



إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكهرباء

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الثاني

الصف الثاني عشر

الفرع الصناعي



الكهرباء

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الثاني

الصف الثاني عشر

الفرع الصناعي

١٤٤٠هـ / ٢٠١٩م

ISBN-978-9957-84-383-0



9 789957 843830

مكتبة



إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكهرباء

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الثاني
الصف الثاني عشر
الفرع الصناعي

تأليف

سامر "محمد زياد" عارف الأحمد م. أحمد محمد منصور
م. معين رشيد عبد الله عيسى م. محمود سليمان التعمري

الناشر

وزارة التربية والتعليم
إدارة المناهج والكتب المدرسية

يسر إدارة المناهج والكتب المدرسية استقبال ملحوظاتكم وآرائكم على هذا الكتاب عن طريق العناوين الآتية:

هاتف: ٥-٨ / ٤٦١٧٣٠٤، فاكس: ٤٦٣٧٥٦٩ ص.ب: ١٩٣٠، الرمز البريدي: ١١١١٨

أو على البريد الإلكتروني: VocSubjects.Division@moe.gov.jo

قرّرت وزارة التربية والتعليم تدرّيس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم ٢٠١٣/٣٨، تاريخ ١٧/٦/٢٠١٣م، بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٣/٢٠١٤م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمّان - الأردن/ ص . ب : ١٩٣٠

www.moe.gov.jo

لجنة التوجيه والإشراف على التأليف

أ.د. محمد عبد الكريم عالية د. عبد الله ارشيد الزيود
م. عبد الله محمود الهور

التحرير العلمي : م. عبد الله محمود الهور
التحرير اللغوي : نضال أحمد موسى
التحرير الفني : نداء فؤاد أبو شنب
التصميم : فخري موسى الشبول
الرسوم : أحمد إبراهيم صبيح
الإنتاج : سليمان أحمد الخلايلة
دقق الطباعة وراجعها : م. باسل محمود غضية

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(٢٠١٢/٣/٩٦٥)
ISBN: 978-9957-84-383-0

٢٠١٣/٥١٤٣٤م
٢٠١٩-٢٠١٥م

الطبعة الأولى
أعيدت الطباعة

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع	
٧		المقدّمة
٨		إرشادات عامة
٩	المحولات الكهربائية	الوحدة الأولى
العلوم الصناعية الخاصة		
١١	المحول الكهربائي	أولاً
١٤	مبدأ عمل المحول الكهربائي	ثانياً
١٦	المحولات الرافعة والخافضة لل فولطية	ثالثاً
١٩	مقرر المحول ولوحة المحول الاسمية	رابعاً
٢٢	أنواع المحولات	خامساً
٣٤	مفايد القدرة في المحولات الكهربائية	سادساً
٣٥	كفاءة المحول	سابعاً
٣٧	أسئلة الوَحدة	
التدريب العملي		
٤٢	فك محول كهربائي أحادي الطور وإعادة تجميعه	تمرين (١-١)
٤٥	توصيل محول كهربائي أحادي الطور بحمل كهربائي	تمرين (٢-١)
٤٨	توصيل محول كهربائي ذاتي أحادي الطور بحمل كهربائي	تمرين (٣-١)
٥١	تشخيص أعطال المحولات الكهربائية الأحادية الطور وإصلاحها	تمرين (٤-١)
٥٦	توصيل محول كهربائي ثلاثي الطور بحمل كهربائي	تمرين (٥-١)
٥٩	دارات التحكم والحماية	الوحدة الثانية
العلوم الصناعية الخاصة		
٦١	المجسات والمفاتيح الكهربائية	أولاً
٦٩	أنظمة الحماية	ثانياً
٧٢	المصهرات	ثالثاً
٧٩	القواطع الكهربائية	رابعاً
٨٢	المرحلات الكهربائية	خامساً
٩٣	حماية المحركات الكهربائية	سادساً
٩٧	المفاتيح اليدوية لتشغيل المحركات الكهربائية	سابعاً

١٠٤	المفاتيح التلامسية	ثامناً
١٢٠	تطبيقات المفاتيح التلامسية	تاسعاً
١٣٧	تشخيص أعطال دارات التحكم في المحركات الكهربائية وصيانتها	عاشرًا
١٣٩	كبح المحركات الكهربائية	أحد عشر
١٤١	أسئلة الوحدة	
		التدريب العملي
١٤٦	تشغيل محرك أحادي الطور بوساطة مفتاح يدوي	تمرين (١-٢)
١٤٨	تشغيل محرك ثلاثي الطور بوساطة مفتاح يدوي	تمرين (٢-٢)
١٥١	تشغيل محرك أحادي الطور، وعكس اتجاه دورانه بوساطة مفتاح يدوي	تمرين (٣-٢)
١٥٣	تشغيل محرك ثلاثي الطور، وعكس اتجاه دورانه بوساطة مفتاح يدوي	تمرين (٤-٢)
١٥٧	تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين ملفوف بطريقة (دالندر) بوساطة مفتاح يدوي	تمرين (٥-٢)
١٦٠	تقويم محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) بوساطة مفتاح يدوي، وتشغيله	تمرين (٦-٢)
١٦٣	فك مفتاح تلامسي، وإعادة تركيبه	تمرين (٧-٢)
١٦٧	تشغيل محرك أحادي الطور بوساطة مفتاح تلامسي	تمرين (٨-٢)
١٧٠	تشغيل محرك ثلاثي الطور بوساطة مفتاح تلامسي	تمرين (٩-٢)
١٧٣	تشغيل محرك أحادي الطور، وعكس اتجاه دورانه بوساطة مفاتيح تلامسية	تمرين (١٠-٢)
١٧٦	تشغيل محرك ثلاثي الطور، وعكس اتجاه دورانه بوساطة مفاتيح تلامسية	تمرين (١١-٢)
١٧٩	تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين متناصفتين (دالندر) بوساطة مفاتيح تلامسية	تمرين (١٢-٢)
١٨٢	تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين غير متناصفتين بوساطة مفاتيح تلامسية	تمرين (١٣-٢)
١٨٥	تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) بوساطة مفاتيح تلامسية	تمرين (١٤-٢)
١٨٨	تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) بوساطة مفاتيح تلامسية مع مؤقت	تمرين (١٥-٢)
١٩١	تشغيل محركين ثلاثي الطور؛ أحدهما رئيس، والآخر احتياطي	تمرين (١٦-٢)
١٩٥	الحاكنات المنطقية المبرمجة	الوحدة الثالثة
العلوم الصناعية الخاصة		
١٩٧	مكونات الحاكن المنطقي المبرمج وأساسيات تشغيله	أولاً
٢٠٨	البوابات المنطقية	ثانياً
٢١٦	برمجة الحاكنات المنطقية المبرمجة (PLC)	ثالثاً
٢٣٠	المؤقتات والعدادات	رابعاً
٢٣٩	أسئلة الوحدة	

التدريب العملي

٢٤٢	التدريب على البرنامج المستخدم في إعداد برامج (PLC) وكتابتها	تمرين (١-٣)
٢٤٩	التحكم في إضاءة مصباح كهربائي باستخدام الحاكن المنطقي المبرمج (PLC)	تمرين (٢-٣)
٢٥٢	التحكم في تشغيل محرك كهربائي أحادي الطور باستخدام الحاكن المنطقي المبرمج وإيقافه	تمرين (٣-٣)
٢٥٥	التحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور باستخدام الحاكن المنطقي المبرمج وإيقافه	تمرين (٤-٣)
٢٥٨	التحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور من مكانين باستخدام الحاكن المنطقي المبرمج وإيقافه	تمرين (٥-٣)
٢٦١	التحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور، وعكس اتجاه دورانه باستخدام الحاكن المنطقي المبرمج وإيقافه	تمرين (٦-٣)
٢٦٥	قائمة المصطلحات	
٢٧٠	قائمة المراجع	

يأتي هذا الكتاب متممًا لكل من المستوى: الأول، والثاني، والثالث لتخصص الكهرباء، وقد اشتمل على ثلاث وحدات، تناولت أولها (نظريًا، وعمليًا) موضوع المحول الكهربائي: مكوناته، ومبدأ عمله، والمحولات الرافعة والخافضة للفرق الجهدية، ومقررات المحولات الكهربائية، وأنواعها، وكفاءتها، ومفاتيدها، وكيفية فك المحولات الكهربائية الأحادية والثلاثية الطور، وإعادة تجميعها، وكيفية توصيلها بالأحمال الكهربائية.

في حين تناولت الوحدة الثانية في جزأها: النظري والعملي، موضوع أجهزة التحكم وأنظمة الحماية؛ إذ تطرقت إلى المصهرات، وأنواعها، وكيفية اختيارها، والقواطع الكهربائية، والمرحلات الكهربائية، وتطبيقاتها، وكيفية حماية المحركات الكهربائية. كما تناولت موضوع المفاتيح اليدوية المستخدمة في تشغيل المحركات الكهربائية، والمفاتيح التلامسية، ودارات تشغيلها، وتطبيقاتها، وتشخيص أعطالها، وطرائق إصلاحها، وكيفية كبح المحركات الكهربائية. فضلًا عن بيان كيفية تشغيل المحركات الأحادية والثلاثية الطور بواسطة المفاتيح اليدوية، وعكس اتجاه دورانها، وتشغيل المحركات الثنائية السرعة، وتقويم المحركات الثلاثية الطور، وفك المفاتيح التلامسية، وإعادة تجميعه، وتطبيقاته في دارات التحكم والتشغيل للمحركات الأحادية والثلاثية الطور، وعكس اتجاه دورانها، ودارات تشغيل المحركات الثنائية السرعة، وتقويم المحركات الثلاثية الطور، ودارة تشغيل المحرك الرئيس والمحرك الاحتياطي.

أما الوحدة الثالثة فقد تناولت (نظريًا، وعمليًا) الحاكومات المنطقية المبرمجة من حيث أهميتها، ومكوناتها، ولغات برمجتها، والرموز المستخدمة في دارات التحكم الخاصة بها، وأنواع بواباتها المنطقية الأساسية والمشتقة، والمخطط السلمي (LD) لدارات التحكم الخاصة بها. كما تناولت موضوع تشغيل المحركات الأحادية والثلاثية الطور من مكان أو مكانين وإيقافها.

روعي في إعداد هذا الكتاب عرض موضوعاته بأسلوب واضح سهل يناسب مستويات الطلبة، ويراعي الفروق الفردية بينهم، آمليين من الله - عز وجل - أن نكون قد وفّقنا في ذلك.

والله وليّ التوفيق

إرشادات عامة

عزيزي الطالب:

إنّ تطبيقك السلوك المهني الصحيح في أثناء وجودك في مكان العمل هو الطريق الأمثل لضمان تفوقك، وتجنبك والآخريين للحوادث المحتمل حدوثها في بيئة العمل؛ لذا، يتعيّن عليك الحرص على تطبيق الإجراءات الآتية:

- الالتزام بارتداء لباس العمل المهني.
- الالتزام بتعليمات التشغيل والصيانة المحددة من الشركات الصانعة.
- استخدام معدات الوقاية الشخصية اللازمة.
- التعاون مع المدرّب والزملاء لتحسين الأداء، وإتقان المهارات.
- الاستعانة بأدلة الشركات الصانعة.
- المحافظة على مكان العمل والمعدات، خاصة عند التعامل مع جهاز الحاسوب لبرمجة وحدة (PLC).
- عدم تغذية الأحمال الكهربائية من غير إشراف المدرّب.
- المحافظة على المواد والتجهيزات، واستخدامها بطريقة صحيحة.
- عمل الصيانة المستمرة لتجهيزات المشغل التدريبي، والمحافظة على محتوياته.

الوحدّة الأولى

المحولات الكهربائية



● لماذا يتم رفع الفولطية وتخفيضها بواسطة المحولات الكهربائية؟

● ما أهمية المحولات في الدارات الكهربائية؟

تُستخدم المحولات الكهربائية في الحياة العملية على نطاق واسع؛ إذ تُعدّ من أهم العناصر المكونة للنظام الكهربائي، ويشيع استخدامها في العديد من الأجهزة الإلكترونية والكهربائية المنزلية، وكذلك في شواحن الأجهزة الخلوية، والحاسوب، والتلفاز، ودارات الفولطية المنخفضة، والمصانع والورش الصناعية، وفي آلات اللحام بالقوس الكهربائي، وتشغيل محركات التيار المباشر في المصانع، ودارات التغذية لأنظمة التحكم العاملة بالفولطية المنخفضة وغيرها. تُستخدم المحولات الكهربائية أيضًا في رفع الفولطية أو تخفيضها لتشغيل الأحمال الكهربائية بحسب الفولطية المناسبة.

ستتعرف في هذه الوحدة المحولات الكهربائية، ومكوناتها، ومجالات استخدامها، وطرائق توصيلها في الدارات الكهربائية بنوعيتها: الأحادية الطور، والثلاثية الطور.

يَتَوَقَّعُ منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف أجزاء المحولات الكهربائية، ومبدأ عملها.
- تتعرف أنواع المحولات الكهربائية الأحادية الطور، وطرائق استخدامها.
- تميز التوصيلات المختلفة لملفات المحولات الكهربائية.
- تتعرف أنواع المحولات الكهربائية، وخصائصها، واستخداماتها.
- تحسب المفاهيم الثابتة والمتغيرة في المحولات الكهربائية.
- تفك المحول الكهربائي الأحادي الطور وتركيبه.
- تقيس الفولطيات والتيارات لدارة محول كهربائي أحادي الطور في حالتي: الحمل، واللاحمل.
- تقيس الفولطيات والتيارات لدارة محول ذاتي أحادي الطور مع حمل.
- تنفذ توصيلات المحول الكهربائي الثلاثي الطور المختلفة.
- تقيس الفولطيات والتيارات لدارة محول كهربائي ثلاثي الطور.

المحول الكهربائي هو جهاز كهرومغناطيسي ساكن يحوّل التيار المتناوب المنخفض الفولطية إلى فولطية عالية كما في محطات توليد الطاقة الكهربائية، أو يحوّل الفولطية العالية إلى فولطية منخفضة كما في الأجهزة المنزلية والتحكم الصناعي.

تُستخدم المحولات الكهربائية في شبكات نقل الطاقة الكهربائية ذات الفولطية العالية لما تحقّقه من فوائد عدّة، أبرزها:

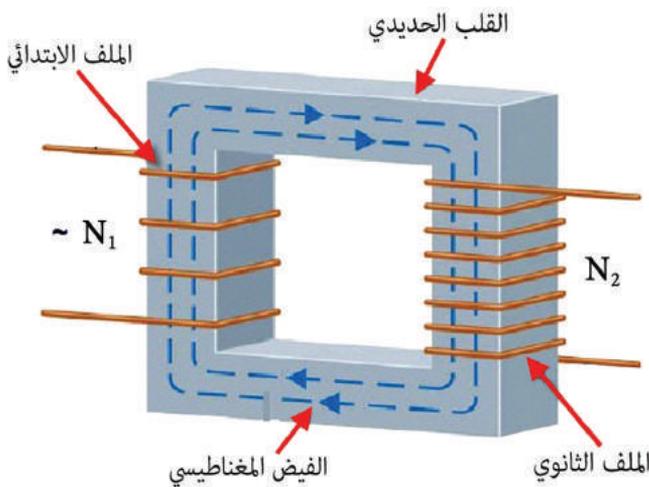
- التوفير في ثمن الموصلات؛ إذ يمكن استخدام موصلات ذات مقطع صغير.
- تخفيض القدرة المفقودة في الموصلات، وكذا تكلفة الطاقة الكهربائية المفقودة.
- رفع كفاءة خطوط نقل القدرة الكهربائية.

أجزاء المحول الرئيسية

يتكوّن المحول الكهربائي من الأجزاء الرئيسية الآتية المبينة في الشكل (١-١):

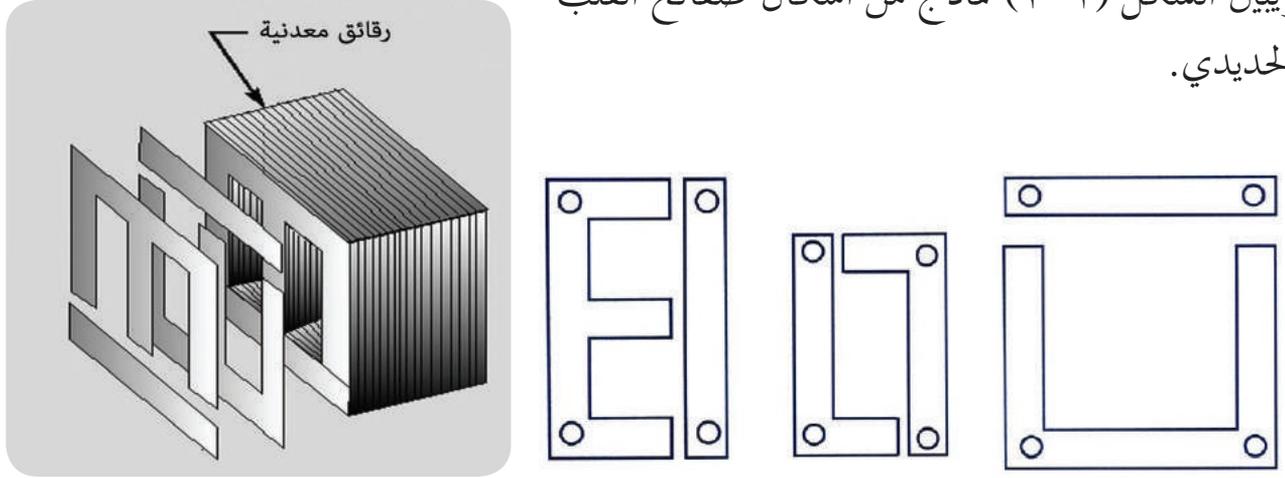
أ - القلب الحديدي: يُصنّع القلب الحديدي من صفائح الحديد المغناطيسي الرقيقة القليلة السُمك (٠,٣٥ مم - ٠,٥ مم)، وهي تشكّل الدارة المغناطيسية للمحول التي تتركز فيها خطوط الفيض المغناطيسي من الملف الابتدائي إلى الملف الثانوي. أمّا خطوط

المجال التي تسري في محيط الملف فهي خطوط تسرب مغناطيسي غير مستفاد منها في عمل المحول.



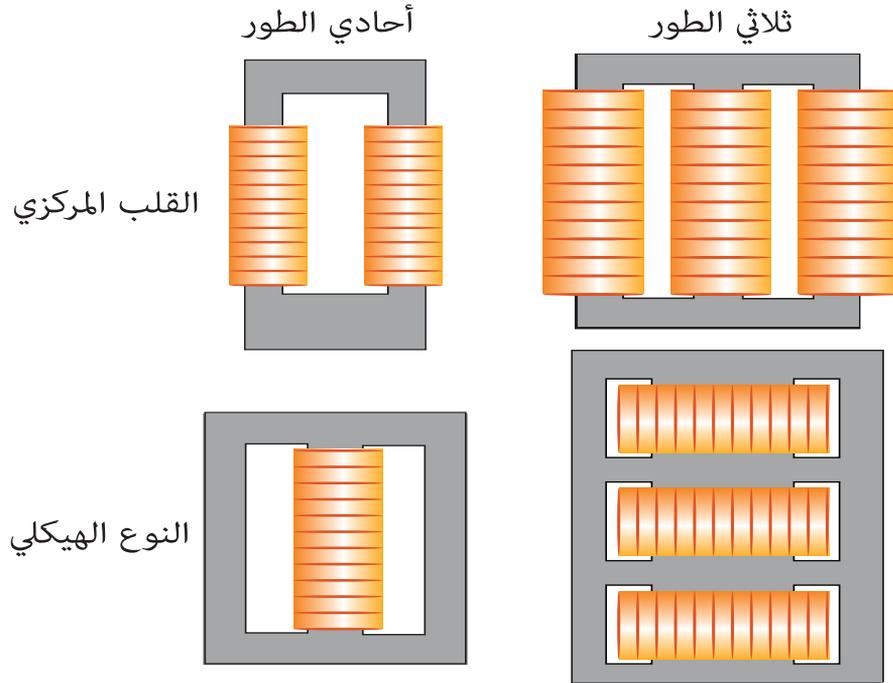
الشكل (١-١): أجزاء المحول الكهربائي الرئيسية.

تُصنع الصفائح الحديدية على شكل رقائق لتقليل مفايد التيارات الدوامية المسببة للحرارة في القلب الحديدي، وتُربط الصفائح معاً بواسطة الحُزم في المحولات الصغيرة، أو البراغي، أو المسامير في المحولات الكبيرة؛ تجنّباً لصدور طنين عنها جرّاء الاهتزازات الناشئة عن القوى المغناطيسية. ويبيّن الشكل (٢-١) نماذج من أشكال صفائح القلب الحديدي.



الشكل (٢-١): نماذج من أشكال القلب الحديدي للمحول الكهربائي.

في حين يبيّن الشكل (٣-١) وضع الملفات للمحول الكهربائي الأحادي والثلاثي الطور على القلب الحديدي بنوعيه: المركزي (Core Type)، والهيكلية (Shell Type)؛ إذ توضع الملفات حول ساقَي المحول كما في النوع الأول، أو حول الساق الوسطي للقلب الحديدي كما في النوع الثاني.



الشكل (٣-١): وضع الملفات على القلب الحديدي.

ب- الملفات: تُمثّل الملفات الدارة الكهربائية التي يسري فيها التيار الكهربائي، وهي ملفات مصنوعة من أسلاك نحاسية معزولة.

تُصنّف ملفات المحول تبعاً لجهة توصيلها إلى نوعين، هما:

١ . ملف ابتدائي: هو ملف يوصل طرفاه بالمصدر الكهربائي.

٢ . ملف ثانوي: هو ملف يوصل طرفاه بدارة الحمل الكهربائي.

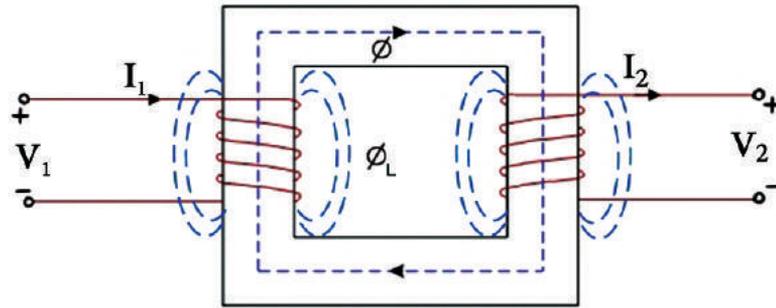
يُمثّل الملف الابتدائي في المحولات الكهربائية الأحادية الطور الخافضة للفولطية ملف الفولطية العالية (٢٤٠ فولط)، في حين يُمثّل الملف الثانوي الفولطية المنخفضة (١٢ أو ٦ فولط مثلاً)، وينطبق الأمر نفسه على المحولات الثلاثية الطور المستخدمة في المصانع. أمّا بالنسبة إلى محولات نقل الطاقة الكهربائية وتوزيعها، فيمكن توصيل ملفات الملف الابتدائي بالفولطية العالية، أو الفولطية المنخفضة بحسب الشبكة التي سيُرَبط بها المحول الكهربائي. على سبيل المثال، فإنّ المحول الكهربائي (11kV/0.4kV) هو محول توزيع، وفولطية الملف الابتدائي هي (11kV)، وفولطية الملف الثانوي هي (400) فولط. يتكوّن المحول الأحادي الطور من ملفين: أحدهما ابتدائي، والآخر ثانوي. أمّا المحول الثلاثي الطور فيتألف من ثلاثة ملفات ابتدائية، وثلاثة ملفات ثانوية.

نشاط (١-١)

- أحضّر شاحن خلوي تالفًا، ثمّ فكّه وافصل المحول عن اللوحة الإلكترونية، ثمّ أجب عمّا يأتي:
- ما نوع القلب الحديدي للمحول؟
 - ما فائدة المادة الموجودة بين الصفائح الحديدية؟
 - قس مقاومة الملف الابتدائي ومقاومة الملف الثانوي، محدّدًا نوع العطل في الملفين (إن وجد).
 - ناقش زملاءك في أسماء القطع الإلكترونية المدونة على لوحة الشاحن الإلكترونية.

مبدأ عمل المحول الكهربائي

يعتمد مبدأ عمل المحول الكهربائي على نظرية الحث المتبادل (Mutual Induction). فعند سريان تيار كهربائي متناوب في الملف الابتدائي يتكوّن فيض مغناطيسي متناوب أيضاً، يسري معظمه في القلب الحديدي الذي يشكّل الدارة المغناطيسية، كما تسري بعض خطوط الفيض المغناطيسي في الهواء مشكّلة خطوط التسرّب المغناطيسي (ϕ_L)، انظر الشكل (٤-١) الذي يوضّح تكوّن خطوط الفيض المغناطيسي في المحول الكهربائي. ونتيجة لتكوّن خطوط المجال المغناطيسي في القلب الحديدي؛ فإنّها تقطع ملفات الملف الثانوي، وتتولد فيها قوة دافعة كهربائية حثية بحسب قوانين فارادي ولنز التي درستها سابقاً، وتناسب هذه القوة الدافعة الكهربائية مع فولتية الملف الابتدائي، والنسبة بين عدد لفات كلٍّ من: الملف الابتدائي، والملف الثانوي.



الشكل (٤-١): مبدأ عمل المحول الكهربائي.

نشاط (٢-١)

- صل فولتية مباشرة بأطراف الملف الابتدائي لمحول أحادي الطور، ثمّ قس الفولتية على طرفي الملف الثانوي، مفسّراً سبب حصولك على قيمة صفر فولط.
- حدّد قيمة الفولتية التي إذا زادت على قيمة معينة ستؤدي إلى تلف ملفات المحول الكهربائي.

تُحدّد القوة الدافعة الكهربائية المتولدة في الملفين: الابتدائي، والثانوي نتيجة سريان تيار كهربائي متناوب في الملف الابتدائي، بالعلاقتين الآتيتين:

$$E_m f_1 = E_1 = 4.44 f N_1 \phi_m$$

$$E_m f_2 = E_2 = 4.44 f N_2 \phi_m$$

حيث:

E_{m1} ، E_{m2} : القوة الدافعة الكهربائية الحثية في الملفين: الابتدائي، والثانوي (فولط).
f : التردد (هيرتز).

N_1 ، N_2 : عدد لفات الملفين: الابتدائي، والثانوي (لفة).

\emptyset_m : الفيض المغناطيسي (ويبر).

وبقسمة المعادلتين السابقتين بعضهما على بعض، فإن:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

حيث إن نسبة التحويل (α) تساوي حاصل قسمة عدد لفات الابتدائي على عدد لفات الثانوي، وتسمى هذه العلاقة أيضاً بمعامل التحويل (علاقة المحول)، أي إن:

$$\alpha = \frac{E_1}{E_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

وعلى افتراض أن المحول مثالي؛ أي إن القدرة الظاهرية الداخلة في المحول (S_1) تساوي القدرة الظاهرية الخارجة منه (S_2) من دون أي مفايد في المحول، وأن $V \cong E$ ؛ فإن:

$$S_1 = S_2$$

$$I_1 V_1 = I_2 V_2$$

$$\alpha = \frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

حيث:

I_1 ، I_2 : التياران؛ الابتدائي، والثانوي.

V_1 ، V_2 : فولطية الملفين؛ الابتدائي، والثانوي.

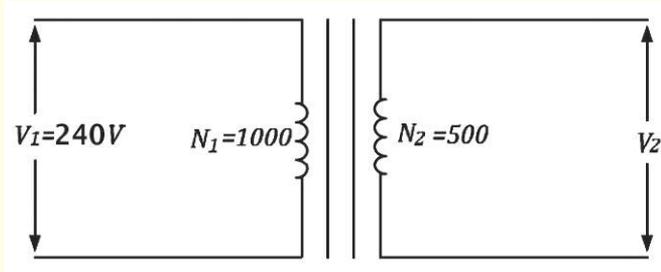
نشاط (٣-١)

- ابحث عن الأجهزة الكهربائية المنزلية التي تستخدم محولاً كهربائياً، ثم دوّن قيمة فولطية الملف الابتدائي وفولطية الملف الثانوي فيها.
- أحضر - بإشراف المدرّب - أحد المحولات المستخدمة في المشغل، ثم دوّن قيم فولطية ملفاته: الابتدائية، والثانوية.

المحولات الرافعة والخافضة للفولطية

يُعرف المحول الرافع للفولطية (Step up Transformer) بأنه المحول الذي تكون فيه $(V_1 < V_2)$ ؛ أي $(N_1 < N_2)$ ، في حين يُعرف المحول الخافض للفولطية (Step down Transformer) بأنه المحول الذي تكون فيه $(V_2 < V_1)$ ؛ أي $(N_2 < N_1)$. يُذكر أنّ غالبية المحولات المستخدمة في المنازل والورش الصناعية الصغيرة، هي محولات خافضة للفولطية.

مثال (١-١)



الشكل (١-٥): مثال (١-١).

- بيّن الشكل (١-٥) المجاور محولاً كهربائياً أحادي الطور:
- ١- جد قيمة الفولطية على أطراف الملف الثانوي.
 - ٢- ما نوع هذا المحول؟

الحلّ

١- باستخدام علاقة المحول، فإنّ:

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

$$\frac{240}{V_2} = \frac{1000}{500}$$

$$V_2 = \frac{240 \times 500}{1000} = 120 \text{ V}$$

٢- محول خافض للفولطية.

مثال (٢-١)

- محول كهربائي أحادي الطور، نسبة التحويل له (١:٣)، وفولطية الملف الثانوي (٣٠٠) فولط:
١- جِدْ قيمة فولطية الملف الابتدائي.
٢- هل هذا المحول رافع للفولطية أم خافض لها؟

الحلّ

- ١- باستخدام علاقة المحول، فإنّ:

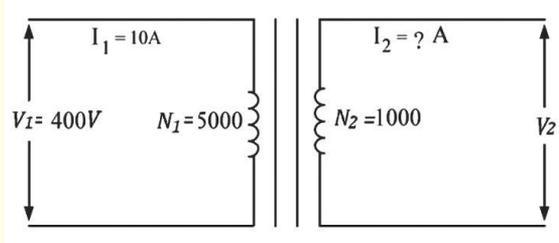
$$\alpha = \frac{V_1}{V_2} = \frac{N_1}{N_2}$$

$$3 = \frac{V_1}{300} \Rightarrow V_1 = 300 \times 3 = 900 \text{ V}$$

- ٢- المحول خافض للفولطية؛ لأنّ ($V_2 < V_1$).

سؤال

- ما وظيفة المحول الكهربائي الذي نسبة التحويل (α) فيه تساوي (١)؟



الشكل (٦-١): مثال (٣-١).

بيّن الشكل (٦-١) المجاور محوّلًا كهربائيًا مثاليًا:

- ١- جدّ فولتية الملف الثانوي.
- ٢- ما قيمة تيار الملف الثانوي؟
- ٢- ما نوع هذا المحول (رافع للفولتية أم خافض لها)؟

الحلّ

١- باستخدام علاقة المحول، فإنّ:

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

$$\frac{400}{V_2} = \frac{5000}{1000}$$

$$V_2 = \frac{400 \times 1000}{5000} = 80 \text{ V}$$

٢- قيمة تيار الملف الثانوي:

$$\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$$

$$\frac{400}{80} = \frac{I_2}{10}$$

$$I_2 = \frac{400 \times 10}{80} = 50 \text{ A}$$

٣- المحول هو خافض للفولتية.

وكما تلاحظ، فإنّ المحول الخافض للفولتية هو رافع للتيار في الوقت نفسه.

سؤال محول كهربائي نسبة عدد لفات ملفه الابتدائي إلى عدد لفات ملفه الثانوي (٢:٣)،

فإذا كانت فولتية الملف الابتدائي (١٠٠) فولت:

- ما قيمة فولتية الملف الثانوي؟

- هل هذا المحول رافع للفولتية أم خافض لها؟

تعرفت سابقاً - في الوحدة المتعلقة بالآلات الكهربائية - اللوحة الاسمية التي تحوي بيانات مهمة جداً تفيد المستخدم وفني الكهرباء في تشغيل هذه الآلات، ولا سيما المحرك الكهربائي، من مثل: قدرة المحرك، والتيار المقتن للمحرك، وتحديد مساحة مقطع الأسلاك الكهربائية، وأجهزة الحماية والتحكم المناسبة لعمل المحرك، التي تفيد فني الصيانة في تشخيص الأعطال، وعمل الفحوص وإجراءات الصيانة اللازمة.

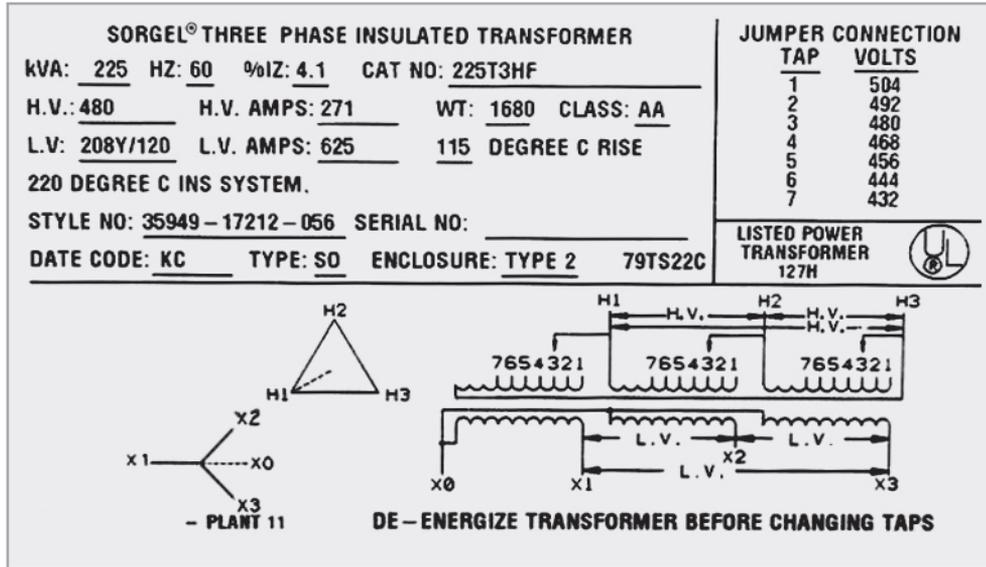
١ - لوحة المحول الاسمية

تحتوي اللوحة الاسمية للمحول الكهربائي الأحادي الطور على معلومات بسيطة، من مثل: اسم الشركة الصانعة، وفولطية الملف الابتدائي وتردده، وفولطية الملف الثانوي، والتيار الحمل الاسمي، وقدرة المحول الاسمية الظاهرية بوحدة (VA).

أمّا بالنسبة إلى محولات القدرة الثلاثية الطور فإنّ لوحاتها الاسمية تحتوي على معلومات أخرى مهمة، منها:

- أ - اسم الشركة الصانعة.
- ب - التردد.
- ج - مقرر المحول (قدرة المحول الظاهرية).
- د - فولطية الملف الابتدائي.
- هـ - فولطية الملف الثانوي.
- و - تيار الملف الابتدائي.
- ز - تيار الملف الثانوي.
- ح - طريقة تبريد المحول.
- ط - مجموعة التوصيل لملفات المحول الكهربائي.
- ي - أوضاع مفتاح مبدل الفولطية (Tap Changer)، والقيم الخاصة بكلّ وضع من أوضاعه.
- ك - درجة حرارة الجو المحيط المناسبة للمحول.

