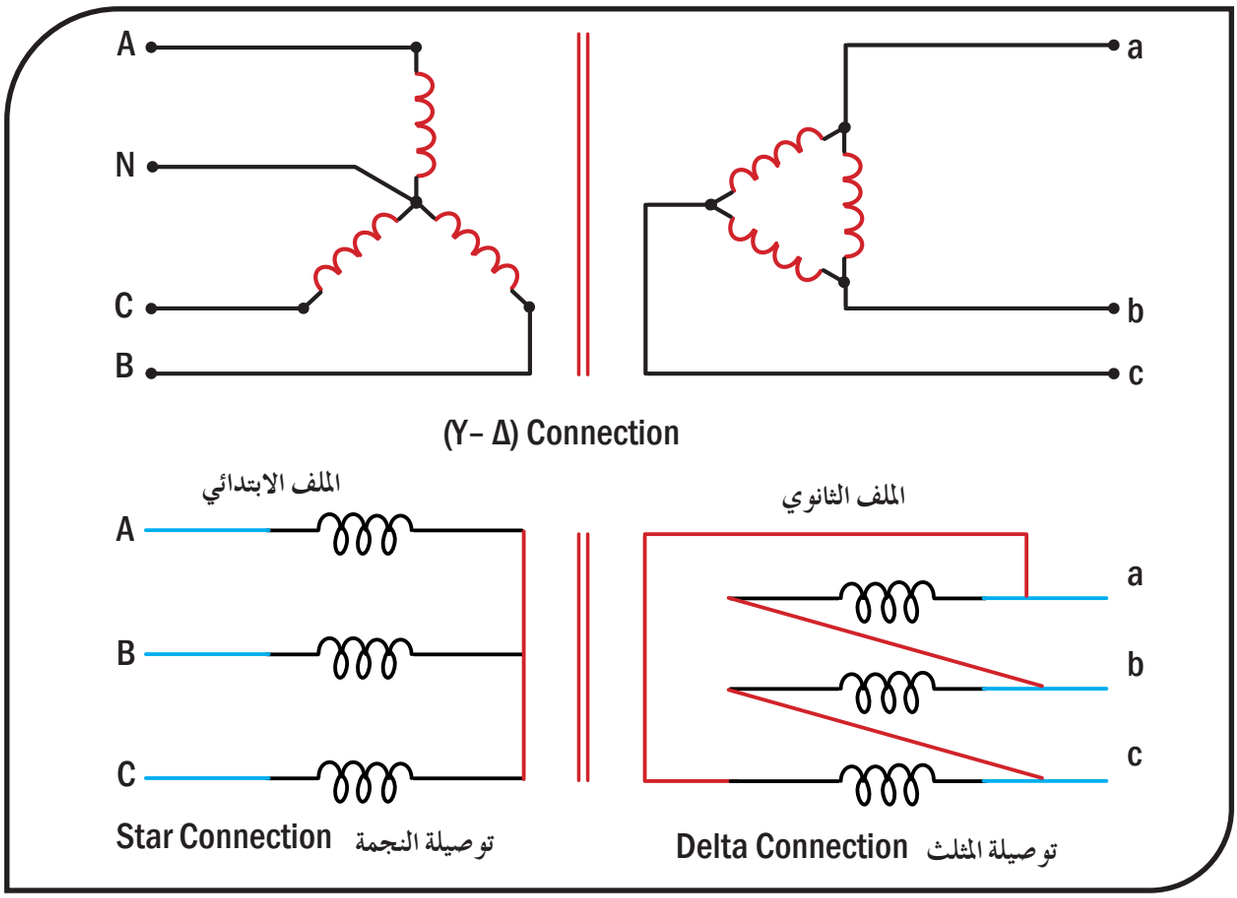
الشكل (4-12): طريقة التوصيل نجمة – نجمة.

ب- **طريقة التوصيل (مثلث – مثلث) (Δ–Δ)**: يصنف هذا النوع من المحولات الأكثر استعمالًا في شبكات النقل. وتكون فولتية الطور هي فولتية الخط نفسها، كما مر بك في الدروس السابقة. إذ يحتوي ثلاثة نواقل فقط للملف الابتدائي وثلاثة نواقل للثانوي، كما في الشكل (4-13).



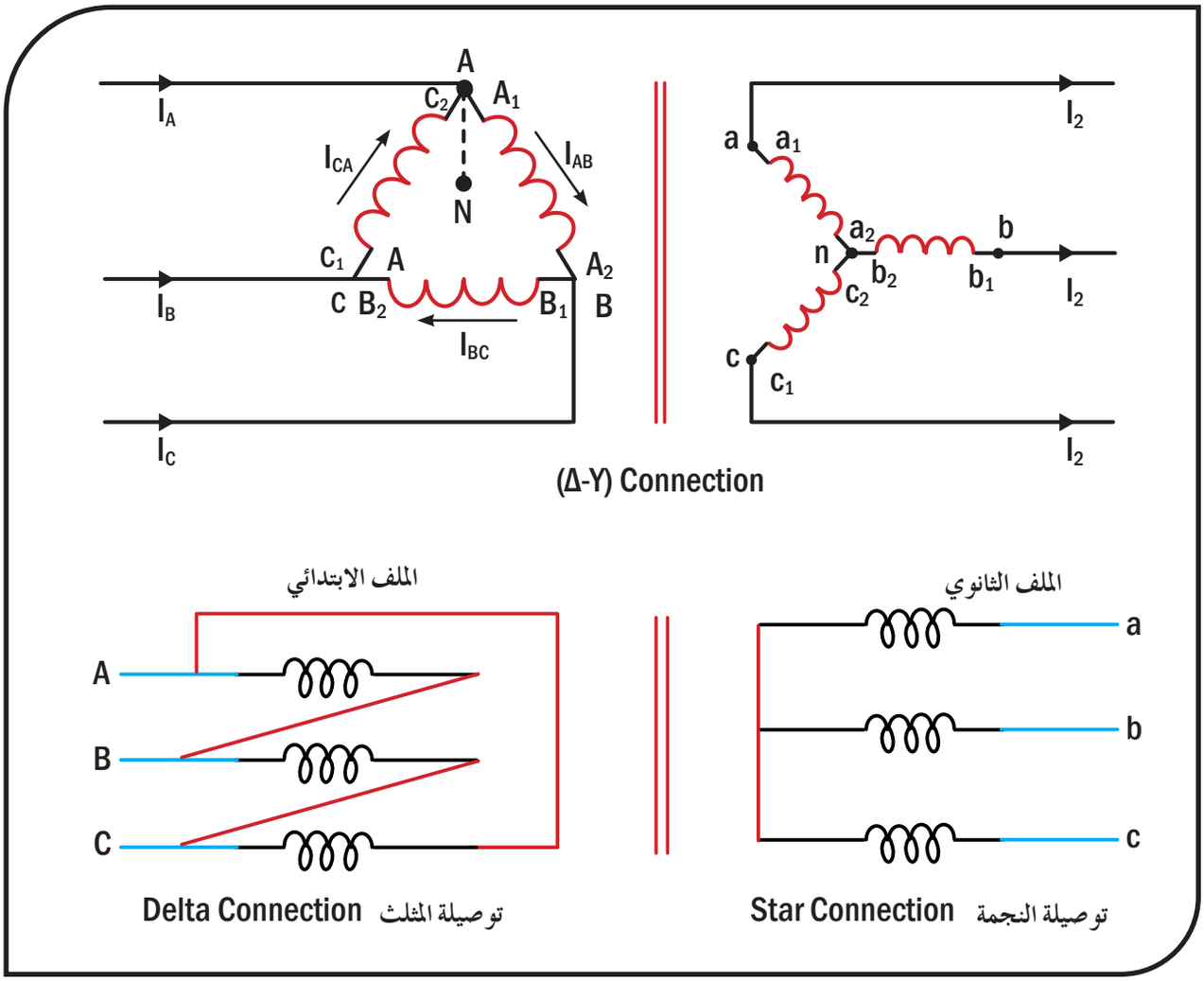
الشكل (4-13): طريقة التوصيل (مثلث – مثلث) (Δ – Δ).

جـ- طريقة التوصيل (نجمة – مثلث) (Y - Δ): يستخدم هذا النوع من التوصيل غالبًا في محولات القدرة، حيث توصل توصيلة النجمة لملفات الفولتية العالية، والمثلث لملفات الفولتية المنخفضة، إذ يعدّ هذا النوع أكثر استقرارًا للأحمال غير المتزنة، ويبين الشكل (14-4) هذا النوع من المحولات.



الشكل (14-4): طريقة التوصيل نجمة – مثلث (Y - Δ).

د – طريقة التوصيل (مثلث –نجمة) (Δ – Y): يستخدم هذا النوع من التوصيل غالبًا في محطات التوزيع الكهربائية، وتوصل أطراف الملف الابتدائي بالفولتية المرتفعة لشبكة التوزيع ثلاثية الأطوار، وأطراف الملف الثانوي بالفولتية المنخفضة ضمن نظام ثلاثي الأطوار رباعي الأسلاك، ويبين الشكل (4-15)، هذا النوع من المحولات.



الشكل (4-15): طريقة التوصيل (مثلث – نجمة).

تذكَّر

- اختبار نسبة التحويل في المحول الكهربائي، يطلق عليه (TTR) (Transformer Turn Ratio) وذلك عبر تطبيق جهد كهربائي ضعيف على أحد أقطاب المحول؛ لاكتشاف القصر الكهربائي، أو تلف إحدى لفات المحول مقارنة بالأخرى، مراعيًا حدوث عزل المحول عن الشبكة الكهربائية.

مثال: حساب معامل التحويل:

الجهد على الملف الابتدائي هو (4368) فولت.

الجهد على الملف الثانوي هو (2400) فولت.

- يمكن حساب معامل التحويل، بقسمة فولتية الملف الابتدائي على فولتية الملف الثانوي.

ولحساب معامل التحويل في هذا المحول، نطبق القانون كما يأتي: $\frac{4368}{2400} = 1.820$

مثال

مثال

محول ثلاثي الأطوار موصل (نجمة –نجمة) يحمل المعلومات الآتية:

فولتية الخط للملف الابتدائي (400V)

تيار الخط للملف الابتدائي (10 A)

معامل التحويل = 1.73

جد الآتي:

1 - فولتية الطور للملف الابتدائي.

2 - تيار الطور للملف الابتدائي.

3 - فولتية الطور للملف الثانوي.

4 - فولتية الخط للملف الثانوي.

5 - تيار الطور للملف الثانوي.

6 - تيار الخط للملف الثانوي.

الحل

توصيلة (نجمة–نجمة)

– جهة الملف الابتدائي:

فولتية الخط = **400V**

1 - فولتية الطور =

$$V_{ph1} = \frac{VL}{\sqrt{3}} \longrightarrow V_{ph1} = \frac{400}{\sqrt{3}} = 230.9V$$

2 - تيار الطور للملف الابتدائي = تيار الخط للملف نفسه؛ لأن التوصيل نجمة = **10A**

– جهة الملف الثانوي:

3 - فولتية الطور للملف الثانوي = V_{PH2}

معامل التحويل (نسبة التحويل) = (ƙ)

$$ƙ = \frac{V_{ph1}}{V_{ph2}}$$

$$V_{ph2} = \frac{V_{ph1}}{ƙ} = \frac{230.9}{1.73} \cong 133.49V$$

4 - فولتية الخط للملف الثانوي

$$V_{L2} = \sqrt{3} \times V_{ph2} \longrightarrow V_{L2} = \sqrt{3} \times 133.49 = 230V$$

5 - تيار الطور للملف الثانوي =

$$I_{ph2} = ƙ \times I_{ph1} \longrightarrow 1.73 \times 10 = 17.3\ A$$

6 - تيار الخط للملف الثانوي = تيار الطور للملف نفسه؛ لأن توصيل النجمة= (**17.3A**)

مثال

محول ثلاثي الأطوار موصل (ملفه الابتدائي مثلث، والثانوي نجمة) يحمل المعلومات الآتية:

فولتية الخط للملف الابتدائي (230 V)

تيار الخط للملف الابتدائي (52 A)

معامل التحويل = 1.81

جد ما يأتي:

1 - فولتية الطور للملف الابتدائي.

2 - تيار الطور للملف الابتدائي.

3 - فولتية الطور للملف الثانوي.

4 - فولتية الخط للملف الثانوي.

5 - تيار الطور للملف الثانوي.

6 - تيار الخط للملف الثانوي.

الحل

– **الملف الابتدائي توصيل مثلث:**

1 – فولتية الخط = فولتية الطور؛ لأن التوصيل مثلث = (230V)

تيار الخط = (52A)

2 – تيار الطور حالة توصيل المثلث=

$$I_{ph1} = \frac{I_{L1}}{\sqrt{3}} \longrightarrow I_{ph1} = \frac{52}{\sqrt{3}} = 30A$$

– **جهة الملف الثانوي توصيل نجمي:**

3 – فولتية الطور (V_{ph2}) = يمكن إيجاد فولتية الطور للملف الثانوي باستعمال معامل التحويل.

- معامل التحويل (نسبة التحويل)

$$K = \frac{V_{ph1}}{V_{ph2}} \longrightarrow V_{ph2} = \frac{V_{ph1}}{K} = \frac{230}{1.81} = 127V$$

4 – فولتية الخط للملف الثانوي =

$$V_{L2} = \sqrt{3} \times V_{ph2} \longrightarrow V_{L2} = \sqrt{3} \times 127 = 220V$$

5 – تيار الطور للملف الثانوي =

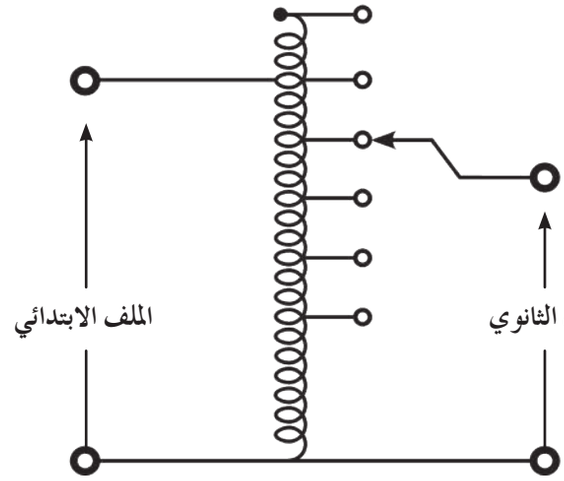
$$I_{ph\,2} = K \times I_{ph1} = 1.81 \times 30 = 54.3\ A$$

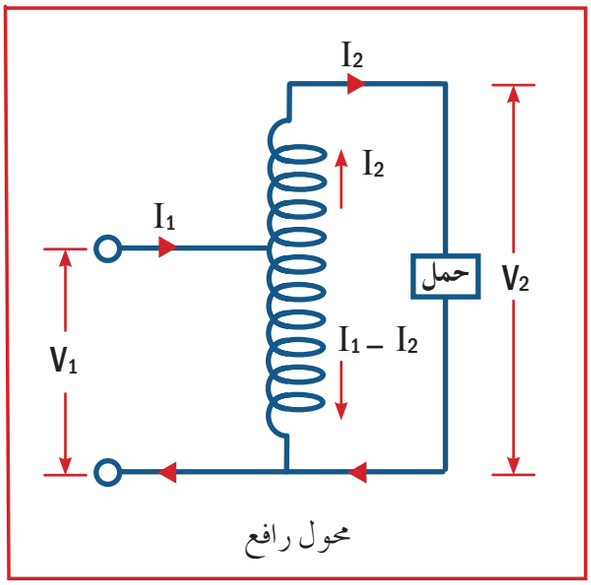
6 – تيار الخط للملف الثانوي = تيار الطور للملف نفسه؛ لأن التوصيل نجمة = **54.3A**

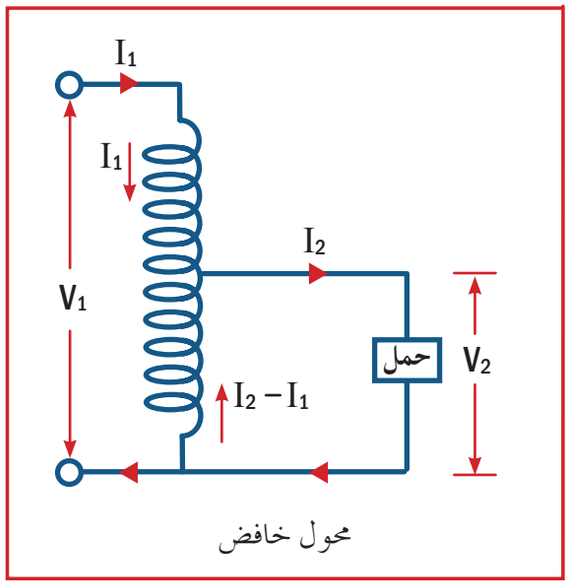
2 – المحولات الذاتية (Auto Transformers)

يحتوي المحول الذاتي ملفًّا واحدًا، يعمل عمل الملفين الابتدائي والثانوي في الوقت نفسه. ويستعمل للحصول على عدة فولتيات من الملف نفسه حسب حاجة المستعمل، علمًا أن الملفات جميعها متصلة ببعض كهربائيًّا، وكل ملف يعطى جهدًا يتناسب مع عدد لفاته، بحيث تتناسب مقاومة الملف طرديًّا مع فولتيته، ويستعمل في كثير من التطبيقات، مثل: بدء تشغيل المحركات الحثية ثلاثية الأطوار، وفي تشغيل بعض الأجهزة الكهربائية المنزلية والصناعية، كما في الشكل (16-4).

AC/110V-220V



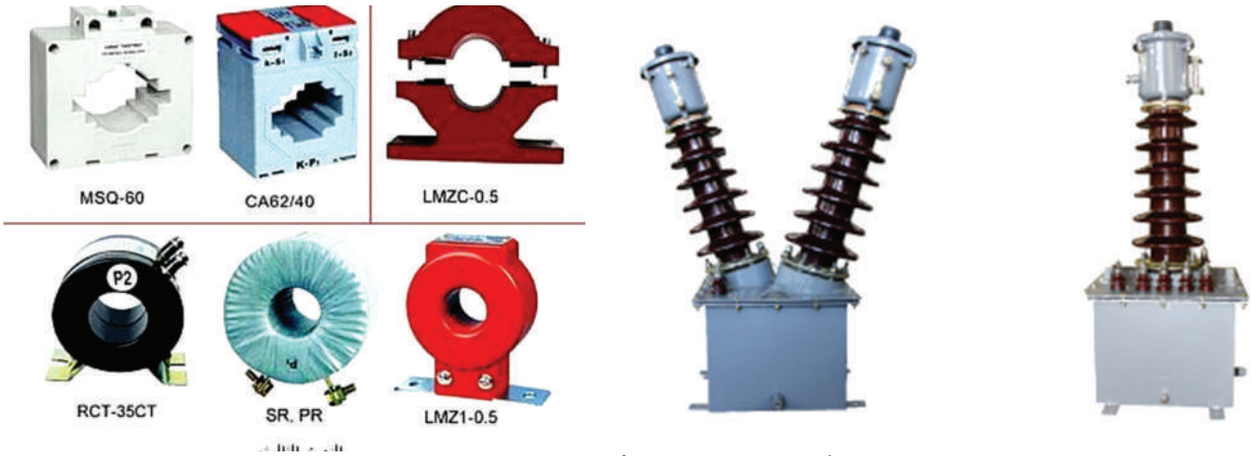




الشكل (4-16): المحول الذاتي.

3 – محولات القياس (Instrument Transformer)

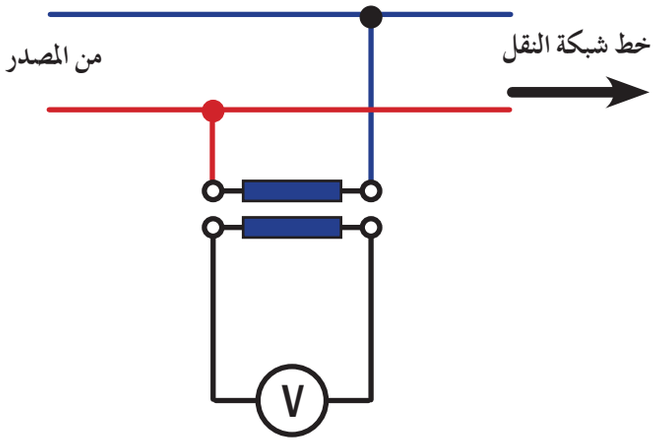
هناك نوعان من المحولات يطلق عليها محولات أجهزة القياس، وهي (محولات الجهد، ومحولات التيار)، وتستعمل هذه المحولات لتقليل الجهود والتيارات العالية إلى جهود وتيارات منخفضة، تقاس بأجهزة القياس مراعيًا وضع أجهزة القياس في مكان بعيد عن الجهد العالي حماية للعاملين في المحطات من خطر التعرض المباشر لهذا الجهد، والشكل (4-17) يوضح بعض أنواع هذه المحولات.



الشكل (4-17): بعض أنواع محولات القياس.

أ– محول الجهد (Voltage Transformer)

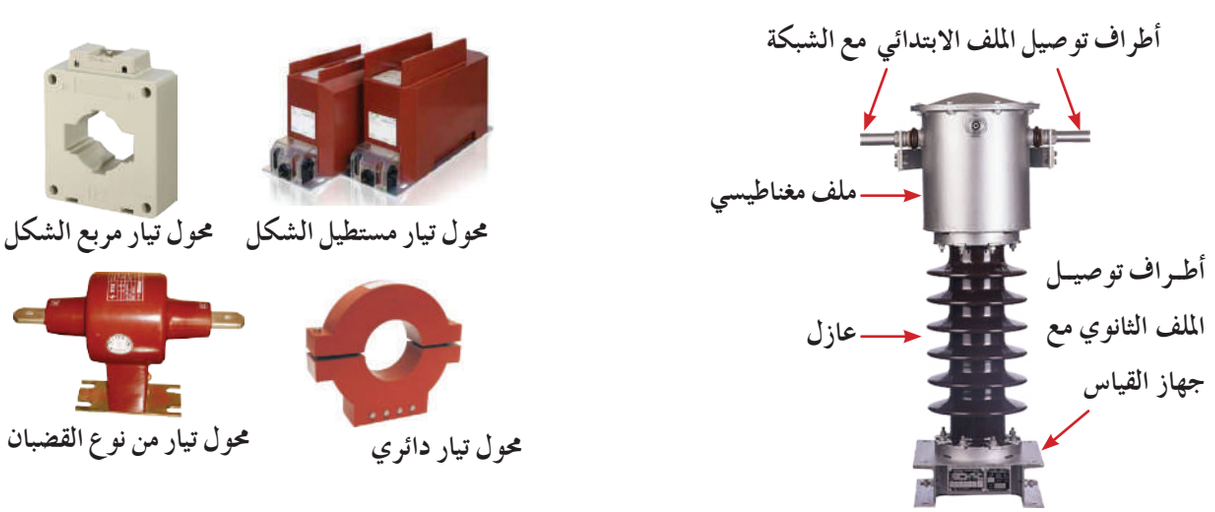
هو محول خافض للجهد دائمًا، حيث يوصل الملف الابتدائي بمصدر الفولتية العالية ويوصل الملف الثانوي بالفولتميتر الخاص بالقياس، أو بملف الفولتية في أجهزة قياس القدرة والطاقة الكهربائية، حيث تُعزل دارة أجهزة القياس عن دارة الفولتية العالية، ويبين الشكل (4-18/أ) كيفية وصل محول الجهد بجهاز الفولتميتر. ويبين الشكل (4-18/ب) بعض أشكال محول الجهد، وهو يشبه المحول العام ولكن الجهد على الملف الابتدائي مرتفع كما هو الحال في شبكات النقل والتوزيع، لأنه يصل إلى عدة آلاف فولت، ويوصل الملف الثانوي بجهاز القياس، ما يحقق العزل بين الجهد المرتفع وأجهزة القياس ويساعد على حماية العاملين في الموقع، حيث يخفض الجهد إلى قيمة تتناسب مع أجهزة الحماية والقياس المناسبة.



الشكل (4-18/أ): كيفية وصل محول الجهد بجهاز الفولتميتر.

الشكل (4-18/ب): بعض أشكال محول الجهد.

ب- محول التيار (Current Transformer): تستعمل هذه المحولات مع أجهزة الأميتر وملفات التيار في أجهزة قياس القدرة والطاقة الكهربائية، ويوضع على القلب الحديدي الملفات الابتدائية والثانوية، وفي هذا المحول عدد لفات الملف الابتدائي قليل ويُصنع من سلك سميك، ويوصل أيضًا على التوالي مع جهاز القياس، وفي المحولات الكبيرة يكون الملف الابتدائي هو القضيب الحامل للتيار الكهربائي، أما الملف الثانوي، فيتكون من عدد كبير من اللفات ومن سلك رفيع خاص بذلك، وحسب نسبة التحويل المطلوبة، كما في الشكل (4-19) الذي يوضح بعض هذه المحولات.

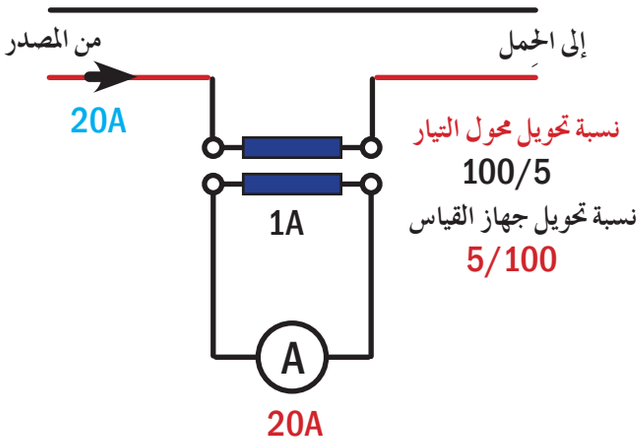


الشكل (4-19): محولات التيار.

يخفض محول التيار (CT) التيارَ الكبير في الخطوط أو قضبان التوزيع إلى تيار صغير، له نسبة تحويل في أغلب الأحيان (من 100A إلى 5A) وهو الأكثر استعمالاً، يوجد نوع آخر من هذه المحولات، تكون نسبة التحويل الخارج لأجهزة القياس (من 100A إلى 1A) يستخدم في حالات خاصة.

وتوجد عدة أنواع من محولات التيار، نذكر منها:

1 . محول التيار الملفين (Wound Type Current Transformer): يتكون هذا المحول من ملف ابتدائي يوصل على التوالي بخط المصدر، في حين توصل أطراف الملف الثانوي بأطراف جهاز قياس التيار الخاص بذلك، كما في الشكل (4-20):



الشكل (4-20): توصيل محول التيار على التوالي.

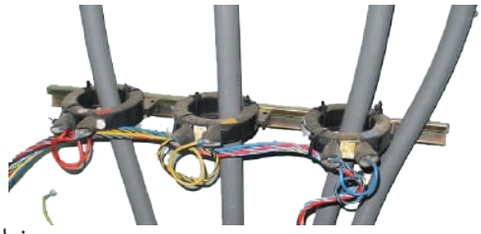
2 . محول التيار ذا الحلقة النافذة (Window Type Current Transformer): يتكون هذا المحول من ملف له طرفان يوصلان مع جهاز القياس الخاص بذلك (وهما بمنزلة الملف الثانوي)، ويمر الكبل المغذي للحمل، الذي يراد قياس التيار الذي يسري فيه من داخل حلقة الملف، وهو بمنزلة الملف الابتدائي، وهو يشبه من حيث العمل جهاز الكلامبميتر الذي مر بك في دروس سابقة.

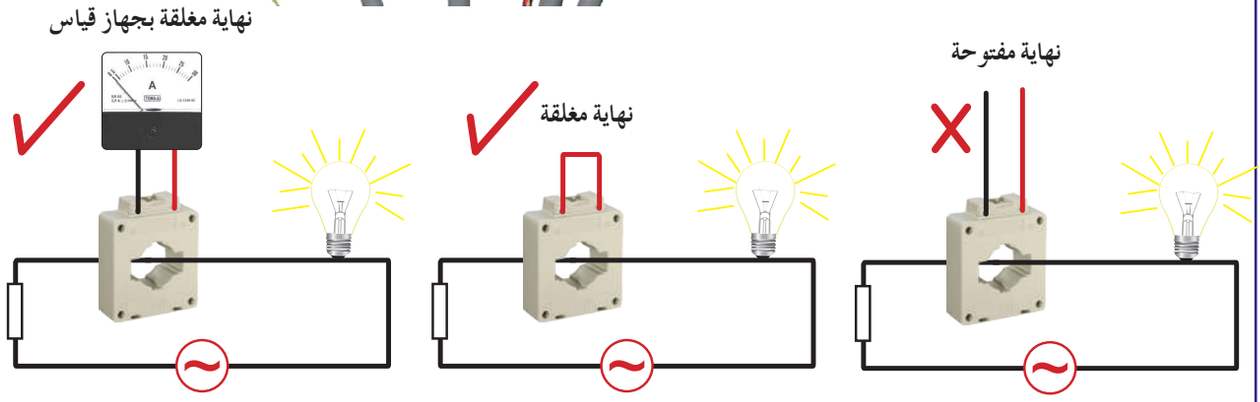
تحذير

احـذر تـرك أطراف المحول غير متصلة؛ لأنهـا تولد فولتية مرتفعة جدًّا وهي خطيرة وقد تؤدي إلى الصعقة الكهربائية إذا لمسها العامل؛ لذا يجب توصيلهما معًا عند عدم وجود جهاز قياس، إذا لزم الأمر.

فكِّر

يبـين الشـكل (4-21) محـول التيـار ذا الحلقـة النافذة: ما مدى تأثير توصيل الأطـراف معًا إذا شُـغّلت الأحمال؟ علل ذلك.

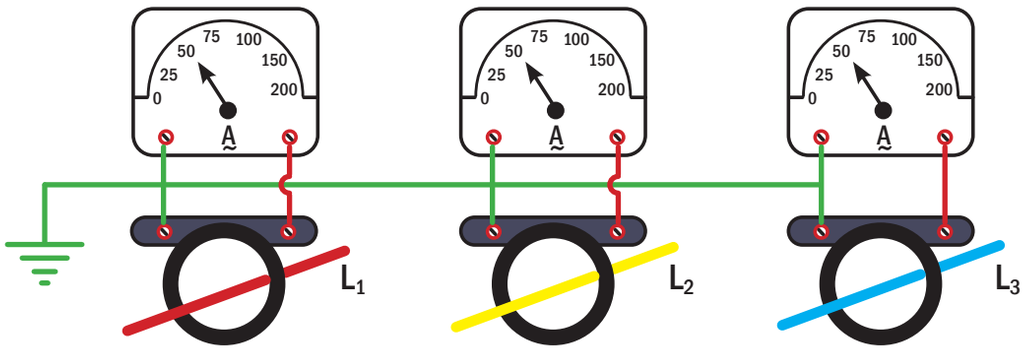




الحالـة العامـة لتوصيـل محـول التيـار بجهـاز القياس

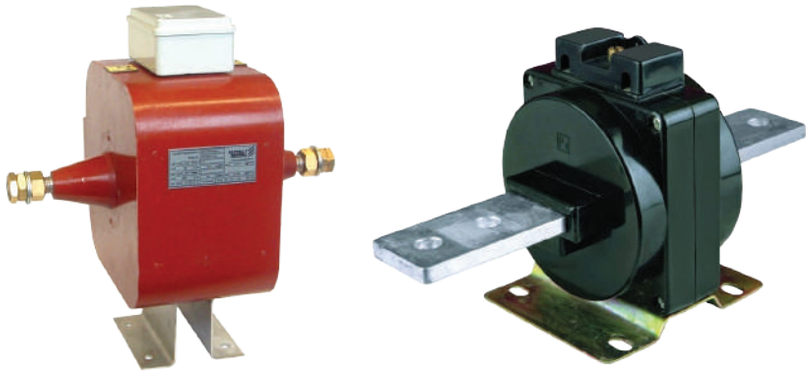
ينصـح بتوصيـل أطـراف ملـف التيـار عنـد عـدم توصيـل جهـاز القياس

حالـة خطرة؛ بسـبب وجود فولتيـة عالية عند الفتح على أطراف ملف التيار



الشكل (4-21): محول التيار ذو الحلقة النافذة.

3 . محـول التيـار ذو القضيـب المعـدني (**Bar Type Current Transformer**): يشـبه المحـول السابق مع اختلاف بسيط، وهو وجود (Busbar) معدني له طرفا توصيل يشكلان أطراف الملف الابتدائي، حيث يوصل الكبل المراد قياس تياره بالتوالي بأطراف هذا المحول، كما في الشكل (4-22).



الشكل (4-22): محول التيار ذو القضيب المعدني.

4 – محولات الترددات العالية

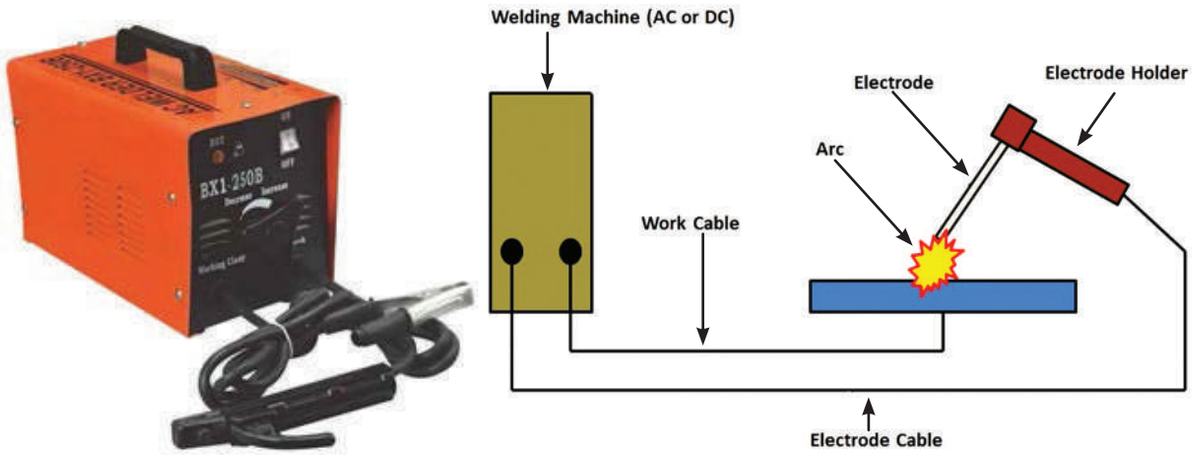
درسـت سـابقًا أن المحـول يعمـل علـى التيـار المتنـاوب، وذلـك بوجـود تـردد معـين لعمل هذا المحـول، الـذي يؤثـر طرديًّا في وجود التيارات الدوامية في القلب الحديدي، تلك التي تعدّ من المفاقيـد الرئيسـة في المحـول الكهربائـي، لذلك استعملت لهذه المحولات قلب مـن الفرايت، لتخفيـف المفاقيـد في المحـولات ذات الـترددات العاليـة، المسـتخدمة في أجهـزة الاتصـالات والراديـو وغيرهـا، لأنّ عـدد مـرات نقـل الطاقـة يكـون كبيرًا خلال مـدى زمنية معينة، والشـكل (4-23) يبين بعض أنواع هذه المحولات:

الشكل (4-23): محولات الترددات العالية.

5 – **محولات اللحام الكهربائي (Electric welding Transformers)**

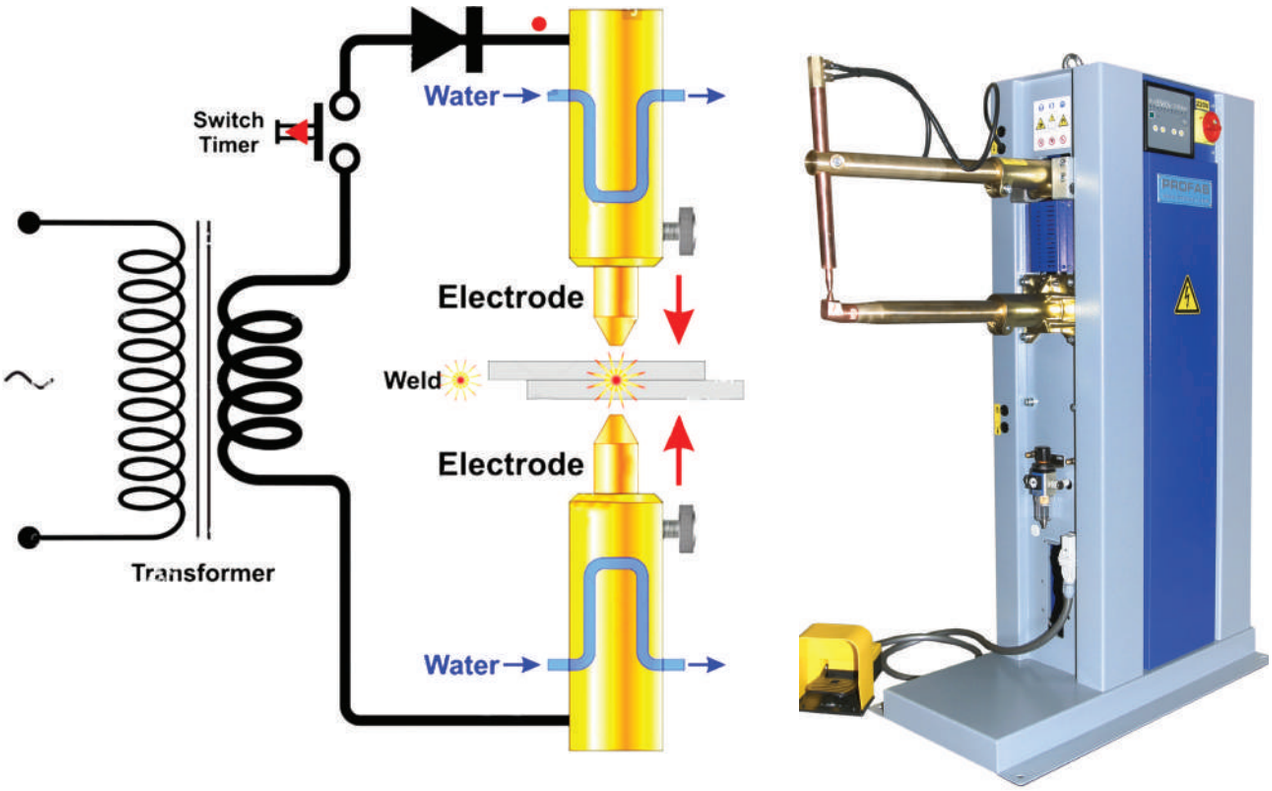
تعدّ أجهزة اللحام الكهربائي من العناصر المهمة في مجالات الحياة، وقد صُممت هذه الأجهزة للحصول على تيار مرتفع، يسبب انصهار العناصر المطلوب لحامها، ولذلك صُممت هذه الأجهزة على مبدأ المحول الكهربائي الذي مر بك سابقًا. وتعدّ من أنواع المحولات الخافضة للفولت والرافعة للتيار، ويوجد منها عدة أنواع، نذكر منها ما يأتي:

أ – **نظام اللحام بالقوس الكهربائي (Arc Welding)**، انظر إلى الشكل (4-24).



الشكل (4-24): اللحام بالقوس الكهربائي.

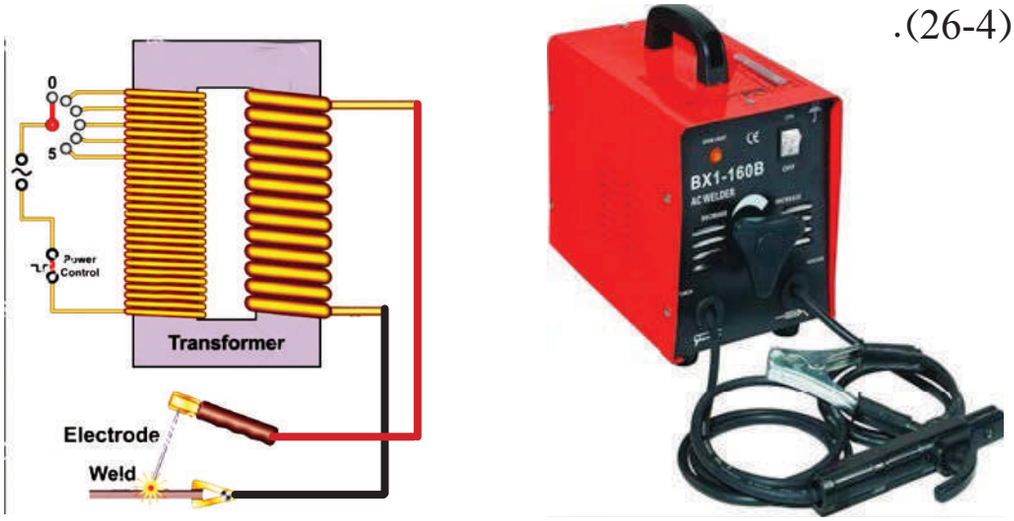
ب – **نظام اللحام بالصهر (لحام النقطة) (Welding Spot)**: وهو وصل القطع المعدنية المتماسة بالحرارة الناتجة من مقاومتها لمرور تيار كهربائي فيها، تصهر هذه الحرارة القطع المعدنية في بقعة اللحام، والضغط المطبق عليهما يوصلها معًا، ويحصل على التيار المرتفع بوساطة هذا النوع من المحولات، حيث إن مقاومة القطعتين للتيار الكهربائي أعلى من مقاومة الإلكترود، لذلك فإن التيار الكهربائي يولد فيهما حرارة عند مروره خلالهما، كما في الشكل (4-25).



(4-25): اللحام بالصهر.

وتصنف محولات اللحام الكهربائي من حيث عدد الأطوار إلى الآتي:

أ – **محولات اللحام أحادية الطور (Single phase welding transformers)**: وهي التي تغذى بجهد كهربائي متناوب أحادي الطور (**230** فولت)، التي تغذي الملف الابتدائي للآلة، ويكون طرفا الملف الثانوي هما الطرفين الخاصين بانصهار عنصر اللحام، كما في الشكل (4-26).



الشكل (4-26): محولات اللحام أحادية الطور.

تذكَّر

- يوجد نوع آخر من آلات اللحام الكهربائي تعمل على النظام الإلكتروني، ولا يكون المحول العنصر الرئيس في دارة صهر اللحام، ولكن تحتوي عناصر إلكترونية ذات مواصفات خاصة، كما في الشكل (4-27).

الشكل (4-27): آلات لحام كهربائي تعمل على النظام الإلكتروني.

- يوجد نوع من هذه الآلات تعمل على طور واحد (**230** فولت) وتعمل أيضًا على طورين (**400** فولت) حيث توصل أطراف الملف الابتدائي بأي طورين من الأطوار الثلاثة، حيث يوجد مفتاح اختيار للتحويل بين الفولتيتين، كما في الشكل (4-28).

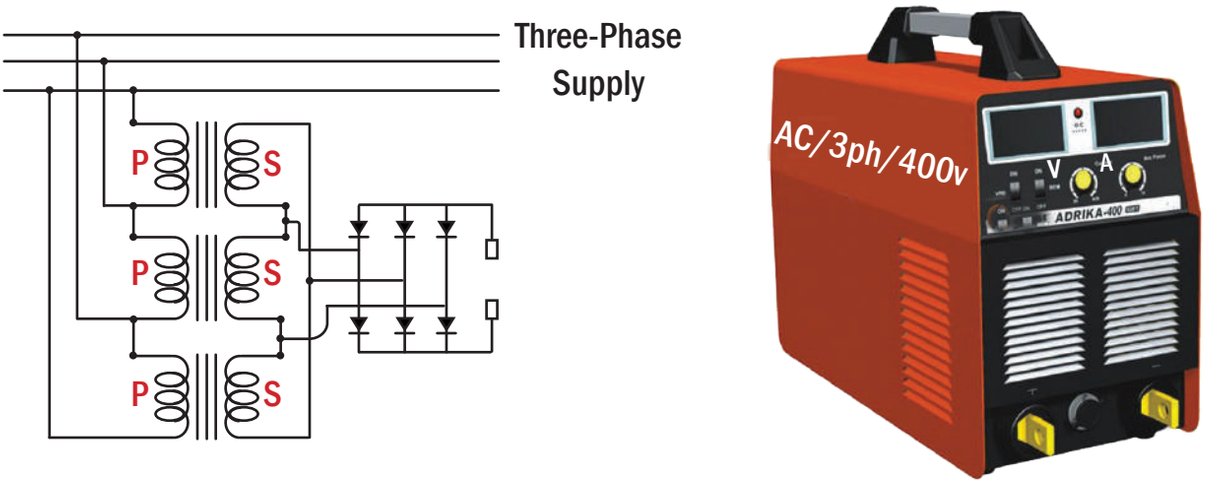
الشكل (4-28): آلة لحام تعمل على طورين (400 فولت).

فكّر

أي الحالتين يكون تيارها المستهلك من المصدر أكبر: حالة التشغيل على طور واحد أم حالة التشغيل على طورين؟ علل ذلك.

ب – **محولات اللحام ثلاثية الأطوار (Three Phase Welding Transformers)**: وهي التي تُغذي بجهد كهربائي ثلاثي الأطوار (**400** فولت)، حيث يتكون الملف الابتدائي من ثلاثة ملفات منفصلة عن بعضها، وتوصل إما بنظام "نجمة" وإما بنظام "مثلث"، حسب نوع التصنيع الخاص بها، ويتكون الملف الثانوي من ثلاثة ملفات، كما في الملف الابتدائي. تتصل أطراف الملف الثانوي الثلاثة بدارة توحيد ثلاثية الأطوار، ثم يخرج من

دارة التوحيد طرف موجب وآخر سالب، يتصلان بالكبل الخاص بصهر اللحام، والشكل (4-29) يوضح أحد أنواع هذه المحولات.



الشكل (4-29): محولات اللحام ثلاثية الأطوار.

معلومة

هناك آلات لحام متنقلة تعمل عن طريق مولد كهربائي يعمل محركه بالوقود، انظر إلى الشكل (4-30).

الشكل (4-30): آلات لحام متنقلة تعمل عن طريق مولد كهربائي.

في أغلب الحالات التي تكون فيها قدرة المنشأة الكهربائية كبيرة، يفضل ألا تقتصر تغذيتها على محول واحد فقط، وإنما يتم ذلك بمشاركة عدة محولات موصلة في ما بينها على التوازي، لتغذية الأحمال بصورة مشتركة، ما يساعد كثيرًا على حل مسألة تأمين التغذية الكهربائية للمستهلك بصورة أفضل، لأنه قد يُفْصَل جزء من هذه المحولات عن الخدمة عند انخفاض قيمة الحمل وأداء عمليات الصيانة الدورية بسهولة ويسر.

شروط توصيل المحولات على التوازي:

1 - تماثل الجهود.

2 - تماثل التردد.

3 - تماثل نسبة التحويل.

4 - توافق الأطوار.

صندوق التمدد

في المحولات الكبيرة يستعمل دائمًا صندوق احتياطي للزيت لاستيعاب أي تمدد أو انكماش في حجم الزيت بعيدًا عن الحوض الأصلي للزيت، ويعوّض أي نقص يحدث في حوض الزيت الأصلي للمحول. ويتميز بوجود مقياس لمعرفة مستوى الزيت الخاص به حتى لا ينخفض بشدة، وهومزود أيضًا بمؤشر لمعرفة ارتفاع مستوى الزيت داخله.

– ابحث في مصادر المعرفة المتوافرة في مدرستك عن أنواع أخرى من المحولات الكهربائية، واكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على معلمك وزملائك.

التمارين العملية
التمرين (4-5)

فحص المحول الذاتي والتأكد من اتصال الملفات الداخلية.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تفحص المحول الذاتي وتتأكد من اتصال الملفات الداخلية كهربائيًّا.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

1 – محول كهربائي ذاتي (500VA) ذو قلب حديدي (230V - 115V).

2 – صندوق عُدَّد كهربائية.

3 – جهاز آفو ميتر.

المواد الأولية

–أسلاك كهربائية

خطوات الأداء

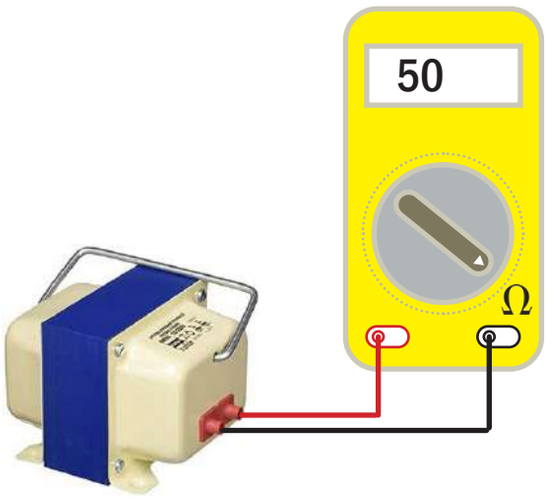
1 – شغّل جهاز الآفوميتر، متأكدًا من صلاحيته، ثم ثبت مفتاح الاختيار على تدريج الأوم.

2 – قس مقاومة كل من الملف الابتدائي والثانوي كما في الشكل (1).

3 – ارسم جدولًا ودوّن المعلومات في دفتر التدريب العملي.

4 – قارن مقاومة أطراف الملف الابتدائي بالثانوي.

الرسم التوضيحي



الشكل (1).

خطوات الأداء

5 – تأكد من وجود اتصال بين أطراف الملفين الابتدائي والثانوي، عن طريق فحص قيمة المقاومة بين الملفات.

6 – حدد أطراف الملف الابتدائي.

7 – افحص الفولتية في المصدر الكهربائي كما في الشكل (2).

8 – افصل التيار الكهربائي قبل التوصيل.

9 – وصل أطراف الملف الابتدائي بالمصدر الكهربائي.

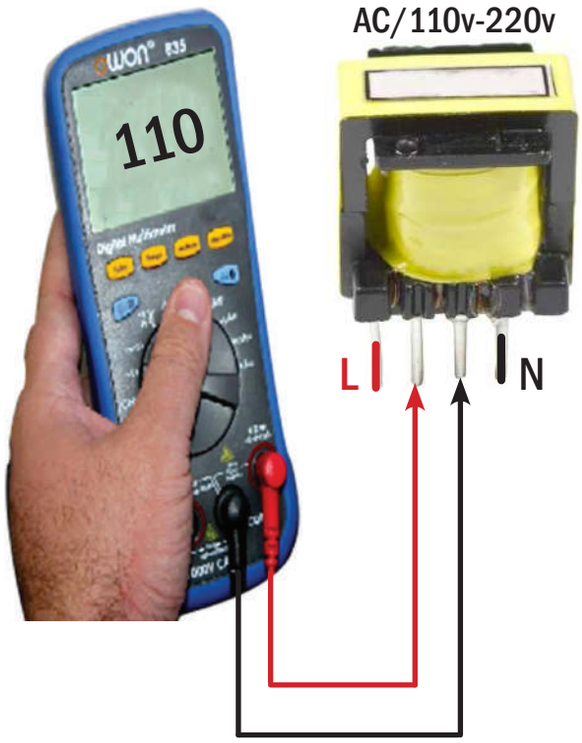
10 – شغّل مصدر التيار الكهربائي.

11 – افحص فولتية الملف الثانوي كما في الشكل (3).

12 – حدِّد نسبة التحويل عن طريق القراءات التي ظهرت في أثناء التجربة.

الرسم التوضيحي

الشكل (2).



الشكل (3).

التمارين العملية

التمرين (4-6)

فحص محول التيار ذي الحلقة النافذة في دارة كهربائية وتوصيله.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تفحص محول التيار ذا الحلقة النافذة، وتتأكد من صلاحيته بجهاز الأوميتر
- توصل محول تيار في دارة تشغيل محرك كهربائي أحادي الطور سخان كهربائي.
- تفحص تردد فولتية الملفين الابتدائي والثانوي.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- محرك كهربائي أحادي الطور (1500) وات ذو معامل قدرة (0.8).
- سخان كهربائي (1500) وات.
- محول التيار ذو الحلقة النافذة (CT) نسبة التحويل (100/5).
- صندوق عدد كهربائية كامل.
- جهاز قياس تيار (أميتر) ذو مؤشر.
- جهاز قياس تيار إلكتروني.
- مفتاح تشغيل أحادي الطور.

المواد الأولية

- أسلاك توصيل ($2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 – تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل البدء بتنفيذ التمرين.

2 – تأكد أن المصدر مزود بإحدى وسائل الحماية المناسبة (قاطع MCB +RCCB).

3 – شغّل جهاز الآفوميتر، متأكدًا من صلاحيته، ثم ثبت مفتاح الاختيار على تدريج الأوم.

4 – استعمل محول تيار ذا حلقة نافذة وجهاز قياس التيار ذا المؤشر، كما في الشكل (1) .

5 – قس مقاومة ملف محول التيار للتأكد من صلاحيته.

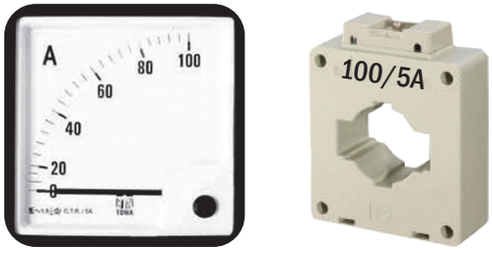
6 – وصّل الخط الحيادي من المحرك إلى المصدر الكهربائي مباشرة.

7 – وصّل خط الطور من المحرك إلى المصدر عبر محول التيار، كما في الشكل (2).

8 – وصّل أطراف جهاز قياس التيار ذي المؤشر تارة، والإلكتروني تارة أخرى بأطراف محول التيار، وشغل المحرك دون حمل خارجي، كما في الشكل (2).

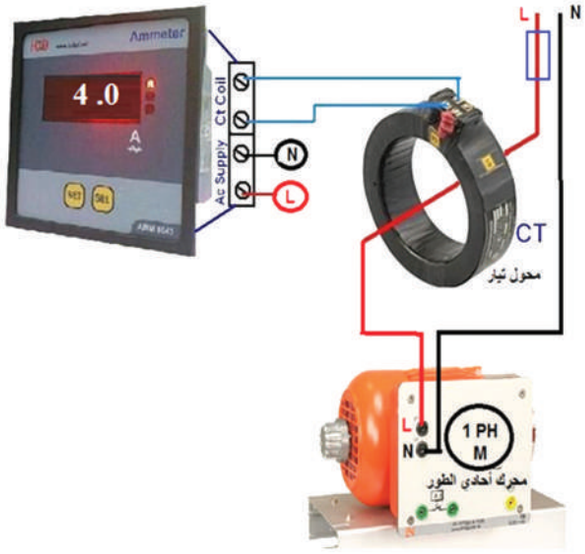
الرسم التوضيحي

جهاز إلكتروني لقياس التيار



محول تيار ذو حلقة نافذة + جهاز قياس التيار ذو مؤشر

الشكل (1).



الشكل (2).

خطوات الأداء

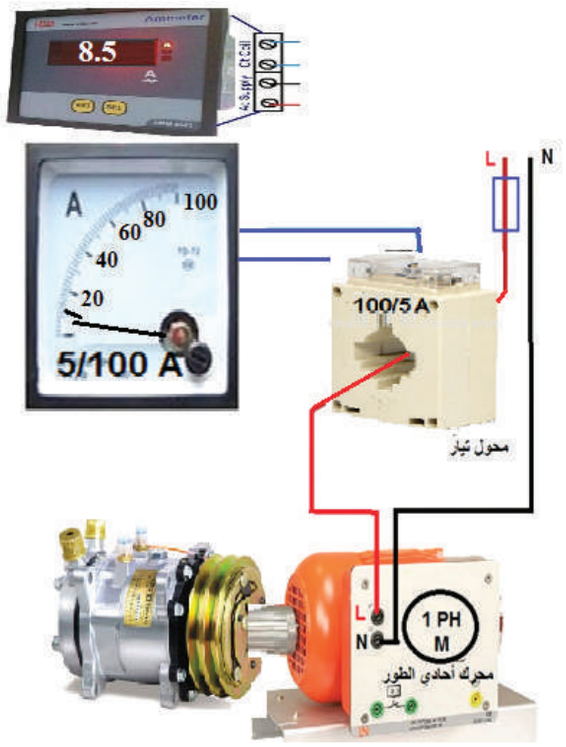
9 – وصّل التيار الكهربائي، شغِّل المحرك مع الحمل الكامل؛ لكيلا يستهلك تياره الاسمي، كما هو الحال في ضاغطة الهواء كما في الشكل (3) .

10 – لاحظ كمية التيار التي تظهر على جهاز الأميتر.

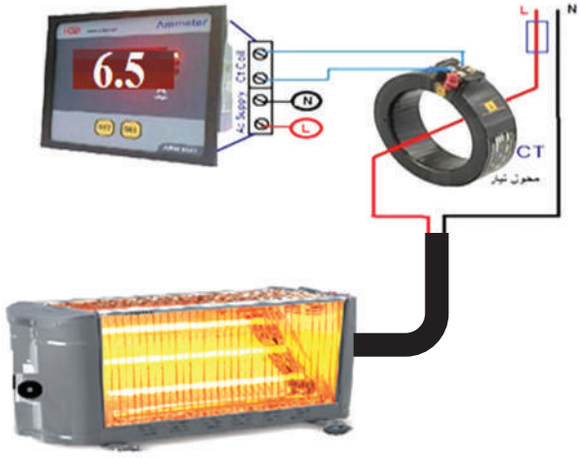
11 – دوّن البيانات في دفتر التدريب العملي.

12 – أعد تنفيذ التمرين السابق باستعمال حمل مادي (سخان كهربائي) له قدرة المحرك نفسها كما في الشكل (4). ماذا تلاحظ؟

الرسم التوضيحي



الشكل (3).



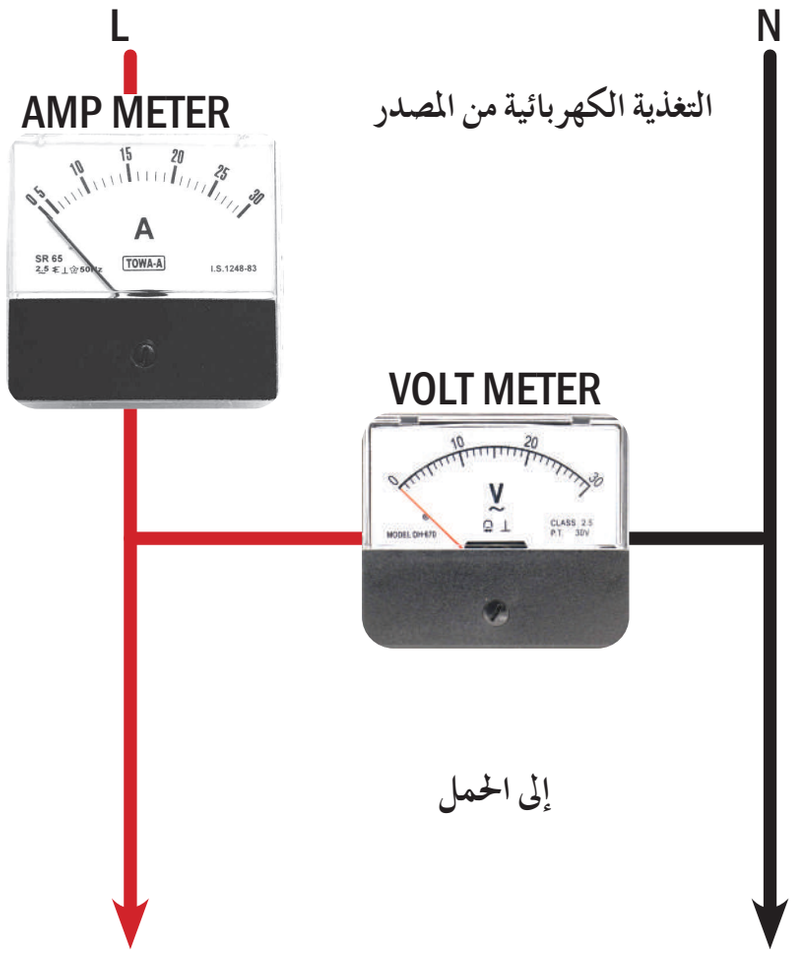
الشكل (4).

فكّر

لماذا استهلك المحرك تيارًا أكبر من قيمة التيار الذي يستهلكه السخان، علمًا أن قدرتهما متساوية؟

تذكّر

عند استعمال أجهزة القياس، لقياس حمل ذي قيمة فولتية وتيار قليل، توصل أجهزة القياس مباشرة بالدارة دون استعمال محولات قياس، حيث يوصل جهاز قياس التيار على التوالي بالدارة، وجهاز قياس الجهد على التوازي، كما في الشكل (5).



الشكل (5).

التمارين العملية

التمرين (4-7)

قياس تيار محرك ثلاثي الطور عن طريق ثلاثة محولات تيار .

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل ثلاثة محولات تيار ذات الحلقة النافذة، في دارة تشغيل محرك ثلاثي الأطوار.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
–ثلاثة محولات ذوات الحلقة النافذة (CT) . –ثلاثة أجهزة فولتميتر . –ثلاثة أجهزة أميتر . –صندوق عُدَّد كهربائية كامل. –مفتاح تشغيل ثلاثي الأطوار.	– أسلاك توصيل ($2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 – تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

2 – تأكد أن المصدر مزود بإحدى وسائل الحماية المناسبة (قاطع mcb) ، و (RCCB) ثلاثي الأطوار.

3 – شغّل جهاز الآفوميتر، متأكدًا من صلاحيته.

4 – ثبّت مفتاح الاختيار على تدريج الأوم.

5 – قس مقاومة ملفات التيار للتأكد من صلاحيتها.

6 – وصّل خطوط الطور الثلاثة من المحرك إلى المصدر عبر محولات التيار.

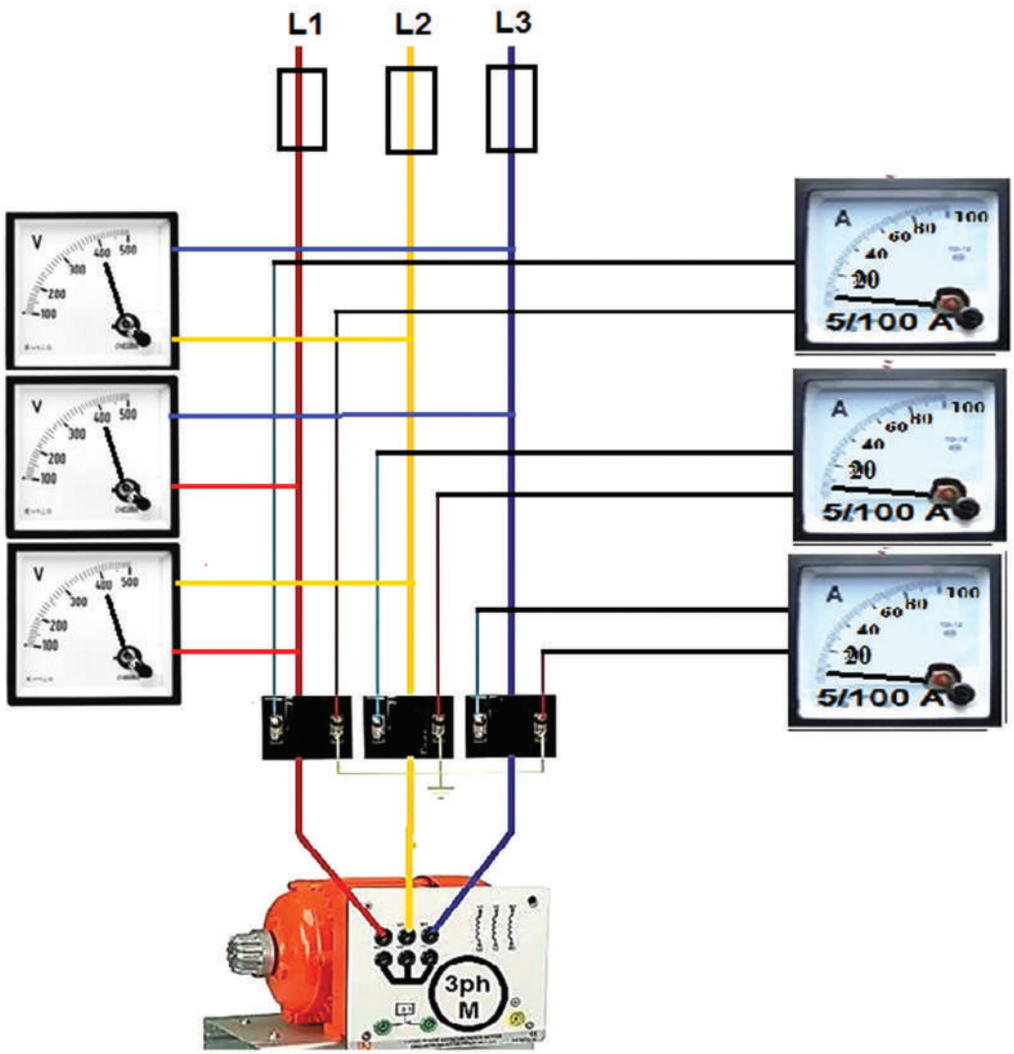
7 – وصّل أطراف الفولتميترات الثلاثة بأطراف المصدر كما في الشكل (1).

8 – وصّل التيار الكهربائي، وشغّل المحرك من دون حمل (من دون أي حمل خارجي يؤثر فيه).

9 – لاحظ كمية التيار التي تظهر على أجهزة الأميتر.

10 – دوّن البيانات في دفتر التدريب العملي.

الرسم التوضيحي



الشكل (1).

فكّر

عند قياس كمية التيار لوحظ أن كمية التيار أقل من التيار الاسمي للمحرك، علل ذلك.

التمارين العملية

التمرين (4-8)

قياس قدرة وتيار محرك ثلاثي الأطوار عن طريق ثلاثة محولات تيار، وجهاز قياس القدرة ثلاثي الأطوار.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل ثلاثة محولات تيار وجهاز قياس القدرة في دارة تشغيل محرك ثلاثي.
- تقيس الفولتية بجهاز الفولتميتر.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– محرك كهربائي ثلاثي الأطوار (1000) وات. – ثلاثة محولات تيار (CT) . – صندوق عُدَّد كهربائية. – ثلاثة أجهزة أميتر . – جهاز قياس القدرة الكهربائية. – مفتاح تشغيل ثلاثي الأطوار. – جهاز آفو ميتر.	– أسلاك توصيل ($2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 – افصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

2 – تأكد أن المصدر بإحدى وسائل الحماية المناسبة (قاطع mcb)،و(RCCB) ثلاثي الأطوار.

3 – شغّل جهاز الآفوميتر، متأكدًا من صلاحيته، ثبت مفتاح الاختيار على تدريج الأوم.

4 – قس مقاومة ملفات التيار للتأكد من صلاحيتها.

5 – وصّل خطوط الطور الثلاثة من المحرك إلى المصدر عبر محولات التيار، كما في الشكل (1).

6 – وصّل أطراف الأميتر الثلاثة مع أطراف محولات التيار.

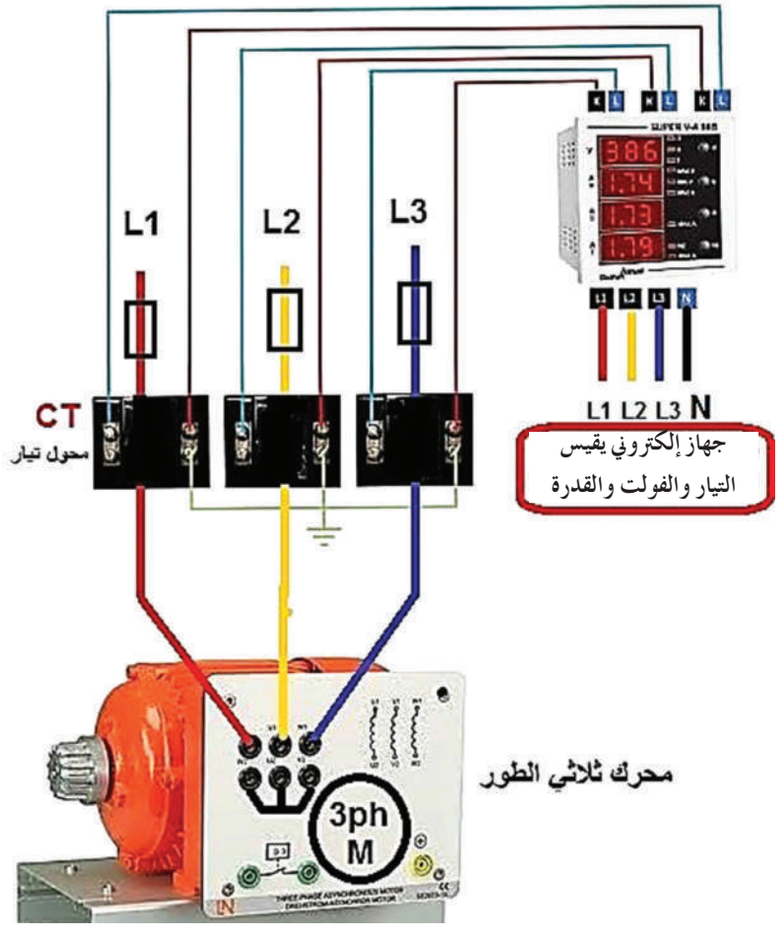
7 – وصّل التيار الكهربائي وشغل المحرك، ثم لاحظ كمية التيار التي تظهر على أجهزة الأميتر.