ويبين الشكل (٧-١) إحدى اللوحات الاسمية لمحول كهربائي ثلاثي الطور.



الشكل (٧-١): لوحة معلومات اسمية لأحد المحولات الكهربائية.

- سؤال
- ١- ما نوع المحول بحسب اللوحة الاسمية المبينة في الشكل (٧-١)؟
٢- ما قيمة مقرر المحول (قدرة المحول بوحدة kVA)؟

٢- مقرر المحول (VA Rating)

يُطلق على مقرر المحول اسم القدرة الظاهرية، وهي تقاس بوحدة الفولط. أمبير (VA)، وتساوي حاصل ضرب فولطية الملف الثانوي في ظروف العمل الطبيعية في تيار الحمل الكامل الذي يستطيع تزويده، ومن مضاعفات هذه الوحدة: (kVA)، و (MVA).

لا تُستخدم وحدة الكيلو واط (kW) لقياس قدرة المحول؛ نظرًا إلى اعتمادها على عامل القدرة للحمل الموصول بالمحول، الذي يتغير تبعًا لقيمة الحمل ونوعه.

يُذكر أن مقرر المحول يُعطى بالعلاقتين الآتيتين:

$$S = V \cdot I \quad (\text{في حالة المحول الأحادي الطور})$$

$$S = \sqrt{3} V_L \cdot I_L \quad (\text{في حالة المحول الثلاثي الطور})$$

حيث:

S : مقرر المحول (فولط. أمبير).

V : الفولطية الاسمية للملف الثانوي (فولط).

I : التيار الاسمي للحمل (أمبير).

V_L : فولتية الخط (فولط).

I_L : تيار الخط (أمبير).

تُصنَع المحولات الكهربائية بحسب القدرة التحويلية المطلوبة للمحول، وأنواع الأحمال التي توصل به، ونظام اللجنة الدولية للتقنية الكهربائية (International Electrotechnical Commission: IEC). أمّا قدرات المحولات

بوحدّة (kVA)، فهي:

5, 6.3, 8, 10, 12.5, 16, 20, 25, 31.5, 40, 50, 63, 80, 100, 125, 160, 200, 250, 300, 315, 400, 500, 630, 800, 1000, 1250, 1500, 2000, 2500, ...

وهذه القدرات نفسها متوافرة بالمملكة الأردنية الهاشمية في شبكات التوزيع الكهربائية، بالإضافة إلى بعض القدرات الأخرى، مثل: (15, 30, 75, 150) kVA، علمًا بأنّ معظم الشركات الصانعة للمحولات تُنتج محولات نقل وتوزيع تبعًا للمواصفات الدولية (IEC).

نشاط (٤-١)

مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث - بإشراف المعلم - عن المواصفة (IEC 60076)، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.

أنواع المحولات

تُصنّف المحولات تبعًا لعدد الأطوار، وطريقة التبريد، والتردد، والغرض من استخدامها. وفي ما يأتي بيان لذلك:

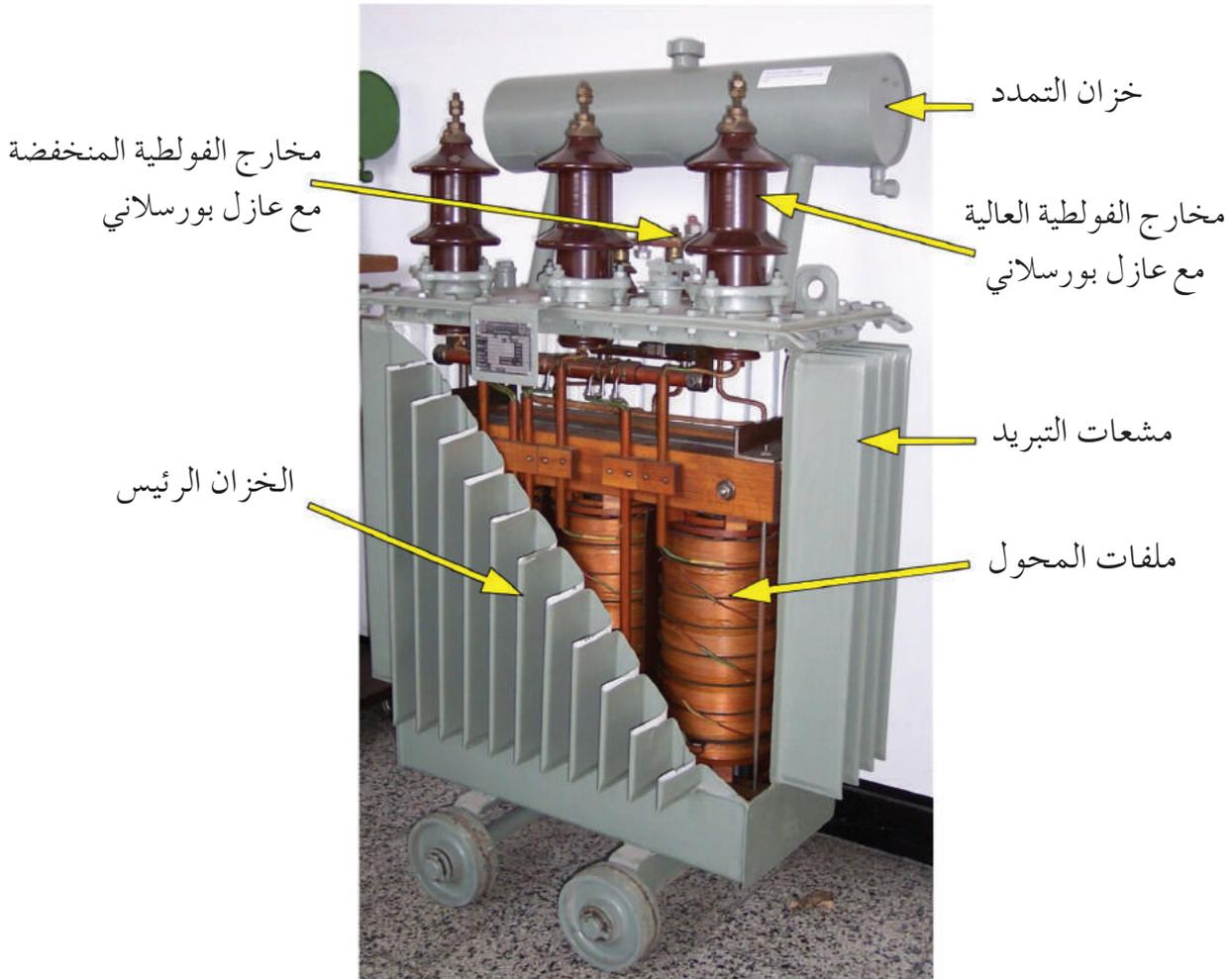
- عدد الأطوار: تُصنّف المحولات تبعًا لعدد الأطوار إلى نوعين، هما:
 - محولات أحادية الطور.
 - محولات ثلاثية الطور.
- طريقة التبريد: تُصنّف المحولات تبعًا لطريقة التبريد إلى أنواع ثلاثة، هي:
 - محولات جافة.
 - محولات مغمورة بالزيت.
 - محولات مغمورة بمواد خاصة، مثل السيليكون السائل، وسائل الأسكارل، ومادة الراتنج.
- التردد: تُصنّف المحولات تبعًا للتردد إلى نوعين، هما:
 - محولات الترددات المنخفضة.
 - محولات الترددات العالية.
- الغرض من استخدامها: تُصنّف المحولات تبعًا للغرض من استخدامها إلى أنواع ثلاثة، هي:
 - محولات القدرة.
 - محولات أجهزة القياس والحماية.
 - محولات القدرات الصغيرة.

وفي ما يأتي خصائص بعض أنواع المحولات واستخداماتها:

١- محولات القدرة (Power Transformers)

تُستخدَم محولات القدرة في محطات التوليد والمحطات الفرعية لشبكة النقل والتوزيع، وتُعدّ المحولات الثلاثية الطور أكثر استخدامًا في المنظومة الكهربائية من المحولات

الأحادية الطور، كما أنّ استخدام محول ثلاثي الطور هو أفضل من استخدام ثلاثة محولات أحادية الطور؛ نظرًا إلى وزنه الخفيف، وثمانه الرخيص، وحجمه الصغير، وكفاءته المرتفعة، انظر الشكل (٨-١) الذي يبيّن محول قدرة.



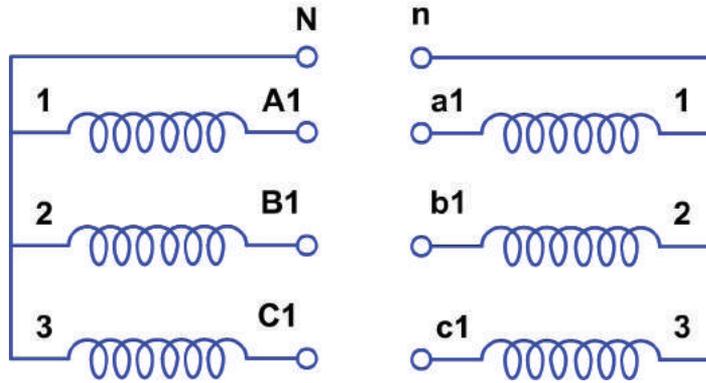
الشكل (٨-١): محول قدرة.

يُطلق على أطراف ملفات محولات القدرة المستخدمة في شبكات التوزيع اسم أطراف الفولطية العالية (HV) للملف الابتدائي، ويُرمز إليها بالرموز (A ، B ، C)، في حين تُسمّى أطراف الملف الثانوي بأطراف الفولطية المنخفضة (LV)، ويُرمز إليها بالرموز (a ، b ، c).

يتكون المحول الثلاثي الطور من ثلاثة ملفات ابتدائية، وثلاثة ملفات ثانوية، توصل - كما مرّ بك - في المحركات الثلاثية الطور بطريقة النجمة (ستار)، أو المثلث (دلتا).

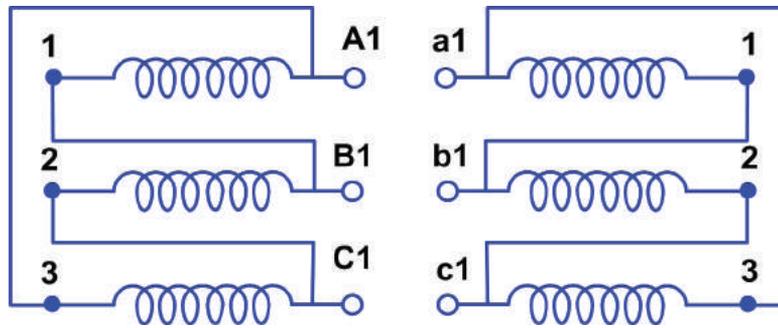
وفي ما يأتي أبرز التوصيلات الشائعة لمحولات القدرة في شبكات النقل والتوزيع:

أ - توصيلة نجمة - نجمة (Star-Star Connection): يبين الشكل (٩-١) توصيلة (نجمة - نجمة) لمحول قدرة ثلاثي الطور رباعي الأسلاك بوصفه محول توزيع (11kV/0.4kV)، حيث يمكن وصل أحمال ثلاثية الطور بفولطية (٤٠٠) فولط، وأحمال أحادية الطور بفولطية (٢٤٠) فولط. يُذكر أنّ زاوية فرق الطور ما بين الفولطيات الابتدائية والثانوية - في هذا النوع من التوصيلات - تكون صفرًا.



الشكل (٩-١): محول ثلاثي الطور (نجمة - نجمة).

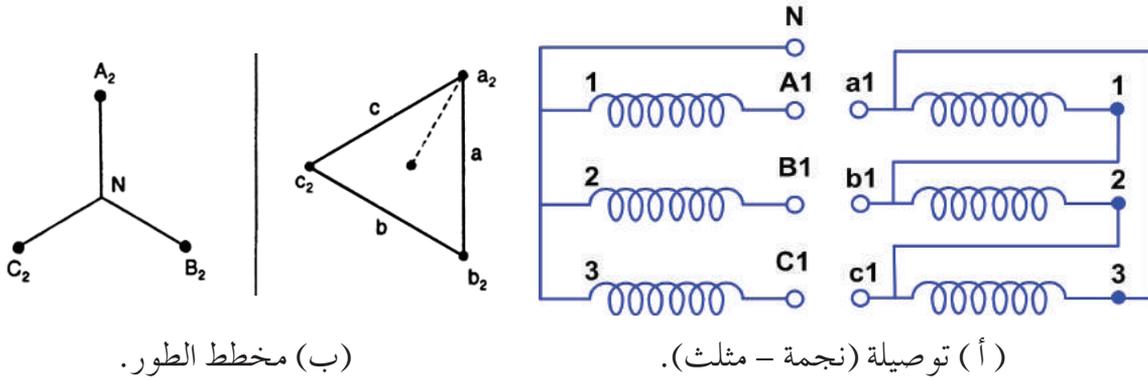
ب- توصيلة مثلث - مثلث (Delta - Delta Connection): يبين الشكل (١٠-١) توصيلة (مثلث - مثلث) لمحول قدرة، حيث تكون فولطية الخط مساوية لفولطية الطور في كلّ جانب، ويُعدّ هذا النوع من المحولات أكثر استخدامًا واقتصاديًا في حال كانت الفولطيات عالية جدًا، وزاوية فرق الطور بين فولطية الملفين الابتدائي والثانوي صفرًا.



الشكل (١٠-١): محول ثلاثي الطور (مثلث - مثلث).

ج- توصيلة نجمة - مثلث (Star - Delta Connection): يبين الشكل (١-١١/أ) توصيلة النجمة لملفات الفولطية العالية، وتوصيلة المثلث لملفات الفولطية المنخفضة. ويُعدّ هذا النوع من التوصيلات أكثر استقرارًا للأحمال غير المتزنة، وتبلغ زاوية فرق الطور بين فولطية الملفين الابتدائي والثانوي (٣٠°).

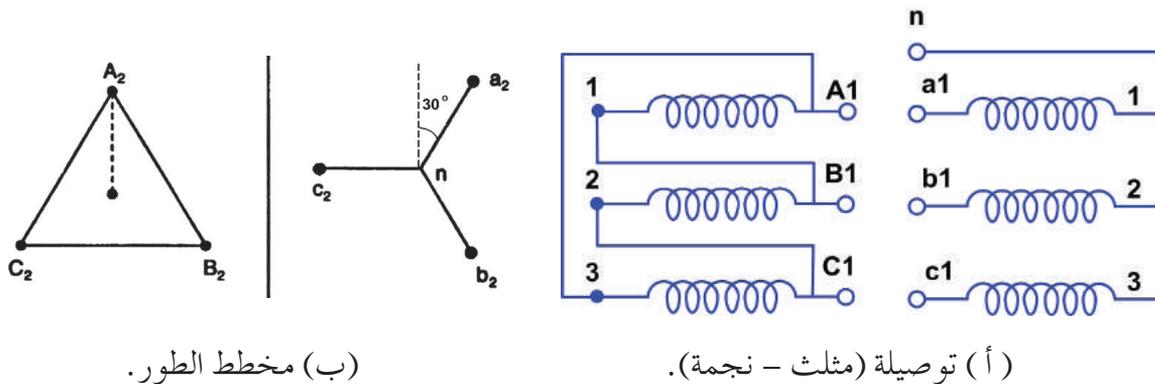
يشيع استخدام هذه التوصيلة في المحولات الخافضة للفولطية بمحطات التوزيع، انظر الشكل (١-١١/ب) الذي يوضح زاوية الطور بين فولطية الملف الابتدائي وفولطية الملف الثانوي.



الشكل (١-١١): محول ثلاثي الطور (نجمة - مثلث).

د - توصيلة مثلث - نجمة (Delta - Star Connection): يبين الشكل (١-١٢/أ) توصيلة (مثلث - نجمة)، ويلاحظ وجود زاوية فرق طور بين فولطية الملفين الابتدائي والثانوي مقدارها (٣٠°) كما يوضح الشكل (١-١٢/ب).

يشيع استخدام هذه التوصيلة في محطات التوزيع الكهربائية، حيث يوصل الكبل المغذي ذو الفولطية العالية بأطراف المثلث، في حين توصل أطراف النجمة بجهة الأحمال في نظام ثلاثي الطور رباعي الأسلاك.



الشكل (١-١٢): محول ثلاثي الطور (مثلث - نجمة).

وفي ما يأتي مثال على حساب المحولات الثلاثية الطور، علمًا بأنّ المحول الكهربائي عادة يكون موصولاً بنوع محدّد من التوصيل، وأنّ أيّ تغيير في توصيلات المحول سيفضي إلى تغيير قيم فولتية الملف الابتدائي وتياره، مع ثبات نسبة التحويل بين ملفات هذا الملف والملف الثانوي للطور الواحد.

مثال (١-٤)

محول ثلاثي الطور خافض للفولتية، وُصِلَ ملفه الابتدائي بفولتية خط (٣٨٠) فولط، وكان تيار الخط المسحوب في الملف الابتدائي (١٠) أمبير. فإذا علمت أنّ معامل التحويل له $(\alpha = 1.73)$ ، جدّ - بإهمال المفايد - تيار الخط والطور للملف الابتدائي، وفولتية الخط والطور للملف الثانوي عند كلّ منهما على شكل:

١- (نجمة - نجمة).

٢- (مثلث - نجمة).

الحلّ

١ - توصيلة (نجمة - نجمة):

- جهة الملف الابتدائي:

فولتية الخط = ٣٨٠ فولط.

فولتية الطور:

$$V_{ph1} = \frac{380}{\sqrt{3}} = 219.4 V$$

تيار الطور للملف الابتدائي = تيار الخط للملف الابتدائي = ١٠ أمبير. (لماذا؟)

- جهة الملف الثانوي:

فولتية الطور (V_{ph2}):

$$\alpha = \frac{V_{ph1}}{V_{ph2}}$$

ومنها:

$$V_{ph2} = \frac{V_{ph1}}{\alpha} = \frac{219.4}{1.73} \cong 126.8 V$$

فولطية الخط للملف الثانوي (V_{L2}):

$$V_{L2} = \sqrt{3} \times V_{ph2} = \sqrt{3} \times 126.8 \approx 219.6 V$$

تيار الطور (I_{ph2}):

$$\begin{aligned} I_{ph2} &= \alpha \times I_{ph1} \\ &= 1.73 \times 10 \\ &= 17.3 A \end{aligned}$$

تيار الخط (I_{L2}):

$$I_{ph2} = 17.3 A$$

٢- توصيلة (مثلث - نجمة):

فولطية الخط للملف الابتدائي = فولطية الطور للملف الابتدائي = ٣٨٠ فولط.

تيار الخط للملف الابتدائي = ١٠ أمبير.

تيار الطور للملف الابتدائي:

$$I_{ph1} = \frac{I_{L1}}{\sqrt{3}} = \frac{10}{\sqrt{3}} \approx 5.8 A$$

$$V_{ph2} = \frac{V_{ph1}}{\alpha} = \frac{380}{1.73} = 219.7 V$$

فولطية الطور للملف الثانوي:

فولطية الخط للملف الثانوي:

$$\begin{aligned} V_{L2} &= \sqrt{3} \times V_{ph2} \\ &= \sqrt{3} \times 219.7 \approx 380.5 V \end{aligned}$$

تيار الطور للملف الثانوي:

$$\begin{aligned} I_{ph2} &= \alpha \times I_{ph1} \\ &= 1.73 \times 5.8 = 10 A \end{aligned}$$

تيار الخط للملف الثانوي = تيار الطور للملف الثانوي = ١٠ أمبير.

- أعد حلّ المثال السابق على فرض أنّ شكل (توصيل) المحول هو:
- (مثلث - مثلث).
 - (نجمة - مثلث).

٢- المحولات الذاتية (Autotransformers)

هي محولات كهربائية أحادية الملف، يشكّل فيها الملف الثانوي جزءاً من الملف الابتدائي الذي يكون كامل الملف، وتتصل فيه الملفات كهربائياً ومغناطيسياً، وذلك خلافاً للمحول العادي الذي يتكوّن من ملفين معزولين كهربائياً. ويبيّن الشكل (١-١٣) أحد المحولات الذاتية الأحادية الطور.



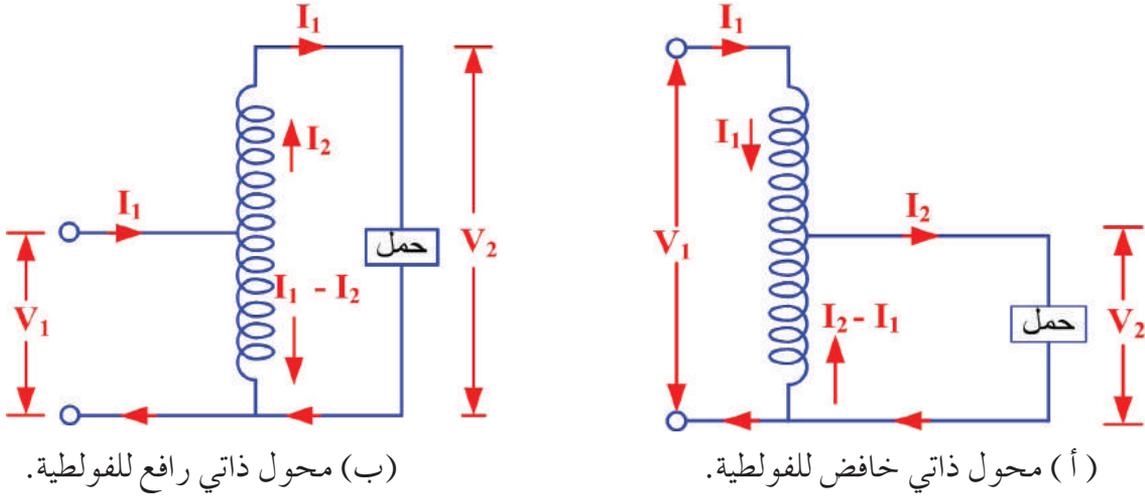
الشكل (١-١٣): محول ذاتي أحادي الطور.

في حين يبيّن الشكل (١-١٤) تركيب المحول الذاتي الأحادي الطور، وتوزيع التيارات فيه. وكما هو الحال في المحولات العادية، يمكن إيجاد نسبة التحويل (α) بالعلاقة الآتية:

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

يُذكر أنّ المحول الذاتي يُستخدم محولاً رافعاً لل فولتية أو خافضاً لها، وأنّ أفضل استخدام له هو حين تكون ($\alpha < 3$)، وهو يمتاز بصغر حجمه، وانخفاض سعره.

يُستفاد من المحول الذاتي في الحصول على فولتية يمكن تغييرها تبعًا لحاجة المستخدم، وهو يُستخدم في دارات بدء تشغيل المحركات الحثية الثلاثية الطور، والمحركات التزامنية ذات القدرات الكبيرة لتقليل تيار البدء، محققًا وفراً اقتصاديًا في حجم المحول وكمية النحاس المستخدمة مقارنة بالمحولات العادية. يُذكر أنّ المحولات الذاتية الثلاثية الطور تتوافر بالنوعين: النجمي، والمثلثي.



الشكل (١-٤): محول ذاتي رافع للفولتية، وآخر خافض لها.

٣- محولات القياس (Instrument Transformers)

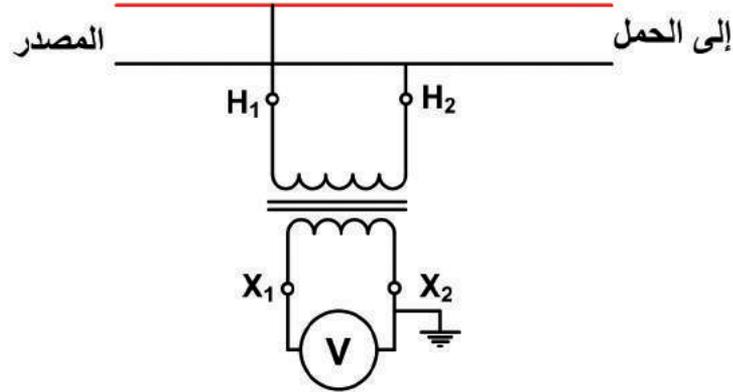
لا يمكن قراءة التيارات أو الفولتيات أو القدرات للدارات الكهربائية ذات الفولتية والتيارات العالية مباشرة باستخدام أجهزة القياس الكهربائية؛ نظرًا لما يشكّله ذلك من خطورة على حياة القائمين بأعمال الفحوص أو الصيانة، فضلًا عن أجهزة القياس نفسها؛ لذا، تُستخدم محولات القياس لعزل الدارات العالية الفولتية عن أجهزة القياس.

تنقسم محولات القياس إلى نوعين، هما:

أ - محولات الفولتية (Voltage Transformer): يعمل محول الفولتية على وصل الملف الابتدائي بمصدر الفولتية العالية، ووصل الملف الثانوي بالفولتميتر أو ملف الفولتية بأجهزة قياس القدرة والطاقة، وكذلك بأجهزة التحكم والحماية، فضلًا عن عزل دارة جهاز القياس عن دارة الفولتية العالية.

يشبه محول الفولتية المحول العادي الثنائي الملفات، إلا أنه أصغر حجمًا منه. وتنتج الشركات الصانعة محولات فولتية متعددة القدرات، تقاس بوحد (فولط. أمبير) (VA)،

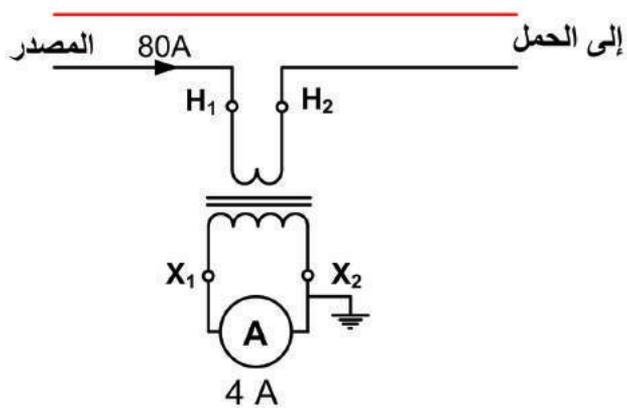
وتبلغ فولطيتها الاسمية (V 110)، أو (V 100). ويبيّن الشكل (١٥-١) كيفية وصل محول الفولطية بجهاز الفولطميتير.



الشكل (١٥-١): توصيل محول الفولطية بجهاز الفولطميتير.

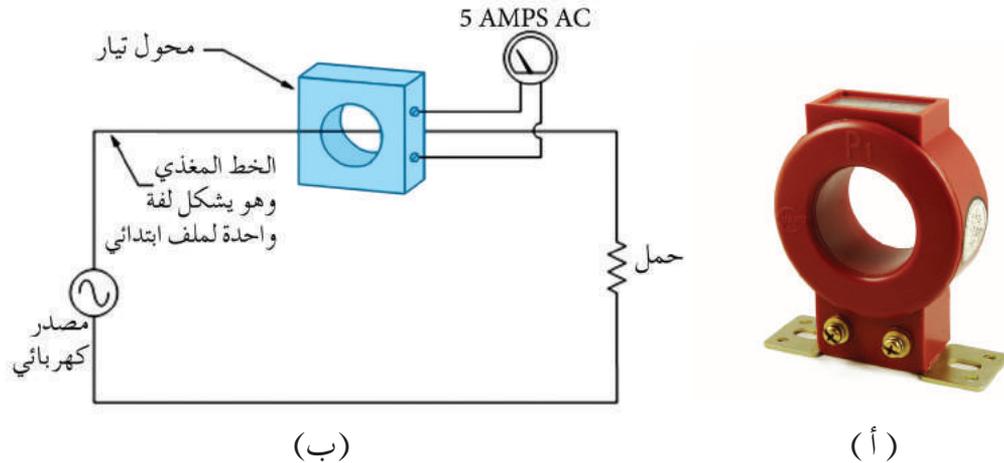
ب- محولات التيار (Current Transformers): يُستخدم محول التيار بوصفه محولاً لخفض الفولطية (Step-down) بسبب انخفاض مدى قياس الأميتر. وفيه تكون لفات الملف الابتدائي قليلة العدد، ومساحة مقطع سلكه كبيرة، في حين تكون لفات ملفه الثانوي كثيرة، ومساحة مقطع سلكه صغيرة. يوصل الملف الثانوي بجهاز الأميتر أو ملف التيار في أجهزة قياس القدرة والطاقة، وكذلك بأجهزة التحكم والحماية، وبتيار اسمي ثانوي قيمته (1A) و(5A). توجد أنواع عدّة من محولات التيار، أبرزها:

١. محول التيار ذو الملفين (Wound Type CT): يتكوّن هذا المحول من ملفين: ابتدائي يوصل على التوالي بخط المصدر (H_1, H_2)، وتوصل أطراف ملفه الثانوي بجهاز قياس التيار (الأميتر). أمّا الملف الآخر فهو ملف التيار في أجهزة قياس القدرة والطاقة، انظر الشكل (١٦-١).



الشكل (١٦-١): توصيل محول تيار ثنائي الملفات.

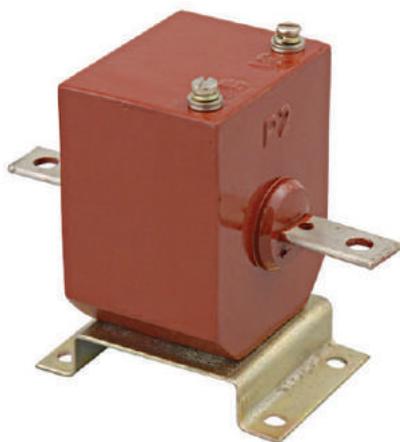
٢. محول التيار ذو الحلقة أو النافذة (Window Type CT): يتكوّن هذا المحول من حلقة مغناطيسية تُركّب عليها ملفات الملف الثانوي، ويمر بها أحد خطوط المصدر من خلال الحلقة، ويُعدّ الخط المغذي فيه بمثابة الملف الابتدائي، ويُطلق على هذا النوع اسم محول التيار ذي النافذة، وهو يشبه جهاز الأميتر (Clamp Meter)، وفيه يبقى خط المصدر من دون قطع، انظر الشكل (١-١٧).



الشكل (١-١٧): محول التيار ذو النافذة.

لا ينبغي ترك دائرة الملف الثانوي مفتوحة؛ لأن ذلك يؤدي إلى زيادة كبيرة في كثافة الفيض المغناطيسي بالقلب الحديدي، وتوليد فولتية عالية جدًا في الملف الثانوي الذي يساوي تياره صفرًا، وهي فولتية خطيرة، وغير مرغوب فيها؛ سواء للأجهزة، أو الأشخاص.

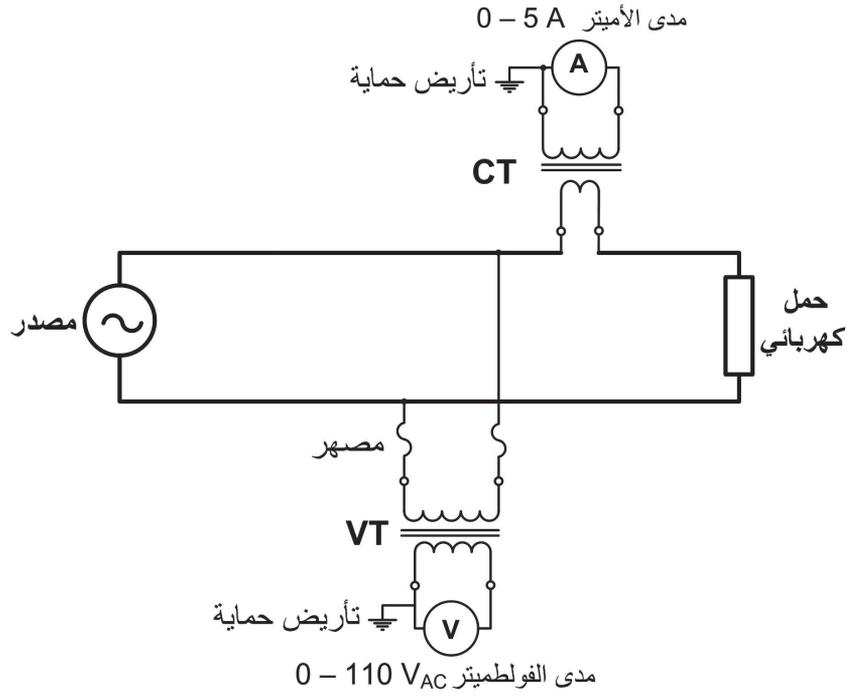
٣. محول التيار من نوع القضبان (Bar-Type CT): يشبه هذا المحول سابقه الحلقي



مع اختلاف بسيط يتمثل في وجود قضبي توصيل يشكّلان لفة الملف الابتدائي، ويُربطان بالقضبان العمومية في لوحات التوزيع، انظر الشكل (١-١٨).

ويوضّح الشكل (١-١٩) دائرة عملية لتوصيل محول التيار والفولتية بجهازي القياس: الفولتميتر، والأميتر.

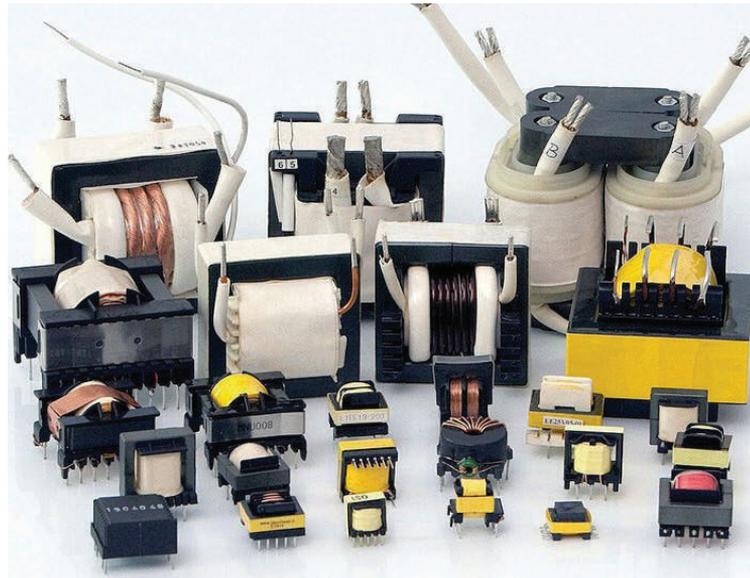
الشكل (١-١٨): محول تيار من نوع القضبان.



الشكل (١٩-١): دائرة عملية لتوصيل محول الفولطية ومحول التيار بفولتميتر وأميتر.

٤- محولات التردد العالي (High Frequency Transformers)

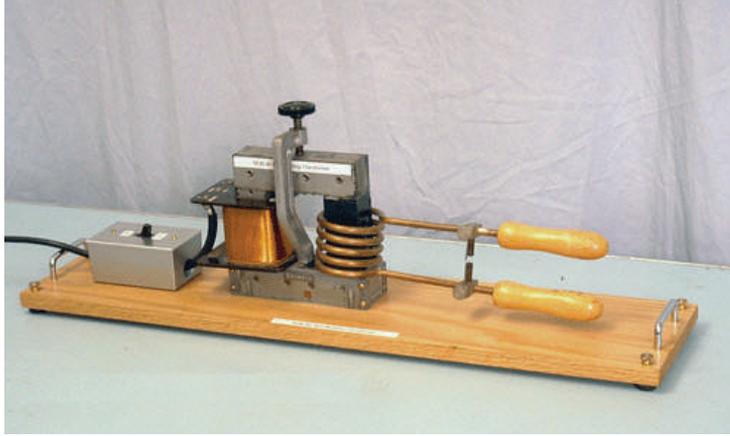
درست سابقاً أنّ مفاتيح الحلقة الهيستريية والتيارات الدوّامية تزداد بزيادة التردد. ولتخفيض هذه المفاتيح في المحولات ذات الترددات العالية المستخدمة في أجهزة الاتصالات والراديو والعواكس (Inverter)، يُستخدم قلب من الفرايت (Ferrite Core)، وهو مادة ذات نفاذية مغناطيسية عالية. ويبيّن الشكل (٢٠-١) بعض أنواع المحولات العالية التردد.