8 – قس الفولتية على أطراف المحرك بجهاز الآفو ميتر.

9 – وصل جهاز الوات ميتر بأطراف الحمل.

10 – دوّن البيانات في دفتر التدريب العملي، وقارن القراءات التي حصلت عليها من محولات التيار والفولتميتر بجهاز الواطميتر.

الرسم التوضيحي



الشكل (1).

تذكر

هناك أنواع أخرى من أجهزة قياس القدرة الكهربائية المستهلكة تحتوي مؤشرًا، كما في الشكل (2).

الشكل (2).

الأعطال العملية

ملاحظة:

تُدرس الأعطال العملية ضمن التدريب العملي في المشغل على صورة تمرين عملي.

تشخيص أعطال المحولات الكهربائية أحادية الطور

تتعرض كثيرٌ من المحولات أحادية الطور إلى أعطال متعددة تؤثر في كفاءة أداء المحول وعمله، ومن أهم هذه الأعطال ما يأتي:

الأعطال الكهربائية

1 – انهيار العازل في ملفات المحول، فيحدث قصر بين الملفات وتكون على النحو الآتي:

أ – انهيار العازل بين لفات الملف الابتدائي والقلب الحديدي.

ب– انهيار العازل بين لفات الملف الثانوي والقلب الحديدي.

جـ– انهيار العازل بين لفات الملفين الابتدائي والثانوي.

فكِّر

ما تأثير حالة القصر في مقاومة الملفات؟

2 – وجود تماس بين الملفات وجسم المحول وتكون كما يأتي:

أ – تماس بين أطراف الملف الابتدائي والقلب الحديدي، بسبب سوء التركيب.

ب– تماس بين أطراف الملف الثانوي والقلب الحديدي، بسبب سوء التركيب.

جـ– تماس بين أطراف الملفين الابتدائي والثانوي، بسبب سوء التركيب.

3 – التسريب الأرضي بسبب تعرض المحول للرطوبة فيحدث تسريب أرضي، وتكون كما يأتي:

أ – تعرض ملفات الملف الابتدائي للرطوبة.

ب– تعرض ملفات الملف الثانوي للرطوبة.

جـ– تعرض لوحة تجميع الأسلاك للرطوبة.

4 – أعطال في الأسلاك والكبلات المغذية للمحول والحمل، وتكون كما يأتي:

أ– تعرض أكبال المحول وأسلاكه للرطوبة.

ب– قصر في الأسلاك والأكبال.

جـ– فصل في الأسلاك والأكبال.

د – ارتخاء في تثبيت الأسلاك والأكبال.

5 – هبوط لجهد المحول عند التحميل وهو كما يأتي:

أ – حدوث قصر في جزء من الملفات.

ب– انخفاض في درجة عازلية الملفات بسبب الحرارة الزائدة.

جـ– التحميل الزائد على المحول.

د – تعرض الملفات للرطوبة والتسريب الأرضي.

الأعطال الميكانيكية

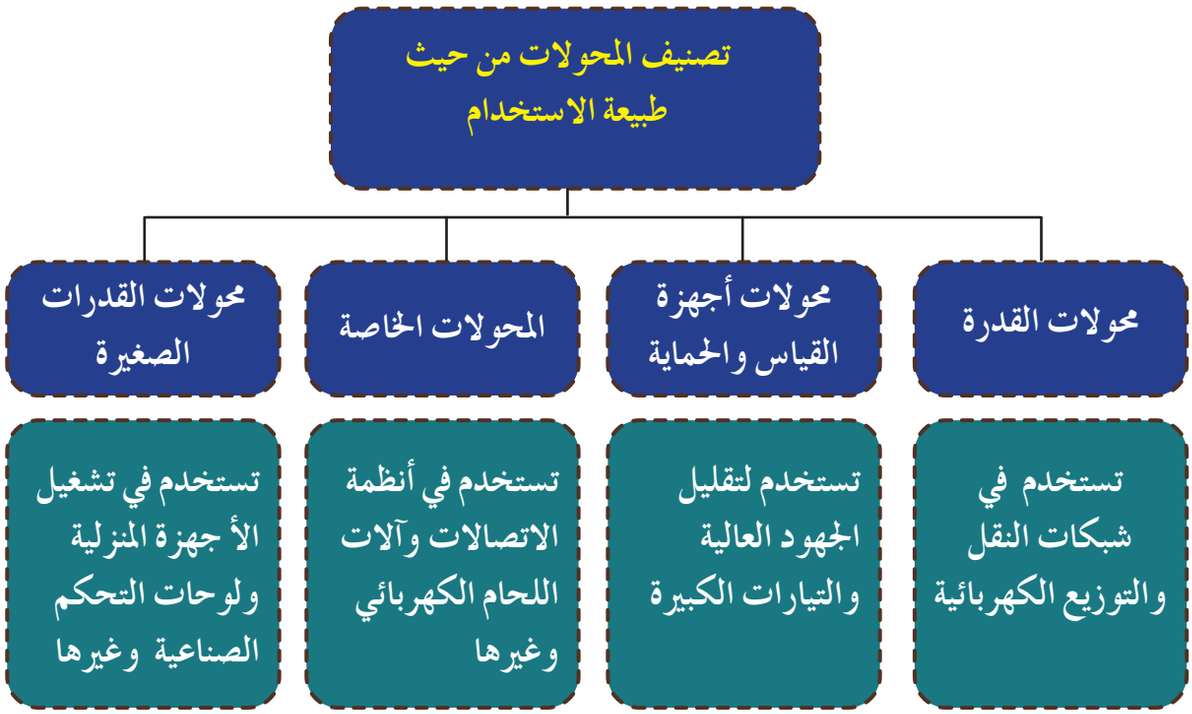
1 – ارتفاع الحرارة وظهور صوت نتيجة عدم إحكام ربط الرقائق.

2 – ارتفاع الحرارة وظهور صوت نتيجة عدم ربط الهيكل الخارجي بالقلب.

3 – تسرب كهربائي نتيجة تراكم الأوساخ والأتربة على لوحة التجميع وبين الملفات.

الفحوصات الواجب متابعها عند تنفيذ الصيانة الوقائية للمحول:

- تفقد صوت المحول.
- تفقد سلامة العوازل الخارجية.
- تفقد صلاحية عمل أجهزة الحماية.
- تفقد سلامة ربط نهايات الملفات.
- تفقد درجة حرارة المحول.
- فحص صلاحية السوائل الخاصة بالعزل (مثل الزيت).


تصنيف المحولات من حيث طبيعة الاستخدام
محولات القدرة
محولات أجهزة القياس والحماية
المحولات الخاصة
محولات القدرات الصغيرة
تستخدم في شبكات النقل والتوزيع الكهربائية
تستخدم لتقليل الجهود العالية والتيارات الكبيرة
تستخدم في أنظمة الاتصالات وآلات اللحام الكهربائي وغيرها
تستخدم في تشغيل الأجهزة المنزلية ولوحات التحكم الصناعية وغيرها

أسئلة الوحدة

القياس والتقويم

1 - ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) يتناسب فرق الجهد للملف الثانوي في المحول الكهربائي تناسبًا عكسيًّا مع:

أ – تيار الملف الثانوي

ب– مقاومة الملف الثانوي

جـ – عدد لفات الملف الثانوي

د – حجم المحول

(2) الهدف من صناعة القلب المعدني في المحول الكهربائي في صورة صفائح معزولة هو:

أ – زيادة وزن المحول

ب– تقليل المفاقيد المغناطيسية

جـ– تقليل وزن المحول

د – تقليل التكلفة

(3) محول كهربائي فولتية ملفه الابتدائي (**220**) فولت والثانوي (**110**) فولت، يعدّ هذا المحول محولًا:

أ– رافعًا للجهد ب– خافضًا للجهد جـ– منظمًا للجهد د– خافضًا للتيار

(4) إذا كانت فولتية الملف الابتدائي للمحول (220) فولت والثانوي (**110**) فولت، وعدد لفات الابتدائي (**1000**) لفة، فإن عدد لفات الثانوي تساوي:

أ– (**200**) لفة ب– (**110**) لفات جـ– (**220**) لفة د– (**500**) لفة

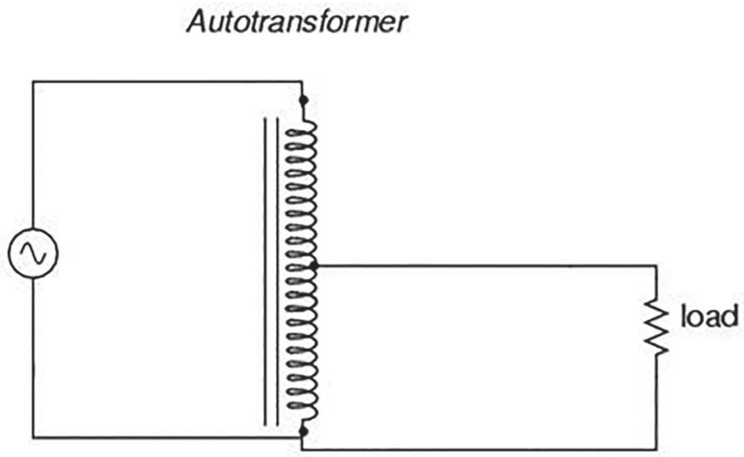
(5) كلما زاد عدد لفات الملف في المحول:

أ– ازدادت فولتيته ب– قلت فولتيته جـ – ازداد التيار د–لا علاقة بين عدد اللفات والفولتية

(6) يصنع القلب المعدني لمحول القدرة من:

أ– النحاس ب–الحديد جـ– الألمنيوم د– البلاستيك

(7) نوع المحول في الشكل الآتي هو:



أ– محول ذاتي ب– محول تيار جـ– محول عزل د– رافع للجهد

(8) نسبة التحويل في محول خافض للجهد $\frac{220v}{110v}$ هي:

أ– $\frac{2}{1}$ ب– $\frac{1}{2}$ جـ– $\frac{2}{2}$ د– $\frac{1}{1}$

(9) نوع المحولات الكهربائية المستخدمة في آلات اللحام الكهربائي هو:

أ– خافض للفولتية ب– رافع للفولتية جـ– محولات التيار د– ذات القلب الفرايت

(10) مقدار تردد المحولات الكهربائية في الأردن:

أ– 220 Hz ب– 60 Hz جـ– 50 Hz د– 400 Hz

2 -محول أحادي الطور خافض للجهد، قدرته الظاهرية (1000 VA)، فولتية المصدر الكهربائي (230) فولت، ونسبة التحويل (2:1) جد بعد إهمال المفاقيد ما يأتي:

أ – تيار المصدر وتيار الحمل عند التحميل الكامل للمحول.

ب – فولتية الملف الثانوي.

3 - محول ثلاثي الأطوار خافض للجهد من نوع (نجمة –نجمة) فولتية الملفات (**0.4K V / 11kV**) تيار الملف الثانوي (**50A**).

بعد إهمال المفاقيد، جد ما يأتي:

أ – تيار الملف الابتدائي.

ب – القدرة الظاهرية للملف الثانوي.

4 - ارسم دائرة توصيل الملفات الداخلية لمحول كهربائي ثلاثي الأطوار (نجمة –مثلث)، محددًا فولتية الطور وفولتية الخط.

5 الوحدة الخامسة

دارات التحكم والحماية للمحركات الكهربائية وأنظمتها.

Protection and Control Circuits

النتاجات العامة للوحدة

يتوقع من الطالب بعد دراسة هذه الوحدة أن:

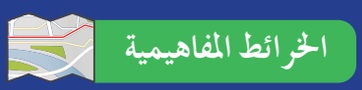
- يتعرف مفهوم دارات التحكم والحماية .
- يتعرف أهمية أجهزة الحماية المستخدمة في دارات التحكم والحماية الكهربائية، وأنواعها.
- يتعرف عناصر دارات التحكم، ومخططاتها، واستعمالاتها.
- يميز دارات التحكم من دارات التشغيل.
- يتعرف أنواع دارات التحكم ودارات تشغيل المحركات أحادية الطور وثلاثية الأطوار.
- ينفذ دارات التحكم والحماية الكهربائية، ويشغلها، ويصونها.
- يتعرف أنواع المفاتيح اليدوية الدوارة المستخدمة في تشغيل المحركات أحادية وثلاثية الأطوار.
- ينفذ دارات تشغيل بالمفاتيح اليدوية الدوارة.
- يقرأ مخططات الآلات الصناعية.

أولًا: عناصر دارات التحكم والتشغيل

النتاجات

يتوقع منك في نهاية هذا الدرس أن:

- تتعرف أهمية أجهزة الحماية وأنواعها.
- تتعرف مبدأ عمل المفاتيح الكهرومغناطيسية وأنواعها.
- تتعرف أنواع المجسات الكهربائية.
- تتعرف مبدأ عمل المؤقتات وأنواعها.
- تتعرف أنواع مفاتيح التحكم وضواغطه.
- تنفيذ دارات تشغيل باستخدام عناصر التحكم والتشغيل والحماية.



عناصر دارات التحكم والتشغيل

انظر.. وتساءل

هل زرت مصنعًا؟ وهل شاهدت آلة تعبئة لأحد المنتجات؟

ما الأوامر التي يتم التحكم فيها لتعبئة هذا المنتج؟

تحتوي المصانع عدة آلات لتحقيق أهدافها الإنتاجية، ومن هذه الآلات مثلاً ما هو مخصص للتعبئة كما هو الحال في آلات تعبئة البسكويت، فلتحقيق هذا الهدف، هناك عدة أوامر تحدث تباعًا لإنتاج هذه العملية. من هذه الأوامر:

1 – تمرير البسكويت على أقشطة خاصة.

2 – تغليف البسكويت.

3 – تعبئة البسكويت في الصناديق.

لذا: لا بد من وجود منتج يتم التحكم فيه آليًّا لإنتاجه إنتاجًا صحيحًا، وعليه، تستعمل دارات تحكم ومجسات خاصة تُصَمَّم حسب حاجة النظام.

استكشف

- ما الحمايات التي يمكن تركيبها في نظام الآلات الصناعية لحماية محركاتها من التلف؟

قد تتعرض المحركات الصناعيّة أحيانًا عند تشغيلها إلى أعطال كهربائية وميكانيكية؛ولا بد من وجود وسائل لحماية هذه المحركات قبل تعرضها للتلف، من أشكال هذه الحماية:

1 – القاطع الرئيس المغذي للدارة.

2 – حماية الأوفرلود (**Over Load**) (الارتفاع الزائد على التيار الاسمي للمحرك).

3 – حماية انقطاع أحد الأطوار عن المحرك ثلاثي الأطوار.

4 – حماية المحرك من ارتفاع الحرارة عن الحد المسموح وفقًا لتعليمات الشركة الصانعة.

5 – من انقطاع المياه عن المضخات.

6 – منع ارتفاع الضغط عن الحد المسموح به، واستعمال ضاغطات الهواء ومضخات المياه.

فكِّر

1 – ما نتيجة انقطاع أحد الأطوار عن المحركات ثلاثية الأطوار عند تشغيلها؟

2 – ما أسباب ارتفاع حرارة ملفات المحرك؟

3 – ماذا ينتج من انقطاع المياه عن المضخات في أثناء عملها؟

4 – ماذا يسبب ارتفاع الضغط في ضاغطات الهواء في أثناء عملها ؟

اقرأ.. وتعلم

دارات التحكم الصناعي وأنظمته

تشكل الآلات الصناعية أهم الأسس يُستند إليها الإنتاج الصناعي، وتعدّ المحركات الصناعية أهم العناصر الفاعلة في تشغيل هذه الآلات؛ لذا ستدرس في هذه الوحدة كيفية التحكم في تشغيل هذه المحركات، وطرائق حمايتها، وقراءة مخططات دارات التحكم وأنظمتها، والقوى المستخدمة في دارات التحكم الصناعي وأنظمته.

تصنف المخططات الكهربائية للآلات الصناعية إلى صنفين رئيسين، هما:

1 – مخطط دارة التحكم (Control Circuit).

2 – مخطط دارة القوى (Power Circuit).

هناك عناصر كهربائية مختلفة يمكن استعمالها في هذه المخططات، منها ما يستخدم في دارة التحكم، ومنها ما يستخدم في دارة القوى، ومنها ما يستخدم في كليهما.

تصنف العناصر الأساسية المستخدمة في هذه المخططات إلى الآتي:

المفاتيح و القواطع الكهربائية

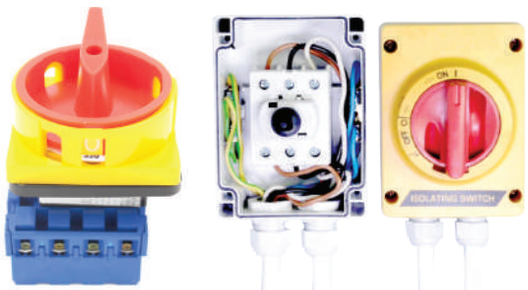
1 – أجهزة الحماية

عند تشغيل المحركات الكهربائية تتعرض هذه المحركات أحيانًا إلى كثير من الأعطال؛ لذا لا بد من وسائل تحمي هذه المحركات عند تعرضها لأي نوع من الأعطال، وذلك للمحافظة على سير إنتاج الآلات بكفاءة عالية دون توقف، ولحماية العاملين عليها، وتعدّ القواطع الكهربائية والمصهرات وسيلة حماية في دارات تشغيل هذه المحركات وأنظمتها، وهناك وسائل حماية أخرى يمكن إضافتها إلى أنظمة التحكم في تشغيل هذه المحركات، تعتمد على نوع الحمل وآلية التشغيل، ومن أهم وسائل الحماية في هذه الأنظمة ما يأتي:

2 – مفتاح العزل الرئيس:(Isolator Switch)

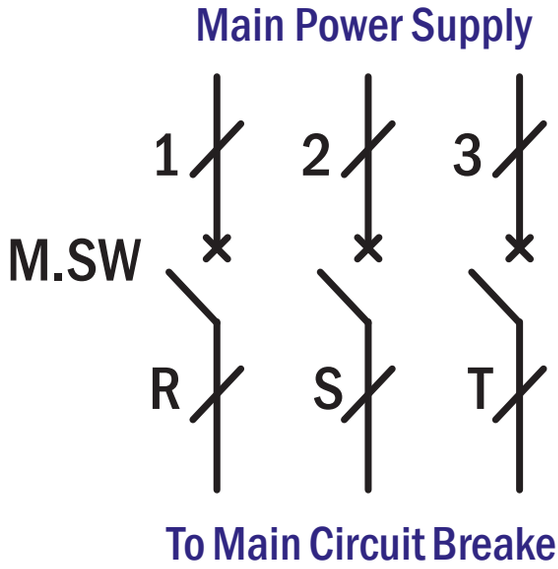
هو مفتاح وصل خط التغذية الرئيس للوحة التشغيل وفصله (ON/OFF)، يستعمل لفصل اللوحة عن العمل لحماية العاملين في أثناء أعمال الصيانة، وتصنف هذه المفاتيح بحسب عدد الأطوار، وقدرة التيار الكهربائي.

فمنها أحادي الطور ومنها ثلاثي الأطوار، وتتوافر قدرات مختلفة لتحمل التيار وحسب تيار الحمل المطلوب، والشكل (5-1)، يبين بعض أشكال هذه المفاتيح (Isolator Switch).



الشكل (5-1): مفتاح العزل الرئيس (Isolator Switch).

يبين الشكل (5-2) المخطط الرمزي لأحد أنواع هذه المفاتيح، إذ يبين أن هذا المفتاح له ثلاثة مداخل من التغذية الرئيسة (Main Power Supply)، وثلاثة مخارج إلى العنصر الذي يليه في الدارة، كما هو الحال عند تغذية القاطع (Main Circuit Breaker) للوحة نفسها.



الشكل (5-2): المخطط الرمزي لأحد أنواع مفاتيح العزل.

3 – القواطع الكهربائية (Circuit Breakers)

تعدّ القواطع الكهربائية عنصر حماية أساسيًّا في دارات التحكم والقوى، وفيها تفصل التغذية آليًّا عن الدارة عند حدوث أعطال التيار الزائد وحالات القصر.

ويمكن أيضًا التحكم في وضعية الوصل والفصل لهذه القواطع يدويًّا، عن طريق تحريك ذراع خاصة بها، وهذه القواطع متوافرة على صورة أحادي الطور (Single Phase) وثلاثي الأطوار (Three Phase).

من أهم الأمور التي تصنّف هذه القواطع على أساسها:

أ – التصنيف بحسب فولتية التشغيل.

ب – التصنيف بحسب سعة القاطع بالأمبير (التيار الاسمي للقاطع).

جـ – التصنيف بحسب سعة القطع (الفصل عند حدوث حالات القصر).

ومن أهم هذه القواطع:

أ - **قاطع تشغيل المحركات اليدوي (Manual Motor Starters)**: ويسمى أحيانًا **(Electric Motor Circuit Breaker with Thermal and Magnetic Protection)**

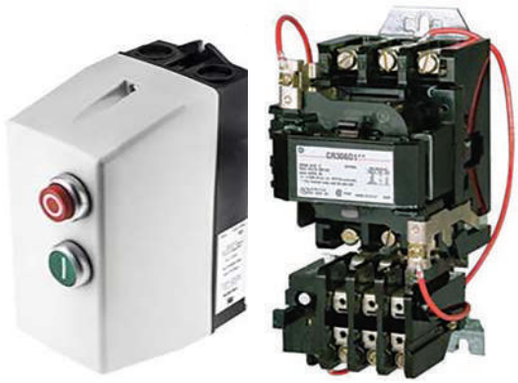
وهو قاطع يستعمل بوصفه مفتاح تشغيل يدويًّا للمحركات، مع احتوائه حماية حرارية ومغناطيسية، علمًا أنه يمكن تزويده بلامس مساعدة تستخدم في حالات الفصل لإرسال إشارة خارجية للدارة.

يستعمل أحيانًا بوصفه وحدة خاصة بتشغيل المحركات، ويمكن أن يستغنى بهذا القاطع عن الكونتاكتور (**Contactors**) والقاطع والأوفرلود معًا، ملاحظين استخدامه في المحركات ذوات القدرات الصغيرة، كما في الشكل (5-3).

الشكل (5-3): قاطع تشغيل المحركات اليدوي.

تذكَّر

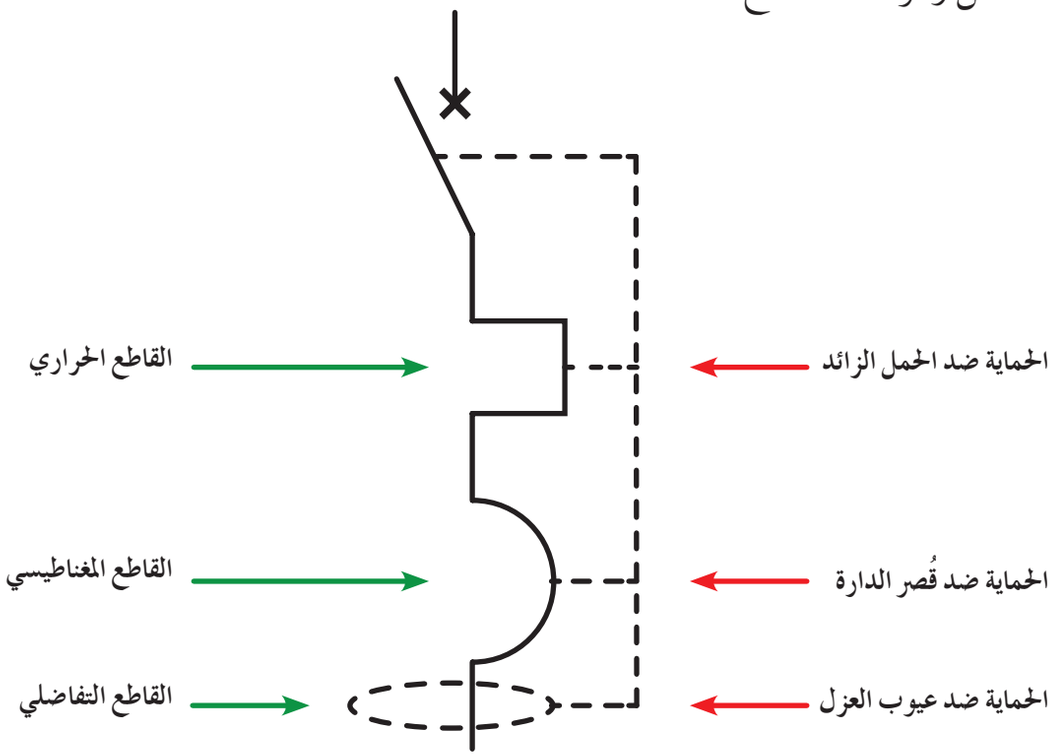
يطلق اسم بادئ محرك يدوي (**Manual Motor Starters**) أحيانًا على وحدة تجمع ضمن صندوق خاص، يوضع فيه الكونتاكتور والأوفرلود معًا في الوقت نفسه، كما في الشكل (5-4).

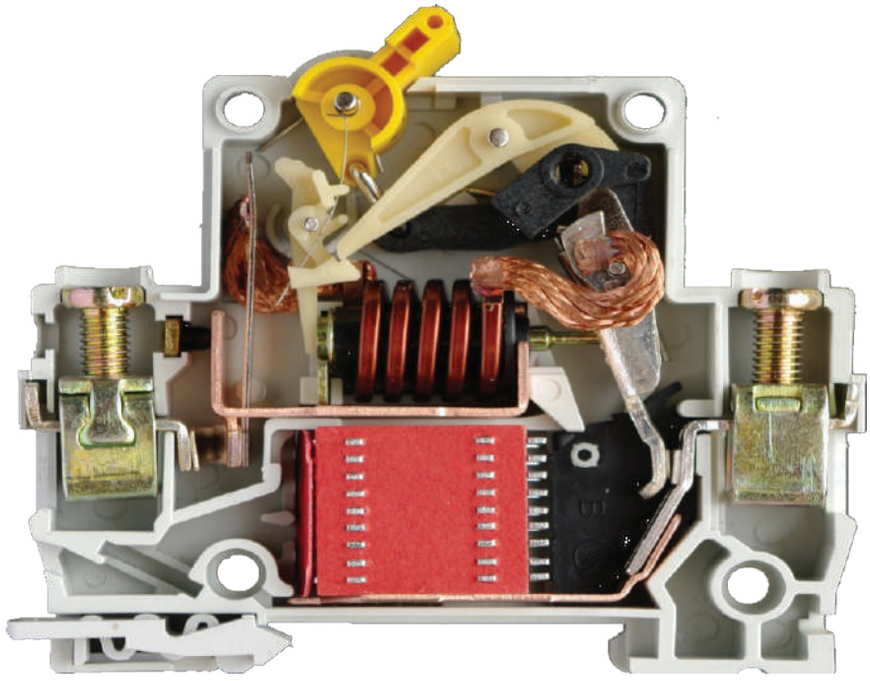


الشكل (5-4): **Manual Motor Starters**.

ب - **القواطع الصغيرة المَنمَنة (MCB) (Miniature Circuit Breaker)** تتوافر سعة القاطع بالأمبير بحسب قيم معيارية متعددة، منها:

A (6،10،15،16،20،25،30،32،40،50،63) وغيرها. والشكل (5-5) يبين شكل رمز هذا القاطع .





الشكل (5-5): القواطع الصغيرة المَنمَنة (**MCB**).

و الشكل (5-6) يبين بعض أنواع شكل القاطع الحراري المغناطيسي حسب عدد الأطوار.

الشكل (5-6): أنواع القاطع الحراري المغناطيسي (**MCB**) حسب عدد الأطوار.

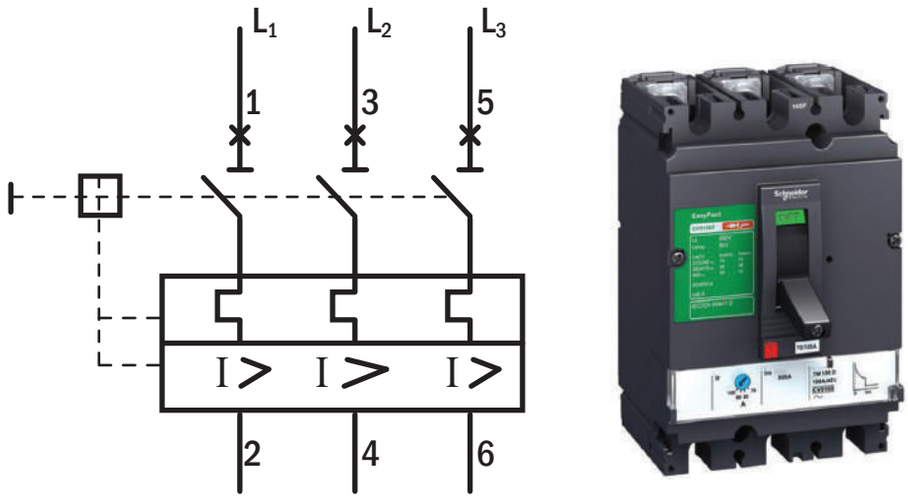
(**1P**): أحادي الطور.

(**2P**): أحادي الطور + الخط المحايد، أو ثنائي الطور (**2Phases**).

(**3P**): ثلاثي الأطوار.

(**4P**):ثلاثي الأطوار + الخط المحايد.

جـ - **القواطع الكهربائية المقولبة (MCCB)**: يتميز عن القاطع السابق بأنه يتحمل تيار قصر عاليًا، والشكل (5-7) يبين رمز القاطع الحراري المغناطيسي (**3Poles- 3PH**) المستخدم في المخططات الكهربائية.



الشكل (5-7): شكل القاطع الحراري المغناطيسي (**MCCB**) و رمزه.

د - القواطع الهوائية (Air Circuit Breaker) (ACB): هي القواطع التي تتميز من القواطع السابقة بطريقة تبريد القوس الكهربائي الذي يحدث عند الفصل والتشغيل، وهي تستعمل عند تغذية الأحمال الكبيرة، والشكل (5-8) يبين أحد أنواع هذه القواطع.

الشكل (5-8): القاطع الهوائي (ACB)

تذكّر

تقاس سعة القطع للقاطع في حالات القصر (SH.C) بوحدة كيلو أمبير (KA).

هـ - قاطع الحماية ضد التسريب الأرضي (E.L.C.B) (Earht Leak Circuit Breaker): يعمل يفصل هذا القاطع التيار الكهربائي إذا حدث تسريب للتيار الكهربائي بحسب نسبة التسريب الخاصة بكل جهاز.

المصهرات (الفيوزات) Fuses

يستعمل المصهر لحماية المعدات الكهربائية، عند زيادة تيار الحمل (I-Rated) عن الحد المطلوب أو عند حدوث أعطال حالات القصر، والشكل (5-9) يبين بعض أنواع هذه المصهرات.

الشكل (5-9): بعض أنواع المصهرات.

تذكّر

هناك أنواع من المفاتيح اليدوية مزودة بمصهرات خاصة للحماية.

راجع الوحدة الثانية للصف الحادي عشر لمعرفة تفاصيل أنواع القواطع والمصهرات الكهربائية.

جهاز الحماية من ارتفاع التيار عن الحد المطلوب – الأوفرلود (Overload)

هو جهاز يحمي المحرك الكهربائي عند ارتفاع تياره عن التيار الاسمي المقرر له، وهو يعمل بنظام الحماية الحرارية؛ إذ يحتوي صفائح ثنائية المعدن، تتعرض للتقوس عند تعرضها للحرارة؛ ما يؤدي إلى تغيير وضع التلامس المرتبط بها، ويكون موصولًا على التوالي مع دارة التحكم، فيفصل الدارة عند حدوث العطل.

وهناك أنواع متعددة من أجهزة الأوفرلود، ستدرس في هذا الدرس أحد أنواع الأوفرلود بالتفصيل، الذي يكثر استخدامه في المجالات الصناعية، وهو الأوفرلود الحراري.

يتكون الأوفرلود الحراري من العناصر الآتية:

1 - ذراع زيادة مدى فاعلية تقوس الصفيحة الثنائية الخاصة بنظام الفصل الحراري، حسب قيمة التيار المطلوب معايرته (معيار الأمبير).

2 - نبضة (**Reset**): تستعمل لإعادة الملامسات المساعدة إلى وضعها الأصلي بعد انتهاء تأثير العطل.

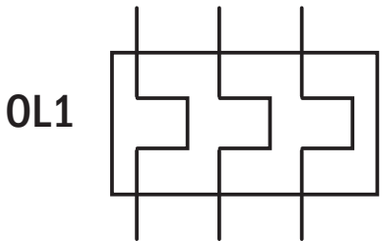
3 - نبضة (**Test**): تستعمل للتأكد من صلاحية عمل الملامس (**NC**) و(**NO**).

4 - ضاغط (**Stop**): يستعمل أحيانًا لحالات الفصل اليدوي الاضطراري.

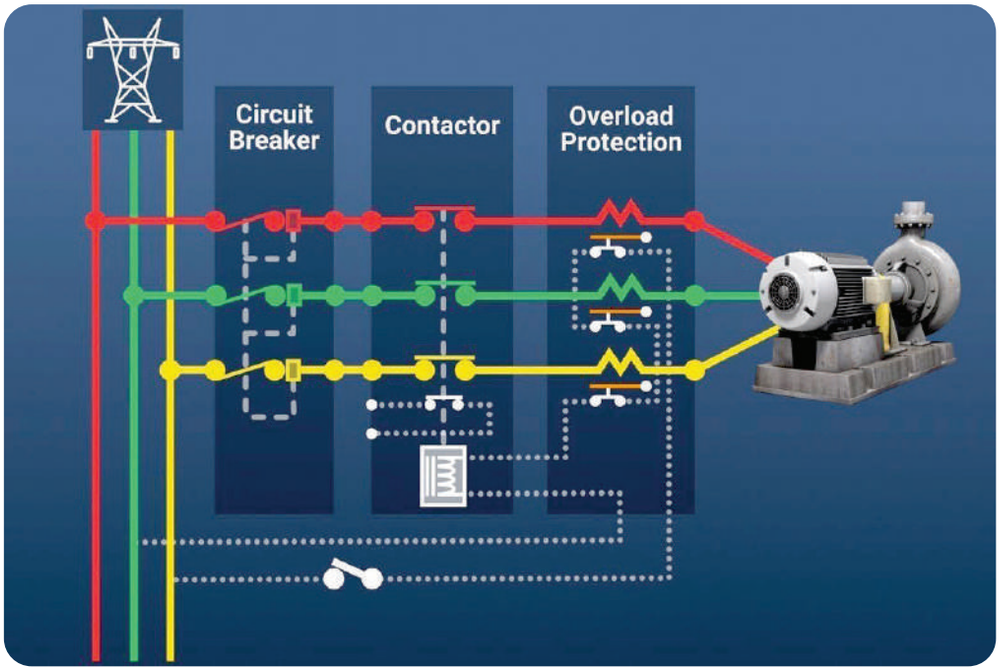
5 - الملامسات المساعدة: منها ما هو مفتوح (**NO**) توصل المصابيح بيان حدوث العطل، ومنها ما هو مغلق (**NC**)، التي توصل على التوالي مع دارة ملف الكونتاكتور لفصله عند تعطله.

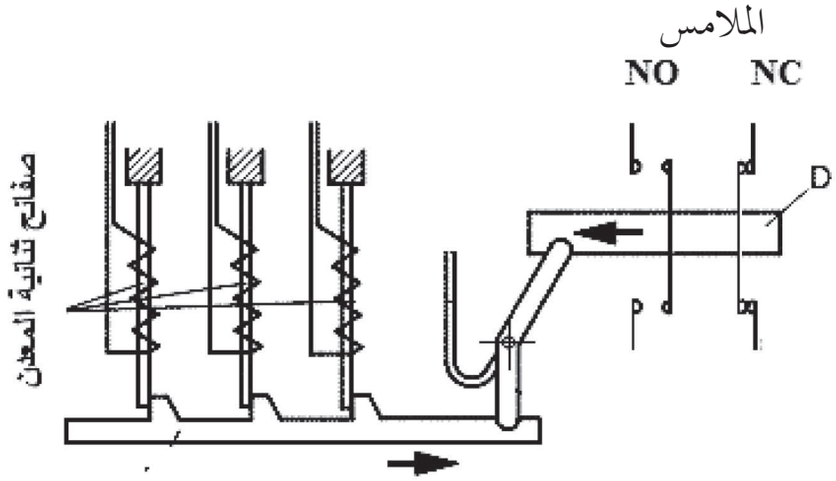
6 - الملامسات الرئيسة: وهي التي توصل إليها أطراف التغذية الرئيسة للحمل، حيث توصل الأسلاك الخارجة من الكونتاكتور إلى مداخل هذه الملامسات، ثم توصل مخارج هذه الملامس (**T3،T2،T1**) مع بأطراف الحمل، والشكل (5-10) يبين هذه العناصر.

الأوفرلود.



رمز الأوفرلود في المخططات الكهربائية .

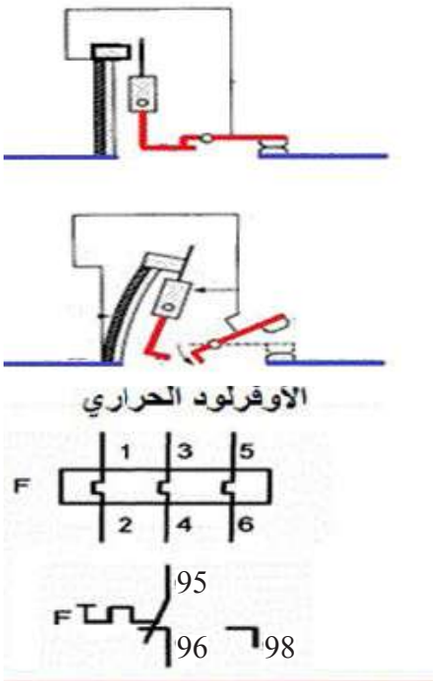




الشكل (5-10): الأوفرلود (**Overload**).

مبدأ عمل الأوفرلود

إن الوظيفة الأساسية لجهاز الأوفرلود هي حماية المحرك من أي ارتفاع زائد في شدة التيار، ويتكون من ثلاثة ملفات حرارية، تتصل على التوالي بالمحرك، وله تدريج لتحديد مقدار شدة التيار المطلوبة، وهو يضبط مع قيمة تيار المحرك، ففي حالة ارتفاع التيار الذي يستهلكه المحرك عن القيمة المضبوط عليها تدريج الأوفرلود، تتمدد صفيحة ثنائية المعدن بسبب تعرضها للحرارة نتيجة الارتفاع الزائد في التيار، ثم تتقوس، فتفصل النقطة المغلقة المتصلة لها داخل الأوفرلود، وهذه النقطة تتصل على التوالي بملف الكونتاكتور الخاص بتشغيل هذا المحرك، فيفصل نقاط تلامسه الرئيسة لينقطع التيار الكهربائي عن المحرك فيتوقف عن العمل. ويحتوي الأوفرلود تماسًا مغلقًا (NC) (96-95) بالإضافة إلى تماس مفتوح (NO) (98-97)، ويمكن توصيل هذا التماس بمصباح إشارة، فإذا أضاء، فإن ذلك يعني أن المحرك توقف عن العمل نتيجة فصل الأوفرلود، وفي بعض أنواع الأوفرلود يكون عدد نقاط التلامس ثلاثًا فقط، حيث يكون الطرف (95) مشتركًا، والطرف (96)(NC)، الطرف 98 (NO)، والشكل (5-11) يوضح أجزاء الأوفرلود.



الشكل (5-11): أجزاء الأوفرلود.

بعد معرفة سبب ارتفاع التيار وتصليحه، نضغط ضاغط (Reset) فتعود نقاط تلامسات الأوفر لود مغلقة، إذا كان وضع التجهيز يدويًّا (H)،أما إذا كان الوضع أوتوماتيكيًّا (A)، فإن التلامسات تعود وحدها بعد أن تبرد الحرارة عن الصفيحة الحرارية (أي بعد فصل المحرك مدة معينة)، إذ يتم تجهيز الأوفر لود مرة أخرى أوتوماتيكيًّا، وإذا كان الضاغط الأزرق في الأعلى فإنه على الوضع اليدوي، أما إذا كان مضغوطًا في الأسفل، فإنه على الوضع الأوتوماتيكي.

فكِّر

ينصح أن يضبط وضع التجهيز على النظام اليدوي (H) وليس على النظام الأوتوماتيكي (A).علل ذلك.

تذكَّر

تجدر الإشارة إلى وجود أنواع أخرى من الأوفرلود، منها الأوفرلود الإلكتروني، الذي يستشعر التيار الكهربائي عن طريق محولات تيار خاصة، إما أن تكون داخلية مصممة في الجهاز نفسه، وإما تكون خارجية منفصلة كما في الشكل (5-12).

الشكل (5-12):الأوفرلود الإلكتروني.

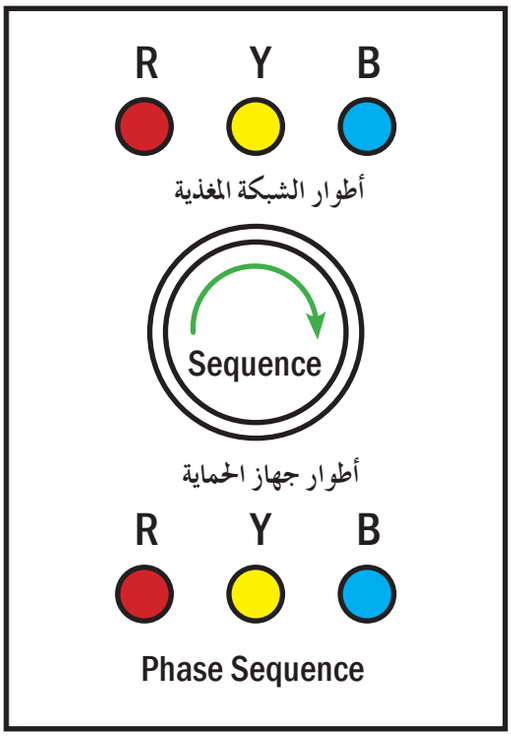
عنـد شـراء أوفرلـود يجـب معرفـة قيمة تيـار المحرك، ولـكل أوفرلود تدريج للأمبـير يبدأ بقيمة معينة، و ينتهي بقيمة أخرى، ويجب أن تكون قيمة تيار المحرك المستخدم موجودة بين أقل قيمة لتدريـج الأفرلـود وبـين أكبرهـا، والجدول (5-1) يبين بعض القيم المتوافرة لأجهـزة الأوفرلود.

جدول (5-1): بعض القيم المتوافرة لأجهزة الأوفرلود

220V	380V	415V	440 V	500V	600V	قيمة الاوفرلود
KW	KW	KW	KW	KW	KW	A
3	5.5	5.5	5.5	7.5	10	10-13
4	7.5	9	9	10	15	13-18
5.5	11	11	11	15	18.5	18-25
7.5	15	15	15	18.5		23-32
	15	15		18.5		28-40
7.5	15	15	15	18.5	22	23-32
10	18.5	22	22	22	30	30-40
11	22	25	25	30	37	38-30
15	25	30	30	37	45	48-57
18.5	30	37	37	45	55	57-66
22	37	45	45	55	63	63-80

جهاز الحماية من انقطاع الطور (Phase Failure Protection)

هـو جهـاز يستـعمل لحمايـة الـدارات ثلاثية الأطـوار عند انقطاع أحد الأطـوار المغذية للدارة، أو إذا لم تتوافق الأطوار، وهو المعروف بانعكاس أحد الأطوار المغذية للدارة الكهربائية مع أحد الأطوار الأخرى، وعدم توافقها بين تصميم الشركة الصانعة للآلات وخطوط الشبكة الكهربائية، وهـو مـا يعـرف بعملية توافـق الأطـوار (sequence phase)، إذ يحدث في هـذه الحالة توافق الطور الأول في لوحة التشغيل مع الطور الأول في الشبكة المغذية، وهكذا في بقية الأطوار، كما في الشكل (5-13).



الشكل (5-13): توافق الأطوار في لوحة التشغيل مع أطوار الشبكة المغذية.

ويستعمل أحيانًا لحماية الدارة الكهربائية عند هبوط الفولتية أو ارتفاعها عن القيمة المسموح بها حسب تعليمات الشركة الصانعة.

ويحتوي هذا الجهاز ثلاث نقاط للتغذية الرئيسة ثلاثية الأطوار(L1 - L2 -L3)، ونقاط تلامس من أجل استعمالها في دارة التحكم لفصل النظام، وإضاءة مصباح البيان عند حدوث العطل، علمًا أن بعض الأجهزة تحتاج إلى ضبط مقدار نسبة الحساسية للعطل بصفتها نسبةً مئوية من هبوط أو ارتفاع الفولتية مع وجود توقيت زمني يضبط هذه العملية، ومنها ما يكون مضبوطًا داخل برمجة الجهاز نفسه دون الحاجة إلى برمجة خارجية على الجهاز.

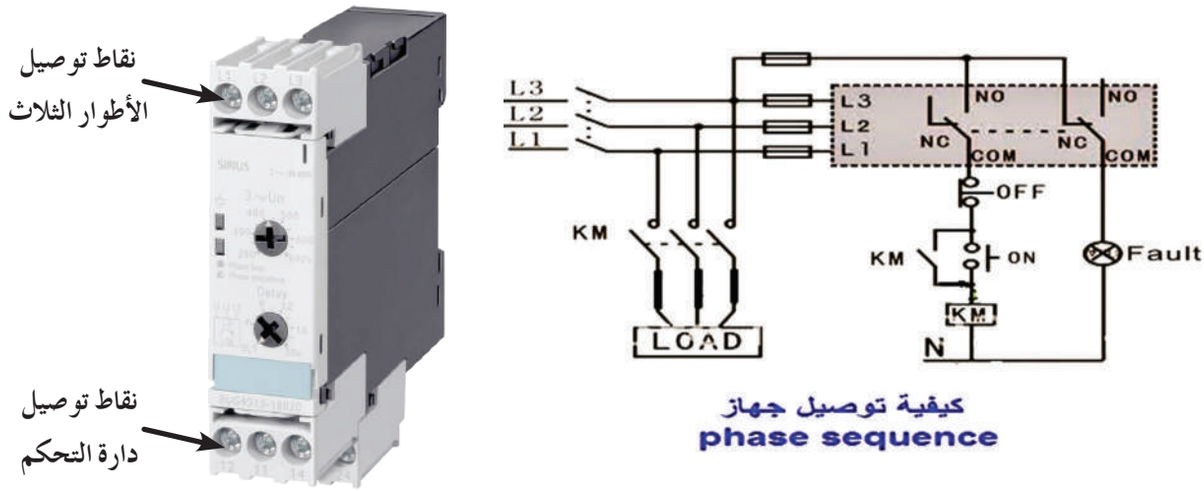
تذكَّر

- **بعض الآلات الكهربائية تعتمد على اتجاه دوران واحد في عملها، ولا يصلح عكس دورانها عند العمل كما هو الحال في مضخات المياه والضاغطات الهيدروليكية؛ لذا لا بد من استعمال جهاز الحماية (protection sequence phase) لضبط هذه العملية.**

بعض أنواع هذه الأجهزة تحتاج إلى الخط المحايد لتفعيل عملها إضافة إلى خطوط الطور الثلاثة.
والشكل (5-14) يوضح بعض أنواع هذه الأجهزة:

الشكل (5-14): جهاز الحماية (**Protection Sequence Phase**).

يوضح الشكل (5-15) طريقة توصيل هذا الجهاز للدارة الكهربائية.



الشكل (5-15): طريقة توصيل جهاز (**Protection Sequence Phase**) بالدارة الكهربائية.

جهاز الحماية (الحارس المائي) (DRY RUN)(Low Level Device)

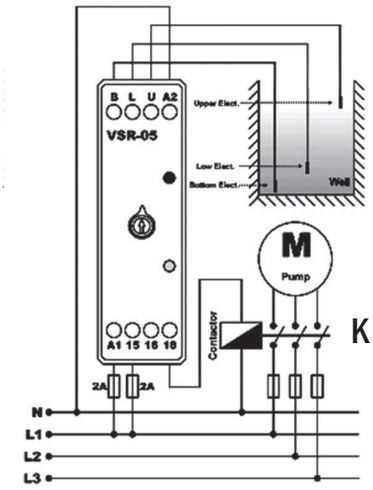
هو جهاز يستخدم في حماية المضخات الكهربائية عند انقطاع المياه عنها، وغالبًا ما يستخدم في آبار المياه والخزانات الرئيسة الكبيرة، ويحتوي هذا الجهاز عدة نقاط توصيل كالآتي:

1 – نقاط توصيل التغذية الرئيسة أحادية الطور (**230V AC**).

2 – نقاط توصيل مجسات المياه.

3 – النقاط المساعدة المستخدمة في دارة التحكم كما هو الحال في الأجهزة السابقة.

الشكل (5-16) يبين بعض أنواع هذه الأجهزة.



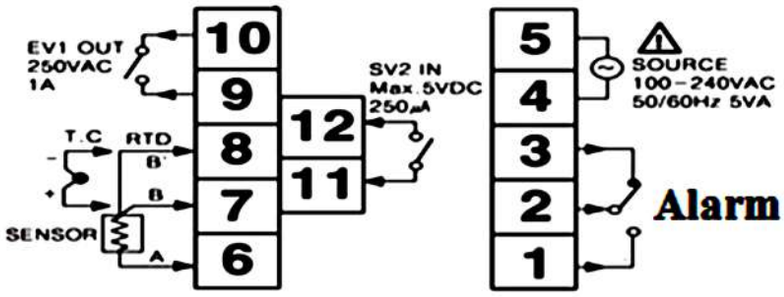
الشكل (5-16): بعض أنواع أجهزة (الحارس المائي).

فكّر

ما نتيجة عمل المضخات بلا مياه؟

جهاز الحماية الحراري

هو جهاز يستخدم في حماية المحركات عند ارتفاع درجة حرارتها عن الحد المطلوب، وهو يستقبل الإشارة من أحد المجسات الحرارية، ثم يحولها إلى إشارة كهربائية، إذ تُقرأ ويُتحكّم فيها عبر شاشة عرض خاصة بذلك، كما في الشكل (5-17).



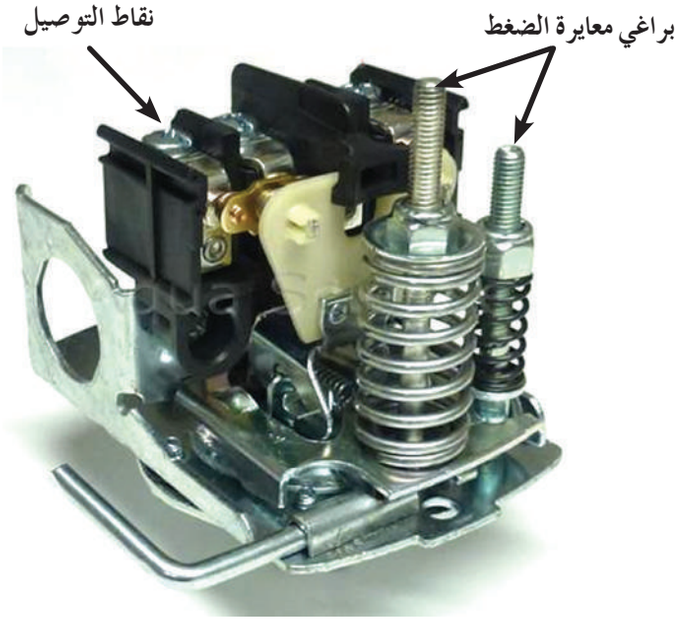
الشكل (5-17): جهاز الحماية الحراري.

تذكّر

بعض هذه الأجهزة لا تحتوي شاشة عرض، وإنما يُعاير بمفتاح خاص دون عرض درجة الحرارة.

جهاز التحكم بالضغط (Pressure Switch)

هو جهاز يستخدم في حماية المضخات وضاغطات الهواء عند ارتفاع ضغط المياه أو الهواء في الأنابيب عن الحد المطلوب، إذ يُعاير حسب ضغط معين يتناسب والنظام الذي سيعمل عليه عن طريق براغي خاصة ، وإذا زاد الضغط عن الحد المطلوب، فسيفصل الدارة الكهربائية، ويحتوي هذا الجهاز عدة نقاط توصيل (NC/NO) كما في الشكل (5-18).



الشكل (5-18): جهاز التحكم بالضغط.

تذكَّر

هناك جهاز للتحكم في تشغيل مضخات المياه أتوماتيكيًّا وفصلها يسمى صمام الضغط (Easy Press)، يعمل على نظام المجس المغناطيسي، فهو يشغل المضخة تلقائيًّا عند فتح محبس مرور المياه الخارجة منه وتدفق المياه خلاله، ويفصل التيار الكهربائي عن المضخة بعد عدة ثوانٍ من إغلاق محبس المياه الخارج، أو إذا لم تمر المياه خلاله حفاظًا على سلامة المضخة، كما في الشكل (5-19).

الشكل (5-19): **Easy press.**

مفتاح الطفو (العوامة الكهربائية) FLoat Switch

أحيانًا لا تصل المياه من الشبكة المياه الرئيسة إلى بعض الشقق السكنية المرتفعة؛ لذا يلجأ البعض إلى وضع خزان أرضي، ومن ثَمَّ، ضخ المياه إلى الأعلى بمضخة خاصة، وحينئذٍ يحتاج الأمر إلى متابعة مستمرة لكيلا تنفد مياه الخزان، لذلك تُركّب عوامة كهربائية للتحكم في مستوى المياه في الخزان، وتحتوي هذه العوامة مفتاحًا داخليًّا يحتوي ملامسات مغلقة ومفتوحة، ومعزولة عن المياه، تتغير وضعيتها حسب منسوب المياه الذي ضبطت معايرته، ويحدث خلاله التحكم في تشغيل التيار الكهربائي وفصله عن المضخة حسب المطلوب، والشكل (5-20) يبين أحد أنواع مفاتيح الطفو.

الشكل (5-20): أحد أنواع مفاتيح الطفو.

تذكّر

ينصح بتوصيل فولتية منخفضة عن طريق محول خافض أو جهاز الحارس المائي عند استعمال نظام العوامات؛ لكيلا يتعرض الأشخاص العاملون لأي تسريب كهربائي قد يعرضهم للصعقة الكهربائية.

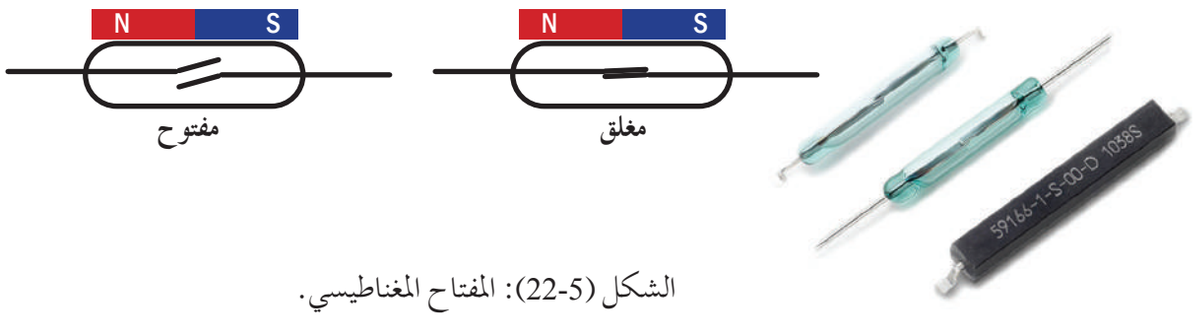
مفتاح التحكم في التدفق (Solenoid Valve Switch)

يستعمل هذا المفتاح لتمرير السوائل أو الغازات عبر الأنابيب، إذ يحتوي ملفًّا وقلبًا مغناطيسيًّا مرتبطين بذراع ميكانيكية، حيث يكون مغلقًا في حالة فصل التيار الكهربائي عنه، ويعمل عند وصول إشارة كهربائية إلى ملفه، وعند انقطاع الإشارة الكهربائية يغلق المحبس ويعود إلى وضعه الطبيعي، والشكل (5-21) يوضح هذا النوع من الأجهزة:

الشكل (5-21): مفتاح التحكم في التدفق.

تذكَّر

هناك نوع من هذه المفاتيح يحتوي مفتاحًا مغناطيسيًّا داخليًّا، تتغير وضعيته عند تأثره بقطعة مغناطيسية تتحرك نتيجة تعرضها إلى تدفق المياه داخل المحبس نفسه، الذي يؤدي إلى توصيل الإشارة الكهربائية إلى المضخة تلقائيًّا عند مرور المياه، وعند إغلاق المياه أو انقطاعها بفصل الإشارة الكهربائية، كما هو الحال في مضخة فلاتر المياه المنزلية ومضخة سخانات المياه التي تعمل بالغاز الطبيعي، والشكل (5-22) يوضح بعض أنواع هذه المفاتيح.



الشكل (5-22): المفتاح المغناطيسي.

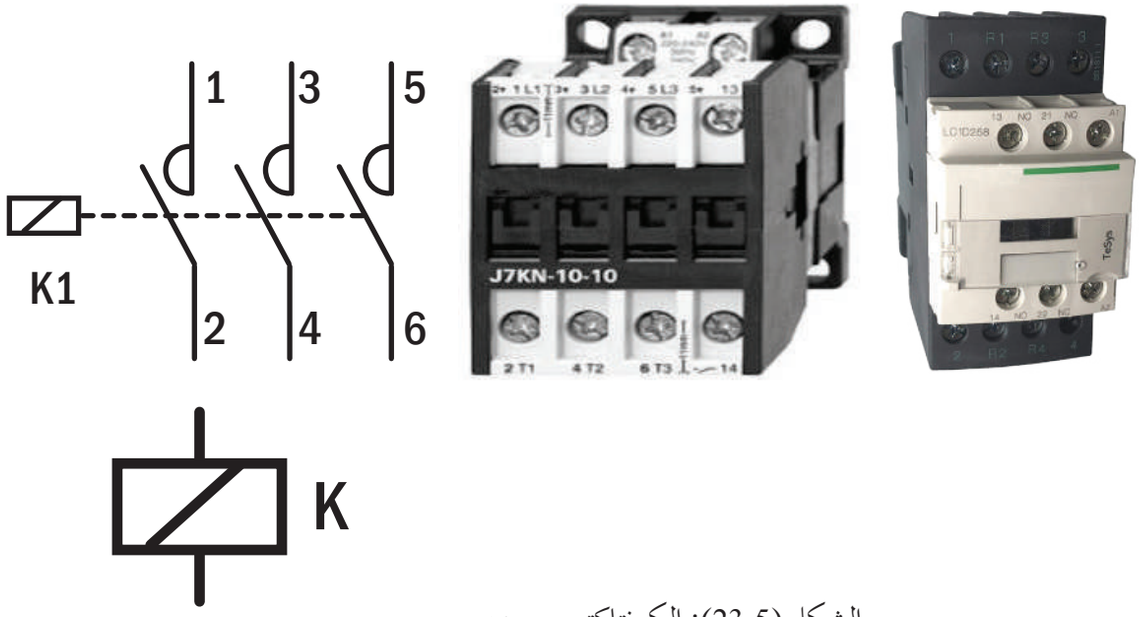
المفاتيح الكهرومغناطيسية

تعدّ المفاتيح الكهرومغناطيسية عنصرًا أساسيًّا في أنظمة التحكم والتشغيل الصناعية، التي تستخدم في دارة التحكم لتنظيم سير العمل وفي دارة التشغيل لتغذي الأحمال الكهربائية.

ومن هذه المفاتيح ما يأتي:

المفتاح الكهرومغناطيسي (CONTACTOR)

هو مفتاح تشغيل وفصل آلي، يُتحكّم فيه عن طريق ملف كهرومغناطيسي (**Coil**)، ويُغذّى بالتيار الكهربائي، إذ يتكون مجال مغناطيسي حول الملف عند تغذيته بالتيار الكهربائي،الذي يجذب القلب الحديدي المرتبط بتماسات من سبيكة الفضة التي تفصل وتصل بين أطرافها حسب التصميم المطلوب، فعند مرور التيار بهذا الملف يغلق الكونتاكتور التلامسات المفتوحة، ويفتح التلامسات المغلقة، بحسب حاجة النظام المطلوب، والشكل (23-5) يبين(**CONTACTOR**) ورمزه في المخططات الكهربائية.



الشكل (5-23): الكونتاكتور ورمزه.

يتكون الكونتاكتور من الأجزاء الرئيسة الآتية:

1 - **القلب الحديدي ونابض الإرجاع**

يشبه في تكوينه القلب الحديدي للمحول الكهربائي، ويتكون من جزأين: ثابت ومتحرك مرتبطين بنابض إرجاع، حيث يتأثر بالمجال المغناطيسي الناتج من الملف الكهربائي عند توصيله بالتيار الكهربائي، الذي يفصل ويصل الملامس ميكانيكيًّا بتأثير المجال المغناطيسي.

2 - **التلامسات الرئيسة والمساعدة**

يحتوي الكونتاكتور تلامسات متعددة يستعمل كل منها حسب ما صمم له، وهناك نوعان من التلامسات الموجودة في الكنتاكتور: التلامسات الرئيسة، والتلامسات المساعدة (المغلقة والمفتوحة).

أ – التلامسات الرئيسة(**Main Contacts**): وهي التلامسات التي توصل بين المصدر وأطراف الحمل الكهربائي، تختار حسب قدرة الحمل المراد تشغيله.

غالبًا ما يحتوي الكونتاكتور ثلاثة تلامسات رئيسة تكون في وضع مفتوح (**NO**) (**Normally Open**) أو بحسب حاجة النظام.

أرقام الأطراف الثلاثة الأولى (**L3-L2-L1** أو **1، 3، 5**)، بوصفها أطراف دخول التغذية الكهربائية الرئيسة إلى الكونتاكتور.

والأطراف الثلاثة الأخرى أرقامها (**T3-T2-T1** و **2، 4، 6**) وهي أطراف خروج التغذية الكهربائية إلى الحمل.

ب – التلامسات المساعدة (**Auxiliary Contacts**): تستخدم التلامسات المساعدة بحسب الحاجة في مخططات دارة التحكم.

ومن هذه التلامسات ما تكون في وضعها الطبيعي مفتوحة (غيرمتصلة) وتسمى (**Normally Open**) وتختصر بالأحرف (**NO**)، وفي أغلب الأحيان تكون النقاط المساعدة المفتوحة بالرقمين (3-4) في منزلة الآحاد، مثل:

(**13-14**) (**23-24**) –(**63 -64**) (**53-54**) – (**43-44**) – (**33-34**) وهكذا.

ومنها أيضًا ما تكون في وضعها الطبيعي مغلقة (متصلة) (**Normally Closed**)، وتختصر بالأحرف (**NC**)، وفي أغلب الأحيان، تكون النقاط المساعدة المغلقة بالرقمين (**2-1**) في منزلة الآحاد مثل: (**12-11**)–(**22-21**)– (**32-31**)–(**61-62**) – (**51-52**) – (**41-42**) وهكذا.

فكِّر

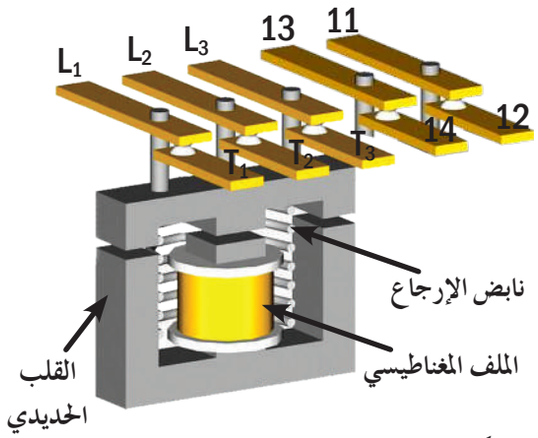
كيف يمكن تحديد صلاحية النقاط المساعدة (NC- NO) باستعمال جهاز الآفوميتر.

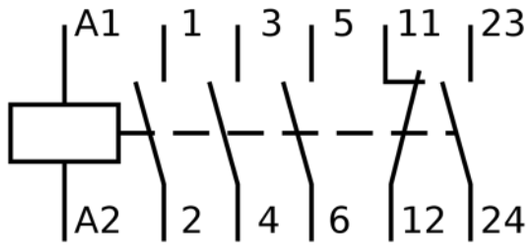
أطراف ملف الكونتاكتور (Coil)

جـ – الملف الكهربائي في (الكونتاكتور) هو ملف نحاسي معزول بالورنيش، مثبت حول قلب حديدي لتكوين مجال مغناطيسي عند توصيل أطرافه بالتيار الكهربائي المناسب، وغالبًا يكون لملف الكونتاكتور طرفان، وغالبا ما يرمز إليها بالرمزين (**A2-A1**) أو بحسب تصميم الشركة الصانعة، وعند قياسهما بوساطة الأوميتر، سيعطي قيمة معينة لمقاومة الملف التي تتناسب طرديًّا مع فولتية الملف، وتتوفر للكونتاكتورات ملفات تعمل على قيم فولتيات مختلفة، فمنها ما يعمل على التيار المتناوب (**AC**) ومنها ما يعمل على التيار المباشر (**DC**)، بحسب النظام المطلوب.

من أمثلة قيم بعض الفولتيات المستخدمة ما يأتي:

(**12v، 24v ، 48v، 400v، 230v، 110v**)، والشكل (5-24) يبن التركيب الداخلي للكونتاكتور.





الشكل (5-24): التركيب الداخلي للكونتاكتور.

فكِّر

1 – ملف كونتاكتور يعمل على فولتية (220V-AC)، وملف آخر يعمل على فولتية (110-AC)، أي الملفين مقاومته أكبر؟

2 – كيف يمكن تحديد صلاحية ملف الكونتاكتور، باستعمال جهاز الأفوميتر؟

تذكَّر

الرمز AC الموجود في جدول مواصفات الكونتاكتور، يحدد عمل الكونتاكتور ضمن مواصفات خاصة منها:

- AC1 للدارات الأومية (P.F=1) مثل عمليات التسخين والإنارة، أي لا توجد عندنا XL ولا XC.
- AC2 تتعلق بمحركات ذات العضو الدائر الملفوف، ومن النادر استعمالها.
- AC3 تتعلق بالمحركات الحثية ذات القفص السنجابي، وهي أكثرها شيوعًا.
- AC4 مخصصة للفصل والوصل المتكرر خلال زمن قصير.

ملاحظة

يتوافر الكونتاكتور بقيم مختلفة للقدرة (KW) نذكر منها ما يأتي:

kw (4، 5.5، 7.5، 11، 15،18.5، 22، 30، 37، 45، 55، 75، 110)وغيرها

ويتوافر أحيانًا بالحصان الكهربائي (HP) حيث إنّ كل حصان كهربائي واحد = 746 واط

علمًا أن هناك أنواعًا كثيرة من الكونتاكتورات ذات قدرات وأحجام مختلفة.

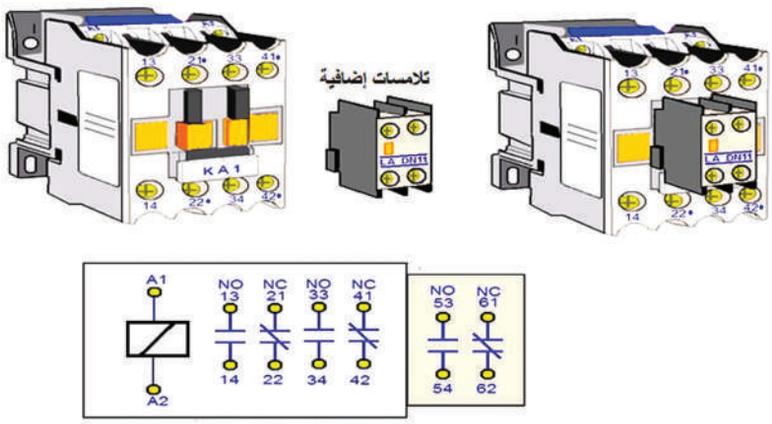
فكّر

إذا كانت قدرة الكونتاكتور (15kw)، كم تعادل قدرته بالحصان الكهربائي؟

بعض الكونتاكتورات تحتوي عددًا معينًا من نقاط التلامس المساعدة، ويمكن أن يضاف إليها عدد من النقاط المساعدة الإضافية بحسب الحاجة، حيث تصبح جزءًا من الكونتاكتور، وتتحرك بقوة المجال المغناطيسي للملف نفسه كما في الشكل (5-25).