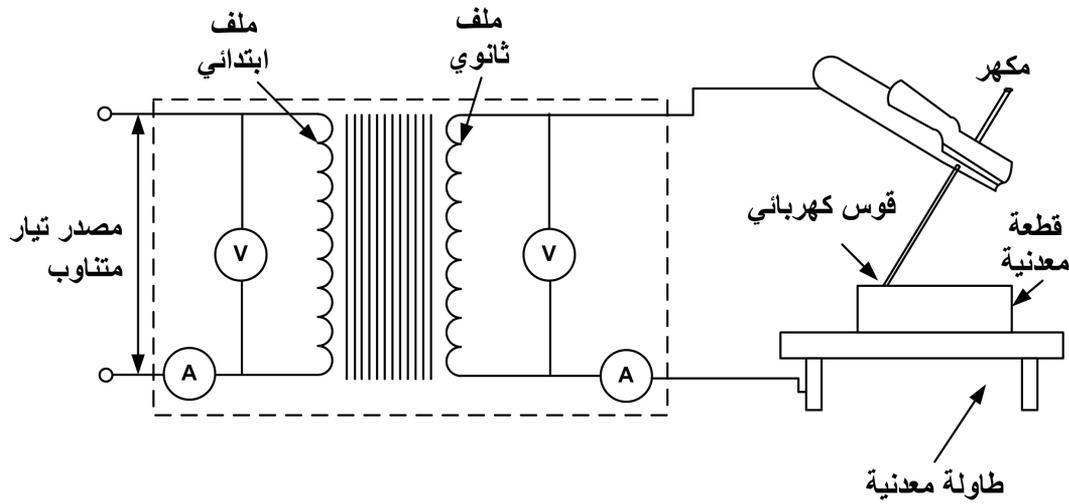
الشكل (٢٠-١): المحولات العالية التردد ذات قلب الفرايت.

٥- محولات اللحام (Arc Welding Transformers)

هي محولات خافضة للفولطية ورافعة للتيار ذي الطور الواحد، وفيها تكون فولطية الملف الثانوي أقل من (٨٠) فولط. ويبيّن الشكلان (٢١-١) و (٢٢-١) آلي لحام؛ الأولى: اللحام بالصهر (Spot Welding)، والثانية: اللحام بالقوس الكهربائي (Arc Welding). يعمل هذا النوع من المحولات بدارة تشبه دارة القصر (Short Circuit)، حيث يسري تيار كهربائي عالٍ يعمل على صهر قطعتي الصاج، أو صهر سلك اللحام الكهربائي.



الشكل (٢١-١): آلة لحام بالصهر.



الشكل (٢٢-١): آلة لحام بالقوس الكهربائي.

سؤال - ما سبب رسم القلب الحديدي لمحول آلة اللحام بالقوس الكهربائي كما هو مبين في الشكل (٢٢-١)؟

مفاقيد القدرة في المحولات الكهربائية

لا بُدَّ أنكَ لاحظت عند استخدامك أحد المحولات الكهربائية، أنّ درجة حرارة جسم المحول أعلى من درجة حرارة الوسط المحيط، وأنّه يمكن الإحساس بذلك عند لمسه باليد، وأنّ هذه الحرارة تكون في القلب الحديدي للمحول (والآلات الكهربائية الأخرى)، فما سبب ذلك؟ تُقسّم المفاقيد في المحولات الكهربائية قسمين، هما:

١- المفاقيد الثابتة أو الحديدية (Iron Losses)

هي مفاقيد ثابتة القيمة لا تعتمد على تيار الحمل، وتنتج من المفاقيد الهستيرية والتيارات الدوّامية (Hysteresis Loss and Eddy Current)، وتكون في القلب الحديدي. تعتمد قيمة المفاقيد الهستيرية على التردد، وكثافة الفيض المغناطيسي العظمي. أمّا المفاقيد الدوّامية (تيارات حثية تدور في القلب الحديدي على شكل دوّامات مُسبّبة مفاقيد على صورة حرارة) فتعتمد قيمتها على التردد، وكثافة الفيض المغناطيسي العظمي، وسمك الصفائح (Lamination). ولتقليل المفاقيد الدوّامية، يُصنَع القلب الحديدي على شكل صفائح رقيقة معزول بعضها عن بعض بمادة الورنيش. ويمكن حساب المفاقيد الحديدية عن طريق تجربة الدارة المفتوحة للمحول (Open Circuit Test).

٢- المفاقيد المتغيرة أو النحاسية (Copper Loss)

هي مفاقيد تعتمد قيمتها على مربع تيار الحمل، وتنتج من الفقد في الملفين: الابتدائي، والثانوي. ويمكن حساب المفاقيد النحاسية عن طريق تجربة قصر الدارة للمحول (Short Circuit Test)، الذي يساوي:

$$P_{cu} = I_1^2 R_1 + I_2^2 R_2$$

حيث:

P_{cu} : المفاقيد النحاسية.

I_1 و I_2 : التيار الذي يسري في الملف الابتدائي والملف الثانوي على الترتيب.

R_1 ، R_2 : المقاومة المادية للملف الابتدائي والملف الثانوي على الترتيب.

كفاءة المحول

تُعرّف كفاءة المحول بأنها نسبة القدرة الفعالة الخارجة من المحول إلى القدرة الفعالة الداخلة فيه.

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

حيث:

η : كفاءة المحول.

P_{out} : القدرة الخارجة.

P_{in} : القدرة الداخلة.

وتساوي أيضاً:

$$\eta = \frac{P_{in} - P_{Losses}}{P_{in}}$$

$$= 1 - \frac{P_{cu} + P_{iron}}{P_{in}}$$

حيث:

P_{Losses} : مجموع المفايد الحديدية والنحاسية.

P_{cu} : المفايد النحاسية.

P_{iron} : المفايد الحديدية.

تكون كفاءة المحول (η) عالية؛ لأنّ المحول جهاز ساكن لا يحتوي على أجزاء دوّارة، والمفايد فيه قليلة جداً مقارنة بقدرة المحول الاسمية، وقد تصل كفاءة المحول إلى ما نسبته ٩٩٪. تكون كفاءة المحول أكبر ما يمكن عندما تتساوى المفايد النحاسية والمفايد الحديدية، ويراعى ذلك دائماً عند تصنيع المحولات الكهربائية العاملة في الشبكات الكهربائية.

مثال (١-٥)

محول أحادي الطور قدرته الظاهرية (100kVA)، يعمل بفولطية (250V/5000). إذا كانت المفايد النحاسية عند الحمل الكامل (2000w)، والمفايد الحديدية (1200w)، فجدّ كفاءة المحول عند الحمل الكامل بمعامل قدرة (0.8) متأخر.

الحلّ

$$P_{out} = S \cdot \cos \phi$$
$$= 100 \times 0.8 = 80 \text{ kW}$$

الخسائر النحاسية : 2kW

الخسائر الحديدية : 1.2kW

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

$$\eta = \frac{80}{80 + 2 + 1.2} \times 100\%$$
$$= 96.2 \%$$

أسئلة الوحدة

١ - اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

(١) يمتاز المحول الرفع للفلوطية بأن:

أ - $N_1 > N_2$. ب - $N_1 \leq N_2$.

ج - $N_1 < N_2$. د - $N_1 = N_2$.

(٢) إحدى الآتية شرط لصحة العلاقة $\frac{V_1}{V_2} = \frac{I_2}{I_1}$:

أ - المفايد النحاسية = المفايد الحديدية . ب - $N_1 > N_2$.

ج - إهمال المفايد . د - $\alpha = 1$.

(٣) كفاءة المحول الأحادي الطور:

أ - تزداد بزيادة الحمل .

ب - تقل بزيادة الحمل .

ج - ترتبط بزيادة الحمل .

د - تكون ذات قيمة عظمى عند قيمة محددة للحمل .

(٤) المحولات الكهربائية المستخدمة في آلات اللحام الكهربائي، هي من نوع:

أ - خافض للفلوطية . ب - رافع للفلوطية .

ج - ذي قلب فرايت . د - التيار .

(٥) يقاس مقرر المحول الكهربائي بوحدة:

أ - kW . ب - kVA .

ج - A . د - kVAR .

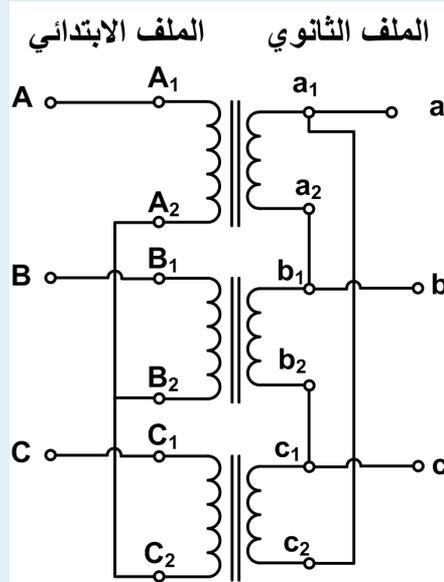
٢ - عرّف المحول الكهربائي، مبيّنًا مبدأ عمله .

٣ - وضح بالرسم تركيب المحول الكهربائي الأحادي الطور .

- ٤ - هل يصلح المحول الكهربائي للعمل بالتيار المباشر؟ علّل إجابتك.
- ٥ - اذكر أنواع المحولات الكهربائية من حيث: الاستخدام، وطريقة التبريد.
- ٦ - ما أنواع المفاتيح في المحولات الكهربائية؟
- ٧ - قارن بين المحول الكهربائي والمحول الذاتي من حيث: التركيب، والاستخدام.
- ٨ - ما أهم استخدامات المحولات الثلاثية الطور؟
- ٩ - وضح بالرسم طرائق توصيل الملفات في المحولات الثلاثية الطور.
- ١٠ - عرّف المفاهيم الآتية:
- أ - مقرر المحول. ب - التيارات الدوامة. ج - كفاءة المحول.
- ١١ - محول أحادي الطور قدرته الظاهرية (1000VA). إذا كانت فولتية ملفه الابتدائي (250V)، وعدد لفاته (400)، فجد (بإهمال المفاتيح) ما يأتي:
- أ - عدد لفات الملف الثانوي للحصول على فولتية (125V).
- ب - التيار الابتدائي، والتيار الثانوي.
- ج - القدرة الفعالة عند تزويده لحمل معامل قدرته (0.85) في حالة الحمل الكامل.
- ١٢ - محول ذاتي قدرته الظاهرية (500VA)، وفولتية مصدره (240V)، ونسبة التحويل فيه (2:1). جد (بإهمال المفاتيح):
- أ - تيار الحمل، والتيار المصدر في حالة الحمل الكامل.
- ب - فولتية الملف الثانوي.
- ١٣ - ارسم دائرة وصل ثلاثة محولات أحادية الطور لعمل محول ثلاثي الطور من نوع (مثلث - نجمة).

- ١٤- محول ثلاثي الطور من نوع (نجمة - نجمة)، فولطيته (11kV / 0.4)، والتيار المسحوب من طرف ملفه الثانوي (100A). جد (بإهمال المفايد) ما يأتي:
- أ - نسبة التحويل.
- ب- تيار الملف الابتدائي.
- ج- القدرة الظاهرية على جانب الملف الثانوي.
- د - كفاءة المحول.

- ١٥- يبين الشكل (١-٢٣) ثلاثة محولات أحادية الطور موصولة لتعمل بفولطية ثلاثية الطور:
- أ - ما نوع توصيلة المحول الثلاثي الطور المكافئ لها؟
- ب- أعد رسم الشكل ليصبح نوع التوصيل (مثلث - نجمة) باستخدام ثلاثة محولات أحادية الطور.
- ج- لماذا يُفضّل استخدام محول ثلاثي الطور واحد مكافئ بالقدرة لثلاثة محولات أحادية الطور؟



الشكل (١-٢٣): السؤال (١٥).



التدريب العملي

عدد الساعات المقترح	اسم التمرين
٧ ساعات	فك محول كهربائي أحادي الطور وإعادة تجميعه.
٧ ساعات	توصيل محول كهربائي أحادي الطور بحمل كهربائي.
٧ ساعات	توصيل محول كهربائي ذاتي أحادي الطور بحمل كهربائي.
٧ ساعات	تشخيص أعطال المحولات الكهربائية الأحادية الطور وإصلاحها.
٧ ساعات	توصيل محول كهربائي ثلاثي الطور بحمل كهربائي.
٣٥ ساعة	المجموع:

النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تميّز بين أطراف الملف الابتدائي والملف الثانوي للمحول الأحادي الطور.
- تفك الأجزاء الرئيسة لمحول كهربائي أحادي الطور.
- تفحص الملف الابتدائي والملف الثانوي للمحول.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محول كهربائي أحادي الطور. ● جهاز أفوميتر. ● مطرقة بلاستيكية. ● صندوق عدّة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١).</p>	<p>١- عاين المحول الكهربائي الأحادي الطور المبيّن في الشكل (١).</p>
 <p>الشكل (٢).</p>	<p>٢- فُكَّ البراغي التي تُثبّت صفائح المحول باستخدام الأداة المناسبة كما في الشكل (٢).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٣).



الشكل (٤).



الشكل (٥).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

٣- فكّ أطراف الملفات المثبتة بتوصيلاتها، مستخدماً المفك أو كاوي اللحام المناسب كما في الشكل (٣).

٤- اسحب الصفائح المعدنية من داخل قالب الملفات، انظر الشكل (٤).

٥- انزع الورق العازل الذي يغطي الملفات، ثم اسحب الملف الابتدائي والملف الثانوي.

٦- أعدّ جميع المحول بعكس خطوات الفك السابقة.

٧- ركب الصفائح جميعها داخل القالب كما في الشكل (٥).

٨- افحص أطراف الملف الابتدائي والملف الثانوي باستخدام جهاز الأومميتر، ثم دوّن القيم وقارنها بالقيم المعيارية.

٩- اكتب تقريراً مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- لماذا تُعزَل صفائح قلب المحول بعضها عن بعض بمادة الورنيش؟
- يُعدّ صدور الضجيج أحد الأعطال الكهربائية للمحولات، ما السبب في رأيك؟
- لماذا توضع صفائح قلب المحول بصورة متعاكسة؟
- كيف يمكن التأكد من عدم وجود قطع في لفات الملف الابتدائي أو الملف الثانوي؟
- ما قراءة جهاز الأومميتر في الحالات الآتية:
 - قطع لفة في الملف الابتدائي؟
 - انهيار العازلية في الملف الثانوي؟
 - وجود تلامس بين أحد الملفات والقلب الحديدي للمحول؟

تمارين الممارسة العملية

- أحضر مجموعة من المحولات الكهربائية، ثم فكّها، وأعدّ تجميعها بإشراف المدرّب.
- أحضر آلة لحام كهربائية، ثم فكّها، وعين أجزائها وافحصها، وأعدّ تركيبها.

التقويم الذاتي

- دوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	أحضرت العدد والأدوات المناسبة.			
٢	تفحصت الهيكل الخارجي للمحول.			
٣	فككت الأغشية الجانبية.			
٤	قست قيم مقاومة الملف الابتدائي والملف الثانوي بصورة صحيحة.			
٥	تفحصت الصفائح المعدنية للقلب الحديدي.			
٦	جمعت المحول مبتدئاً بآخر قطعة فككتها.			
٧	التزمت بقواعد الأمان وتعليمات السلامة والصحة المهنية.			

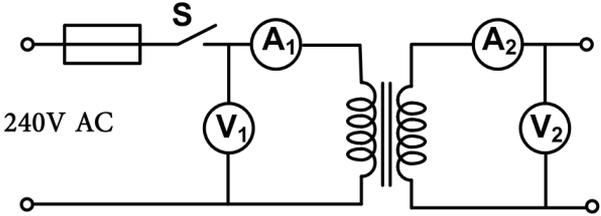
- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

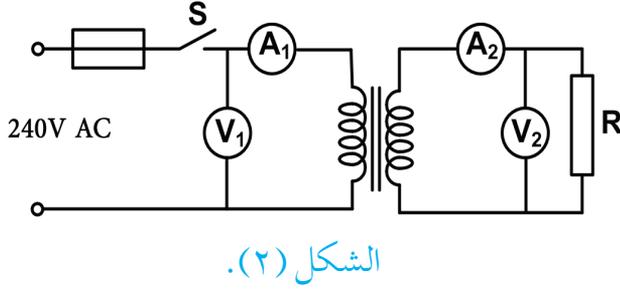
- تستخدم المحولات في دارات كهربائية بسيطة.
- تقيس الفولطية والتيار على أطراف المحول في حالتها: الحمل، واللاحمل.
- تستنتج خصائص المحولات في حالتها: الحمل، واللاحمل.
- توصل أحمالاً كهربائية (مادية، وحثية، وسعوية) بالمحول.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محول أحادي الطور. ● أجهزة قياس الفولطية والتيار. ● حمل كهربائي. ● مصهر حماية. ● مفتاح كهربائي (ON-OFF). ● صندوق عدّة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل قياسها (١,٥) مم².

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١).</p>	<ol style="list-style-type: none"> ١- نفّذ الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (١). ٢- صل المحول بالمصدر الكهربائي بإشراف المعلم. ٣- أدِرْ المفتاح (S) على وضع التشغيل (ON). ٤- دوّن في الجدول (١) قراءات أجهزة القياس في حالة اللاحمل.

الرسوم التوضيحية



خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ٥- افصل المصدر الكهربائي باستخدام المفتاح (S).
- ٦- صل الحمل (100Ω) بالملف الثانوي للمحول كما في الشكل (٢).
- ٧- أدِر المفتاح (S) على وضع التشغيل (ON)، ثم دوّن القراءات الجديدة جميعها في الجدول (١).
- ٨- ضع أحمالاً مختلفة القيمة، ثم دوّن قراءات أجهزة القياس في الجدول (١).
- ٩- ارسم العلاقة بين الفولطية والتيار على أطراف الحمل الكهربائي.
- ١٠- اكتب تقريراً مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

الجدول (١).

V2	A2	V1	A1	قيمه الحمل
				حالة اللاحمل
				100Ω
				$1k\Omega$

التقييم

- ما أهم استخدامات المحولات الكهربائية الأحادية الطور؟
- قارن بين حالي الحمل واللاحمل لمحول كهربائي أحادي الطور من حيث: التيار، والفولطية.

تمارين الممارسة العملية

- صل محوّلًا أحادي الطور بمجموعة من الأحمال الكهربائية، ثمّ قس التيار والفولطية لكلّ حمل على حدة.



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، وِفَق قائمة شطب مُحدَّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تكون قادرًا على أن:

- تميّز المحول العادي من المحول الذاتي.
- تستخدم المحول الذاتي في دارات كهربائية بسيطة.
- تقيس الفولطية والتيار على أطراف المحول الذاتي.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محول ذاتي أحادي الطور (0 - 240Vac). ● أجهزه قياس الفولطية والتيار. ● حمل كهربائي أحادي الطور. ● مصهر حماية. ● مصدر كهربائي أحادي الطور متغيّر القيمة. ● مفتاح كهربائي (On-Off). ● صندوق عدّة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل قياسها (١,٥) مم ٢.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
<p>الشكل (١).</p>	<ol style="list-style-type: none"> ١- نفذ الدارة الكهربائية المبيّنة في الشكل (١). ٢- صل الحمل بالملف الثانوي للمحول كما في الشكل (١). ٣- صل المحول بالمصدر الكهربائي بإشراف المعلم. ٤- أدِر المفتاح (S) على وضع التشغيل (ON). ٥- ثبّت الفولطية (V1) على قيمة (50) فولط، ثم دوّن قراءات أجهزة التيار والفولطية في الجدول (١).

الجدول (١).

A2(A)	V2(V)	A1(A)	V1(V)
			50
			60
			70
			80
			90

٦ - غير قيمة الفولطية (V1) تدريجيًا (٦٠، ٧٠، ٨٠، ٩٠ فولط)، مكرّرًا الخطوات السابقة.

٧ - افصل الفولطية عن المحول.

٨ - ارسم العلاقة ما بين الفولطية والتيار على أطراف الحمل الكهربائي.

٩ - ضع أحمالًا مختلفة القيمة، ثم دوّن قراءات أجهزة القياس في كل حالة على حدة.

١٠ - اكتب تقريرًا مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

١ - احسب معامل التحويل للمحول.

٢ - فيم يُستخدم المحول الذاتي؟

٣ - بماذا يختلف المحول الذاتي عن المحول العادي؟

٤ - قارن بين المحول الكهربائي العادي والمحول الأحادي الطور من حيث: التركيب، والاستخدام.

- صل محوّلًا ذاتيًا أحادي الطور بمجموعة من الأحمال الكهربائية (الحثية - المادية)، ثمّ قس التيار والفولطية في كلّ حالة على حدة.
- أعدّ رسم الدارة الكهربائية في الشكل (١)، مستخدمًا جهاز واطميتر على الملف الابتدائي، وآخر على الملف الثانوي.
- تأكد من صحة التوصيل، ثمّ صل الدارة الكهربائية بإشراف المعلم.
- أعدّ تنفيذ الخطوات السابقة (١ - ٥)، ثمّ دوّن القراءات في الجدول (٢).
- احسب عامل القدرة ($\cos \Phi_2$) من المعادلة:

$$\cos \Phi_2 = \frac{P_2}{V_2 A_2}$$

- هل $P_1 = P_2$ ؟ (لماذا؟)

الجدول (٢).

$\cos \phi_2$	P2(W)	A2(A)	V2(V)	P1(W)	A1(A)	V1(V)
						50
						60
						70
						80
						90

- دوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثمّ قيّم تنفيذك لكلّ خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

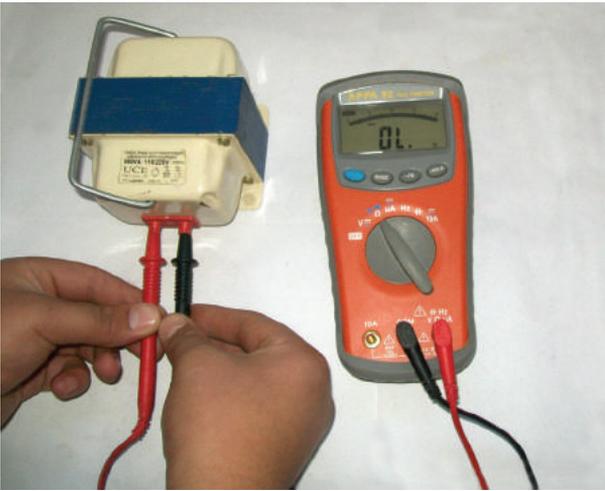
- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تحدد الأعطال الكهربائية للمحول، وتصلحها.
- تفحص الدارات المفتوحة (O.C) في المحول.
- تفحص دارات القصر (S.C) في المحول.
- تفحص دارات التماس الأرضي (الشصي).
- تستخدم آلة لف المحولات.
- تعيد لف محول أحادي الطور.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● آلة لف المحولات. ● محول أحادي الطور. ● كاوي لحام كهربائي. ● جهاز أفوميتر. ● صندوق عدّة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك نحاس (مورنش). ● ورنيش عزل. ● ورق عازل. ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم ٢.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاکمة
 <p>الشكل (١).</p>	<p>أولاً: فحص الدارة المفتوحة</p> <ol style="list-style-type: none"> ١- افصل المحول، وتأكد من عدم وجود فولتية فيه قبل إجراء عملية الاختبار. ٢- اضبط الجهاز لقياس المقاومة كما تعلمت سابقاً. ٣- صل جهاز الأومميتر بأطراف الملفين: الابتدائي والثانوي كما في الشكل (١)، ثم دوّن قيمة المقاومة لكل ملف على حدة.

ستكون الاحتمالات كما يأتي:

أ - إذا وُجد قطع في أحد الملفات، فإنّ مؤشر الجهاز لن يتحرك. عندئذٍ، سيشير التدرّيج إلى مقاومة لا متناهية القيمة.

ب- إذا كانت الملفات سالحة، فإنّ المؤشر سيشير إلى قيمة المقاومة لكلّ ملف (س) أوم.

ج- إذا كان هناك قصر في الملف أو انهيار فيه، فإنّ قراءة الجهاز تدل على مقاومة منخفضة جدًا.

ثانيًا: اختبار دائرة التماس الأرضي (الشصي)

١- اضبط جهاز قياس المقاومة كما تعلمت سابقًا.
٢- صل أحد طرفي جهاز الأومميتر بهيكل المحول، والطرف الآخر بطرف الملف الابتدائي مرة، وطرف الملف الثانوي مرة أخرى كما في الشكل (٢).
ستكون الاحتمالات كما يأتي:

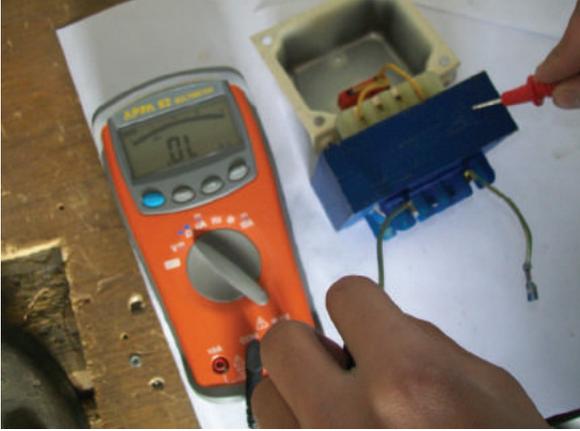
أ - إذا كانت المقاومة المقيسة عالية جدًا، فإنّ المحول يكون صالحًا.

ب- إذا كانت المقاومة المقيسة منخفضة، فإنّ المحول يحتاج إلى صيانة، مثل:

- عزل الملفات عن الشصي.

- انهيار عازل الملفات (أصبحت الملفات

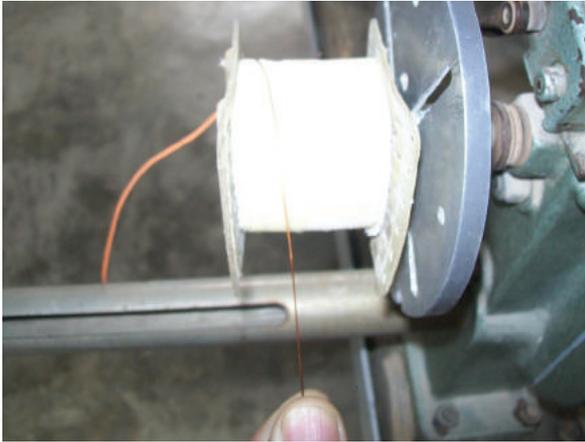
متصل بعضها ببعض، وبالشصي).



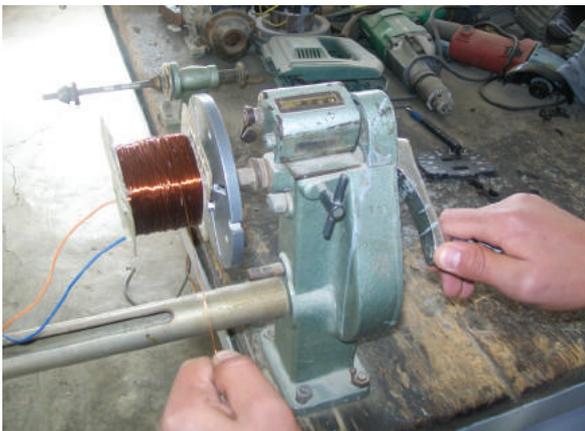
الشكل (٢).



الشكل (٣).



الشكل (٤).



الشكل (٥).

ثالثاً: احتراق ملفات المحول

يحتاج المحول الكهربائي في هذه الحالة إلى إعادة لف الملفات التالفة، وذلك على النحو الآتي:

١- دوّن فولطية الملف الابتدائي للمحول، وفولطية الملف الثانوي.

٢- فُكّ المحول مستخدماً العدد المناسبة.

٣- انزع الغلاف الخارجي العازل عن الملفين: الابتدائي، والثانوي.

٤- ابدأ بفك الملفات، ثم دوّن قطر السلك، وعدد الملفات للملفين: الابتدائي، والثانوي (إن أمكن ذلك)، أو عدّد أحد الملفات، وتعرّف عدد لفات الملف الثاني من علاقة المحول.

٥- نظّف قالب اللف جيداً من بقايا الأسلاك والورنيش.

٦- ركّب قالب اللف جيداً على عمود آلة اللف كما في الشكل (٣).

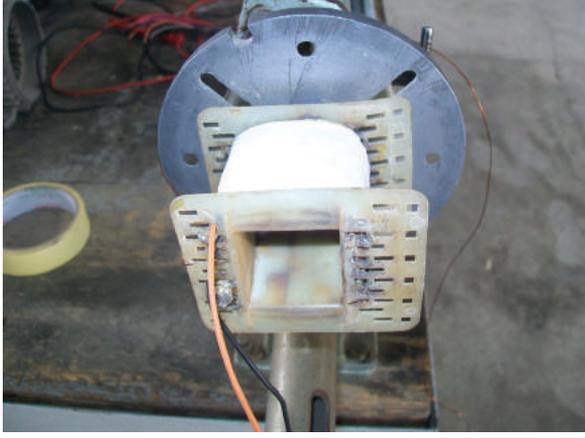
٧- أدِرْ عدّاد آلة اللف على وضع الصفر.

٨- ثبّت طرف سلك اللف بقالب اللف باتجاه دوران العمود نفسه كما في الشكل (٤).

٩- ابدأ بعملية لف الملفات كما في الشكل (٥).

١٠- لاحظ قراءة عدّاد الملفات حتى تحصل على عدد الملفات المطلوب.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٦).



الشكل (٧).



الشكل (٨).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

١١- بعد الانتهاء من لف الملف الابتدائي، اعزل الملف بطبقة من ورق العزل كما في الشكل (٦).

١٢- لفّ الملف الثانوي باتباع الخطوات السابقة نفسها.

١٣- عرّ أطراف الملفين: الابتدائي، والثانوي من العازل (الورنيش) بوساطة سكين التعرية أو ورق الحفّ (الصفرة).

١٤- احم أطراف الملفات مستخدمًا أسلاك توصيل قياسها ١,٥ مم ٢ كما في الشكل (٧).

١٥- اعزل الأسلاك بوساطة المكرونة (مكان اللحام) كما في الشكل (٨).

١٦- أعدّ تجميع المحول، وركّب الصفائح المعدنية كما في التمرين الأول.

١٧- افحص الملفات باستخدام جهاز الأومميتر بحيث يعطي الجهاز قيمة مقاومة كل ملف.

١٨- صل - بإشراف المعلم - المحول بمصدر تيار كهربائي (الملف الابتدائي)، ثم قس فولتية الملف الثانوي وقارنها بالفولتية المدوّنة على لوحة بيانات المحول.

١٩- اكتب تقريرًا مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم



الشكل (٩).

- يبيّن الشكل (٩) أحد أعطال المحولات الكهربائية، حدّد هذا العطل.
- ما الأسباب التي تؤدي إلى تلف ملفات المحول؟
- كيف تتحقّق من تلف الملفات؟
- اذكر النتائج المترتبة على عدم تركيب الصفائح المعدنية كاملة عند إعادة تجميع مكونات المحول.

تمارين الممارسة العملية

- أحضر مجموعة من المحولات المتباينة القدرة، ثمّ اعمل الفحوص السابقة جميعها.
- أعدّ لف محول (١٢٠/٢٤٠ فولط) بإشراف المعلم.
- أحضر محولاً ثلاثي الطور، ثمّ افحص ملفاته.

التقويم الذاتي

- دوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثمّ قيّم تنفيذك لكلّ خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين:

– تنفيذ التوصيلات المختلفة للمحولات الثلاثية الطور في الدارات الكهربائية.

مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
<ul style="list-style-type: none"> • أسلاك توصيل قياسها (٢,٥) مم². 	<ul style="list-style-type: none"> • محول ثلاثي الطور من نوع (نجمة- مثلث). • محرك كهربائي ثلاثي الطور. • مفتاح تشغيل ثلاثي الطور. • مصهرات حماية. • أجهزة قياس التيار والفولطية. • صندوق عدّة.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
<p>١ – تتبع دائرة التوصيل المبينة في الشكل (١)، ثمّ صل أجهزة قياس الفولطية والتيار كما هو مبين في هذا الشكل.</p> <p>٢ – صل أطراف المفتاح الكهربائي (Q1) بملفات المحول الابتدائية.</p> <p>٣ – صل أطراف الملف الثانوي بأطراف المحرك.</p> <p>٤ – أغلق المفتاح الكهربائي (Q1) بإشراف المعلم.</p> <p>٥ – قس تيار الخط، والتيار الطور، وفولطية الخط، وفولطية الطور على أطراف المحول.</p> <p>٦ – دوّن القيم التي توصلت إليها من توصيل أجهزة القياس، لكل من: التيار، والفولطية، في الجدول (١).</p>	<p>الشكل (١).</p>

الجدول (١).

حساب		فولتية الخط (I_L)	فولتية الخط (V_L)	محول ثلاثي الطور
I_{ph}	V_{ph}			قراءة الملف الابتدائي
				قراءة الملف الثانوي

- ٧ - افصل التيار الكهربائي بوساطة المفتاح الكهربائي (Q1).
- ٨ - افصل المحرك الكهربائي عن المحول.
- ٩ - صل حملاً مادياً (ثلاثة مصابيح عادية، قدرة كل منها ١٠٠ واط) بتوصيلة النجمة بالمحول، ثم كرر الخطوات السابقة: (٤)، و(٥)، و(٦)، و(٧).
- ١٠ - اكتب تقريراً مفصلاً عما قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ماذا يحدث عند انقطاع أحد الأطوار في الملف الابتدائي للمحول في أثناء تشغيل المحرك؟
- في أي توصيلة يسحب المحرك تياراً أعلى: النجمة أم المثلث؟
- هل يمكن توصيل ثلاثة محولات أحادية الطور لتشكّل محولاً ثلاثي الطور؟ وضح ذلك بالرسم.
- لماذا لا تقاس قدرة المحول بالواط؟ علّل ذلك.

- أعدّ توصيل المحول الثلاثي الطور بتوصيلة (مثلث - نجمة) بإشراف المعلم.
- أعدّ تنفيذ الخطوات السابقة من (١) إلى (٧) بإشراف المعلم، ثمّ دوّن القراءات في الجدول.
- أعدّ توصيل المحول الثلاثي الطور بتوصيلة (مثلث - مثلث)، ثمّ صل جهازي واطميتر بالملف الابتدائي، وجهازين آخرين بالملف الثانوي، وتأكد من التوصيلة بإشراف المعلم.
- دوّن القدرتين: الداخلة والخارجة، ثمّ احسب الفرق بينهما (ماذا يُسمّى هذا الفرق؟).
- جدّ كفاءة المحول.

التقويم الذاتي

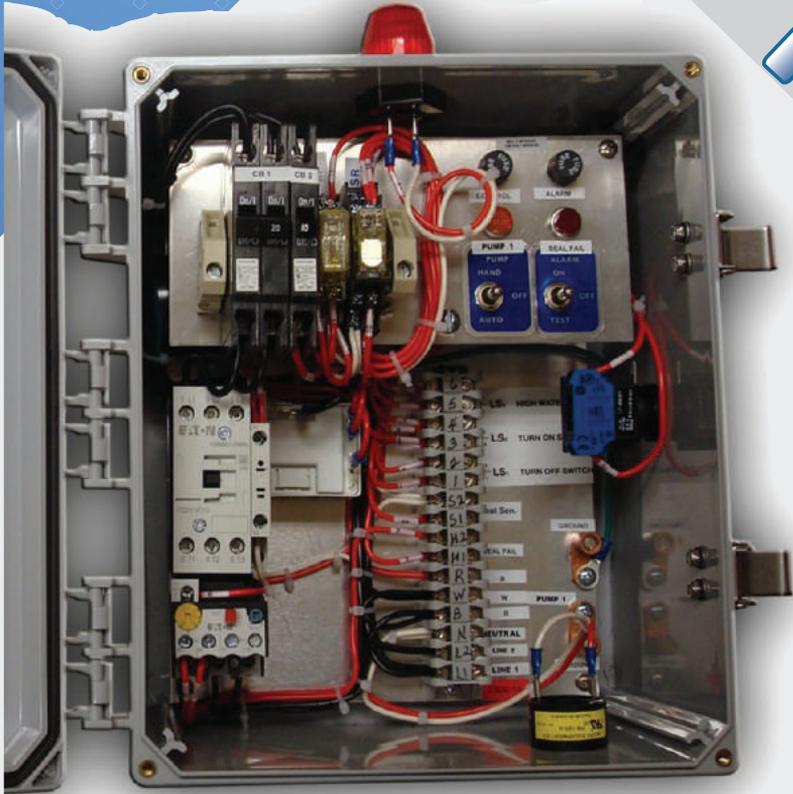
- دوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثمّ قيّم تنفيذك لكلّ خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

الوحدۃ الثانية

دارات التحكم والحماية



- ما الهدف من استخدام وسائل الحماية الكهربائية في المنازل؟
- كيف يمكن حماية الأجهزة الكهربائية من الأعطال الكهربائية؟

يُعدّ التحكم في طرائق تشغيل الآلات الكهربائية وإيقافها وحمايتها، أحد الأمور المهمة في العمليات الصناعية؛ نظرًا إلى تأثيره المباشر في حماية المعدات الكهربائية. ستدرس في هذه الوحدة أجهزة الحماية المستخدمة في الدارات الكهربائية، وأجهزة التحكم المختلفة، والحساسات الكهربائية، ودارت التحكم في تشغيل المحركات الكهربائية الأحادية والثلاثية الطور وإيقافها وكبحها، وذلك باستخدام المفاتيح اليدوية والمفاتيح التلامسية.

يُتوقَّع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف أهمية المجسات المستخدمة في الدارات الكهربائية.
- تدرس بعض أنواع المجسات الكهربائية، وتميز بينها.
- تتعرف أهمية أجهزة الحماية المستخدمة في دارات التحكم الكهربائية (مرحلات التيار، ومرحلات الفولطية).
- تتعرف كيفية حماية المحركات الكهربائية.
- تتعرف مبدأ عمل المفاتيح اليدوية في ما يخص تشغيل المحركات الأحادية والثلاثية الطور، وإيقافها، وطرائق توصيلها.
- تتعرف مبدأ عمل المفاتيح التلامسية والمرحلات المغناطيسية، وأجزائها، واستخداماتها.
- تميز دائرة التحكم من دائرة التشغيل.
- تتعرف طرائق تشغيل المحركات الكهربائية الأحادية والثلاثية الطور باستخدام المفاتيح التلامسية.
- تتعرف طرائق الفرملة (الكبح) للمحركات الكهربائية المختلفة.
- تتعرف أعطال دارات التحكم الكهربائية، ومسبباتها، وكيفية إصلاحها.
- تشغل محركًا أحادي الطور بصورة يدوية، وتعكس اتجاه دورانه.
- تشغل محركًا ثلاثي الطور بصورة يدوية، وتعكس اتجاه دورانه.
- تشغل محركًا ثلاثي الطور بتوصيلة (نجمة - مثلث) بصورة يدوية.
- تشغل محركًا ثلاثي الطور من سرعتين بصورة يدوية.
- تشغل محركًا أحادي الطور باستخدام المفاتيح التلامسية، وتعكس اتجاه دورانه.
- تشغل محركًا ثلاثي الطور باستخدام المفاتيح التلامسية، وتعكس اتجاه دورانه.
- تشغل محركًا ثلاثي الطور بتوصيلة (نجمة - مثلث) باستخدام المفاتيح التلامسية، وضواغط التشغيل والإيقاف، والمؤقت الزمني.
- تشغل محركًا ثلاثي الطور من سرعتين (متصل / منفصل) باستخدام المفاتيح التلامسية.
- تشغل محركين ثلاثي الطور؛ أحدهما رئيس، والآخر احتياطي باستخدام المفاتيح التلامسية.
- تشخص أعطال دارات التحكم، وتصونها.

المجسات والمفاتيح الكهربائية

يُعرف المجس (الحساس) بأنه جهاز يحوّل المقادير الفيزيائية إلى مقادير كهربائية، مثل تحويل الحرارة والضغط والإضاءة إلى قيم فولتية أو تيار يمكن التحكم فيه. أصبحت المجسات في وقتنا الحاضر عنصراً أساسياً فاعلاً في التطبيقات الصناعية. ويتطلع العاملون في المجال الصناعي إلى اليوم الذي تصبح فيه المجسات بديلاً عن العامل الذي يتحكم في مختلف مناحي العملية الإنتاجية، مثل: تحديد صلاحية القطع والأدوات، ومدى توافرها وجاهزيتها. تُستخدم المجسات الكهربائية في المجالات الصناعية التي تزود نظام الحاكنات المنطقية المبرمجة (PLC: Programmable Logic Controllers) ببيانات على شكل قيم تيار، أو فولتية؛ للتحكم في حركة الآلات وتتابعها، إذ يُعدّ نظام (PLC) أكثر سرعة ودقة في العمل وإنجاز المهام، كما يعمل على اكتشاف عمليات المعالجة وتفحصها بنفسه. وفي ما يأتي بعض أنواع المجسات والمفاتيح الكهربائية:

١- المفاتيح الحدية (Limit Switches)

تُسمّى هذه المفاتيح أيضاً مفاتيح نهاية الشوط، ويتكوّن الواحد منها من مفتاح عادي ذي ملامس مفتوح، أو ملامس مغلق، أو أكثر. والاختلاف الوحيد بينه وبين المفتاح العادي هو أنّ شكل رأس المفتاح العادي مصمم للضغط عليه بأصابع اليد. أمّا رأس مفتاح نهاية الشوط فهو متعدّد تبعاً لطبيعة عمله.

تمثّل وظيفة مفتاح نهاية الشوط في فصل دائرة كهربائية أو وصلها عند وصول الحمل إلى مسافة محدّدة. فأيّ محرك يُحرّك - عند دورانه - حملاً معيناً حركة رأسية أو عمودية، ويجب أن يكون لهذه الحركة حدود. فمثلاً، يتعيّن على المصعد أن يتوقف في أثناء صعوده عند نقطة معينة، وزمن التوقف هذا لا يمكن حسابه على نحوٍ دقيق؛ إذ قد تتغيّر قيمة هذه المسافة، ولو قليلاً، بسبب زيادة الحمل مثلاً. لذا، يُثبّت مفتاح نهاية الشوط عند نقطة معينة دائماً. وعند وصول الحمل إلى هذه النقطة، يضغط جزء بارز على هذا المفتاح، ممّا يؤدي إلى تعيّر وضع الملامسات، فيعمل على إيقاف محرك آخر أو تشغيله، انظر الشكل (٢-١).



الشكل (٢ - ١): بعض أشكال مجس مفاتيح نهاية الشوط (Limit Switch).

٢- المجسات الاقترابية (Proximity Sensors)

إن استخدامات المجسات الاقترابية الموضحة في الشكل (٢-٢) تماثل إلى حد ما استخدامات مفاتيح نهاية الشوط، لكنّها تختلف عنها من حيث مبدأ العمل، والمواد صفت؛ إذ لا تحتاج هذه المجسات إلى تلامس أو ضغط ميكانيكي كما هو الحال في مفاتيح نهاية الشوط، ويكتفى فيها باقتراب الحمل من المجس، أو دخوله مجال حساسيته، ليتغيّر وضع ملامسات المجس.



الشكل (٢-٢): أشكال بعض المجسات الاقترابية.

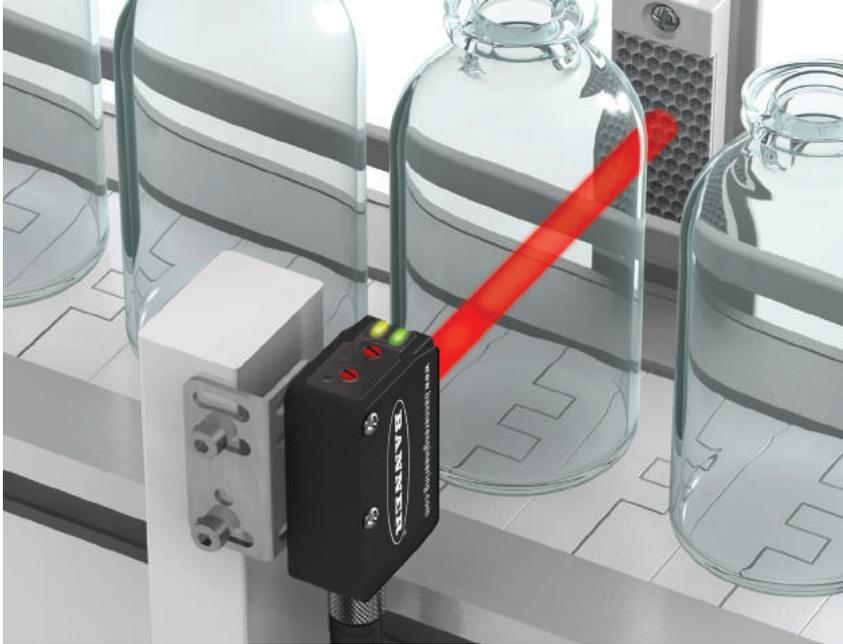
توجد أنواع عدّة من المجسات الاقترابية؛ فمنها ما يستشعر الأجزاء الحديدية فقط مثل المجسات الاقترابية الحثية (Inductive Proximity Sensor)، ومنها ما يستشعر الأجزاء العازلة (كالبلاستيك والكرتون) مثل المجسات الاقترابية السعوية (Capacitive Proximity Sensor). أمّا بالنسبة إلى مدى حساسية مثل هذه الأنواع فقصير يقاس بالمليمتر، أو بعدد قليل من السنتيمترات.

مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن أشكال واستخدامات أخرى للمجسات الحدية، والمجسات الاقترابية، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.

٣- المجسات الكهروضوئية (Photoelectric Sensors)

تُستخدم المجسات الكهروضوئية في الآلات التي تفصل بين أجزائها مسافات كبيرة، وهي تتكوّن من جزأين: مُرسل، ومُستقبل؛ إذ يُنْبَت المُرسل في بداية المسافة، والمُستقبل في نهايتها، ثم يبعث المُرسل شعاعًا إلى المُستقبل، فإذا قطع هذا الشعاع أي شيء، فإنّ المجس يغيّر من وضع ملامساته. ويبيّن الشكل (٢-٣) أحد أنواع المجسات.

تُستخدم هذه المجسات في السلالم المتحركة، والأبواب الكهربائية للمصاعد، وقد تصل مسافة استشعار بعضها إلى أمتار عدّة.



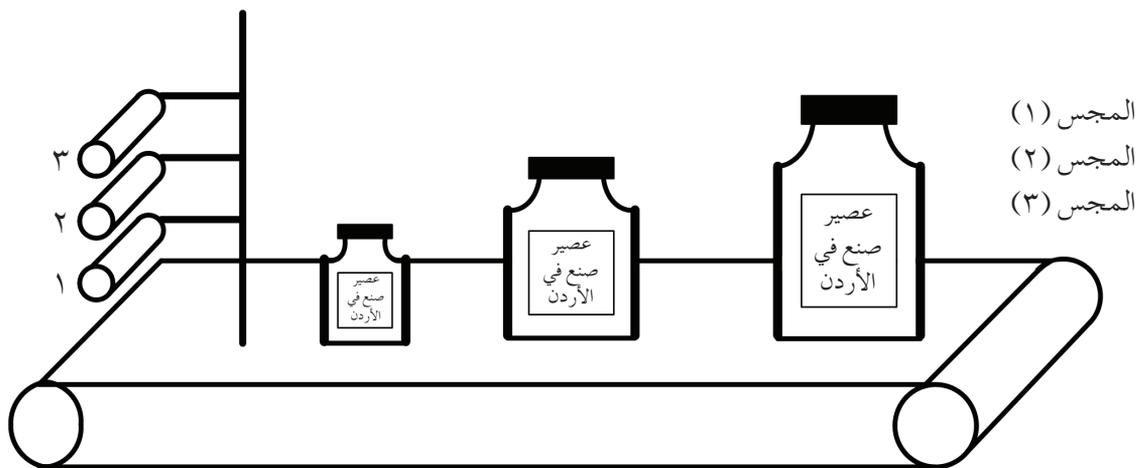
الشكل (٢-٣): مجس كهروضوئي.

من الاستخدامات الشائعة للمجسات الكهروضوئية فحص المواد الغذائية؛ إذ إنّها تفحص الأجزاء المتحركة في خطوط تعبئة المواد الغذائية، بوضعها (المجسات) على طول الخط

المتحرك الناقل للمواد الغذائية، فيرسل نظام الحاكمت المنطقية المبرمجة (PLC) إشارة حين تكون عناصر المواد الغذائية في أمكنتها، دلالة على جاهزيتها للاستخدام، وتُدعى هذه العملية فحص الوجود؛ أي التحقق من وجود العنصر المستهدف أو عدم وجوده.

يمكن أيضًا استخدام مجسات بسيطة لتحديد حجم المنتج الموجود. فمثلاً، إذا كان أحد المصانع يُنتج أصنافاً غذائية معينة بثلاثة حجومات ضمن السير المتحرك نفسه، وكانت هذه الأصناف تتحرك على خط النقل بشكل عشوائي؛ فإنه يتعين على نظام التحكم تحديد حجم المنتج المار، وذلك عند وصول كل حزمة إلى نهاية الخط. ويمكن فعل ذلك بواسطة ثلاثة مجسات تُحدّد المنتج الموجود.

وتأسيساً على ذلك، يمكن القول إنّ عمل مجس واحد فقط يعني مرور المنتج الأصغر، وإنّ عمل مجسين اثنين يعني مرور المنتج المتوسط الحجم، وإنّ عمل ثلاثة مجسات يعني مرور المنتج الأكبر حجمًا، انظر الشكل (٢-٤).

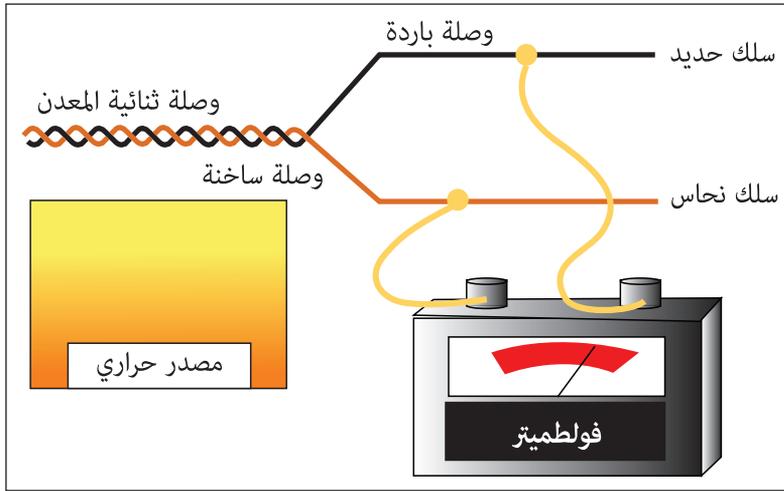


الشكل (٢-٤): مبدأ عمل المجسات.

وقد تُستعمل المجسات للتحقق من حالة الأوعية ومدى امتلائها. على سبيل المثال، فإنّ زجاجات أقراص الأسبرين تتحرك على خط نقل وهي مُغلّفة بغُلف رقيقة معدنية مغطاة، ثمّ تصل إلى مجس يمكنه أن يتحسسها جيّدًا عبر الفجوات؛ لضمان امتلائها بأقراص الأسبرين.

٤- مجس الازدواج الحراري (Thermocouple)

يتكوّن هذا المجس من معدنين يختلفان في معامل التمدد الطولي، انظر الشكل (٢ - ٥). فعند اتصال معدنين مختلفين في عامل التمدد الطولي تتولد فولتية صغيرة، انظر الشكل (٢ - ٦)، ثم توصل بدايتهما، ويوضعان في المنطقة التي يراد قياس درجة حرارتها. حينئذ، تتولد فولتية بالملي فولط (mV) تتناسب مع مقدار درجة الحرارة. وبعبارة أخرى، كلّما زاد الفرق في درجات الحرارة بين الوصلة الباردة والمنطقة التي يراد قياس درجة حرارتها، كانت الفولتية المتولدة أعلى؛ أي إنّ فولتية الخرج تناسب مقدار الاختلاف في درجة الحرارة ما بين الوصلات الباردة والساخنة.



الشكل (٢-٦): مبدأ عمل حسّاس الازدواج الحراري.

الشكل (٢-٥): مجس ازدواج حراري.

٥- المقاومة ذات المعامل الحراري الموجب (PTC: Positive Temperature Coefficient)

تزوّد بعض المحركات بنظام حماية حرارية يتكوّن من شريحة ثنائية المعدن تعمل على فصل ملفات المحرك عند ارتفاع درجة حرارة الملفات، في حين تزوّد محركات أخرى بمقاومة حرارية (PTC) تتغيّر قيمتها بتغيّر درجة الحرارة؛ فكلّما زادت الحرارة ارتفعت قيمة مقاومتها.

لا توصل أطراف المقاومة (PTC) بدارة التحكم مباشرة، إنّما توصل بدارة إلكترونية خاصة تستشعر التغيّر في قيمة المقاومة، فتفصل عند وصول قيمة مقاومة (PTC) حدًا معينًا يدل على ارتفاع درجة حرارة ملفات المحرك، انظر الشكل (٢-٧).



الشكل (٢-٧): أحد أشكال المقاومة (PTC).

توضع مجسات (PTC) داخل المحرك الثلاثي الطور بحيث تلامس ملفاته، وغالبًا ما تكون ثلاثة مجسات يلامس كلٌّ منها ملفات أحد الأطوار، وبعد وصلها معًا بالتوالي يخرج منها طرفان على لوحة المحرك الاسمية. أما المحركات الأحادية الطور فيوضع داخلها مجس (PTC) واحد.

وفي حال كان المحرك لا يحوي داخله مجس (PTC) فيمكن حمايته من ارتفاع درجة الحرارة، بتركيب مجس (PTC) على نحو يلامس جسم المحرك من الخارج. كما يمكن الاستفادة من هذا المجس في حماية الدارات الكهربائية المختلفة من ارتفاع درجة الحرارة.

٦- المجس الحساس بالضغط (Pressure Transmitter)



الشكل (٢-٨): جهاز تحكم في الضغط.

يعمل هذا المجس على تحويل مقدار الضغط إلى إشارة كهربائية بالملي أمبير (mA)، انظر الشكل (٢-٨)، وهو يُستخدم في خط جريان السائل للتحكم في ضغط منطقة ماء، وقياس معدل جريان الهواء والغاز (Flow Rate)؛ إذ يؤثر ضغط السائل أو الغاز المراد قياسه في طرفه الحساس، مما يؤدي إلى تحرك هذا الطرف نحو الداخل، وهو طرف مرتبط بصفيحة معدنية موازية لصفيحة أخرى.

تجدر الإشارة إلى أنه يمكن حساب قيمة المواسع الناتج (تغيّر قيمته نتيجة تغيّر المسافة بين الصفيحتين)، ثم تحويلها إلى إشارة تماثلية بالملي أمبير (mA)، لكي تتلاءم مع أجهزة (PLC).

٧- مفتاح الطفو (Float Switch)

يُستعمل هذا المفتاح للتحكم في مستوى سائل ما. فعند وصول السائل إلى مستوى معين يتغيّر وضع الملامسات من فتح (NO) إلى إغلاق (NC) أو العكس، ويستفاد من هذا التغيّر في دارات التحكم، انظر الشكل (٢-٩/أ-ب).



(ب) طافية التحكم في السوائل.



(أ) مكونات طافية التحكم في مستوى السوائل.

الشكل (٢-٩): طافية التحكم الكهربائية ومكوناتها.



الشكل (٢-١٠): مجس تحكم في ضغط السوائل.

٨- مفتاح التحكم في الضغط (Pressure Switch)

عند ضبط هذا المفتاح على قيمة محددة (ضغط سائل، أو غاز) يتغير وضع الملامسات من إغلاق (NC) إلى فتح (NO) أو العكس، ويستفاد من هذا التغير في التحكم الكهربائي؛ إذ يُستخدم في ضاغطات السوائل أو الغازات، انظر الشكل (٢-١٠).

٩- مفتاح التدفق (Flow Switch)

هو مفتاح يستشعر مرور السوائل، فيسمح بسريان السائل في مسار معين، ولا يسمح بعودته من المسار نفسه.

يحتوي مفتاح التدفق على دائرة إلكترونية تعمل على تغيير وضع ملامسات الجهاز من فتح إلى إغلاق أو العكس، حيث يُغلق المسار عند سريان السائل في الاتجاه المعاكس، انظر الشكل (٢-١١).



الشكل (٢-١١): جهاز تحكم.

١٠- كاشف الأشعة فوق البنفسجية (Ultra Violet Detector:UVD)



يُستخدَم هذا الكاشف في الحارقات والأعمال الصناعية المختلفة، وهو يعمل على استشعار وجود لهب عن طريق الأشعة فوق البنفسجية، ما يؤدي إلى تغيير وضع ملامساته. ويتمثل مبدأ عمله في فصل دائرة التحكم التي تعمل على تزويد الدارة بسائل الاحتراق لضمان عدم حدوث حرائق، انظر الشكل (٢ - ١٢).

الشكل (٢ - ١٢): عدسة (UVD).

١١- الخلية الضوئية (Photocell)



هي مقاومة ضوئية تعتمد قيمتها على مقدار الضوء المسلط عليها، ويتكوّن سطحها من مقاومة حسّاسة للضوء، يعتمد مقدار توصيلها على شدة الضوء المسلط عليها. يُطلق على هذه الخلية اسم المقاومة الضوئية (Photo Resistor or Photocell)، وهي تُستخدَم في نظام تشغيل الإنارة الضوئي الموجود في الشوارع أو المنازل، انظر الشكل (٢-١٣).

الشكل (٢ - ١٣): خلية ضوئية.

سؤال

- ما الفرق بين الخلية الضوئية والمجسات الكهرضوئية؟

نشاط (٢-٢)

اكتب تقريرًا عن أنواع أخرى من المجسات الكهربائية، ثم عرضه على زملائك في الصف.

أنظمة الحماية

درست في مستويات سابقة بعض أجهزة الحماية، مثل: المصهرات، والقواطع الكهربائية، وستدرس في هذه الوحدة بعض هذه الأنواع وغيرها بشيء من التفصيل.

تُعَدُّ أنظمة الحماية الكهربائية من المكونات الأساسية لأيِّ دارة كهربائية. فهي المسؤولة عن حماية عناصر الدارة الكهربائية عند حدوث خلل فيها، أو قصر، أو زيادة في التيار، علمًا بأنَّ لكلِّ دارة كهربائية نظام حماية مناسبًا لها.

تتراوح أنظمة الحماية بين أنظمة بسيطة لا تتعدى بعض المصهرات (Fuses) لحماية بعض خطوط الدارات ذات الفولطية المنخفضة والمتوسطة، وأنظمة حماية معقدة لحماية الدارات الكهربائية ذات الفولطيات العالية.

يُعرَف نظام الحماية بأنه النظام الذي يكشف الأعطال وأوضاع التشغيل غير العادية، ويعمل على إرسال إشارة إلى العناصر المسؤولة عن فصل الجزء الذي حدث فيه العطل، حيث تعمل هذه العناصر على فصل هذا الجزء عن بقية مكونات الدارة الكهربائية.

١ - المتطلبات الأساسية لأنظمة الحماية (Basic Requirements of Protection System)

في ما يأتي أبرز المواصفات والمعايير التي ينبغي توافرها في أنظمة الحماية:

أ - الاعتمادية (Reliability): يمكن الحكم على نظام حماية بأنه معتمد إذا تمكّن من:

١. التعامل مع الأعطال بصورة صحيحة، وهو ما يُعرَف بالاعتمادية.

٢. تحديد الوقت اللازم لتشغيل نظام الحماية، وهو ما يُعرَف بالأمان.

ب - السرعة (Speed): يُقصد بالسرعة استجابة أجهزة الحماية للظروف غير الطبيعية في أقل وقت ممكن.

ج - الانتقائية (Selectivity): هي مقدرة أجهزة الحماية على التمييز بين العطل في المنطقة المحمية والحالات الطبيعية، أو العطل في مكان آخر من المنظومة الكهربائية؛ أي قدرة أنظمة الحماية على توفير أفضل أداء للعمل، وأقل فصل ممكن لنظام القوى.

د - البساطة والجدوى الاقتصادية.

هـ - الثبات (Consistency): هو قدرة المرحل على استعادة خصائصه الكهربائية والزمنية في كل حالة عمل.

و - الحساسية (Sensitivity): هي قدرة جهاز الحماية على استشعار أقل قيمة ممكنة للمتغير المحكوم.

ز - الملاءمة (Adequateness): يُقصد بها قدرة جهاز الحماية على اكتشاف أعطال بعينها؛ فلو كان الجهاز مصممًا على نحوٍ يُمكنه من اكتشاف أنواع الأعطال جميعها لكانت تكلفته مرتفعة جدًا.

يخضع اختيار نظام الحماية للعوامل الآتية:

١ . القيمة الاسمية للعنصر المحمي.

٢ . مكان هذا العنصر وتكلفته.

٣ . احتمال التعرض لحالات تشغيل غير عادية نتيجة أسباب داخلية أو خارجية.

٢- عناصر الحماية المستخدمة في أنظمة التحكم الكهربائية

لكل مجال تقني مفرداته ومصطلحاته التي يتعين على المتخصصين الإلمام بها لتسيير أعمالهم اليومية بصورة طبيعية. وفي ما يأتي بعض المصطلحات الخاصة بأنظمة الحماية الكهربائية:

أ - المصهر (Fuse): يتكوّن المصهر في أبسط صورته من سلك دقيق قصير من معدن مركّب في حامل معزول، وينصهر هذا السلك إذا زاد التيار الساري فيه على قيمة معينة.

ب- القواطع الكهربائية (Circuit Breaker): هي مفاتيح تعمل على فتح الدارة الكهربائية في ظروف التشغيل العادية، وغير العادية.

ج- المرحل (Relay): هو جهاز يتيح وصل الدارة الكهربائية وفصلها، ويُعدّ أحد المكونات الرئيسية لنظام الحماية، وتوجد أنواع عديدة منه تتباين في ما بينها من حيث الاستخدام.

د - مرحل الحماية (Protective Relay): يُستخدم هذا المرحل لحماية المعدات والأجهزة الكهربائية، ويحتوي أساسًا على ملف وملاسمات، ويُضبط على قيمة معينة للكمية الكهربائية التي تسمح للملاسمات بالإغلاق عندها، كما يُصدر إشارة كهربائية لبدء تشغيل دارة الإنذار، أو دارة الفصل، أو كليهما معًا.

هـ - المرحلات الرئيسية (Main Relays): هي المرحلات التي يُعهد إليها حماية قسم محدّد بصورة أساسية.

و - المرحلات الأولية (Primary Relays): هي المرحلات التي توصل مباشرة بالدارة المحمية.

ز - المرحلات الثانوية (Secondary Relays): هي المرحلات التي توصل بالدارة المحمية عن طريق محولات التيار، أو الفولطية، أو كليهما معًا.

ح - مرحل القياس (Measuring Relay): يُضبط هذا المرحل على قيمة معينة. وعند وصول الكمية الكهربائية إلى هذه القيمة، يعمل المرحل قياسات معينة خاصة بنظام الحماية.

ط - المرحلات اللحظية (Instantaneous Relays): هي المرحلات التي تعمل (تعطي أمر الفصل) مباشرة من دون أيّ تأخير زمني.

ي - مرحلات التأخير الزمني (Delay Relays - Time): هي المرحلات التي تعمل بعد فترة تأخير زمني، وذلك بوسائل تأخير مختلفة.

ك - المرحلات الستاتية (Static Relays): تتكوّن هذه المرحلات من أشباه الموصلات (Semi-conductors)، أو بعض الدارات المغناطيسية الخاصة، وهي لا تحتوي على ملامسات متحركة.

نشاط (٢-٣)

مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن مواصفات ومعايير أخرى لحماية الدارات الكهربائية، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.

المصهرات

يُمثّل المصهر الكهربائي نقطة ضعف وُضعت عمدًا في الدارة الكهربائية لحمايتها من تجاوز شدة التيار الحدّ المسموح به. يتكوّن المصهر في أبسط صورته من سلك دقيق قصير من معدن مرّكب في حامل معزول، حيث ينصهر السلك إذا زاد التيار الذي يسري خلاله على قيمة معينة، فتفتّح الدارة.



الشكل (٢-١٤): بعض أشكال المصهرات الكهربائية.

تُعدّ المصهرات من أجهزة الحماية البسيطة في الشبكات ذات الفولتية المنخفضة والمتوسطة، وهي تُستخدم في الأجهزة الكهربائية والمنزلية، مثل التلفاز والحاسب الآلي وغيرهما، وتتميز ببساطتها، وانخفاض ثمنها، وطول عمرها التشغيلي، وعدم حاجتها إلى الصيانة.

يعمل المصهر الواحد في طور واحد (Single Phase) فقط؛ إذ لا يمكنه فصل الأطوار الثلاثة (Three Phase) للدارات الكهربائية في وقت واحد، ويُعدّ ذلك أحد عيوبه الرئيسية، انظر الشكل (٢-١٤).

١- المعايير والمواصفات الواجب توافرها في المصهرات

في ما يأتي أبرز المواصفات والمعايير التي ينبغي توافرها في المصهر:

أ - عمل المصهر بسرعة عالية؛ للحدّ من التلف الذي قد يصيب الأجهزة المراد حمايتها نتيجة لزيادة تيار العطل.

ب- حماية المصهر للأجهزة المحيطة من تيار العطل، ومن القدرة الحرارية المنتشرة عند عمله.

ج- احتواء المصهر على عازلية عالية؛ للتمكن من تحمّل فولتية الاستعادة (Recovery Voltage).

د - عمل المصهر في الظروف التشغيلية الممكنة جميعها.

هـ- محافظة المصهر على كفاءته في العمل، وعدم تغيّر خصائصه بمرور الزمن.

٢- مبدأ عمل المصهرات

تعمل المصهرات نتيجة انصهار عنصر قابل للانصهار عند زيادة التيار على قيمة محدّدة وخلال زمن مناسب، وهي تُستعمل للحماية من فرط التيار (Over Current)، ومن تيار القصر (Short Circuit Current).

٣- المفاهيم الخاصة بالمصهرات

في ما يأتي أبرز المفاهيم الخاصة بالمصهر:

أ- وصلة المصهر (Fuse Link): يتضمن المصهر عنصرًا أو عناصر عدّة توصل على التوازي ضمن خرطوشة أو أسطوانة احتراق مملوءة بمادة مخمدة للقوس الكهربائي.

ب- التيار المقرر (Rated Carrying Current): هو أكبر تيار يمكن أن يمر بالمصهر من دون أن ينصهر. وتعتمد قيمة هذا التيار على الارتفاع المسموح به في درجة حرارة وصلات المصهر، وعلى حالة المصهر (تقادمه بسبب الأكسدة).

ج- تيار الصهر (Fusing Current): هو أقل تيار يسبب صهر معدن المصهر، ويعتمد ذلك على نوع مادة عنصر المصهر، وطولها، ومساحة مقطعها، وحجم أطراف المصهر، ومكانها، ونوع غلاف المصهر، وشكل مقطع المصهر، وحالة أسلاك المصهر (مجدولة أم لا)؛ إذ يزيد التيار نسبيًا بزيادة عدد الأسلاك المجدولة، ويُعزى ذلك إلى تركّز الحرارة بين هذه الأسلاك، انظر الجدول (٢ - ١).

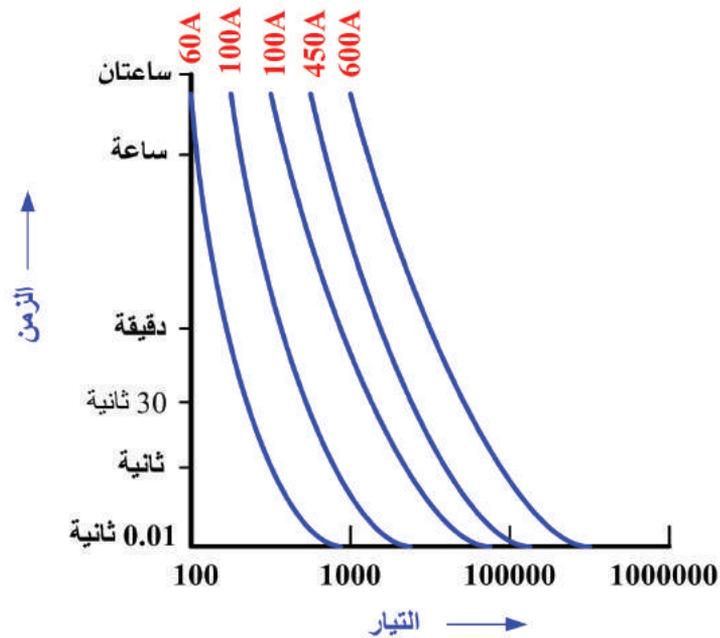
الجدول (٢ - ١): العلاقة بين عدد الأسلاك المجدولة والتيار الصهر تبعًا لقطر السلك.