الشكل (5-25): نقاط تلامس مساعدة يتم تزويدها على الكونتاكتور.

وبعض هذه الكونتاكتورات يستعمل كريليه مساعد يشبه في شكله الكونتاكتور، ولكنه يحتوي فقط نقاطًا مساعدة ولا يحتوي نقاطًا رئيسة ($L-L_2-L_3$)، لذلك يستخدم في دارة التحكم، ولا يستخدم في دارة القدرة كما في الشكل (5-26).



الشكل (5-26): كونتاكتور مساعد.

وعند الحاجة لاستبدال أحد الكونتاكتورات، يجب معرفة بعض البيانات الأساسية، وهي:

1 – نوع الحمل المراد تشغيله (أحادي الطور ثلاثي الأطوار).

2 – قدرة (الحمل) الذي سيتم تشغيله عن طريق هذا الكونتاكتور.

3 – فرق الجهد الذي تعمل عليه دارة التحكم (فولتية ملف الكونتاكتور).

4 – عدد نقاط التلامس المساعدة (المفتوحة والمغلقة).

وكلما كانت قدرة الكونتاكتور أكبر من قيمة تيار الحمل، فإن ذلك يعطي للكونتاكتور عمرًا أطول في العمل، وذلك تبعًا لنوع الحمل وعدد مرات الفصل والتشغيل، مع مراعاة الجانب المادي للتكلفة، والجدول (5-2) يبين نموذج لمواصفات بعض الكونتاكتورات يبين القدرة والتيار لكل كونتاكتور.

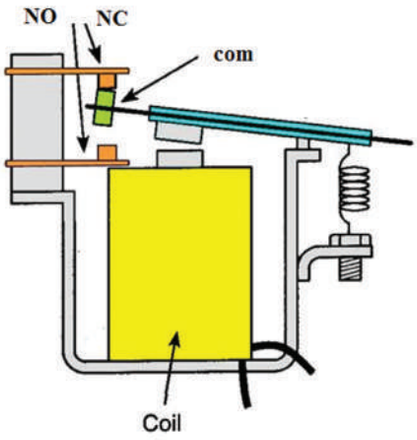
الجدول (5-2): نموذج لمواصفات بعض الكونتاكتورات.

	220v	380v	415v	440v	660v
A	kw	kw	kw	kw	kw
9	2.2	4	4	4	5.5
12	3	5.5	5.5	5.5	7.5
16	4	7.5	9	9	7.5
25	5.5	11	11	11	15
32	7.5	15	15	15	18.5
40	11	18.5	22	22	30
50	15	22	25	30	33
63	18.5	30	37	37	37
80	22	37	45	45	45

تذكّر

عند تشغيل السخانات الكهربائية الخاصة بالأفران الصناعية – يجب استعمال كونتاكتورات ذات مواصفات خاصة بتلك الأجهزة بالتنسيق مع الوكيل المعتمد لهذه الأجهزة .

المرحل الكهرومغناطيسي (الريليه) (RELAY)

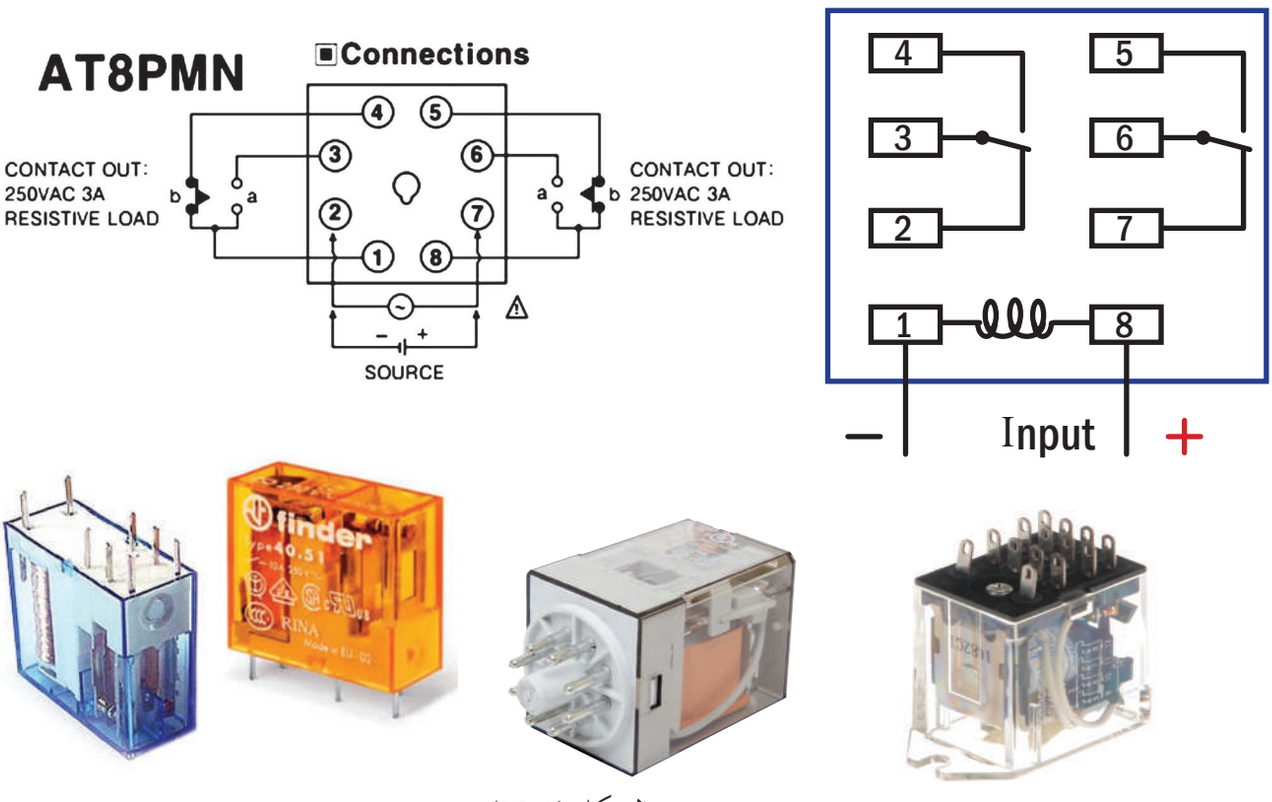


الشكل (5-27): المرحل الكهرومغناطيسي.

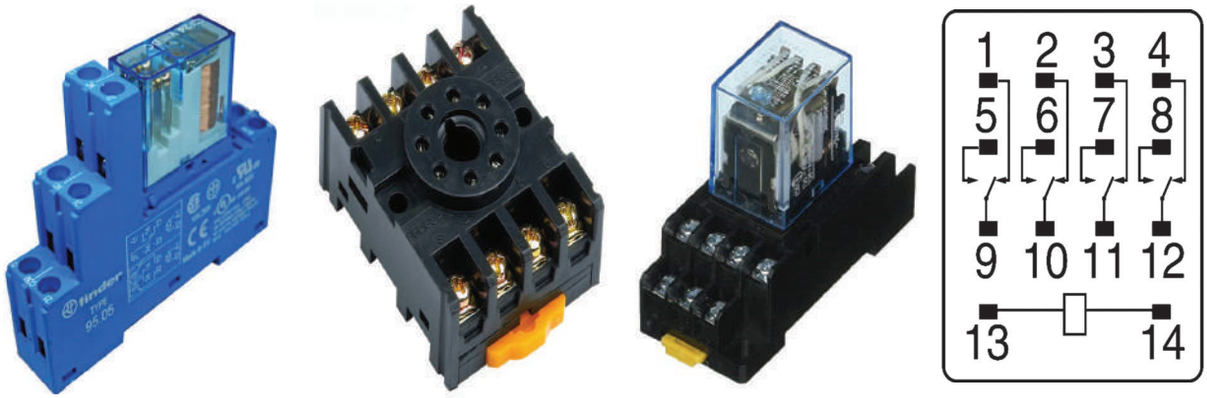
يعدّ الريليه من المفاتيح الكهرومغناطيسية ذات القدرات الصغيرة،حيث يعمل على مبدأ عمل الكونتاكتور نفسه، ولكن يتميز بأن قدرته صغيرة،ويتحمل تيارات قليلة، إذ يستخدم في دارة التحكم ولا يستخدم في دارة القوى، وله ملف (**Coil**)، إما أن يعمل بالتيار المباشر وإما بالتيار المتناوب، وتلامسات مغلقة وأخرى مفتوحة كما هو الحال في الكونتاكتور انظر إلى الشكل (5-27).

يرمز إلى طرفي ملف الريليه (**A2 – A1**) أو (**2 - 7**) أو (**1-8**) أو (**2-10**) أوغير ذلك بحسب تصميم الشركة الصانعة.

وعند وصول التغذية لملف الريليه، فإن تلامساته تعكس وضعيتها، كما هو الحال في الكونتاكتور، وعند فصل التغذية عن الملف، فإنها تعود إلى وضعها الطبيعي، والشكل (5-28) يبين بعض أنواع الريليهات ومخططاتها الداخلية.

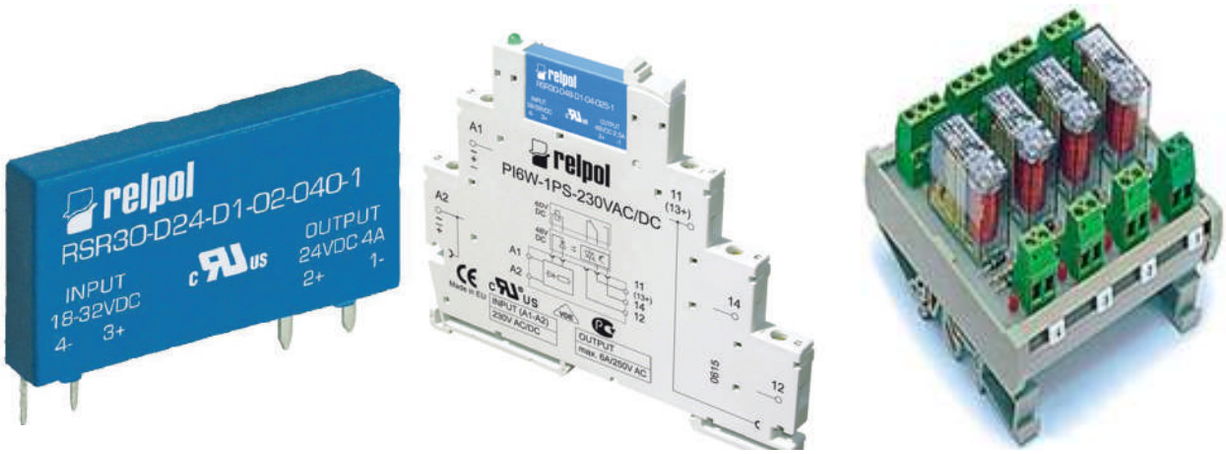


الشكل (5-28)



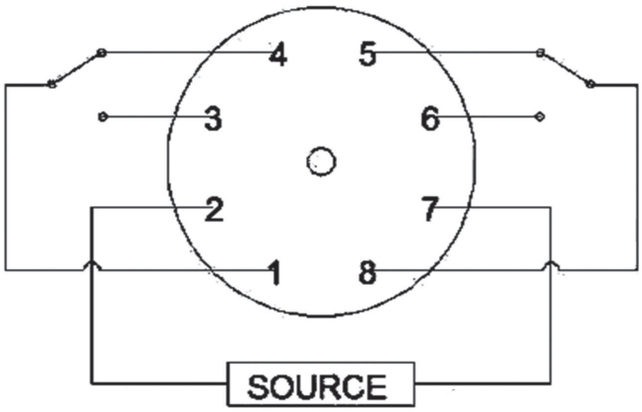
الشكل (5-28): المرحل الكهرومغناطيسي الريليه (**RELAY**).

ويوجد بعض أنواع الريليهات ذات استعمالات خاصة تسمى (**Slimline Relays**) كما في الشكل (5-29).



الشكل (5-29) (**Slimline Relay**).

ومن الشكل (5-30) يمكن تعرّف أطراف أحد الريليهات بحسب المخطط المرفق.



الشكل (5-30): أطراف أحد الريليهات.

1 – طرفا ملف الريليه (Coil) (2 – 7) مع المصدر ولكل ملف جهد محدد يعمل عليه كما هو الحال في الكونتاكتور.

2 – التلامس الأول: يرمز إلى النقطة الرئيسة للتلامس بالرقم (1) و إلى طرف التلامس المفتوح بالرقم (3)، وإلى طرف التلامس المغلق بالرقم (4)

3 – التلامس الثاني: يرمز إلى النقطة الرئيسة للتلامس بالرقم (8) وإلى طرف التلامس المفتوح بالرقم (6) وإلى طرف التلامس المغلق بالرقم (5).

تذكَّر

- **تتعرض أحيانًا تلامسات الكونتاكتور والريليهات للتلف لعدة أسباب منها:**
- **حدوث قصر على التلامسات.**
- **سريان تيار أعلى من التيار المقنن للتلامسات لفترات طويلة.**
- **تعرض الكونتاكتور والريليه لعملية فصل وتشغيل متكررة على نحو يتعدى مواصفات الشركة الصانعة**
- **انتهاء العمر التشغيلي للتلامسات.**

والشكل (5-31) يبين بعض أنواع التلامسات الصالحة والتالفة.

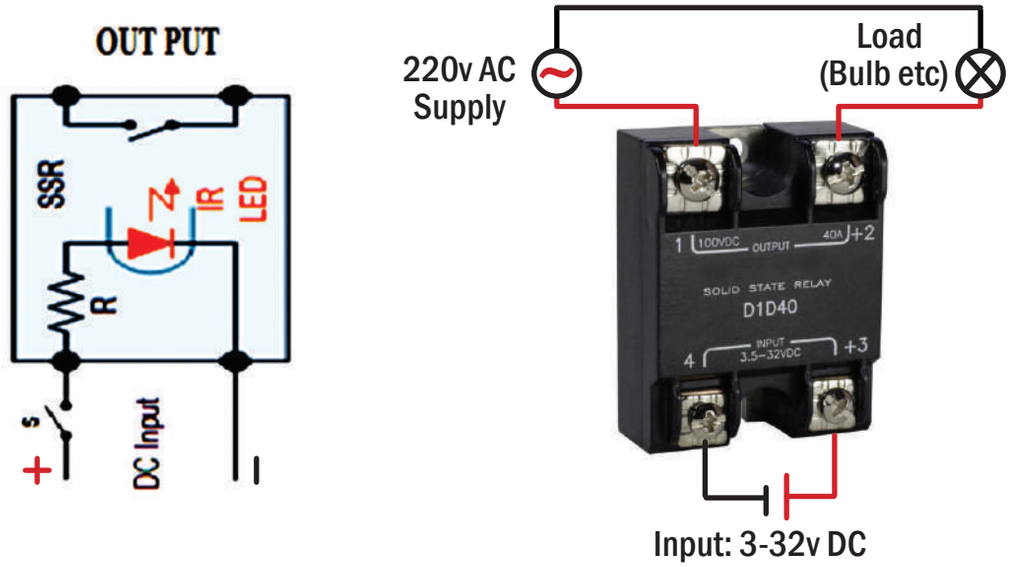
الشكل (5-31): بعض أنواع التلامسات الصالحة والتالفة.

فكِّر

أي التلامسات صالحة وأيها غير صالح في الشكل السابق.

معلومة

يوجد نوع آخر من المرحلات يسمى مرحل الحالة الصلبة الإلكتروني (Solid State Relay) و هو نوع من أنواع المرحلات ذات الاستعمالات الخاصة، الذي لا يحتوي جزءًا ميكانيكيًّا متحركًا على عكس المرحل الاعتيادي، حيث يعمل عن طريق استعمال العناصر الإلكترونية، كما في الشكل (32-5).



الشكل (5-32): مرحل الحالة الصلبة الإلكتروني.

ينصح باستعمال هذا الريليه في الأماكن التي تحتوي مواد أوغازات قابلة للاشتعال، كما هو الحال في مصانع مادة (التنر) ومصانع (الغاز الطبيعي)، علّل ذلك.

نشاط

ابحث في الإنترنت عن مرحل (solid state relay)، واكتب تقريرًا عن أنواعه واستعمالاته.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

المجسات الكهربائية

المجس (الحساس) الكهربائي هو جهاز يحول المقادير الفيزيائية مثل الحرارة والضغط والضوء إلى مقادير كهربائية مثل الفولتية و التيار والمقاومة، يمكن استقبالها والتحكم فيها عن طريق أجهزة خاصة.

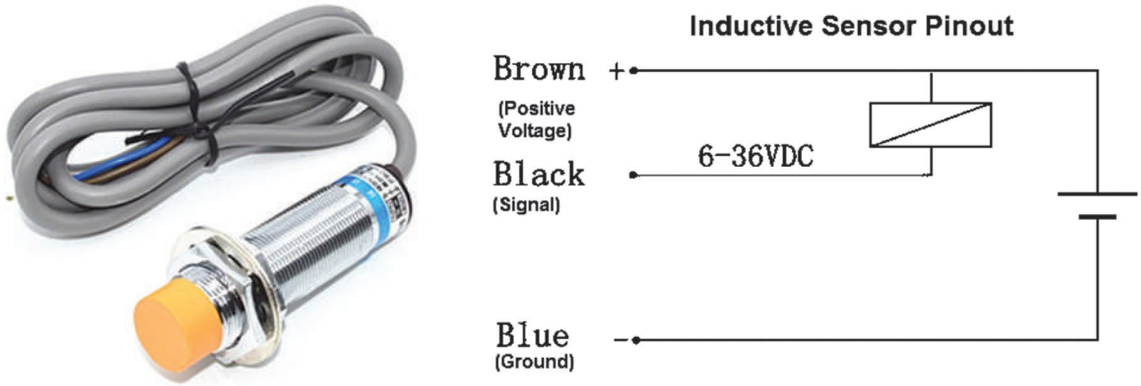
وتحتوي الآلات الصناعية عددًا كبيرًا من المجسات الكهربائية، التي لها دور كبير في تنظيم أعمال خطوط الإنتاج الصناعية. ومن أهم هذه المجسات ما يأتي:

1 - المجسات التقاربية (Proximity Sensors):

هو جهاز متطور يؤدي وظيفة المفاتيح الحدية ويحتوي على عناصر إلكترونية، حيث تتغير وضعية نقاطه الداخلية عند مرور جسم ما أمامه بمسافة معينة بحسب تعليمات الشركة الصانعة، مع ملاحظة أنه لا يوجد تلامس ميكانيكي بين الجهاز والعنصر المتحرك.

ويوجد منها أنواع مختلفة، فمنها ما يستشعر الأجزاء المعدنية التي تتأثر بالمجال المغناطيسي مثل الحديد في المجسات التقاربية الحثية (Inductive Proximity Sensor).

ومنها ما تستشعر المواد المعدنية أو العازلة وغيرها مثل البلاستيك والكرتون مثل المجسات التقاربية السعوية (Capacitive Proximity Sensor)، والشكل (5-34) يوضح بعض هذه الأجهزة.



الشكل (5-34): المجسات التقاربية.

2 - المجسات الكهروضوئية : (Photo Electric Sensor)

تستخدم المجسات الكهروضوئية في المجالات الصناعية بكثرة، أهمها:

أ – **مجس ضوئي**: يتكون من جزأين (مرسل ومستقبل) يثبت المرسل في بداية المسافة والمستقبل في نهايتها. ويبعث المرسل شعاعًا إلى المستقبل. فإذا قطع أي شيء هذا الشعاع يغير المجس وضع تلامساته، ويستخدم في السلالم المتحركة و الأبواب الكهربائية للمصاعد وغيرها.

ب– **مجس يصدر أشعة غير مرئية**: يتكون من جزء واحد، إذ تتغير نقطة التلامس داخله عند مرور جسم ما أمامه وانقطاع الأشعة الصادرة، ويصمم ضمن مسافات قليلة بحسب تعليمات الشركة الصانعة، والشكل (5-35) يوضح بعض هذه الأجهزة.

الشكل (5-35): المجسات الكهروضوئية.

3 - **المجسات الحرارية (Thermal Sensors)**:

تعدّ المجسات الحرارية من المجسات المهمة في عمليات الإنتاج، فهي تراقب درجة الحرارة للمحركات وأنظمة التسخين والتبريد وغيرها، ومن أهم هذه المجسات ما يأتي:

أ- **الازدواج الحراري (Thermocouple)**: يتكون هذا المجس من معدنين مختلفين يختلف معامل تمددهما. إذ يعتمد مبدأ عمله على توليد فولتية (بالملي فولت) (**mV**) عند تعرض هذا المجس للحرارة، وتتناسب طرديًّا مع قيمة درجة الحرارة، ، والشكل (5-36) يوضح أحد هذه الأجهزة.

الشكل (5-36): مجس الازدواج الحراري.

ب- **المقاومة ذات معامل الحراري الموجب (Positive Temperature Coefficient- PTC)**:

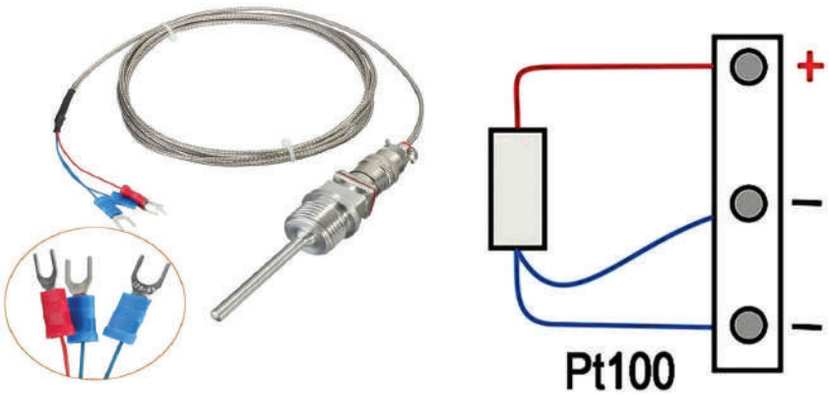
مقاومة تتغير قيمتها بتغير درجة الحرارة، فكلما زادت الحرارة، ارتفعت قيمة مقاومتها ولها طرفان.

جـ- **المقاومة ذات معامل الحراري السالب (Negative Temperature Coefficient- NTC)**:

مقاومة تقل قيمتها بازدياد درجة الحرارة، فكلما زادت الحرارة قلت قيمة مقاومتها، ولها طرفان، والشكل (5-37) يوضح بعض هذه المقاومات.

الشكل (5-37): المقاومة ذات المعامل الحراري الموجب والسالب.

د – **المقاومة (Pt100)**: مقاومة تتغير قيمتها بتغير درجة الحرارة، فكلما زادت الحرارة، ارتفعت قيمة مقاومتها وتكون قيمة مقاومتها (**100Ω**) عند درجة حرارة الصفر المئوي، فمثلًا عند الصفر تكون قيمة المقاومة (**100**) أوم، وعند درجة (**$10c^0$**) تكون (**103.9** أوم) وهكذا، وتتكون هذه المقاومة من ثلاثة أطراف، أحدهما رئيس واثنان فرعيان كما في الشكل (5-38).



الشكل (5-38): المقاومة (**Pt100**).

فكِّر

- **بعض المجسات الحرارية التي تستخدم في حماية المحركات، تحتوي حساسًا داخليًّا مغلقًا (NC) يوصل بدارة التحكم ليفصل الدارة عند تعرضه للحرارة الزائدة داخل المحرك، حيث يوصل على التوالي بدارة التحكم.**
- **يوجد بعض أنواع من المجسات تسمى (Transmitter Sensor) وهي مجسات إلكترونية تستخدم في نقل الإشارة إلكترونيًّا، التي تكون إما بالملي فولت (mV) أو بالملي أمبير (mA)، التي تنقل الإشارة إلى جهاز إلكتروني خاص يستقبل هذه الإشارة، ويكون متناسبًا مع نوع المجس المرسل ويحولها إلى إشارة أخرى أو قراءة، بحسب تصميم الشركة الصانعة.**

مرحل المؤقتات الزمنية الصناعية (التايمر) (Industrial Timers)

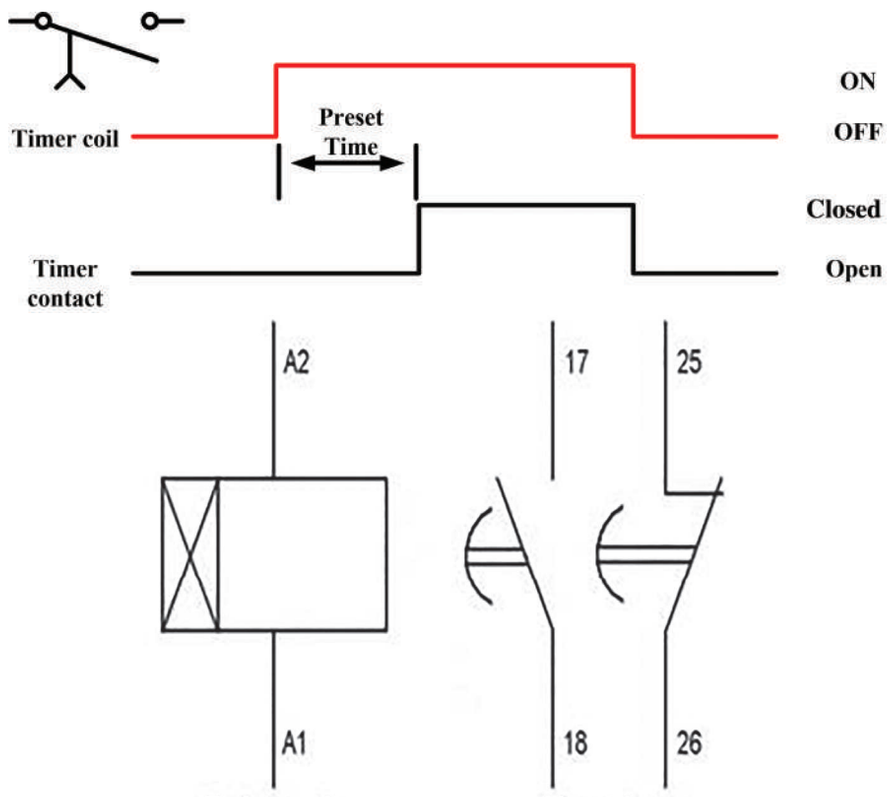
يعدّ المؤقت الزمني من العناصر المهمة في تركيب المحركات وخطوط الإنتاج الصناعية وتشغيلها، إذ يؤمّن فاصل زمني بين لحظة تطبيق الإشارة على ملف المؤقت نفسه ولحظة خروج الإشارة على التلامسات، أو بين لحظة انقطاع الإشارة عن المؤقت وبين لحظة انقطاع الإشارة عن التلامسات، فيحتوي المؤقت ملفًّا (Coil) وتلامسات مفتوحة وأخرى مغلقة. وتستخدم هذه التلامسات في الدارة الكهربائية حسب التطبيق المراد عمله، والشكل (5-39) يبين بعض أشكال هذه المؤقتات.

الشكل (5-39): مرحل المؤقتات الزمنية الصناعية (التايمر).

وتصنف المؤقتات الزمنية إلى عدة أنواع، أهمها ما يأتي:

1 – مؤقت تأخير الوصل (On Delay Timer)

تغير التلامسات وضعها بعد زمن معين من تغذية ملف المؤقت، حسب التوقيت الذي ضبط سابقًا، ثم يستمر فى العمل بصورة دائمة، وعند فصل التغذية عن الملف، تعود التلامسات إلى وضعها الطبيعي انظر إلى الشكل (5-40).



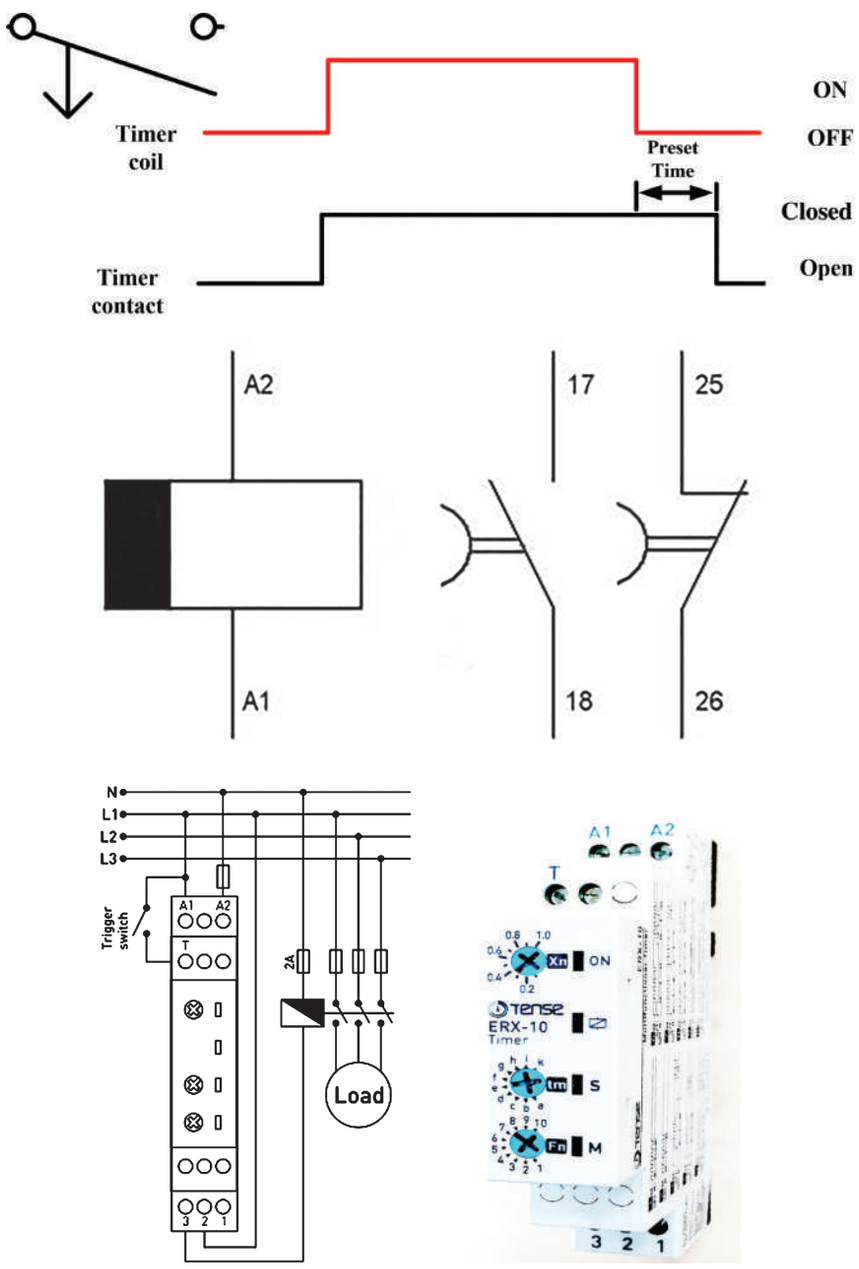
الشكل (5-40): مؤقت تأخير الوصل.

تذكَّر

يتطلب أحيانًا إخراج التايمر من الدارة بعد إنهائه من العمل للحفاظ على عمره التشغيلي، حسب مخطط دارة التحكم.

2 - مؤقت تأخير الفصل (Off Delay Timer)

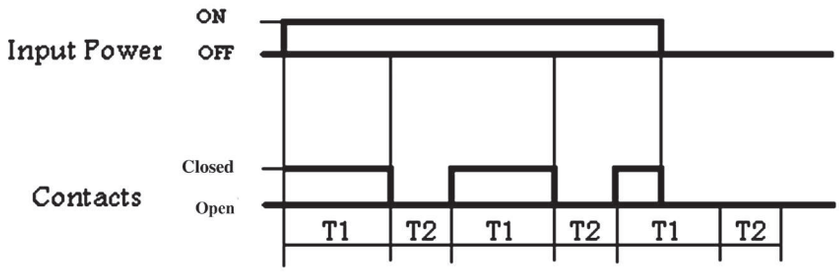
وهـذا النـوع عكس النوع السـابق، فالتلامسـات تغير وضعها فـور وصول التغذيـة إلى ملف المؤقت، وعند انقطاع الإشارة عن المؤقت يبدأ التوقيت، وعند انتهاء التوقيت، فإن التلامسات تعـود إلى وضعهـا الطبيعي. علمًـا أن اسـتمرارية التغذيـة لملـف التشـغيل يجـب أن تبقى تحت العمـل، ولكـن يحتـوي هـذا المؤقت نقطتـين خاصتين بفصل نظـام التأخير الزمني العكسـي (**Off Delay**)، يرمـز إليهـا أحيانًـا بحـرف (**T**)، كمـا في الشـكل (5-41).



الشكل (5-41): مؤقت تأخير الفصل.

3 – المؤقت الرعاش (Flashing Timer -Twin timer)

يوجد في هذا (التايمر) مؤقتان: أحدهما للوصل وآخر للفصل، وعند وصول التغذية لملف المؤقت، فإن تلامسات المؤقت تعكس وضعها مدة (T_1)، وعند انتهاء مدة (T_1)، تعود التلامسات إلى وضعها الطبيعي مدة (T_2)، وهكذا تتكرر العملية، وذلك ما دام ملف المؤقت يُغذى باستمرار دون انقطاع، ولكن في حالة انقطاع التغذية الكهربائية عن ملف المؤقت، فإن التلامسات تعود إلى وضعها الأصلي، ويستخدم هذا النوع من المؤقتات أحيانًا في خلاطات تجهيز الحليب والألبان. وتجدر الإشارة إلى وجود مكانين لمعايرة زمن الوصل وضبطه (T_1) وزمن الفصل (T_2) انظر إلى الشكل (5-42).

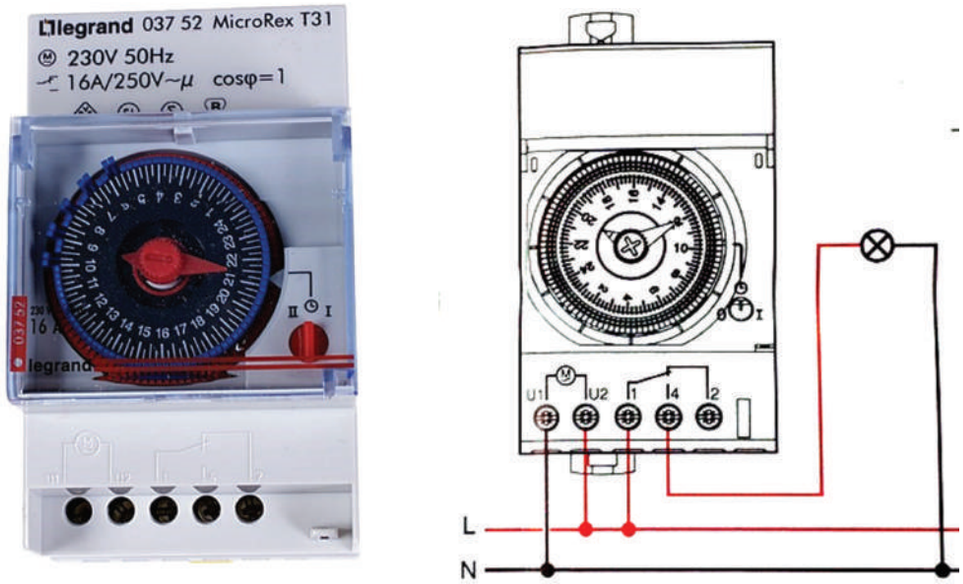


الشكل (5-42): المؤقت الرعاش.

منهاجي
متعة التعليم الهادف

4 – المؤقت الزمني 24 ساعة (TIMER 24 h)

يحتوي هذا المؤقت محركًا كهربائيًّا داخليًّا يدير قرص ميكانيكي خاص، وعلى ساعة توقيت زمنية تُضبط حسب التوقيت الحالي عند التشغيل، وعلى تلامسات مفتوحة وأخرى مغلقة. ويستخدم هذه التلامسات في الدارة الكهربائية بحسب التطبيق المراد عمله. يؤمن التايمر (24) ساعة توصيل متعدد بواساطة هذه التلامسات، إذ تُبرمج عبر قرص ميكانيكي خاص، جُزِّئ أجزاءً متعددة منها ما هو (15) دقيقة لكل جزء، ومنها ما هو (30) دقيقة لكل جزء، أو بحسب تصميم الشركة الصانعة. إذ تُختار الساعة والدقيقة المراد ضبطها للعمل، ويوجد مفتاح اختيار للمؤقت، إذ يمكن التحكم فيه من حيث استمرارية الإضاءة وإلغاء تفعيل المؤقت أو إلغاء تشغيل الإنارة نهائيًّا، بحسب حاجة النظام ، والشكل (5-43) يبين بعض أنواع هذه المؤقتات وطريقة التوصيل.



الشكل (5-43): المؤقت الزمني 24 ساعة.

تذكَّر

- عند فصل التيار الكهربائي عن محرك المؤقت لهذا التايمر، يجب إعادة ضبط الساعة الزمنية مرة أخرى حسب الوقت الحاضر لتشغيل المؤقت، علمًا أن هناك بعض المؤقتات زُوِّدت ببطارية خاصة للعمل مدة انقطاع التيار الكهربائي للمحافظة على ضبط ساعة التوقيت.

يوجد نوع آخر من هذه المؤقتات وهو المؤقت الإلكتروني، إذ يُبرمج عبر ضواغط خاصة حسب التوقيت المطلوب كما في الشكل (5-44).

الشكل (5-44): المؤقت الإلكتروني.

يوجد نوع آخر من هذه المؤقتات يكون متصلًا مع مقبس كهربائي بالوحدةٍ نفسها، إذ يوضع في أحد المقابس، ثم يوصل أحد الأحمال عليه (كالثلاجة مثلا)، إذ يضبط حسب ساعات العمل المطلوبة كما في الشكل (5-45).

الشكل (5-45): المؤقت مع مقبس.

5 – المؤقتات المبرمجة (Programmable Timer)

تشبه هذه المؤقتات في عملها مؤقتات (24) ساعة، إذ تستعمل هذه المؤقتات للتحكم في وصل دارة كهربائية وفصلها خلال ساعة معينة في يوم معين خلال أسبوع أو شهر أو سنة، ويستخدم هذا النوع من المؤقتات مثلًا في تشغيل جرس المدرسة أو في تنظيم تشغيل دارات البويلر، أو في وحدات الإنارة الخارجية للشوارع والمنشآت الصناعية وغيرها، و الشكل (5-46) يوضح بعض أنواع هذه المؤقتات.

الشكل (5-46): المؤقتات المبرمجة.

6 – مؤقت نجمي – مثلث

تعدّ المحركات الحثية ثلاثية الأطوار هي الأكثر استخدامًا في المجالات الصناعية، وغالبًا ما تستعمل المحركات ذات القدرات العالية ومنها المحركات الموصلة توصيلة المثلث (Delta)، لذا لا بد من استعمال دارة الإقلاع (نجمي مثلث) عند تشغيل هذا النوع من المحركات، لتقليل تيار الإقلاع في بداية التشغيل، ثم يحوَّل إلى توصيلة المثلث، كما ذكر في الفصل الأول. لذا لا بد من استعمال مؤقت خاص يجري هذه العملية وهو مؤقت نجمي مثلث (Star -Delte). ويحدَّد وقت يتراوح بين (5-7) ثوانٍ لإجراء عملية التحويل، أو حسب نوع المحرك وتصميم الشركة الصانعة،حيث يوصل الكونتاكتور الخاص بتوصيلة النجمة في بداية التشغيل، وبعد عدة ثوانٍ يُفصل ويُشغل الكونتاكتور الخاص بتوصيلة المثلث، ويستمر المحرك بالعمل عليه بعد مدة الإقلاع، علمًا أن المؤقت المستخدم هو تأخير الوصل (On DelayTimer)، مع ملاحظة وجود مؤقت آخر إضافي بداخله، الذي يكون خاصا

بعملية تأخير التحويل نفسها، ليتسنى لكونتاكتور النجمة الخروج من الدارة خروجًا كاملًا، ثم توصيل الكونتاكتور الخاص بتوصيلة المثلث، وذلك أكثر أمانًا حتى لا يحدث تداخل بين الكونتاكتورين. ويفضل أن تكون الفترة الزمنية المطلوبة تتراوح على الأقل بين (50 - 90) ملي ثانية لعدم تداخل الكونتاكتورين معًا، إذ يكون لها معيار خاص بذلك. الشكل (5-47) يوضح هذا النوع من المؤقتات.

الشكل (5-47): مؤقت نجمي – مثلث.

فكِّر

ماذا يحدث لو تداخل الكونتاكتوران معًا (النجمي والمثلث) في الوقت نفسه؟

ابحث

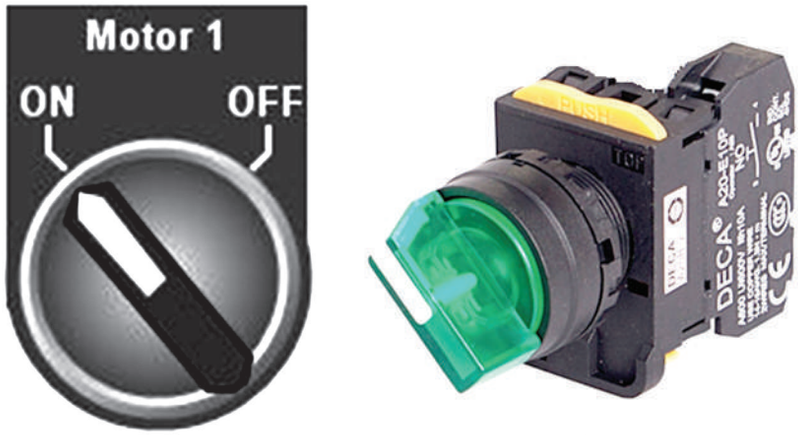
يوجد نوع من المؤقتات يسمى المؤقت الهوائي، يثبت فوق الكونتاكتور ليعمل معه مثل مساعد الكونتاكتور، ويعمل هذا المؤقت على نظام تفريغ الهواء داخل حجرة خاصة، تلك التي يُتحكَّم فيها عن طريق عجلة خاصة بذلك،اكتب تقريرًا عن هذا النوع ثم اعرضه على زملائك.

المفاتيح والضواغط

تعدّ المفاتيح والضواغط من العناصر الأساسية في تشغيل أنظمة التحكم الصناعي، وفي هذا الدرس أهم الأنواع المستخدمة في دارات أنظمة التحكم الصناعية، وهي كما يأتي:

1 – **مفتاح اختيار ذو موضعين (ON-OFF) (Selector Switch 2 Positions)**

ويحتوي نقطتي توصيل، ويستعمل عندما يكون هناك مرحلة واحدة فقط للتشغيل والفصل (on /off) كما في الشكل (5-48) .



الشكل (5-48) : مفتاح اختيار ذو موضعين (0-1).

2 – **مفتاح اختيار ذو ثلاثة مواضع (1-0-2) (Selector Switch 3 Positions)**

يستعمل عند عمل مرحلتين للتشغيل كاختيار محركين للعمل، أو اختيار نظام يدوي أوتوماتيكي، أواختيار عكس دوران المحرك وما شابه. ويحتوي أربع نقاط توصيل بحيث تكون نقطتان لكل اتجاه، كما في الشكل (5-49) .

الشكل (5-49): مفتاح اختيار ذو ثلاثة مواضع (1-0-2).

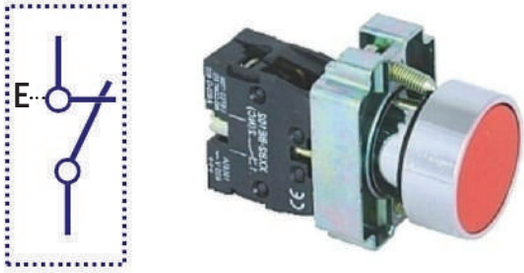
3 – ضاغط تشغيل Bush Button (NO)

يستخدم في التشغيل اللحظي للدارة الكهربائية،مع الحاجة إلى نقاط مساعدة في الكونتاكتور عند الحاجة إلى استمرارية في العمل، وتكون في الوضع الطبيعي نقاطًا مفتوحة، وتوصل على التوازي ببعضها في الدارة عند الحاجة إلى أكثر من ضاغط تشغيل. يبين الشكل (5-50) شكل الضاغط ورمزه .

الشكل (5-50): ضاغط تشغيل (NO).

4 – ضاغط إيقاف Bush Button (NC)

يستخدم في فصل الدارة الكهربائية ويوصل على التوالي بدارة التحكم، وتكون في الوضع الطبيعي نقاطًا مغلقة، وتوصل على التوالي مع الدارة المراد فصلها، أو عند الحاجة إلى أكثر من ضاغط إيقاف يبين الشكل (5-53) شكل الضاغط ورمزه.



الشكل (5-51): ضاغط إيقاف (NC).

5 – مصابيح البيان (Indicator Lamp)

تستعمل لإظهار إشارة للمستخدم، كما هو الحال في حالة التشغيل والفصل والعطل وغيرها، ويوجد منها أنواع متعددة، فمنها ما يكون وحدة متكاملة (**LED**)، ومنها ما يكون وحدة منفصلة، إذ يركب مصباح منفصل يمكن استبداله عند تلفه، وتصمم هذه المصابيح للعمل على فولتيات مختلفة حسب حاجة النظام، والشكل (5-52) يوضح بعض أنواع هذه المصابيح.

الشكل (5-52): مصابيح البيان.

تذكَّر

هناك نوع من الضواغط تحتوي ضاغط إيقاف وتشغيل معًا في الوحدة نفسها، ومنها أيضًا ما يحتوي مصباح بيان، كما في الشكل (5-55).

الشكل (5-53): ضاغط إيقاف وتشغيل معًا في الوحدة نفسها.

تذكَّر

في بعض الأنواع يمكن إضافة مفاتيح إضافية على المفتاح نفسه للتحكم بعدة أوامر إضافية في الوقت ذاته، بحسب حاجة النظام، كما في الشكل (5-54) .

الشكل (5-54): مفاتيح إضافية على المفتاح نفسه.

6 – ضاغط إيقاف حالة الطوارئ (Emergency Stop)

يستخدم في فصل الدارة عند الحالات الطارئة، وفي حالات أعمال الصيانة، علمًا بأن منها ما يحتوي قفلًا خاصًّا بتأمين السلامة من عدم التشغيل في أثناء إجراء عملية الصيانة، توصل على التوالي مع دارة التحكم، وتكون في الوضع الطبيعي نقاطًا مغلقة كما في الشكل (5-55).

الشكل (5-55): ضاغط إيقاف حالة الطوارئ.

تذكَّر

تستعمل أحيانًا وحدات خاصة للرافعات تحتوي ضواغط عدة بحسب حاجة النظام، كما في الشكل (5-56).

الشكل (5-56): وحدات خاصة للرافعات.

7 – زامور التنبيه ومصباحه

يستخدم أحيانًا زامور تنبيه عند فصل أحد المحركات أو الآلات، وخصوصًا عند وجود صوت ضجيج في موقع العمل؛ ما يلفت انتباه العاملين لعملية الفصل، وعادةً يتصل به مصباح للتنبيه كما في الشكل (5-57) .

الشكل (5-57): زامور التنبيه ومصباحه.

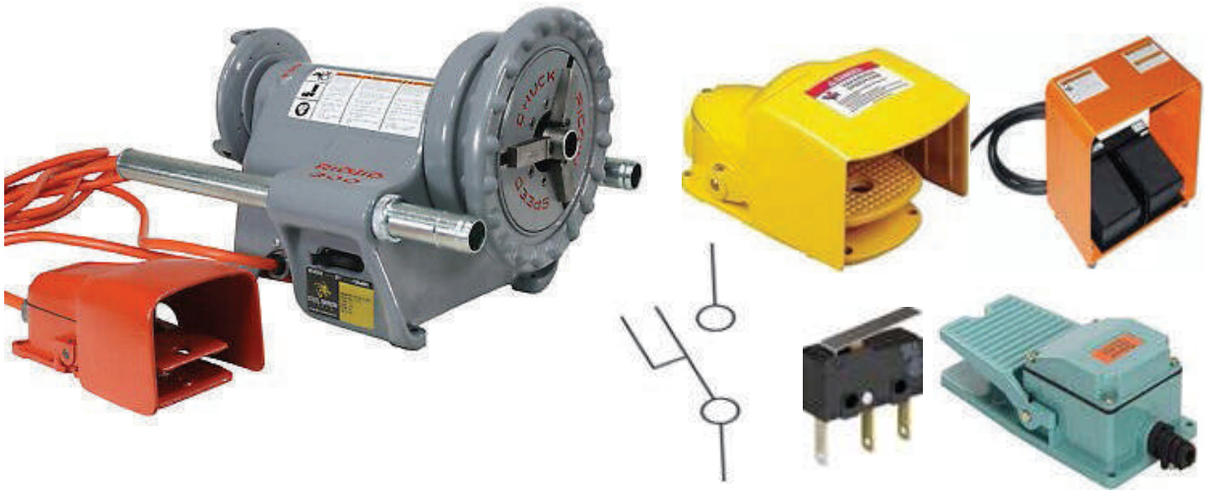
تذكَّر

تركب العناصر السابقة بطرائق متعددة كما في الشكل (5-58) .

الشكل (5-58): بعض طرائق تركيب الضواغط.

8 – مفاتيح القدم (Foot Switch)

تستعمل أحيانًا مفاتيح تضغط بوساطة القدم، إذ تستخدم في حالات خاصة، كما هو الحال في بعض الآلات الصناعية، و الشكل (5-59) يوضح بعضًا منها.



الشكل (5-59): مفاتيح القدم.

9 – مفاتيح نهاية الشوط (Limit Switch)

تستعمل هذه المفاتيح لحماية الأجزاء المتحركة ضمن حيز محدد، إذ تحتوي داخلها مفتاح تلامس صغيرًا يوصل بالدارة المراد حمايتها كما في الشكل (5-60) .

الشكل (5-60): مفاتيح نهاية الشوط.

10 - المفاتيح الحدية (Limit Switchs)

هي مفاتيح تحتوي نقطة تلامس مفتوحة أو مغلقة أو أكثر، وبه يحدث التحكم في بداية شوط عمل لجزء ميكانيكي متحرك أو نهايته، فعند تلامس الجزء الميكانيكي المتحرك لهذا الجهاز (عن طريق كامة أو ذراع خاص) تتغير وضعية النقاط المفتوحة والمغلقة، إذ تصبح المفتوحة مغلقة والمغلقة مفتوحة، و تستخدم كثيرًا في خطوط الإنتاج الصناعية وأبواب الآلات الصناعية لحماية العامل من الإصابة الميكانيكية عند العمل على الأجهزة المتحركة كما في الشكل (5-33).

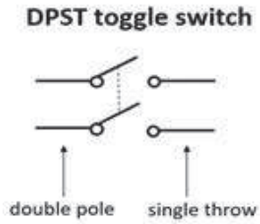
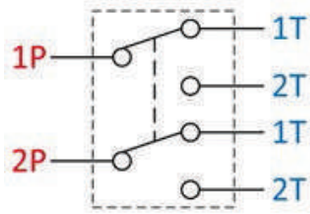
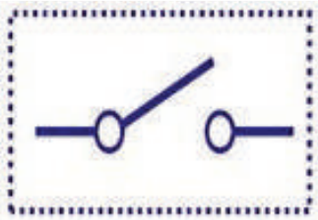
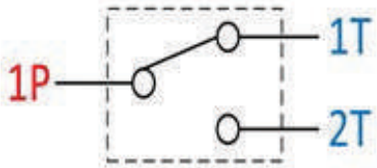
الشكل (5-33): المفاتيح الحدية.

نشاط

يستخدم أحيانًا مفاتيح الفصل والتشغيل (Toggle Switch) الخاصة في تشغيل الأجهزة الكهربائية المتعددة، و يرمز إليها برموز تفسر عدد الأقطاب وعدد الطرائق التي تحتويها هذه المفاتيح.

ابحث في الإنترنت عن مجالات استعمالاتها، والجدول (5-3) يبين بعض هذه المفاتيح.

الجدول (5-3): بعض مفاتيح الفصل والتشغيل.

		DPST Double Pole, Single Throw
		DPDT Double Pole, Double Throw
		SPST Single Pole, Single Throw
		SPDT Single Pole, Double Throw

عناصر الربط والتثبيت والوصلات الصناعية الخاصة

عند تصنيع اللوحات الكهربائية لا بد من معرفة عناصر إضافية، لها أهمية كبيرة لدى المختصين في تجهيز هذه اللوحات، التي لها دور كبير في إنهاء الإجراءات الفنية للوحة بشكل هندسي وآمن، ومن هذه العناصر ما يأتي:

1 – مربط مدخل الأكبال (Cable Gland)

يستخدم في تثبيت الكبل وحمايته عند دخوله لوحة التشغيل، كما في الشكل (5-61) .

الشكل (5-61): مربط مدخل الأكبال.

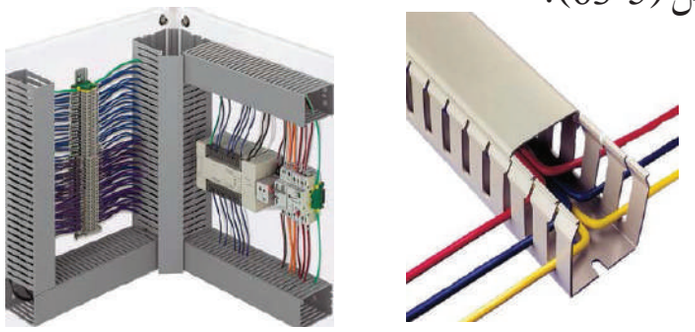
2 – الأنابيب الحلزونية الصناعية

كما في الشكل (5-62).

الشكل (5-62): الأنابيب الحلزونية الصناعية.

3 – حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية

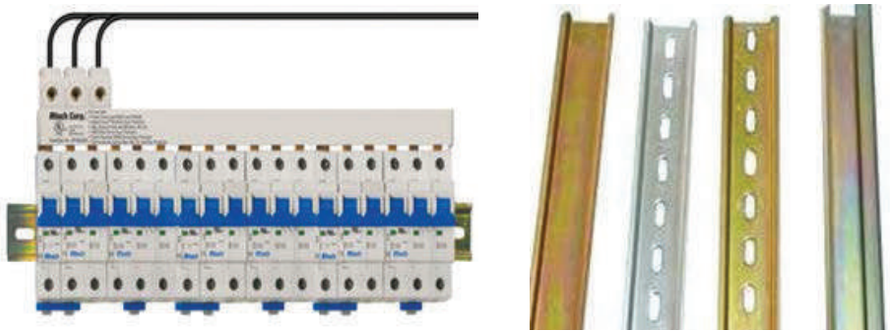
كما في الشكل (5-63).



الشكل (5-63): حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية.

4 – السكك الحديدية

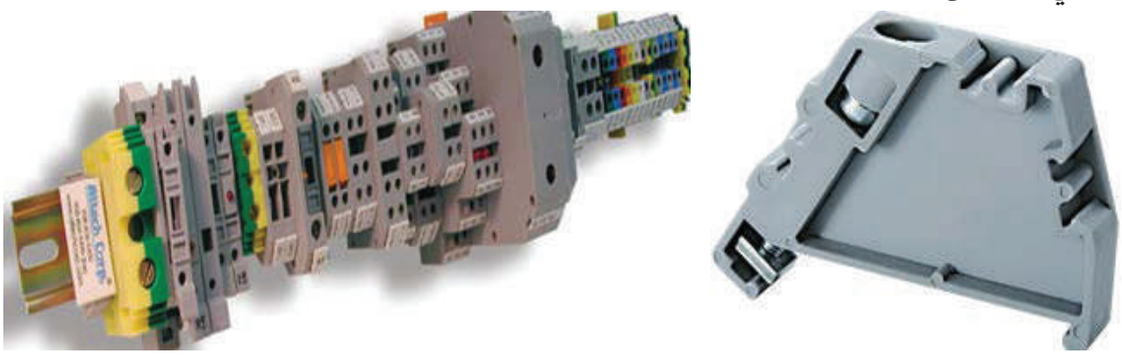
كما في الشكل (5-64).



الشكل (5-64): السكك الحديدية.

5 – عظمات الربط والتوصيل الصناعية

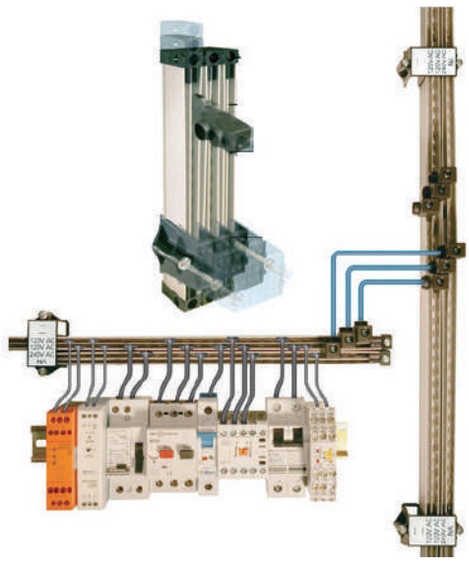
كما في الشكل (5-65).



الشكل (5-65):عظمات الربط والتوصيل الصناعية.

6 – باسبارات التغذية

كما في الشكل (5-66).



الشكل (5-66): باسبارات التغذية.

معلومة

تستخدم الأكبال المرنة المسطحة (FLAT PVC CABLE – CONDUCTIX) في بعض الاستعمالات الخاصة مثل الرافعات الصناعية المتحركة كما في الشكل (5-67).

الشكل (5-67): الأكبال المرنة المسطحة.

7 – رأسيات الأسلاك ومكابسها الخاصة (Cable Lugs)

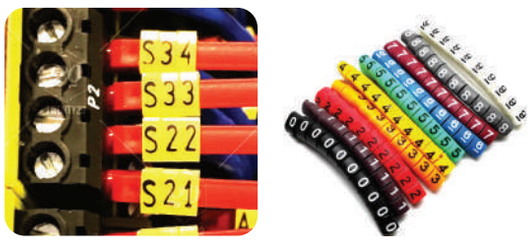
كما في الشكل (5-68).

الشكل (5-68): راسيات الأسلاك ومكابسها الخاصة.

8 – العوازل الحرارية للأسلاك (Heat Shrink Tubing) التي يتم تعريضها للحرارة عند الاستعمال: كما في الشكل (5-69).

الشكل (5-69): عوازل الأسلاك الحرارية.

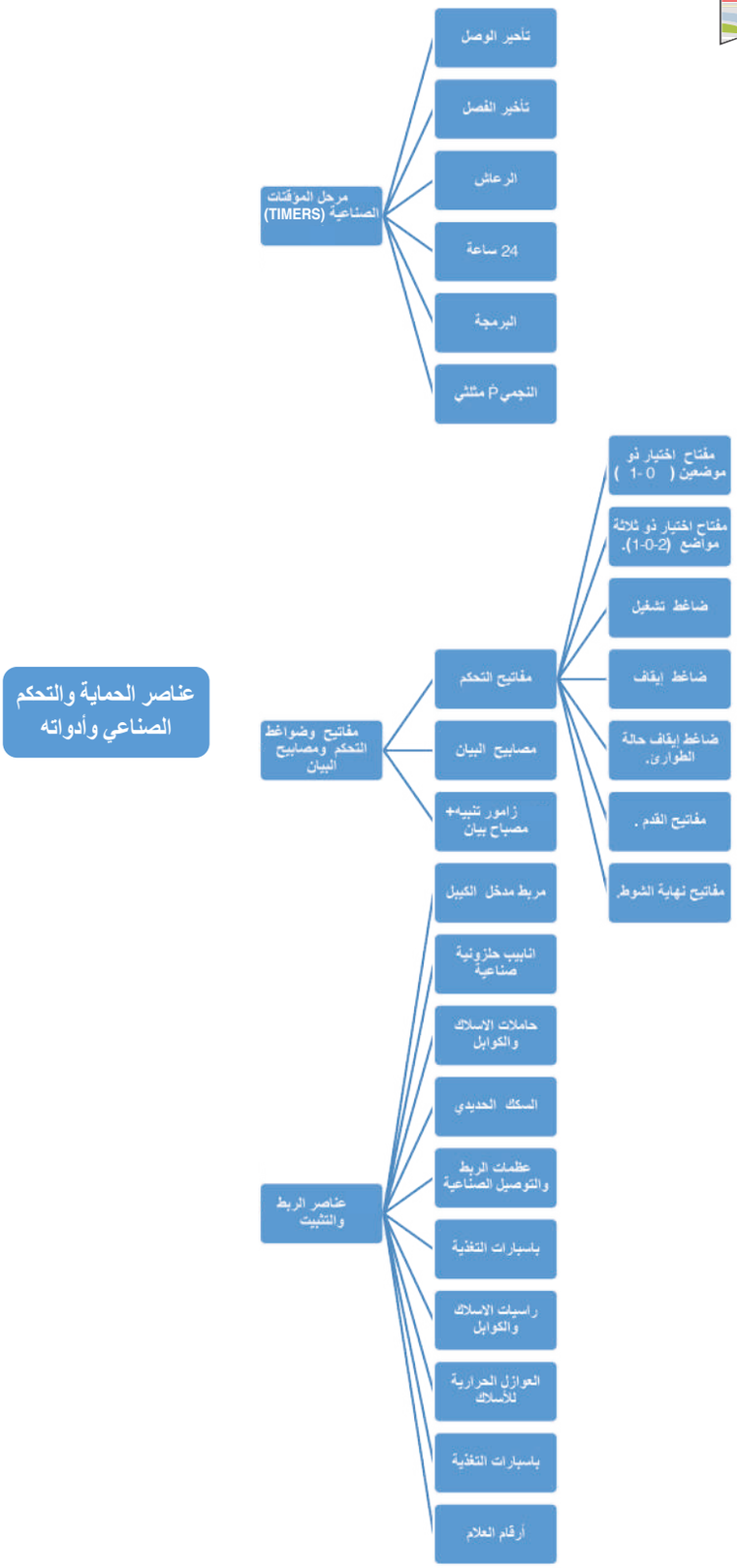
9 – أرقام التعليم كما في الشكل (5-70).

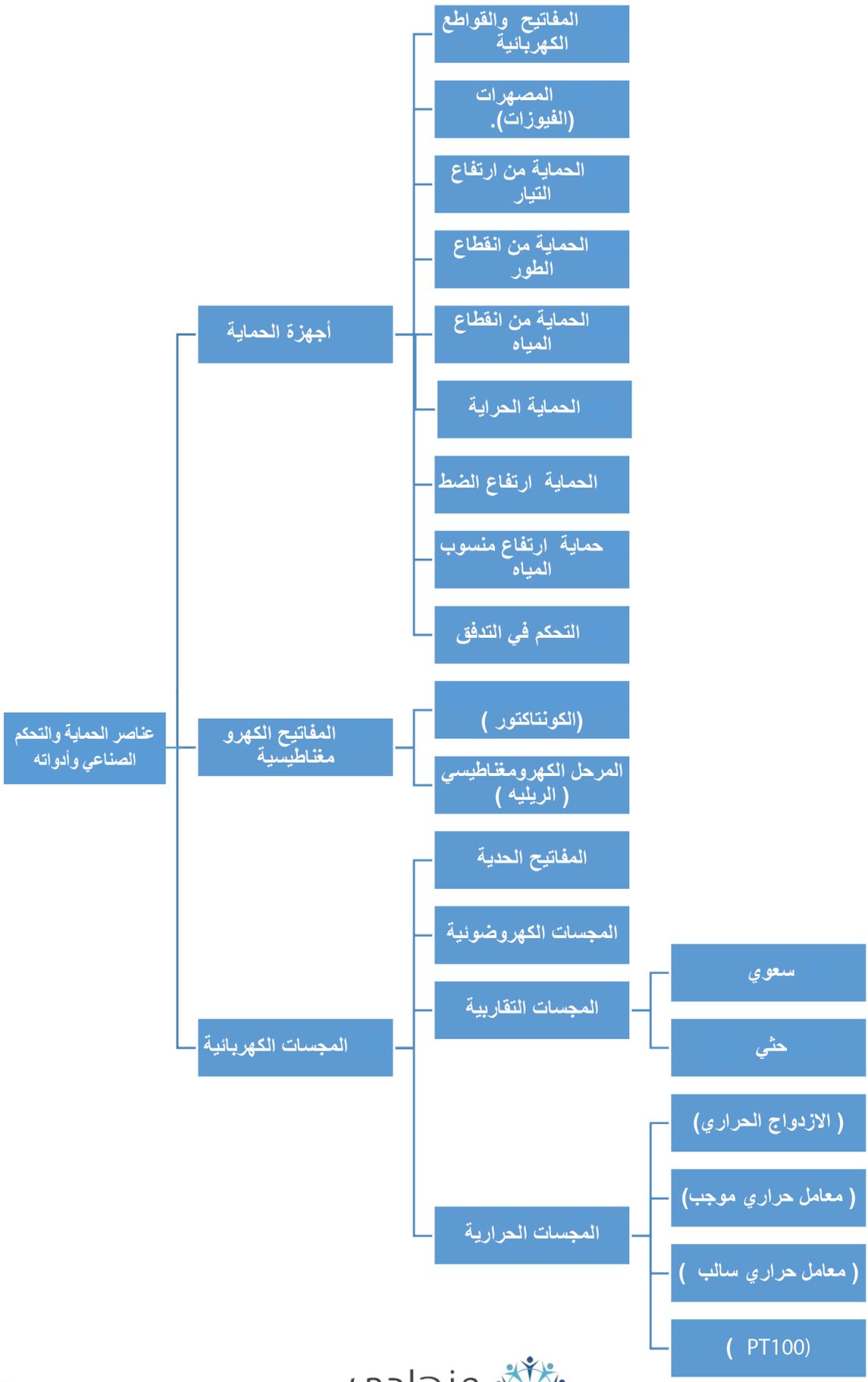


الشكل (5-70): أرقام التعليم

نظم زيارة إلى أحد المصانع القريبة من مدرستك بإشراف معلمك وتعرّف لوحات الحماية والتحكم في المصانع، ثم اكتب تقريرًا عنها موضحًا بالصور .

الخرائط المفاهيمية





منهاجي
متعة التعليم الهادف

التمارين العملية

التمرين (5-1)

توصيل دارة تحكم وحماية دارة القوى، لتشغيل محرك أحادي الطور بمفتاح كهرومغناطيسي، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load) باستعمال نظام (Loop) وضاغط تشغيل لحظي ومصابيح بيان.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة القوى، لتشغيل محرك أحادي الطور بمفتاح كهرومغناطيسي، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load) باستعمال نظام (Loop) وضاغط تشغيل لحظي ومصابيح بيان.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– مفتاح كهرومغناطيسي (كونتاكتور) (4kw).	– سلك أحمر ($1mm^2$)
– مرحل حماية حرارية (أوفرلود) (2.5 –5A).	– سلك أسود ($1mm^2$)
– محرك أحادي الطور (1hp / 230V).	– سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
– ضاغط تشغيل (NO).	– سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
– لوحة عمل.	– براغي (1cm)
– صندوق عُدَّة كهربائية.	– حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
– قاطع (MCB 1 pole 10 A).	– السكك الحديدية
– مصدر كهرباء أحادي الطور (50Hz 230V).	– عظمات توصيل صناعية
– مصباح بيان تشغيل.	–أرقام علام
– مصباح بيان عطل.	

خطوات الأداء

1 - ثبت القطع اللازمة على لوحة العمل .