عدد الأسلاك	١	٢	٣	٤	٧
تيار الصهر (A)	١	١,٦٦	٢,٢٥	٢,٧٥	٤

د - معامل الانصهار (Fusing Factor): هو حاصل قسمة قيمة تيار المصهر الأصغر على قيمة تيار المصهر المقرر:

$$\text{معامل الانصهار} = \text{أقل تيار صهر} / \text{تيار الصهر المقرر}$$

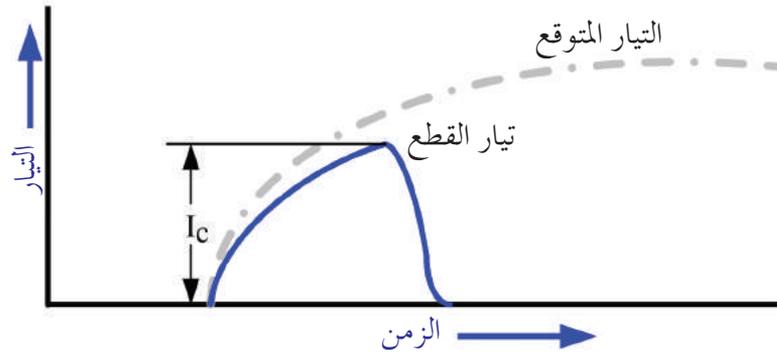
يمكن تحديد عامل الانصهار من منحنيات العلاقة بين التيار والزمن، انظر الشكل (٢-١٥) الذي يوضح العلاقة بين زمن الانصهار والتيار المقرر للمصهر. يلاحظ أن هذه العلاقة هي علاقة عكسية؛ لذا، يُستخدم المصهر في الحماية من فرط التيار، بالإضافة إلى الحماية من تيار القصر.



الشكل (٢ - ١٥): العلاقة بين زمن الانصهار والتيار المقرر للمصهر.

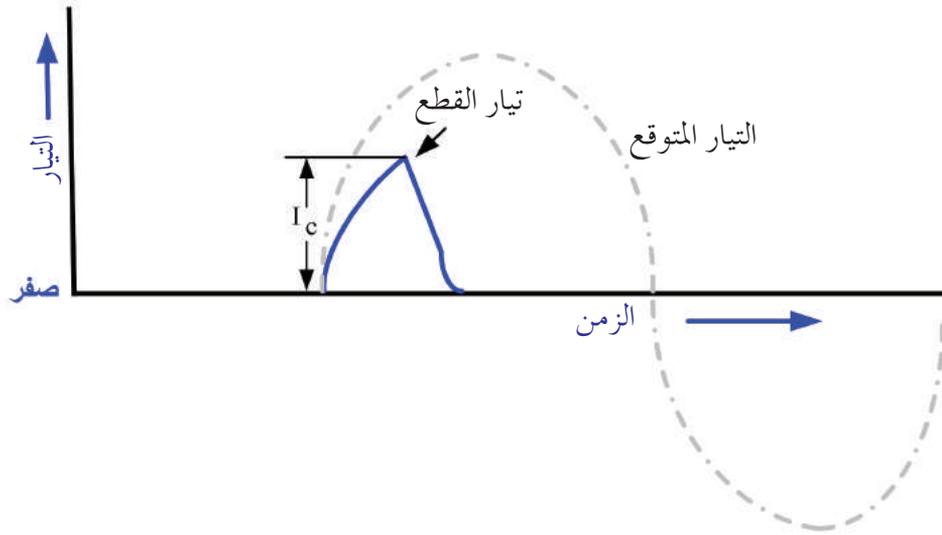
هـ - التيار المتوقع والتيار القطع (Prospective Current and Cut Off Current):

يُعرف التيار المتوقع بأنه التيار الذي يسري في الدارة بعد حدوث قصر، واستبدال المصهر بممانعة تساوي صفرًا. وبما أن قيمة تيار القصر تكون عالية بسبب ذلك، فإنّ طاقة كافية للمصهر تتولد قبل وصول قيمة التيار إلى ذروتها. يُذكر أنّ أعلى قيمة لتيار القصر تمر بالدائرة تُسمّى تيار القطع، وتعتمد هذه القيمة على الطاقة اللازمة للمصهر. ويبين الشكل (٢-١٦) موجة التيار المباشر المتوقعة، وكيفية قطع التيار بواسطة المصهر.



الشكل (٢ - ١٦): العلاقة بين التيار والزمن لدارات التيار المباشر.

في حين يبين الشكل (٢-١٧) موجة التيار المتناوب المتوقعة، وكيفية قطع التيار بواسطة المصهر المحدد للتيار.



الشكل (٢ - ١٧): العلاقة بين الزمن والتيار لدارات التيار المتناوب.

و- زمن الصهر (Melting Time): هو الزمن المقيس بين بداية زيادة التيار في الدارة المحمية بالمصهر وبداية حدوث القوس الكهربائي.

ز- زمن دوام القوس الكهربائي (Arcing Time): هو الزمن المقيس بين بداية حدوث القوس الكهربائي واللحظة التي تصل فيها قيمة التيار الذي يسري في الدارة إلى صفر؛ أي فتح الدارة.

ح- زمن التشغيل الكلي (Total Operating Time): هو مجموع زمن الصهر، وزمن وجود القوس الكهربائي.

ط- الفولطية المقررة (Voltage Rating): هي أعلى فولطية يمكن للمصهر أن يعمل بها بأمان.

٤- مكونات المصهر

يتكوّن المصهر بصورة رئيسة من ثلاثة أجزاء، هي:

أ - عنصر الصهر (Fuse Element): يُصنَع هذا العنصر من مادة معدنية ذات أشكال وأبعاد معينة، بحيث يكون انصهارها سريعاً بالنسبة إلى بقية مكونات الشبكة. وقد تكون هذه المادة الفضة، أو النحاس، أو الألومنيوم، أو الرصاص، أو غيرها من السبائك التي تتميز بدرجة حرارة انصهار منخفضة.

ب- وصلة الصهر (Fuse Link): تحتوي هذه الوصلة على عنصر الصهر، والمواد المستخدمة في إطفاء القوس الكهربائي الناشئ عن انصهار عنصر الصهر، بالإضافة إلى أيّ أجزاء أخرى مساعدة.

ج- ملامسات المصهر (Fuse Contacts): تُستخدَم هذه الملامسات في تثبيت المصهر بالدائرة، وتوصيله كهربائياً بها.

٥- أنواع المصهرات (Types of Fuses)

للمصهرات أنواع عدّة، أبرزها:

أ - مصهرات الفولطية المنخفضة: تنقسم هذه المصهرات إلى نوعين، هما:

١. مصهرات شبه مغلقة (Semi - Enclosed Rewireable Fuses): وفيها يتكوّن عنصر الصهر من سلك أو عدّة أسلاك مجدولة مثبتة على مقبض مصنوع من مادة البورسلان.



الشكل (٢-١٨): أحد أنواع المصهرات شبه المغلقة.

أمّا التيار المقنّن لها فقد يصل إلى نحو (٥٠٠) أمبير، في حين تكون سعة القطع للفولطية (٤٠٠) فولط نحو (٤) ك. أمبير. من عيوب هذا النوع من المصهرات تعرّض سلك المصهر للتقادم بسبب الأكسدة، ممّا يؤدي إلى عمل المصهر عند قيمة تيار أقل من تلك المقررة. كما يتعدّر ضبط المصهر بصورة دقيقة، انظر الشكل (٢-١٨) الذي يوضّح أحد أنواع هذه المصهرات.

٢. مصهرات خرطوشية (Cartridge Type Fuses): يمتاز هذا النوع من المصهرات بما يأتي:

- أ . فصل الدارات ذات تيار القصر العالي.
- ب . طول العمر (الزمن) التشغيلي إذا اختير المصهر المناسب للدارة.
- ج . استجابة المصهر السريعة لفصل الدارة المحمية.
- د . تمييز مناطق القصر بصورة كبيرة.
- هـ . رخص الثمن مقارنة بأجهزة القطع ذات السعة المماثلة.

ب- مصهرات الفولطية العالية: توجد أنواع عدّة من هذه المصهرات، أبرزها:

١. المصهرات الخرطوشية (Cartridge Type).
٢. المصهرات المحدّدة للتيار: تعمل هذه المصهرات على تحديد التيار المارّ بالدارة الكهربائية.

نشاط (٢-٤)

مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن أشكال واستخدامات أخرى للمصهرات الكهربائية بصورة عامة، ومصهرات الفولطية العالية بوجه خاص، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.

٦- اختيار المصهرات (Selection of Fuses)

يراعى عند اختيار المصهر قدرته على العمل بصورة صحيحة وآمنة في حال التشغيل العادي، وقصر الدارة. ويتم الاختيار بصفة عامة تبعًا للتيار والفولطية المقررة، واعتمادًا على الجداول والمنحنيات الخاصة بالمصهر.

يراعى عند اختيار المصهر ما يأتي:

- أ - تحمّل المصهر نسبة من تجاوز الحمل بصفة مستمرة من دون تغيير خصائصه، أو فتح الدارة؛ على ألا تقل هذه النسبة عن ١٠٪ من تيار الحمل.

ب- اختيار المصهر الذي يعمل بأقل تيار مقرر ممكن، بحيث يمكنه تحمّل التيار المقرر، وتجاوز الحمل المسموح به؛ وذلك بغرض الانتقاء والتمييز.

ج- تحديد القيمة المقررة لتيار القطع بحيث تكون أكبر من أعلى قيمة متوقعة لتيار القصر، وملاحظة أنه إذا زاد تيار القصر على سعة القطع أدى ذلك إلى انفجار المصهر ونشوب حريق.

د- عدم انخفاض تيار القصر في الدارة التي يراد حمايتها بالمصهر عن ثلاثة أمثال التيار المقنّن للمصهر؛ وذلك لضمان قدرة هذا المصهر على فتح الدارة بكفاءة وفعالية.

هـ- مراعاة خصيصة زيادة التيار العابر، كتيار بدء التشغيل في المحركات، أو تيار المغنطة المندفَع في المحولات؛ على أن تكون المصهرات ذات تأخير زمني حتى يمكن اختيار التيار المقرر للمصهر قريبًا من التيار المقرر للجهاز (أعلى قليلًا) بحيث لا يفصل المصهر الدارة بسبب تيار الدفع، وهو القيمة القصوى لتيار البدء.

و- عدم استعمال مصهرين على التوازي.

ز- نظرًا إلى القدرة العالية للمصهرات على الحدّ من التيار؛ يجب الانتباه جيدًا لمتانتها الميكانيكية، وسلامة تثبيتها.

تحتاج الدارات الكهربائية إلى مجموعة من القواطع الكهربائية التي يمكن التحكم فيها؛ بفتحها، أو فصلها في ظروف تشغيل عادية، أو غير عادية. وتختلف أنواع هذه القواطع تبعًا لنوع الدارة الكهربائية التي يراد حمايتها والتحكم فيها، مثل: دائرة الإضاءة البسيطة، أو دائرة حماية المحركات الكهربائية. تقسم القواطع الكهربائية أقسامًا عدة، أبرزها:

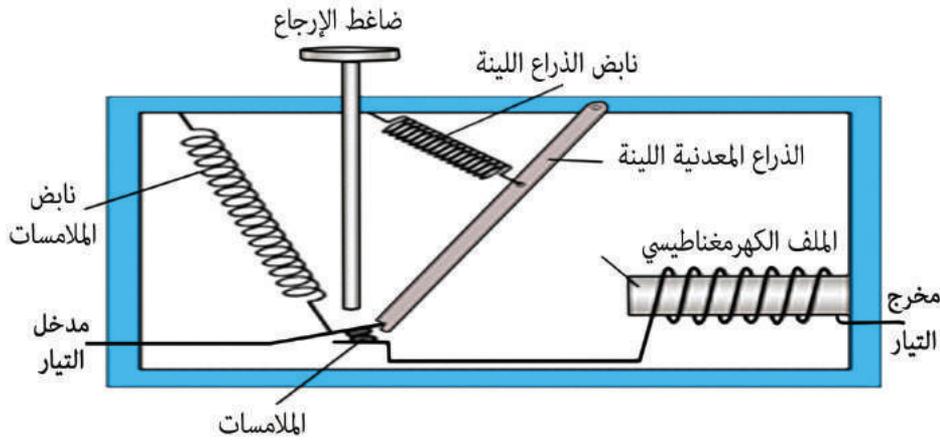


١- القواطع المغناطيسية (Magnetic Breakers)

يعمل القاطع المغناطيسي على حماية الدارة من تيارات القصر، ويعتمد في عمله على وجود ملف مغناطيسي على التوالي مع الحمل، انظر الشكل (٢-١٩).

مبدأ العمل

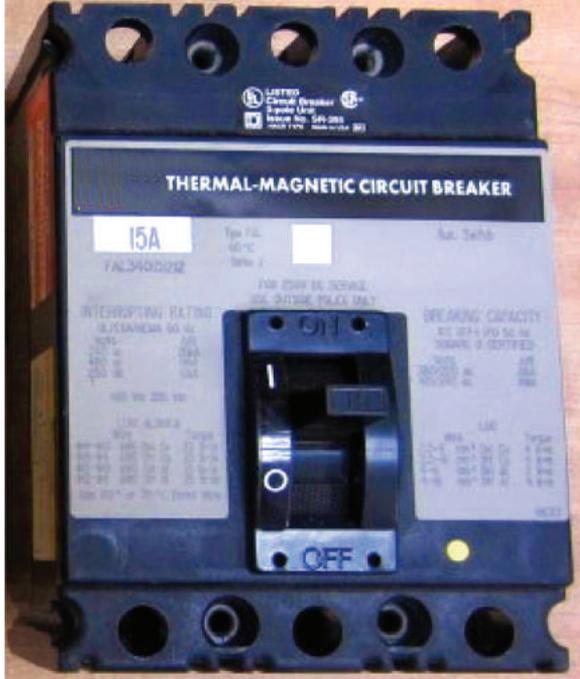
يبيّن الشكل (٢-٢٠) تركيب القاطع المغناطيسي؛ وهو قاطع آلي يقطع التيار في الدارات الكهربائية حين يصبح التيار أعلى بكثير من التيار المقرر. فكلما زاد التيار في الدارة زادت قوة الجذب المغناطيسية بسبب زيادة التيار الذي يسري في ملف القاطع الكهربائي، ممّا يؤدي إلى سحب الذراع المعدنية اللينة، ثم فصل الملامسات، فالتيار الكهربائي عن الدارة الكهربائية. ولإعادة تشغيل القاطع، يتعيّن الضغط على ضاغط الإرجاع بعد مدّة زمنية كافية، عند الانتهاء من معالجة العطل الذي أدى إلى فصل القاطع.



الشكل (٢-٢٠): مكونات القاطع المغناطيسي.

٢- القواطع الحرارية والمغناطيسية (Magnetic and Thermal Breakers)

درست سابقاً أنّ القاطع الحراري المغناطيسي هو إحدى وسائل الحماية المهمة في التمديدات الكهربائية المنزلية، انظر الشكل (٢-٢١). وتتلخص أهمية القواطع الكهربائية في أمرين رئيسيين، هما:



الشكل (٢-٢١): القاطع الحراري والمغناطيسي.

أ - عزل الحمل عن مصدر الفولطية بطريقة يدوية للقيام بأعمال الصيانة والتركيبات اللازمة.

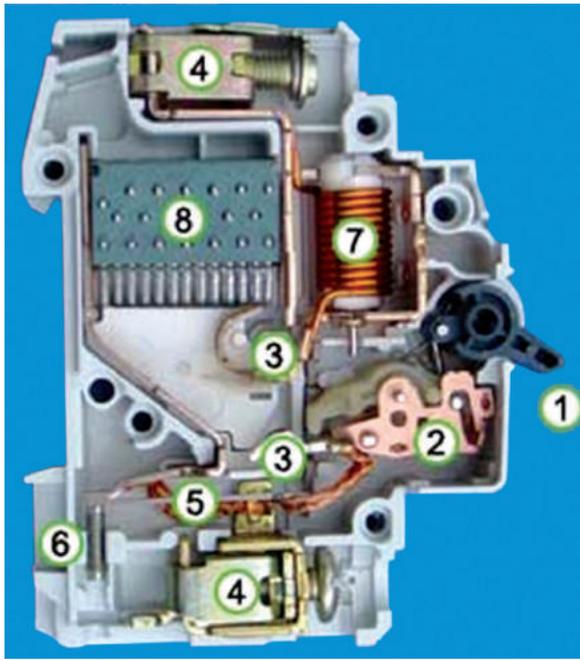
ب- عزل الحمل عن مصدر الفولطية بطريقة آلية (أوماتيكية) عند فرط التيار أو حدوث قصر في الدارة؛ لذا، ينبغي لهذه القواطع العمل بصورة يدوية وآلية، والاستجابة سريعاً لزيادة التيار ودارات القصر.

مكونات القاطع الحراري المغناطيسي:

يتكوّن القاطع الحراري المغناطيسي من الأجزاء الآتية الموضّحة في الشكل (٢-٢٢):

أ - ذراع المشغل (1): (Actuator Lever): تُستخدم هذه الذراع بصورة يدوية لفصل القاطع الكهربائي وإعادة وصله، ويشير وضع المفتاح إلى حالة وصل القاطع الكهربائي أو فصله.

تصمّم معظم القواطع على نحو يتيح للذراع فصل القاطع الكهربائي يدوياً؛ حتى في حال عدم استجابته للفصل الآلي نتيجة حدوث عطل كهربائي، وتُسمّى هذه الحالة بعملية المشغل الحر.



الشكل (٢-٢٢): مكونات القاطع الكهربائي.

- ب- المشغل الميكانيكي (2) (Actuator Mechanism): يعمل هذا المشغل على وصل ملامسات القاطع الكهربائي مغناطيسيًا أو فصلها.
- ج- الملامسات (3) (Contacts): تعمل الملامسات على وصل الفولطية من المصدر إلى الحمل الكهربائي.
- د- أطراف التوصيل (4) (Terminals): هي براغي تثبيت تعمل على ربط أطراف المصدر من جهة، وأطراف الحمل من الجهة الأخرى.
- هـ- الشريحة الثنائية المعدن (5) (Bimetallic Strip): تُمثل هذه الشريحة الحماية الحرارية في القاطع.
- و- برغي الضبط (6) (Calibration Screw): يُحدّد هذا البرغي قيمة التيار المقرر للقاطع، ويتم ضبطه من الشركة الصانعة.
- ز- الملف الكهرمغناطيسي (7) (Solenoid): يُوفّر هذا الملف الحماية المغناطيسية للقاطع.
- ح- المخمد (8) (Arc Extinguisher): يعمل المخمد على امتصاص الحرارة الناتجة من القوس الكهربائي.

سؤال

- ما الفرق بين القواطع المغناطيسية والقواطع الحرارية المغناطيسية؟

المرحلات الكهربائية

يُعرف المرحل الكهربائي بأنه جهاز يستشعر أيّ ظروف تشغيل غير عادية في الدارة، وذلك عن طريق قياس الكميات الكهربائية (تيار، فولط، تردد، زاوية طور) التي تختلف قيمها عن القيم المقررة عند حدوث الأعطال في الدارة الكهربائية.



الشكل (٢-٢٣): مرحل.

يوصّل المرحل الكهربائي بالدارات الثانوية لمحولات القياس، وحين يستشعر المرحل العطل فإنه يعمل على إغلاق دارة جهاز القطع الذي يفتح الدارة الكهربائية، وعلى كشف ظروف التشغيل غير الطبيعية والأعطال في المناطق المحمية، فيفصل المنطقة المتأثرة بالعطل؛ تجنبًا لأيّ ضرر قد يلحق بالأشخاص أو المعدات، وذلك عن طريق تشغيل قواطع الدارة المناسبة، انظر الشكل (٢-٢٣).

١- تصنيف المرحلات

- يمكن للمرحل تمييز الوضع الطبيعي من الوضع غير الطبيعي بناءً على كمية التشغيل خاصته، وقد تكون هذه الكمية تيارًا، أو فولطية، أو الاثنين معًا.
- تنقسم الكمية المقاسة في معظم المرحلات إلى ما يأتي:
- أ- قياس المقدار، مثل: زيادة التيار، أو الفولطية، أو نقصهما.
 - ب- قياس حاصل الضرب، مثل قياس القدرة ($VI \cos\Phi$).
 - ج- قياس النسبة، كما في مرحلات الممانعة التي تقيس النسبة بين (V/I).
 - د - قياس الفرق، كما في المرحلات الفرقية التي تقيس الفرق بين كميتين من النوع نفسه (تيار/ فولطية).
 - هـ- مرحلات الفتح والإغلاق (On-Off)، ولها عدّة أنواع، وهي تتضمن مرحلات التأخير الزمني (Time-Delay)، والمرحلات المساعدة، ومرحلات الفصل.

أما السمة الشائعة لهذه المرحلات فهي عدم وجود مستوى محدد للضبط؛ إذ يعمل المرحل عند مستوى معين من الفولطية، أو التيار، أو القدرة التي يُضبط المرحل وفقاً مسبقاً. ومن الأمثلة على هذه المرحلات:

١. مرحلات التيار: تعمل هذه المرحلات عند قيمة محدّدة للتيار، وهي تشمل مرحلات زيادة التيار، ومرحلات خفض التيار.
٢. مرحلات الفولطية: تعمل هذه المرحلات عند قيمة محدّدة للفولطية، وهي تشمل مرحلات زيادة الفولطية، ومرحلات خفض الفولطية.
٣. مرحلات القدرة: تعمل هذه المرحلات عند قيمة محدّدة للقدرة، وهي تشمل مرحلات زيادة القدرة، ومرحلات خفض القدرة.
٤. مرحلات التردد: تعمل هذه المرحلات عند قيمة محدّدة للتردد، وهي تشمل مرحلات زيادة التردد، ومرحلات نقص التردد.
٥. المرحلات الحرارية: تعمل هذه المرحلات عند قيمة محدّدة لدرجة الحرارة في العنصر المحمي.

٢- أنواع المرحلات

يمكن تصنيف المرحلات تبعاً لمبدأ عملها أو تركيبها إلى أنواع عدّة، منها:

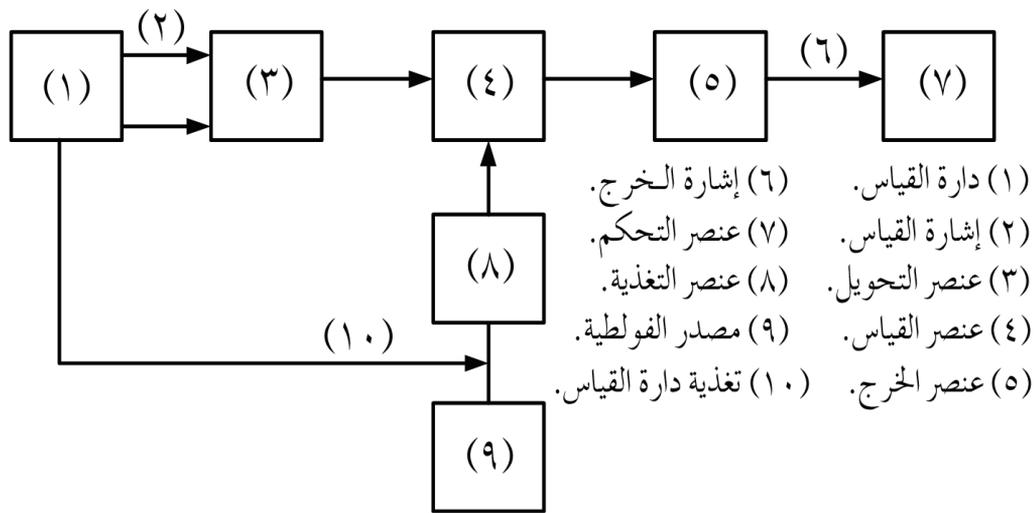
- أ - المرحلات الكهرومغناطيسية الحثية (Electromagnetic Induction Relays).
- ب - المرحلات الستاتية (Static Relays).
- ج - المرحلات الكهرومغناطيسية ذات مبدأ الجذب (Electromagnetic-Attracted-Relays).
- د - المرحلات الحرارية (Thermal Relays).
- هـ - المرحلات الرقمية (Digital Relays).

وفي ما يأتي بيان لبعض أنواع المرحلات:

- أ - المرحلات الحثية (Induction Relays): تُعدّ المرحلات الحثية من أكثر المرحلات استخداماً في منظومات الحماية بسبب التنوع الكبير في خصائصها الزمنية، ممّا يتيح لها مرونة كبيرة في العمل.

ب- المرحلات الستاتية: يُعرّف المرحل الستاتي بأنه مرحل ساكن تنشأ فيه الاستجابة المطلوبة عن طريق عناصر إلكترونية.

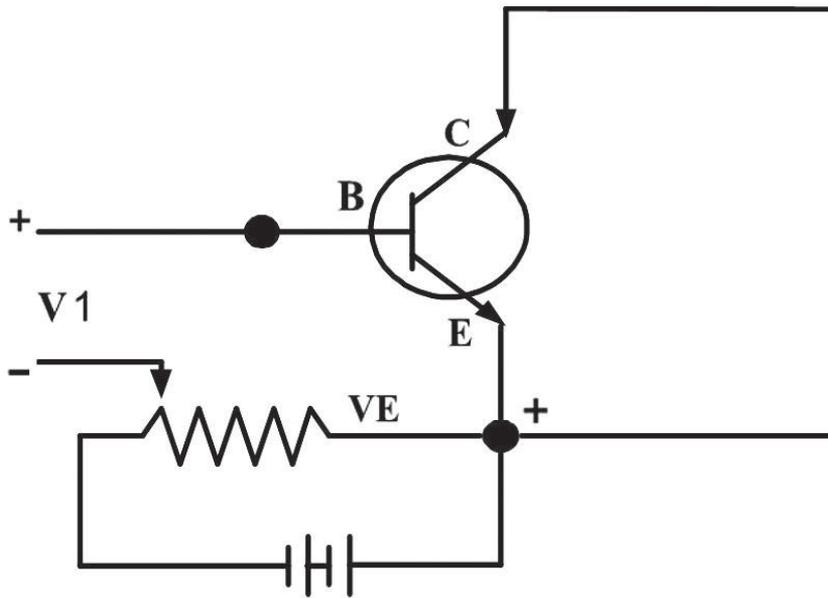
يبين الشكل (٢-٢٤) المكونات الأساسية لدارة المرحل الستاتية. وفيها يُغذى عنصر التحويل بإشارة التغذية عن طريق دائرة القياس (١) التي تتكوّن من محول فولطية، أو محول تيار، أو الاثنين معًا، فتتحول إشارة التغذية داخل عنصر التحويل (٣) إلى كميات يمكن التعامل معها بسهولة بوساطة عنصر القياس (٤)، الذي يبدأ العمل حين تصل قيمة إشارة التغذية إلى حدّ معين، فيعطي إشارة القفل، ليستقبل عنصر الخرج (٥) هذه الإشارة، حيث يضخمها ثمّ ينقلها إلى عنصر التحكم (٧)، الذي يعطي لدارة إعتاق قاطع الدارة الإشارة النهائية. أمّا عنصر القياس والخرج فيغذيان عن طريق عنصر التغذية (٨)، ويحصل عنصر التغذية على الطاقة اللازمة من مصدر الفولطية المساعد (٩)، أو من دائرة القياس نفسها.



الشكل (٢-٢٤): مخطط صندوقي لدارة مرحل استاتي.

ج- المرحلات الترانزستورية: يبين الشكل (٢-٢٥) مرحلاً ترانزستوريًا متناسب فيه فولطية الدخل (V1)، وهي فولطية قاعدة الترانزستور (B)، مع مقدار التيار أو فولطية منظومة القوى المركّب عليها المرحل. وحين يكون (V1) أقل من فولطية الباعث (VE)، فإنّ وصلة (القاعدة - الباعث) تكون في حالة انحياز عكسي، فلا يسري تيار في دائرة (الباعث (E) -المجمع (C)). أمّا إذا زاد (V1) على (VE)، فإنّ انحياز

(القاعدة - الباعث) يصبح انحيازاً أمامياً، ممّا يؤدي إلى سريان التيار في دائرة حمل المرحل التي تُمثّل دائرة إعتاق القاطع.



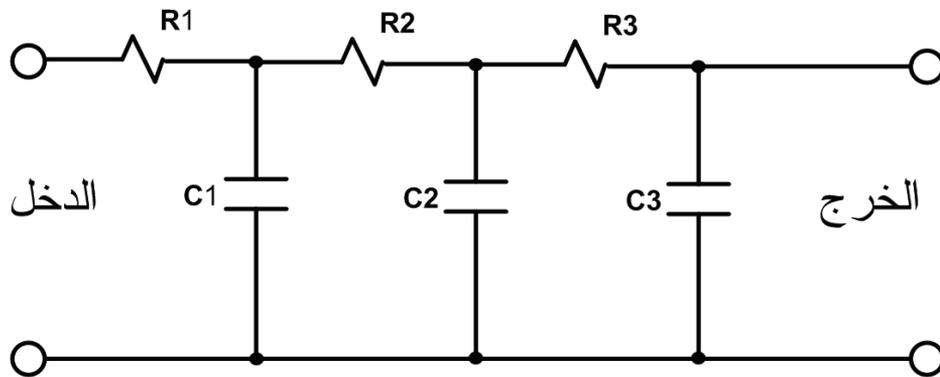
الشكل (٢ - ٢٥): مرحل ترانزستور فوري.

وللحصول على التأخير الزمني المطلوب، تُستخدم دارات التأخير الزمني كما يأتي:

١. استخدام الكبلات أو خطوط التأخير المستعملة في منظومات الاتصالات، للحصول على تأخير زمني في نطاق الميكروثانية. ويُمثّل الكبل أو خط التأخير عادة بدارة مكافئة، انظر الشكل (٢ - ٢٦).

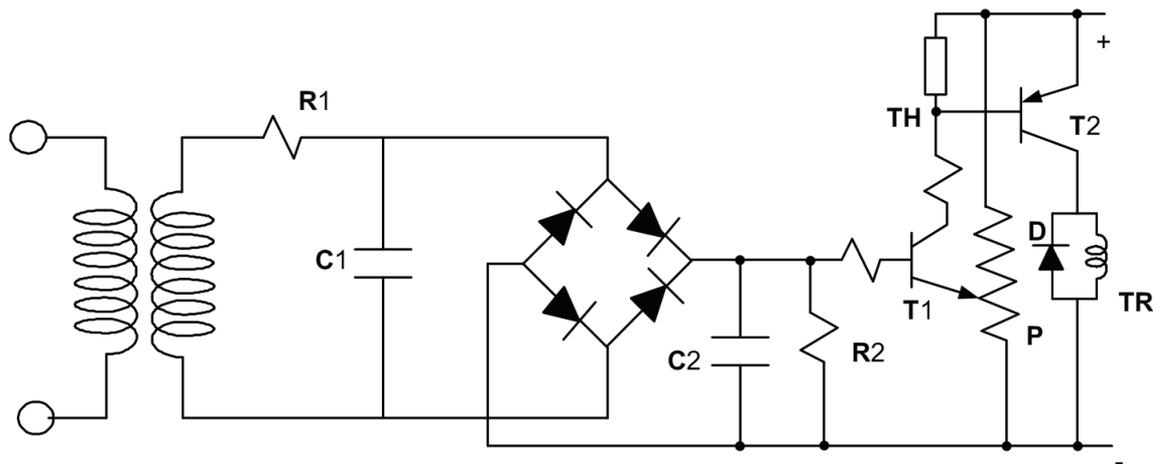
٢. استخدام دارات رنين من ملفات ومواسعات (C - L).

٣. استخدام دارات مقاومات ومكثفات (R - C).



الشكل (٢ - ٢٦): الدارة المكافئة لخط التأخير الزمني.

د - مرحلات فرط التيار باستخدام الترانزستور: يبين الشكل (٢-٢٧) إحدى دارات مرحل فرط الحمل الترانزستوري. وفيها يستقبل محول التيار المساعد إشارة الدخل من محول التيار الرئيس حيث تُغذى دائرة تقويم الموجة الكاملة التي يمكن حمايتها بوساطة الدارة المكونة من (C1-R1)، في حين تُغذي إشارة خرج دائرة التقويم قاعدة الترانزستور (T1) بعد تنعيمها بوساطة المواسع (C2)، وفي حال تعدت فولتية القاعدة (T1) قيمة محدّدة يتم التحكم فيها بوساطة مجزئ الفولتية (P). عندئذ، يبدأ الترانزستور (T1) العمل، ممّا يؤدي إلى عمل الترانزستور (T2)، وقفل دائرة الإعتاق (TR). وفي الوقت الذي تُضبط فيه درجة الحرارة بوساطة المنظم الحراري (Th)، يعمل الثنائي (D) على حماية ملف المرحل. كما يُزوّد الملف الثانوي للمحول المساعد بمخارج مختلفة لضبط نسبة التحويل.



الشكل (٢-٢٧): دائرة مرحل فرط التيار الترانزستوري.

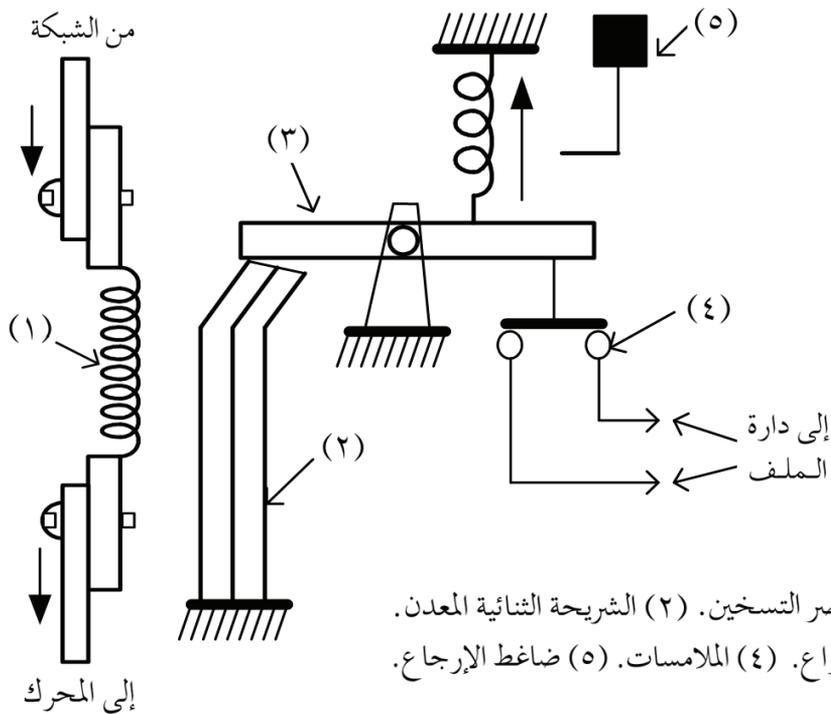
هـ - مرحلات الحماية من زيادة التيار (Over Current Protection Relays): تُستخدم في الحياة العملية أنواع عدّة من المرحلات التي تحمي الأجهزة من الأخطار الناجمة عن زيادة التيار، وفي ما يأتي أهمها:

١ . المرحل الحراري (Thermal Relay): يعمل هذا المرحل بالتيار المتناوب والتيار المباشر، وهو يُوفّر حماية حرارية من زيادة الحمل التي تؤدي - إذا استمرت - إلى تلف الجهاز نتيجة التسخين الزائد (Overheating). وفي مثل هذه الحالة، فإنّ

عمل المرحل يرتبط بارتفاع درجة حرارة العنصر المحمي، مع أن ضبط درجة الحماية يكون بقيم التيار.

توجد أنواع مختلفة من المرحلات الحرارية، وهي تُقسّم تبعاً لعدد الأقطاب إلى مرحلات أحادية، وثنائية، وثلاثية الأقطاب.

تُستخدم المرحلات الحرارية على نطاق واسع في حماية المحركات الكهربائية من زيادة الحمولة أو التيارات غير المتزنة، وهي تتكوّن من عنصر التسخين (١) الموصول على التوالي بأحد أطوار دائرة الحمل الكهربائي، والشريحة الثنائية المعدن (٢) التي تسند ذراعاً (٣) تتحكم في فتح الملامسات (٤) المغلقة في الحالة الطبيعية، والموصولة على التوالي في دائرة ملف التشغيل، انظر الشكل (٢-٢٨).