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصّل أسلاك دارة لدارة القوى بحسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط المرفق، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل في الدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا للتمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكّر

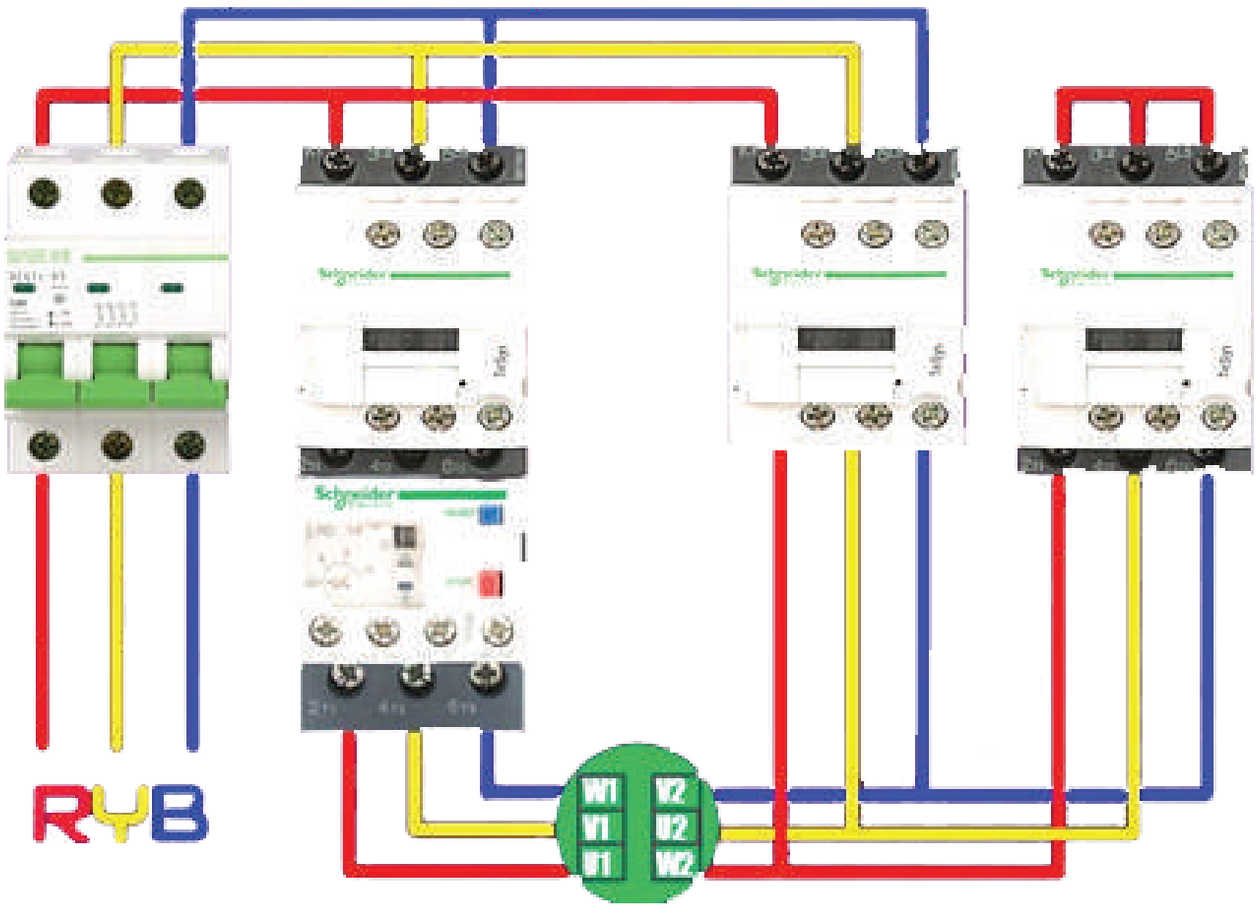
يستخدم نظام (**Loop**) متكامل في دارات المحرك أحادي الطور، فيوصل خط الطور إلى الأوفرلود متتاليًا بحيث يدخل خط الفاز إلى أطراف الأوفرلود جميعها في الوقت نفسه لضبط التوازن التيار في الأفرع الثلاثة للأوفرلود، كما في الرسم التالي.

منتَبهًا إلى أن المحرك سيعمل عند ضغط الضاغط (**S1**)، وبعد إفلات الضاغط سيعود المحرك إلى وضعه الطبيعي.

فكّر

لماذا لم يستمر المحرك في العمل بعد إفلات الضاغط (**S1**)؟

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-2)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك أحادي الطور بمفتاح كهرومغناطيسي، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load) وضاغط تشغيل وضاغط إيقاف ومصابيح بيان، مع استمرار العمل، ودخول خط الطور والخط المحايد عن طريق الكونتاكتور.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة تشغيل، لتشغيل محرك أحادي الطور بمفتاح كهرومغناطيسي، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load) وضاغط تشغيل وضاغط إيقاف، ومصابيح بيان، مع استمرار في العمل، ودخول خط الطور والخط المحايد عن طريق الكونتاكتور.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– مفتاح كهرومغناطيسي (كونتاكتور) (4kw).	– سلك أحمر ($1mm^2$)
– مرحل حماية حرارية (أوفرلود) (2.5 – 5A).	– سلك أسود ($1mm^2$)
– محرك أحادي الطور (1hp / 230V).	– سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
– ضاغط تشغيل (NO).	– سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
– ضاغط إيقاف (NC).	– براغي (1cm)
– لوحة عمل.	– حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
– صندوق عُدَّة كهربائية.	– السكك الحديدية
– قاطع (MCB 1 pole 10 A).	– عظمات توصيل صناعية
– مصدر كهرباء أحادي الطور (50Hz 230V).	– أرقام علام
– مصباح بيان تشغيل.	
– مصباح بيان عطل.	

خطوات الأداء

1 - ثبت القطع اللازمة على لوحة العمل .

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصّل أسلاك دارة لدارة القوى بحسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط المرفق، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل في الدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا للتمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكّر

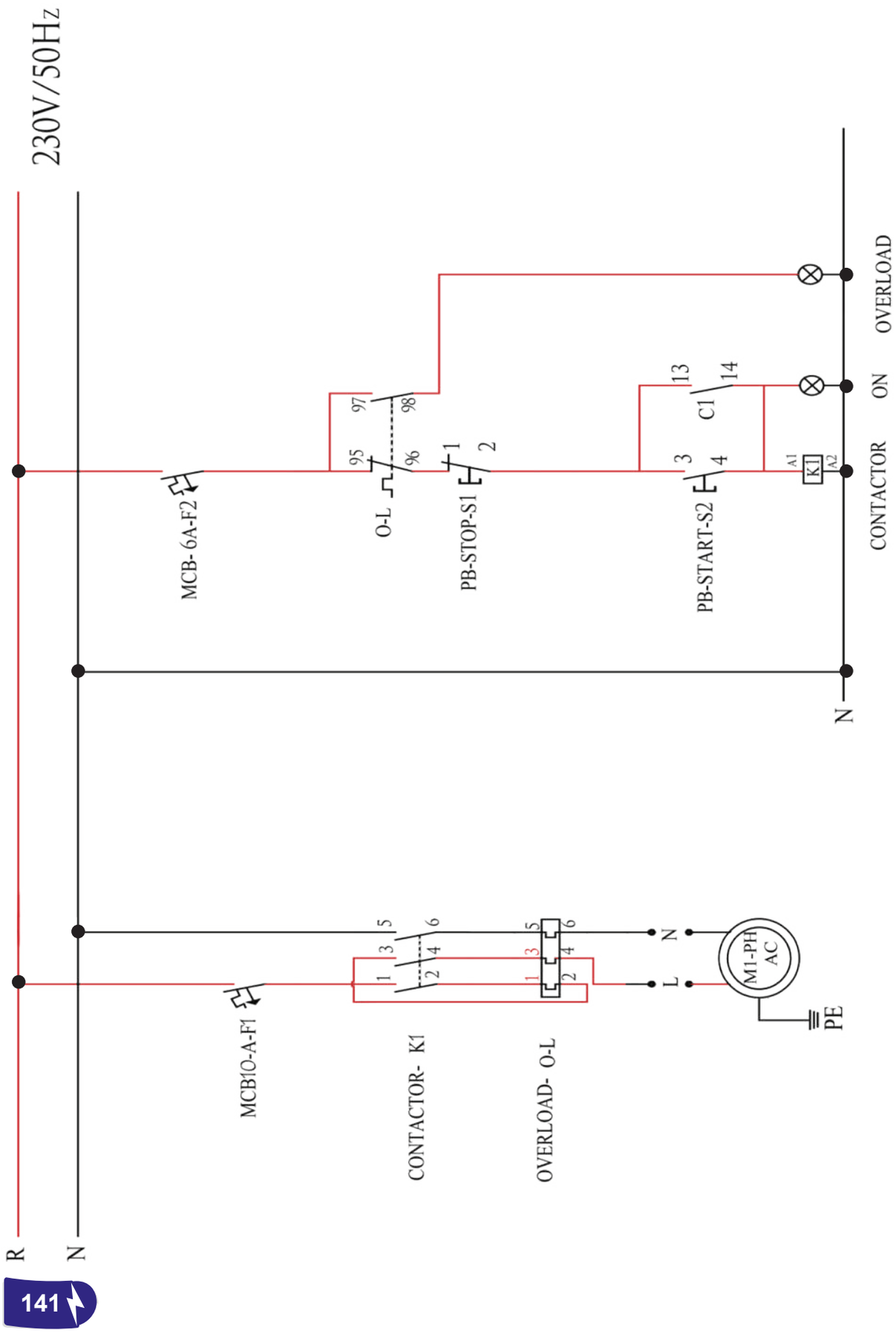
يُستعمل توصيل نظام (Loop) إلى طرفين من أطراف الأوفرلود، ويوصل الخط المحايد إلى الطرف الثالث للأوفرلود، كما في الرسم التالي.

منتبهًا أن المحرك سيعمل عند ضغط الضاغط (S2)، وقد يُفصل المحرك عن العمل عن طريق الضاغط (S1).

فكّر

- **هل يستمر المحرك في العمل بعد إفلات الضاغط (S2)؟ لماذا؟**
- **هل هناك توازن في قيمة التيار الداخل إلى الأوفرلود في الأطراف الثلاثة.**
- **هل يمكن تشغيل محرك ثلاثي الأطوار (400V) نجمة على مصدر (230V)أحادي الطور؟ إذا كانت الإجابة نعم، فارسم توصيلة هذا المحرك.**

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-3)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لعكس دوران محرك أحادي الطور ذي مكثف دائم (تتساوى فيه ملفات البدء وملفات التشغيل)، بمفتاح كهرومغناطيسي، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load) وضاغط تشغيل وضاغط إيقاف، ومصابيح بيان.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة تشغيل، لعكس دوران محرك أحادي الطور ذي مكثف دائم (تتساوى فيه ملفات البدء وملفات التشغيل)، باستعمال مفتاح كهرومغناطيسي، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (**Over Load**) وضاغط تشغيل وضاغط إيقاف، ومصابيح بيان، مع استمرار في العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- مفتاحان كهرومغناطيسيان (كونتاكتور) (4kw).
- مرحل حماية حرارية (أوفرلود) (2.5 – 5A).
- محرك أحادي الطور ذو مكثف دائم (تتساوى فيه ملفات البدء وملفات التشغيل) (1hp / 230v)
- ضاغط تشغيل (NO).
- ضاغط إيقاف (NC).
- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- قاطع (MCB 2 pole 16 A).
- مصدر كهرباء أحادي الطور (230v 50Hz).
- مصباح بيان تشغيل.
- مصباح بيان عطل.

المواد الأولية

- سلك أحمر ($1mm^2$)
- سلك أسود ($1mm^2$)
- سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
- سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
- براغي (1cm)
- حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
- السكك الحديدية
- عظمات توصيل صناعية
- أرقام علام

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبّت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصّل أسلاك دارة القوى بحسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط المرفق، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل بالدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

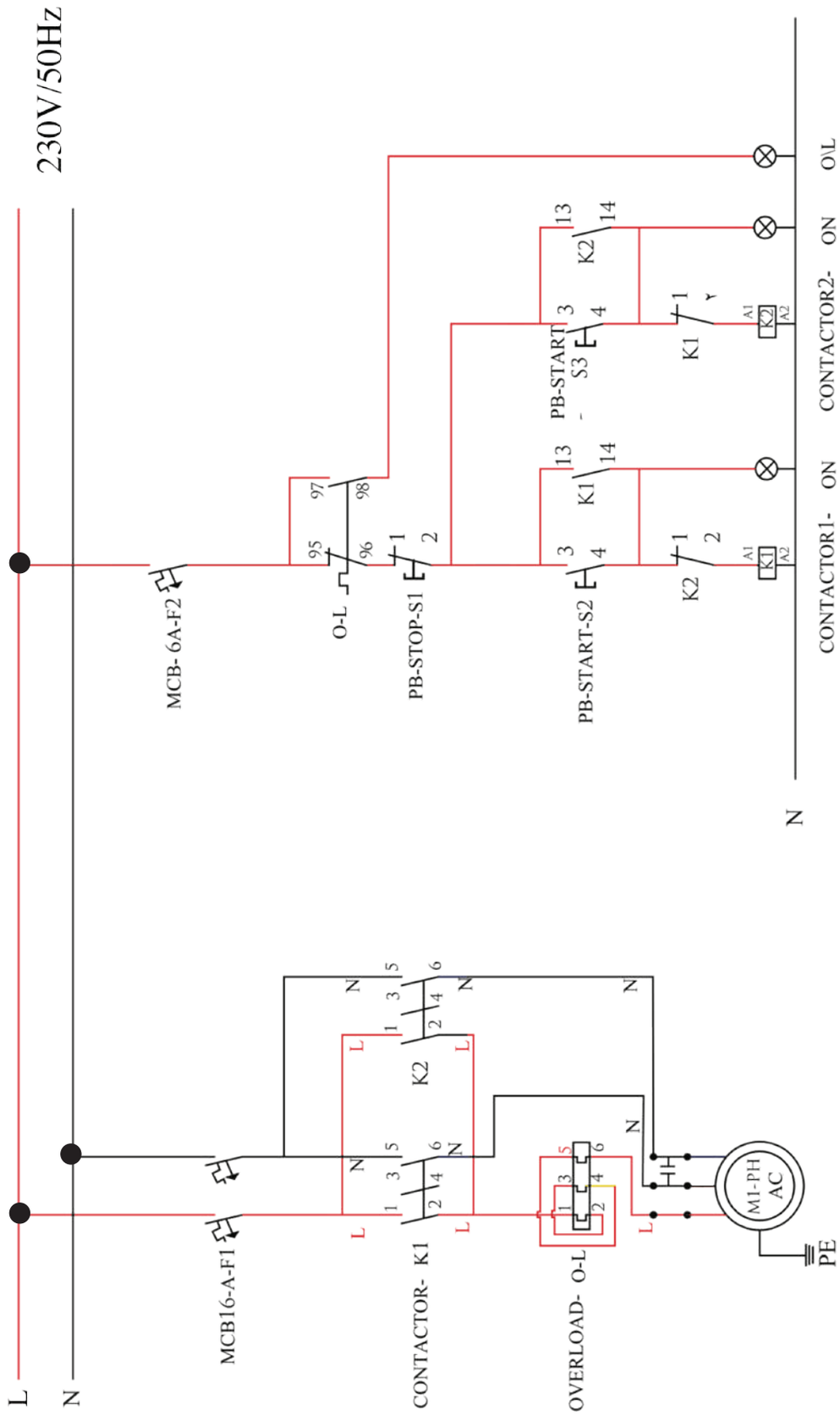
8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكَّر

في المحرك ذي المكثف الدائم، عندما تكون ملفات البدء تتساوى مع ملفات التشغيل، يمكن عكس دوران هذه المحركات بتثبيت أحد أطراف المصدر وتبديل الطرف الآخر بين (الطرف الأول والطرف الثاني للمكثف)؛ للحصول على دوران معاكس سهل الاستعمال، منتَبهًا إلى أن المحرك سيعمل عند ضغط الضاغط (S2)، للتشغيل في أحد الاتجاهات وعكس الدوران بعد فصل الدارة، ثم تشغيلها مرة أخرى عن طريق الضاغط (S3) كما في الشكل الآتي.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-4)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك أحادي الطور بمفتاح الطفو (العوامة الكهربائية)، وجهاز الحماية من ارتفاع التيار (Over Load)، ومصابيح بيان.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة تشغيل، لعكس دوران محرك أحادي الطور ذي مكثف دائم (تتساوى فيه ملفات البدء وملفات التشغيل)، باستعمال مفتاح كهرومغناطيسي، وجهاز الحماية من ارتفاع التيار (Over Load) وضاغط تشغيل وضاغط إيقاف، ومصابيح بيان، مع استمرار في العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– مفتاح كهرومغناطيسي (كونتاكتور) (4kw).	– سلك أحمر ($1mm^2$)
– مرحل حماية حرارية (أوفرلود) (2.5 – 5A).	– سلك أسود ($1mm^2$)
– محرك أحادي الطور (1hp / 230v).	– سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
– لوحة عمل.	– سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
– صندوق عُدَّة كهربائية.	– براغي (1cm)
– قاطع (MCB 2 pole 16 A).	– حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
– مصدر كهرباء أحادي الطور (230v 50Hz).	– السكك الحديدية
– مفتاح طفو (العوامة الكهربائية).	– عظمات توصيل صناعية
	–أرقام علام
	– مصهر حماية

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبّت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصّل أسلاك دارة القوى بحسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط المرفق، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل في الدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

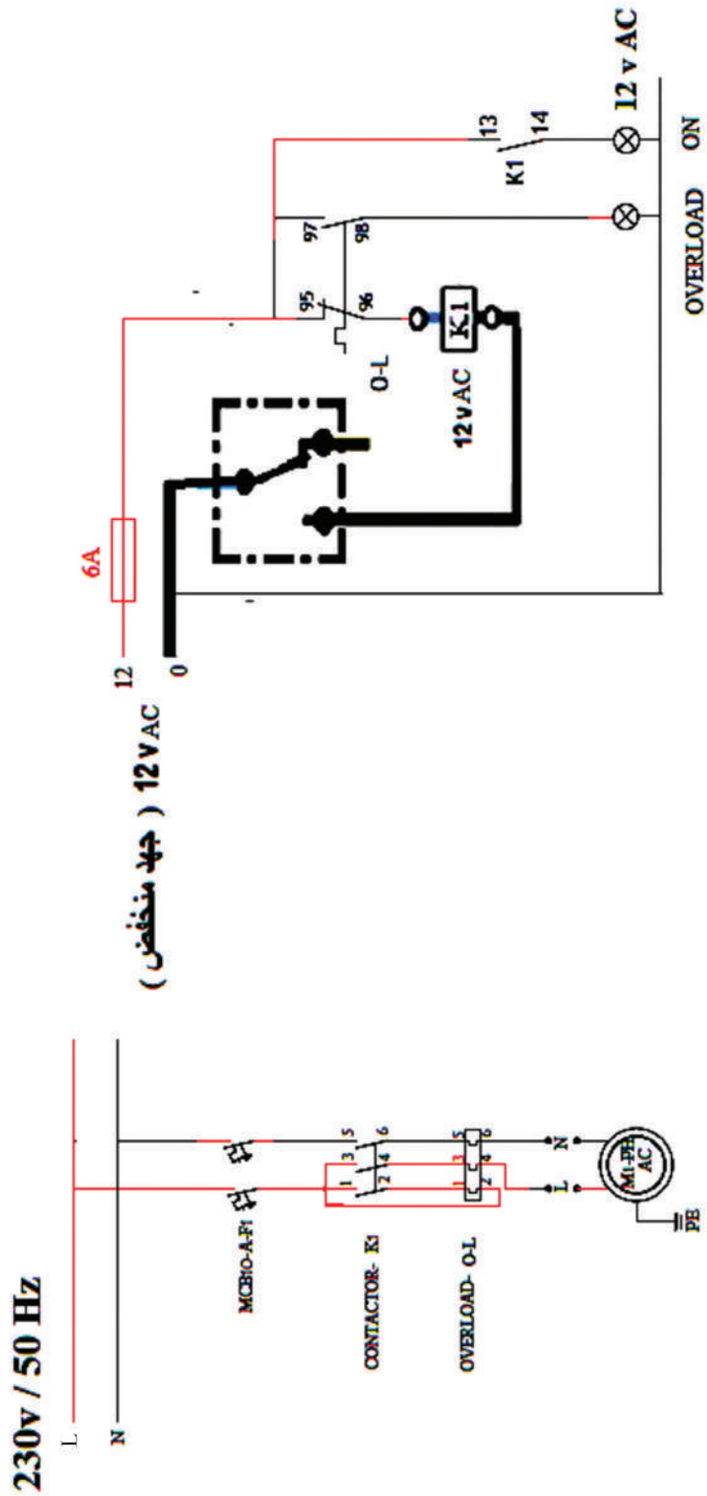
8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكّر

عند العمل في أنظمة التشغيل التي تتعرض للرطوبة والمياه (كما هو الحال في العوامة الكهربائية)، يستعمل مصدر تغذية ذو فولتية منخفضة؛ لحماية العاملين.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-5)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار بمفتاح كهرومغناطيسي باستعمال ضاغط تشغيل لحظي، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load) جهاز الحماية من انقطاع الطور(Orotection Phase Failure)، ومصابيح بيان.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار باستعمال مفتاح كهرومغناطيسي باستعمال ضاغط تشغيل لحظي، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load) جهاز الحماية من انقطاع الطور(Orotection Phase Failure)، ومصابيح بيان.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– كونتاكتور (4kw).	– سلك أحمر ($1mm^2$)
– أوفرلود (5A -2.5).	– سلك أسود ($1mm^2$)
– محرك ثلاثي الأطوار(50Hz/400V).	– سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
– ضاغط تشغيل (NO).	– سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
– لوحة عمل.	– براغي (1cm).
– صندوق عُدَّة كهربائية.	– حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
– قاطع (Mcb) 1pole (6A) .	– السكك الحديدية
– قاطع (Mcb) 3poles (16A).	– عظمات توصيل صناعية
– قاطع (Mcb) (3poles) (10A).	–أرقام علام
– جهاز حماية (Phase Failure).	
– مصدر كهرباء ثلاثي الأطوار (400_V/ 50_{Hz})	

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل البدء بتنفيذ التمرين.

3 - ثبّت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصّل أسلاك دارة القوى بحسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط التالي، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل بالدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

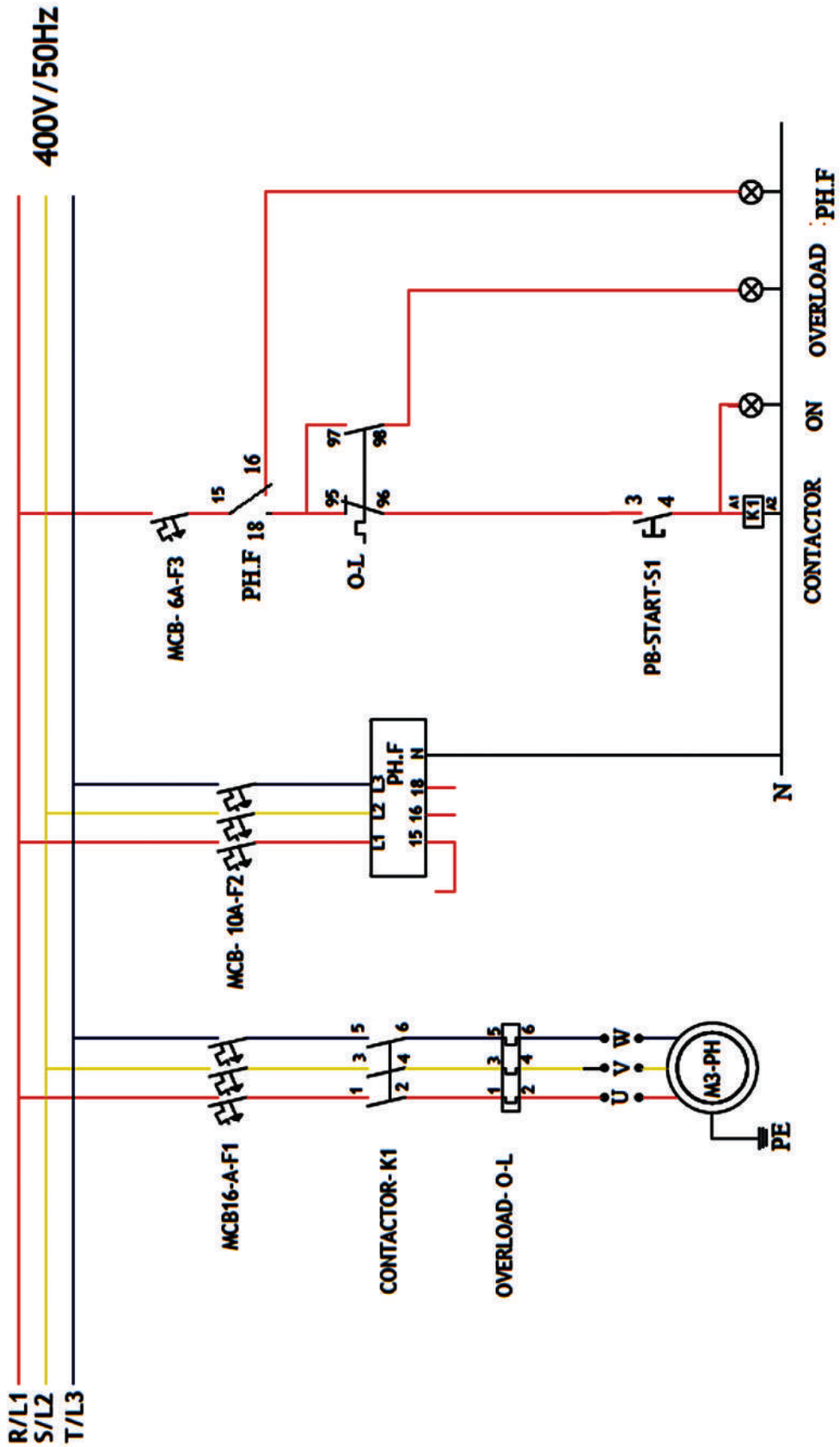
7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا للتمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكّر

- **يستعمل القاطع (F1) لتغذية دارة القوى الخاصة بالمحرك ثلاثي الأطوار، ويستعمل القاطع (F2) لتغذية جهاز الحماية (Phase Failure).**
- **يستعمل القاطع (F3) لتغذية دارة التحكم.**
- **يستعمل الضاغط (S1) بوصفه مفتاح تشغيل لحظيًّا للدارة.**
- **يستعمل جهاز الحماية (Phase Failure) لحماية المحرك إذا انقطع أحد الأطوار عن الدارة.**


400V/50Hz
R/L1
S/L2
T/L3
MCB16-A-F1
MCB- 10A-F2
MCB- 6A-F3
CONTACTOR- K1
OVERLOAD- O-L
PH.F
O-L
PB-START-S1
CONTACTOR
ON
OVERLOAD
PH.F
N
M3-PH
U V W
PE

التمارين العملية

التمرين (5-6)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار بمفتاح كهرومغناطيسي وضاغط إيقاف وضاغط تشغيل، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وجهاز حماية (phase failure)، ومصابيح بيان.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار بمفتاح كهرومغناطيسي وضاغط إيقاف وضاغط تشغيل، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وجهاز حماية (phase failure)، ومصابيح بيان.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– كونتاكتور (4kw).	– سلك أحمر ($1mm^2$)
– أوفرلود (5A -2.5).	– سلك أسود ($1mm^2$)
– محرك ثلاثي الأطوار(400v/50Hz).	– سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
– ضاغط تشغيل (NO).	– سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
– ضاغط إيقاف (NC).	– براغي (1cm)
– لوحة عمل.	– حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
– صندوق عُدَّة كهرباء.	– السكك الحديدية
– قاطع (Mcb) 1pole (6A).	– عظمات توصيل صناعية
– قاطع (Mcb) 3poles (16A).	–أرقام علام
– قاطع (Mcb) (3poles) (10A).	
– جهاز حماية (Phase Failure).	
– مصدر كهرباء ثلاثي الأطوار (400v/ 50Hz).	

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبّت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصّل أسلاك دارة القوى بحسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط المرفق، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، مراعيًا وضع علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل بالدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

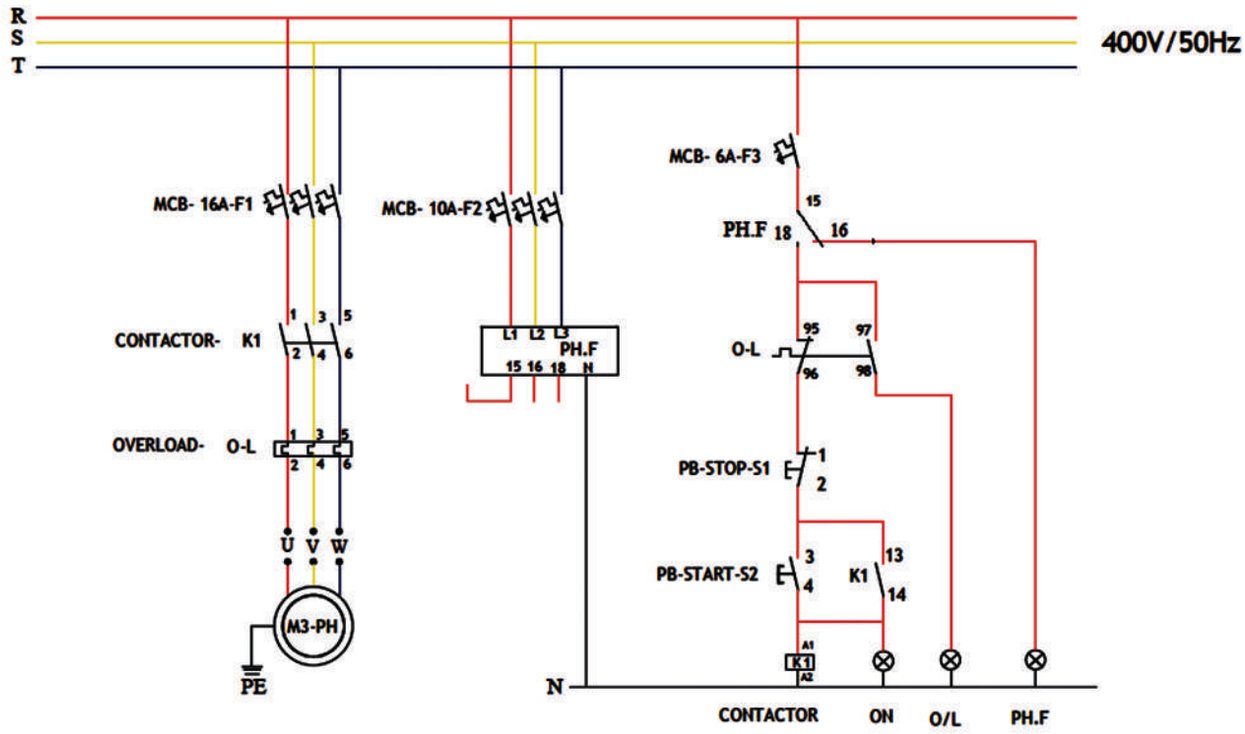
8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكّر

- **يستعمل القاطع (F1) لتغذية دارة القوى الخاصة بالمحرك ثلاثي الأطوار.**
- **يستعمل القاطع (F2) لتغذية جهاز الحماية (Phase Failure).**
- **يستعمل القاطع (F3) لتغذية دارة التحكم.**
- **يستعمل الضاغط (S2) لتشغيل الدارة.**
- **يستعمل الضاغط (S1) لفصل الدارة.**

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-7)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار بمفتاح كهرومغناطيسي وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وجهاز حماية حرارية للمحرك، وجهاز حماية (Phase Failure)، وضاغطي إيقاف وضاغطي تشغيل، ومصابيح بيان.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار بمفتاح كهرومغناطيسي وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وجهاز حماية حرارية للمحرك، وجهاز حماية (Phase Failure)، وضاغطي إيقاف وضاغطي تشغيل، ومصابيح بيان.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- قاطع (Mcb) 1pole (6A) .
- قاطع (Mcb) 3poles (16A) .
- قاطع (Mcb) 3poles (10A).
- جهاز حماية (Phase Failure).
- مصدر كهرباء ثلاثي الأطوار (400V/50Hz).
- جهاز حماية حرارية.
- حساس (100 pt).

المواد الأولية

- سلك أحمر ($1mm^2$)
- سلك أسود ($1mm^2$)
- سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
- سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
- براغي (1cm)
- حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
- السكك الحديدية
- عظمات توصيل صناعية
- أرقام علام

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل البدء بتنفيذ التمرين.

3 - ثبّت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصل أسلاك دارة القوى بحسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) ومراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط المرفق مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل بالدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

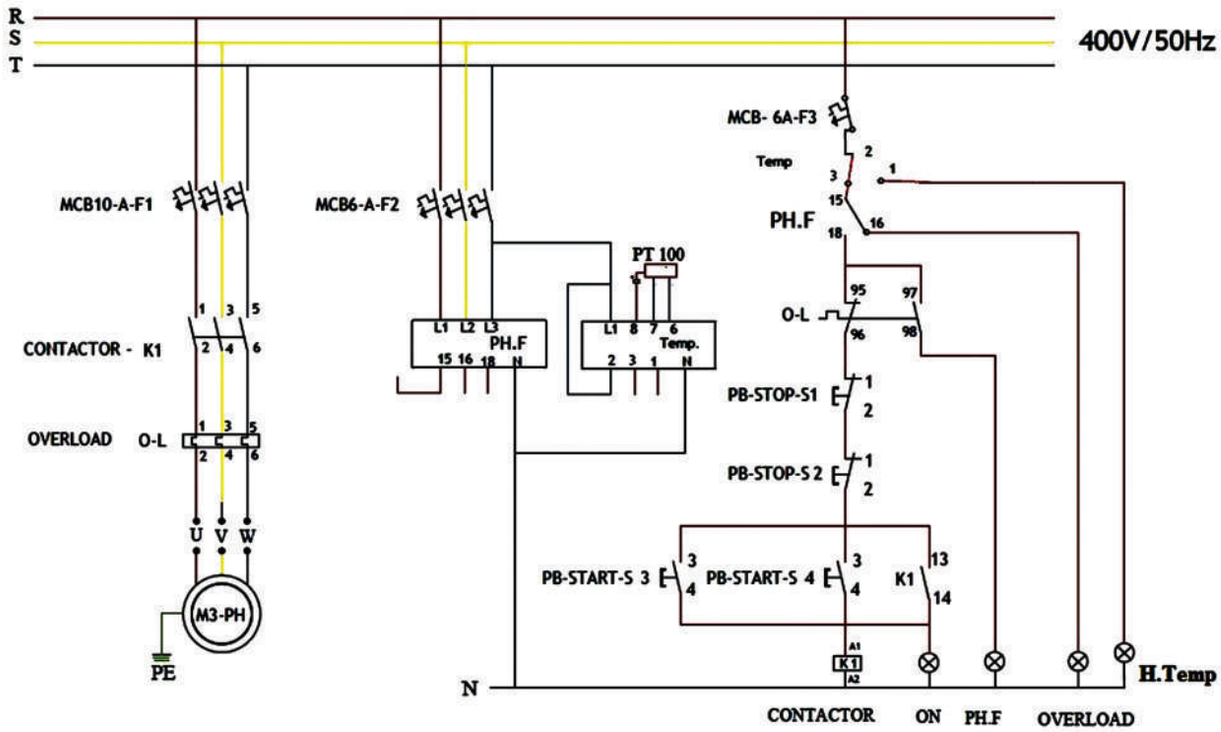
8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكّر

- **يستعمل القاطع (F1) لتغذية دارة القوى الخاصة بالمحرك ثلاثي الأطوار.**
- **يستعمل القاطع (F2) لتغذية جهاز الحماية (Phase Failure) والحارس المائي.**
- **يستعمل القاطع (F3) لتغذية دارة التحكم .**
- **يستعمل الضاغط (S1) و (S2) لفصل الدارة.**
- **يستعمل الضاغط (S3) و(S4) لتشغيل الدارة.**
- **يستعمل جهاز الحماية الحرارية لحماية المحركات عند ارتفاع درجة حرارة الملفات، وذلك لحمايتها من التلف، حيث توصل نقاط التحكم للجهاز على التوالي بالدارة.**
- **توصل ضواغط الإيقاف في دارة التحكم ببعضها على التوالي.**
- **توصل ضواغط التشغيل في دارة التحكم ببعضها على التوازي.**

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-8)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لعكس دوران محرك ثلاثي الأطوار بالمفاتيح الكهرومغناطيسية وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وجهاز حماية (Phase Failure) وضاغط إيقاف وضاغطي تشغيل، ومصابيح بيان.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لعكس دوران محرك ثلاثي الأطوار بالمفاتيح الكهرومغناطيسية وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وجهاز حماية (Phase Failure)، وضاغط إيقاف وضاغطي تشغيل، ومصابيح بيان.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- كونتاكتورا ن (4kw) .
- أوفرلود (5A - 2.5).
- محرك ثلاثي الأطوار(50Hz/400v).
- ضاغطا تشغيل (NO).
- ضاغط إيقاف (NC).
- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- قاطع (Mcb) 1pole (6A) .
- قاطع (Mcb) 3poles (16A).
- قاطع (Mcb) 3poles (10A).
- جهاز حماية (Phase Failure).
- مصدر كهرباء ثلاثي الأطوار(400v/50Hz).

المواد الأولية

- سلك أحمر ($1mm^2$)
- سلك أسود ($1mm^2$)
- سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
- سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
- براغي (1cm)
- حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
- السكك الحديدية
- عظمات توصيل صناعية
- أرقام علام

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبّت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصل أسلاك دارة القوى حسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم حسب المخطط المرفق، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكّر

- **يستعمل القاطع (F1) لتغذية دارة القوى الخاصة بالمحرك ثلاثي الأطوار .**
- **يستعمل القاطع (F2) لتغذية جهاز الحماية (Phase Failure).**
- **يستعمل القاطع (F3) لتغذية دارة التحكم.**
- **يستعمل الضاغط (S1) لفصل الدارة.**
- **يستعمل الضاغط (S2) لتشغيل المحرك في أحد الاتجاهات.**
- **يستعمل الضاغط (S3) لتشغيل المحرك في الاتجاه الآخر.**
- **عند عكس اتجاه الدوران لمحرك ثلاثي الأطوار، يُستبدل بأحد الأطور طور آخر فقط، ثم تثبيت الطور الثالث، ثم تثبيت الطور الثاني وإجراء عملية التبديل بين الطور الأول والطور الثالث من أسفل الكونتاكتورين، كما هو موضح في الشكل التالي.**

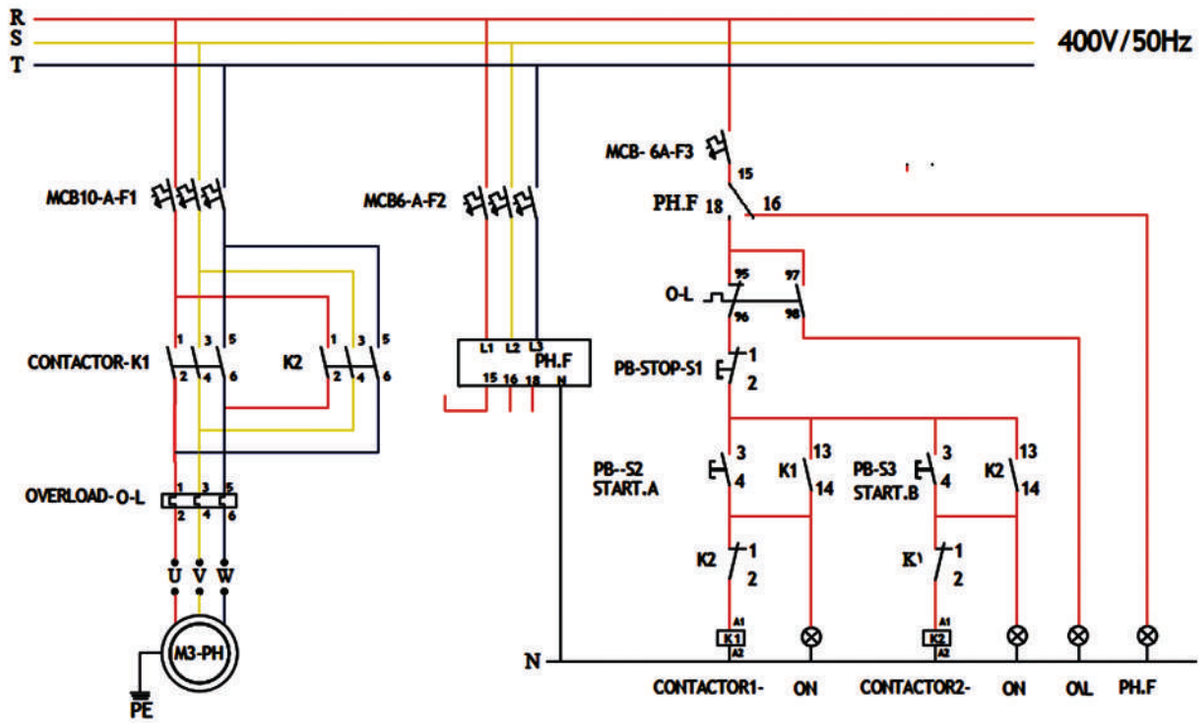
تذكَّر

توصل أطراف الكونتاكتور الأول والثاني قبل دخول الأسلاك جهاز الحماية (الأوفرلود)، لحماية المحرك عند دورانه في كلا الاتجاهين.

فكِّر

ما الفائدة من استعمال النقاط المساعدة المغلقة في هذه الدارة؟

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-9)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار (نجمة / مثلث) بطريقة بدائية، بالمفاتيح الكهرومغناطيسية، ومؤقت زمني، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، جهاز حماية (Phase Failure)، وضاغط إيقاف وضاغط تشغيل، ومصابيح بيان مع استمرار في العمل.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة قوى،لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار (نجمة / مثلث) بطريقة بدائية بالمفاتيح الكهرومغناطيسية، ومؤقت زمني، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وجهاز الحماية (Phase Failure)، وضاغط إيقاف وضاغط تشغيل، ومصابيح بيان مع استمرار في العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– أوفرلود (6 - 10A).	– سلك أحمر ($1mm^2$)
– محرك ثلاثي الأطوار Delta (400V/50Hz) (7.5kw).	– سلك أسود ($1mm^2$)
– ضاغط إيقاف (NC).	– سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
– ضاغط تشغيل (NO).	– سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
– مؤقت زمني (نجمي –مثلث).	– براغي (1cm)
– لوحة عمل.	– حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
– مساعد كونتاكتور (NC–NO).	– السكك الحديدية
– صندوق عُدَّة كهربائية.	– عظمات توصيل صناعية
– قاطع (Mcb) 1pole (6A).	–أرقام علام
– قاطع (Mcb) 3poles (25A).	
– قاطع (Mcb) 3poles (10A).	
– جهاز حماية (Phase Failure).	
– مصدر كهرباء ثلاثي الأطوار ($400V/\ 50_{Hz}$).	

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصل أسلاك دارة القوى بحسب المخطط المرفق ، مستعملًا أسلاك، توصيل ($2.5mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط التالي مستعملًا أسلاك توصيل ($1mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط توصل بالدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

تذكَّر

- يستعمل القاطع (**F1**) لتغذية دارة القوى الخاصة بالمحرك ثلاثي الأطوار.
- ويستعمل القاطع (**F2**) لتغذية جهاز الحماية (**Phase Failure**).
- يستعمل القاطع (**F3**) لتغذية دارة التحكم.
- يستعمل الضاغط (**S1**) لفصل الدارة.
- يستعمل الضاغط (**S2**) لتشغيل المحرك على النجمي ومن ثَمّ، يحول المؤقت الزمني المحرك إلى العمل على توصيلة المثلث، بعد مرور (**5-7**) ثوانٍ من بدء عمل المحرك.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 -اكتب تقريرًا مفصلا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكَّر

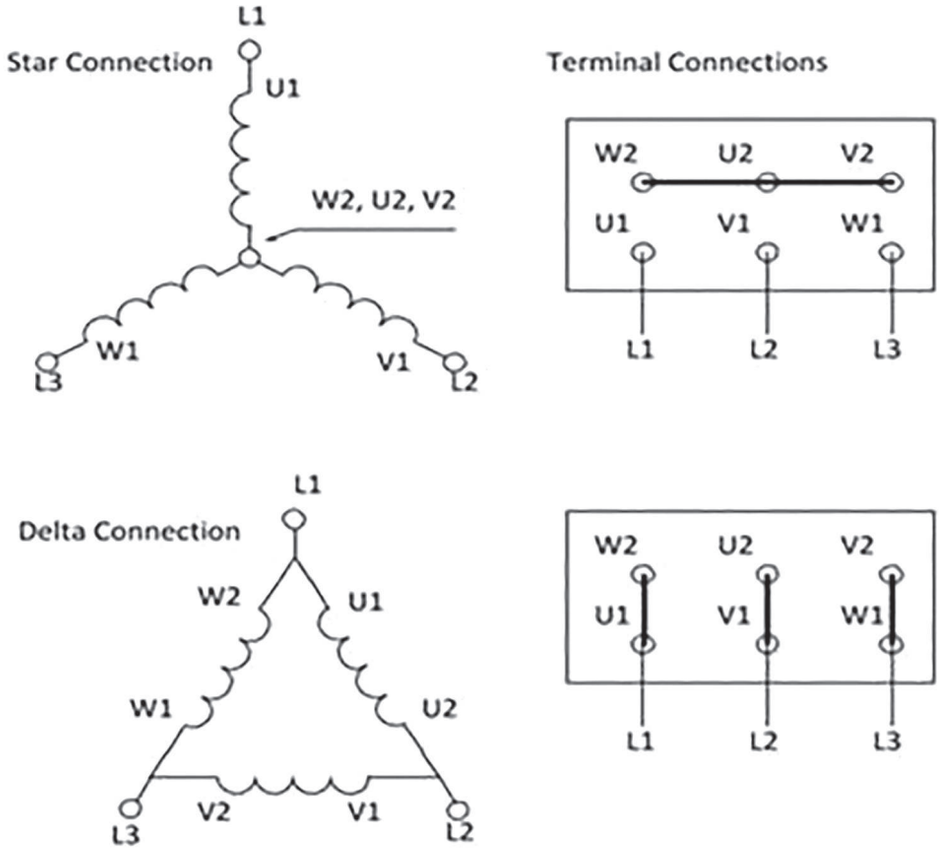
تستخدم دارة تشغيل نجمي مثلث للتقليل من تيار البدء الذي يسببه المحرك بداية دورانه، للمحركات التي تزيد قدرتها عن (**7.5KW**).

يستعمل كونتاكتور ذو قدرة = **58%** من القدرة الكلية للمحرك، لكل من الكونتاكتور الرئيس وكونتاكتور توصيلة المثلثي.

يستعمل كونتاكتور **35%** لكونتاكتور النجمي.

يعمل المؤقت الزمني توصيلة المحرك من نجمي إلى مثلث خلال وقت يتراوح بين (**5-7**) ثوان.

يوصل جهاز الحماية الأوفرلود على مخرج الكونتاكتور الرئيس



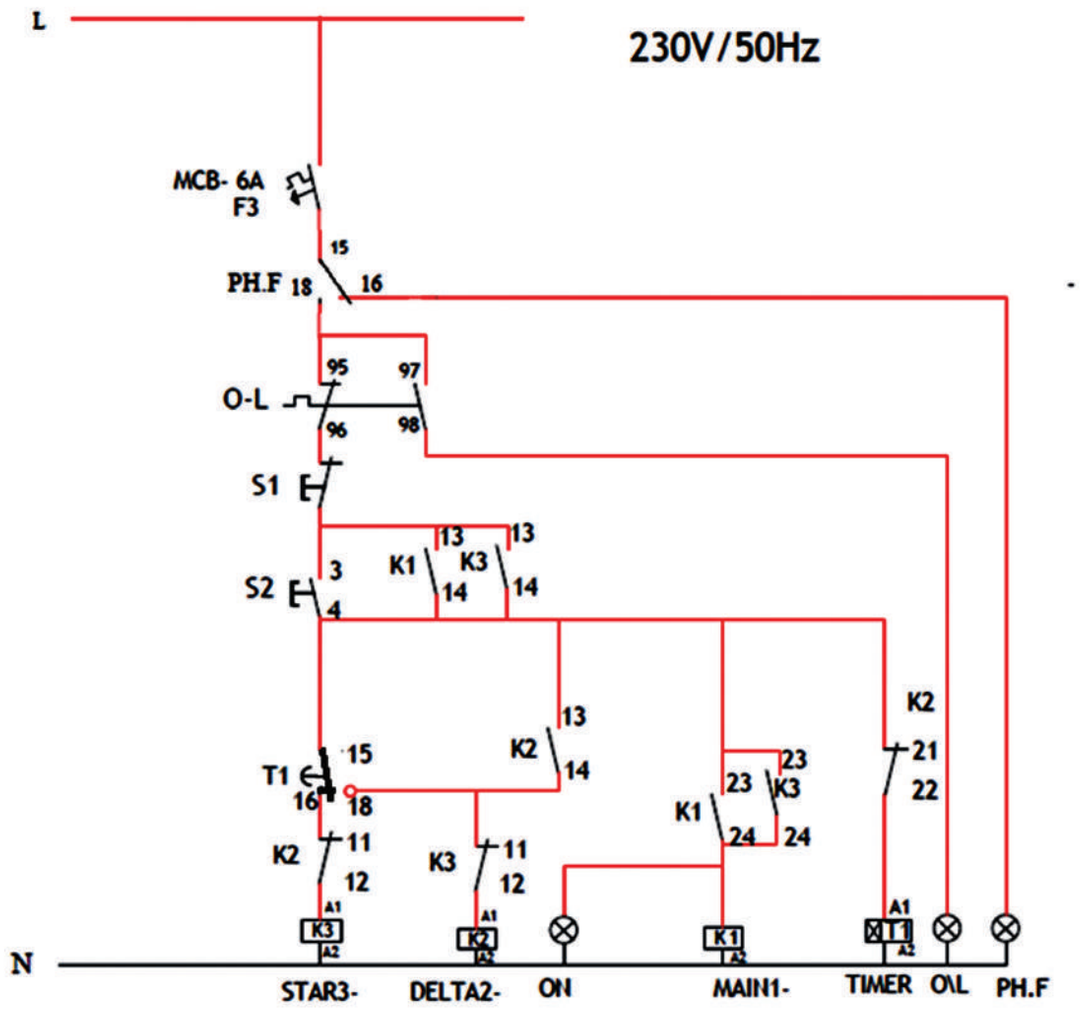
فكِّر

سبب ارتفاع تيار البدء بداية عمل المحرك الحثي.

نشاط

في الحياة العملية، تستخدم طريقة تشغيل نجمي مثلث أكثر تعقيدًا، حيث يُتحكَّم في تشغيل كونتاكتور النجمة أولًا، ثم يشغل الكونتاكتور الرئيس، لتفادي القوس الكهربائي على كونتاكتور النجمي، وبعد تحويل الدارة إلى توصيلة المثلث عن طريق المؤقت الزمني، يخرج المؤقت من الدارة للحفاظ على عمره التشغيلي، كما في الشكل الآتي.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-10)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار (ذي السرعتين) (delta/double star) (Δ/ ˊYˊY) بالمفاتيح الكهرومغناطيسية، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وضاغط إيقاف وضاغط تشغيل للسرعة الأولى، وضاغط تشغيل للسرعة الثانية، ومصابيح بيان مع استمرار في العمل ووجود قفل كهربائي بين الضواغط.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار (ذي السرعتين) بالمفاتيح الكهرومغناطيسية، وجهاز حماية من ارتفاع التيار (Over Load)، وضاغط إيقاف، وضاغط تشغيل للسرعة الأولى، وضاغط تشغيل للسرعة الثانية، ومصابيح بيان، مع استمرار في العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– محرك ثلاثي الأطوار($50_{Hz}/400_{V}$) (2HP).	– سلك أحمر ($1mm^2$)
– ضاغط إيقاف (NC).	– سلك أسود ($1mm^2$)
– ضاغط تشغيل (NO) للسرعة البطيئة (Δ).	– سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
– ضاغط تشغيل (NC /NO) للسرعة العالية.	– سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
– لوحة عمل.	– براغي (1cm)
– صندوق عُدَّة كهربائية.	– حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
– قاطع (Mcb) أحادي الطور (6A).	– السكك الحديدية
– قاطع (Mcb) ثلاثي الطور (20A).	– عظمات توصيل صناعية
– قاطع (Mcb) ثلاثي الطور (10A).	– أرقام علام
– جهاز حماية (Phase Failure)	
– مصدر كهرباء ثلاثي الأطوار (50_{Hz}/400V).	
– جهازا حماية أوفرلود.	

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبّت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصل الأسلاك لدارة القوى حسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$)، مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم حسب المخطط المرفق، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل بالدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

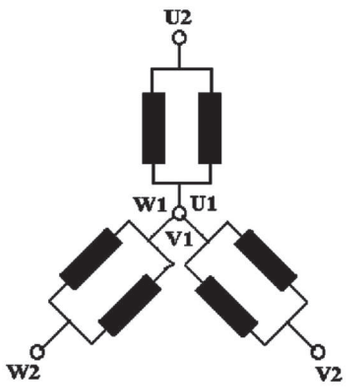
7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

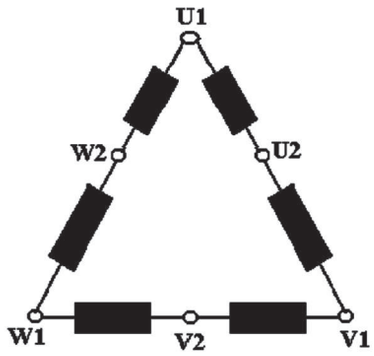
8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكَّر

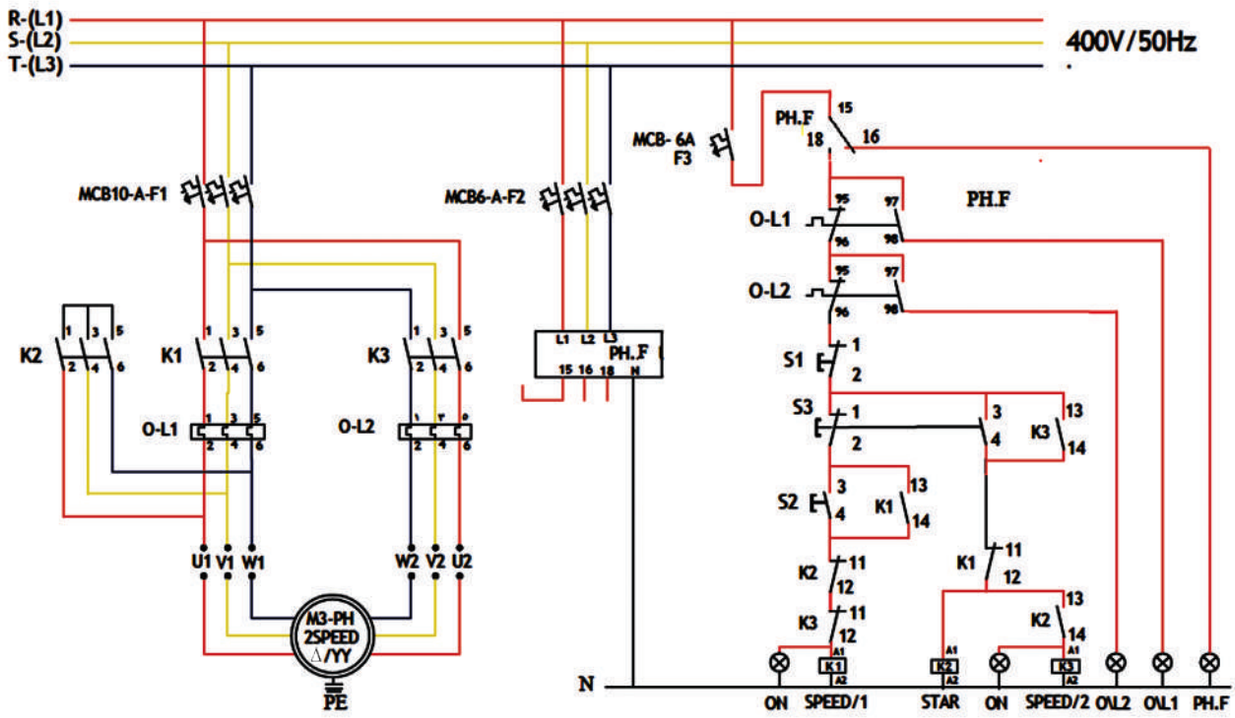
تحتاج كثير من الآلات الصناعية إلى محركات تعمل بسرعتين، بحسب حاجة نظام الإنتاج، ومن هذه المحركات نوع يستخدم فيه نظام ملفات ثلاثية الأطوار، توصل في حالة السرعة العالية توصيلة النجمة، كما هو مبين في الشكل المجاور، حيث يسري التيار في هذه الحالة مكونًا أقطابًا حقيقية، ما يجعل المحرك يدور بسرعة عالية.





وتوصل الملفات في حالة السرعة البطيئة توصيلة المثلث كما في الشكل المجاور، حيث يسري التيار في هذه الحالة باتجاه واحد، ما يولد أقطابًا تأثيرية إضافية، فيتضاعف عدد الأقطاب وتقل السرعة كما مر بك سابقًا في وحدة لف المحركات الكهربائية وحسب قانون السرعة.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-11)

توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محركين ثلاثيي الطور، (أحدهما رئيس والآخر احتياطي، والتحكم في تبديلهما بمفتاح اختيار يدوي (3way position).

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لتشغيل محركين ثلاثيي الطور، (أحدهما رئيس والآخر احتياطي، والتحكم في تبديلهما بمفتاح اختيار يدوي (3way position).

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- محركان ثلاثيا الأطوار ($400_V/50_{Hz}$) (1HP).
- ضاغطا تشغيل (NO).
- ضاغطا إيقاف (NC).
- مفتاح اختيار يدوي (3way position).
- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- قاطع (Mcb) أحادي االطور(6A).
- قاطعا (Mcb) ثلاثيا الطور (16A).
- قاطع (Mcb) ثلاثي االطور (10A).
- جهاز حماية (Phase Failure).
- مصدر كهرباء ثلاثي الأطوار ($400V/50_{Hz}$).
- جهازا حماية أوفرلود.

المواد الأولية

- سلك أحمر ($1mm^2$)
- سلك أسود ($1mm^2$)
- سلك أحمر ($2.5\ mm^2$)
- سلك أسود ($2.5\ mm^2$)
- براغي (1cm)
- حاملات الأسلاك والأكبال الداخلية
- السكك الحديدية
- عظمات توصيل صناعية
- أرقام علام

خطوات الأداء

1 - ثبّت القطع اللازمة على لوحة العمل.

2 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

3 - ثبّت مخطط دارة القوى على لوحة العمل.

4 - وصل الأسلاك دارة القوى بحسب المخطط، مستعملًا أسلاك توصيل ($2.5\ mm^2$) مراعيًا ترتيب ألوان الأسلاك.

5 - وصّل أسلاك دارة التحكم بحسب المخطط المرفق، مستعملًا أسلاك توصيل ($1\ mm^2$)، واضعًا وضع علامة مميزة لكل خط في المخطط يوصل بالدارة.

6 - ضع أرقام علام لكل خط في دارة التحكم.

7 - صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية، وتفقد صلاحية عمل الدارة بإشراف المعلم.

8 - افصل الدارة الكهربائية عن مصدر الفولتية.

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

تذكّر

تستعمل بعض المنشآت الصناعية محركات احتياطية، لتكون جاهزة للعمل في أي وقت قد يتعطل فيه المحرك الرئيس للنظام عن العمل، تجنبًا لانقطاع العمل والإنتاج، مثلما في أنظمة ضخ المياه وغيرها.

ولذلك لا بد من وجود دارة خاصة تتحكم في اختيار المحرك المطلوب عمله بسهولة ويسر، يوضح الرسم التالي في الشكل الآتي إحدى هذه الدارات التي تتحكم في اختيار المحرك المطلوب بمفتاح ثلاثي الطرق **(3way position)**، وتصنف حالات عمله كما يأتي:

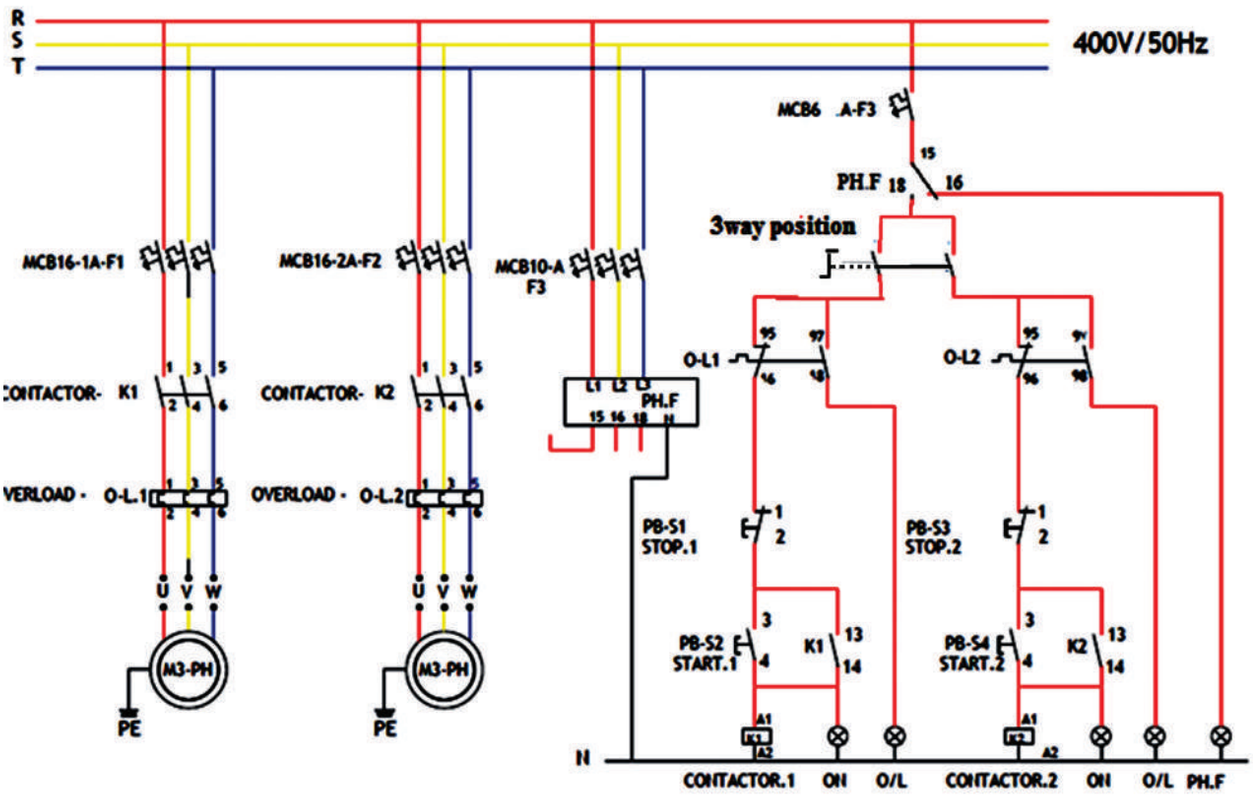
(1) تشغيل المحرك الرئيس.

(2) تشغيل المحرك الاحتياطي.

(0) إيقاف المحركين عن العمل.

2	0	1

الرسم التوضيحي

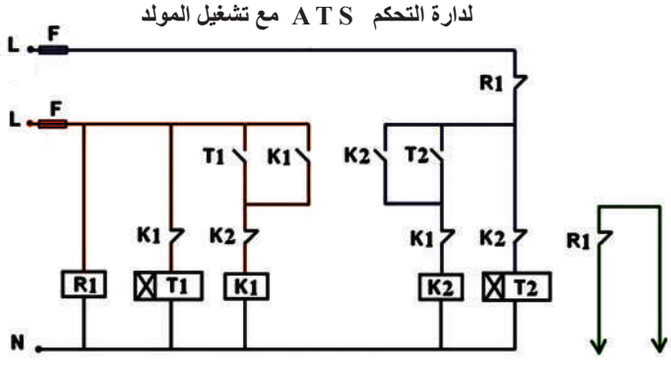


نشاط

يوضح الرسم الآتي توصيل دارة تحكم وحماية ودارة قوى، لنظام تشغيل تبادلي (ATS) بين المولد وشركة الكهرباء بالمفاتيح الكهرومغناطيسية ومؤقتات زمنية. بالتعاون مع زملائك، ارسم دارة القوى لهذه الدارة واشرح مبدأ عملها.

طريقة حديثة

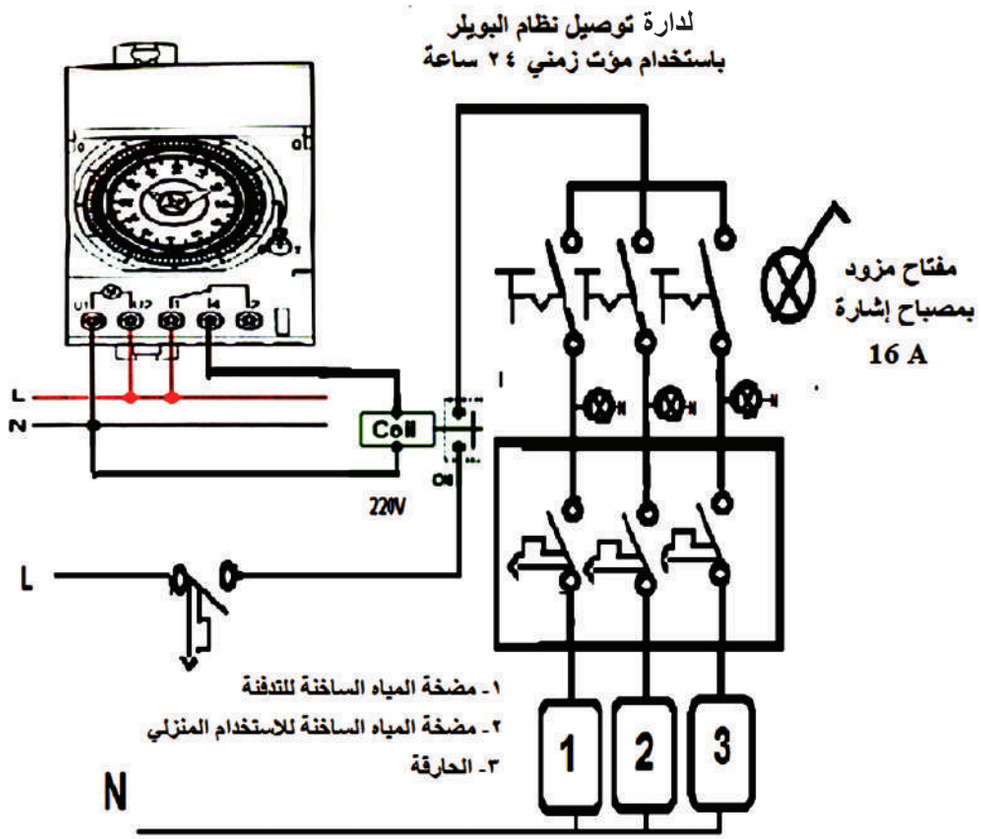
لدارة التحكم A T S مع تشغيل المولد

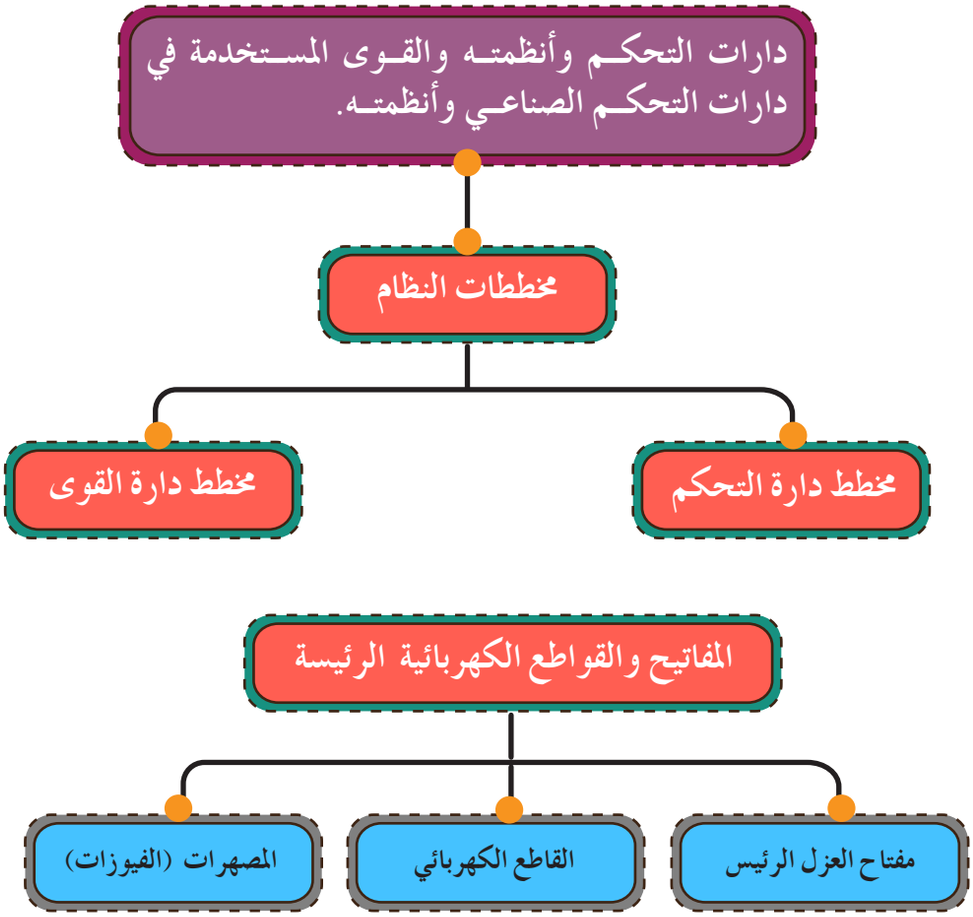


نقاط خارجية لتشغيل المولد

نشاط

يوضح الرسم الآتي دارة تشغيل (مرجل تسخين منزلي) (بويلر) باستعمال مؤقت زمني (24) ساعة، نفذ هذه التجربة واشرح مبدأ عملها بإشراف المعلم.



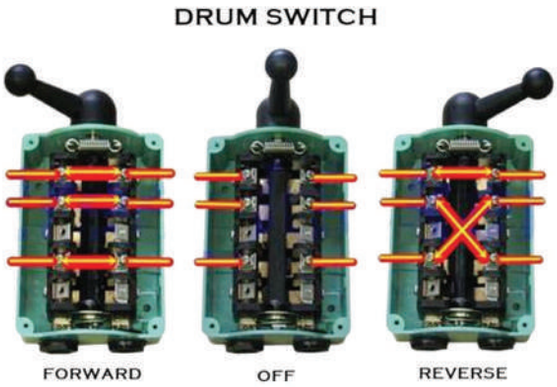

دارات التحكم وأنظمته والقوى المستخدمة في دارات التحكم الصناعي وأنظمته.
مخططات النظام
مخطط دارة القوى
مخطط دارة التحكم
المفاتيح والقواطع الكهربائية الرئيسة
المصهرات (الفيوزات)
القاطع الكهربائي
مفتاح العزل الرئيس

ثانيًا: المفاتيح اليدوية الدوارة (الأسطوانية) (Drum Switches).

النتاجات

يتوقع منك في نهاية الدرس أن:

- تُوصل دارة تشغيل وحماية؛ لتشغيل محرك أحادي الطور بالمفتاح اليدوي الدوار .
- تُوصل دارة تشغيل وحماية؛ لعكس دوران محرك أحادي الطور بالمفتاح اليدوي الدوار.
- تُوصل دارة تشغيل وحماية؛ لتشغيل محرك ثلاثي الطور بالمفتاح اليدوي الدوار.
- تُوصل دارة تشغيل وحماية؛ لعكس دوران محرك ثلاثي الأطوار، بالمفتاح اليدوي الدوار.
- تُوصل دارة تشغيل وحماية؛ لتشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة / مثلث) بالمفتاح اليدوي الدوار.
- تُوصل دارة تشغيل وحماية؛ لتشغيل محرك ثلاثي الأطوار (ذي سرعتين) بالمفتاح اليدوي الدوار.



ما فائدة المفاتيح اليدوية الدوارة في الآلات؟

تحتوي بعض المنشآت الصناعية الصغيرة آلات إنتاجية رخيصة الثمن مقارنة بالمنشآت الصناعية الكبرى؛ لذا لا بد من مراعاة موضوع التكلفة المادية لهذه الآلة، وعليه تشغل هذه الآلات بمفاتيح يدوية رخيصة الثمن، مقارنة بتشغيلها عبر لوحات تحكم ذوات مفاتيح كهرومغناطيسية وأنظمة حماية متعددة.

استكشف

- ما الفرق بين استعمال المفاتيح اليدوية الدوارة والمفاتيح الكهرومغناطيسية للآلات الصناعية؟

تعدّ الآلات الصناعية التي تستعمل المفاتيح اليدوية الدوارة أساسية في عملية تشغيلها، وهي من الآلات البسيطة، التي لا يمكن التحكم فيها عبر أنظمة الحماية المتعددة التي ذُكرت سابقًا، إضافة إلى فقدانها أنظمة التحكم المتطورة التي تحتاج إليها الآلات الصناعية.

تستخدم المفاتيح اليدوية الدوارة في تشغيل الآلات والمحركات الكهربائية ذوات القدرات المنخفضة، التي تحتوي متلامسات داخلية تتناسب وقدراتها، وتتميز بقدرتها على إيصال التيار الكهربائي مباشرة إلى الحمل بسهولة ويسر.

ولها أشكال متعددة، مثل المفاتيح الأسطوانية والمفاتيح السكينية، ومنها ما يعمل على تيار أحادي الطور ومنها ما يعمل على تيار ثلاثي الأطوار.

وهناك شركات متعددة متخصصة في تصنيع مثل هذه المفاتيح، قد تتشابه صناعتها في الشكل وطريقة التشغيل والمواصفات، إلا أنها تختلف في طريقة ترقيم الأطراف ونقاط التوصيل وحسب حاجة النظام .

من أهم المواصفات المطلوبة عند اختيار مثل هذه المفاتيح ما يأتي:

1 - نوع الحمل (أحادي الطور/ثلاثي الأطوار).

2 - الغرض من الاستعمال (**0-1**) (**1.0.2**) (عكس دوران) (نجمي– مثلث) وغيرها بحسب حاجة النظام.

3 - التيار الاسمي بالأمبير، (متناسبًا مع تيار الحمل المراد تشغيله) أوالقدرة الكهربائية.

4 - قيمة فرق الجهد الاسمي الذي سيعمل عليه الحمل.

5 - الشكل وطريقة التركيب (تعتمد حسب النظام المطلوب تشغيله) (دوار/ سكيني).

عند الحاجة إلى تركيب مفتاح دوار، لا بد من اتباع المخطط المرفق بالمفتاح، والتأكد من صلاحية المتلامسات بجهاز الأفوميتر؛ لتسهيل عملية التركيب والتوصيل بصورة صحيحة .

التمرين (5-12)

توصيل محرك أحادي الطور وتشغيله بالمفتاح اليدوي الدوار.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل وتشغل محركًا أحادي الطور بالمفتاح اليدوي الدوار.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- محرك أحادي الطور (1Hp/220v).
- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- مصدر كهرباء (230v) أحادي الطور.
- قاطع Mcb (2poles) 16 أمبير.
- مفتاح يدوي دوار أحادي الطور (ON/OFF) (16A).

المواد الأولية

- كبل كهرباء ($3\times2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

2 - تأكد من صلاحية المحرك بالأوميتر.

3 - تفقد مخطط الشركة الصانعة ا لمرفق بالمفتاح.

4 - افحص المفتاح عبر جهاز الأوميتر.

5 - صِل أطراف المصدر الكهربائي وأطراف الحمل بالمفتاح.

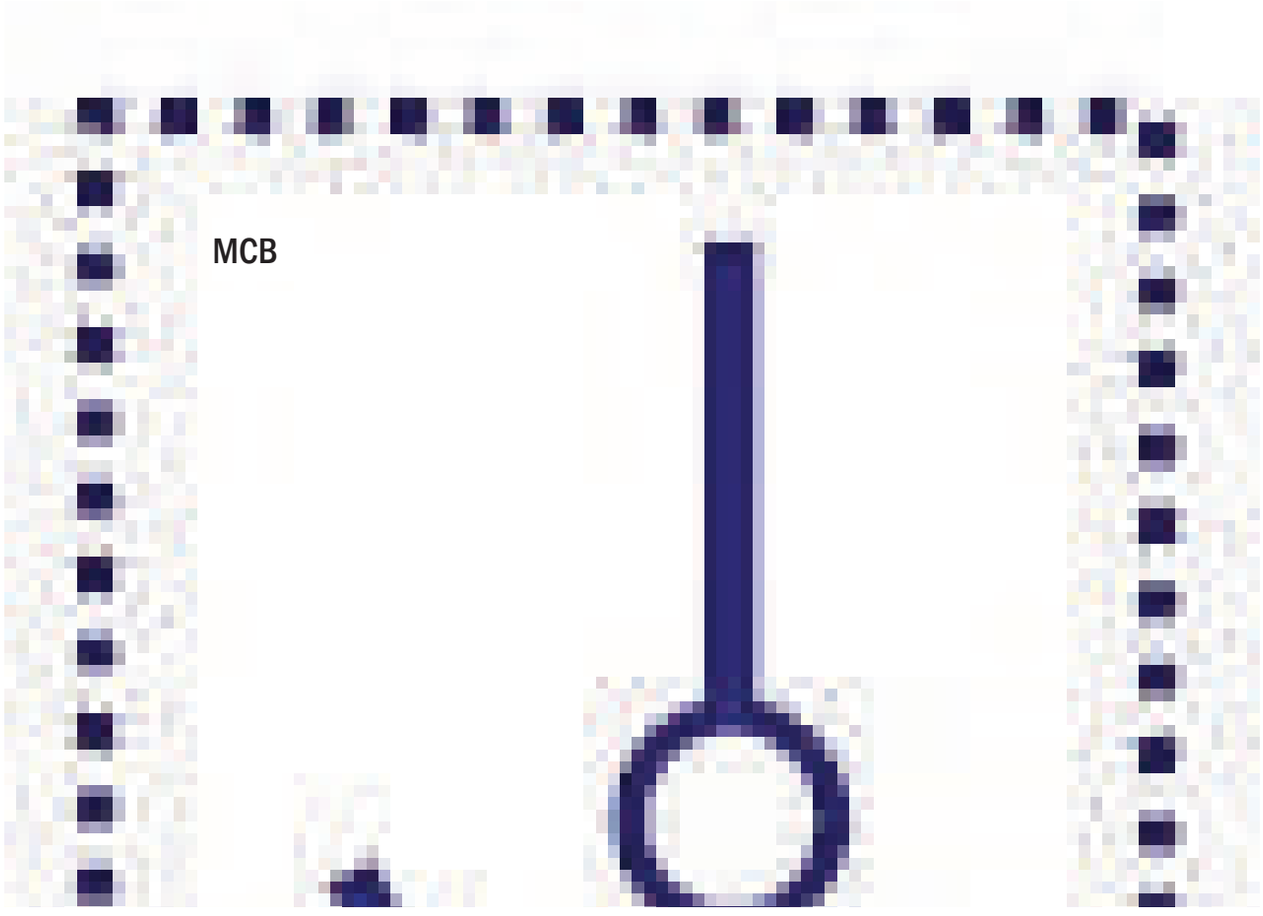
6 - صِل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية بإشراف المعلم.

7 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (**ON**) منتبهًا إلى المحرك بصورة صحيحة.

8 - افصل مصدر التغذية عن الدارة .

9 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-13)

توصيل محرك أحادي الطور وتشغيله، وعكس دورانه، بالمفتاح اليدوي الدوار (1.0.2).

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل وتشغل محركًا أحادي الطور، وتعكس دورانه بالمفتاح اليدوي الدوار (1.0.2).

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- محرك أحادي الطور (220v/1Hp).
- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- مصدر كهرباء (230v) أحادي الطور.
- قاطع Mcb (2poles) 16 أمبير.
- مفتاح يدوي دوار أحادي الطور (1.0.2) (16A).

المواد الأولية

- كبل كهرباء ($3\times2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

2 - تأكد من صلاحية المحرك بالأوميتر.

3 - تفقد مخطط الشركة الصانعة المرفق مع المفتاح.

4 - افحص المفتاح عبر جهاز الأوميتر.

5 - صِل أطراف المصدر الكهربائي وأطراف الحمل بالمفتاح.

6 - صِل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية بإشراف المعلم.

7 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (ON/1)، منتبهًا إلى المحرك في أحد الاتجاهات بصورة صحيحة.

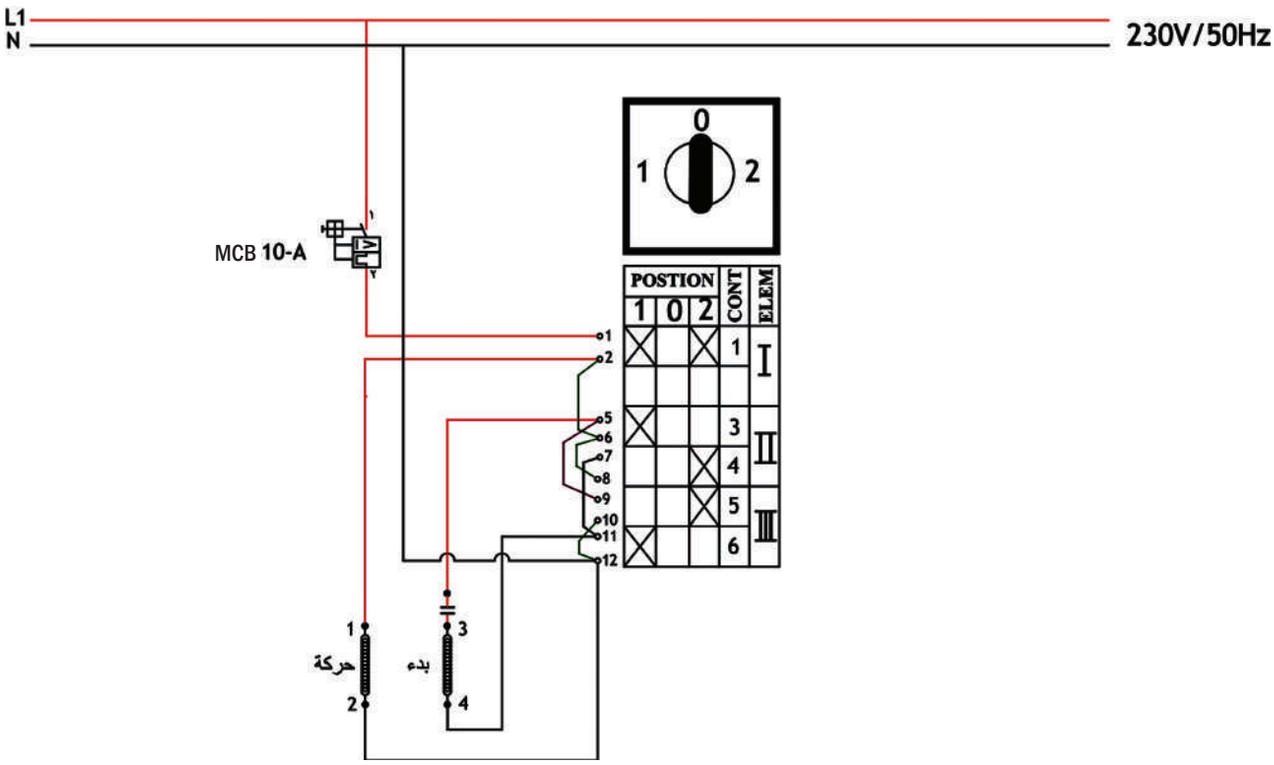
8 - أدر ذراع المفتاح على وضع (OFF).

9 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (ON/ 2)، منتبهًا إلى المحرك في الاتجاه الآخر بصورة صحيحة.

10 - افصل مصدر التغذية عن الدارة.

11 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-14)

توصيل محرك ثلاثي الأطوار وتشغيله بالمفتاح اليدوي الدوار (0.1).

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل وتشغل محركًا ثلاثي الأطوار بالمفتاح اليدوي الدوار (0.1).

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– محرك أحادي الطور (400v/1Hp). – لوحة عمل. – صندوق عُدَّة كهربائية. – مصدر كهرباء (400v) ثلاثي الأطوار. – قاطع Mcb (3poles) 16 أمبير. – مفتاح يدوي دوار أحادي الطور (0.1) (16A).	– كبل كهرباء ($4\times2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

2 - تأكد من صلاحية المحرك بالأوميتر.

3 - تفقد مخطط الشركة الصانعة المرفق مع المفتاح.

4 - افحص المفتاح عبر جهاز الأوميتر.

5 - صِل أطراف المصدر الكهربائي وأطراف الحمل بالمفتاح.

6 - صِل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية بإشراف المعلم.

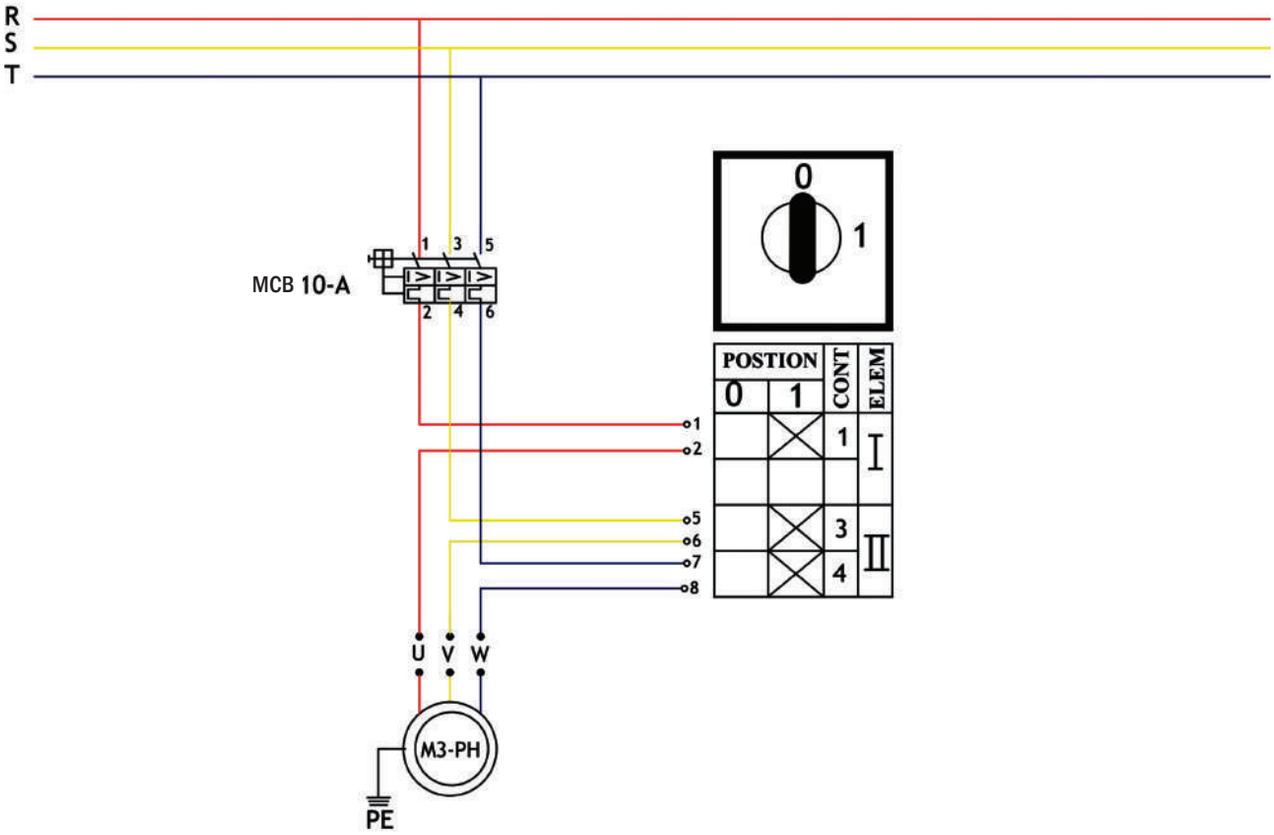
7 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (**ON/1**)، منتبهًا إلى عمل المحرك بصورة صحيحة.

8 - أدر ذراع المفتاح إلى وضع (**OFF**).

9 - افصل مصدر التغذية عن الدارة.

10 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-15)

توصيل محرك ثلاثي الأطوار وتشغيله وعكس دورانه بالمفتاح اليدوي الدوار (1.0.2).

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل وتشغيل محركًا ثلاثي الأطوار، وتعكس دورانه بالمفتاح اليدوي الدوار (1.0.2).

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- محرك أحادي الطور (400v/1Hp).
- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- مصدر كهرباء (400v) ثلاثي الأطوار.
- قاطع Mcb (3poles) 16 أمبير.
- مفتاح يدوي دوار أحادي الطور (1.0.2) (16A).

المواد الأولية

- كبل كهرباء ($4\times2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

2 - تأكد من صلاحية المحرك بالأوميتر.

3 - تفقد مخطط الشركة الصانعة ا لمرفق بالمفتاح.

4 - افحص المفتاح بجهاز الأوميتر.

5 - صِل أطراف المصدر الكهربائي وأطراف الحمل بالمفتاح.

6 - صِل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية بإشراف المعلم.

7 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (ON/1) منتبهًا إلى عمل المحرك في أحد الاتجاهات بصورة صحيحة.

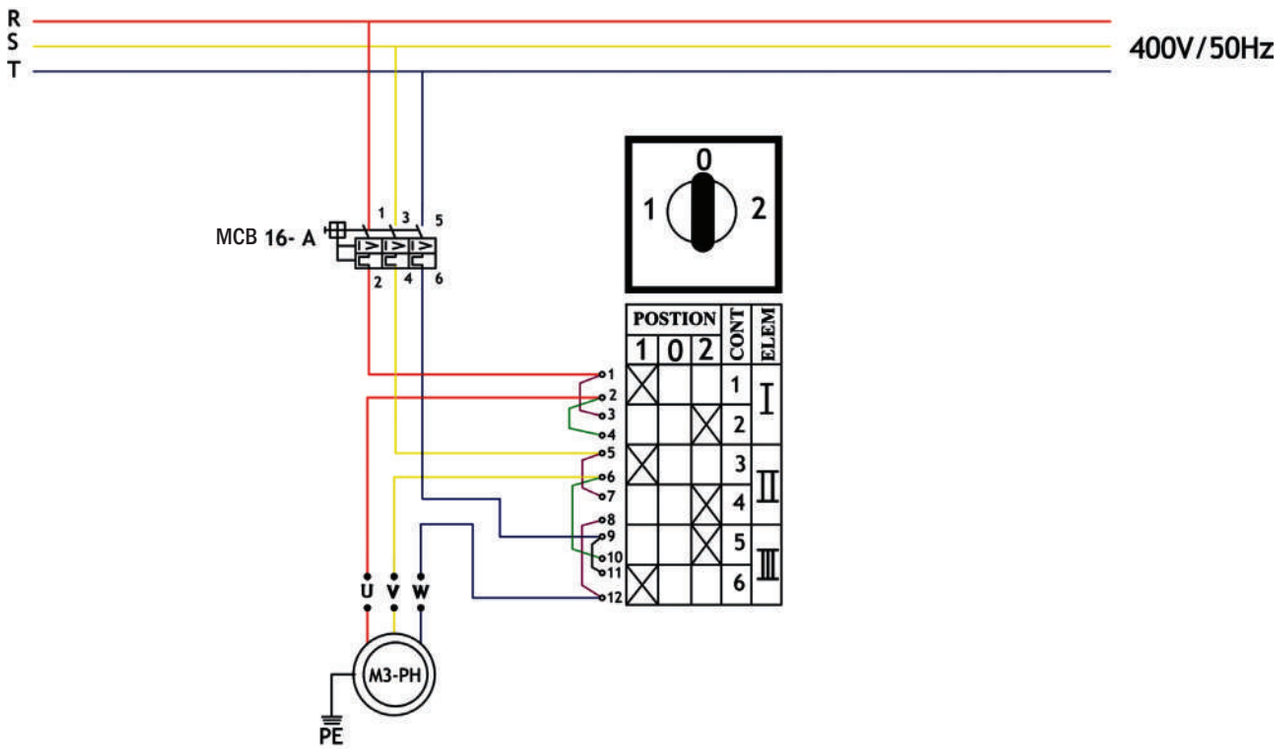
8 - أدر ذراع المفتاح على وضع (OFF).

9 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (ON/ 2). منتبهًا إلى عمل المحرك في الاتجاه الآخر بصورة صحيحة.

10 - افصل مصدر التغذية عن الدارة .

11 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-16)

توصيل محرك ثلاثي الأطوار (نجمة / مثلث) وتشغيله بالمفتاح اليدوي الدوار.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل وتشغل محركًا ثلاثي الأطوار (نجمة / مثلث) بالمفتاح اليدوي الدوار.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- محرك أحادي الطور (400v/3Hp)(مثلثي) (DELTA).
- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- مصدر كهرباء (400V) ثلاثي الأطوار.
- قاطع Mcb (3poles) 20 أمبير.
- مفتاح يدوي دوار أحادي الطور (1.0.2) (20A).

المواد الأولية

- كبل كهرباء ($4\times2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تفيذ التمرين.

2 - تأكد من صلاحية المحرك بالأوميتر.

3 - تفقد مخطط الشركة الصانعة المرفق بالمفتاح.

4 - افحص المفتاح بجهاز الأوميتر.

5 - صِل أطراف المصدر الكهربائي وأطراف الحِمل بالمفتاح.

6 - صِل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية بإشراف المعلم.

7 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (نجمي /**ON**)، منتبهًا إلى عمل المحرك بصورة صحيحة .

8 - بعد إقلاع المحرك بمدة تتراوح من (٥–٧) ثوانٍ.

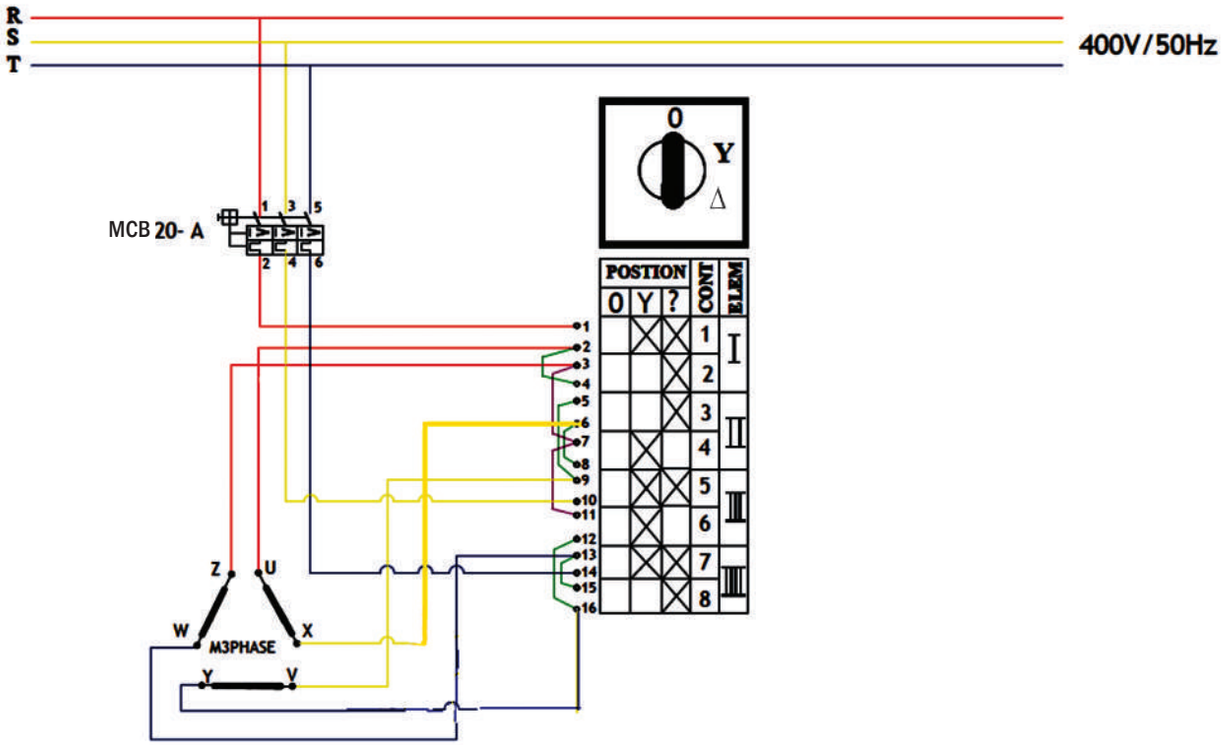
9 - أدر المفتاح على وضع المثلث (**Delta**)، منتبهًا إلى عمل المحرك في بصورة صحيحة.

10 - أدر ذراع المفتاح على وضع (**OFF**).

11 - افصل مصدر التغذية عن الدارة.

12 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-17)

توصيل محرك ثلاثي الأطوار (ذي السرعتين/ دالندر) وتشغله بالمفتاح اليدوي الدوار.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل وتشغل محركًا ثلاثي الأطوار (سرعتين/ دالندر) بالمفتاح اليدوي الدوار.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– محرك أحادي الطور (400v/3Hp) ذو السرعتين. – لوحة عمل. – صندوق عُدَّة كهربائية. – مصدر كهرباء (400V) ثلاثي الأطوار. – قاطع Mcb (3poles) 20 أمبير. – مفتاح يدوي دوار أحادي الطور (2.1.0) ذو السرعتين (20A).	– كبل كهرباء ($4\times2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

2 - تأكد من صلاحية المحرك بالأوميتر.

3 - تفقد مخطط الشركة الصانعة المرفق بالمفتاح.

4 - افحص المفتاح بجهاز الأوميتر.

5 - صل أطراف المصدر الكهربائي وأطراف الحمل بالمفتاح.

6 - صِل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية بإشراف المعلم.

7 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (**ON/ 1**) للسرعة الأولى منتبهًا إلى عمل المحرك بصورة صحيحة.

8 - أدر ذراع المفتاح على وضع (**OFF**).

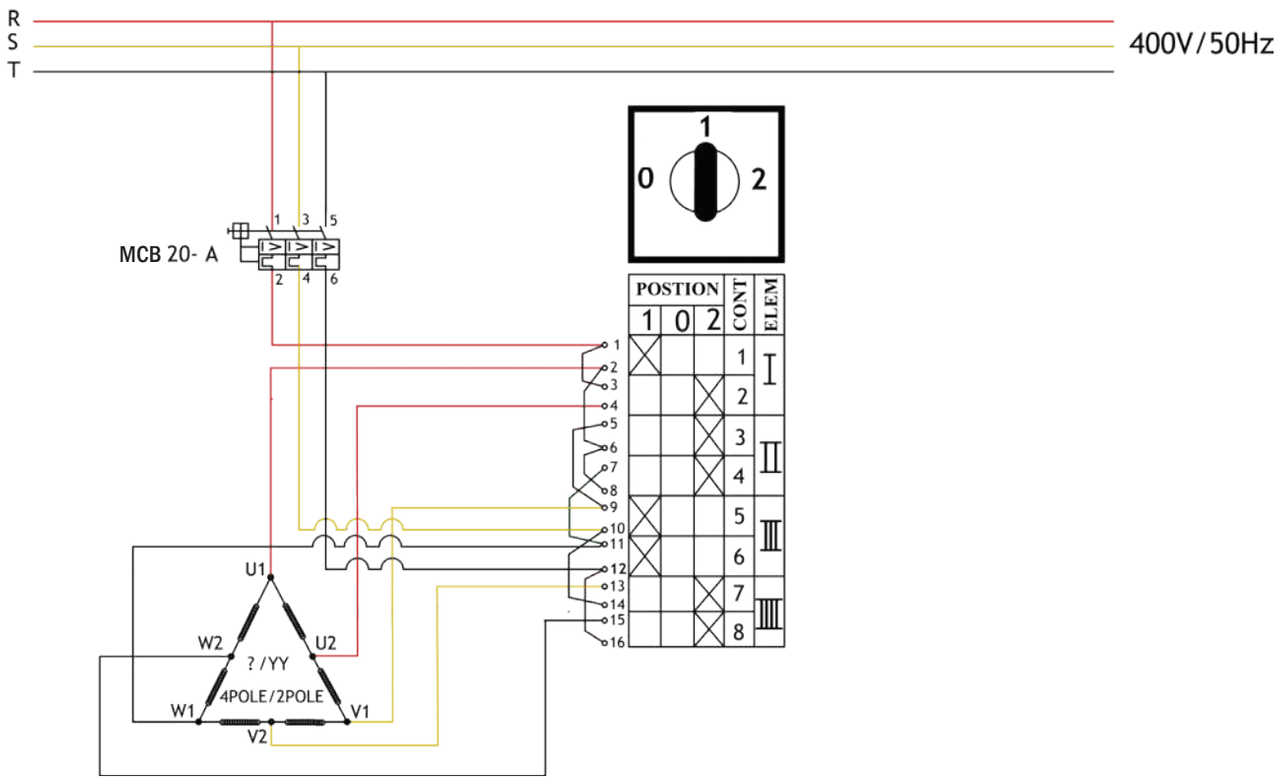
9 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (**ON/2**) للسرعة الثانية منتبهًا إلى عمل المحرك بصورة صحيحة.

10 - أدر ذراع المفتاح على وضع (**OFF**).

11 - افصل مصدر التغذية عن الدارة.

13 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

الرسم التوضيحي



التمارين العملية

التمرين (5-18)

توصيل محرك ثلاثي الأطوار (ذي السرعتين المنفصلتين) بالمفتاح اليدوي الدوار.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل وتشغل محركًا ثلاثي الأطوار (ذا السرعتين المنفصلتين) بالمفتاح اليدوي الدوار.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- محرك أحادي الطور (400V/3Hp) ذو سرعتين.
- لوحة عمل.
- صندوق عُدَّة كهربائية.
- مصدر كهرباء (400V) ثلاثي الأطوار.
- قاطع Mcb (3poles) 20 أمبير.
- مفتاح يدوي دوار أحادي الطور (1.0.2) ذو السرعتين المنفصلتين (20A).

المواد الأولية

- كبل كهرباء ($4\times2.5mm^2$).

خطوات الأداء

1 - تأكد من فصل التيار الكهربائي قبل تنفيذ التمرين.

2 - تأكد من صلاحية المحرك بالأوميتر.

3 - تفقد مخطط الشركة الصانعة المرفق بالمفتاح.

4 - افحص المفتاح بجهاز الأوميتر.

5 - صِل أطراف المصدر الكهربائي وأطراف الحِمل بالمفتاح.

6 - صِل الدارة الكهربائية بمصدر الفولتية بإشراف المعلم.

7 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (ON/1) للسرعة الأولى، منتبهًا إلى عمل المحرك بصورة صحيحة.

8 - أدر ذراع المفتاح على وضع (OFF).

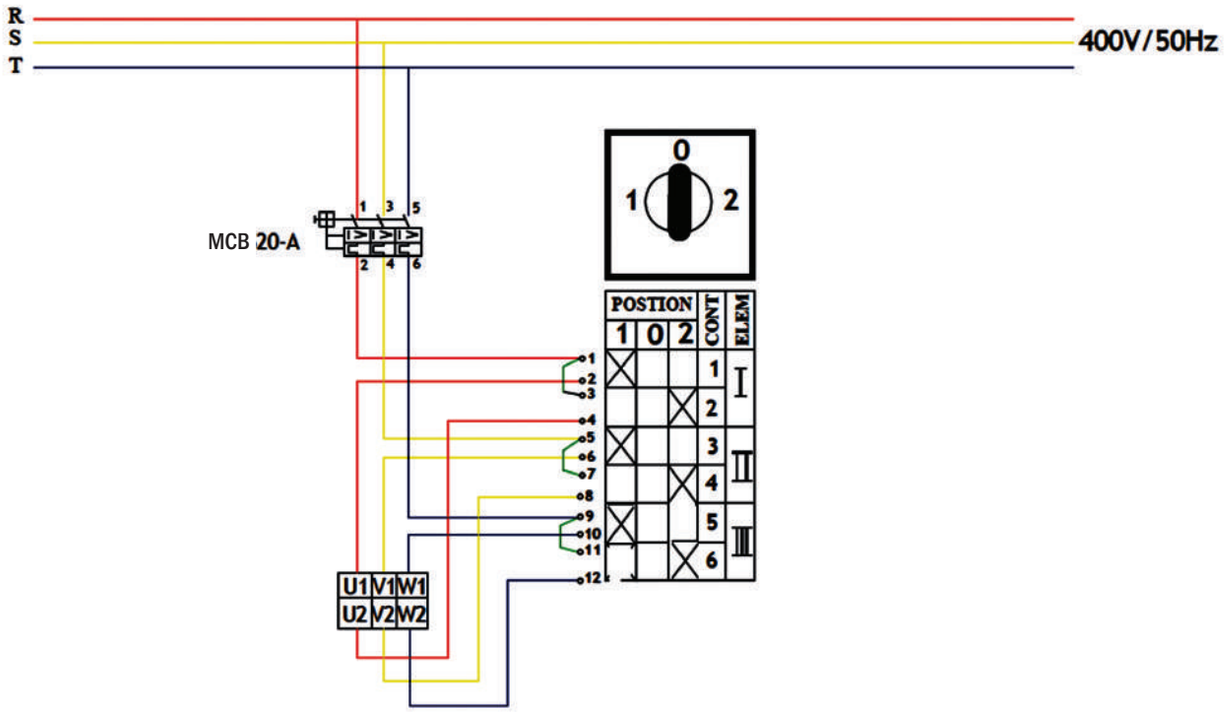
9 - أدر ذراع المفتاح على وضع التشغيل (ON/2) للسرعة الثانية منتبهًا إلى عمل المحرك بصورة صحيحة.

10 - أدر ذراع المفتاح على وضع (OFF).

11 - افصل مصدر التغذية عن الدارة.

12 - اكتب تقريرًا مفصلًا عن التمرين على دفتر التدريب العملي.

الرسم التوضيحي



الأعطال العملية

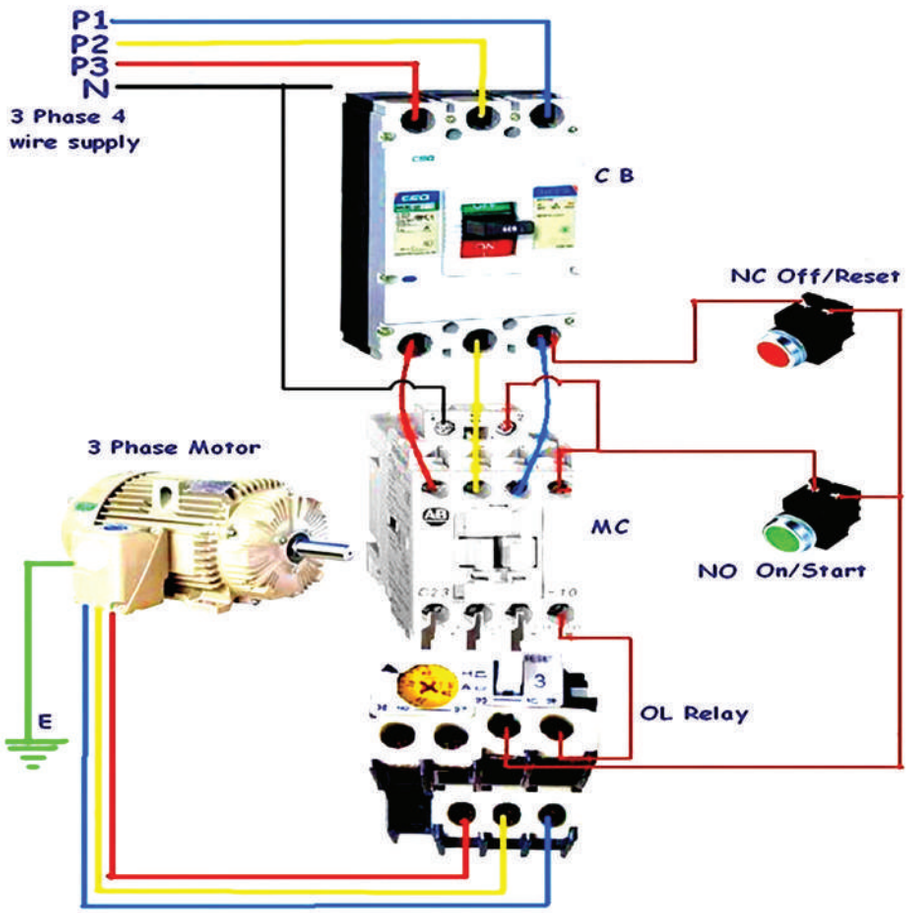
أعطال دارات التحكم في المحركات الكهربائية وصيانتها

مـن المتطلبـات الأساسـية في المنشـآت الصناعيـة، أن تكـون ذات جـودة عالية لتحقيـق أهدافها الإنتاجية، وعدم تعطل خطوط الإنتاج لديها عن العمل؛ لذلك لا بد من وضع خطة سنوية للصيانة الوقائية، لكيلا تتوقف المنشـآت عن العمل بسبب أعطال آلات الإنتاج.

ومـن الأعطـال الرئيسـة التـي تحـد ث في هـذه الآلات، الأعطـال الكهربائيـة التـي تتعرض لهـا لوحـات التحكـم والتشـغيل، لـذا لا بد من تحليل بعض الأعطال الرئيسـة التي تمكننا من اكتشـاف هذه الأعطال بيسـر وسـهولة.

تذكَّر

تفقد صلاحية دارة التحكم أولًا قبل تشغيل قاطع دارة القوى



الجدول الآتي يبين نموذجًا من طرائق تحليل بعض الأعطال المحتملة في دارات التحكم الكهربائية، وطريقة تتبع الأعطال بشكل متتالٍ وتدريجي لتحديد العطل بأسرع وقت ممكن.

العطل	السبب المحتمل	طريقة التصليح
عدم وصول التيار الكهربائي إلى عناصر اللوحة وصولًا صحيحًا، وعدم عمل اللوحة نهائيًّا.	انقطاع التيار الكهربائي. انخفاض في الفولتية. فصل في القاطع الرئيس المغذي للدارة. فصل في أحد الأطوار. فصل في أحد المصهرات أو أحد القواطع الفرعية. فصل في الخط المحايد.	التأكد من وصول التيار الكهربائي بجهاز الأفوميتر وقيمة الفولتية بين الأطوار الثلاثة، والخط المحايد وتفقد صلاحية القواطع والمصهرات في الدارة.
التغذية الكهربائية سليمة، والقواطع والمصهرات جميعها بحالة جيدة، لكن اللوحة لا تعمل نهائيًّا.	فصل في أحد الأسلاك الرئيسة المغذية لدارة التحكم. فصل في أحد أجهزة الحماية. فصل في خط تغذية دارة التحكم بسبب ضاغط الطوارئ أو تعطل ضاغط الإيقاف. تعطل في ضواغط ومفاتيح التشغيل ومفاتيحه. عطل في المتلامسات المساعدة لأحد المرحلات. تعطل في أحد ملفات الكونتاكتور.	استخدام جهاز الأفوميتر في ما يأتي: دارة التحكم حسب مخطط الشركة الصانعة. – عناصر الحماية أجهزتها. – صلاحية الضواغط ومفاتيح الدارة. – صلاحية المتلامسات المساعدة حسب مخطط الدارة – صلاحية ملفات الكونتاكتورات.

التغذية الكهربائية وعناصر أجهزة الحماية تعمل جيدًا، لكن اللوحة لا تعمل بصورة صحيحة حسب النظام المطلوب (خطأ في نظام التشغيل).	فصل في بعض أسلاك دارة التحكم . تعطل في ملفات بعض الكونتاكتورات. عطل في متلامسات المرحلات. تعطل ميكانيكي في أحد الكونتاكتورات أو الريليهات في الدارة.	استخدام جهاز الأفوميتر في تفقد ما يأتي: – دارة التحكم حسب مخطط الشركة الصانعة. – عناصر الحماية وأجهزتها. – صلاحية الضواغط. – صلاحية المتلامسات المساعدة حسب مخطط الدارة – صلاحية ملفات الكونتاكتورات.
عند تشغيل دارة التحكم يفصل قاطع التغذية الفرعي الخاص بها.	وجود تماس كهربائي بين جسم اللوحة وأحد عناصر الدارة. حدوث قصر في ملفات أحد المرحلات (الكونتاكتورات والريليهات أو أحد عناصر أجهزة الحماية).	تفقد صلاحية الأسلاك داخل اللوحة وخارجها (أسلاك بعض المجسات الكهربائية) وتفقد عدم ملامستها خط التأريض بجهاز الأفوميتر. تفقد صلاحية ملفات المرحلات في الدارة.

دارة التحكم تعمل جيدًا، لكن المحرك لا يعمل نهائيًّا.	فصل في أحد الأطوار الرئيسة. تعطل في قاطع التغذية الرئيس. عطل في ملامس المرحلات. عطل في الكبل المغذي للمحرك. عطل في ملفات المحرك.	التأكد من وصول التيار الكهربائي باستعمال جهاز الأفو ميتر بصورة صحيحة وقيمة الفولتية بين الأطوار الثلاثة، تفقد صلاحية القواطع والمصهرات في الدارة. تفقد صلاحية الأكبال واتصالها بالدارة والمحرك. تفقد صلاحية ملامس دارة القوى في الكونتاكتورات الرئيسة. تفقد صلاحية ملفات المحرك.
دارة التحكم تعمل جيدًا، وعند تشغيل المحرك، يفصل القاطع الرئيس للدارة.	قصر في أحد الأكبال المغذية للمحرك. قصر في ملفات المحرك. حدوث تماس كهربائي بين الملفات وجسم المحرك.	تفقد أكبال الدارة تفقد صلاحية الملفات الداخلية للمحرك وعدم وجود تماس مع جسم المحرك.
بعد فحص المحرك واللوحة الكهربائية وأكبالها والتأكد من صلاحيتها، يحدث فصل في القاطع الرئيس للوحة عند عمل المحرك.	سعة القاطع لا تتناسب والمحرك.	التأكد من توافق قيمة التيار الاسمي للقاطع مع تيار المحرك. التأكد من توافق تيار القطع (I.S.C) للقاطع مع تيار المحرك.

المحرك يعمل ولكنه يفصل بعد مدة وجيزة.	فصل في أحد عناصر الحماية، مثل حماية زيادة التيار (الأوفرلود) والحماية الحرارية وغيرها.	تفقد مصابيح الإشارة للتأكد من إشارة العطل، مثل حماية زيادة التيار (الأوفرلود) والحماية الحرارية وغيرها.

تذكَّر

- عند إيقاف المحركات عن العمل، تبقى في حالة دوران لمدة زمنية بسيطة بفعل عامل القصور الذاتي، وفي بعض المحركات الكهربائية يتطلب الأمر أحيانًا توقف المحرك عن الدوران لحظة فصل التيار الكهربائي مباشرة، كما في المصاعد والرافعات، لذلك تستخدم طرائق متعددة في إيقاف هذه المحركات وكبحها، ومن أهمها (الكبح الكهروميكانيكي)، الذي يستعمل فيه نابض زنبركي كهروميكانيكي، ومتصل بملف كهربائي، يضغط العضو الدوار فور توقفه عن العمل خصوصًا الفرامل، وعند إيصال التيار الكهربائي، يجذب الملف النابض المتصل بالفرامل ويبعده عن العضو الدوار، فيتحرر ويدور بسهولة، وعند فصل التيار الكهربائي، يعود النابض ويضغط بالفرامل العضو الدوار ويوقفه مباشرة دون تأخير؛ لذا لا بد من تفقد صلاحية النابض الكهروميكانيكي وتنفيذ أعمال الصيانة الوقائية المستمرة في مثل هذه المحركات.
- تعدّ الصيانة الوقائية للآلات والمعدات، من أهم الأعمال التي تساعد على تقليل الأعطال في المنشآت الصناعية، والمحافظة على سير العمل دائمًا.

نشاط

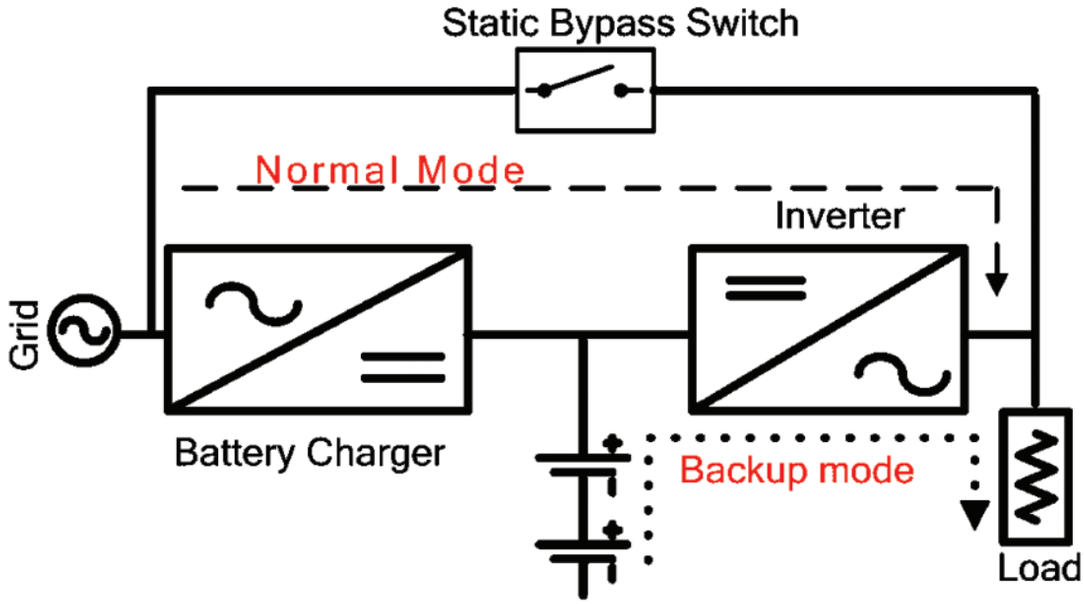
ابحث في الإنترنت عن طرائق أخرى لكبح المحركات الكهربائية واكتب تقريرًا عنها ثم ناقش زملاءك فيها.

نشاط

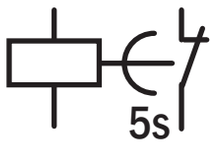
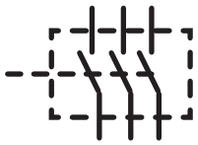
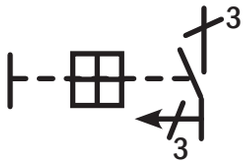
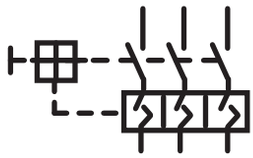
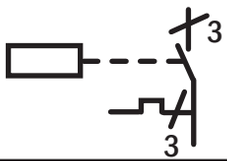
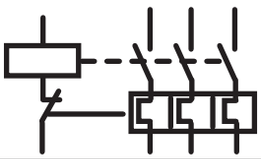
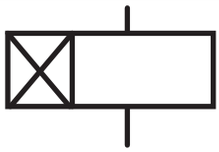
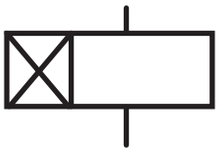
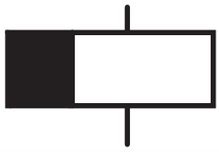
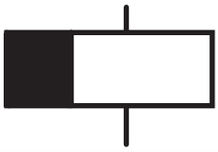
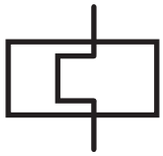
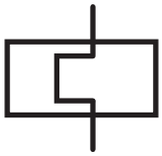
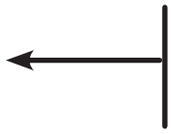
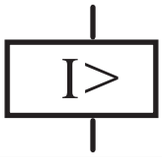
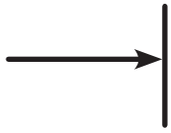
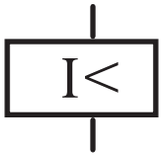
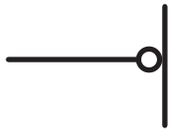
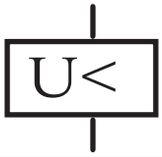
في بعض المواقع المهمة التي تحتوي أجهزة حساسة، لا يستقيم انقطاع التيار الكهربائي عنها للثانية واحدة،ولتلاقي ذلك، نستعمل وحدة تغذية احتياطية تسمى **(UPS) (Uninterruptible Power Supply)**، إذ تحتوي هذه الوحدة بطاريات تخزين للطاقة، وشاحنًا للبطاريات،ومنظم شحن، بالإضافة إلى عاكس.

ابحث عبر الإنترنت عن مجالات استعمالها ومبدأ عملها.

الشكل الآتي يوضح بعض هذه الأجهزة.



بعض الرموز المستخدمة في أنظمة التحكم الصناعي:

الوصف	الرمز في الدارة الرمزية	الرمز في الدارة
مفتاح فصل تشغيل متأخر		مفتاح الفصل يفصل بعد خمس ثوانٍ من وصول التيار إلى الملف
مفتاح قدرة ثلاثي		
مفتاح قابض مع قاطع كهرومغناطيسي للوقاية من زيادة التيار		
مفتاح تلامس مع قاطع حراري ضد زيادة التيار		
موقت زمني يؤخر عند التوصيل		
موقت زمني يؤخر عند الفصل		
متمم حراري يعمل عند زيادة التيار الزائد		
قاطع كهرومغناطيسي ضد التيار الزائد		
قاطع كهرومغناطيسي ضد التيار المنخفض		
قاطع عند الجهد المنخفض		

أسئلة الوحدة

القياس والتقويم

1 - ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة.

(1) وحدة قياس التيار الكهربائي:

أ–الفولت ب– الأمبير جـ– الهيرتز د– وات

(2) وحدة قياس القدرة الكهربائية:

أ– الهيرتز ب– الأمبير جـ– الأوم د– وات

(3) وحدة قياس فرق الجـهد هي:

أ– الفولت ب– الأمبير جـ– الأوم د– وات

(4) وحدة قياس التردد هي:

أ– الفولت ب– الهيرتز جـ– الأوم د– وات

(5) قيمة فرق الجـهد بين خط النتر وأحد الأطوار في الأردن:

أ– **230** فولت ب– **110** فولت جـ**400**– فولت د **50**– فولت

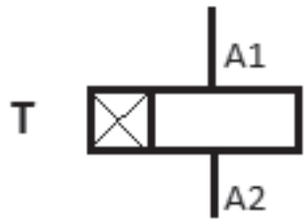
(6) قيمة فرق الجـهد بين خط الطور والطور الآخر في الأردن هي:

أ– **230** فولت ب– **110** فولت جـ– **400** فولت د – **50** فولت

(7) يدل الرمز ( ) على:

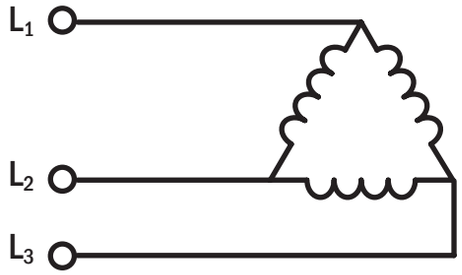
أ– تماس (**NC**) ب– تماس (**NO**) جـ– تماس نظام عجلة القيادة د–مفتاح مصلب

(8)الرمز الآتي يدّل على:



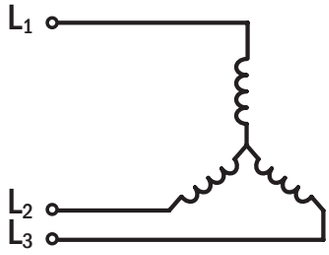
أ- ملف التايمر ب-ملف كونتاكتور جـ- ملف خانق د- مقلع

(9) الشكل الآتي لتوصيل المحرك الكهربائي ثلاثي الأطوار هو:



أ- توصيل دلتا ب- توصيل ستار جـ- توصيل توازٍ د- توصيل توالٍ

(10)الشكل الآتي، التوصيل المحرك الكهربائي يمثل:



أ- توصيل دلتا ب- توصيل ستار جـ- توصيل توازٍ د- توصيل توالٍ

(11) لون خط التأريض المعتمد في دارات التحكم الكهربائية هو:

أ- أحمر ب- أصفر جـ- أزرق د- أخضر

(12) يشير الرمز الآتي( ) إلى:

أ– مقاومة ب– محول (DC) جـ– مكثف د– مصهر (فيوز)

(13) القاطع المبين في الشكل الآتي من حيث عدد الأقطاب (Poles) هو:

أ – 2P ب– 3 P جـ– 4P د– 1P

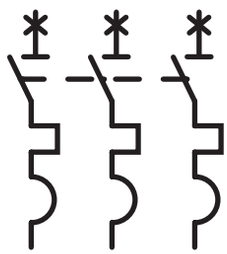
(14) المقاومة التي تزيد قيمتها بارتفاع الحرارة هي:

أ – VDR ب– PTC جـ– NTC د– PVC

(15) العلاقة بين التردد والسرعة هي علاقة:

أ – عكسية ب– طردية جـ– عكسية مضاعفة د– لا توجد علاقة بينهما

(16) الرمز الآتي يبين شكل القاطع:



أ –الحراري ب– المغناطيسي جـ– الحراري المغناطيسي د– قاطع عزل دون حماية

(17) يستخدم الأوفر لود (**Over Load**) في دارات التحكم لحماية المحرك من :

أ – التسرب الأرضي. ب– قصر الدارة.

جـ– زيادة الحمل. د– ارتفاع الفولتية.

(18) في دارة عكس دوران محرك ثلاثي الأطوار:

أ – كونتاكتورًا واحدًا ب– كونتاكترين جـ– ثلاثة كونتاكترات د– أربعة كونتاكتورات

(19) في دارة تشغيل محرك نجمي مثلث تستخدم :

أ – كونتاكتورًا واحدًا ب– كونتاكترين جـ– ثلاثة كونتاكترات د– أربعة كونتاكتورات

(20) الوظيفة الرئيسة لجهاز الحماية من انقطاع الطور:

أ – حماية المحرك عند ارتفاع التيار عن الحد المقرر.

ب– فصل الدارة عند فقدان أحد الأطوار الرئيسة.

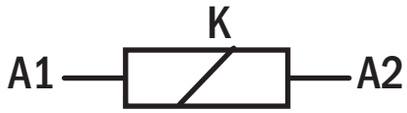
جـ– فصل المحرك عند ارتفاع درجة حرارته عن الحد المطلوب.

د– حماية المحرك عند جفاف المياه عن المضخات.

(21) المحرك أحادي الطور ذو القفص السنجابي يعدّ من الأحمال:

أ – المادية ب– السعوية جـ– الحثية د– المولدات

(22) الرمز الآتي المبين في الشكل هو:



أ– مكثف ب– محول كهربائي جـ–مقاومة د– ملف الكنتاكتور

(23) لعكس دوران محرك حثي (ذي قفص سنجابي) ثلاثي الأطوار نعمل ما يأتي:

أ– عكس أطراف الفحمات ب– عكس أطراف ملف البدء أو أطراف ملف الحركة

جـ– عكس أحد الأطوار مع الطور الآخر د– عكس خط الطور مع الخط المحايد

(24) نقاط التلامس الرئيسة في كنتاكتور البور هي:

أ– (14-13) ب–(12-11) جـ– (A2 – A1) د – (T3– T2-T1،L3-L2– L1)

(25) من النقاط المساعدة المغلقة في الكنتاكتور:

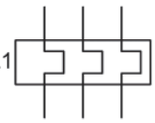
أ– (14-13) ب–(12-11) جـ– (A2 – A1) د – (T3– T2-T1،L3-L2– L1)

(26) من النقاط المساعدة المفتوحة في الكنتاكتور:

أ– (14-13) ب–(12-11) جـ–(A2 – A1) د – (T3– T2-T1،L3-L2– L1)

(27) يحتوي الأوفرلود نقاطًا مغلقة تستخدم في حماية دارات التحكم على التوالي، وهي:

أ– (14-13) ب– (98–97) جـ– (96-95) د – (A2-A1)

(28) الرمز : 

يدل على:

أ– قاطع مغناطيسي ب– فيوزات حماية جـ– أوفرلود د– قاطع تسرب أرضي

(29) عند الحاجة إلى عمل استمرارية للمحرك في دارات التحكم نستعمل تماسًّا (التماس) رقم:

أ–(11 - 12) ب– (13 - 14) جـ–تماس(95 – 96) د–(97 - 98)

(30) عند الحاجة إلى عمل لتوفير الحماية بين الكنتاكتوريين في دارة تحكم عكس الدوران نستعمل تماس رقم:

أ–(11 - 12) ب– (13 - 14) جـ–(95 – 96) د – (97 - 98)

(31) للحماية من ارتفاع الضغط في دارات التحكم نستعمل جهاز:

أ – ph. Failure ب– over load جـ– H. pressure د–dry run

(32) عند تصميم دارة تحكم نجمي مثلث يُعايرة جهاز (المؤقت الزمني) التايمر على:

أ – (30 - 40) ثانية ب– (5 – 7) ثوان جـ– (5 – 7) دقائق د– (50-60) ثانية

(33) وظيفة مجس (العوامة الكهربائية):

أ – فصل الدارة عند المستوى المطلوب للسائل ب– فصل الدارة عند الضغط المطلوب

جـ– فصل الدارة عند درجة حرارة معينة د– فصل الدارة عند ارتفاع التيار الكهربائي

(34) وظيفة المجس (PT100):

أ– فصل الدارة عند المستوى المطلوب للسائل ب– فصل الدارة عند الضغط المطلوب

جـ– فصل الدارة عند درجة حرارة معينة د– فصل الدارة عند ارتفاع التيار الكهربائي

(35) يتميز كونتاكتور البور عن الريلية في أن:

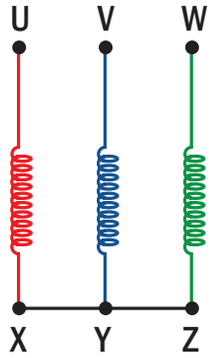
أ – الكونتاكتور أقل تحملًا للتيار من الريلية.

ب– الكونتاكتور أكثر تحملًا للتيار من الريلية ويستعمل لتوصيل أطراف المحرك.

جـ– الكونتاكتور يحمل نقاط مساعدة فقط .

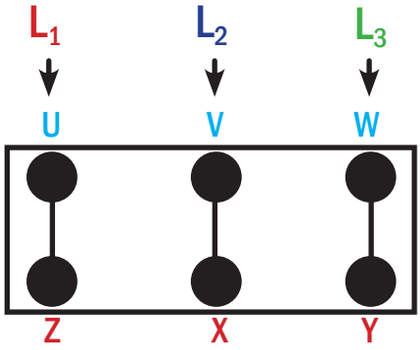
د– الريليه يستعمل لتوصيل أطراف المحرك فقط .

(36) الرمز الآتي في توصيل المحرك ثلاثي الأطوار يشير إلى التوصيل:



أ – النجمي ب–المثلث جـ– المحرك أحادي الطور د– المحرك ذي مكثف

(37) الرمز الآتي في توصيل المحرك ثلاثي الأطوار يشير إلى توصيل:



أ – النجمي ب–المثلث جـ– المحرك أحادي الطور د– المحرك ذي مكثف

(38) الهدف من استعمال دارة نجمي – مثلث عند تشغيل المحركات ثلاثية الأطوار هو:

أ – تقليل تيار البدء ب– زيادة تيار البدء جـ– التحكم في سرعة المحرك د– عكس دوران المحرك

(39) عند حدوث اتصال كهربائي بين هيكل المحرك وأحد الملفات الداخلية يعدّ هذا من الأعطال:

أ- الكهربائية ب- الميكانيكية جـ- التأثيرية البسيطة د- لا تعدّ من الأعطال المهمة

(40) عند فحص ملفات محرك ثلاثي الأطوار، وجد أن أحد الملفات له قراءة أقل من الملفات الأخرى بنسبة (50 %) وعليه يكون سبب العطل:

أ- كربجة في البيل ب- قطع في الملف جـ- قصر في الملف د- عطل ميكانيكي

(41) عند تركيب أوفرلود على كنتاكتور (Main) في دارة تشغيل نجمي مثلث لمحرك ثلاثي الأطوار يُعاير بنسبة من التيار الكلي مقدارها:

أ- 83 % ب- 100% جـ-30% د- 58%

2 - ضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (✗) إزاء العبارة غير الصحيحة في مايأتي:

أ - ( ) يتم عكس اتجاه دوران المحرك ثلاثي الأطوار عبر عكس طورين من الأطوار.

ب- ( ) الهدف من دارة نجمي مثلث في المحركات الحثية هو زيادة تيار بدء التشغيل.

جـ - ( ) تتكون الملامس الرئيسة في كونتاكتور القوى من ملامس مغلقة (NC).

د - ( ) توصل ضواغط الإيقاف في دارة التحكم ببعضها على التوازي.

هـ - ( ) قيمة الفولتية بين خط الطور والطور الآخر في الأردن هي 400 فولت.

3 - علل ما يأتي:

أ - تستعمل ملامس مساعدة مغلقة قبل ملفات الكونتاكتورات في دارة عكس الدوران للمحركات.

ب- في دارة تشغيل محرك ثلاثي الأطوار (Delta) ذي القدرات العالية يوصل المحرك في بداية التشغيل بتوصيلة النجمة ثم التحويل إلى توصيلة المثلث.

جـ- عند محاولة تشغيل دارة التحكم لأحد المحركات، وجد أن المحرك يفصل عند إفلات ضاغط التشغيل متوقفًا عن الدوران.

6 الوحدة السادسة

التحكم المنطقي المبرمج
(PLC)
Programmable Logic Controllerl

النتاجات العامة للفصل

يتوقع من الطالب بعد دراسة أن هذة الوحدة:

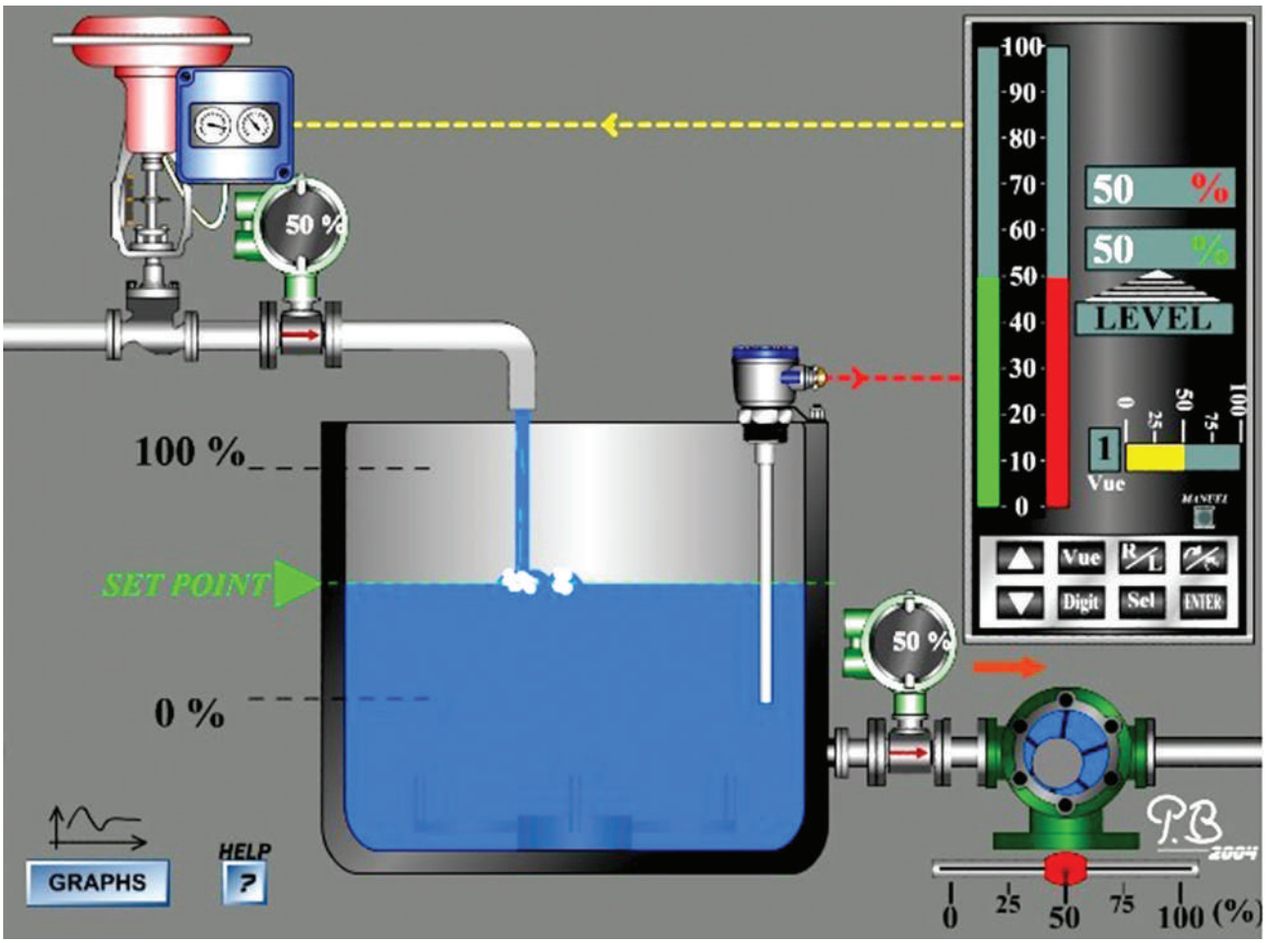
- يتعرف مكونات الحاكم المنطقي المبرمج.
- يتعرف لغات برمجة الحاكمات المنطقية المبرمجة.
- يميز بين البوابات المنطقية الأساسية.
- يتعرف كيفية إعداد المخطط السلمي لدارات التحكم الكهربائية.
- يتدرب على استعمال برنامج البرمجة الخاصة بنظام وحدة (PLC).
- يتحكم في إضاءة مصباح عبر نظام التحكم المنطقي المبرمج.
- يتحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الأطوار عبر دارة تحكم منطقي مبرمج.
- يتحكم في تشغيل محركين كهربائيين ثلاثيي الطور عبر دارة تحكم منطقي مبرمج، إذ يعمل الثاني بعد عمل الأول بعشر ثوان باستعمال بموقت زمني.
- يتحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الأطوار من مكانين مختلفين، عبر دارة تحكم منطقي مبرمج، إذ يعمل في الحالة الأولى باستعمال ضاغط لحظي، وفي الحالة الثانية باستعمال العداد المنطقي.
- يتحكم في إضاءة مصباح عبر نظام التحكم المنطقي المبرمج بالمخطط الصندوقي الأوردوينو.