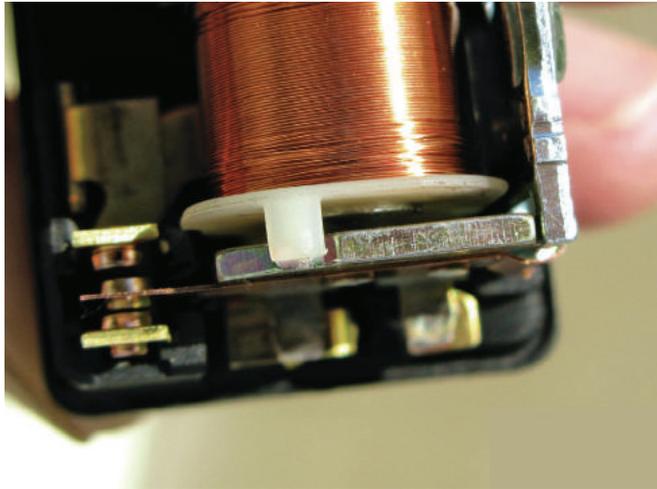
الشكل (٢-٢٨): مكونات دائرة المرحل الحراري.

تؤدي زيادة التيار نتيجة الحمل الزائد إلى ارتفاع درجة حرارة عنصر التسخين، وبتأثير الحرارة المنبعثة منه تنحني الشريحة الثنائية المعدن جرّاء اختلاف معامل التمدد الطولي لكل من المعدنين المكوّنين لهذه الشريحة، ثم تُحرّر الذراع، الأمر الذي يؤدي إلى فصل ملامسات المرحل، ثم فصل التغذية عن ملف التشغيل، وفصل الحمل عن الشبكة.

يمكن إعادة المرحل إلى وضعه الأصلي، وإرجاع الملامسات إلى حالة الإغلاق بعد أن تبرد الشريحة الثنائية المعدن، وذلك بالضغط على ضاغط الإرجاع (٥). يُذكر أنّ قيمة تيار الفصل تتراوح بحسب الأنظمة الدولية بين (١,٥)، و (٢,١) من التيار الاسمي الذي يسري في الحمل.

يعتمد اختيار عناصر التسخين على القيم المقررة لتيار الحمل. ونظرًا إلى ارتفاع القصور الذاتي الحراري الذي تتميز به المرحلات الحرارية؛ فإنّها تتأثر (بطء) بتجاوز الحمل قيمًا كبيرة مدّة زمنية قصيرة، وكذلك بحالات قصر الدارة. ولزيادة درجة وثوقية الحماية، يُزوّد العنصر المحمي (المحرك مثلاً) بمصهرات حماية إضافية أو مغناطيسية، ويراعى عند اختيار مقرراتها تيار بدء تشغيل المحرك. يعمل المرحل الحراري بالتيار المتناوب والتيار المباشر، وهو مُصمّم ليوفّر الحماية من زيادة التيار الناجمة عن الحمل الزائد. وفي حال استمرت هذه الزيادة فإنّها تؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة عنصر التسخين المعني بعمل المرحل عند نقطة الضبط المطلوبة من المرحل، فيفصل التيار الكهربائي عن الحمل.

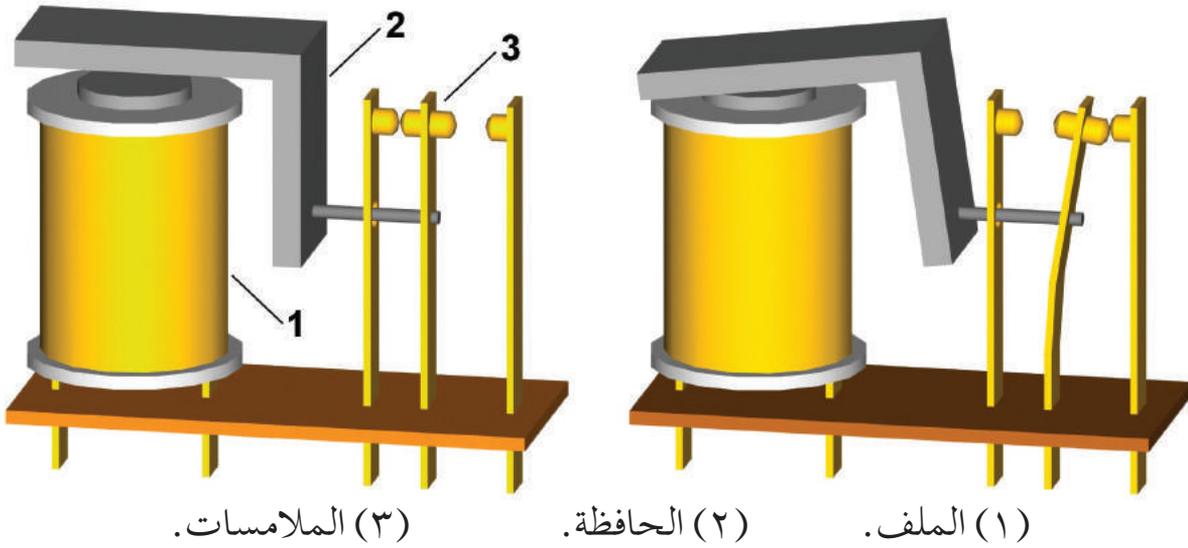
٢. المرحل المغناطيسي (Magnetic Relay): يُوفّر هذا النوع من المرحلات الحماية



الشكل (٢-٢٩): مرحل مغناطيسي.

من زيادات التيار الكبيرة التي تتطلب فعليًا فوراً، انظر الشكل (٢-٢٩). وقد يشكّل هذا المرحل أحياناً، بالإضافة إلى المرحل الحراري، حماية حرارية - مغناطيسية، تعمل على فصل الدارة عند زيادة الحمل بإمهال زمني معين، وفصل عطل قصر الدارة

لحظياً. ويبيّن الشكل (٢-٣٠) مرحلاً مغناطيسيّاً يُدعى مرحل الحافظة المنجذبة (Attracted Armature Relay).



(١) الملف. (٢) الحافظة. (٣) الملامسات.

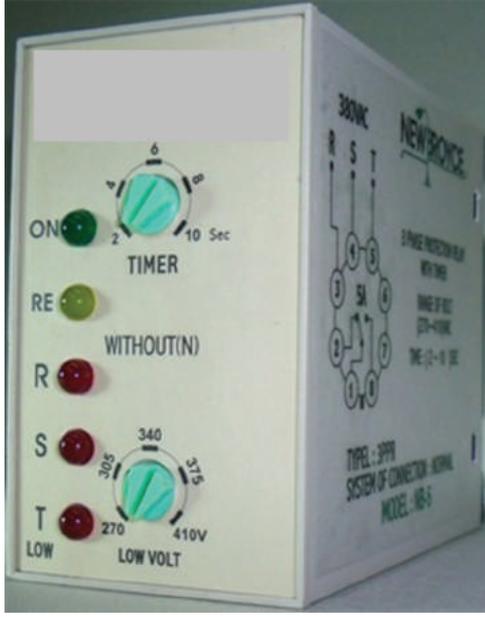
الشكل (٢-٣٠): مرحل مغناطيسي ومكوناته.

عند سريان تيار كهربائي مساو أو أكبر من تيار الضبط، فإنه يشكّل تدفقاً مغناطيسياً كافياً لجذب الحافظة، ومن ثمّ يُؤثّر في الذراع التي تؤدي إلى عمل المرحل، أو فتح الملامسات المغلقة التي تكون موصولة على التوالي في دائرة الملف؛ إذ تغلق الملامسات المفتوحة التي تكمل دائرة القطع الذي يفصل قاطع التشغيل، وتفصل التغذية عن ملف التشغيل، ثمّ يفصل الحمل عن مصدر الفولطية. ويمكن استخدام الملامس الآخر في تشغيل مصباح الإنذار الذي يبيّن أنّ دائرة الحمل قد فصلت نتيجة عمل المرحل المغناطيسي.

٣. مرحل الحماية من عدم الاتزان والعطل والعمل غير الطبيعي: في ما يأتي أبرز الوسائل المستخدمة في دارات المحركات الكهربائية للحماية من عدم الاتزان والعطل والعمل غير الطبيعي:

أ. الحماية من انقطاع الطور (Phase Failure Protection): عند انقطاع أحد الأطوار، أو حدوث عدم اتزان في الأطوار المغذية للمحرك الكهربائي، فإنّ سحب التيار يزداد بصورة كبيرة، وتسخن الملفات وأجزاء المحرك. وفي حال استمر هذا العطل، فإنه يؤدي إلى تلف المحرك، لذلك تُزوّد المحركات الكهربائية بوسائل حماية عند انقطاع أحد الأطوار، حيث يُستخدم مرحل زمني (Time Relay) لإعطاء التأخير الزمني المطلوب، ثمّ فصل المحرك عن الشبكة.

يعمل الجهاز المبين في الشكل (٢-٣١) على مراقبة أطوار الشبكة الثلاثية



الشكل (٢-٣١): جهاز الحماية من انقطاع الطور.

الطور، وتجنيب المحرك مشاكلها وتغيراتها غير المرغوبة؛ سواء كانت انقطاع أحد الأطوار، أو انخفاض الفولطية، أو عكس ترتيب الأطوار.

يستخدم هذا الجهاز لحماية جميع المحركات والآلات التي تعمل بفولطية ثلاثية الطور، ويكون عادة ضمن لوحات التحكم الصناعي، حيث يعمل المرحل عند ظهور عدم الاتزان الناتج من انقطاع أحد الأطوار في المحركات ذات القدرات الصغيرة.

– ما المقصود بعدم الاتزان في المحركات الثلاثية الطور؟

سؤال

ب. الحماية من زيادة التيار بواسطة مرحلات التيار (Over Current Relay):

يمكن حماية المحركات ذات القدرات الصغيرة من زيادة الحمل بواسطة قاطع آلي مجهز بمرحل حراري، كما يمكن حمايتها من أعطال القصر باستخدام مرحل كهرومغناطيسي، أو بواسطة المصهرات.

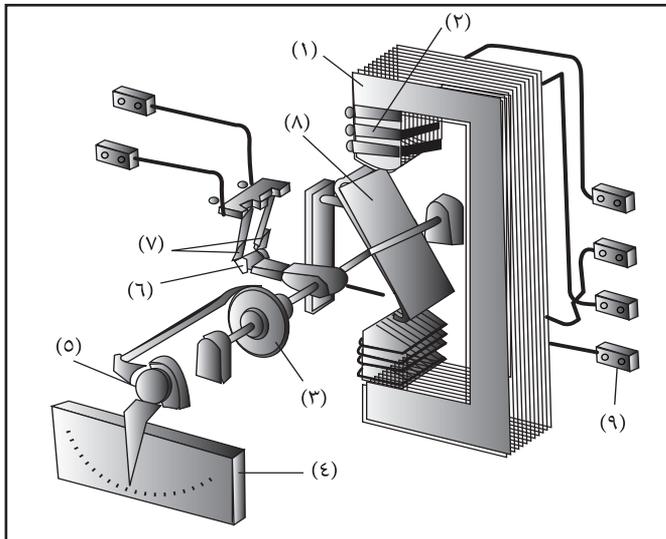
يجب ضبط أجهزة الحماية بصورة صحيحة لكي تستجيب بفاعلية لحظة حدوث الأعطال، انظر الشكل (٢-٣٢). أما بالنسبة إلى المحركات الكهربائية الصناعية الكبيرة والمحركات العاملة بفولطيات متوسطة، فإنها تزود بنظام حماية متكامل يعتمد على المرحلات التي تتغذى بواسطة محولات الفولطية والتيار، وتستجيب عند جميع الأعطال التي قد يتعرض لها المحرك في أثناء العمل.

تستخدم مرحلات الحماية من زيادة التيار في دارات الحماية من زيادة التيار، انظر الشكل (٢-٣٢)، وهي تختلف في عملها تبعاً للنوع؛ إذ يحتوي المرحل



الشكل (٢-٣٢): مرحل الحماية من زيادة التيار.

المغناطيسي مثلاً على قلب مغناطيسي مفتوح (١) يوجد على قطبيه ملفات التيار (٢)، كما يوجد بين القطبين عنصر جذب (٨) مصنوع من شريحة فولاذية على شكل (Z) مثبتة على محور يحمل ملامسات متحركة (٦)، ويُثبَّت في جزئه الأمامي أحد طرفي نابض الإرجاع (٣)، في حين يُثبَّت طرف النابض الآخر بوسيلة تثبيت المؤشر (٥)



(١) قلب مغناطيسي. (٢) ملف المرحل. (٣) نابض إرجاع. (٤) تدرّيج. (٥) وسيلة تثبيت. (٦) ملامسات متحركة. (٧) ملامسات ثابتة. (٨) عنصر جذب. (٩) طرف توصيل.

الشكل (٢-٣٣): مرحل زيادة التيار من النوع الكهرمغناطيسي، ومكوناته.

الخاص بضبط تيار التشغيل (Current Setting). يحتوي المرحل أيضاً على تدرّيج (٤) لضبط تيار التشغيل، ولامسات ثابتة (٧)، وأطراف (٩) لتوصيل ملفات التيار (٢) بعضها ببعض، وبالملف الثانوي لمحول التيار، ويقفل المرحل بوساطة غطاء خاص يحوي نافذة زجاجية مقابل التدرّيج، انظر الشكل (٢-٣٣).

حين يسري التيار عبر الملفات (٢) الخاصة بالمرحل، فإنه يُنتج دفقاً مغناطيسياً في القلب (١)، ويدير هذا الدفق عضو الجذب (٨)، ويسحبه باتجاه قطبي القلب، لكنّ نابض الإرجاع يعيق الدوران. فعندما يصل التيار الذي يسري في المرحل إلى مقدار تيار الضبط، يدور عضو الجذب، ويحتل وضعاً رأسياً

بين الأقطاب. ونتيجة لذلك، يقفل الملامسان (٦) و (٧)، في إشارة إلى بدء المرحلة العمل؛ أي الإقلاع. وعند اختفاء التيار أو انخفاضه إلى قيمة تُسمى تيار الإرجاع (Drop Out Current)، ينفصل الملامسان (٦) و (٧)، فيعود المرحلة إلى وضعه الطبيعي بتأثير نابض الإرجاع (٣).

يُضبط المرحلة على مقدار تيار التشغيل، وذلك بتحريك المؤشر (٥) على امتداد التدرج (٤). ويعمل هذا النوع من المرحلات بسرعة كبيرة، ولا يتجاوز زمن التشغيل أجزاء من المئة من الثانية؛ لذا، فإنه يُستخدم للحماية من زيادة التيار اللحظية (Instantaneous Overcurrent Protection).

ج. الحماية من انخفاض الفولطية وزيادتها (Under and Over Voltage Protection): تُستخدم مرحلات الفولطية على نطاق واسع في التمديدات الكهربائية الصناعية، وهي نوعان: مرحلات زيادة الفولطية (Over Voltage Relays)، ومرحلات خفض الفولطية (Under Voltage Relays) التي تُستخدم غالباً في الشبكات التي تغذي المحركات الكهربائية. فعند انخفاض الفولطية على أطراف



الشكل (٢-٣٤): مرحل حماية من انخفاض الفولطية وزيادتها.

المحركات الحثية، يزداد سحب التيار من المصدر، فيسخن التيار ملفات المحرك. وفي حال استمر هذا الوضع، فإنه يؤدي إلى تلف المحرك؛ لذا، تُزوّد المحركات بمرحلات خفض الفولطية التي تفصل المحرك عن المصدر عند انخفاض الفولطية عن قيمة معينة بعد تأخير زمني محدد لتلافي الخطأ في العمل عند انخفاض الفولطية، انظر الشكل (٢-٣٤).

نشاط (٢-٥)

مستعيناً بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن أشكال واستخدامات أخرى للمرحلات الكهربائية، ثم اكتب تقريراً عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.

حماية المحركات الكهربائية

تعتمد حماية المحرك على قدرة المحرك نفسه، وطبيعة الحمل الميكانيكي المتصل بعمود المحور. ولكن، لكي نفهم نوع الحماية المطلوبة؛ لا بُدَّ من إلقاء بعض الضوء على أهم خصيصة من خصائص المحرك الحثي (أكثر الأنواع استخدامًا)، وهي بدء حركة المحرك.

لو تأملنا منحني بدء الحركة لأحد المحركات الحثية، لوجدنا أنّ المحرك يكون في حالة سكون لحظة توصيل أطراف ملفات العضو الساكن بمصدر الفولطية، ثمَّ يسري تيار كبير في ملفات العضو الدوّار. وبذا، فإنّ التيار المسحوب من مصدر الفولطية لحظة البدء سيكون كبيرًا جدًّا (قد يصل إلى ثمانية أضعاف التيار المقنّن للمحرك). وبمجرد أن يبدأ العضو الدوّار بالحركة، فإنّ التيار المسحوب من مصدر الفولطية سيقبل إلى أن يصل المحرك إلى سرعته المقررة، فيصبح التيار الساري من خط الفولطية مساويًا للتيار المقنّن من حيث القيمة.

الأخطاء المحتملة الحدوث في المحركات الكهربائية (Possible Motor Faults)

تتلخص الأخطاء الشائعة الحدوث في المحركات الكهربائية في الآتي:

- حدوث قصر بين ملفات الأطوار، أو قصر أرضي بين ملف أحد الأطوار والأرضي بسبب الفشل في عزل الملفات.
- زيادة التسخين، أو الارتفاع الزائد في درجة حرارة ملفات المحرك جرّاء زيادة تيار الحمل.
- زلق العضو الدوّار (Locked Rotor).
- عدم التوازن في فولطية المصدر (Unbalanced Power Supply).
- نقص فولطية التغذية (Under Voltage).
- نقص التيار (Under Current).

وفي ما يأتي بعض الطرائق التي يمكن استخدامها لحماية المحركات الكهربائية:

١ - الحماية باستخدام مرحل زيادة الحمل الحراري

تُستخدَم هذه الطريقة للحماية من زيادة شدّة التيار على القيمة المقررة.

٢ - الحماية باستخدام القاطع الحراري المغناطيسي

تُستخدَم هذه الطريقة للحماية من زيادة الحمل الدائم، ومن ارتفاعات التيار العالية؛ إذ يوصل القاطع الحراري المغناطيسي بخطوط التغذية، وبالمحرك الكهربائي، انظر الشكل (٢-٣٥).

حيث:

Q1 : مفتاح التشغيل.

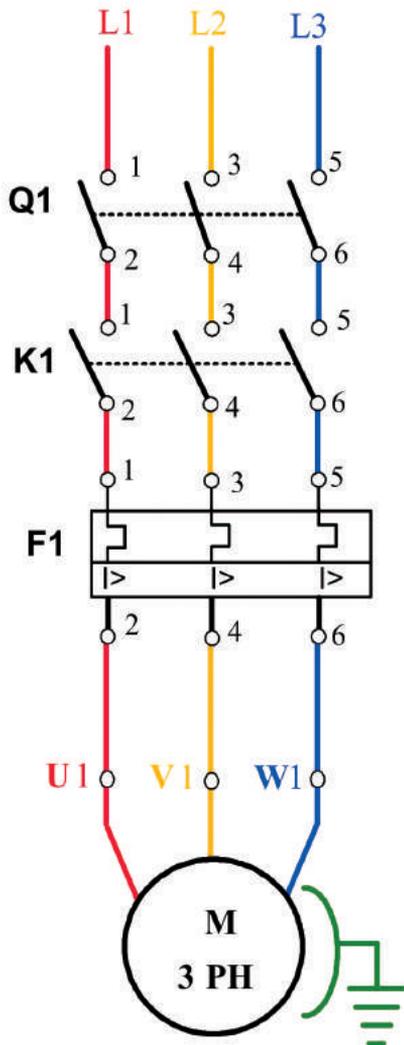
K1 : المفتاح التلامسي.

F1 : المرحل الحراري المغناطيسي.

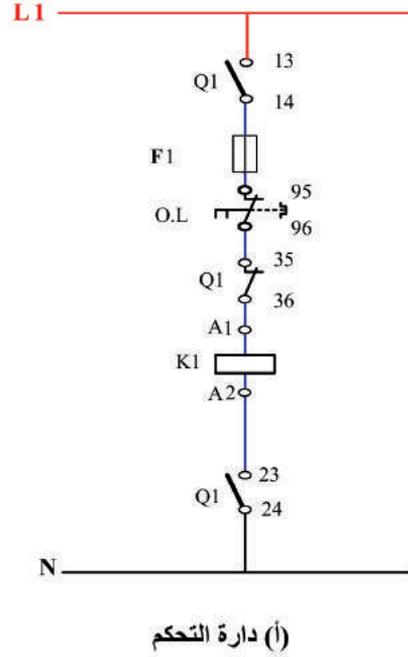
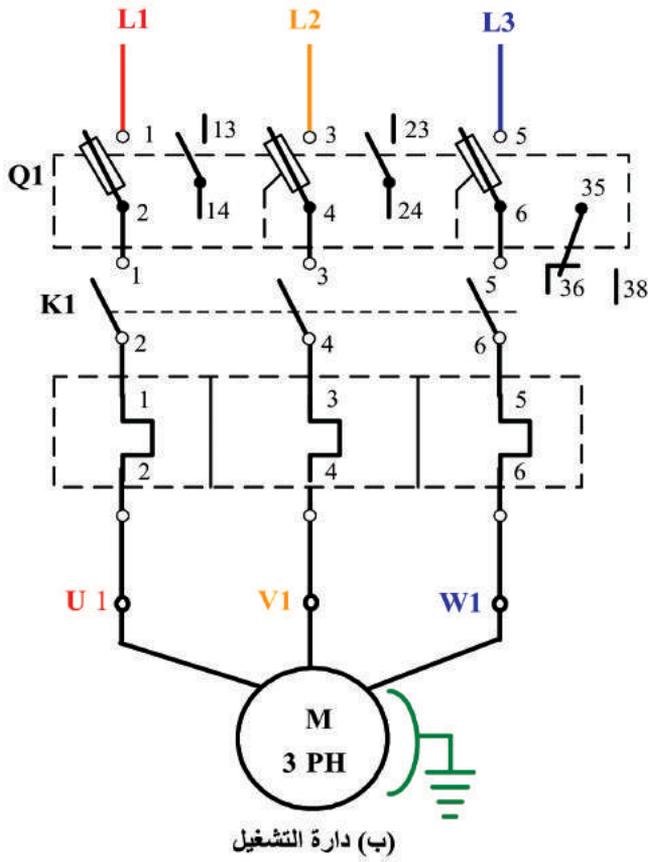
٣ - الحماية من انقطاع أحد الأطوار

تُستخدَم هذه الطريقة لحماية المحركات الكهربائية من انقطاع أحد الأطوار؛ إذ يؤدي انقطاع طور ما إلى زيادة كبيرة في التيار، ممّا يؤدي إلى ارتفاع درجة حرارة ملفات المحرك، ثم تلفها. إلا أنّ زمن استجابة مرحل الحماية من انقطاع أحد الأطوار هو أقل مقارنة بمرحل زيادة الحمل الحراري.

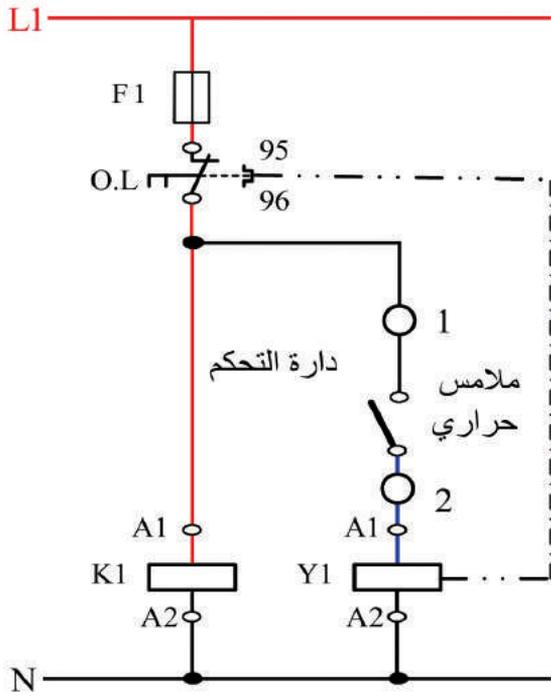
توصل دائرة التحكم ودائرة التشغيل كما هو موضّح في الشكل (٢-٣٦). وعند حدوث انقطاع في أحد الأطوار يفتح الملامس (٣٥-٣٦) متسببًا في فصل التيار الكهربائي عن ملف المفتاح التلامسي، ثم فصل دائرة المحرك الكهربائية.



الشكل (٢-٣٥): الحماية باستخدام القاطع الحراري المغناطيسي.



الشكل (٢ - ٣٦): دائرة الحماية من انقطاع أحد الأطوار.



الشكل (٢ - ٣٧): دائرة التحكم لحماية محرك بواسطة مجس مزدوجة الحرارة.

٤ - الحماية باستخدام المزدوجة الحرارية (تفصل

بوساطة مرحل لزيادة الحمولة الحرارية)

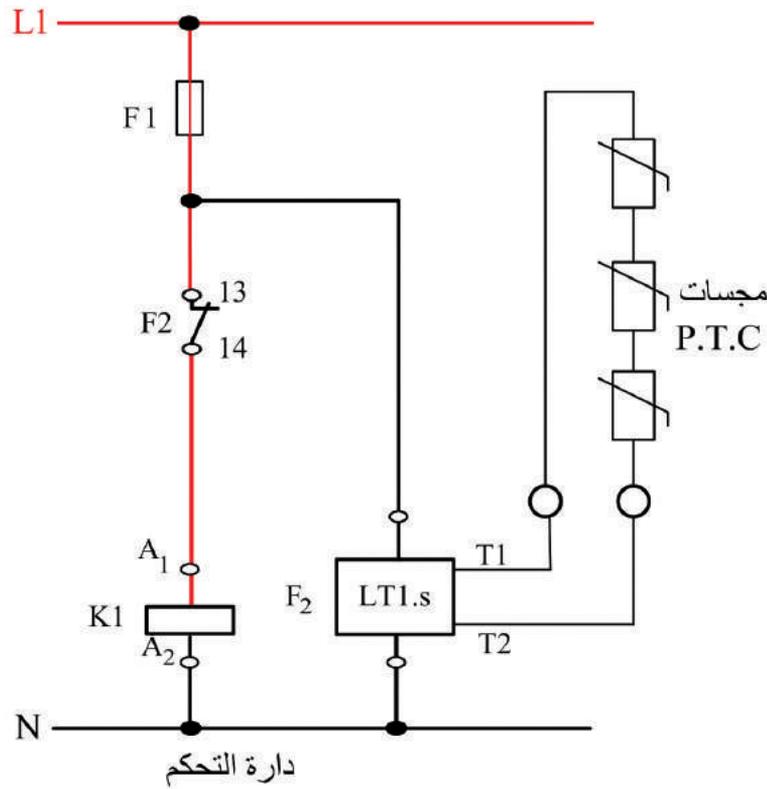
تُستخدم مزدوجة حرارية أو أكثر للكشف عن ارتفاع درجة حرارة المحرك وزيادتها على الحدّ المسموح به، انظر الشكل (٢-٣٧).

فعند زيادة درجة الحرارة على الحدّ المسموح به يغلق الملامس الحراري (١-٢)، فيعمل ملف المرحل (Y1) المربوط ميكانيكيًا بملامس المرحل الحراري (٩٥-٩٦)، ثم يُفصل التيار عن ملف المفتاح التلامسي (K1) بفتح ملامس المرحل الحراري (٩٦-٩٥).

بفتح ملامس المرحل الحراري (٩٦-٩٥).

٥- الحماية باستخدام مجس (PTC)

يُستعاض عن المزدوجة الحرارية بمجسات (PTC). فعندما ترتفع درجة حرارة الملفات تزداد قيمة مقاومة المجسات، وحين تزيد المقاومة على حدّ معين يفتح ملامس المرحل الحراري الموجود ضمنها، مؤدياً إلى فصل التيار عن المحرك الكهربائي، انظر الشكل (٣٨-٢). أمّا في حال زيادة درجة الحرارة على الحدّ المسموح به، فإنّ مقاومة مجسات (PTC) تزداد، فيفتح الملامس (١٣-١٤) ثمّ يعود إلى وضعه الطبيعي؛ إمّا يدويّاً، وإمّا آلياً بحسب نوع الدارة، بعد أن تبرد ملفات المحرك. وقد مرّ بك سابقاً أنّ الدارة الإلكترونية (LT1.s) تعمل على التحكم في عمل ملامسات المفتاح (F2).

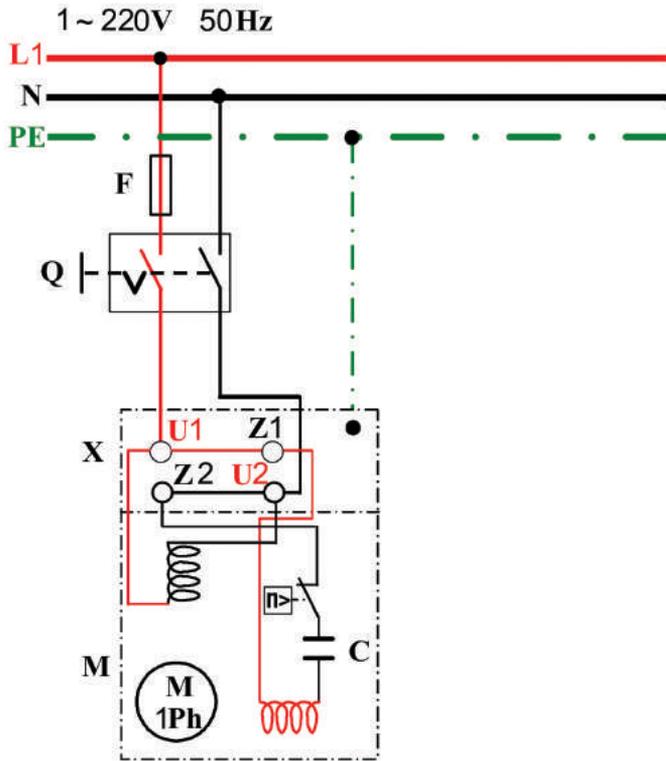


الشكل (٣٨-٢): دارة التحكم لحماية محرك بواسطة مجسات (PTC).

المفاتيح اليدوية لتشغيل المحركات الكهربائية

تُستخدم المفاتيح اليدوية لتشغيل المحركات الكهربائية الأحادية والثلاثية الطور ذات القدرة المنخفضة، وهي تحتوي على مجموعة من الملامسات التي تُستعمل لتغذية الأحمال المختلفة؛ إذ إنها تُعدّ من وسائل التحكم التي تسمح بإيصال التيار الكهربائي من المصدر إلى الحمل المراد تشغيله، أو فصله عنه. كما يوجد منها أنواع عدّة، مثل: المفاتيح الأسطوانية، والمفاتيح السكنية.

١- مفتاح تشغيل محرك أحادي الطور وإيقافه



يُستخدم المفتاح اليدوي الأحادي أو الثنائي القطب لوصّل المحرك الأحادي الطور وفصله، انظر الشكل (٣٩-٢). وقد يُزوّد المفتاح أحياناً بمصهر ومصباح إشارة لبيان وضع التشغيل.

الشكل (٣٩-٢): دائرة تغذية محرك أحادي الطور بواسطة مفتاح يدوي.

— ما وظيفة مصابيح الإشارة في دارات التحكم؟

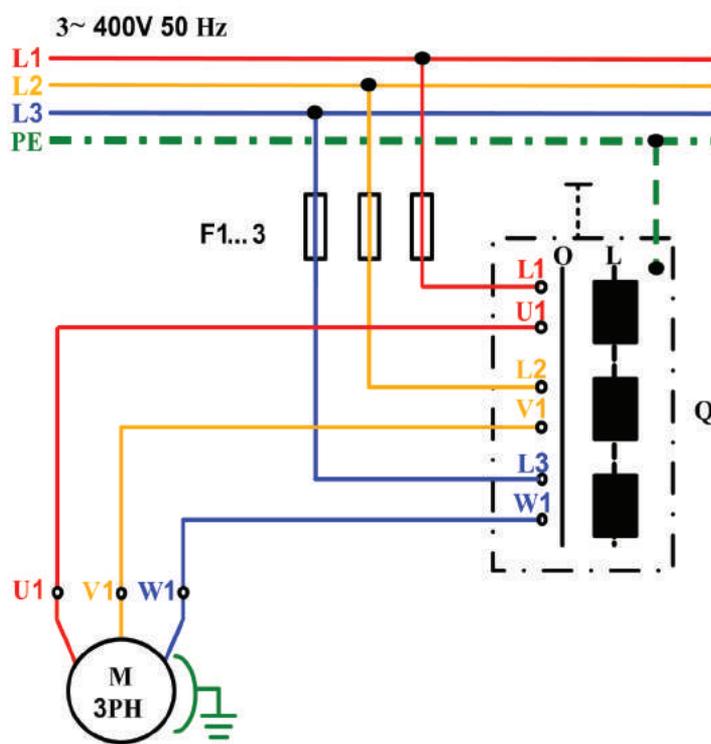
سؤال

٢- مفتاح تشغيل محرك ثلاثي الطور بوساطة مفتاح يدوي

يُستعمل هذا النوع من المفاتيح لتشغيل المحركات الحثية الثلاثية الطور ذات القدرة المنخفضة وإيقافها، انظر الشكل (٢-٤٠)، وهو يحتوي على ثلاثة أقطاب توصيل لوصول أطوار المصدر بالمحرك الكهربائي، انظر الشكل (٢-٤١).



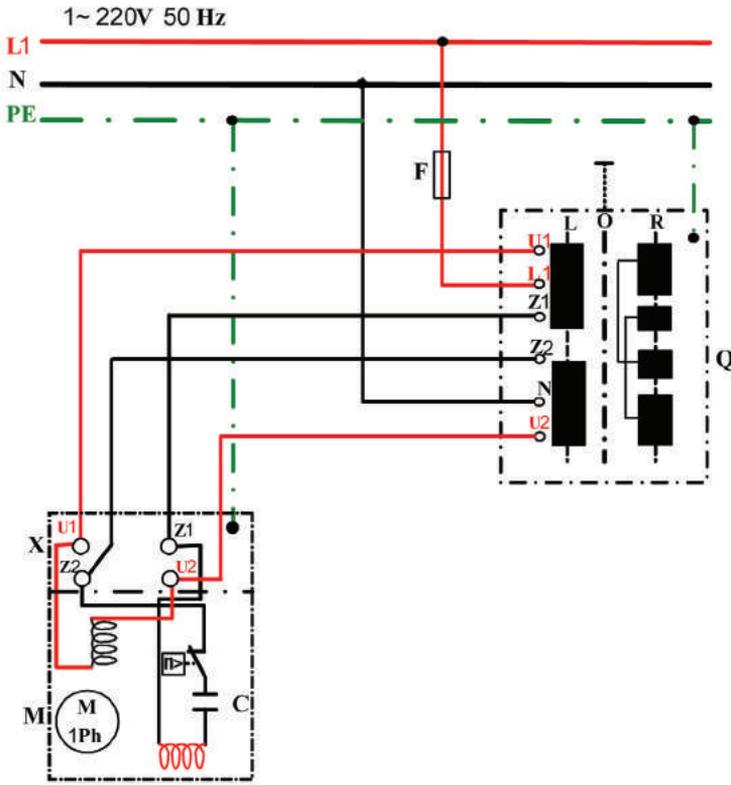
الشكل (٢-٤٠): مفتاح يدوي لتشغيل محرك ثلاثي الطور.