مكونات التحكم المنطقي المبرمج

النتاجات

يتوقع منك في نهاية الدرس أن:

- تتعرف مكونات الحاكم المنطقي المبرمج.
- تتعرف مبدأ عمل الحاكم المنطقي المبرمج.
- تتعرف كيفية برمجة الحاكم المنطقي المبرمج.
- تتعرف أهمية وحدة البرمجة الإلكترونية (الأوردينو) واستخداماتها.



لقد أنعم الله سبحانه وتعالى على الإنسان بنعمة العقل، وجعل العقل مركزًا للعلم، وجعل للعلم مقامًا كبيرًا بين الأمم، لقوله سبحانه وتعالى: ﴿قُلْ هَلْ يَسْتَوِي الَّذِينَ يَعْلَمُونَ وَالَّذِينَ لَا يَعْلَمُونَ ۗ إِنَّمَا يَتَذَكَّرُ أُولُو الْأَلْبَابِ﴾ سورة الزمر، آية 9، وقد استثمر الإنسان عقله في تطوير كثير من الأمور في مجالات الحياة.

حققت العلوم الصناعية، تطورًا كبيرًا عبر الزمن، كان لها بالغ الأثر في نهضة الأمم، ومع تطور الحياة الصناعية ظهرت برامج وأنظمة حديثة للعاملين وأصحاب المنشآت الصناعية كثيرًا من صعوبات العمل التي كانوا يواجهونها في أثناء عملهم، ومن التطورات التي ظهرت في علم الصناعة، ما يسمى أنظمة التحكم المبرمج (PLC)، التي أسهم اختراعها في تغيير جذري في مجال التقدم الصناعي تغييرًا جذريًّا.

انظر.. وتساءل

كيف يتم التحكم في منسوب السوائل في خزان المنتجات الصناعية؟

تحتوي بعض المنشآت الصناعية خزانات تملأ بالسوائل عن طريق أنظمة تحكم صناعي آلي، وذلك بطرائق آلية للتعبئة وقياس منسوب الخزانات، ومن هذه الأنظمة جهاز التحكم المنطقي المبرمج (PLC).

استكشف

- ما أثر استعمال التكنولوجيا الحديثة في إنتاج المنشآت الصناعية؟

تستخدم المنشآت الصناعية الحديثة أجهزة متطورة في عمليات الإنتاج، للحصول على جودة عالية في الإنتاج، وتوفير الأيدي العاملة، وزيادة كمية الإنتاج اليومية، ما يؤثر إيجابًا من حيث العامل الاقتصادي؛ لما تتمتع به هذه الأجهزة من جودة عالية في العمل.

اقرأ.. وتعلم

نتيجة للتقدم العلمي والتقني الهائل والعمليات الصناعية المختلفة المعقدة، ظهرت الحاجة الماسة إلى استخدام وسائل متطورة وحديثة في العمليات الصناعية، تتواكب مع هذا التطور الكبير، ومن هذه الوسائل أنظمة التحكم الآلي المبرمج (PLC).

(Programmable Logic Controller) وهي تعني ما يأتي:

Programmable: جهاز إلكتروني قابل للبرمجة.

Logic: يتعامل مع المنطق والبوابات المنطقية، التي ستدرسها لاحقًا.

Controller: يستعمل للتحكم في الأجهزة وآلات الإنتاج.

من الخصائص التي يتميز بها الحاكم المنطقي المبرمج في التطبيقات الصناعية ما يأتي:

1 - السرعة في تنفيذ العمل.

2 - نظام تحكم ومراقبة متكامل.

3 - سهولة التعديل والصيانة واكتشاف الأعطال.

4 - جودة عالية ودقة في الأداء.

5 - السيطرة على أكثر من عملية تحكم في الوقت نفسه؛ لاحتوائها عددًا كبيرًا من عناصر التحكم الداخلية، مثل: (المرحلات الإلكترونية، ونقاط التلامس، المؤقتات، العدادات، وغيرها.

6 - تكلفة أقل نسبة إلى جودة الإتقان.

7 - الحجم الصغير نسبة إلى العمليات المنتجة.

8 - سهولة تجربة البرنامج والتأكد من صلاحيته قبل توصيل الحاكم بالآلة.

فكِّر

ما الفرق في نسبة الإنتاج اليومي، بين التحكم اليدوي والتحكم الآلي في المنشأة الصناعية؟

مكونات وحدة التحكم الآلي المبرمج الـ (PLC)

تتكون وحدة الـ (PLC) من المكونات الرئيسة الآتية:

1 - وحدة مصدر التغذية (Power Supply Unit)

2 - وحدة المعالجة المركزية (CPU)

3 - وحدة الإدخال (Input Module)

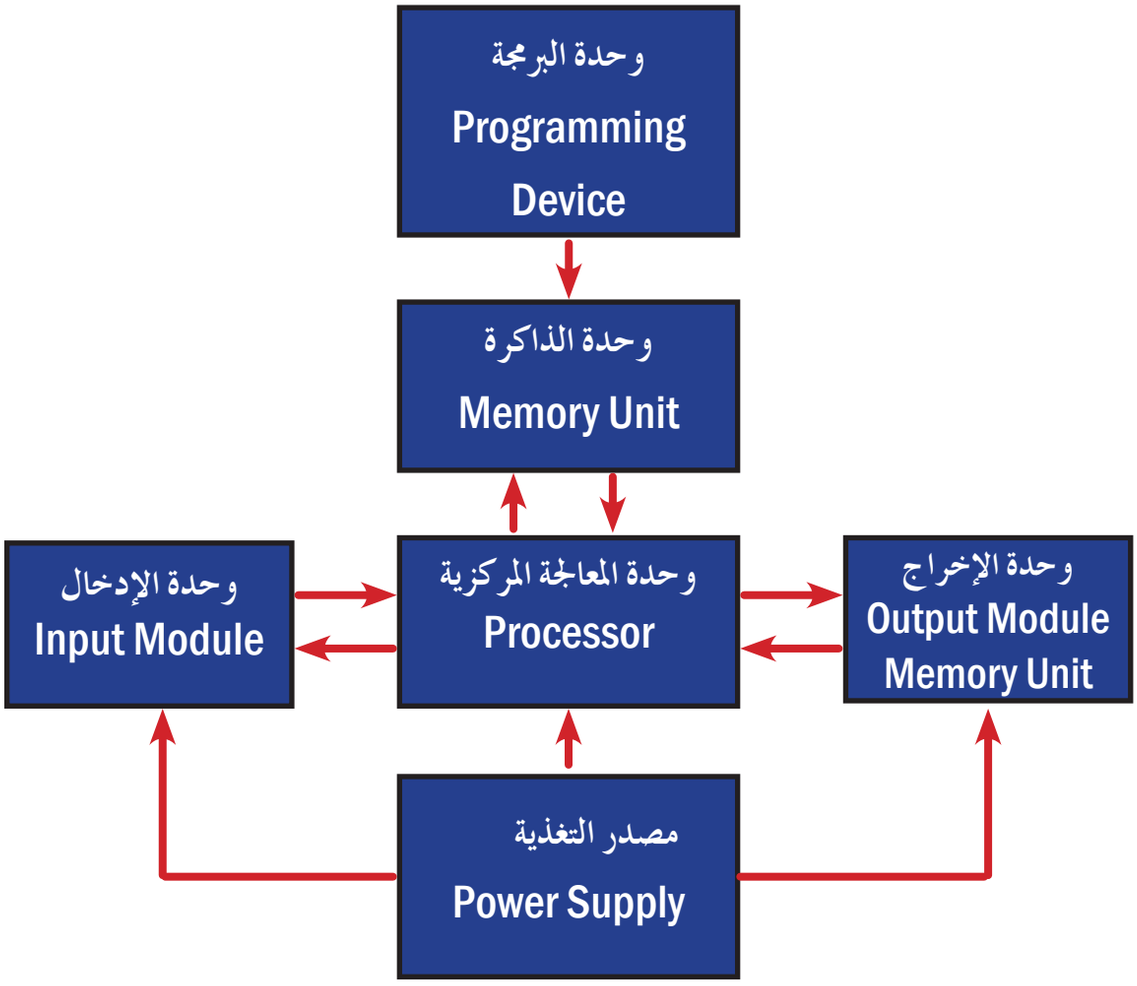
4 - وحدة الإخراج (Output Module)

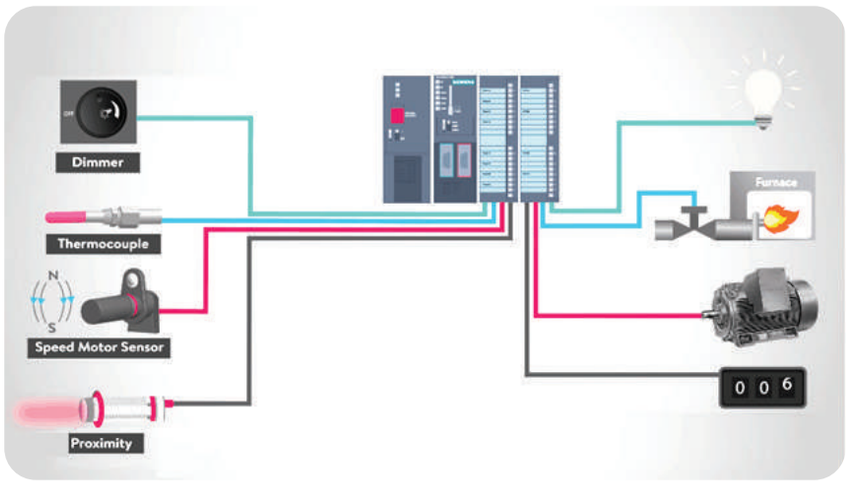
5 - وحدة المشغّل (Operator Unit)

6 - جهاز البرمجة (Programming Device)

7 - وحدة التخزين (الذاكرة) (Memory Unit)

يبين الشكل (6-1) المكونات الأساسية لوحدة (PLC).





الشكل (6-1): المكونات الأساسية في وحدة التحكم المبرمج (PLC).

تذكّر

كلمة منطق تعني أنها تنفذ قواعد الاستدلال الصحيح للأوامر التي تصل من المداخل، وربطها ببرنامج لإنتاج مخارج صحيحة.

1 - وحدة مصدر التغذية (Power Supply Unit)

تعدّ وحدة (PLC) كأي جهاز كهربائي يعمل بالتيار الكهربائي، فيمكن أن تعمل هذه الوحدات على فولتية منخفضة باستعمال محول خفض خاص، منفصل عن الوحدة نفسها، أو تُغذى بفولتية الشبكة مباشرة كما هو الحال في كثير من الأجهزة الكهربائية، لكنها تحتوي داخلها محولًا أو دارات إلكترونية، تخفض الفولتية بما يتناسب وفولتية عمل الجهاز.

تذكّر

عند العمل بهذه الأجهزة، يجب التأكد من فولتية التشغيل التي تعمل عليها الوحدة وذلك بقراءة لوحة المعلومات الخاصة بها.

2 - وحدة المعالجة المركزية (CPU)

هي معالج دقيق يحتوي ذاكرة خاصة بالنظام، وتعدّ هذه الوحدة عقلًا للنظام، ومن مهامها:

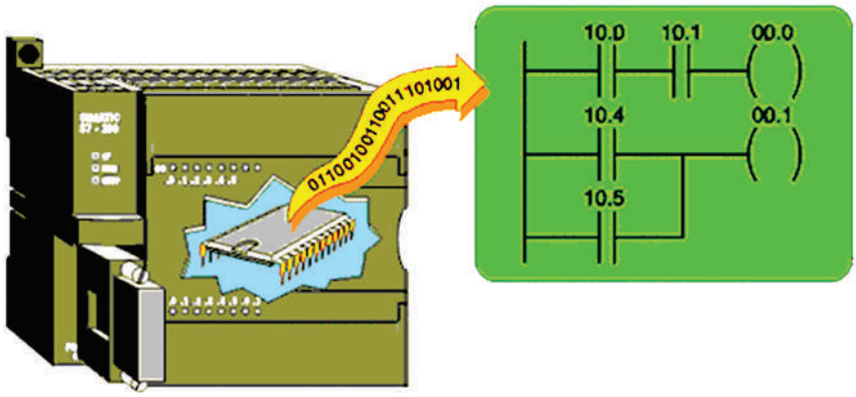
أ – استقبال الإشارات المنطقية التي تصل من وحدة الإدخال ومعالجتها.

ب – تحديد الحالة المطلوبة للمخارج، اعتمادًا على حالة المداخل، وتوافقها مع البرنامج.

جـ – اتخاذ القرارات المناسبة بحسب البرنامج والتعليمات المخزنة في ذاكرة البرنامج.

د – إصدار أوامر التحكم لوحدة الإخراج؛ لتنفيذ التعليمات المخزنة في الذاكرة.

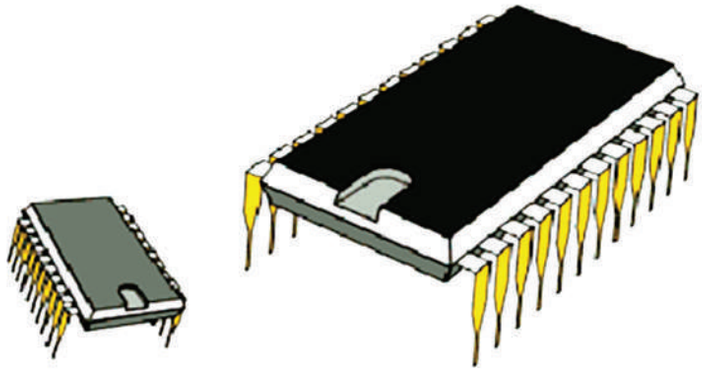
انظر إلى الشكل (6-2).



الشكل (6-2): وحدة المعالجة المركزية.

3 - وحدة الذاكرة (Memory Unit)

تستخدم الذاكرة في تخزين البرامج، والتعليمات، وأوامر الإدخال والإخراج الخاصة بوحدة (PLC). انظر إلى الشكل (6-3).



الشكل (6-3): وحدة الذاكرة.

أهم أنواع الذاكرة في وحدة (PLC) ما يأتي:

أ – ذاكرة التطبيقات أو الذاكرة العشوائية (RAM): هي الذاكرة التي تستوعب البيانات، ويمكن كتابة البيانات وقراءتها من هذه الذاكرة، وهي ذاكرة مؤقتة يُخَّزن فيها البرنامج المراد تصميمه، وهي قابلة للتعديل والمراقبة.

ب – ذاكرة النظام: هي ذاكرة للقراءة فقط (ROM): وهي الذاكرة التي يمكن قراءة بياناتها دون كتابتها في الذاكرة، تعد ذاكرة دائمة تحتوي أنظمة التشغيل، ولا يمكن تعديلها.

تذكَّر

يوجد للذاكرة مصدر تغذية احتياطي (بطارية أو مواسعات)؛خشية فقدان البرنامج عند انقطاع التيار الكهربائي.

4 - وحدة الإدخال (Input Module)

توصل وحدة الإدخال مع مجموعة من العناصر الكهربائية مثل المفاتيح الكهربائية بأنواعها، ومجسات الحرارة ومجسات مستوى السوائل وغيرها، إذ تستقبل وحدة الإدخال الإشارات التماثلية والرقمية المرسلة من هذه العناصر ، ومن ثمَّ، تحويلها إلى إشارات منطقية يمكن أن تتعامل معها وحدة المعالجة حسب البرنامج المخصص لذلك.

تذكَّر

المجس الكهربائي (Sensor): هو عنصر يحوّل الحالة الفيزيائية إلى إشارة كهربائية تستخدم في وحدة (PLC)، وتوصل المجس بوحدة الإدخال لوحدة (PLC)، مثل: مجس قياس درجة الحرارة، ومجس الضغط، ومستوى المياه في الخزانات والمجسات التقاربية والمفاتيح التلامسية، وغيرها.

5 - وحدة الإخراج (Output Module)

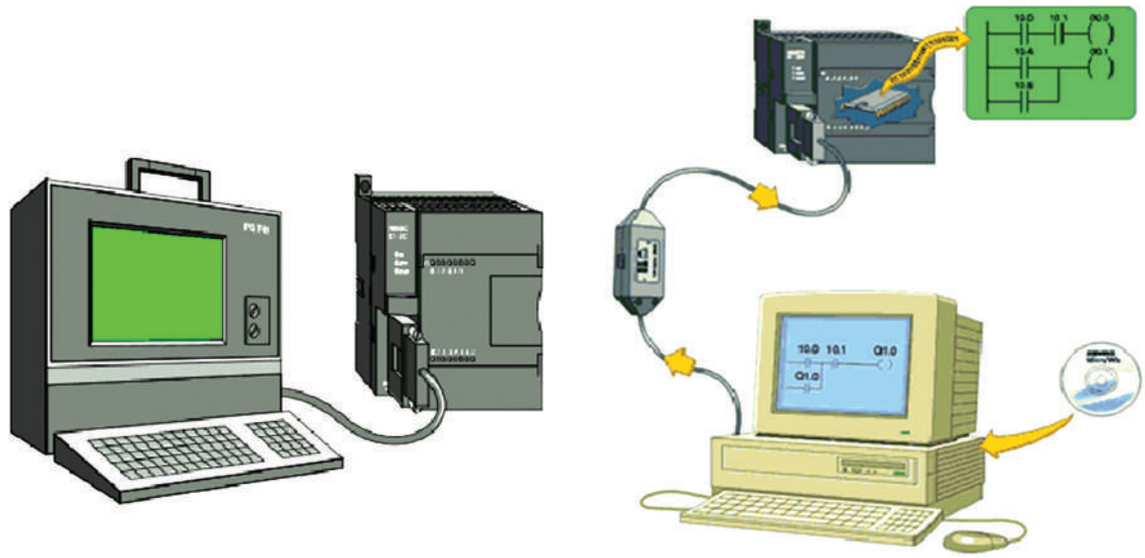
تستقبل وحدة الإخراج تعليمات التحكم المنطقية المرسلة من وحدة (CPU) وتحولها إلى إشارات رقمية أو تماثلية، يمكن استعمالها للتحكم في مجموعة منوعة من الأجهزة، مثل: المشغّلات (Actuators)، والمرحلات.

تذكَّر

المشغّلات (Actuators): هي عناصر توصل بأطراف المخارج لوحدة (PLC)، التي تحول الإشارة الكهربائية الصادرة من وحدة (PLC) إلى حالة فيزيائية، لتنفيذ أوامر معينة حسب البرنامج كما في الكونتاكتور، والريليه، والمصابيح الكهربائية.

6 - جهاز البرمجة (Programming Device)

هو جهاز خاص يوصل بوحدة (PLC) عن طريق كتابة برنامج العمل المطلوب، ويُنقل عبره البرنامج إلى وحدة (PLC) أو استخراج البرنامج من وحدة (PLC)، كما هو الحال في جهاز الحاسب الآلي الشخصي (Personal Computer) (PC) ، انظر إلى الشكل (6-4).



الشكل (6-4): جهاز البرمجة.

7 - وحدة المشغل لواجهة استعمال الآلة (HMI)(Human-Machine Interface)

تعرض هذه الوحدة معلومات العمليات المختلفة المتحكم فيها، وتُدخل عوامل جديدة للبرنامج (Parameters) أو تعدل العوامل المستعملة، ومن الأمثلة على ذلك: استعمالها للتحكم في برمجة درجة الحرارة والمدة الزمنية اللازمة داخل الفرن الحراري الذي يستخدم في طلاء السيارات، والتحكم في كل حالة من قبل فني التشغيل، دون الحاجة إلى الدخول إلى البرمجة عن طريق الحاسب الآلي، انظر إلى الشكل (6-5).

الشكل (6-5): واجهة استعمال الآلة.

أنواع المداخل والمخارج لوحدة (PLC) (Inputs And Outputs)

هناك نوعان لكل من المداخل والمخارج التي تتعامل معها وحدات (PLC)، ويمكن تعريفها كما يأتي:

1 - مداخل رقمية (Digital Inputs).

2 - مداخل تماثلية (Analog Inputs).

3 - مخارج رقمية (Digital Outputs).

4 - مخارج تماثلية (Analog Outputs).

Digital Signal

Analog Signal

1 - المداخل الرقمية (Digital Inputs)

تتعامل المداخل الرقمية مع الإشارات الصادرة من المفاتيح والمجسات التي تكون إما في الحالة (ON) وإما (OFF) (1 / 0) ومنها:

أ – الضواغط (Pushbuttons Switches)

ب– المفاتيح الحدية (Limit Switches)

جـ– الملامس المفتوحة (Normally Open Contacts)

د –الملامس المغلقة (Normally Closed Contacts)

يبين الشكل (6-6) بعض العناصر التي تتصل بالمداخل الرقمية لوحدة (PLC)

الشكل (6-6): مداخل رقمية لوحدة (PLC).

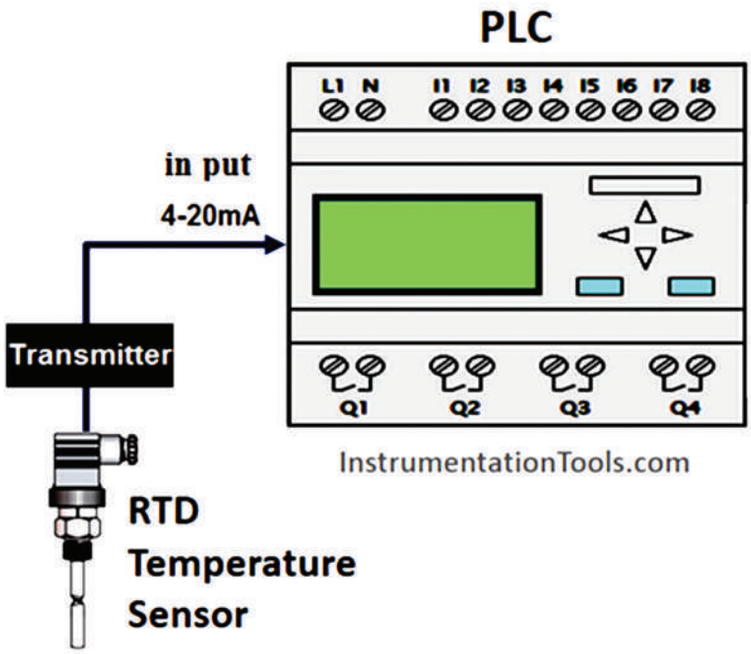
2 - المداخل التماثلية (Analog Inputs)

تتعامل المداخل التماثلية مع المجسات التي تتحسس القيم المتغيرة، مثل مجسات قياس درجة الحرارة ومستوى السوائل بعد تحويل الحالة الفيزيائية للقيمة المقيسة إلى إشارة كهربائية، وتكون على حالتين:

أ – من (0 إلى 20mA) أو (من 4 إلى 20mA).

ب– من (0 إلى 10V).

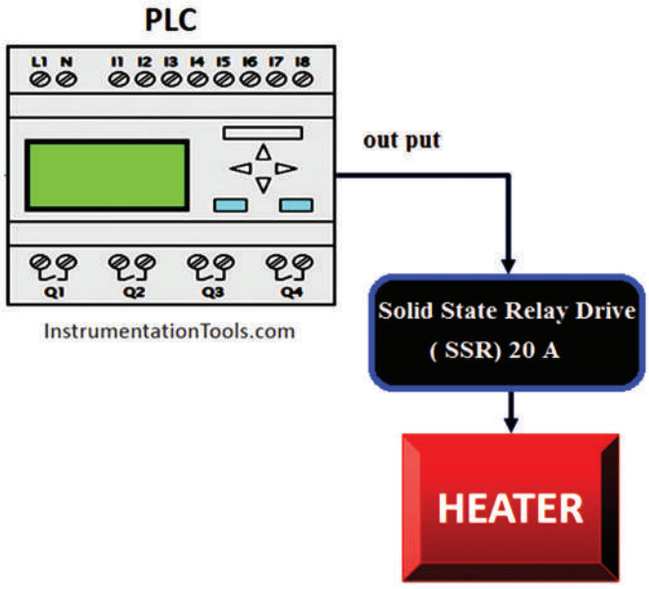
يبين الشكل (6-7) أحد العناصر التي تتصل بالمداخل التماثلية لوحدة (PLC).



الشكل (6-7): مداخل تماثلية لوحدة (**PLC**).

3 - المخارج الرقمية (Digital Outputs)

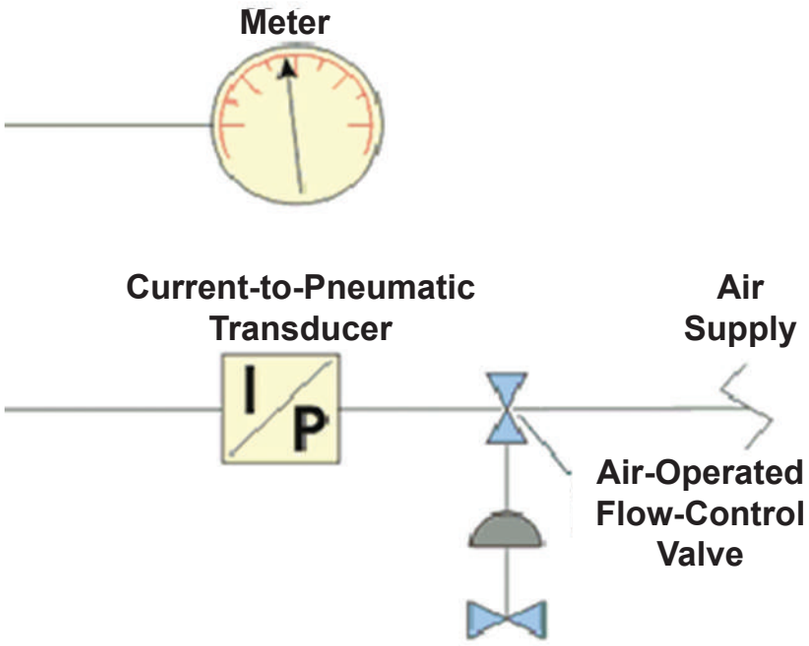
المخارج التي تكون حالة إشارتها إما (**ON**) أو (**OFF**)، كما هو الحال في المصابيح الكهربائية وملفات المرحلات (الكونتاكتور، والريليه، والمؤقتات الزمنية)، وتوصل بالمخارج الرقمية لوحدة (**PLC**)، يبين الشكل (6-8) أحد العناصر التي تتصل بالمخارج الرقمية لوحدة (**PLC**).



الشكل (6-8): مخارج رقمية لوحدة (**PLC**).

4 - المخارج التماثلية (Analog Outputs)

المخارج التي تحوّل الإشارة المنطقية المرسلة من وحدة المعالجة المركزية إلى إشارة تماثلية (0-10v) أو(4-20mA أو (0-20mA)، ثم ترسل الإشارة التماثلية إلى الأجهزة التي يُتحكَّم فيها وتتعامل مع هذا النوع من الإشارات مثل التحكم في السرعة، والتحكم في التدفق في محابس المياه الكهربائية، وتتصل بالمخارج التماثلية لوحدة (PLC) انظر إلى الشكل (6-9).



الشكل (6-9): مخارج تماثلية لوحدة (PLC).

تذكَّر

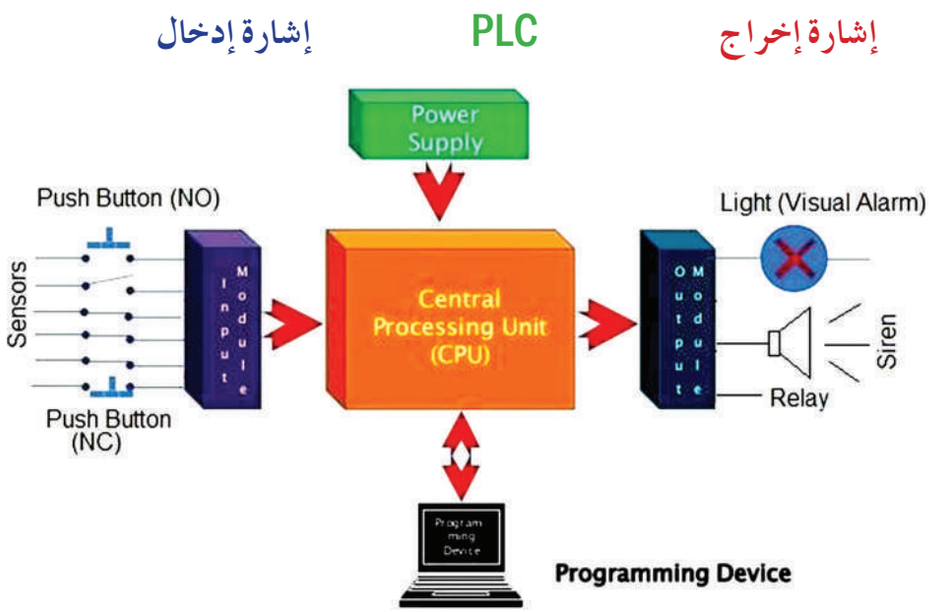
بعض أنواع أنظمة التحكم المبرمج (PLC) لا تحتوي مداخل ومخارج تناظرية؛ لذا يجب إضافة وحدات خارجية إليها تتناسب وهذه العناصر. انظر إلى الشكل (6-10).

POWER Supply	Inputs
12/ 24v DC	Digital 4
24v DC	Digital 4
24v AC/DC	Digital 4
115 ....240v AC/DC	Digital 4
12/ 24v DC	2 analog 10... 0 V or 20.....0 mA
12/ 24v DC	2 pt 100 - 50 c to+ 200 c

الشكل (6-10): وحدات خارجية إضافية لأنظمة (PLC).

مبدأ عمل الحاكم المنطقي المبرمج (PLC)

هـو جهـاز يقـرأ الإشـارة التي تصل إليـه (**In Put**) عن طريق مدخلات خاصة ستذكر لاحقًا، وعند وصـول إشـارة الإدخـال إلى الجهـاز، فإنه يحلل هذه الإشـارة، ثـم ينفذ أوامر الإخـراج (**Out Put**) حسـب برنامـج الأوامـر الذي خُزِّن مسبقًا، انظر إلى الشـكل (6-11).



الشكل (6-11): مبدأ عمل الحاكم المنطقي المبرمج.

تصنف الحاكمات المنطقية المبرمجة إلى ما يأتي:

1 - صندوق أحادي (**PLC.LOGO -Single Box**)

جهاز صغير الحجم سـهل الاسـتعمال، ومن مزاياه أن جميع مكونات النظام جميعها تكون في جهاز واحد، وتكون المداخل والمخارج ذات عدد محدود، وتكون ذاكرتها أيضًا محدودة، ويستخدم في التطبيقات البسيطة.

بعض هذه الأنواع يمكن برمجتها يدويًّا عن طريق ضواغط خاصة بها، فضلاً عن برمجتها عن طريق الحاسب الآلي (**PC**)، مع إمكانية إضافة عناصر خارجية لها حسب حاجة النظام ، كما في الشكل (12-6).

الشكل (12-6): جهاز (**PLC**) يمكن برمجته يدويًّا.

2 - قطع منفصلة **Separate Modules**: (**Modular and Rack**)

قطع مستقلة منفصلة (**PLC**) إذ يمكن تركيب العدد المطلوب من المداخل والمخارج وزيادته حسب الطلب بقطع منفصلة إضافية على قواعد خاصة تسمى (**Rack**)، وهو حامل الوحدات الإضافية لغرض التوسعة؛ لذلك تكون هذه الأنواع غالبًا ذوات ذاكرة عالية تتناسب وحجم الإنتاج كما في الشكل (13-6) .

الشكل (13-6): **Modular and Rack.**

كيفية عمل وحدة (PLC) PLC Operation.

تجري وحدة(PLC) عملية مسح مستمر (Scanning) للبرنامج الذي سيُطبَّق، ومن أهم واجبات عملية المسح ما يأتي:

1 - فحص حالة المداخل: تفحص وحدة (PLC) حالة كل مدخل ووضعه، وبحسب نوع المدخل (رقمي أم تماثلي)، وتخزن البيانات في الذاكرة لاستخدامه في الخطوة التالية.

2 - تنفيذ البرنامج: تنفذ وحدة (PLC) البرنامج بعد تحديد حالة المداخل، وقراءة أوامر البرنامج المترتبة على كل حالة من حالات كل مدخل، ثم تخزن نتائج التنفيذ لاستخدامها في الخطوة التالية.

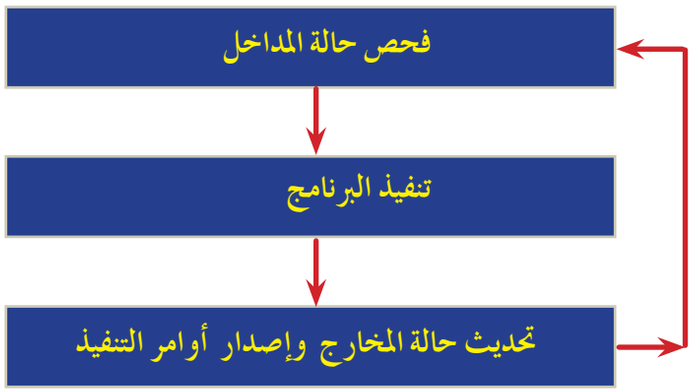
3 - تحديث حالة المخارج: تعمل وحدة (PLC) على تحديث حالات المخارج وفقًا لأوامر البرنامج الصادرة في الخطوة الثانية وتصدر أوامر التنفيذ.

4 - بعد الانتهاء من الخطوة الثالثة، ترجع وحدة (PLC) إلى الخطوة الأولى لإعادة الخطوات باستمرار.

تذكَّر

يعرف زمن المسح الواحد بأنه الزمن الذي تأخذه وحدة (PLC) لتنفيذ الخطوات السابقة.

يبين الشكل (6-14)، مخططًا للخطوات الرئيسة التي تنفذها وحدة (PLC) خلال دورة المسح الواحدة.



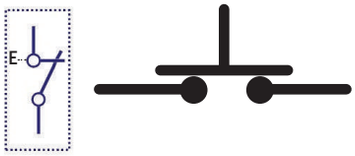
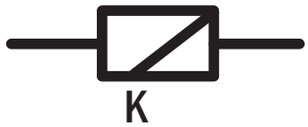
الشكل (6-14): دورة المسح الواحدة لنظام (PLC).

البوابات المنطقية (Logic Gates)

تستعمل بعض العمليات المنطقية لأوامر التحكم المنطقي المبرمج، ويعدّ جدول الحقيقة ويشبه جدولًا يصف سلوك البوابة المنطقية، حيث يوضح حالة الإخراج لكل مدخل منطقي محتمل، ويشبه تطبيق الدارات المنطقية تطبيق الدارات الكهربائية، من حيث التحكم في سريان التيار الكهربائي خلال الدارة، ويعتمد على نظام (Zero / One) (0/1)، إذ يدل الرقم (1) على تفعيل حالة النظام، والرقم (0) على عدم تفعيل حالة النظام.

في نهاية البرنامج، إذا كانت حالة المخرج (1)، فهذا يدل على تفعيل حالة المخرج والنظام تحت العمل، أما إذا كانت حالة المخرج (0)، فهذا يدل على عدم تفعيل حالة المخرج وأن النظام مفصول عن العمل.

وتستخدم الرموز الآتية في التعبير عن الحالة المنطقية لهذه البوابات؛ كما سيمر بك لاحقًا، انظر إلى الشكل (6-15).

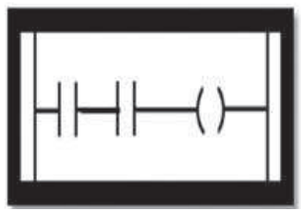
الحالة	النظام المنطقي	النظام التقليدي
Open		
Closed		
Relay		

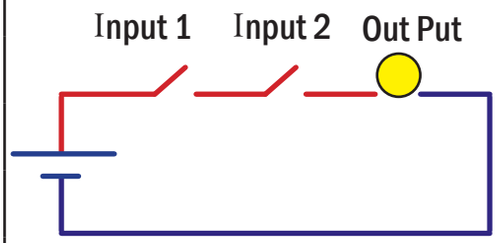
الشكل (6-15): رموز التعبير عن حالة البوابات المنطقية.

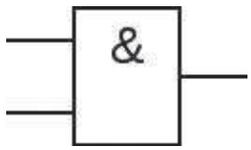
هناك عدة بوابات تستخدم في عملية التحكم المنطقي المبرمج، وسنركز في هذا الفصل على أهم ثلاث بوابات، التي يكثر استخدامها في تطبيقات التحكم المنطقي المبرمج البسيط، وهي:

1 - البوابة (AND)

تلامس متصل على التوالي بتلامس آخر أو أكثر، وحتى يضيء المصباح يجب أن تكون حالة التلامسات المنطقية جميعها فعالة ومتحققة في حالة (1) كما في الشكل (6-16).



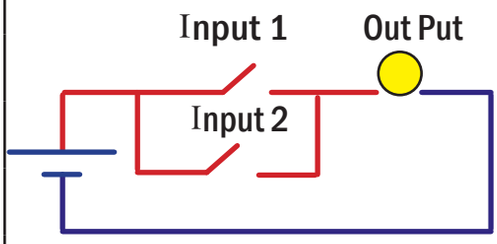
تمثيل لحالة الدارة المنطقية (AND)			
	Input 1	Input 2	Out Put
	مفتوح	مفتوح	غير مضاء
	مفتوح	مغلق	غير مضاء
	مغلق	مفتوح	غير مضاء
	مغلق	مغلق	مضاء

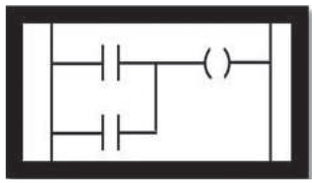
جدول الحقيقة			الشكل الصندوقي	الرمز	النوع
مخرج	مدخل				و AND
A و B	B	A			
0	0	0			
0	0	1			
0	1	0			
1	1	1			

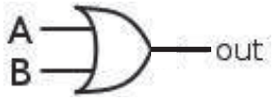
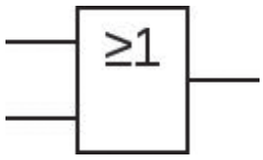
الشكل (6-16) البوابة (AND).

2 - البوابة (OR)

تلامس متصل على التوازي بتلامس آخر أو أكثر و حتى يضيء المصباح يجب أن تكون الحالة المنطقية لأحد التلامسات على الأقل والموصولة على التوازي فعالة، ومتحققة في حالة (1)، كما في الشكل (6-17).

تمثيل لحالة الدارة المنطقية (OR)			
	Input 1	Input 2	Out Put
	مفتوح	مفتوح	غير مضاء
	مفتوح	مغلق	مضاء
	مغلق	مفتوح	مضاء
	مغلق	مغلق	مضاء

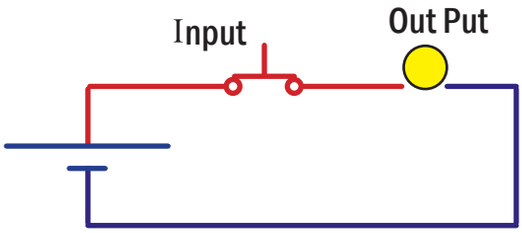


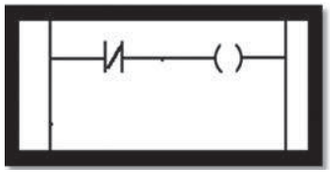
النوع	الرمز	الشكل الصندوقي	جدول الحقيقة		
			مخرج	مدخل	
			A أو B	B	A
أو OR			0	0	0
			1	1	0
			1	0	1
			1	1	1

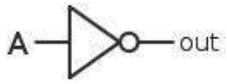
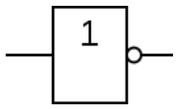
الشكل (6-17) البوابة (OR).

3 - البوابة (NOT) وتسمى العاكس (Inverter)

تلامس يعكس حالة الإخراج التي يوصل بها كما في الشكل (6-18).

تمثيل لحالة الدارة المنطقية (NOT)		
	Input	Out Put
	مغلق	مضاء
	مفتوح	غير مضاء



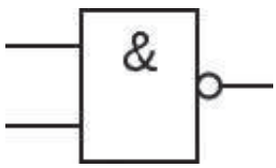
النوع	الرمز	الشكل الصندوقي	جدول الحقيقة	
			مدخل	مخرج
ليس NOT			A	NOT A
			0	1
			1	0

الشكل (6-18): البوابة (NOT).

هناك بوابات أخرى تستخدم في التطبيقات المنطقية، ويمكن استنتاجها من البوابات السابقة، ومن هذه البوابات ما يأتي:

1 - البوابة (NAND)

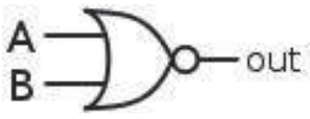
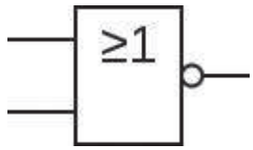
الحالة العكسية للعملية (AND)، تتكون من بوابتي (NOT) (AND)، وتكون غير فعالة عند تحقق الإدخالات جميعها، كما في الشكل (6-19).

النوع	الرمز	الشكل الصندوقي	جدول الحقيقة		
			مدخل		مخرج
NAND			A	B	A NAND
			0	0	1
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	0

الشكل (6-19) البوابة (NAND).

2 - البوابة (NOR)

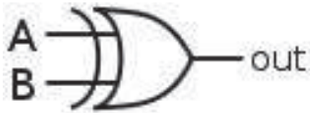
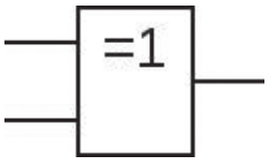
الحالة العكسية للعملية (OR)، وتتكون من بوابتي (OR) و(NOT)، تعمل في حالة الإدخالات غير الفعالة جميعها، كما في الشكل (6-20).

النوع	الرمز	الشكل الصندوقي	جدول الحقيقة		
			مدخل		مخرج
			A	B	A NOR B
NOR			0	0	1
			0	1	0
			1	0	0
			1	1	0

الشكل (6-20): البوابة (NOR).

3 - البوابة (XOR)

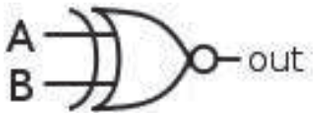
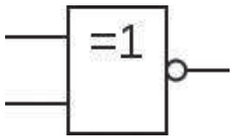
دارة مكونة من بوابتي (AND) و(OR)، يُفعَّل الإخراج عند اختلاف الإدخالين كما في الشكل (6-21).

النوع	الرمز	الشكل الصندوقي	جدول الحقيقة		
			مدخل		مخرج
			A	B	A XOR B
XOR			0	0	0
			0	1	1
			1	0	1
			1	1	0

الشكل (6-21): البوابة (XOR).

4 - البوابة (XNOR)

الحالة العكسية للبوابة (XOR)، وتتكون من بوابتي (XOR) و(NOT) كما في الشكل (6-22).

النوع	الرمز	الشكل الصندوقي	جدول الحقيقة		
			مخرج	مدخل	
			A XNOR B	B	A
XNOR			1	0	0
			0	1	0
			0	0	1
			1	1	0

الشكل (6-22): البوابة (XNOR).

برمجة وحدة التحكم المنطقي المبرمج (Programming PLC)

يتكون برنامج التحكم المنطقي من مجموعة من التعليمات والأوامر تبرمج لإنجاز مهمات محددة حسب حاجات العمل، وهناك طرائق عدة تتبع في برمجة (PLC)، منها:

1 - مخطط السلم المنطقي (Ladder Logic).

2 - المخطط الصندوقي الوظيفي (Function Block Diagrams).

3 - قوائم الإجراءات (Statement Lists) وهي نصوص لغوية خاصة تدخل حسب تعليمات البرنامج، توافق البرنامج المراد برمجته.

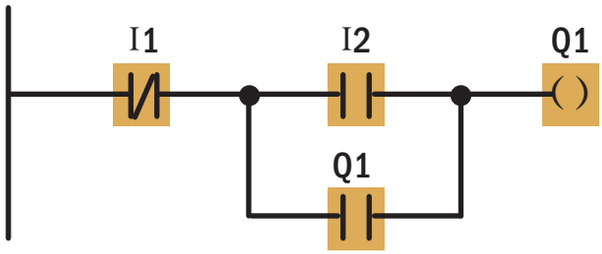
وستدرس في هذا الفصل المخطط: السلمي المنطقي، والمخطط الصندوقي الوظيفي

المخطط السلمي المنطقي Ladder Logic Diagram (LAD)

يستعمل المخطط السلمي المنطقي رموزًا تشبه الرموز المستخدمة في دارات التحكم الصناعي التي مرت بك سابقًا، ولكنها تتغير في بعض صفاتها الشكلية، وتمثل الرموز الموجودة على الطرف الأيسر من السلم المنطقي المداخل (Inputs)،وتمثل الرموز الموجودة على الطرف الأيمن المخارج (Outputs).

تعدّ المخططات السلمية أشكالًا تخطيطية تستعمل لتصميم النظم الرقمية في دارات التحكم الصناعي، (وسميت السلمي لأنها تشبه السلم بحواجزه الجانبية ودرجاته الأفقية).

ويبين الشكل (6-23) نموذجًا لمخطط سلم منطقي مبرمج على وحدة (LOGO) PLC.



الشكل (6-23): المخطط السلمي المنطقي.

- الخط العمودي الأيسر يمثل الخط الرئيس المغذي لدائرة التحكم، وعند تمثيل الخط الأيمن يكون بمنزلة الخط المحايد لتغذية العناصر.
- الرموز التي في كل درجة من درجات السلم تمثل عناصر التحكم.
- مخطط السلم المنطقي يُقرأ من الشمال إلى اليمين ومن الأعلى إلى الأسفل.
- ليمر التيار (منطقي) من الشمال إلى اليمين يجب أن تكون حالة العناصر في المسار بين العمود الأيسر والمخرج عند اتصال البرنامج أوحسب ترتيبه لتفعيل المخارج.
- في حالة وجود فصل في المسار، فإن التيار لن يسري من الشمال إلى اليمين، وعليه، لن تُفعّل المخارج.

تذكّر

عند إدخال البرمجة على وحدة التحكم المنطقية (PLC)، أحيانًا لا يظهر الخط المحايد في الرسم من الجهة اليمنى، وهو موجود ضمنيًّا كأنه الخط المحايد للمخارج، ضمن دارة العمل.

الرموز المستخدمة في المخطط السلمي (Symbols)

تتكون لغة البرمجة بالسلم المنطقي لوحدة (PLC) من مجموعة من الرموز، تستعمل لتمثل عناصر التحكم والتعليمات، علمًا أن هذه الرموز ليست عناصر فيزيائية، بل هي برمجيات (software)، من هذه الرموز ما يأتي:

1 - **التلامسات (Contacts)**(⊣ ⊢)

هي من أكثر الرموز المستخدمة في البرمجة، وهي نوعان:

أ – **التلامس المفتوحة طبيعيًّا (NO) Normally Open Contacts**: تكون الحالة المنطقية لهذا الملمس مفتوحة عندما تكون حالة الدخول التي تتحكم في هذا التلامس؛ أي لا يوجد أمر دخول يغير حالته.

ب– **التلامس المغلقة طبيعيًّا (NC) Normally Closed Contacts**: تكون الحالة المنطقية لهذا التلامس (مغلقة)، عندما تكون حالة الدخول التي تتحكم في هذا التلامس؛ أي لا يوجد أمر دخول يغير حالته.

2 - **الملفات (Coils)**

الملفات المرحلات التي مرت بك سابقًا في دارات التحكم الصناعي، التي تُفعَّل عندما يصل إليها التيار الكهربائي، وقد تكون ريليهات أو مؤقتات أو عدادات، وما شابهها، فعندما يُفعَّل الملف، يُشغَّل المخرج (Output) المتعلق بهذا الملف، بتغيير حالته من حالة الفصل إلى حالة التشغيل، ويكون لهذا الملف عدد من التلامسات المفتوحة والمغلقة (NO/NC)، التي ستتغير حالتها عند تفعيل الملف، حسب حاجة النظام، وتتشابه في النقاط المتلامسة التي مرت بك في عناصر دارات التحكم الصناعي.

3 - **إشارات برمجية خاصة (Flag-M)**

مرحلات داخلية يمكن الاستعانة بها بوصفها مرحلات مساعدة داخل البرنامج وليس لها مخارج حقيقية على وحدة (PLC).

4 - المؤقتات الزمنية

تتوافر مؤقتات كثيرة ومتعددة، وتتميز بسهولة برمجتها وسهولة تغيير المدة الزمنية المطلوبة بحسب حاجة النظام، مع إمكانية استخدام مؤقتات متعددة في البرنامج نفسه دون الحاجة إلى تكلفة مادية أخرى، كما في النظام التقليدي السابق، ويكون لكل مؤقت لائحة خاصة به لتحديد المدة الزمنية المطلوبة في البرمجة بحسب حاجة النظام، ستستخدم في هذا الفصل المؤقت الزمني تأخير الوصل (**On Delay Timer**)، وهو يفعل الإخراج بعد مدة زمنية محددة من وصول إشارة الإدخال، ويحتوي إشارتين، هما:

أ – **إشارة التفعيل (Trg)**: وهي إشارة الإدخال التي يبدأ بها التوقيت الزمني، وينتهي التوقيت عند انتهاء المدة الزمنية المقررة أو عند فصل إشارة التغذية عنها.

ب– **الخصائص (Par)**: وتستعمل لتحديد زمن التأخير،ويمكن ضبطها لتكون بالساعة أوالدقيقة أو الثانية (**S.M.H**).

علمًا أنه يتم تفعيل إشارة الإخراج بعد انقضاء الزمن المحدد، مع المحافظة على إشارة التفعيل ضمن العمل.

تذكَّر

هناك مؤقت لتأخير الوصل (**Off Delay Timer**) يوقف عملية الإخراج بعد مدة زمنية محدودة من ذهاب إشارة الإدخال.

نشاط

ناقش زملاءك في مبدأ عمل دارة مؤقت تأخير الوصل (**Off Delay Timer**) بإشراف المعلم.

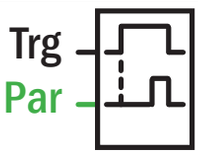
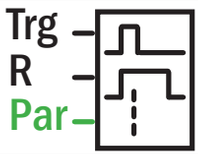
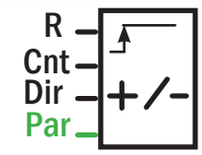
5 - العدادات

تستخدم العدادات في أنظمة التحكم الصناعي لتحديد عدد من العناصر الخاصة التي يتم إنتاجها في خطوط الإنتاج، وفي بعض الأنظمة الإلكترونية كما هو الحال في تحديد عدد القطع المنتجة لتعبئتها في الصناديق على أحد خطوط الإنتاج، أو في تحديد عدد السيارات الداخلة والخارجة في مواقف السيارات في الفنادق، وغيرها من الأنظمة المستخدمة في خطوط الإنتاج الصناعية.

هناك كثير من العدادات المبرمجة المستخدمة في هذه الأنظمة، ومنها العداد التصاعدي والتنازلي (**Up/Down - Counter**). انظر إلى الشكل (6-24).

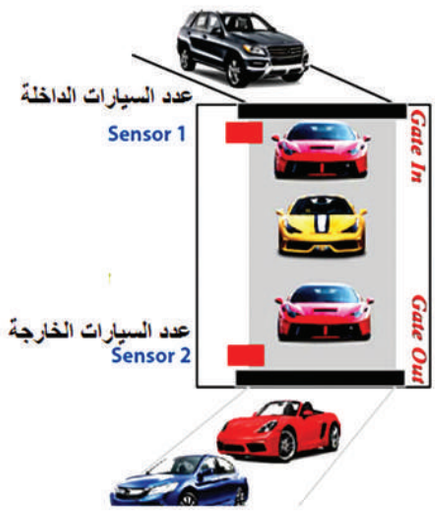
يبين الجدول (6-1) رموز العناصر المستخدمة في المخطط السلمي.

الجدول (6-1): بعض رموز عناصر التحكم في وحدة (PLC).

اسم الرمز	الرمز
الملامس المفتوحة طبيعيًّا (**NO**)	
الملامس المغلقة طبيعيًّا (**NC**)	
الملفات (**Coils**)	
إشارات برمجية خاصة (**M - Flag**)	
المؤقت الزمني تأخير الفتح (**On Delay Timer**)	
مؤقت لتأخير الفصل (**Off Delay Timer**)	
العدادات	

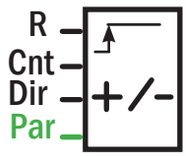
تذكَّر

هناك مؤقت لتأخير الفصل (**Off Delay Timer**) يوقف عملية الإخراج بعد مدة زمنية محدودة من ذهاب إشارة الإدخال.



الشكل (6-24): العداد المستخدم في التطبيقات الصناعية.

يحتوي هذا النوع من العدادات غالبًا عدة مداخل لبرمجة النظام كما في الجدول (6-2).



الجدول (6-2): المداخل الخاصة لبرمجة العداد المنطقي.

R	لتصفير العداد من جديد
Cnt	لتفعيل العد عبر ضاغط، عند تكرار العد إلى قيمة معينة يُفعَّل الإخراج.
Dir	عند تفعيله هذا الأمر (0)، يكون العد تصاعديًّا، وعند تفعيله الأمر (1)، يصبح العد تنازليًّا.
Par	نحدد هنا العدد المطلوب والقيمة الأولية لبداية العد.

تستعمل النقطة (**Parameter**) لتحديد العدد الذي سيفعل المخرج المنطقي (**Output Q**)، وتستخدم في حالة الرسم الصندوقي، وفي حالة الرسم السلمي يمثل ملامس مفتوح ويسمّى اسم عنوان العداد نفسه.

ستدرس في هذا الفصل أحد أنواع الحاكمات المنطقية المبرمجة البسيطة (**LOGO PLC V8**)، التي ستنفذ عليها بعض التطبيقات العملية.

يحتوي هذا النوع من المتحكمات ثمانية مداخل وأربعة مخارج، وتكون التغذية الرئيسة لفولتية النظام وللمداخل، تعتمد حسب البرنامج المطلوب، منها ما يعمل بفولتية (**230v**)، ومنها بفولتية (**12/24v**) أو حسب تصميم الشركة الصانعة.

تذكَّر

- النوع 230 يعمل بفولتية من (115v-240v).
- النوع 24/12 يعمل بفولتية (DC/AC) 24v أو 12V DC، كما في الشكل (6-25).

الشكل (6-25): (PLC LOGO).

والجدول (6-3) يبين بعض أنواع وحدات (PLC LOGO).

الجدول (6-3): بعض أنواع وحدات (PLC LOGO).

Supply voltage	Inputs	Outputs
24/12v DC	Digital 8	4 Relays (10A)
24v DC	Digital 8	4 Solid State 24v /(0.3A)
24v AC /24v DC	Digital 8	4 Relays (10 A)
115 ...240 v AC /DC	Digital 8	4 Relays (10 A)
24/12v DC	Digital 8	4 Relays (10 A)
24v DC	Digital 8	4 Solid State 24v /(0.3A)
24v AC /24v DC	Digital 8	4 Relays (10 A)
115 ...240 v AC / DC	Digital 8	4 Relays (10 A)

مراحل العمل على برنامج وحدة (PLC LOGO).

عند العمل بهذه الوحدة، يقسم العمل مراحل عدة كما يأتي:

1 - تحديد المهام المطلوب تنفيذها من البرنامج .

2 - رسم المخطط المطلوب تنفيذه عبر المخطط السلمي على جهاز الحاسب الآلي (**PC**).

3 - محل محاكاة للبرنامج من خلال أيقونة المحاكاة (**Simulation**)، والتأكد من عمل البرنامج بصورة صحيحة.

4 - تنفيذ التوصيلات الخارجية للنظام، بتوصيل أطراف المداخل (**Inputs**) لوحدة (**PLC**) بالمفاتيح والمجسات الخاصة بالنظام التي ستدخل عن طريقها الأوامر للنظام، مع مراعاة تناسب فولتية الأوامر الداخلة وفولتية مداخل وحدة (**PLC**).

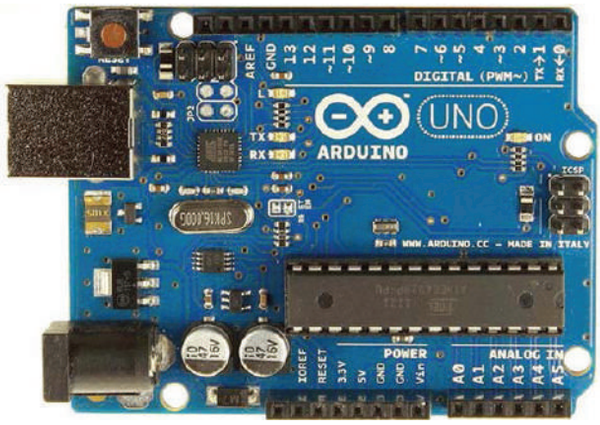
5 - توصيل أطراف المخارج (**Output**) لوحدة (**PLC**) بالمرحلات والأحمال الخارجية مع مراعاة تناسب فولتية العناصر الخارجة وقيمة تحمل التيار لملامس وحدة (**PLC**).

6 - تشغيل وحدة (**PLC**)، وتحميل البرنامج من الحاسب الآلي (**PC**) إلى وحدة (**PLC**) عن طريق الكبل الخاص بذلك، والتأكد من عمل البرنامج حسب المطلوب.

7 - استخراج البرنامج من وحدة (**PLC**) بضغط أيقونة (**On Line Test**) وتتبع حالة العمل؛ للتأكد من سلامة تنفيذ البرنامج، والتحقق من عدم وجود أخطاء.

ابحث في الإنترنت عن أنواع وأشكال اخرى من الحاكمات المنطقية المبرمجة (PLC)، واكتب تقريرًا عنها موضحًا بالصور، ثم اعرضه على زملائك.

لوحة الأردوينو



هي لوحة إلكترونية صممت للمساعدة على بناء الدارات والمشاريع الإلكترونية المختلفة وإنشائها بسهولة، و تتميز هذه اللوحة بكونها قابلة للبرمجة (**programmable board**)، وهذا يعني أنها تبرمج من قبل المستخدم لتؤدي الغرض المطلوب منها، لاستخدامها في كثير من التطبيقات الكهربائية الصناعية.

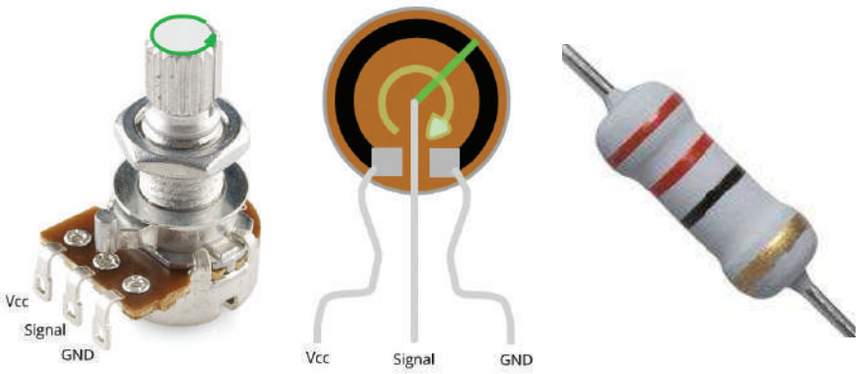
لغة البرمجة

يستعمل لهذه الوحدة لغة خاصة لبرمجتها، وهي لغة بسيطة متوافرة مجانًا، ومفتوحة المصدر، بحيث يمكن الاطلاع على الشيفرة البرمجية للبرامج وتعديلها وتطويرها، مع إمكانية تنزيل البرنامج من موقع (**Arduino**) عن طريق الإنترنت بسهولة.

أشهر اللوحات وأبسطها لوحة أونو (**Arduino UNO**)، وتعمل بجهد (**5V+**)؛ لذلك تحتاج إلى مصدر جهد (**5V/DC**) لتعمل عملاً صحيحًا، على أن يكون تيار هذا المصدر أقل من (**1A**). مع إمكانية تشغيلها عن طريق مدخل (**USB**)، وتوفر اللوحة أيضًا جهدًا مقداره (**3.3V**) بتيار تحمل يصل إلى (**150mA**) يمكن أن يستخدم مع دارات أخرى.

من العناصر التي يمكن استخدامها في دارة الأوردوينو ما يأتي:

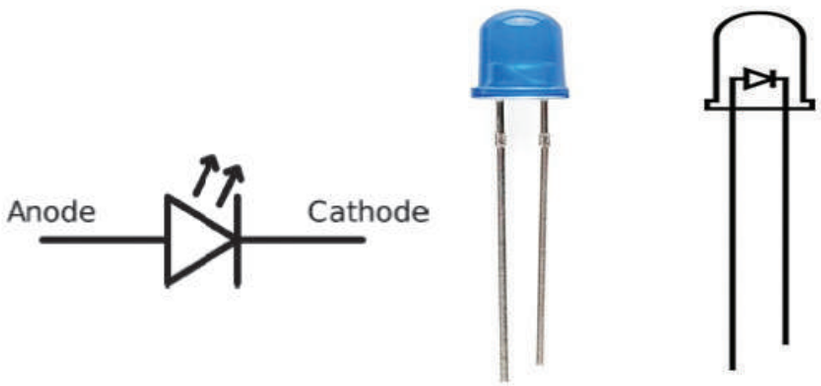
1 – **المقاومات الثابتة والمتغيرة**، انظر إلى الشكل (6-26).



الشكل (6-26): المقاومات الثابتة والمتغيرة.

2 - **الديود الضوئي (LED (Light Emitting Diode**

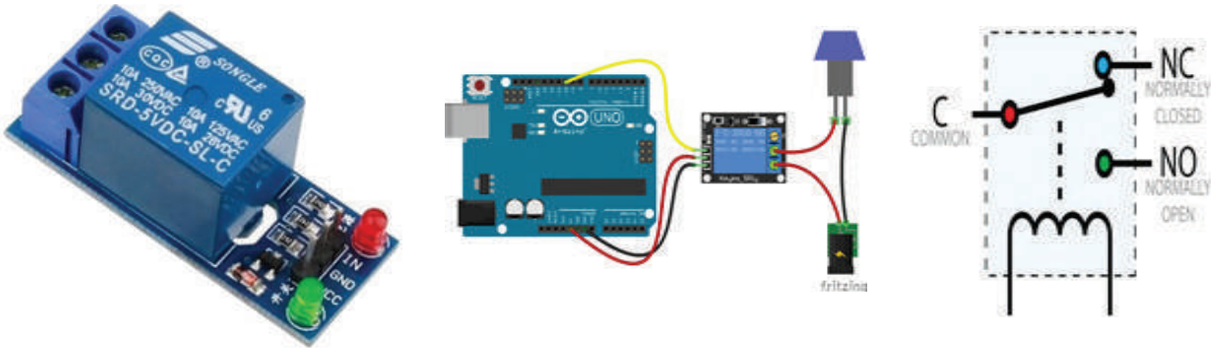
اختصاره هو **LED** ، وهو (**Diode**) إلكتروني باعث للضوء، ويمتاز عن المصابيح الضوئية بأنه يتطلب تيارًا قليلًا جدًّا. يظهر الرمز أدناه الرمز (**LED**) المستعمل وأطرافه (**Anode**) موجب و(**Cathode**) سالب، انظر إلى الشكل (6-27)



الشكل (6-27): المقاومات الثابتة والمتغيرة.

3 - الريليه (relay)

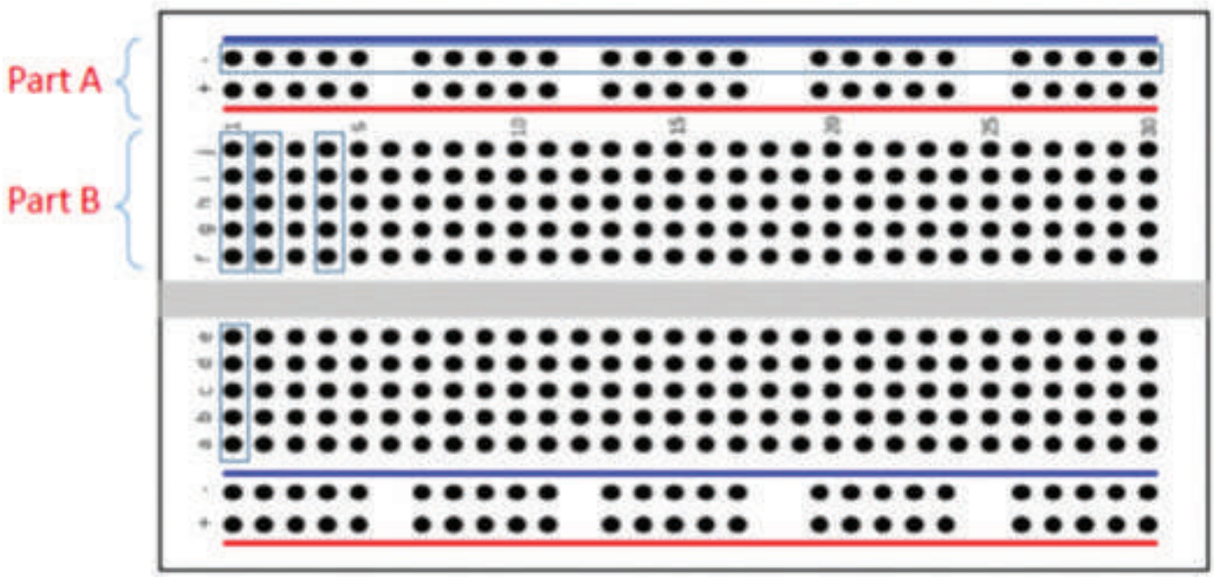
يشبه الريليه الذي مربك في الوحدة السابقة، ولكن حجمة أقل وفولتية منخفضة تتناسب مع النظام، انظر إلى الشكل (6-28).



الشكل (6-28): الريليه (**Relay**).

4 - لوح العمل (Breadboard)

يُستخدم اللوح (**Breadboard**) بصفته قاعدة لبناء الدارات الإلكترونية دون الحاجة إلى اللحام. الخط الأزرق في (**Part A**) يعني أن جميع النقاط متصلة ببعضها، وينطبق الشيء نفسه على الخط الأحمر بالنسبة إلى (**Part B**)، وتربط كل خمس نقاط (**Nodes**) ببعضها، انظر إلى الشكل (6-29).



الشكل (6-29): لوح العمل (**Breadboard**).

التمارين العملية

التمرين (6-1)

التدريب على استخدام برنامج البرمجة الخاصة بنظام وحدة (PLC) على نظام المخطط السلمي

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تشغّل البرنامج بلغة المخطط السلمي وتتعرف العناصر الداخلية للبرمجة.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- وحدة (PLC LOGO8) 230RCE.
- جهاز حاسوب يحوي البرنامج الخاص بنظام البرمجة.
- مصدر تغذية (230V AC/50Hz).

المواد الأولية

- كبل إيثرنت.

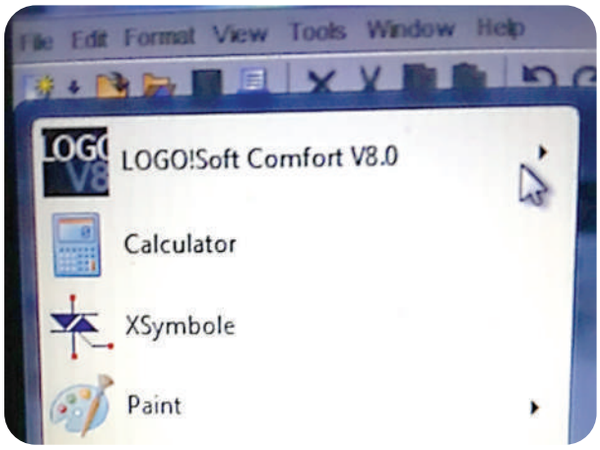
خطوات الأداء

بعد تنفيذ إجراءات السلامة العامة وبإشراف المعلم.

1 - شغّل جهاز الحاسب الآلي (PC)، متأكدًا من وجود البرنامج الخاص في البرمجة.

2 - شغّل البرنامج من قائمة (ابدأ) في جهاز الحاسوب بضغط مفتاح الفأرة الأيسر بعد اختيار أيقونة البرنامج (Logo Soft Comfort V8)، كما في الشكل (1).

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

خطوات الأداء

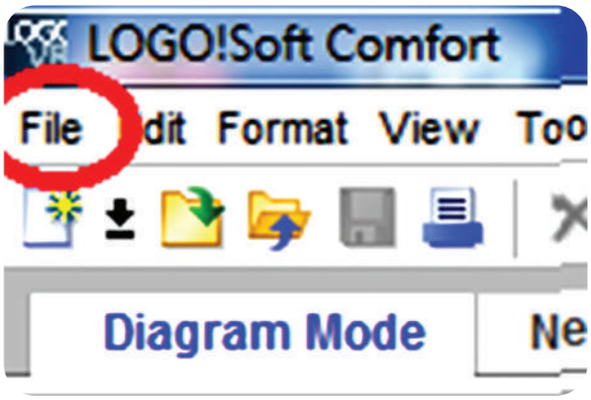
3 - اضغط أيقونة (**File**) من شريط المهام العلوي، سيظهر لك شريط مهمات جديدة، كما في الشكل (2).

4 - اضغط أيقونة (**New**) لفتح برنامج جديد، سيظهر لك خيارات عدة.

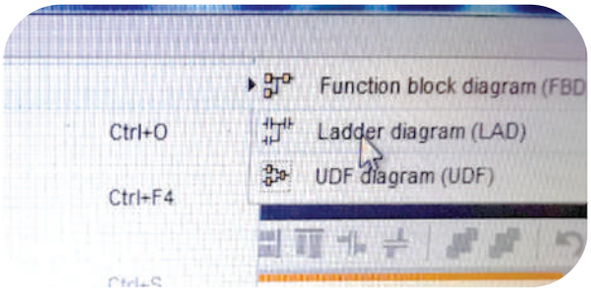
5 - اختر أيقونة (**Ladder Diagram**) لبناء برنامج جديد بلغة (السلم)، كما في الشكل (3).

6 - **File Open** لفتح برنامج خُزِّن مسبقًا، كما في الشكل (4).

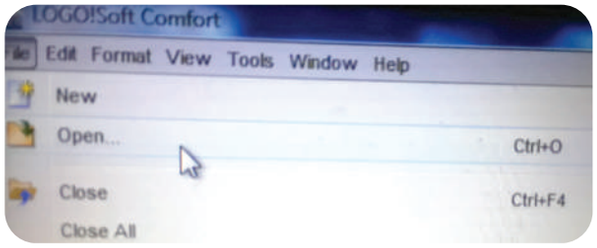
الرسوم التوضيحية



الشكل (2).



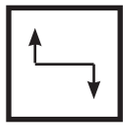
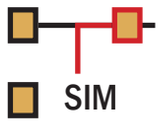
الشكل (3).



الشكل (4).

الجدول (6-4) يبين بعض العناصر في برنامج الرسم لجهاز (**LOGO PLC V8**).

الجدول (6-4): بعض العناصر في برنامج الرسم لجهاز (**LOGO PLC V8**).

اسم الأيقونة	شكل الأيقونة	الاستخدام
السهم		لاختيار الرموز وتحريكها.
سهمان (أعلى أسفل)		للتوصيل بين الرموز.
Simulation		لتشغيل المحاكاة للبرنامج وتجربته داخل الحاسوب قبل التطبيق العملي.
Cut/ joint connection		لقطع خط ظاهري فقط؛ لكيلا يتقاطع في الرسم، وفي الواقع يكون متصلاً من الجهة الأخرى وفعّالًا حسب منطقة بداية القطع ونهايته.
Insert Comment		لكتابة بعض المعلومات على صفحة البرنامج.

نشاط

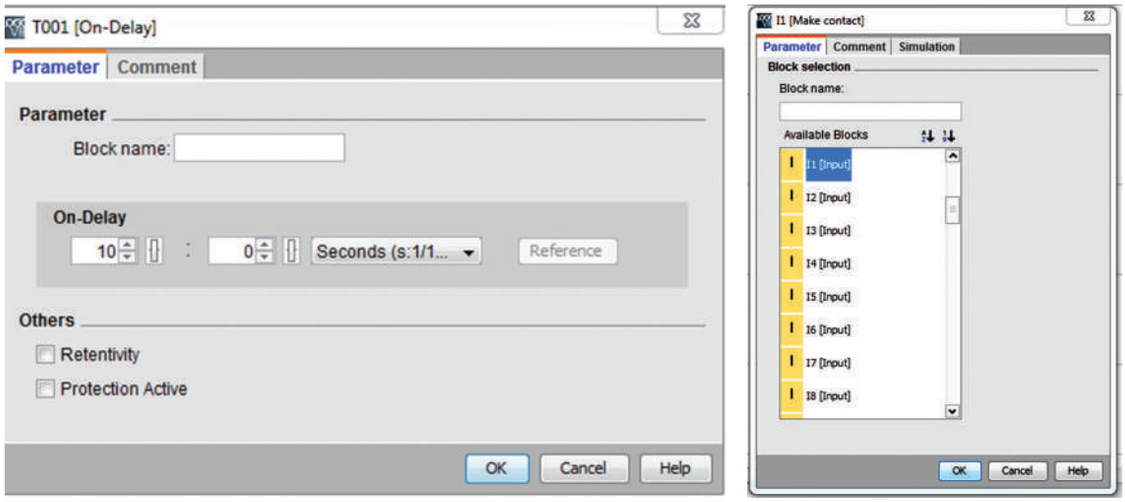
افتح برنامج (**LOGO PLC V8**) واستكشف واجهة البرنامج وطبيعة عمل العناصر فيه، واكتب تقريرًا عن ذلك، وشارك زملاءك فيه، وثم ناقش معلمك فيه.

ملاحظة

بعد أن يفتح البرنامج على صفحة العمل بلغة السلم، هناك أوامر عدة مهمة للتحكم في تطبيقات البرنامج، وستتعرف في هذا التمرين بعض الأوامر المهمة.

تذكَّر

- عند اختيار أيقونة، يوضع مؤشر الفأرة على الأيقونة المطلوبة وضغط المفتاح الأيسر للفأرة وسحبها إلى داخل منطقة رسم المخطط ثم إفلاتها.
- عند اختيار الأيقونة داخل البرنامج، ننقرها مرتين بمفتاح الفأرة الأيسر، لتفتح صفحة تحديد المهام كما في الشكل (6-26).



الشكل (6-26): صفحة تحديد المهام لعناصر وحدة (PLC).

- عند تخزين البرنامج الجديد، نضغط أيقونة (File / Save As)، ثم نحدد اسم الملف وموقع التخزين.

طريقة اختيار حالة الضواغط والمفاتيح

عند اختيار الملمس المفتوح أو المغلق، يمكن تحديد حالته كما في الجدول (6-5).

الجدول (6-5): طريقة اختيار حالة الضواغط والمفاتيح.

(Make) Momentry PushButton	ضاغط، إذا فُعِّلَ (Make) تبقى حالته الطبيعية كما هي، مثلًا، إذا كان مفتوحًا، تبقى حالته داخل البرنامج مفتوحًا.
(Break) Momentry PushButton	ضاغط، إذا فُعِّلَ (Break)، يعكس حالته الطبيعية إذا كان الضاغط مفتوحًا وتفعل (Break) تصبح حالته داخل البرنامج مغلقًا.
Switch	تحول الحالة إلى مفتاح مستمر في العمل في حالة الفتح أو الإغلاق، كما في المفتاح المفرد.

تذكَّر

- عند ضغط الأيقونة مرتين بمفتاح الفأرة الأيسر، تفتح واجهة عمل الأيقونة لتحديد بعض المهام، مثل تحديد مهام المفاتيح، والضواغط، والمؤقتات، والعدادات.

من هذه المهام:

- تحديد عنوان الأيقونة بضغط الأيقونة (Parameter).
- تحديد نوع الأيقونة بضغط أيقونة (Simulation).
- تحديد اسم عام للأيقونة بضغط أيقونة (Comment).
- لتحديد حالة المؤقت، نختار من هذه الواجهة المدة الزمنية المطلوبة للعمل.
- لتحديد حالة العداد، نختار من هذه الواجهة قيمة العدد والحالة التصاعدية أو التنازلية المطلوبة للعمل.
- للحصول على نشرة عناصر الدارة جميعها، نضغط أيقونة (Help).

التمارين العملية

التمرين (6-2)

التدريب على استخدام برنامج البرمجة الخاصة بنظام وحدة (PLC) وبناء برنامج تشغيل باستخدام مفتاح ومرحل على المخطط السلمي.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تستخدم برنامج البرمجة الخاصة بنظام وحدة (PLC)، وبناء برنامج تشغيل باستخدام مفتاح ومرحل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- وحدة (PLC LOGO8) 230RCE.
- جهاز حاسوب يحوي البرنامج الخاص بنظام البرمجة.
- مصدر تغذية (230_V AC/50Hz).

المواد الأولية

- كبل إيثرنت.

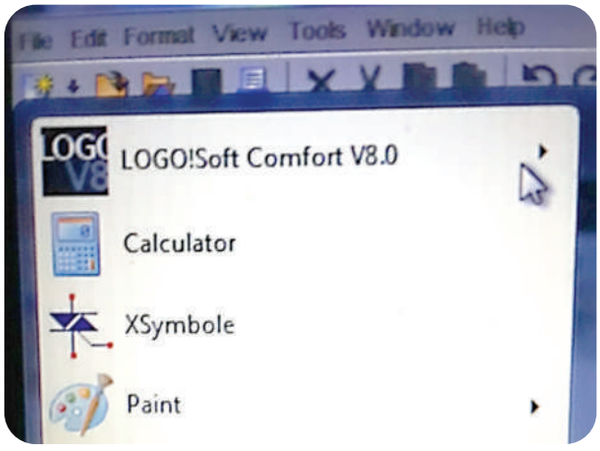
خطوات الأداء

بعد تنفيذ إجراءات السلامة العامة بإشراف المعلم.

1 - شغّل جهاز الحاسب الآلي (PC) متأكدًا من وجود البرنامج الخاص في البرمجة.

2 - شغّل البرنامج من قائمة (ابدأ) في جهاز الحاسوب بضغط مفتاح الفأرة الأيسر بعد اختيار أيقونة البرنامج (Logo Soft Comfort V8)، كما في الشكل (1).

الرسوم التوضيحية



الشكل (1).

خطوات الأداء

3 - افتح صفحة جديدة للبرنامج من أيقونة (**New**).

4 - اختر صفحة عمل على مخطط الرسم السلمي (**Lad**).

5 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (**Make Contact**)، وحدد طبيعة الاستعمال المطلوبة مفتاحًا للعمل (**Switch**) ثم اختر العنوان (**I1**).

6 - اختر أيقونة مرحل (**Relay Coil**) ثم حدد العنوان (**Q1**). انظر إلى الشكل (2).

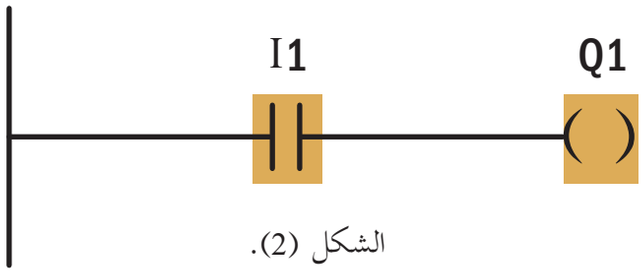
7 - اضغط أيقونة (السهم) ، ثم وصل بين المفتاح والخط الأيسر (المصدر)، ثم بين المرحل والمفتاح من الجهة الأخرى.

8 - اضغط أيقونة (**Sim**) ليظهر لك عمل البرنامج بطريقة المحاكاة، وشغّل البرنامج ومتأكدًا من صحة العمل.

9 - اضغط الأيقونة السابقة (**Sim**) مرة أخرى للخروج من حالة المحاكاة.

10 - احفظ البرنامج محددًا اسمه وموقع التخزين باستخدام أيقونة (**Save AS**) .

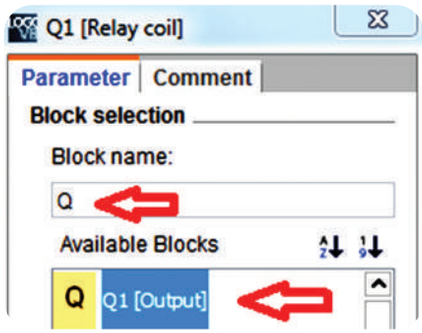
الرسوم التوضيحية



الشكل (2).

تذكَّر

عند تحديد العنوان للأيقونة، يمكن كتابة أول حرف من اسمها فيظهر الاسم كاملًا. كما في الشكل (6-27).



الشكل (٦-27): طريقة إظهار اسم الأيقونة داخل البرنامج.

التمارين العملية

التمرين (6-3)

التحكم في إضاءة مصباح باستخدام نظام التحكم المنطقي المبرمج، باستخدام ضاغط تشغيل وضاغط إيقاف مع استمرار في العمل باستعمال ملمس داخلي للاستمرارية بوساطة لغة السلم.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تنفذ دارة إضاءة مصباح باستخدام نظام التحكم المنطقي المبرمج، باستخدام ضاغط تشغيل وضاغط إيقاف مع استمرار في العمل باستعمال ملمس داخلي، بوساطة لغة السلم.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- وحدة (PLC LOGO8) 230RCE.
- جهاز حاسوب يحوي البرنامج الخاص بنظام البرمجة.
- مصدر تغذية (230V AC/50Hz).
- صندوق عُدَّد كهربائية.

المواد الأولية

- كبل إيثرنت.
- قاطع (MCB) أحادي الطور (6A).
- قاعدة مصباح (E27).
- مصباح (LED - 7 W).
- أسلاك توصيل ($1mm^2$).
- ضاغط تشغيل (NO).
- ضاغط إيقاف (NC).

خطوات الأداء

بعد تنفيذ إجراءات السلامة العامة بإشراف المعلم:

1 - شغّل جهاز الحاسب الآلي (**PC**)، متأكدًا من وجود البرنامج الخاص في البرمجة.

2 - شغّل البرنامج من قائمة (ابدأ) في جهاز الحاسوب، ضاغطًا مفتاح الفأرة الأيسر بعد اختيار أيقونة البرنامج (**Logo Soft Comfort V8**).

3 - افتح صفحة جديدة للبرنامج من أيقونة (**New**).

4 - اختر صفحة عمل على مخطط الرسم السلمي (**Lad**)، وارسم المخطط السلمي كما هو موضح في الشكل (1).

5 - اختر أيقونة ملمس مفتوح للتشغيل (**Make Contact**)، وحدد طبيعة الاستعمال المطلوبة ضاغطًا مفتوحًا (**Make Contact**) واختر العنوان (**I1**).

6 - اختر أيقونة مغلق (**Break Contact**)، محددًا طبيعة الاستعمال المطلوبة للعمل ضاغطًا للإيقاف (**Make**) لكي يبقى على حالته الطبيعية المغلقة، واختر العنوان (**I2**).

7 - اختر أيقونة مرحل (**Relay Coil**) ثم حدد العنوان (**Q1**).

8 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (**Make Contact**)، محددًا طبيعة الاستعمال المطلوبة ملمسًا مفتوحًا (**Make Contact**)، ثم اختر العنوان (**Q1**).

فكّر

لماذا سمي الملمس الجديد هذا الاسم (**Q1**)؟

9 - اضغط أيقونة (السهم) ثم صِل بين المصدر والضاغط (**I2**)، ثم صِل الدارة ببقية العناصر مراعيًا توصيل الملمس (**Q1**) على التوازي بالملمس (**I1**). انظر إلى الشكل (1).

10 - اضغط أيقونة (**Sim**) ؛ ليظهر لك عمل البرنامج بطريقة المحاكاة، وشغّل البرنامج ومتأكدًا من صحة العمل.

11 - اضغط الأيقونة السابقة (**Sim**) مرة أخرى للخروج من حالة المحاكاة.

فكِّر

كيف يمكن إيقاف عمل البرنامج داخل حالة (Simulation) دون ضغط (Sim) مرة أخرى؟

12 - احفظ البرنامج، ثم حدّد اسمه وموضع التخزين بأيقونة (Save AS).

13 - افصِل التيار الكهربائي بإشراف المعلم.

14 - صِل أسلاك التوصيل بعناصر الدارة الكهربائية حسب الشكل المجاور، مراعيًا التمييز بين نقاط توصيل المصدر الكهربائي لوحدة (PLC) وأطراف المداخل والمخارج، ملاحظًا أن ضاغط الإيقاف يستعمل (NO)، انظر إلى الشكل (2).

فكِّر

ما الإجراء الذي يمكن تنفيذه إذا استخدم ضاغط مغلق كما في التحكم التقليدي؟ راجع موضوع تحديد العنوان للملمس بداية هذا الدرس.

15 - صِل كبل التواصل بين الحاسب الآلي و(PLC).

16 - صِل التيار الكهربائي بإشراف المعلم.

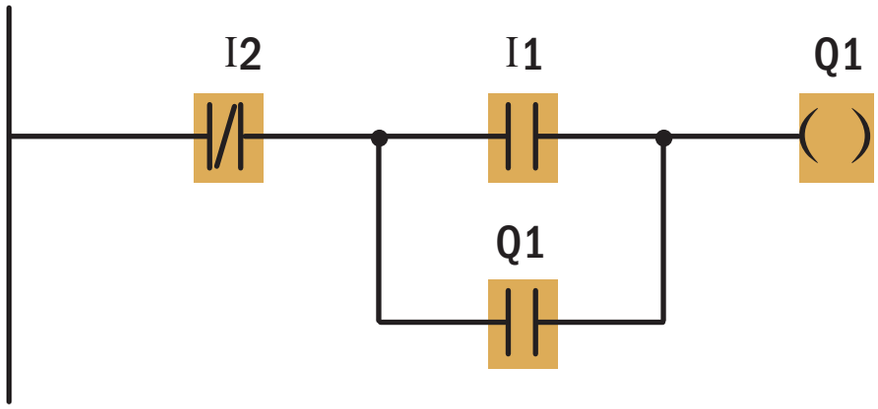
17 - عرّف جهاز (PLC) على الحاسب الآلي مُستخدمًا أنظمة البرمجة المناسبة.

18 - حمّل المخطط السلمي السابق على وحدة (PLC).

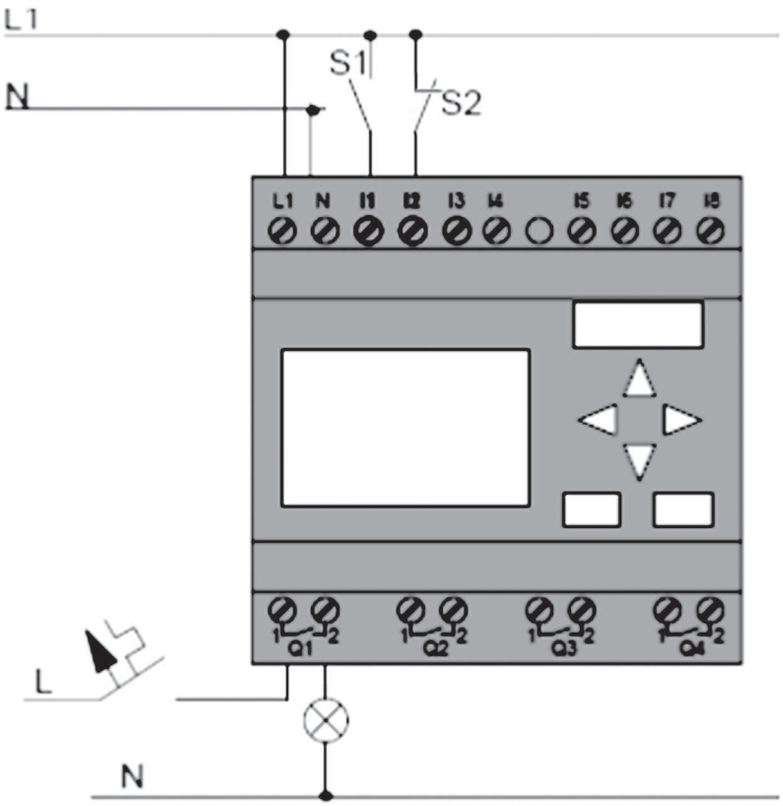
19 - تأكد من صحة عمل التمرين بإشراف المعلم، واكتب تقريرًا بذلك في دفتر التدريب العملي.

20 - افصِل مصدر التيار الكهربائي، ثم فكِّك عناصر التمرين، ثم رتب المواد والعدد في أماكنها اللازمة.

21 - اكتب تقريرًا عن برنامج العمل في دفتر الرسم العملي.



الشكل (1).



الشكل (2).

التمارين العملية

التمرين (6-4)

التحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الأطوار باستخدام دارة تحكم منطقي مبرمج، باستخدام ضاغط تشغيل وضاغط إيقاف وجهاز حماية اوفرلود، استمرار العمل.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تنفذ دارة تتحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الأطوار باستخدام دارة تحكم منطقي مبرمج، باستخدام ضاغط تشغيل وضاغط إيقاف وجهاز حماية أوفرلود، مع استمرار في العمل.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- وحدة (PLC LOGO8) 230RCE.
- جهاز حاسوب يحوي البرنامج الخاص بنظام البرمجة.
- مصدر تغذية (230V AC/50Hz).
- صندوق عُدَّد كهربائية.
- مصدر تغذية ثلاثي الأطوار.
- مرحل (كونتاكتور) ثلاثي الأطوار (4kw).
- محرك كهربائي حثي ثلاثي الأطوار (1HP).
- جهاز أوفرلود.

المواد الأولية

- كبل إيثرنت.
- قاطع (MCB) أحادي الطور 6A.
- قاطع (MCB) ثلاثي الأطوار 16A.
- أسلاك توصيل ($1mm^2$) لدارة التحكم.
- أسلاك توصيل ($2.5mm^2$) لدارة القوى.
- ضاغط تشغيل (NO).
- ضاغط إيقاف (NC).

خطوات الأداء

- بعد تنفيذ إجراءات السلامة العامة وبإشراف المعلم:

1 - شغّل جهاز الحاسب الآلي (**PC**) ومتأكدًا من وجود البرنامج الخاص في البرمجة.

2 - شغّل البرنامج من قائمة (ابدأ) في جهاز الحاسوب بضغط مفتاح الفأرة الأيسر، بعد اختيار أيقونة البرنامج (**Logo Soft Comfort V8**).

3 - افتح صفحة جديدة للبرنامج من أيقونة (**New**).

4 - اختر صفحة عمل على مخطط الرسم السلمي (**Lad**)، وارسم المخطط السلمي، كما هو موضح في الشكل (1).

5 - اختر أيقونة ملمس مفتوح للتشغيل (**Make Contact**)، محددًا طبيعة الاستعمال المطلوبة بوصفه ضاغطًا مفتوحًا (**Make Contact**)، واختر العنوان (**I1**).

6 - اختر أيقونة مرحل (**Relay Coil**) وحدد العنوان (**Q 1**).

7 - اختر أيقونة مغلق (**Break Contact**)، محددًا طبيعة الاستعمال المطلوبة للعمل بوصفه ضاغط إيقاف (**make**) حتى يبقى على حالته الطبيعية المغلقة، واختر العنوان (**I2**).

8 - اختر أيقونة مغلق (**Break Contact**)، محددًا طبيعة الاستعمال المطلوبة للعمل (**make**)؛ لكي يبقى على حالته الطبيعية المغلقة، ويستخدم جهاز حماية أوفرلود، واختر العنوان (**I3**).

فكِّر

ما ملمس الأوفرلود الذي سيُستخدم في هذه الحالة (**95-96**) أم (**97-98**)؟

9 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (**Make Contact**)، محددًا طبيعة الاستعمال المطلوبة بوصفه ملمسًا مفتوحًا (**Make Contact**)، واختر العنوان (**Q1**).

تذكَّر

اكتب اسمًا لكل عنصر باستعمال أيقونة (**Comment**).

10 - اضغط أيقونة (السهم) وصِل بين المصدر بالضاغط (I2)، ثم صِل الدارة ببقية العناصر، مراعيًا توصيل الملمس (Q1) على التوازي الملمس (I1). انظر إلى الشكل (2).

11 - اضغط أيقونة (sim)؛ ليظهر لك عمل البرنامج بطريقة المحاكاة، وشغّل البرنامج متأكدًا من صحة العمل.

12 - اضغط الأيقونة السابقة (sim) مرة أخرى للخروج من حالة المحاكاة.

13 - احفظ البرنامج وحدد اسمه، وموضع التخزين بأيقونة (Save AS).

14 - افصِل التيار الكهربائي بإشراف المعلم.

15 - صِل أسلاك التوصيل بعناصر الدارة الكهربائية حسب الشكل المجاور، مراعيًا التمييز بين نقاط توصيل المصدر الكهربائي لوحدة (PLC) وأطراف المداخل والمخارج.

16 - صِل كبل التواصل بين الحاسب الآلي و(PLC).

17 - صِل التيار الكهربائي بإشراف المعلم.

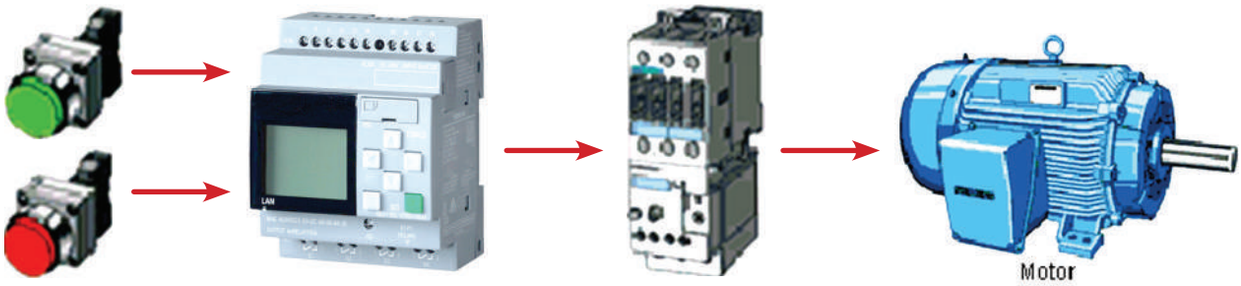
18 - عرّف جهاز (PLC) على الحاسب الآلي باستخدام أنظمة البرمجة المناسبة.

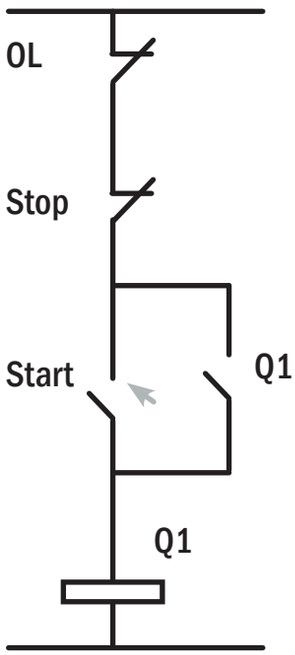
19 - حمل المخطط السلمي السابق على وحدة (PLC).

20 - تأكد من صحة عمل التمرين.

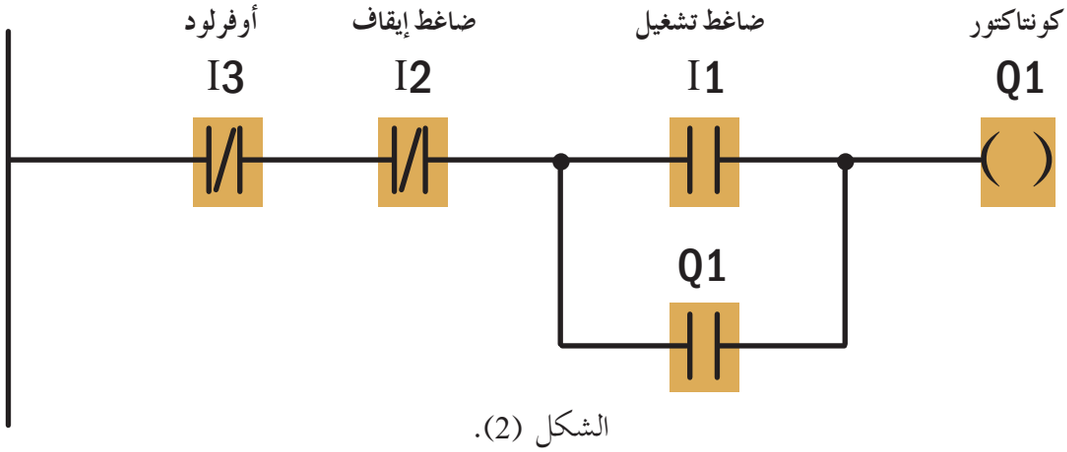
21 - افصِل مصدر التيار الكهربائي، وفكك عناصر التمرين، ورتِّب المواد والعدد في أماكنها اللازمة.

22 - اكتب تقريرًا عن برنامج العمل في دفتر الرسم العملي.





الشكل (1).



الشكل (2).

التمارين العملية

التمرين (6-5)

التحكم في تشغيل محركين كهربائيين ثلاثيي الطور باستخدام دارة تحكم منطقي مبرمج، إذ يعمل الثاني بعد عشر ثوانٍ من عمل الأول مستخدمًا مؤقتًا زمنيًّا.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تنفذ دارة تتحكم في تشغيل محركين كهربائيين ثلاثيَّي الطور باستخدام دارة تحكم منطقي مبرمج، حيث يعمل الثاني بعد عشر ثوانٍ من عمل الأول مستخدمًا مؤقتًا زمنيًّا.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- صندوق عُدَّد كهربائية.
- وحدة (PLC LOGO8) 230RCE.
- جهاز حاسوب يحوي البرنامج الخاص بنظام البرمجة.
- مصدر تغذية (230v AC/50Hz).
- مصدر تغذية ثلاثي الأطوار.
- مرحلان (كونتاكتور) ثلاثيا الأطوار (4kw) .
- محركان كهربائيان حثيان ثلاثيا الأطوار (1HP).

المواد الأولية

- كبل إيثرنت.
- قاطع (MCB) أحادي الطور 6A.
- قاطع (MCB) ثلاثي الأطوار 16A.
- أسلاك توصيل ($1mm^2$) لدارة التحكم.
- أسلاك توصيل ($2.5mm^2$) لدارة القوى.
- ضاغط تشغيل (NO).
- ضاغط إيقاف (NC).

خطوات الأداء

بعد تنفيذ إجراءات السلامة العامة بإشراف المعلم.

1 - شغّل جهاز الحاسب الآلي (**PC**) ومتأكدًا من وجود البرنامج الخاص في البرمجة.

2 - شغّل البرنامج من قائمة (ابدأ) في جهاز الحاسوب بضغط مفتاح الفأرة الأيسر بعد اختيار أيقونة البرنامج (**Logo Soft Comfort V8**).

3 - افتح صفحة جديدة للبرنامج من أيقونة (**New**).

4 - اختر صفحة عمل على مخطط الرسم السلمي (**Lad**)، وارسم المخطط السلمي كما هو موضح في الشكل (1).

5 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (**Make Contact**)، محددًا طبيعة الاستخدام المطلوبة بوصفه ضاغطًا مفتوحًا (**Make Contact**)، واختر العنوان (**I1**).

6 - اختر أيقونة مرحل (**Relay Coil**) ، محددًا العنوان (**Q 1**).

7 - اختر أيقونة مغلق (**Break Contact**)، محددًا طبيعة الاستخدام المطلوبة للعمل بوصفه ضاغطًا (**make**) لكي يبقى على حالته الطبيعية المغلقة، واختر العنوان (**I2**).

8 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (**Make Contact**)، محددًا طبيعة الاستخدام المطلوبة بوصفه ملمسًا (**Make Contact**)، واختر العنوان (**Q1**).

9 - اختر أيقونة مرحل آخر(**Relay Coil**) محددًا العنوان (**Q2**).

10 - اختر أيقونة مؤقت زمني (**ON Delay**)، واختر العنوان (**T001**)، كما في الشكل (٢).

11 - حدد الوقت الزمني (**10s**).

12 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (**Make Contact**)، محددًا طبيعة الاستخدام المطلوبة بوصفه ملمسًا مفتوحًا (**Make Contact**)، واختر العنوان (**T001**).

فكّر

لماذا سميّ الملمس المؤقت الزمني هذا الاسم؟

خطوات الأداء

13 - اضغط أيقونة (السهم) وصِل بين المصدر والضاغط (**I2**)، ثم صِل الدارة ببقية العناصر مراعيًا توصيل الملمس (**Q1**) على التوازي مع الملمس (**I1**).

14 - اضغط أيقونة (**Sim**)؛ ليظهر لك عمل البرنامج بطريقة المحاكاة، وشغّل البرنامج، متأكدًا من صحة العمل كما في الشكل (3).

15 - لاحظ إضاءة المصباح في حالة العمل التجريبي للبرنامج.

16 - اضغط الأيقونة السابقة (**Sim**) مرة أخرى للخروج من حالة المحاكاة.

17 - احفظ البرنامج، وحدد اسمه وموضع التخزين عبر أيقونة (**Save AS**).

18 - افصل التيار الكهربائي بإشراف المعلم.

19 - صِل أسلاك التوصيل بعناصر الدارة الكهربائية حسب الشكل (4)، مراعيًا التمييز بين نقاط توصيل المصدر الكهربائي لوحدة (**PLC**) وأطراف المداخل والمخارج.

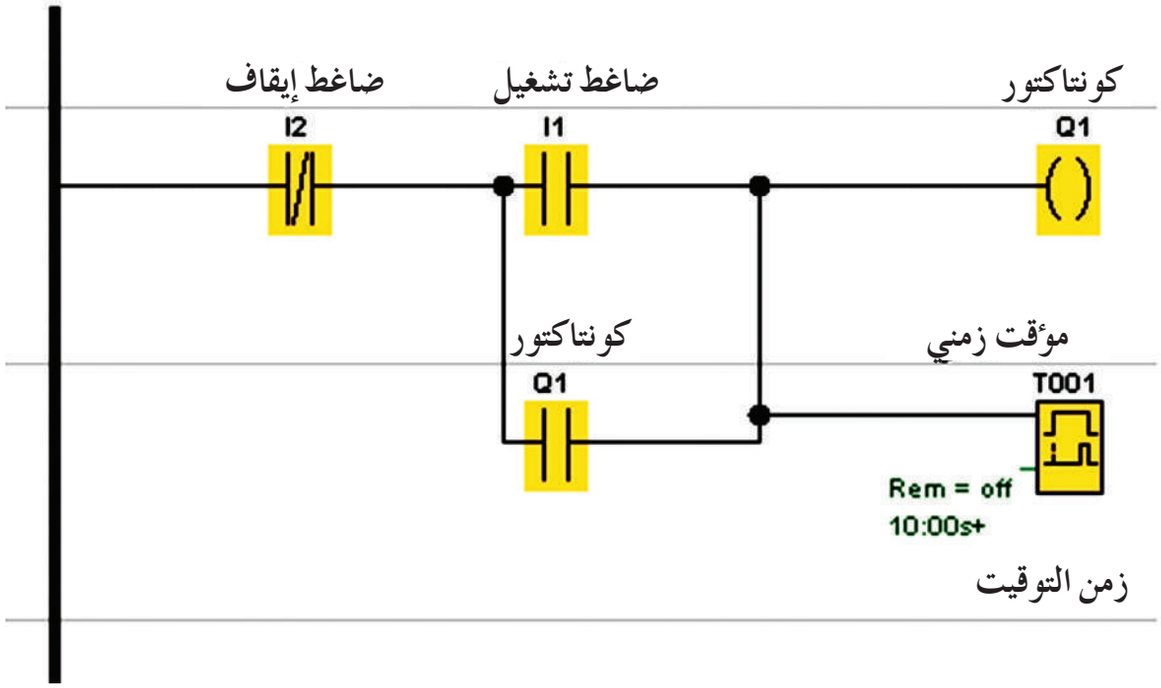
20 - صِل كبل الإيثرنت للتواصل بين الحاسب الآلي و(**PLC**).

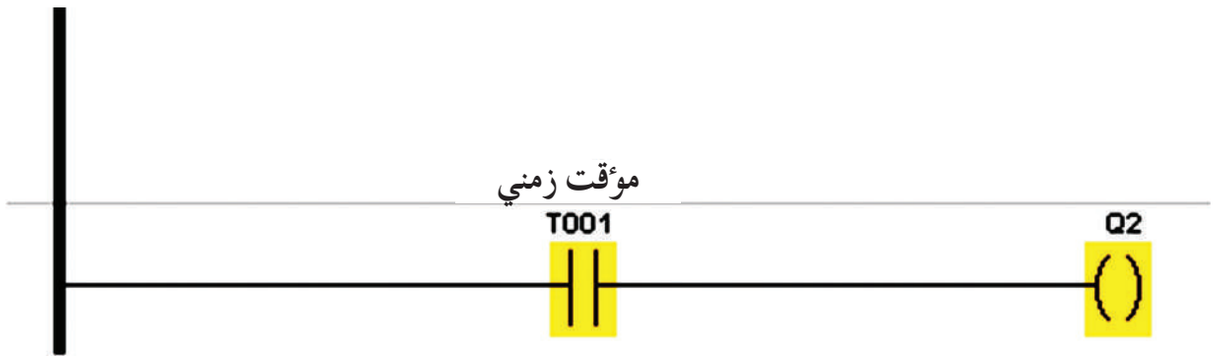
21 - عرّف جهاز (**PLC**) على الحاسب الآلي باستخدام أنظمة البرمجة المناسبة.

22 - حمل المخطط السلمي السابق على وحدة (**PLC**)، متأكدًا من صحة عمل التمرين.

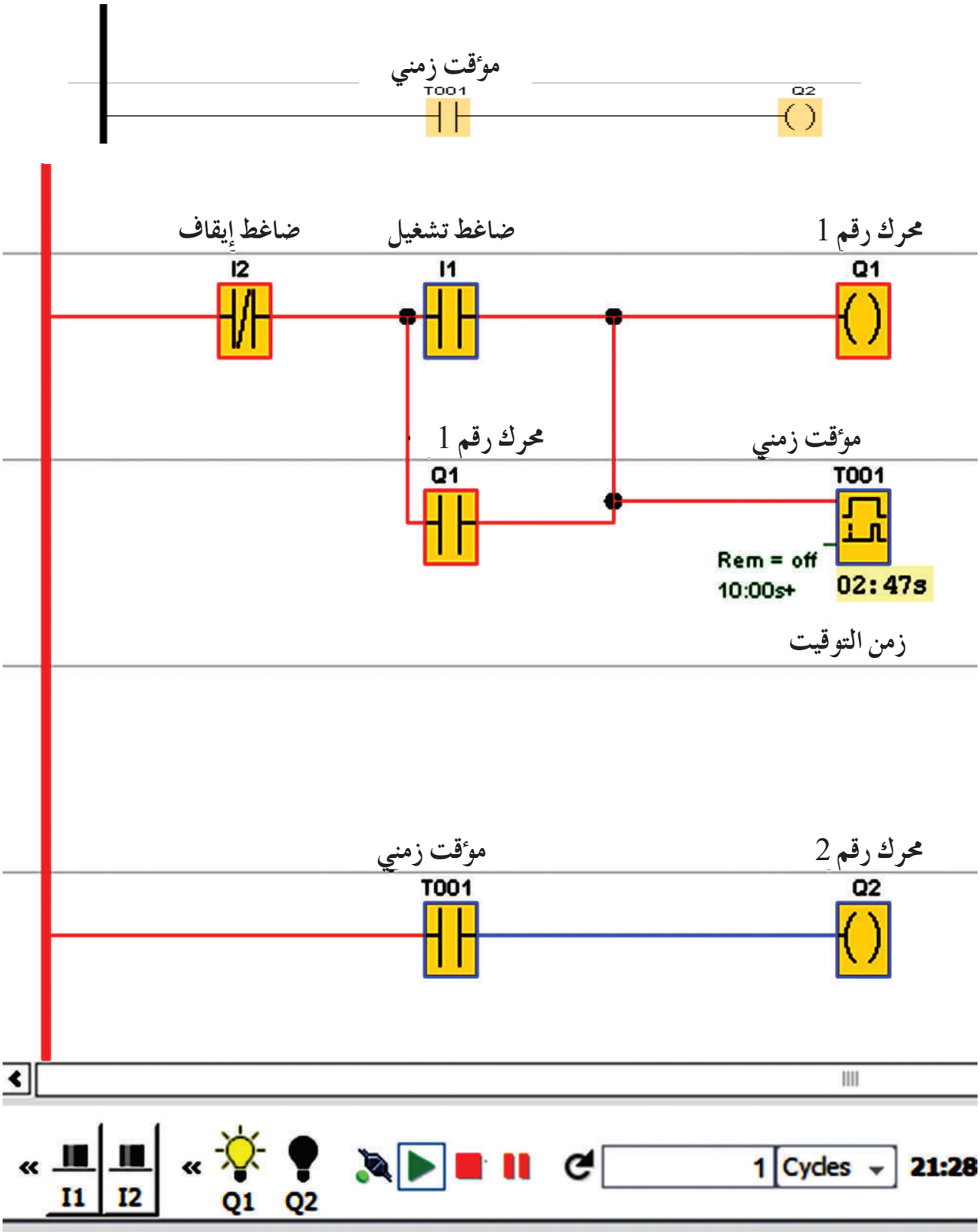
23 - افصل مصدر التيار الكهربائي، وفكّك عناصر التمرين، ورتب المواد والعدد في أماكنها اللازمة.

24 - اكتب تقريرًا عن برنامج العمل في دفتر الرسم العملي.


ضاغط إيقاف
I2
ضاغط تشغيل
I1
كونتاكتور
Q1
كونتاكتور
Q1
مؤقت زمني
T001
Rem = off
10:00s+
زمن التوقيت

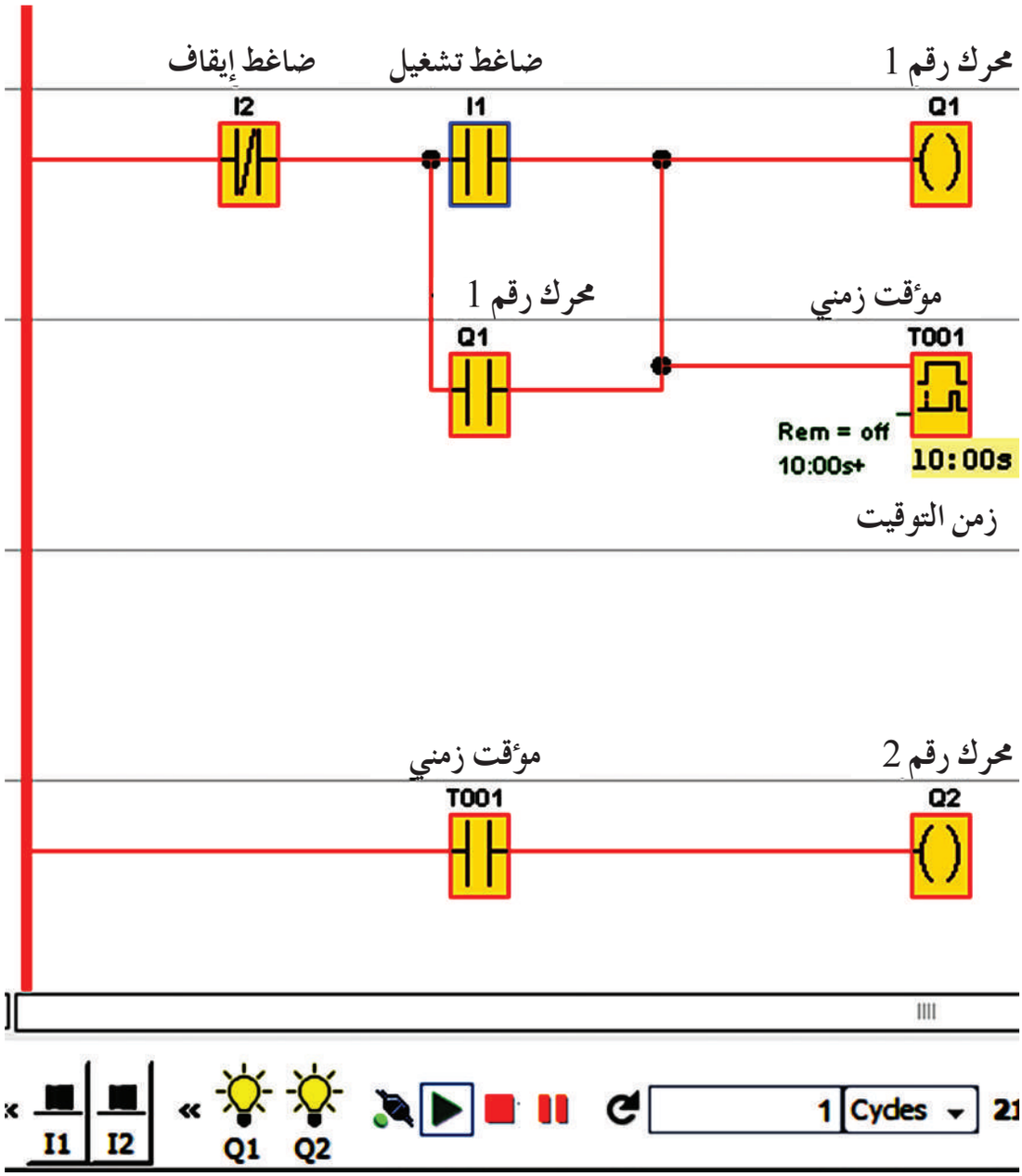

مؤقت زمني
T001
Q2

الشكل (1).

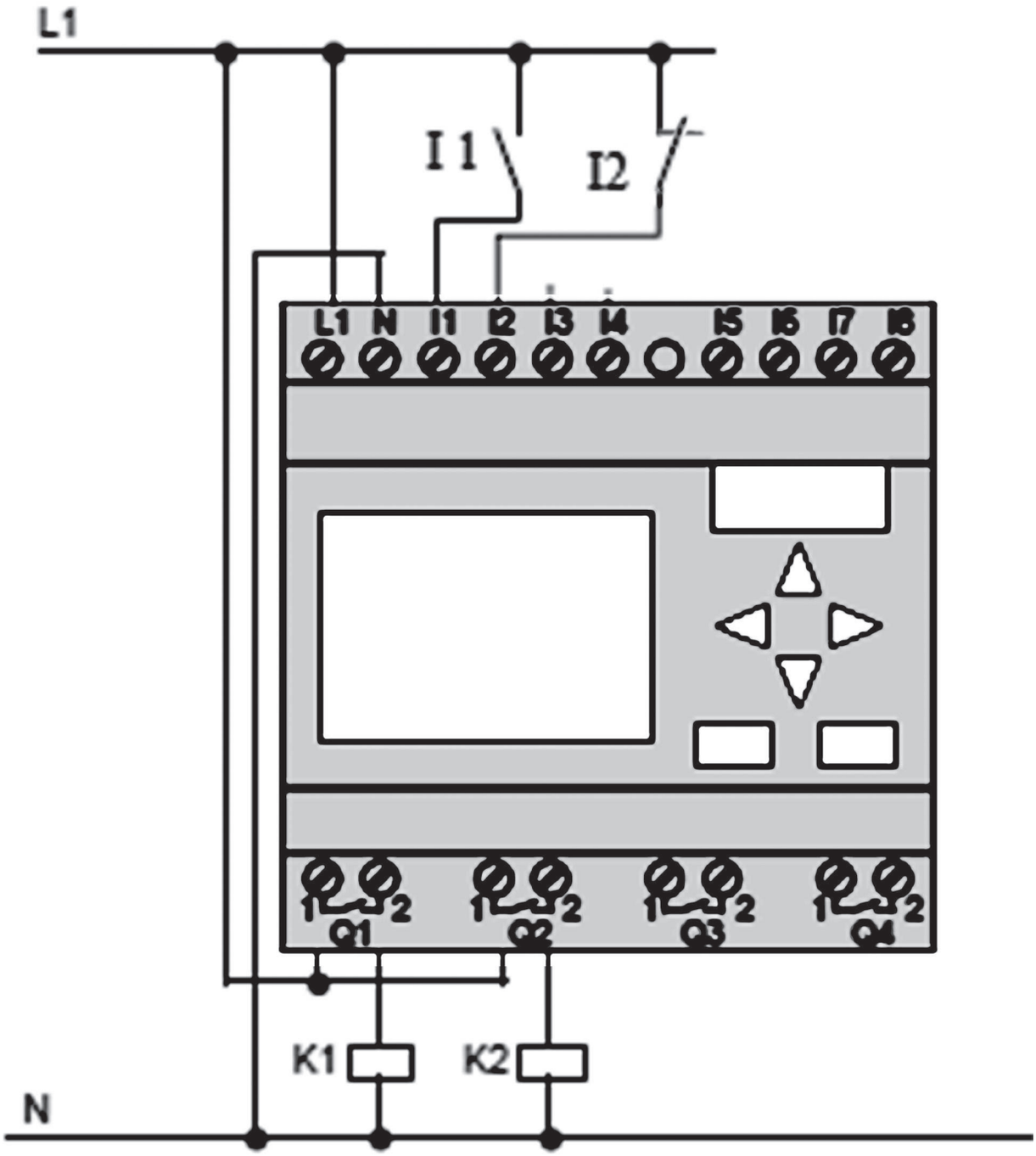

مؤقت زمني
T001
Q2
ضاغط إيقاف
ضاغط تشغيل
محرك رقم 1
I2
I1
Q1
محرك رقم 1
مؤقت زمني
Q1
T001
Rem = off
10:00s+
02: 47s
زمن التوقيت
مؤقت زمني
محرك رقم 2
T001
Q2
I1
I2
Q1
Q2
1
Cycles
21:28

الشكل (2).

بعد عملية التشغيل وفي أثناء مرحلة العد وقبل انتهاء الوقت **Q2** (غير مفعل حتى الآن).



الشكل (3).



الشكل (4).

التمارين العملية

التمرين (6-6)

التحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الأطوار من مكانين مختلفين باستخدام دارة تحكم منطقي مبرمج، إذ يعمل في الحالة الأولى باستخدام ضاغط لحظي وفي الحالة الثانية باستخدام العداد المنطقي.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تنفذ دارة تتحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الأطوار من مكانين مختلفين باستخدام دارة تحكم منطقي مبرمج، حيث يعمل في الحالة الأولى باستخدام ضاغط لحظي وفي الحالة الثانية باستخدام العداد المنطقي، ويتحكم في الدارة مفتاح اختيار ذو موضعين (0/1)،(Selector Switch 2 Position)

فكّر: أين يمكن استخدام هذا التمرين في الآلات الصناعية؟

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات

- صندوق عُدَّد كهربائية.
- وحدة (PLC LOGO8) 230RCE.
- جهاز حاسوب يحوي البرنامج الخاص بنظام البرمجة.
- مصدر تغذية (230V AC/50Hz).
- مصدر تغذية ثلاثي الأطوار.
- مرحل (كونتاكتور) ثلاثي الأطوار (4kw).
- محرك كهربائي حثي ثلاثي الأطوار (1HP).

المواد الأولية

- كبل إيثرنت.
- قاطع (MCB) (أحادي الطور 6 A).
- قاطع (MCB) (ثلاثي الأطوار 16 A).
- أسلاك توصيل (1 mm2) لدارة التحكم.
- أسلاك توصيل (2.5 mm 2) لدارة القوى.
- ضاغط تشغيل (NO).
- مفتاح حدي (limit Switch).
- ضاغطان (NO) .
- مفتاح اختيار ذو موضعين: (0 / 1) (Selector Switch 2 Position).

خطوات الأداء

بعد تنفيذ إجراءات السلامة العامة بإشراف المعلم:

1 - شغّل جهاز الحاسب الآلي (PC)، متأكدًا من وجود البرنامج الخاص في البرمجة.

2 - شغّل البرنامج من قائمة (ابدأ) في جهاز الحاسوب بضغط مفتاح الفأرة الأيسر بعد اختيار أيقونة البرنامج (Logo Soft Comfort V8).

3 - افتح صفحة جديدة للبرنامج من أيقونة (New).

4 - اختر صفحة عمل على مخطط الرسم السلمي (Lad)، وارسم المخطط السلمي كما هو موضح في الشكل (١).

5 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (Make Contact)، مُحدِّدًا طبيعة الاستعمال المطلوبة ضاغطًا مفتوحًا (Make Contact)، واختر العنوان (I1) (Selector Switch).

تذكَّر

في عمل التطبيق التجريبي (Sim)، يُحوَّل (I1) (Switch)، بديلًا عن استخدامه ضاغطًا.

6 - اختر مرحل (Relay Coil)، وحدد العنوان (Q1).

7 - اختر أيقونة ملمس مفتوح آخر (Make Contact)، محددًا طبيعة الاستخدام المطلوبة للعمل ضاغطًا (make) لكي يبقى على حالته الطبيعية المفتوحة، واختر العنوان (I2).

8 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (Make Contact) أخرى، محددًا طبيعة الاستخدام المطلوبة بوصفه ملمسًا مفتوحًا (Make Contact) واختر العنوان (I4)؛ لاستخدامها في إعادة تصفير العداد إذ توصل بالنقطة (R) في العداد المنطقي.

9 - اختر أيقونة عداد تصاعدي تنازلي (UP/ Down counter)، واختر عنوان (C001)

حدد عدد مرات العد 5 = on

0 = off

0 = Start value

فكِّر

- لماذا حدِّدت (**Start value**) بقيمة صفر؟
- ماذا لو غُيِّرت القيمة إلى (**2**)؟

10 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (**Make Contact**) أخرى، محددًا طبيعة الاستخدام المطلوبة بصفته ملمسًا مفتوحًا (**Make Contact**)، واختر العنوان (I3) مرة أخرى، وذلك لاستخدامها في العد؛ إذ يوصل بالنقطة (**Cnt**) في العداد المنطقي.

11 - اختر أيقونة ملمس مفتوح (**Make Contact**)، محددًا طبيعة الاستخدام المطلوبة بوصفه ملمسًا مفتوحًا (**Make Contact**)، واختر العنوان (**C001**).

فكِّر

لماذا سميَّ الملمس اسم العداد نفسه؟

12 - اضغط أيقونة (السهم)، وصِل بين المصدر والضاغط (I2)، ثم صِل الدارة ببقية العناصر، مراعيًا توصيل الملمس (**Q1**) على التوازي بالملمس (I1).

13 - اضغط (**sim**)، ليظهر لك عمل البرنامج بطريقة المحاكاة، وشغّل البرنامج متأكدًا من صحة العمل كما في الشكل (2).

ملاحظة

بعد العد خمس مرات سيعمل المرحل (**Q1**)، ويُعادة تصفير العداد بوساطة الملمس الذي سميَّ (**Q2**)، إذ يأخذ أمر التشغيل من المرحل مباشرة.

14 - اضغط (**Sim**) مرة أخرى للخروج من حالة المحاكاة.

15 - احفظ البرنامج وحدّد اسمه وموضع التخزين (**Save AS**).

16 - افصِل التيار الكهربائي بإشراف المعلم.

17 - صِل أسلاك التوصيل بعناصر الدارة الكهربائية، مراعيًا التمييز بين نقاط توصيل المصدر الكهربائي لوحدة (**PLC**) وأطراف المداخل والمخارج.

18 - صِل كبل التواصِل بين الحاسب الآلي و(**PLC**).

19 - صِل المصدر الكهربائي للتمرين بإشراف المعلم.

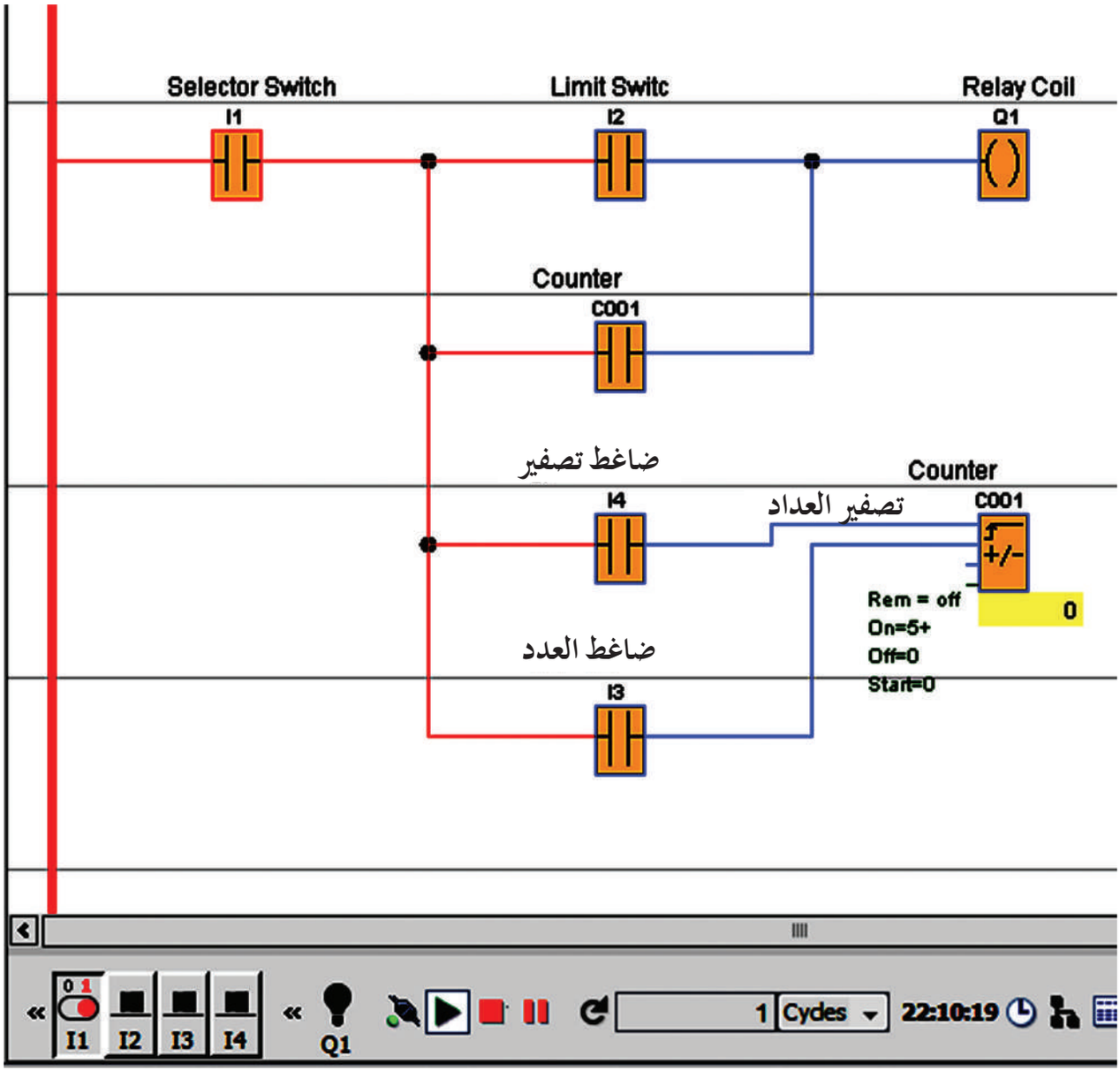
20 - عرف جهاز (**PLC**) على الحاسب الآلي باستخدام أنظمة البرمجة المناسبة.

21 - حمل المخطط السلمي السابق على وحدة (**PLC**).

22 - تأكد من صحة عمل التمرين.

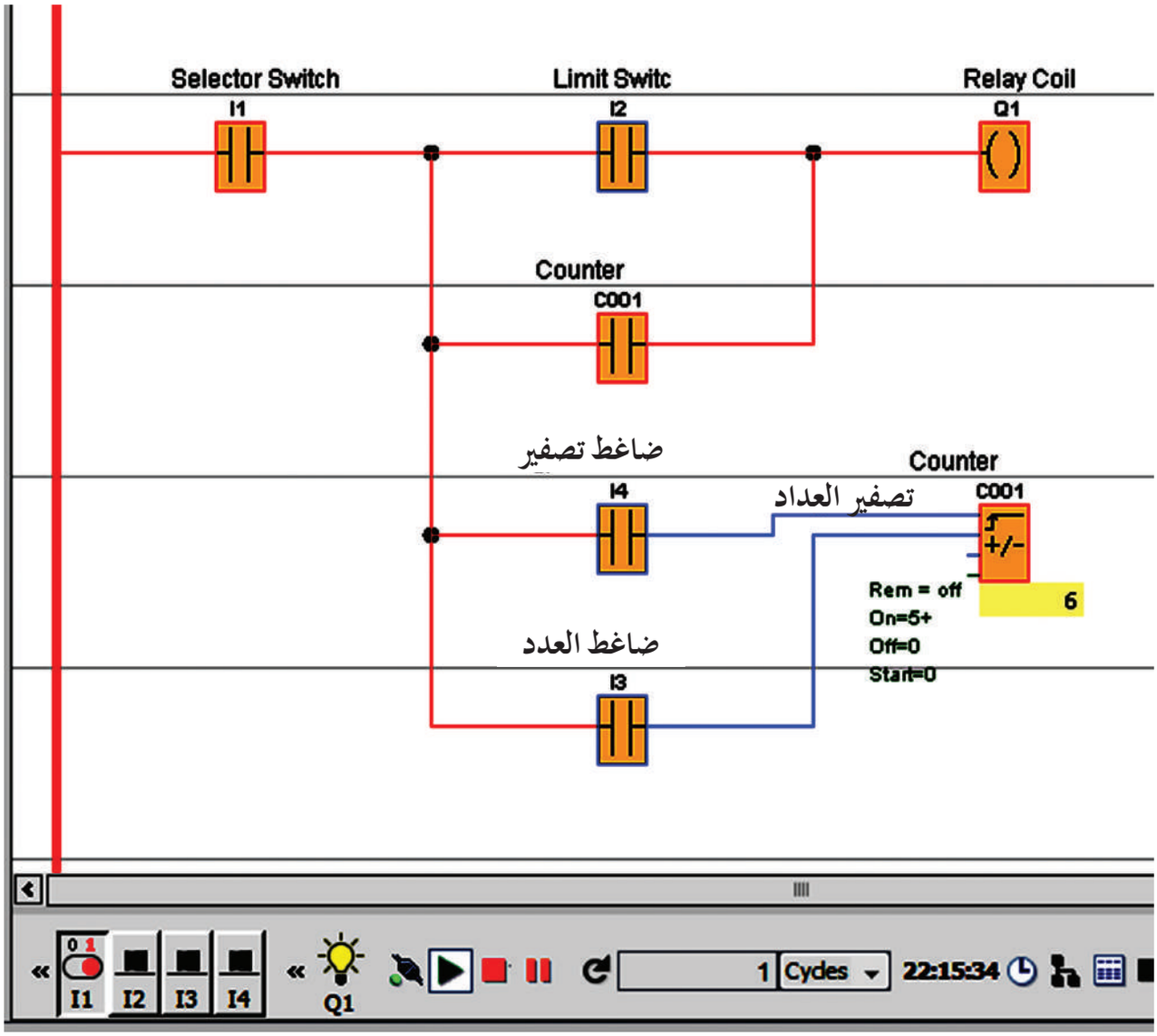
23 - افصِل مصدر التيار الكهربائي، وفكِّك عناصر التمرين، ورتّب المواد والعدد في أماكنها اللازمة.

24 - اكتب تقريرًا عن برنامج العمل في دفتر الرسم العملي.



الشكل (1): الحالة قبل التشغيل.

الرسوم التوضيحية



نشاط

بالتعاون مع المعلم، نفّذ دارة تحكم مُستخدمًا المخطط السلمي، بأيقونة مرحل داخلي غير مرتبط بالخارج (**M Flag Out Put**).

الصناديق (FBD) (Function Block Diagram)

تمثل الصناديق البوابات المنطقية التي ذكرت سابقًا، مثل المؤقتات (Timers)، والعـــدادات (Counters)، وبوابة (OR)، وبوابة (AND) وغيرها، ولها عدة تعليمات ووظائف تُنفَّذ عندما يصِل التيار إلى الصندوق، ويكون اسم الوظيفة للصندوق مدونًا داخل الصندوق، ويمثل الجدول (6-6) بعض الرموز المستخدمة في النظام الصندوقي.

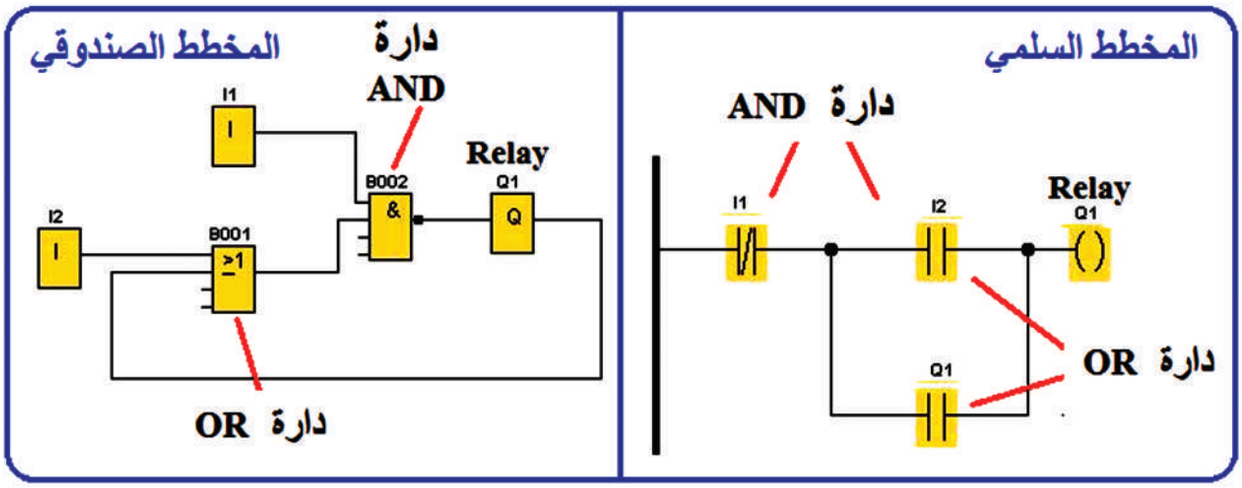
جدول (6-6): بعض الرموز المستخدمة في النظام الصندوقي.

	Input
	Output
	AND
	OR

ويمثل الشكل (6-28) أحد المخططات الصندوقية بعد تحويلها من حالة المخطط السلمي، التي تمثل تشغيل مرحل (Relay) باستخدام ضاغطي إيقاف تشغيل، مع استمرار العمل.

تذكَّر

- عند رسم المخطط الصندوقي نختار العناصر ونوصلها من اليمين إلى الشمال.
- دارة التوالي تتمثل بدارة (AND) أما دارة التوازي، فتتمثل بدارة (OR).



الشكل (6-28): التحويل من المخطط السلمي إلى المخطط الصندوقي.

التمارين العملية

التمرين (6-7)

التدرب على استخدام برنامج البرمجة الخاصة بنظام وحدة (PLC) باستخدام المخطط الصندوقي عن طريق الحاسوب.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تشغّل البرنامج بلغة المخطط الصندوقي وتعرّف على العناصر الداخلية للبرمجة.

متطلبات تنفيذ التمرين

العُدَد اليدوية والتجهيزات	المواد الأولية
– صندوق عُدَّد كهربائية. – وحدة (PLC LOGO8) 230RCE. – حاسوب يحوي البرنامج الخاص بنظام البرمجة. – مصدر تغذية (230v AC/50Hz).	– كبل إيثرنت.

خطوات الأداء مع الرسوم التوضيحية

بعد تنفيذ إجراءات السلامة العامة بإشراف المعلم:

1 - شغّل الحاسوب (**PC**)، متأكدًا من وجود البرنامج الخاص في البرمجة.

2 - شغّل البرنامج من قائمة (ابدأ) في جهاز الحاسوب بضغط مفتاح الفأرة الأيسر بعد اختيار أيقونة البرنامج (**Logo Soft Comfort V8**).

3 - اضغط (**File**) من شريط المهام العلوي، سيظهر لك شريط مهمات جديدة.

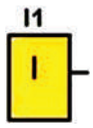
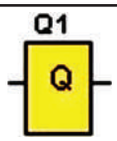
4 - اضغط (**New**) لفتح برنامج جديد، سيظهر لك عدة خيارات، اختر أيقونة (**FBD Diagram**) لبناء برنامج جديد بلغة (المخطط الصندوقي).

تذكّر

تستخدم أيقونة (**File**) ثم (**Open**)، لفتح برنامج خُزِّن مسبقًا.