الشكل (٢-٤١): دائرة تشغيل وإيقاف لمحرك ثلاثي الطور بوساطة مفتاح يدوي.

نشاط (٦-٢)

مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن أشكال أخرى من المفاتيح اليدوية وتعرّفها، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.



الشكل (٤٢-٢): دارة عكس اتجاه دوران محرك أحادي الطور بواسطة مفتاح يدوي.

٣- مفتاح عكس اتجاه الدوران لمحرك

أحادي الطور

يُستعمل مفتاح قلاب لعكس اتجاه دوران المحرك الأحادي الطور، الذي يحوي ملفات بدء التشغيل وملفات التشغيل. ويتم عكس اتجاه الدوران بعكس توصيل أطراف ملفات بدء التشغيل أو ملفات التشغيل، انظر الشكل (٤٢-٢) الذي يبين دارة تشغيل محرك أحادي الطور وعكس اتجاه دورانه.

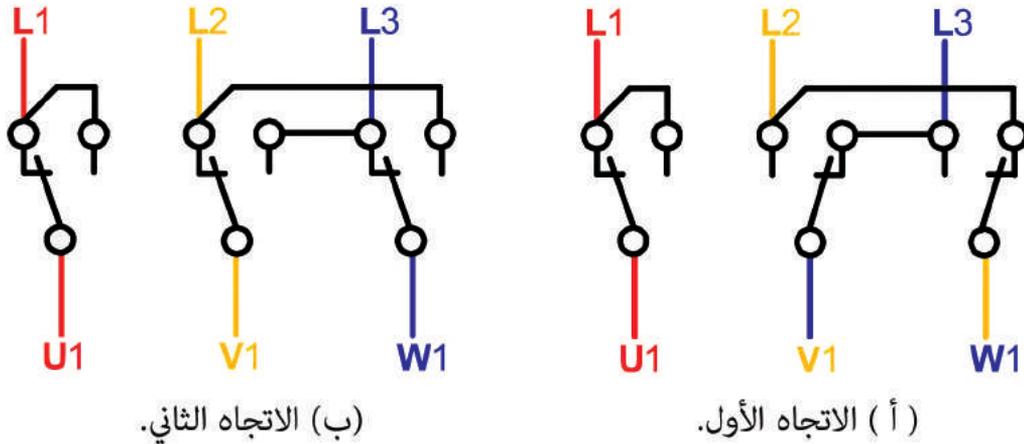


الشكل (٤٣-٢): مفتاح عكس اتجاه الدوران لمحرك ثلاثي الطور.

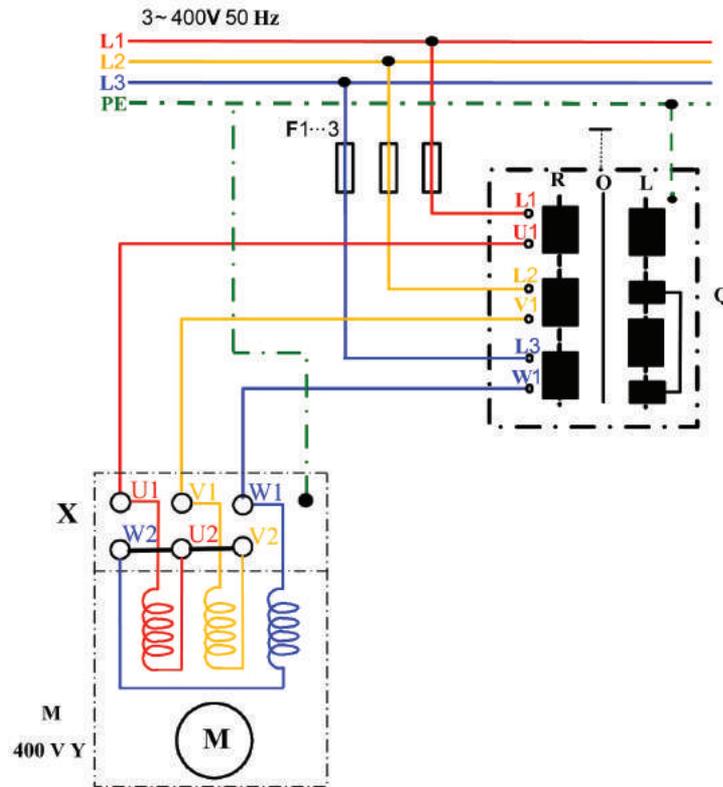
٤- المفتاح اليدوي لعكس اتجاه الدوران لمحرك ثلاثي الطور

تُستعمل مفاتيح يدوية لعكس اتجاه دوران المحركات الكهربائية الثلاثية الطور، انظر الشكل (٤٣-٢)، وتعمل هذه المفاتيح على عكس اتجاه دوران المحركات الحثية الثلاثية الأطوار، بتغيير اتجاه دوران المجال المغناطيسي للعضو الساكن. ولتحقيق ذلك، يجب تغيير تسلسل الأطوار في ملفات العضو الساكن في المحرك الكهربائي، وذلك بتغيير تسلسل توصيل تلك الأطوار؛ أي بتبديل وضع

طورين فقط، انظر الشكل (٢-٤٤) الذي يبين طريقة عمل ملامسات المفتاح الداخلية لحالة الاتجاه الأول وحالة الاتجاه الثاني، والشكل (٢-٤٥) الذي يبين دائرة عكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور بواسطة مفتاح يدوي.



الشكل (٢-٤٤): عمل الملامسات الداخلية لمفتاح عكس اتجاه الدوران.



الشكل (٢-٤٥): دائرة عكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور بواسطة مفتاح يدوي.

سؤال - ماذا يحدث إذا ثبتَّ الطور الثاني، وعُكس كلُّ من الطور الأول والطور الثالث في الشكل (٢-٤٤ / ب)؟

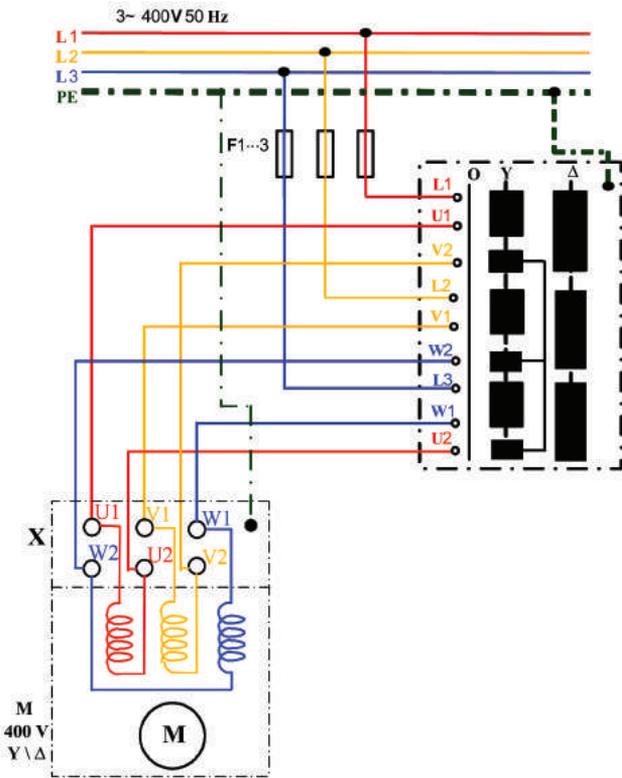
سؤال

٥- مفتاح تشغيل محرك بتوصيلة (نجمة - مثلث)



الشكل (٤٦-٢): مفتاح يدوي لتقويم محرك ثلاثي الطور من نوع (نجمة - مثلث).

يبين الشكل (٤٦-٢) مفتاح تقويم محرك ثلاثي الطور من نوع (نجمة - مثلث). ومن المعروف أن تيار البدء للمحركات الحثية العالية القدرة هو ذو قيمة عالية، قد تصل إلى ثمانية أضعاف تيار الحمل الكامل؛ لذا، يجب العمل على تخفيض قيمة هذا التيار، وذلك بتخفيض الفولطية على ملفات المحرك عند بدء الدوران، عن طريق توصيل ملفات العضو الساكن من توصيلة نجمة إلى توصيلة مثلث، فيقل التيار بنسبة $(\frac{1}{\sqrt{3}})$ ، انظر الشكل (٤٧-٢) الذي يبين دائرة تقويم محرك ثلاثي الطور من نوع (نجمة - مثلث).



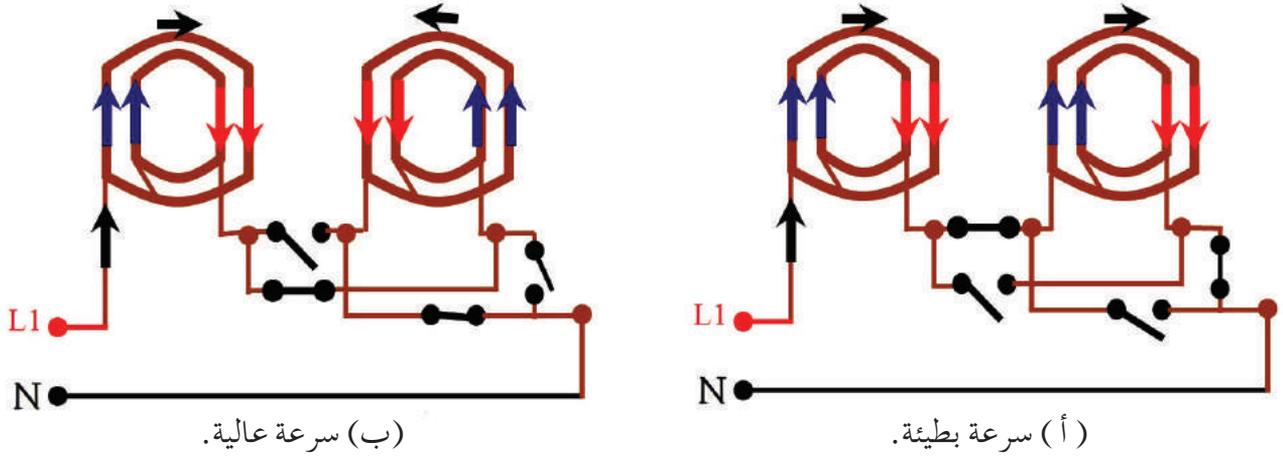
الشكل (٤٧-٢): مفتاح يدوي لتقويم محرك ثلاثي الطور من نوع (نجمة - مثلث).

٦- المفتاح اليدوي لتشغيل المحركات

الأحادية أو الثلاثية الطور الثنائية السرعة يبين الشكل (٤٨-٢) مفتاحاً يدوياً لتشغيل محرك ثلاثي الطور من سرعتين؛ إذ يمكن التحكم في سرعة المحرك الحثي بواسطة هذا المفتاح عن طريق تغيير عدد الأقطاب. ويبين الشكل (٤٩-٢) كيفية توصيل المفتاح اليدوي الثنائي السرعة بمحرك أحادي الطور.



الشكل (٢-٤٨): مفتاح تشغيل محرك ثنائي السرعة.



الشكل (٢-٤٩): مفتاح ثنائي السرعة لمحرك أحادي الطور.

نشاط (٧-٢) مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن طرائق أخرى لتقليل تيار البدء الخاص بالمحركات الكهربائية، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.

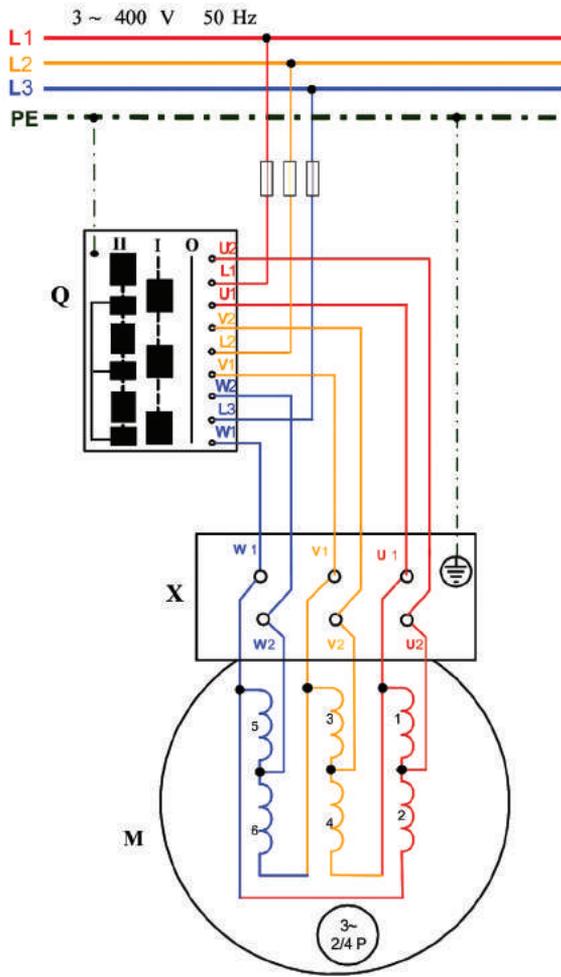
يعمل المفتاح على تغيير عدد الأقطاب، مما يؤدي إلى تغيير السرعة. ففي الوضع (أ) يكون عدد الأقطاب أربعة، وتكون السرعة قريبة من (١٥٠٠) د/د، في حين يقل عدد الأقطاب في الوضع (ب) إلى قطبين، وتزيد السرعة لتصبح قريبة من (٣٠٠٠) د/د. وكما هو معلوم،

فإن سرعة العضو الدوار (n) ترتبط بعدد الأقطاب تبعًا للعلاقة الآتية:

$$n = \frac{120 \cdot f}{p}$$

حيث: f : التردد بالهيرتز.

p : عدد الأقطاب.



أما في المحركات الحثية الثلاثية الطور المتناصفة السرعتين (دالندر)، فيمكن الحصول على سرعتين متناصفتين عن طريق تحويل توصيلة ملفاتها من مثلث إلى نجمة ثنائية بمساعدة مفتاح التحكم اليدوي، انظر الشكل (٢-٥٠). ويؤدي التبديل من توصيلة المثلث إلى توصيلة النجمة الثنائية إلى انخفاض عدد الأقطاب إلى النصف، فتزداد السرعة إلى الضعف.

الشكل (٢-٥٠): دارة تشغيل محرك ثلاثي ذي سرعتين متناصفتين.

المفاتيح التلامسية

يشيع استخدام المفاتيح التلامسية (Contactors) في دارات تشغيل المحركات الكهربائية والتحكم، وتعمل هذه المفاتيح بظاهرة الحث الكهرومغناطيسي، انظر الشكل (٢-٥١).

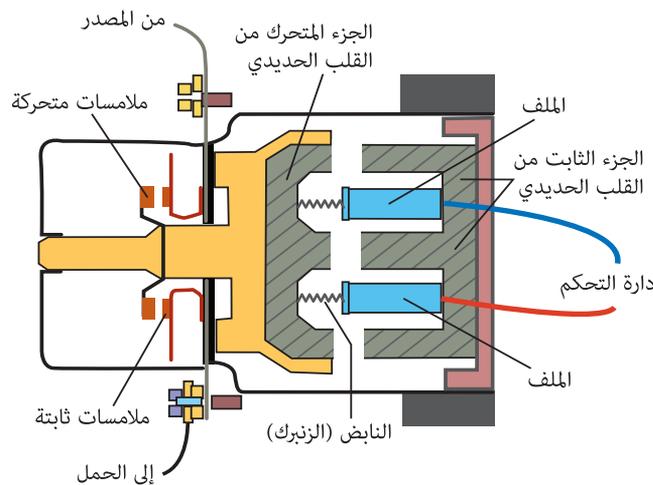


يُستخدَم المفتاح التلامسي للأحمال الكهربائية المختلفة (الصغيرة، والمتوسطة، والكبيرة)، ويمكن التحكم في تشغيله بطرائق مختلفة باستخدام المفاتيح الكهربائية، والضواغط المختلفة، والحاكمات المنطقية المبرمجة (PLC).

الشكل (٢-٥١): المفاتيح التلامسية.

١- التركيب الداخلي للمفتاح التلامسي

يوضح الشكل (٢-٥٢) التركيب الداخلي للمفتاح التلامسي؛ إذ توجد دارتان تشاركان في عمل المفتاح التلامسي، هما: دائرة التحكم، ودائرة التشغيل، حيث تتصل دائرة التحكم بالملف المغناطيسي للمفتاح التلامسي، وتتصل دائرة التشغيل بملامسات التشغيل (القدرة).

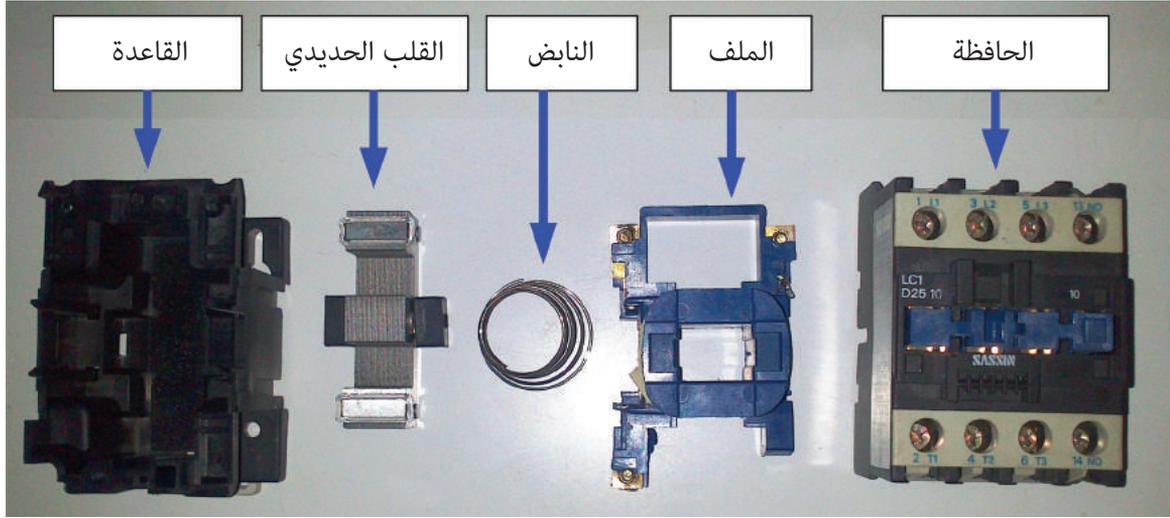


الشكل (٢-٥٢): التركيب الداخلي للمفتاح التلامسي.

٢- مكونات المفتاح التلامسي

يتكوّن المفتاح التلامسي من الأجزاء الآتية المبينة في الشكل (٢-٥٣):

أ - القلب الحديدي: هو مجموعة من الشرائح المصنوعة من الحديد السيليكوني على شكل حرف (E).



الشكل (٢ - ٥٣): مكونات المفتاح التلامسي.

ب - الحافظة: هي الجزء المُكَمَّل للدارة المغناطيسية الذي تُثَبَّت به نقاط الملامسات.

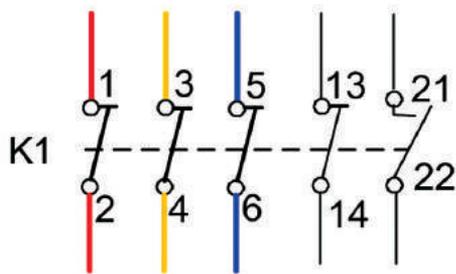
ج - الملف: هو سلك نحاسي معزول بالورنيش، يُلَفَّ على بكرة من البلاستيك داخل القلب الحديدي، ويعمل بفولتيات مختلفة، مثل: (12V)، و(24V)، و(220v)، و(380V)، انظر الشكل (٢ - ٥٤ / أ، ب) الذي يبيِّن حالة الإيقاف والعمل للمفتاح التلامسي.

د - الملامسات الرئيسة (ملامسات القدرة): تُستخدَم هذه الملامسات في توصيل دارات التشغيل، وهي مصممة على نحوٍ يتيح تحمُّل تيار الحمل الذي تعمل عليه.

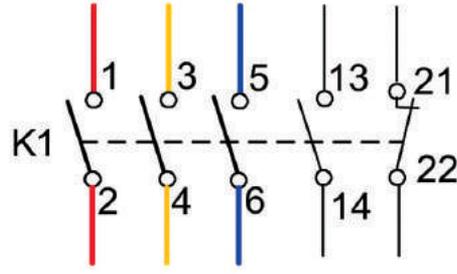
هـ - الملامسات المساعدة (ملامسات التحكم): تُستخدَم هذه الملامسات في توصيل دارات التحكم، وهي نوعان:

١. ملامسات مساعدة مفتوحة (NO).

٢. ملامسات مساعدة مغلقة (NC).



(ب) حالة التشغيل للمفتاح التلامسي.

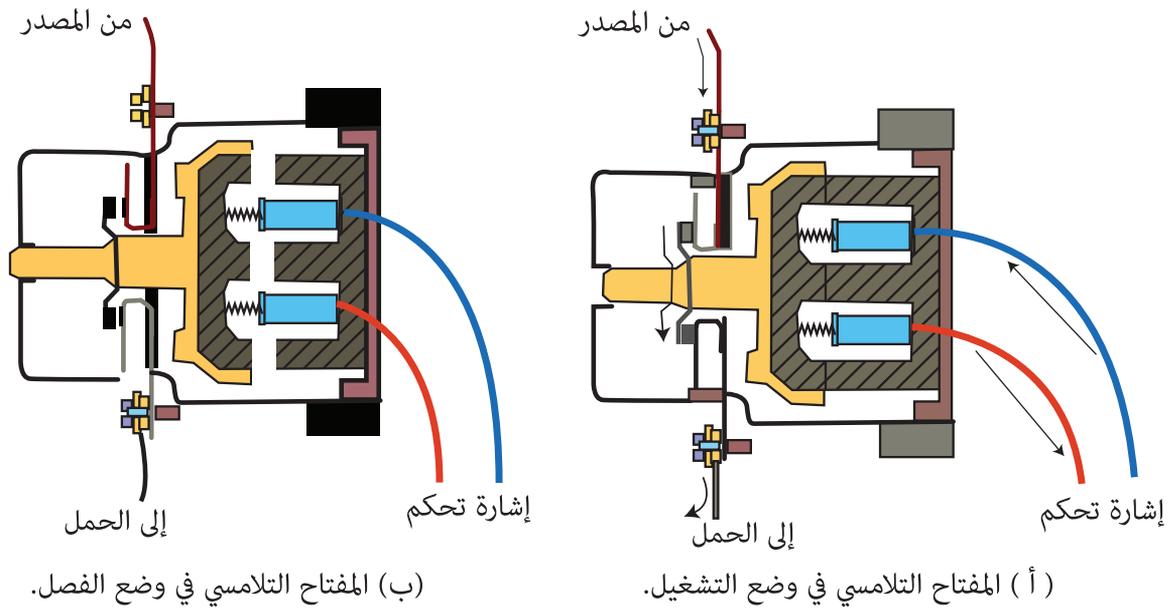


(أ) حالة الإيقاف للمفتاح التلامسي.

الشكل (٢ - ٥٤): حالة التشغيل والإيقاف للمفتاح التلامسي.

٣- مبدأ عمل المفتاح التلامسي

يعتمد المفتاح التلامسي في عمله على توليد مجال مغناطيسي داخل الجزء الثابت للقلب الحديدي بسبب سريان تيار كهربائي من دائرة التحكم إلى أطراف الملف المغناطيسي، ما يؤدي إلى نشوء قوة جذب مغناطيسي للجزء المتحرك، تعمل على توصيل الملامسات في دائرة التشغيل، ثم توصيل الفولطية من المصدر إلى الحمل الكهربائي عبر ملامسات التشغيل. وحين ينفصل التيار عن دائرة التحكم يتلاشى المجال المغناطيسي، فتفتح دائرة ملامسات التشغيل بتأثير نابض الإرجاع، انظر الشكل (٢-٥٥).



الشكل (٢-٥٥): مبدأ عمل المفتاح التلامسي.

٤- العناصر الإضافية التي يمكن تركيبها على المفتاح التلامسي

تشمل هذه العناصر ما يأتي:

أ - الملامسات المساعدة: تحتوي بعض أنواع المفاتيح التلامسية على ملامسات مفتوحة وأخرى مغلقة بخلاف ملامسات القدرة التي تحتوي على ملامسات مفتوحة فقط. كما يمكن تزويد بعض أنواع المفاتيح التلامسية بجزء مستقل من الملامسات يُركَّب في الجزء العلوي من هذه المفاتيح، انظر الشكل (٢-٥٦)، بحيث تنجذب ملامساتها ميكانيكيًا نحو ملامسات المفاتيح التلامسية الأصلية لتصبح جزءًا منها. يُذكر أنّ عدد الملامسات المفتوحة والمغلقة يتحدّد تبعًا لحاجة دائرة التحكم.



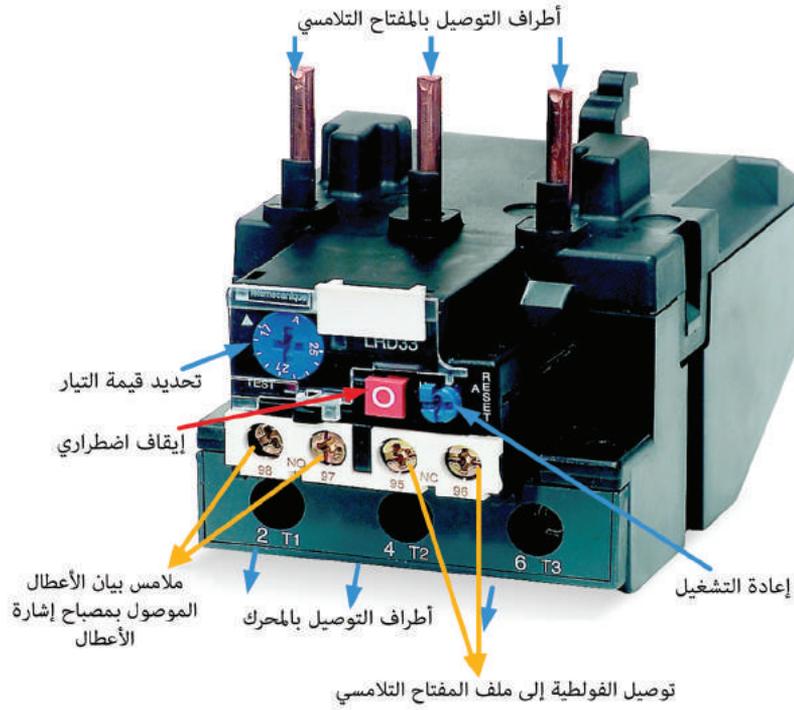
الشكل (٢-٥٦): الملامسات المساعدة،
والملامسات الرئيسة للمفتاح التلامسي.

تُصنّف الملامسات إلى نوعين، هما:

١. ملامسات مفتوحة: يُطلق على هذا النوع اسم الملامس المفتوح في الوضع العادي، واختصاره (Normally Open - No)، وهو يغلق عند توصيل التيار الكهربائي من دائرة التحكم إلى أطراف الملف المغناطيسي.

٢. ملامسات مغلقة: يُطلق على هذا النوع اسم الملامس المغلق في الوضع العادي، واختصاره (Normally Close - NC)، وهو يفتح عند توصيل التيار الكهربائي من دائرة التحكم إلى أطراف الملف المغناطيسي.

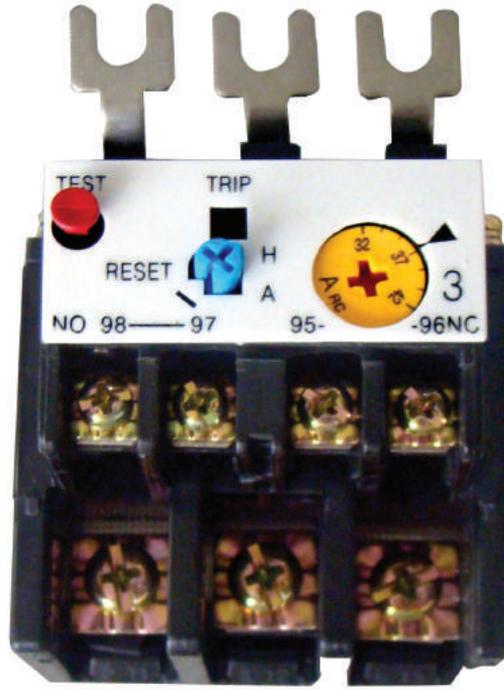
ب- المرحل الحراري لزيادة الحمل (Overload): يُستعمل المرحل الحراري لحماية المحركات من أيّ زيادة في شدّة التيار، وهو يتكوّن من ثلاثة عناصر حرارية تتصل بالتوالي بملفات المحرك، عن طريق ملامسات التشغيل في المفتاح التلامسي. كما يحتوي على تدرّيج مضبوط على القيمة المقنّنة لتيار المحرك. وفي حال زادت شدّة التيار الذي يسري في المحرك على القيمة التي ضُبط عليها تدرّيج المرحل الحراري لأيّ سبب (زيادة الحمل، أو فصل أحد الأطوار، أو غير ذلك)؛ فإنّ درجة حرارة العناصر الحرارية ترتفع، مُحركّة قطعة من (الفير) لتفصل ملامسًا مغلقًا داخل المرحل الحراري. يتصل هذا الملامس بالتوالي بملف المفتاح التلامسي الذي يعمل على تشغيل المحرك، فيفصل الملامسات الرئيسة والتيار عن المحرك. وبعد معرفة سبب الزيادة في شدّة التيار وإصلاحه، يُضغَط على زرّ إعادة التشغيل، فتعود ملامسات المرحل الحراري إلى الوضع الطبيعي، وتتم عملية إعادة تشغيل الدارة مرة أخرى، انظر الشكل (٢-٥٧).



الشكل (٢-٥٧): يمثل المرحل الحراري لزيادة الحمل.

يحتوي المرحل الحراري على أربعة ملامسات توصيل: ملامسين مفتوحين (٩٧-٩٨)، وآخرين مغلقين (٩٥-٩٦)، ويمكن توصيل كل من الملامسين المفتوحين بمصباح إشارة. فإذا أضاء، فإن ذلك يعني توقف الآلة عن العمل نتيجة لفصل المرحل الحراري. يُذكر أنّ بعض الأنواع الأخرى تحتوى على ثلاثة ملامسات: الملامس الرئيس (٩٥)، واللامس الثاني (٩٦) (NC)، واللامس الثالث (٩٨) (NO)، ويشبه عمل هذه الملامسات عمل مفتاح (الدرج). ففي وضع التشغيل العادي، يعمل الملامس الرئيس (٩٥) على إيصال التيار إلى ملف المفتاح التلامسي عن طريق الملامس (٩٦). وفي حال زاد التيار على الحدّ المقرر، فإنه يُفصل عن المحرك بفصل الملامسين (٩٥-٩٦)، واتصال الملامسين (٩٥-٩٨).

وبوجه عام، فإنّ معظم أنواع المرحلات الحرارية لا تعود إلى وضعها الطبيعي (بعد غلق ملامساتها) إلا بالضغط على زرّ إعادة التشغيل (Reset)، في حين تحتوى بعض الأنواع على زرّ إضافي يتيح للمستخدم إرجاع ملامسات المرحل الحراري إلى وضعها الطبيعي يدويًا (H)، أو آليًا (أوماتيكياً) (A)؛ ممّا يعني عودة العناصر الحرارية إلى وضعها الطبيعي بعد انخفاض درجة حرارتها، من دون حاجة إلى الضغط على زرّ إعادة التشغيل، انظر الشكل (٢-٥٨) الذي يبيّن مرحلاً حراريًا يعمل بصورة يدوية (H)، وآلية (A).



الشكل (٢-٥٨): مرحل حراري يعمل يدويًا (H)، وآليًا (A).

سؤال

– فيم يُستفاد من المرحلات التي يمكن إعادة تشغيلها بصورة يدوية أو آلية؟

تتوافر المرحلات الحرارية بتيارات قياسية متعددة (6 – 250Amp)، وتكون قابلة للضبط في زمن الفصل عند زيادة تيار الحمل والتيار الفصل الذي يجب أن يفصل عنده المرحل. فإذا أردنا اختيار مرحل حماية لحماية محرك ضاغط في أثناء سحب الماء من بئر، وكانت قدرة هذا المحرك الثلاثي الطور (٧٥٠٠ واط)، وتردده (50Hz)، ومعامل قدرته (٠,٨٧)؛ فإنه يتعيّن علينا حماية هذا المحرك من خطر التحميل الزائد الذي قد ينجم عن انخفاض فولتية المصدر أو زيادة الحمل على محوره، وذلك باختيار مرحل يكون تياره قريبًا من تيار المحرك. علمًا بأن الشركات الصانعة لمرحلات الحماية تراعي عند التصنيع قدرات المحركات القياسية.

يمكن حساب تيار المحرك من العلاقة الآتية:

$$P = 3.V_p . I_p \cos\phi$$

$$I_p = \frac{P}{3.V_p . \cos\phi} = \frac{7500}{3 \times 380 \times 0.87} = 7.56 \text{ A}$$

حيث:

P : قدرة المحرك بالواط.

Vp : فولتية الطور بالفولط.

Ip : تيار الطور بالأمبير.

CosØ : معامل قدرة المحرك.

إنّ القيمة الناتجة (7.56A) هي قيمة التيار المقنّن للمحرك. ولكن، ما التيار الذي يجب أن يفصل عنده مرحل الحماية (تيار الحمل الزائد)؟

إنّ الحمل الزائد الذي يمكن اعتباره مقبولاً تبعاً للمقاييس، هو التيار الذي تبلغ نسبته (+٥٪ - ١٠٪) من قيمة تيار المحرك المقنّن، فإذا زادت النسبة على ذلك فلا يُعدّ مقبولاً، ويمكن تحقيق ذلك بالمعادلة الآتية:

$$I_k = 1.3 \times I_L$$

حيث إنّ (I_k) هو تيار الحمل الزائد الذي يجب ضبط المرحل بحسبه، و (I_L) هو تيار الحمل المقنّن. وبذا، فإنّ تيار الفصل للمرحل يساوي:

$$I_k = 1.3 \times 7.56 = 9.82 \text{ A}$$

وبناءً على ما سبق، يتعيّن اختيار مرحل حمايةٍ مجاله (٨-١٢) أمبير، وهو ما يُمثّل مرحلة قياسية يمكن ضبطها على القيمة المطلوبة.

أمّا بالنسبة إلى المحركات الكبيرة فيمكن حمايتها بمرحل حماية حراري خاص تتصل ملامساته الرئيسة بالتوالي بملفات المفتاح التلامسي، ممّا يسمح لتيار الحمل بالمرور بلامسات المرحل الحراري التي تتحمل قيمة تياره بالكامل.