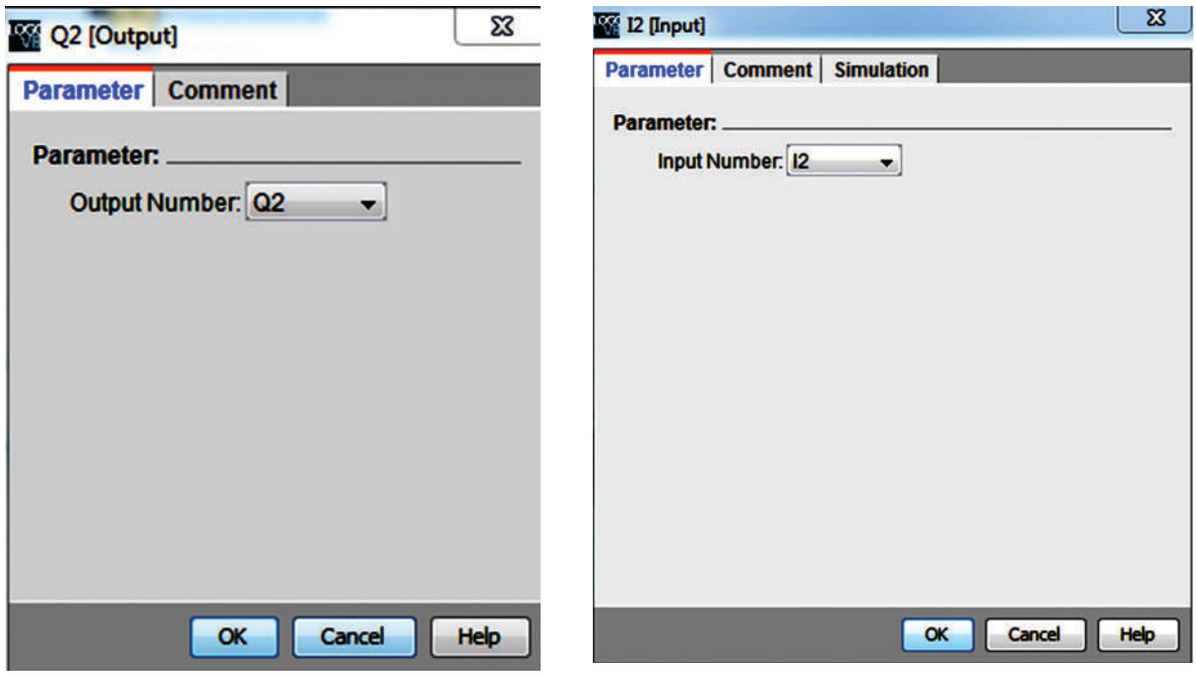
5 - بعد أن يفتح البرنامج على صفحة العمل بلغة المخطط الصندوقي، هناك أوامر عدة مهمة للتحكم في تطبيقات البرنامج كما ذكر سابقًا، ولكن تختلف أشكال الأوامر في بعض الحالات كما في الجدول (6-7).

الجدول (6-7): بعض الأوامر المهمة في المخطط الصندوقي.

	(Input) اختيار أيقونة المفاتيح وتحديد مهام العمل **Make Momentry PushButton** **Break Momentry PushButton** **Switch**
	(Output) تحديد حالة المخرج.
	(AND) بناء دارة التوالي.
	(OR) بناء دارة التوازي.

تذكَّر

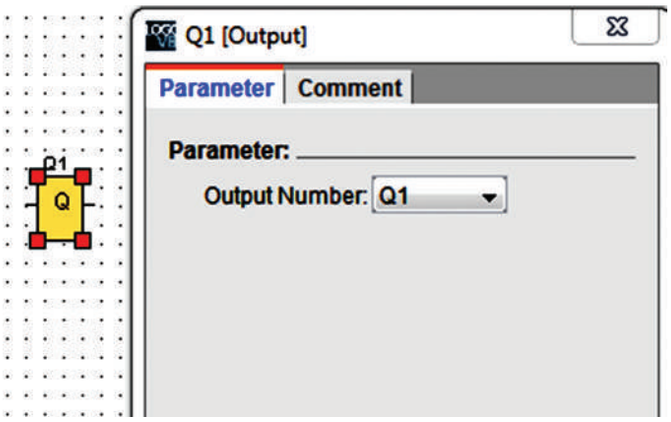
عند اختيار الأيقونة داخل البرنامج، اضغطها مرتين بمفتاح الفأرة الأيسر، لتفتح أيقونة تحديد المهام لهذه الأيقونة كما في الشكل (6-29).



الشكل (6-29): صفحة تحديد المهام.

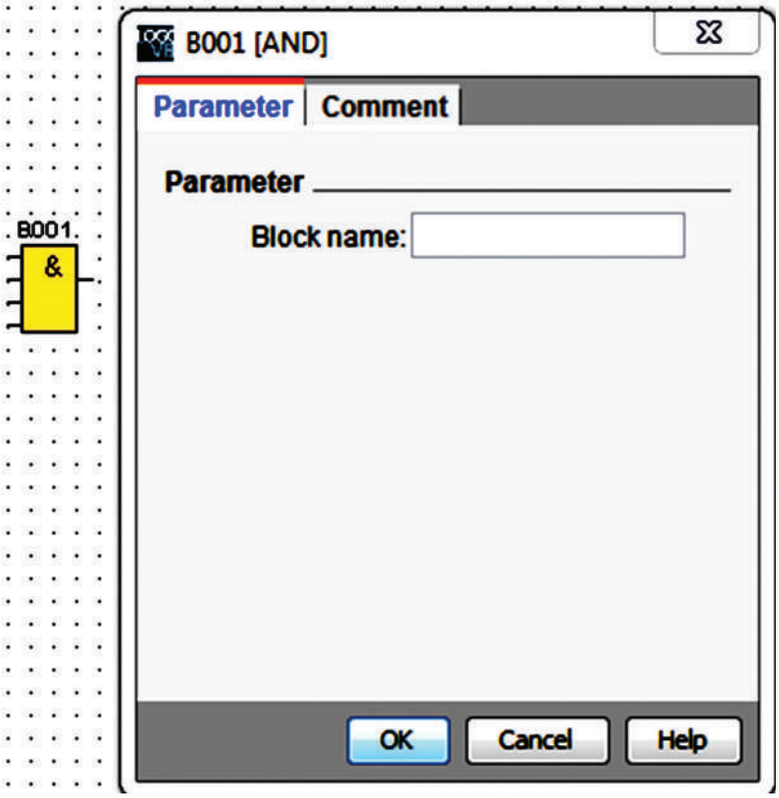
6 - لتخزين البرنامج الجديد، اضغط (**File / Save As**)، ومن ثَمَّ، حدد اسم الملف وموقع التخزين.

7 - اختر (**Output**)، وحدد العنوان (**Q1**)، كما في الشكل (1).



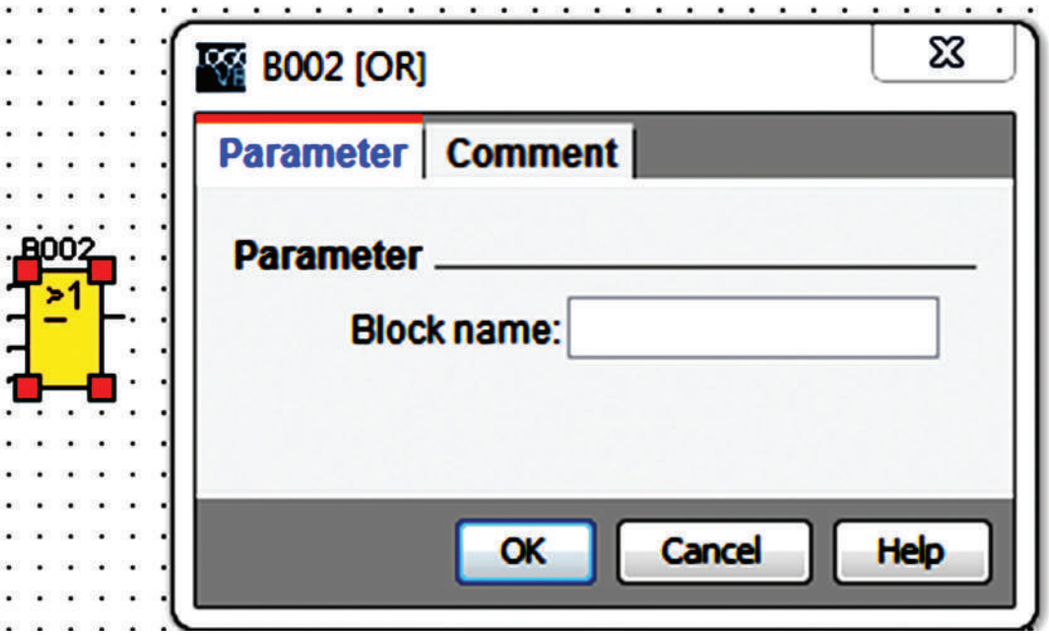
الشكل (1).

8 - اختر (**AND**)، وحدد العنوان **B001**، كما في الشكل (2).



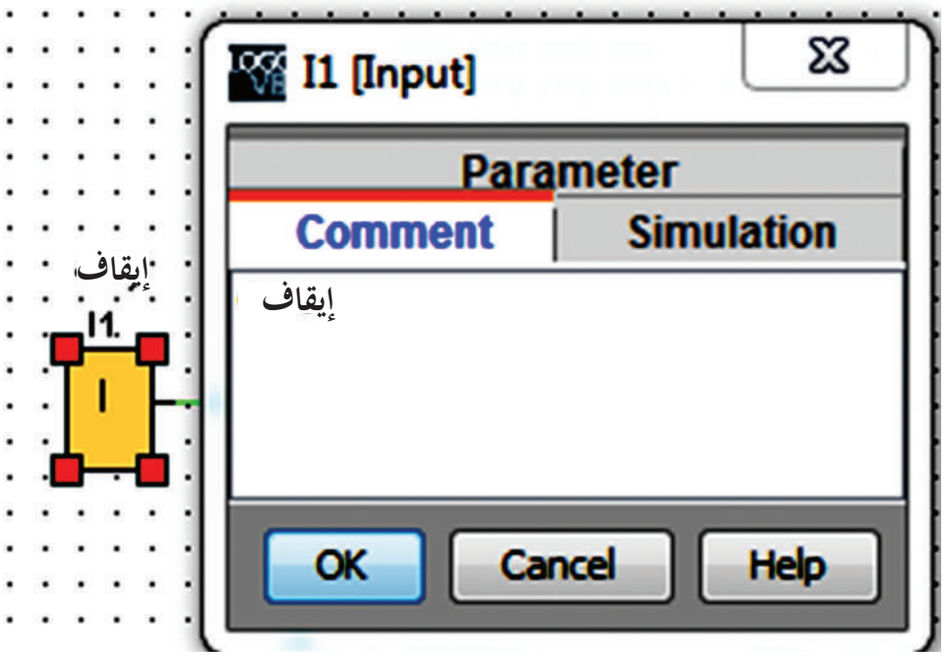
الشكل (2).

9 - اختر (**OR**)، وحدد العنوان (**B002**)، كما في الشكل (3).



الشكل (3).

10 - اختر (**input**)، وحدد العنوان (**I1**)، ونوعية الاستخدام (**Break**)؛ لفصِل الدارة (إيقاف)، كما في الشكل (4).

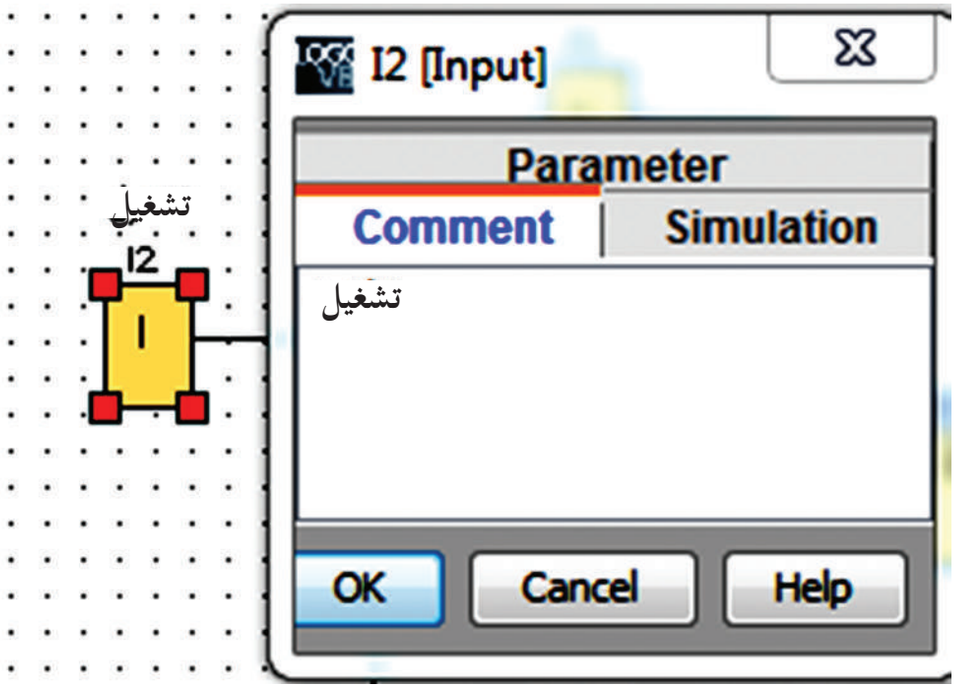


الشكل (4)

11 - اختر (**Input**) أخرى، وحدد العنوان (I2) ونوعية الاستخدام (**Make**)؛ لتشغيل الدارة.

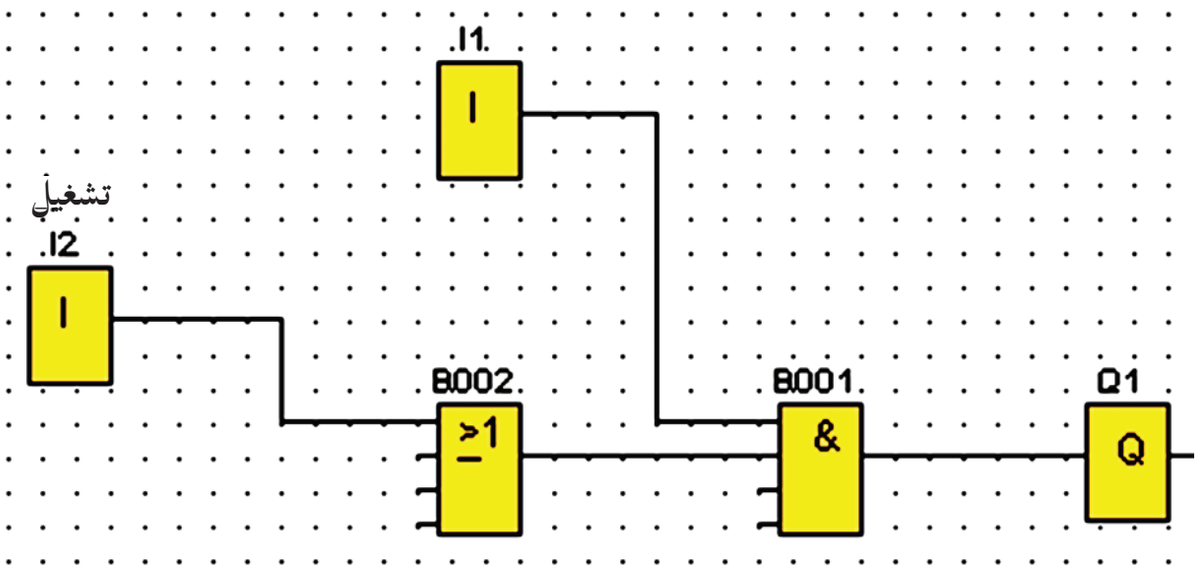
تذكَّر

يحدّد اسم العنصر من (**Comment**) كما في الشكل (5).



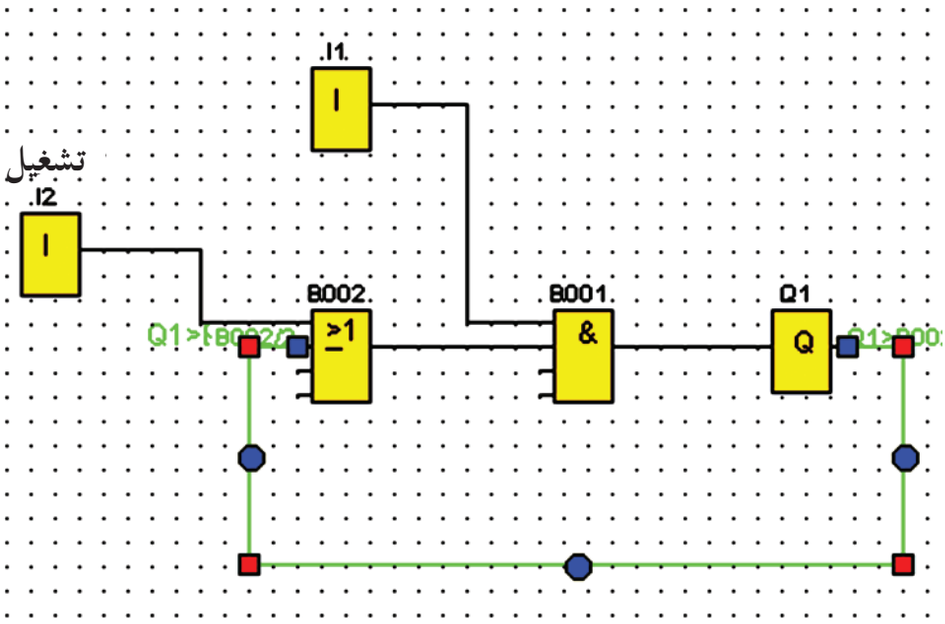
الشكل (5).

12 - اضغط أيقونة (الأسهم)، وصِل بين المصدر والعناصر بحسب المخطط، كما في الشكل (6).



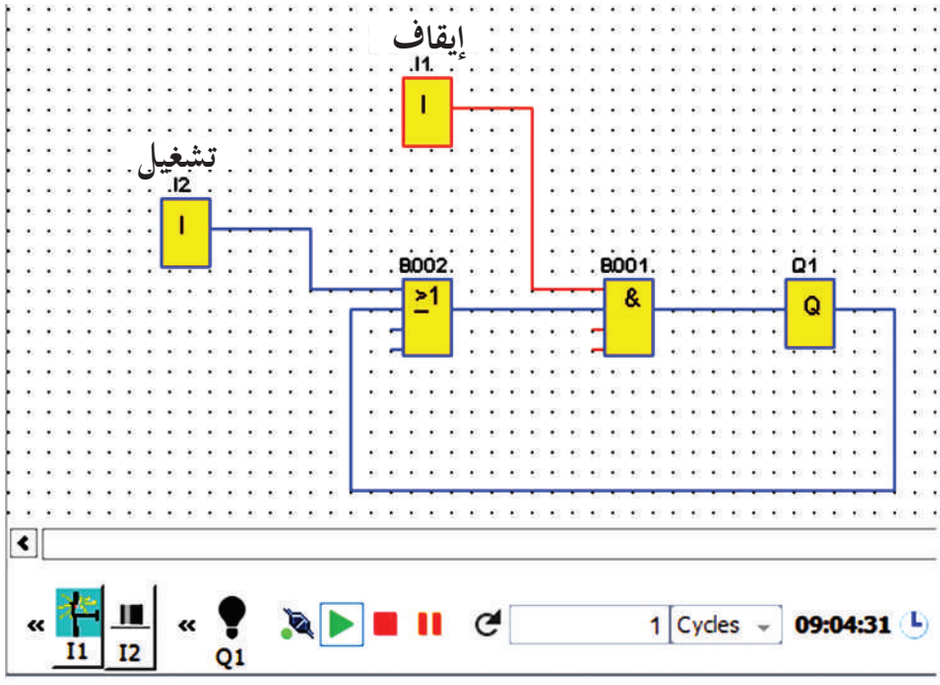
الشكل (6).

13 – لعمل استمرارية للمخرج (**Q1**)، وصِّل خطًّا بين مخرج (**Q1**) وأحد مداخل دارة (**OR**)، كما في الشكل (7).



الشكل (7).

14 - اضغط (**sim**)، يظهر لك عمل البرنامج بطريقة المحاكاة، ثم شغّل البرنامج، متأكدًا من صحة العمل، كما في الشكل (8).

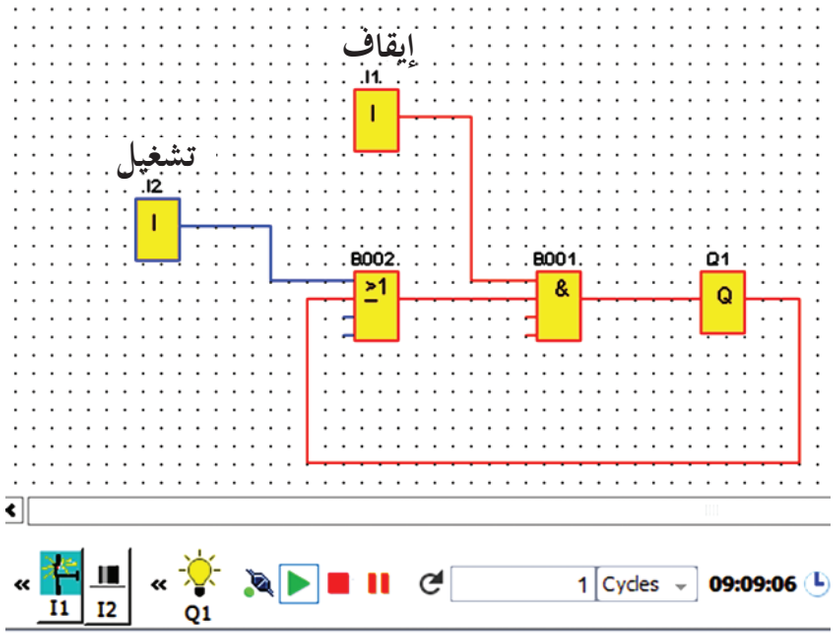


الشكل (8).

15 - اضغط أيقونة (I2) لتشغيل الدارة بطريقة المحاكاة، متأكدًا من صحة عمل النظام.

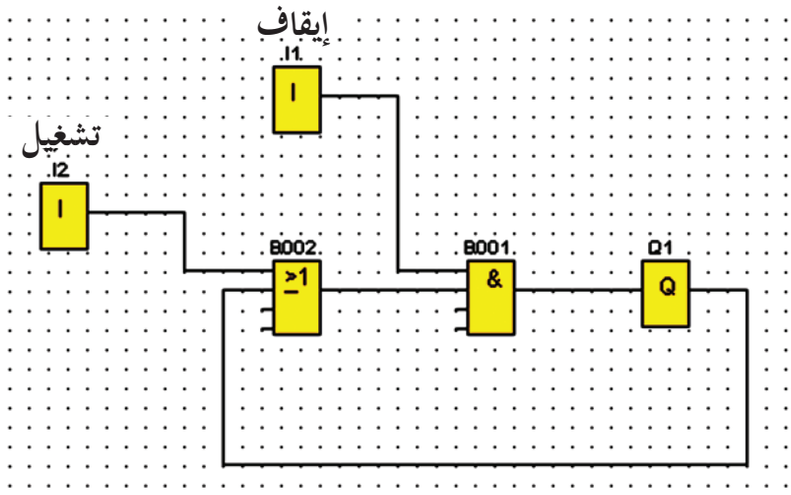
تذكَّر

تستخدم الأيقونة (I1) لفصل الدارة، كما في الشكل (9).



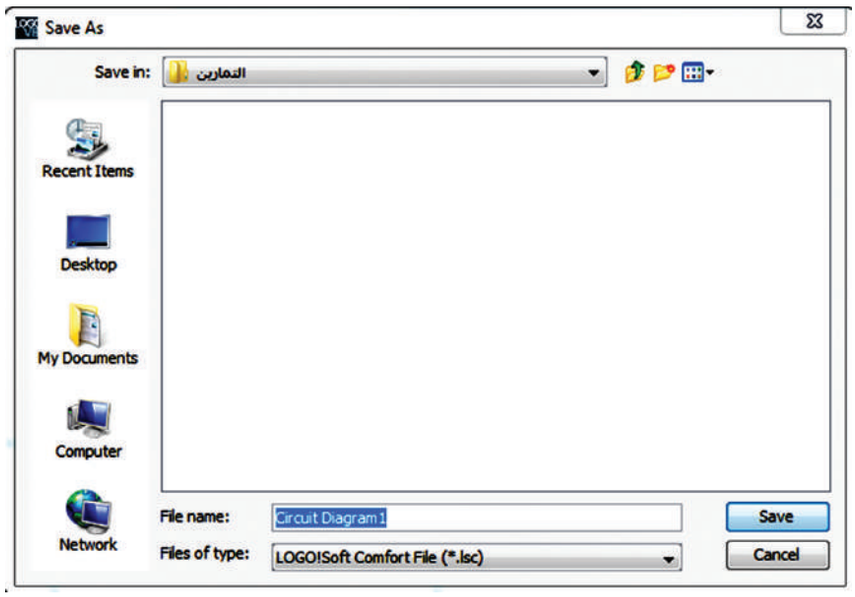
الشكل (9).

16 - اضغط (Sim) مرة أخرى للخروج من حالة المحاكاة، كما في الشكل (10).



الشكل (10).

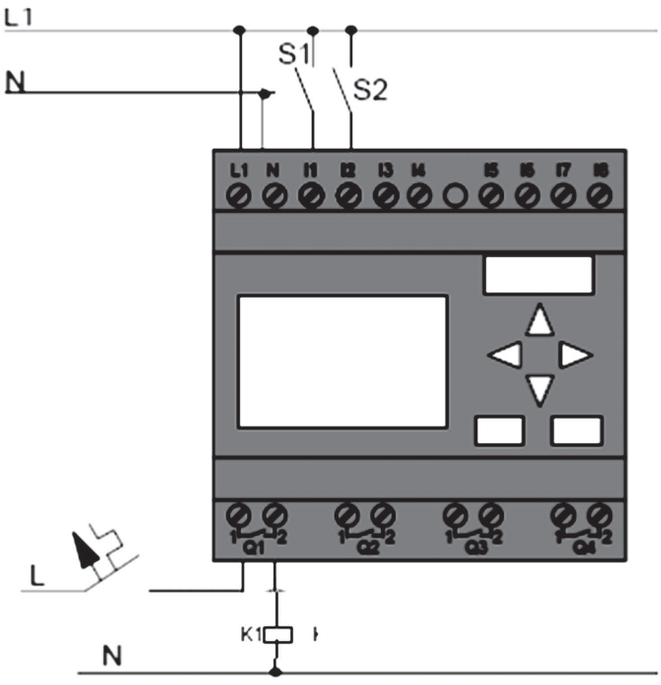
17 - احفظ البرنامج وحدد اسمه وموضع التخزين بأيقونة (**Save AS**)، كما في الشكل (11).



الشكل (11).

18 - افصل التيار الكهربائي بإشراف المعلم.

19 - صِل أسلاك التوصيل بعناصر الدارة الكهربائية بحسب الشكل المجاور، مراعيًا التمييز بين نقاط توصيل المصدر الكهربائي لوحدة (**PLC**) وأطراف المداخل والمخارج، كما في الشكل (12).



الشكل (12).

20 - صِل كبل التواصل بين الحاسوب و(**PLC**).

21 - صِل مصدر التيار الكهربائي بإشراف المعلم.

22 - عرّف جهاز (**PLC**) على الحاسوب باستعمال أنظمة البرمجة المناسبة.

23 - حمّل المخطط السلمي السابق على وحدة (**PLC**)، متأكدًا من صحة عمل التمرين.

24 - افصل مصدر التيار الكهربائي، وفكك عناصر التمرين، ورتب المواد والعدد في أماكنها اللازمة.

25 - اكتب تقريرًا عن برنامج العمل في دفتر الرسم العملي.

تذكَّر

يمكن برمجة المخطط الصندوقي باستعمال البرمجة اليدوية دون استخدام الحاسوب كما يأتي في التمرين الثاني، والتطبيق على **Plc logo v7.**

التمارين العملية

التمرين (6-8)

التحكم في إضاءة مصباح باستخدام نظام التحكم المنطقي المبرمج، باستخدام ضاغط إيقاف وضاغط تشغيل مع استمرار العمل باستخدام ملمس داخلي، باستخدام المخطط الصندوقي، والبرمجة اليدوية.

يُتوقّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تنفذ دارة التحكم في إضاءة مصباح باستخدام نظام التحكم المنطقي المبرمج، باستخدام ضاغط إيقاف وضاغط تشغيل مع استمرار العمل باستخدام ملمس داخلي؛ وذلك باستخدام المخطط الصندوقي، والبرمجة اليدوية للنظام دون الحاسوب.

متطلبات تنفيذ التمرين

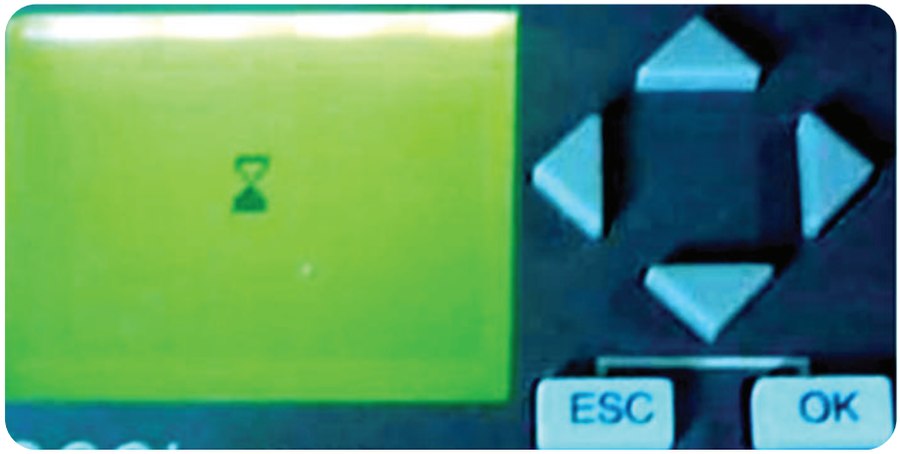
العُدَد اليدوية والتجهيزات

- صندوق عُدَّد كهربائية.
- وحدة (Plc logo v7).
- مصدر تغذية (230V AC/50Hz).

المواد الأولية

- قاطع (MCB) أحادي الطور (6A).
- قاعدة مصباح (E27).
- مصباح (7W- LED).
- أسلاك توصيل ($1mm^2$).
- ضاغط تشغيل (NO).
- ضاغط إيقاف (NC).

1 -وصِّل الجهاز بالمصدر الكهربائي لتجهيز البرنامج للعمل، كما في الشكل (1).



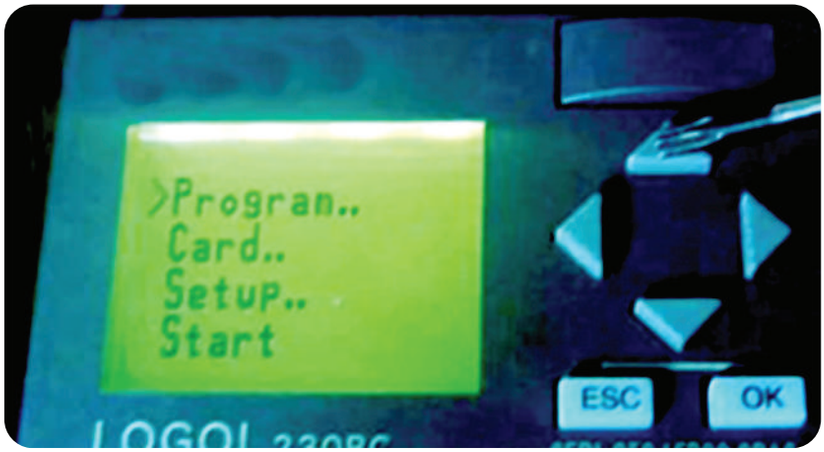
الشكل (1).

2 - ستظهر رسالة توضح أن الجهاز لا يحتوي برنامجًا، ثم اضغط (**ESC**) للانتقال إلى القائمة الرئيسة المكونة من أربعة خيارات، كما في الشكل (2).

الشكل (2).

3 - يمكن التنقل بين الخيارات الأربعة بالأسهم العليا والسفلى:

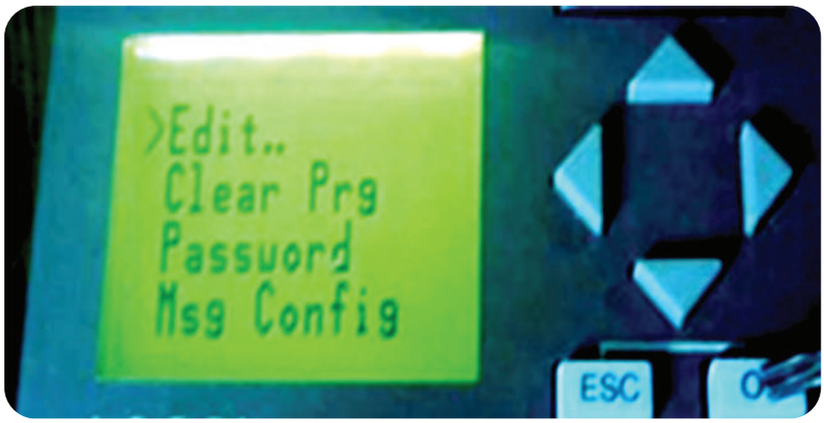
- الخيار الأول قائمة البرمجة (**Program**).
- الخيار الثاني قائمة التواصل (**Card**).
- الخيار الثالث قائمة الإعدادات (**Setup**).
- الخيار الرابع قائمة تشغيل البرنامج بعد تجهيزه (**Start**)، كما في الشكل (3).



الشكل (3).

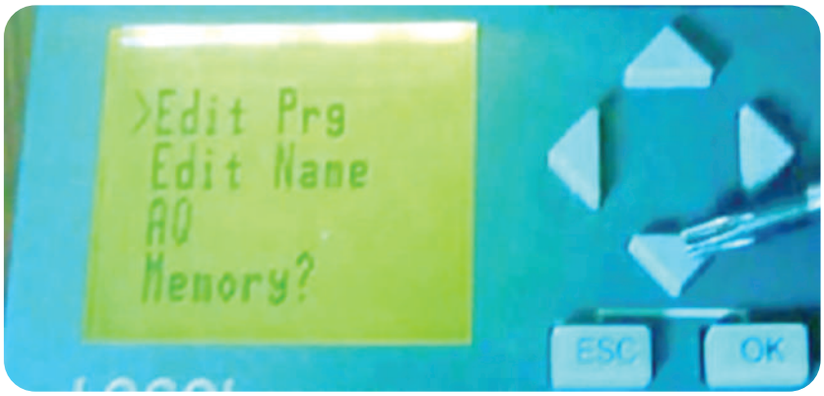
4 - اضغط (**OK**) للدخول إلى قائمة (**Program**)، فيظهر أربعة خيارات جديدة، كما يأتي:

- (**Edit**) لإضافة برنامج.
- (**Clear**) مسح البرنامج المخزن سابقًا.
- (**Paword**) لإدخال رقم سري .
- (**Msg**) إعداد الرسائل، كما في الشكل (4).



الشكل (4).

5 - حرك بالسهم إلى (**Edit**) ثم اضغط (**OK**)، لتدخل قائمة جديدة واختر منها (**Edit Prg**) لإضافة برنامج جديد وكتابته، كما في الشكل (5).

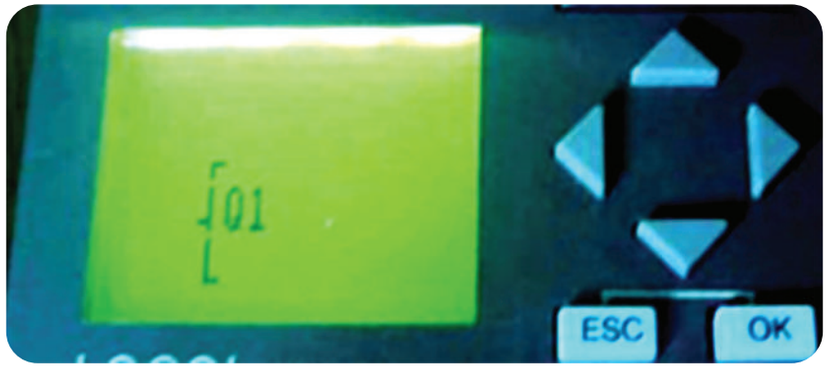


الشكل (5).

6 - بعد وضع المؤشر على (**Edit**) ، اضغط (**OK**) فيظهر (**Q1**)، وهو أول ريليه للمخرج الذي ستنفذه، إذ رسمت كما ذُكر سابقًا من النهاية إلى البداية.

تذكَّر

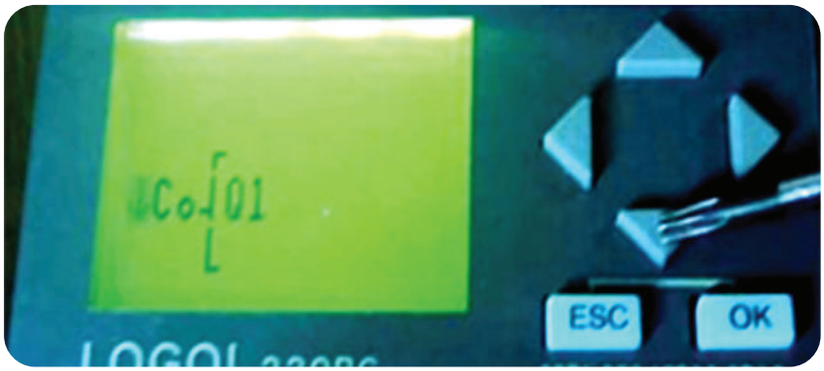
يمكن تغيير عناصر القائمة بالأسهم العليا والسفلى، كما في الشكل (6).



الشكل (6).

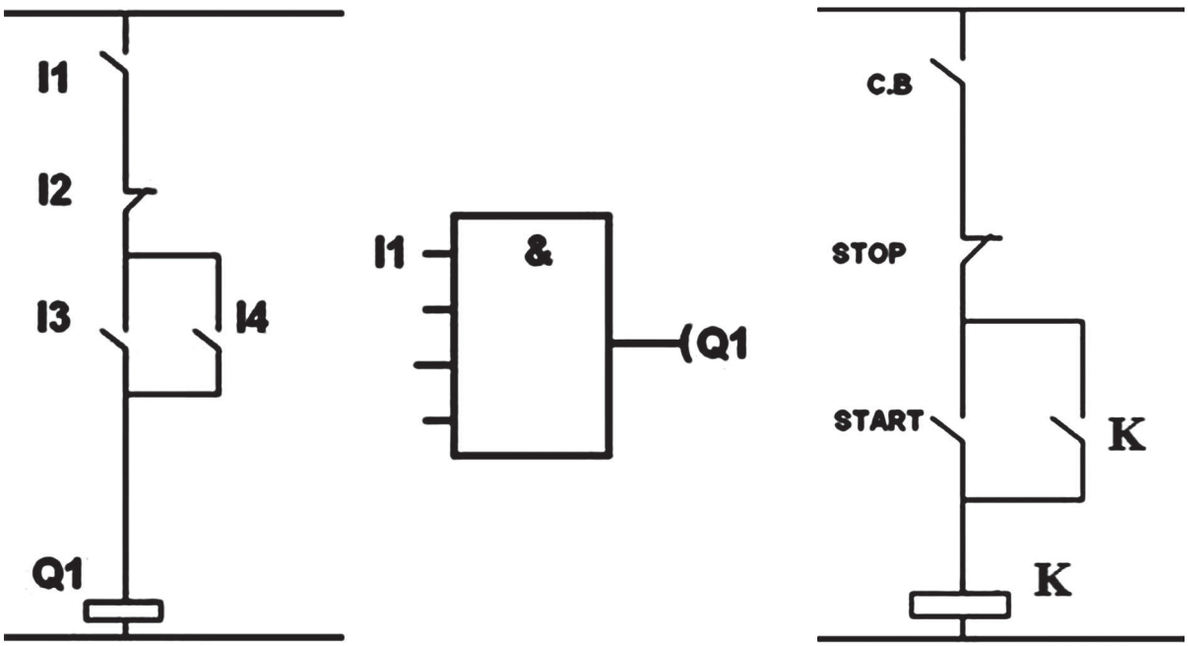
7 - لاختيار (Q1) وتثبيته، اضغط (OK) فينتقل المؤشر إلى أول إدخال بالأسهم العليا والسفلى، يمكن تغيير نوع الإدخال بحسب القائمة المطلوبة، كما يأتي:

- (GF) الصناديق الرئيسة، مثل (AND) و (OR).
- (SF) الصناديق الخاصة مثل المؤقتات.
- (CO) الإدخالات والثوابت، مثل (I2/I1)، كما في الشكل (7).



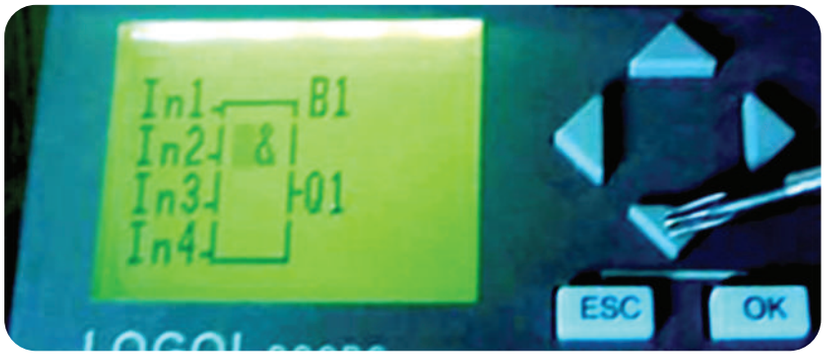
الشكل (7).

والشكل (8) يوضح كيفية تمثيل هذه الدارة.



الشكل (8).

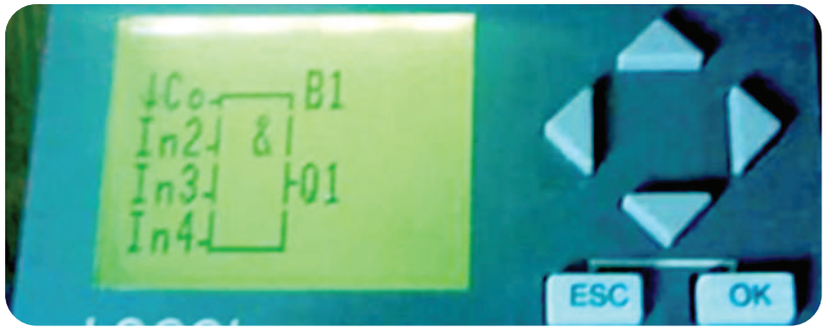
8 -وبسبب وجود أول دارة في المخطط، هي دارة (**AND**) اختر (**GF**) ثم اضغط (**OK**).
أول دارة تظهر (**AND**)، ويمكن تغييرها من الأسهم العليا والسفلى، اختر (**AND**)، ثم اضغط (**OK**)، فتظهر المدخلات على هذه الأيقونة، كما في الشكل (9).



الشكل (9).

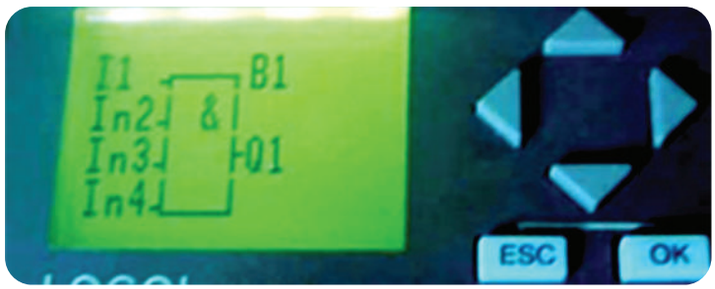
9 -اختر الإدخال الأول، محددًا المطلوب بالأسهم العليا والسفلى واختر (**CO**)، ثم اضغط (**OK**) لاختيار الثوابت مثل (**I1**)، كما في الشكل (10/أ) والشكل (10/ب).

الشكل (10/أ).



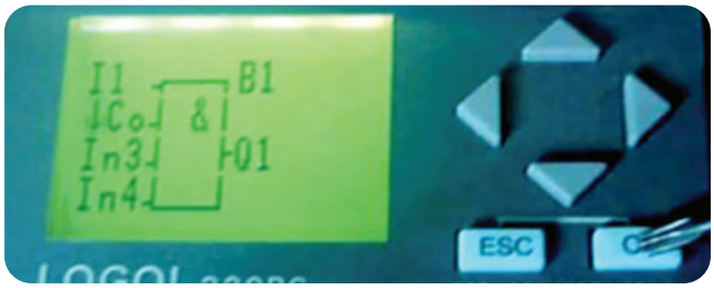
الشكل (10/ب).

10 - اختر (I1) ثم اضغط (OK) حيث إن (I1) يمثل القاطع الكهربائي داخل المخطط (CB)، بعد ضغط (OK) يثبت البرنامج (I1) وينتقل تلقائيًّا إلى الإدخال (I2)، كما في الشكل (11).



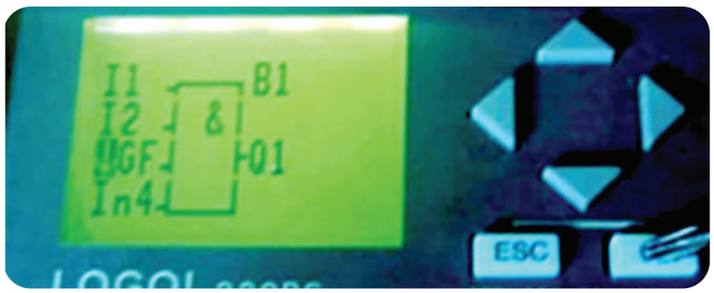
الشكل (11).

11 - كرر العملية السابقة لاختيار (I2) الذي يمثل ضاغط الإيقاف، ثم ينزل المؤشر تلقائيًّا لاختيار الإدخال الثالث الذي سيمثل دارة (OR)، كما في الشكل (12).



الشكل (12).

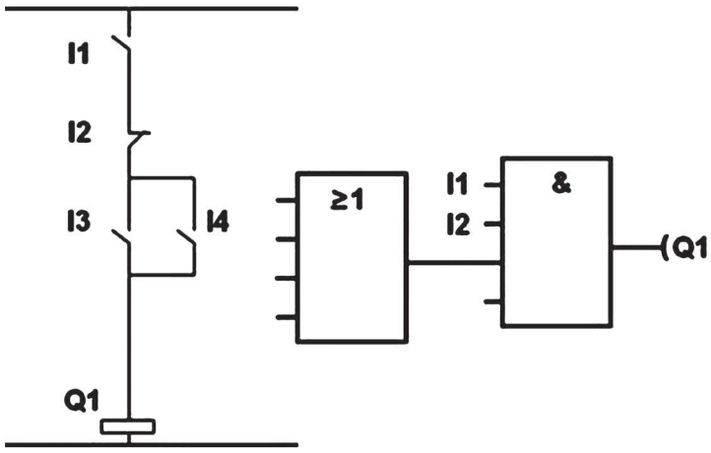
12 - غيّر بالسهم الأسفل لاختيار قائمة (GF)، ثم اضغط (OK)، فيظهر اسم جديد للصندوق (B2) التي تمثل الدارة الجديدة، اختر دارة (OR) بالسهم السفلي، كما في الشكلين (13/أ) و(13/ب).



الشكل (13/أ).

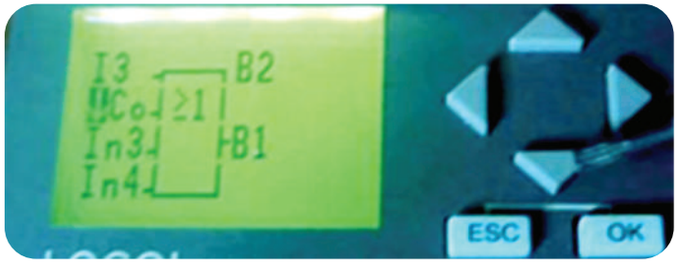
الشكل (13/ب).

13 - اختر (I3) الذي يمثل ضاغط التشغيل، ثم اختر بعدها (I4) الذي يمثل الملمس المساعد الخارجي للكونتاكتور، كما في الأشكال (14/أ) و(14/ب) و (14/جـ).



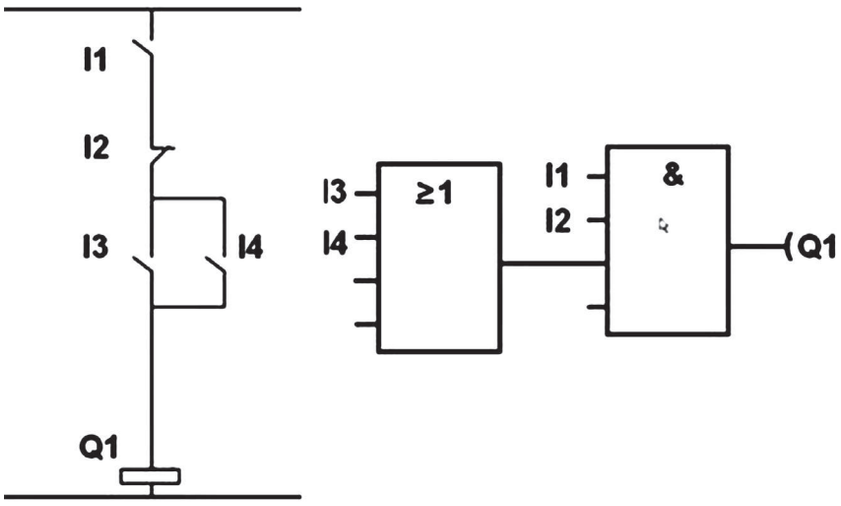
الشكل (14/أ).

الشكل (14/ب).

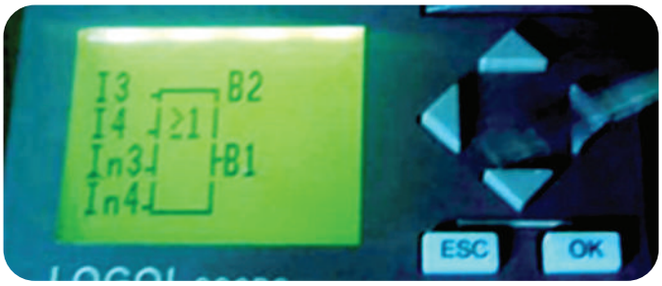


الشكل (14/جـ).

14 - هنا يصبح (I3) و (I4) على التوازي بسبب وجود دارة (OR)، كما في الشكلين (15/أ) و(15/ب) .



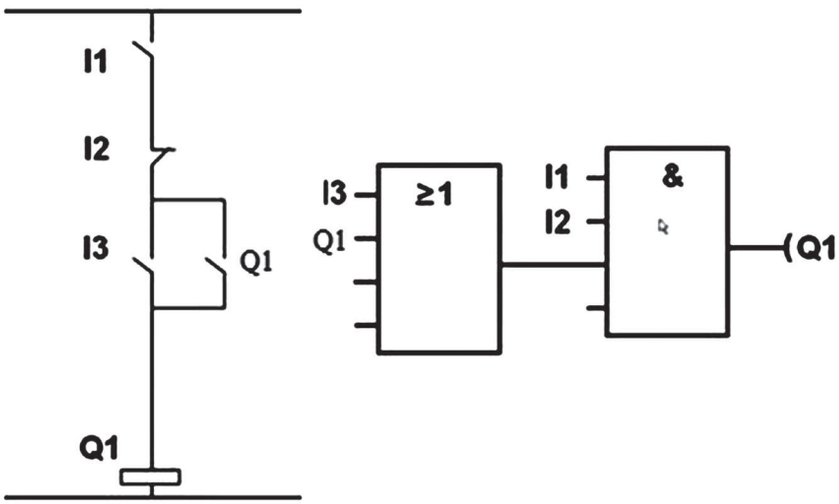
الشكل (15/أ).



الشكل (15/ب).

تذكّر

يمكن إدخال أمر الإدخال الرابع عن طريق ملمس الكونتاكتور المفتوح مثل (13-14)، أو تغيير تسمية (I4) إلى اسم المخرج الأصلي نفسه (Q1)، من قائمة (CO)، وهنا يصبح الملمس داخل البرمجة ولا يحتاج إلى ملمس خارجي في النظام، كما في الشكلين (16/أ) و (16/ب).

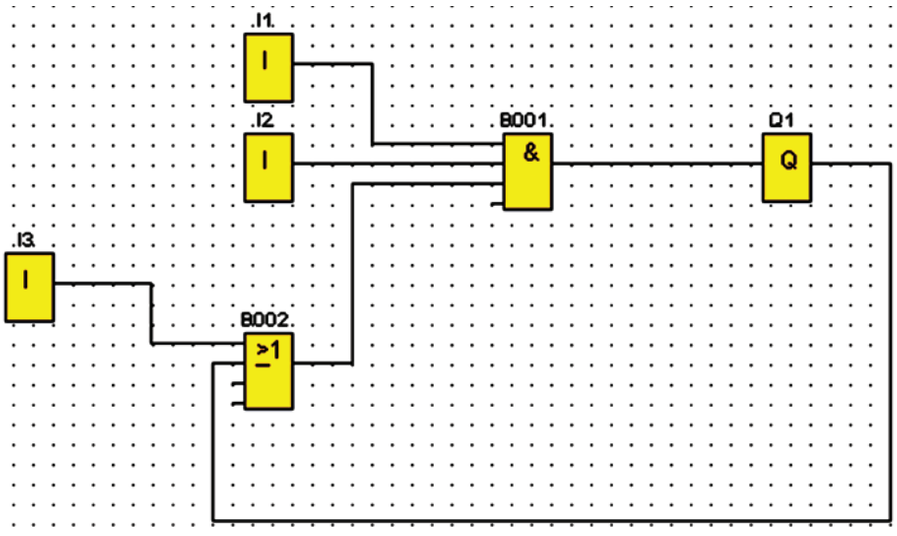


الشكل (16/أ).

الشكل (16/ب).

تذكَّر

في حالة الرسم الصندوقي على الحاسوب، تضمن استمرارية عمل النظام من مخرج (**Q1**) نفسه، كما في الشكل (17).



الشكل (17).

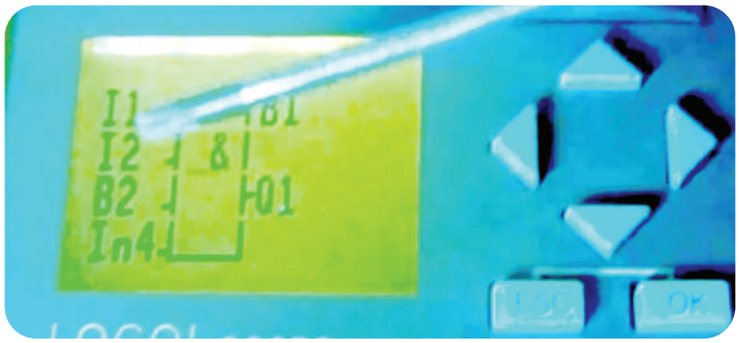
تذكَّر

في حالة الرسم الصندوقي اليدوي، تضمن استمرارية عمل النظام ، بتسمية أحد مداخل دارة (**OR**) اسم الكونتاكتور نفسه، كما في الشكل (17).

15 - تصبح دارة (**OR**) مرتبطة على التوالي مع بالدارة.

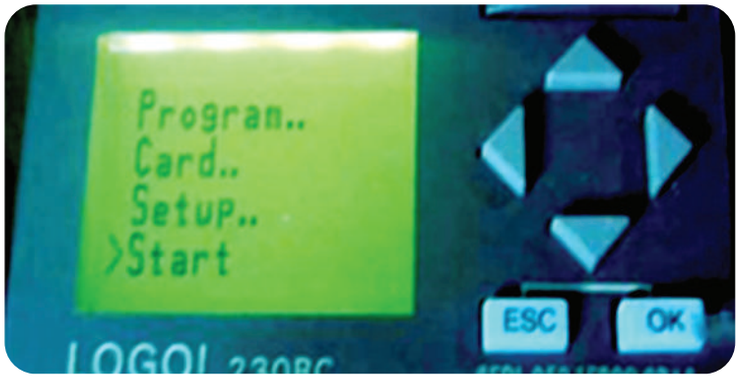
16 - عند ضغط (**ESC**)، يكتمل البرنامج.

17 - عند ضغط السهمين الأيمن والأيسر، يمكن دخول مدخلات الدارة، وهذا الضغط يبين أن دارة (**B2**) التي تمثل دارة (**OR**) مرتبطة على التوالي بـ (**I1، I2**)، كما في الشكل (18) ودارة (مرتبطة بالإخراج (**Q1**).



الشكل (18).

18 - اضغط (**ESC**) حتى تظهر القائمة الرئيسة، ثم اختر (**Start**) لتفعيل البرنامج، كما في الشكل (19).



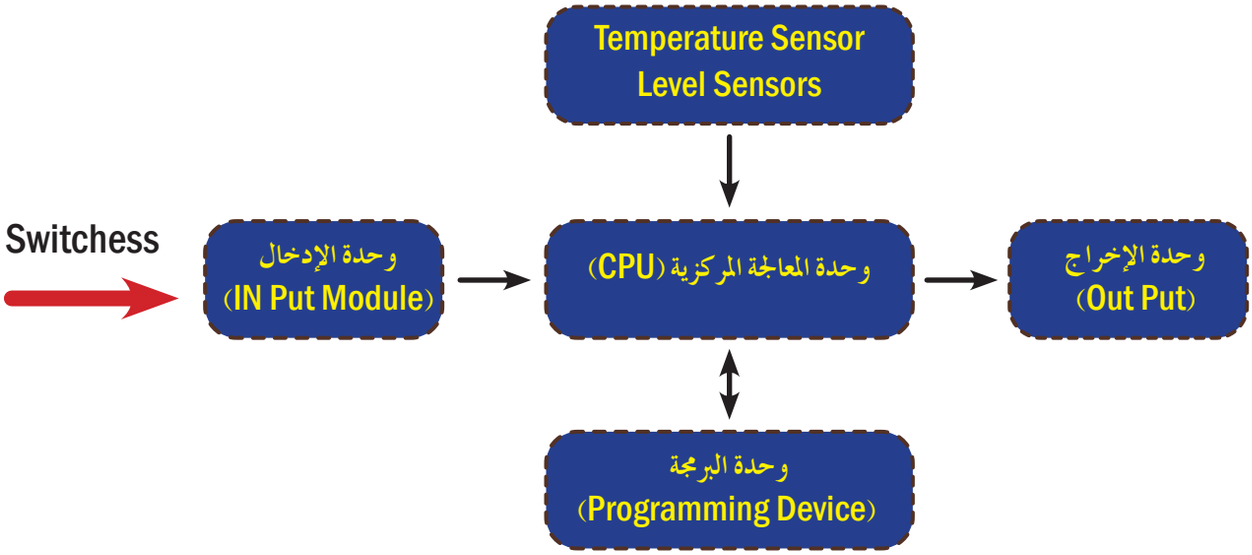
الشكل (19).

تذكَّر

يوجد داخل وحدة البرمجة ساعة توقيت داخلية، يمكن ضبطها بحسب الوقت المطلوب، كما في الشكل (20).

الشكل (20).

الخرائط المفاهيمية



أسئلة الوحدة

القياس والتقويم

1 - اذكر خمسًا من مزايا الحاكم المنطقي المبرمج (**PLC**).

2 - ما مكونات الحاكم المنطقي المبرمج؟

3 – اذكر ثلاثة من المداخل الرقمية لأنظمة (**PLC**).

4 - اذكر ثلاثة من المخارج الرقمية لأنظمة (**PLC**).

5 – اذكر ثلاثة من المداخل التماثلية لأنظمة (**PLC**).

6 - اذكر قواعد رسم المخططات السلمية.

7 - ما الفرق بين الحالة (**make**) والحالة (**Break**) لأحد المداخل الرقمية في المخطط السلمي؟

8 - ما الفرق بين المدخلين الرقمي والتماثلي؟

9 - ما المقصود بوحدة المشغل لواجهة استعمال الآلة (**HMI**)؟

10 - عرف الأوردوينو.

11 - ضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة في ما يأتي:

(1) الرمز الآتي (⊣⊢ I1) في المخطط السلمي لجهاز **PLC** يدل على:

أ- تماس مفتوح ب- تماس مغلق جـ- ريليه د- وحدات إخراج

(2) الرمز الآتي (-( )-) في المخطط السلمي لجهاز **PLC** يدل على:

أ- تماس مفتوح ب- تماس مغلق جـ- وحدة إدخال د- وحدة إخراج

(3) جدول الحقيقة في الشكل الآتي يدل على بوابة:

0	0	0
1	0	0
0	1	0
1	1	1

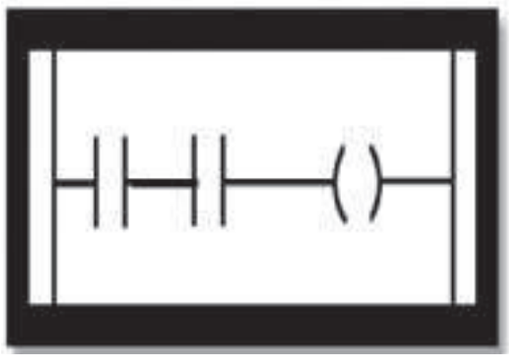
أ- **OR** ب- **AND** جـ- **NOT** د- **NAND**

(4)- جدول الحقيقة في الشكل الآتي يدل على بوابة:

0	0	0
1	0	1
0	1	1
1	1	1

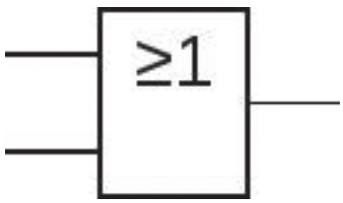
أ- **OR** ب- **AND** جـ- **NOT** د- **NAND**

(5) الشكل الآتي يدل على بوابة:



أ- OR ب- AND جـ- NOT د- NAND

(6) الشكل الآتي يدل على بوابة:



أ- OR ب- AND جـ- NOT د- NAND

مسرد المصطلحات	
Air circuit breaker	القواطع الهوائية
Analog inputs	مداخل تماثلية
Analog outputs	مخارج تماثلية
Arc welding	نظام اللحام بالقوس الكهربائية
Arduino	وحدة البرمجة الإلكترونية (الأوردوينو)
Auxiliary contacts	ملمس مساعدة
Bar type current transformer	محول التيار القضبان
Bush button (n c)	ضاغط مغلق
Bush button (no)	ضاغط مفتوح
Cable gland	مربط مدخل الأكبال
Cable lugs	رأسيات الأكبال
Capacitive proximity sensor	المجسات التقاربية السعوية
Circuit breakers	القواطع الكهربائية
Clear	مسح
Coil	ملف
Comment	تعليق
Contact normally close	ملمس مغلق في الوضع الطبيعي
Cooling	تبريد
Core type	النوع المركزي
Cupper losses	المفاقيد النحاسية
Current transformer	محول التيار
Digital inputs	مداخل رقمية

Digital outputs	مخارج رقمية
double throw ,Dpdt double pole	ثنائي القطب – ثنائي الرمية
single throw Dpst double pole,	ثنائي القطب – أحادي الرمية
Drum switches	المفاتيح اليدوية الدوارة
Eddy current	تيارات الدوامية
Edit	إضافة
Efficiency	كفاءة
Electric arc furnace	فرن القوس الكهربائية
Electric welding transformers	محولات اللحام الكهربائي
Emergency stop	ضاغط إيقاف حالة الطوارئ
Flag- m	إشارات برمجية خاصة
Flashing timer twin timer	المؤقت الرعاش
Flat cables	أكبال مسطحة
Float switch	مفتاح الطفو (العوامة)
Foot switch	مفاتيح القدم
Function block diagram (fbd)	مخطط صندوقي وظيفي
Fuses	المصهرات
Heat shrink tubing	عوازل حرارية للأسلاك (أنابيب الانكماش الحراري)
High frequency transformers	محولات التردد العالي
Human-machine interface (hmi)	واجهة استعمال الآلة
Indicator lamp	مصابيح البيان
Inductive proximity sensor	المجسات التقاربية الحثية
Industrial timers	المؤقتات الصناعية
Input module	وحدة الإدخال

Input module	وحدة الإدخال
Input scan	فحص حالة المداخل
Insert comment	إدراج تعليق
Instruction	تعليمات
Instrument transformer	محولات القياس
Iron core	القلب الحديدي
Iron losess	مفاقيد حديدية
Iron losses	المفاقيد الحديدية
Ladder logic diagram	مخطط السلم المنطقي
Light emitting diode(led)	ثنائي باعث للضوء
Limit switche	مفتاح حدي
Logic	منطق
Logic gates	البوابات المنطقية
Loop	حلقة
Loss	مفاقيد
Low level protection device	جهاز حماية انخفاض المستوى
Magnetic	مغناطيسي
Main circuit breaker	القاطع الرئيس
Main contacts	ملمس رئيسة
Main power supply	التغذية الرئيسة
Manual motor starters	قاطع تشغيل المحركات اليدوي
Memory unit	وحدة التخزين (الذاكرة)
Miniature circuit breaker	القواطع الصغيرة المَنمَنَمة
Nameplate	لوحة اسمية
Negative temperature coefficient	معامل حراري السالب

Normally closed contacts	الملامس المغلقة
Normally open contact	ملمس مفتوح فى الوضع الطبيعي
Normally open contacts	الملامس المفتوحة
Off delay timer	مؤقت تأخير الفصل
On delay timer	مؤقت تأخير الوصل
On line test	اختبار عبر الإنترنت
Operator unit	وحدة المشغّل
Output module	وحدة الإخراج
Output module	وحدة الإخراج
Overload	زيادة الحمل
Personal computer	الحاسوب الشخصي
Photo electric sensor	المجسات الكهروضوئية
Pole	قطب
Positive temperature coefficient	معامل حراري الموجب
Power supply	مزود الطاقة (مصدر تغذية كهربائي)
Power transformer	محولات القدرة
Primary winding	الملف الابتدائي
Programmable board	لوحة قابلة للبرمجة
Programmable timer	المؤقتات المبرمجة
Programming device	جهاز البرمجة
Programming device	جهاز البرمجة
Protection phase failure	جهاز الحماية من انقطاع الطور
Protection sequence phase	مرحل حماية توافق الفازات
Proximity sensors	المجسات التقاربية
Rack	(رف) حامل

Random accesss memory(ram)	الذاكرة العشوائية
Read only memory(rom)	ذاكرة للقراءة فقط
Relay	مرحل الكهرومغناطيسي (الريليه)
Relay coil	ملف المرحل(الريليه)
Reset	إعادة تجهيز
Scanning	مسح
Secondary winding	الملف الثانوي
Selector switch	مفتاح اختيار
Selector switch 2 position	مفتاح اختيار ذو موضعين (1-0)
Selector switch 3 positions	مفتاح اختيار ذو ثلاثة مواضع (1-0-2)
Separate modules	وحدة منفصلة (مستقلة)
Setup	إعداد النظام
Shell type	النوع الهيكلي
Short circuit	دارة قصر
Short circuit current	تيار قصر
Single box	صندوق واحد
Single phase	أحادي الطور
phase welding transformers Single	محولات اللحام أحادية الطور
Software	بر مجيات
Solenoid valve switch	مفتاح التحكم في التدفق
Solid state relay	مرحل الحالة الصلبة (استاتي)
double throw ,Spdt single pole	أحادي القطب – ثنائي الرمية
Speed	سرعة
single throw ,Spst single pole	أحادي القطب – أحادي الرمية
delte timer–Star	مؤقت نجمة –مثلث

Step down transformer	محول خافض للفولتية
Step up transformer	محول رافع للفولتية
Switch device pressure	جهاز التحكم بالضغط
Symbols	الرموز
Test	اختبار
Thermal	حراري
Thermocouple	الازدواج الحراري
Three phase	ثلاثي الأطوار
Three phase welding transformers	محولات اللحام ثلاثية الأطوار
Timer 24 h	مؤقت زمني 24 ساعة
Transformer electrical	المحول الكهربائي
Transformer turn ratio	نسبة تحويل المحول
Transmeter sensor	مجس استشعار نقل الإشارة
Undo	إلغاء التحميل
Uninterruptible power supply	وحدة تغذية احتياطية
Up/down - counter	العداد التصاعدي والتنازلي
Voltage rating	الفولتية المقرر
Voltage transformer	محول فولتية
Welding spot	نظام اللحام بالصهر (لحام النقطة)
Window type current transformer	محول التيار ذو الحلقة النافذة
Wound type current transforme	محول التيار ذو الملفين

قائمة المراجع

المراجع العربية

1 – بولتون، **المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة (PLC) وتطبيقاتها الهندسية**، الطبعة الثانية، دار شعاع للنشر والعلوم، سوريا، 2003م.

2 – داخل حسن جريو، **هندسة التحكم الآلي، الطبعة الأولى**، دار دجلة ناشرون موزعون، بغداد، 2013م.

3 – عبد الله علي عبد الله، **أردوينو ببساطة**، القاهرة ، 2016م.

4 – وجيه عويس، **دوائر التحكم الآلي تصميم تنفيذ صيانة إصلاح، القاهرة** ، 2006م.

المراجع الأجنبية

1 -B.L.Theraga ,A.K.Theraga ,**A Textbook of Electrical Technology**, S. Chand and Company Ltd, India, 2008.

2- Richard A. Cox, **Technican's Guide to Programming Controllers**, Third Edition, Delmar Publisher, U.S.A, 1995

3- Terry Bartelt, **Industrial control Electronics:Device, Systems & Applications**, Third Edition, Thomson Delmar Learning,U.S.A,2006

4- W.Bolton, **Programmable Logic Controllers: An introduction**, Second Edition, Newnes Publisher, Great Britain 2001

تم بحمد الله تعالى