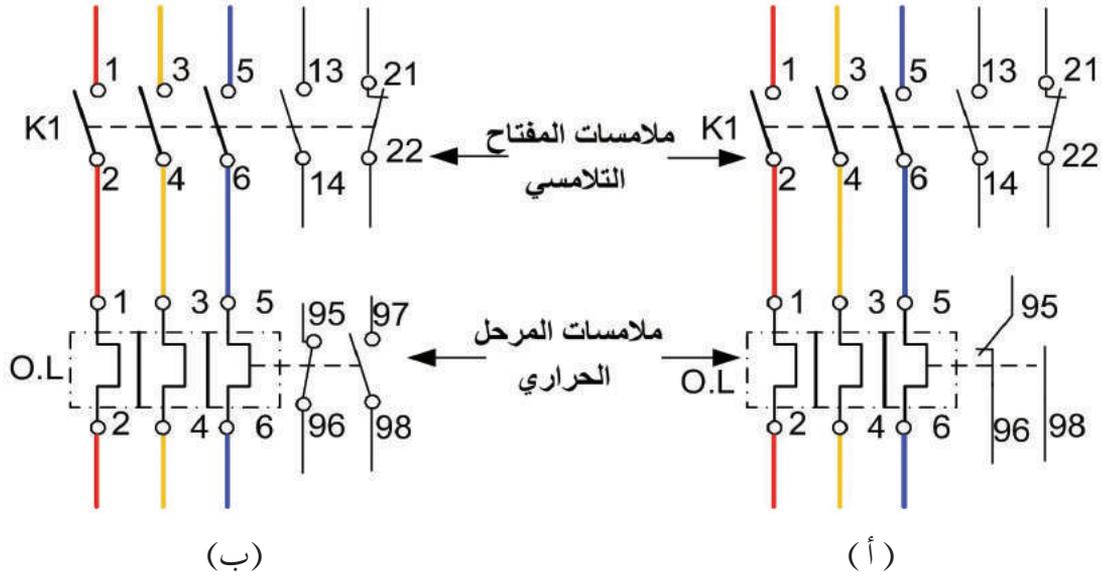
وفي ما يخص دارات المحركات العالية القدرات، فلا يمكن استخدام مرحل حراري عادي مباشرة نتيجة لزيادة قيمة تيارها؛ إذ ستكون حساسية العناصر الحرارية منخفضة. لذا، يُستخدم في هذه الحالة مرحل حراري مُزوّد بمحول تيار.

يتكوّن هذا المحول من مجموعة شرائح يُلفّ حولها عدد من لفات سلك نحاسي معزول، ويمر السلك المراد قياس تياره داخل مجموعة الشرائح. فإذا سرى داخل السلك مثلاً

(١٠٠) أمبير يتولد في الملفات (٥) أمبير؛ أي إنَّ مقابل كلِّ (٢٠) أمبير تسري في السلك يتولد في لفات محول التيار أمبير واحد فقط، ممَّا يعني أنَّ نسبة التحويل للمحول هي (١:٢٠)، وهكذا كلُّما ارتفعت شدَّة التيار الساري في السلك ارتفعت في الملفات بنسبة معينة.

يُذكر أنَّ طرفي لفات كلِّ طور من المحول يتصلان بطرفي ملف حراري من المرحل الحراري المنخفض القيمة، وذلك تبعًا لنسبة المحول.

ج- بادئ المحرك (Starter): هو مجموعة مكونة من المفتاح التلامسي والمرحل الحراري المتصلين معًا كما في الشكل (٢-٥٩)؛ أي إنَّ:
 بادئ المحرك = المفتاح التلامسي + مرحل الحماية من زيادة التيار.



الشكل (٢-٥٩): وصل المفتاح التلامسي بالمرحل الحراري.

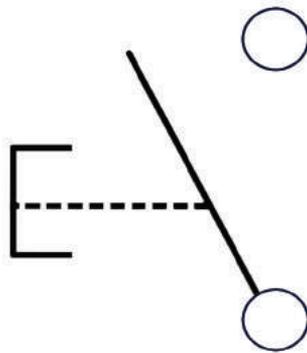
٥- العناصر المتممة لدائرة المفتاح التلامسي

حتى تعمل دائرة المفتاح التلامسي؛ لا بُدَّ من توافر العناصر المتممة لهذه الدارة، ومنها:
أ - ضواغط التشغيل والإيقاف (Push Buttons) وضواغط القفل: تُستخدم هذه الضواغط على نطاق واسع في دارات التحكم لتشغيل المحركات الكهربائية الأحادية والثلاثية الطور وإيقافها، انظر الشكل (٦٠-٢).



الشكل (٦٠-٢): ضاغط تشغيل، وضاغط إيقاف.

وفي ما يأتي بيان لكلٍّ منها:
١. ضاغط التشغيل: هو ملامس مفتوح أصلاً، يتم إغلاقه بالضغط عليه، ثمَّ يعود إلى وضعه الطبيعي بعد الانتهاء من الضغط عليه. يُذكر أنَّ ضواغط التشغيل توصل بعضها ببعض بالتوازي، انظر الشكل (٦١-٢) الذي يبيِّن ضاغط تشغيل ورمزه.



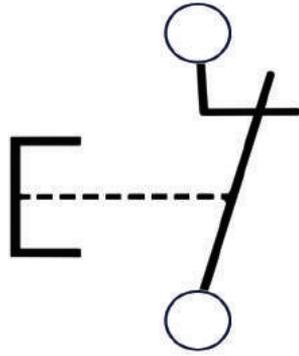
(أ) رمز ضاغط التشغيل.



(أ) ضاغط التشغيل.

الشكل (٦١-٢): ضاغط تشغيل ورمزه.

٢. ضاغط الإيقاف: هو ملامس مغلق أصلاً، يتم فتحه بالضغط عليه، ثمَّ يعود إلى وضعه الطبيعي بعد الانتهاء من الضغط عليه. يُذكر أنَّ ضواغط الإيقاف توصل بعضها ببعض على التوالي، انظر الشكل (٦٢-٢) الذي يبيِّن ضاغط إيقاف ورمزه.



(أ) رمز ضاغط الإيقاف.



(أ) ضاغط الإيقاف.

الشكل (٢-٦٢): ضاغط إيقاف ورمزه.

٣ . ضاغط القفل: يتكوّن هذا الضاغط من ملامسين؛ أحدهما ذو طبيعة مفتوحة (NO)، والآخر ذو طبيعة مغلقة (NC). ويتم إغلاق الملامس المفتوح وفتح الملامس المغلق بالضغط على الضاغط. وعند إزالة الضغط يعود كلا الملامسين إلى وضعهما الطبيعي.



الشكل (٢-٦٣): مجموعة من مصابيح البيان.

ب- مصابيح البيان: تشير هذه المصابيح إلى حالة المحركات من حيث العمل (تشغيل، إيقاف)، وتلفت الانتباه إلى حصول عطل ما فيها، انظر الشكل (٢-٦٣).

تُقسّم مصابيح البيان أقسامًا ثلاثة، هي:

١ . مصابيح بيان التشغيل: تشير مصابيح بيان التشغيل إلى عمل المحرك، أو دورانه نحو اليمين أو اليسار، وتكون عادة خضراء اللون، وتوصّل بملف المفتاح التلامسي بالتوازي، ويُرمز إليها بالرمز (H1)، انظر الشكل (٢-٦٤).

٢ . مصابيح بيان الإيقاف: يضيء مصباح بيان الإيقاف عندما يكون المحرك متوقفًا عن العمل، ويوصّل هذا المصباح (الأحمر اللون)



الشكل (٢-٦٤): مصباح بيان التشغيل.



الشكل (٢-٦٦):
مصباح بيان الأعطال.

الشكل (٢-٦٥):
مصباح بيان الإيقاف.

بملامس مساعد مغلق موجود في
المفتاح التلامسي، ويُرمز إليه بالرمز
(H2)، انظر الشكل (٢-٦٥).

٣. مصابيح بيان الأعطال: يوصل هذا
النوع من المصابيح بالنقطة (٩٨)
في مرحل الحماية من زيادة التيار،
وهو يشير إلى حصول عطل ما في
دارة التشغيل عندما يكون مضاءً.
تتوافر هذه المصابيح بلونين: أصفر،
وبرتقالي، ويُرمز إليها بالرمز (H3)، انظر الشكل (٢-٦٦).

٦- أسس اختيار المفتاح التلامسي

توجد أنواع وحجوم عدّة من المفاتيح التلامسية، ويُراعى عند شرائها ما يأتي:

أ - القدرة أو التيار المقنّن للحمل: تُمثّل ملامسات التشغيل الجزء الذي سيتحمّل تيار المحرك داخل المفتاح التلامسي. وبما أنّ هذه الملامسات هي المسؤولة أيضًا عن سريان التيار من مصدر الفولطية إلى المحرك الكهربائي، فيجب أن يكون حجمها ونوع المادة المصنّعة منها قادرين على تحمّل قيمة التيار التي يستهلكها الحمل.

وكلّما كانت قيمة تيار المفتاح التلامسي أكبر من تيار الحمل كان الأداء أفضل، وزاد أمد (عمر) الزمن التشغيلي لهذا المفتاح. وبوجه عام، يجب اختيار المفتاح التلامسي بحيث لا يكون تياره أعلى بكثير من تيار الحمل، مع مراعاة عدد مرات التشغيل والفصل، والمواد الداخلة في صناعة هذا المفتاح. فكلّما زاد عدد مرات الإيقاف والتشغيل تعيّن اختيار مفتاح تلامسي ذي قيمة أعلى، وكلّما كانت المواد التي صنّع منها المفتاح التلامسي جيدة أمكن اختيار مفتاح قيمة تياره قريبة من قيمة تيار الحمل.

يُذكر أنّ المفاتيح التلامسية لا تحوي على الدوام قيمًا بالتيار الذي نريده؛ فهي قيم متباينة عادة (٩، ١٢، ١٥، ٢٠، ٢٥) أمبير.

ب- الفولطية التي تعمل بها دائرة التحكم: لا يشترط أن تعمل دائرة التحكم بفولطية الحمل نفسها، إنما يُفضَّل أن تعمل بفولطية منخفضة. علمًا بأنَّ فولطية دائرة التحكم هي التي ستغذي ملف المفتاح التلامسي بغض النظر عن قيمة فولطية المصدر التي سيعمل بها المحرك.

ج- عدد الملامسات المفتوحة والمغلقة: يتحدّد عدد الملامسات المفتوحة والمغلقة من دائرة التحكم التي يراد تنفيذها. وقد لا تحتوي هذه الدارة على أيّ ملامسات مفتوحة أو مغلقة، وقد تحتوي على عدد معين منها.

٧- المؤقت (Timer)

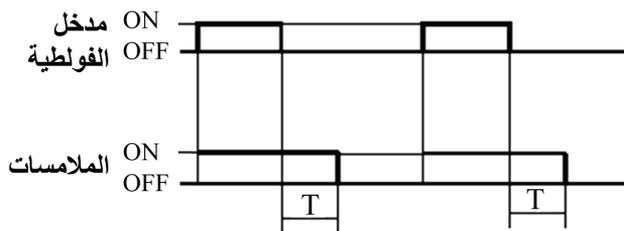
يحتوي المؤقت على ملف وملامسات مفتوحة وأخرى مغلقة، تُستخدم في الدارات الكهربائية حسب التطبيق المراد تنفيذه.

يعمل المؤقت على توفير فاصل زمني بين لحظة تطبيق الإشارة على ملف المؤقت ولحظة خروج الإشارة للملامسات، ويُسمّى هذا النوع بمؤقت تأخير الوصل (On-Delay)، وهو قد يوفر فاصلًا بين لحظة انقطاع الإشارة عن ملف المؤقت ولحظة انقطاعها عن الملامسات، ويُسمّى

المؤقت في هذه الحالة بمؤقت تأخير الفصل (Off-Delay)، انظر الشكل (٦٧-٢).

يُصنّف المؤقت تبعًا للوظيفة إلى أنواع عدّة، أبرزها:

أ - مؤقت الوصل (On-Delay): وفيه تُغيّر وضعية الملامسات بعد مدّة معينة من تغذية ملف المؤقت الذي يمكن ضبطه. وعند فصل التغذية عن ملف المؤقت، تعود الملامسات



إلى وضعها الطبيعي، انظر الشكل (٦٨-٢) الذي يبيّن مبدأ عمل مؤقت الوصل.

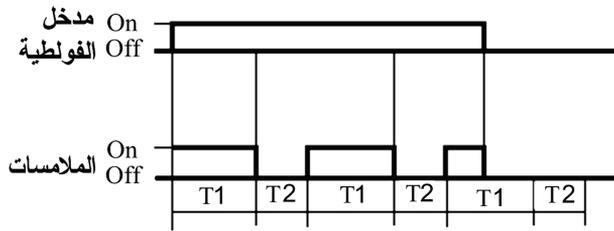
الشكل (٦٨-٢): مبدأ عمل مؤقت الوصل.

ب- المؤقت الرعاش (Flashing Timer): عند وصل التغذية بملف المؤقت تنعكس حالة ملامسات المؤقت مدة (T1). وعند انتهاء هذه المدة (T1)، تعود الملامسات إلى وضعها الطبيعي مدة (T2). ويتكرر هذا العمل طوال زمن سريان التيار في ملف المؤقت. ولكن، بمجرد فصل التغذية عن ملف المؤقت، فإن الملامسات تعود إلى وضعها الطبيعي.

يوجد نوعان من هذا المؤقت، هما:

١. مؤقت يحتوي على تدرج واحد، تضيء فيه المصابيح (أو أي حمل آخر) زمناً معيناً، ثم تنفصل عنها الفولطية المدة نفسها، ثم تضيء وهكذا.

٢. مؤقت يحتوي على تدرجين، ويُضبط فيه زمن الوصل بحيث يكون مختلفاً عن



زمن الفصل؛ أي يعمل الحمل مدة (٣٠) ثانية، ثم يفصل (١٠) ثوانٍ، ثم يعمل (٣٠) ثانية مرة أخرى وهكذا، انظر الشكل

الشكل (٢-٦٩): مبدأ عمل المؤقت الرعاش.

(٢-٦٩).

ج- المؤقت المبرمج (Programmable Timer): يُستعمل هذا المؤقت للتحكم في وصل دائرة كهربائية معينة أو فصلها خلال ساعة (مثلاً) في يوم معين؛ كل أسبوع، أو شهر، أو سنة. يعمل هذا النوع من المؤقتات على تشغيل وحدات التوليد في الآلات التي تعمل بوقود الديزل خلال وقت معين كل أسبوع، أو التحكم في معالف مزارع الدواجن، فضلاً عن التحكم في عمل آلات التدفئة المنزلية.

د - المؤقت الخاص بدارة (النجمة - المثلث) (Time Delay Relay for Star - Delta): لا

يُفضّل في دارات بدء الحركة (نجمة - مثلث) للمحركات فصل المفتاح التلامسي للنجمة، وتوصيل المفتاح التلامسي للمثلث في اللحظة نفسها؛ إذ يؤثر ذلك في ملفات المحرك بحيث لا يتلاشى المجال المغناطيسي في اللحظة نفسها التي يفصل فيها التيار. لذا، فإن تغيير وصل المفتاح التلامسي للمثلث في نفس لحظة فصل مفتاح النجمة، يؤدي إلى ارتفاع تيار المحرك بصورة أكثر من ارتفاع تياره المقنن في توصيلة

المثلث، خاصة إذا كانت قدرة المحرك عالية.

وعليه، فعند تصميم دارات بدء الحركة لمثل هذا النوع من المحركات، يراعى وجود مدة زمنية قصيرة بين فصل المفتاح التلامسي للنجمة، ووصل المفتاح التلامسي للمثلث؛ على ألا تزيد هذه المدة على حدّ معين بالتزامن مع انخفاض سرعة المحرك. فإذا حدث ذلك، فإنّ المحرك سيسحب تياراً أعلى ممّا لو كان التبديل المباشر من وصل النجمة إلى المثلث.

يُذكر أنّ المدة الزمنية المناسبة بين فصل النجمة ووصل المثلث تتراوح بين (٥٠) ملي ثانية و (٩٠) ملي ثانية، ويتطلّب ذلك مؤقتات خاصة تُصنّع خصيصاً لمثل هذه الدارات، ويُرمز إليها بالرمز:  

هـ- مؤقت الأربع وعشرين ساعة (Hour Timer 24): يحتوي هذا المؤقت على ساعة محيطها الخارجي مُقسّم إلى (٢٤) ساعة، وكلّ ساعة مُقسّمة إلى (٤) تدريجات أو أكثر؛ أي إنّ كلّ تدريج يساوي (١٥) دقيقة، ويحوي ذراعاً صغيرة يمكن التحكم في وضعها وتغييره من أعلى إلى أسفل، أو العكس.



الشكل (٢-٧٠): مؤقت الأربع وعشرين ساعة.

يحتوي هذا النوع من المؤقتات على طرفين يوصلان بالقابس العادي أو قابس القدرة. علماً بأنّ المؤقت نفسه يحتوي في واجهته على قابس يُثبّت به مقبس الحمل الذي يراد التحكم فيه، انظر الشكل (٢-٧٠).

تتحمل ملامسات هذا النوع من المؤقتات شدة تيار تصل إلى (١٦) أمبير. فإذا كان الحمل الذي سيُرَكَّب على المؤقت يستهلك تياراً أعلى، يجب استخدام مفتاح تلامسي يوصل بالمؤقت الذي يغذي الحمل.

تحتوي بعض أنواع هذه المؤقتات على مركب؛ لمنع حدوث أيّ تغيير في أوقات الوصل والفصل في حال انقطاع التيار الكهربائي. وبما أنّ الكثير منها لا يحتوي

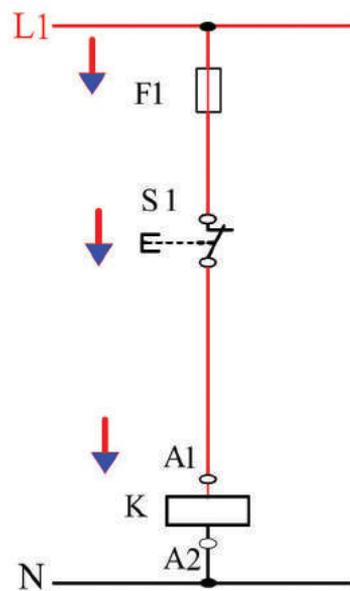
على مركب، فإن حدوث أي انقطاع في مصدر الفولطية سيؤدي إلى تأخير موعد وصل (أو فصل) الحمل الكهربائي الذي يعمل بالموقت. ويمكن ضبط زمن الموقت مرة أخرى بعد عودة مصدر الفولطية، عن طريق لف قرص الموقت في اتجاه دوران عقارب الساعة، بحيث يكون الرقم المقابل للسهم الذي يشير إلى الملامس هو الساعة الحقيقية.

مبدأ عمل الموقت

عند توصيل الفولطية بالموقت يبدأ القرص المدرج الدوران بوساطة محرك صغير، وتعمل مجموعة التروس داخل الموقت على جعل دوران القرص بطيئاً جداً (دورة كاملة كل ٢٤ ساعة). فإذا كنت تريد مثلاً تشغيل جهاز تكييف من الساعة التاسعة صباحاً إلى الساعة الثالثة بعد الظهر، فيتعيّن عليك أولاً تنزيل الأذرع الموجودة فوق الرقم (٩) حتى الرقم (١٥)، ويمكن تشغيله مرة أخرى الساعة السابعة مساءً، بحيث يفصل الساعة الواحدة بعد منتصف الليل، حينئذٍ يتعيّن عليك تنزيل الأذرع الموجودة فوق الرقم (١٩) إلى الرقم (١).

وفي حال اقتربت أية ذراع (من الأذرع التي أنزلناها) من ملامس الموقت في أثناء الدوران، فإن وضعه يتغيّر من فصل إلى وصل. وعند وصول ذراع أخرى من الأذرع التي لم تُنزل إلى

الملامس نفسه، فإن وضعه يتغيّر من وصل إلى فصل، وهكذا يوصل الحمل أو يفصل تبعاً لأوضاع الأذرع التي أنزلتها.



الشكل (٧١-٢): دائرة تحكم لتشغيل المفتاح التلامسي باستخدام ضاغط تشغيل.

٨- دارات تشغيل المفتاح التلامسي

تُقسّم دارات تشغيل المفتاح التلامسي إلى قسمين، هما:

أ- دائرة التحكم: توضح هذه الدارة مسار التيار من المصدر إلى

المفتاح التلامسي، ويبين الشكل (٧١-٢) دائرة تحكم

يسري فيها تيار من المصدر (L1) إلى المفتاح التلامسي،

عن طريق ضاغط التشغيل (S1)، حيث تكتمل الدارة

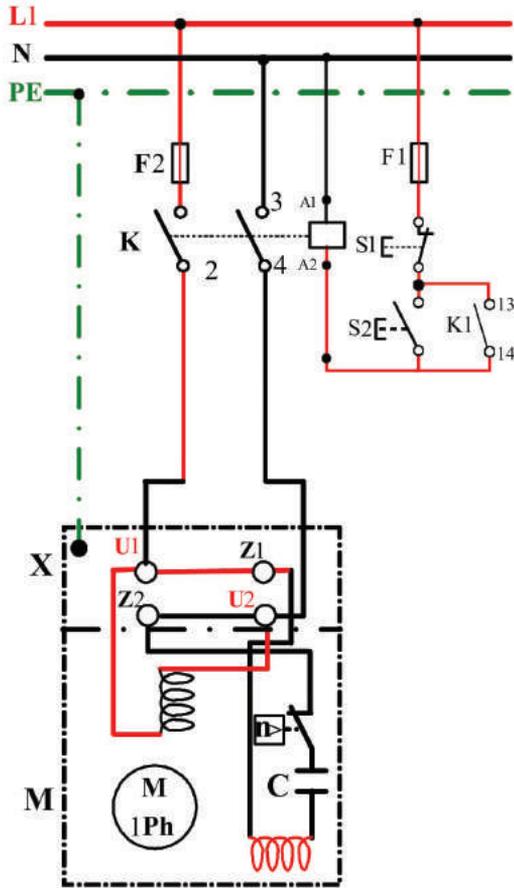
الكهربائية، ثم يعود الضاغط إلى وضعه الطبيعي عند رفع

اليده عن الضاغط، ثم يفصل التيار الكهربائي عن ملف

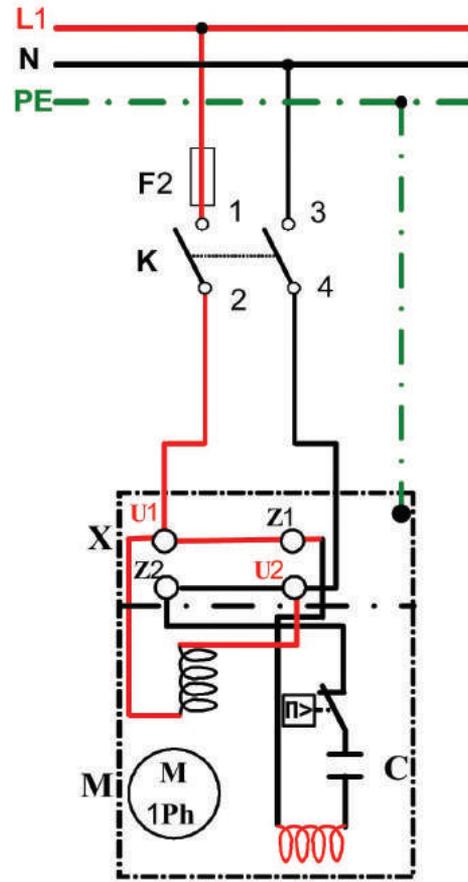
المفتاح التلامسي؛ لذا، يجب ضمان استمرارية عمل المفتاح التلامسي بعد الانتهاء من استخدام ضاغط التشغيل.

يُذكر أن بعض المراجع تستخدم مصطلح الإمساك الذاتي بدلاً من مصطلح الاستمرارية.

ب- دائرة التشغيل: تعمل هذه الدارة على بيان سريان التيار من المصدر الكهربائي عبر عناصر الحماية إلى الحمل الكهربائي باستخدام المفتاح التلامسي. ويبيّن الشكل (٢-٧٢) دائرة تشغيل محرك أحادي الطور، تحتوي على مصدر أحادي الطور، وعناصر حماية، وملامسات قدرة للمفتاح التلامسي، ومحرك كهربائي أحادي الطور، في حين يبيّن الشكل (٢-٧٣) المخطط التفصيلي لمكونات دائرة التحكم، ومكونات دائرة التشغيل في دائرة واحدة.



الشكل (٢-٧٣): المخطط التفصيلي لتشغيل محرك أحادي الطور وإيقافه.



الشكل (٢-٧٢): دائرة تشغيل محرك أحادي الطور باستخدام مفتاح تلامسي.

تطبيقات المفاتيح التلامسية

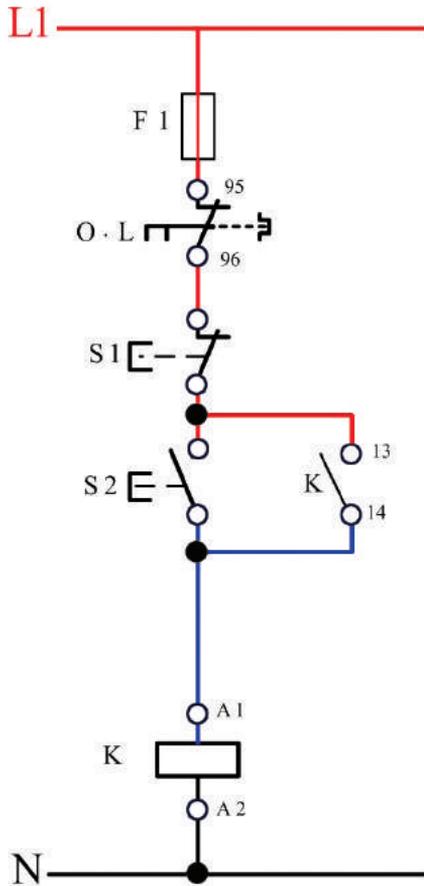
للمفتاح التلامسي تطبيقات عدّة يصعب حصرها، وفي ما يأتي بعضها:

١- دائرة تشغيل محرك حثي ثلاثي الطور وإيقافه

أ - مكونات دائرة التحكم: يبين الجدول (٢ - ٢) أجزاء دائرة التحكم الكهربائية.

الجدول (٢ - ٢): مكونات دائرة التحكم الكهربائية.

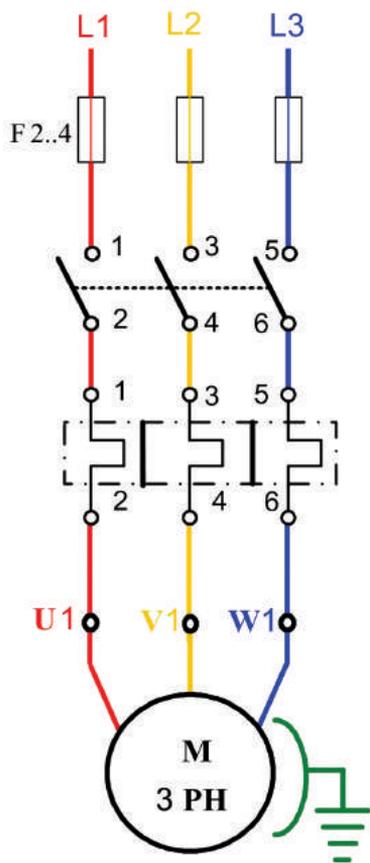
F1	مصهر حماية.	K1	مفتاح تلامسي.
S1	ضاغط إيقاف.	O L	مرحل حماية حراري.
S2	ضاغط تشغيل.		



الشكل (٢-٧٤): دائرة التحكم الكهربائية.

ب- مبدأ العمل: تنقسم دائرة تشغيل المحرك الحثي الثلاثي الطور إلى قسمين، هما:

١. دائرة التحكم: يعتمد مبدأ عمل الدارة الكهربائية المبيّنة في الشكل (٢-٧٤) على سريان التيار الكهربائي في ملف المفتاح التلامسي باستخدام ضاغط التشغيل (S2)؛ إذ يعمل المفتاح التلامسي على إغلاق الملامسات المفتوحة، وفتح الملامسات المغلقة، فيغلق الملامس (١٣-١٤) في المفتاح التلامسي لضمان استمرارية وصول التيار الكهربائي إلى ملف المفتاح التلامسي، بما يُعرّف بحالة الاستمرارية؛ التي تعني ضمان استمرار سريان التيار الكهربائي في أطراف المفتاح التلامسي.



الشكل (٧٥-٢): دائرة التشغيل.

٢. دائرة التشغيل: يعتمد مبدأ عمل دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٧٥-٢) على سريان التيار من المصدر الكهربائي إلى دائرة المحرك عن طريق المفتاح التلامسي والحماية الحرارية، حيث يتصل كل من (L1-U1)، و(L2-V1)، و(L3-W1) عندما تغلق ملامسات القدرة في المفتاح التلامسي عن طريق دائرة التحكم، فيسري التيار الكهربائي إلى المحرك الكهربائي.

٢- دائرة تشغيل محرك ثلاثي الطور وإيقافه باستخدام مفتاح تلامسي وضواغط تشغيل وإيقاف ومصباح إشارة

أ - مكونات دائرة التحكم: يبين الجدول (٢-٣) أجزاء دائرة التحكم الكهربائية.

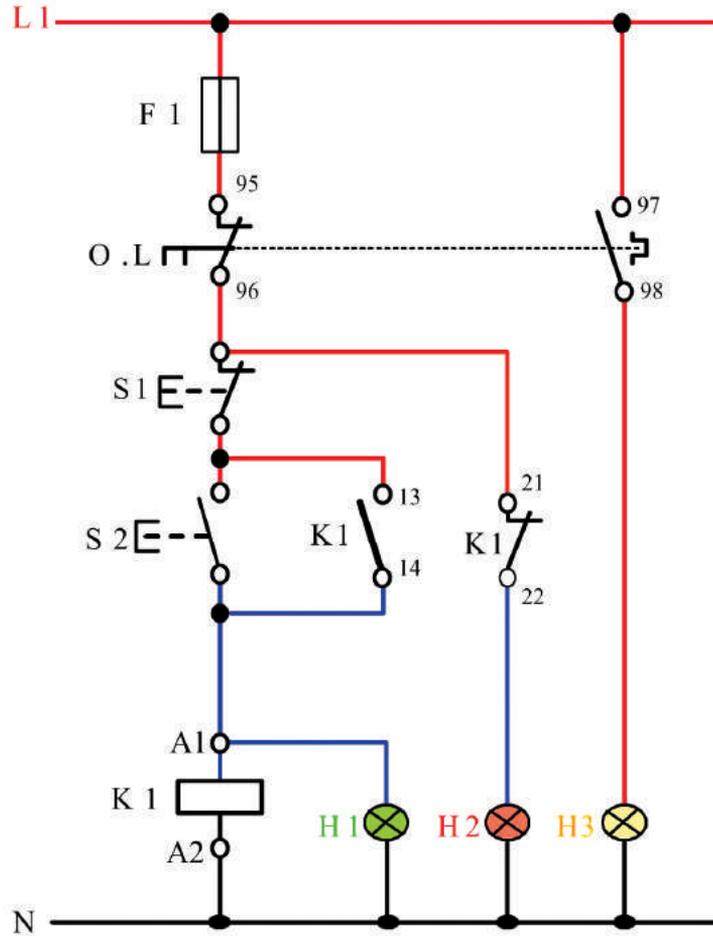
الجدول (٢-٣): مكونات دائرة التحكم الكهربائية.

F1	مصهر حماية.	K1	مفتاح تلامسي.
O.L	مرحل حماية حرارية.	H1	مصباح بيان تشغيل المحرك.
S1	ضاغط إيقاف.	H2	مصباح بيان إيقاف المحرك.
S2	ضاغط تشغيل.	H3	مصباح بيان عطل المحرك.

ب- مبدأ العمل: تنقسم دائرة تشغيل هذا المحرك إلى قسمين، هما:

١. دائرة التحكم: يُلاحظ من الدارة المبينة في الشكل (٧٦-٢) أن التيار يسري من المصدر إلى مصباح الإيقاف (H2) عن طريق الملامس المغلق (٢١-٢٢). وعند الضغط على ضاغط التشغيل (S2)، يسري التيار إلى ملف المفتاح التلامسي (A1، A2)، الذي يغلق ملامساته المفتوحة، ويفتح الملامسات المغلقة، فيضيء المصباح (H1)، ويطفئ المصباح (H2). وعند الضغط على ضاغط الإيقاف (S1)،

يُفصل التيار عن ملف المفتاح التلامسي، فتُفتح دائرة المفتاح، ليطفئ المصباح (H1)، ويضيء المصباح (H2). أما في حال حدوث حمل زائد، فإنَّ مرحلة الحماية الحراري يفصل بين النقطتين (٩٥)، و (٩٦)، ويصل بين النقطتين (٩٧)، و (٩٨)، فيضيء المصباح (H3)، انظر الشكل (٢-٧٦).



الشكل (٢-٧٦): دائرة التحكم لتشغيل محرك ثلاثي الطور وإيقافه باستخدام مفتاح تلامسي وضواغط إيقاف وتشغيل ومصابيح إشارة.

٢ . دائرة التشغيل: تعمل هذه الدارة بالطريقة نفسها التي تعمل بها دائرة التشغيل الموضحة في الشكل (٢-٧٥).

٣- دائرة تشغيل محرك ثلاثي الطور من مكانين وإيقافه من مكانين باستخدام مفتاح تلامسي

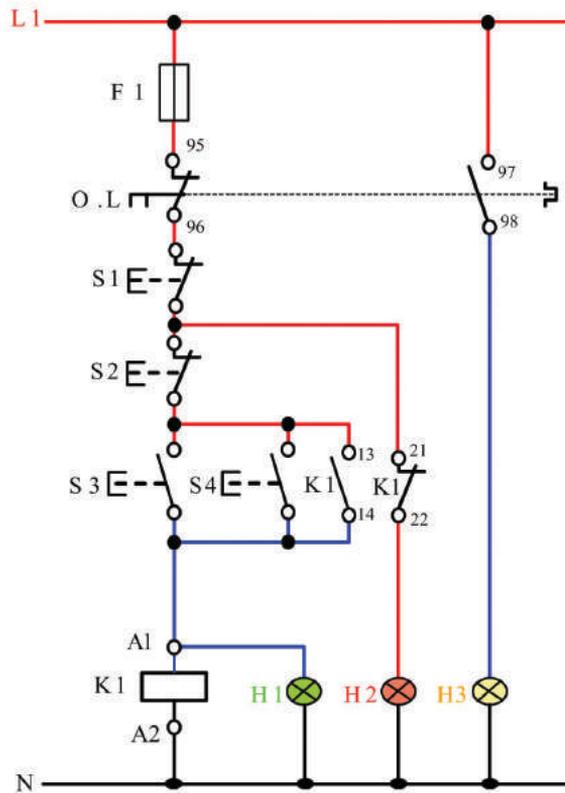
وضواغط تشغيل وإيقاف ومصايح إشارة

يتطلب استخدام العديد من التطبيقات في الحياة العملية التحكم في التشغيل والإيقاف من مكانين أو عدة أماكن، كما في المصاعد الكهربائية؛ لذا، يُستخدم لهذه الغاية العديد من ضواغط التشغيل والإيقاف التي تعمل على تشغيل المفتاح التلامسي الذي يسمح بدوران المحرك.

أ - مكونات دائرة التحكم: يبين الجدول (٢-٤) أجزاء دائرة التحكم الكهربائية.

الجدول (٢-٤): مكونات دائرة التحكم الكهربائية.

F1	مصهر حماية.	S4	ضاغط التشغيل الثاني.
O.L	مرحل حماية حراري.	K1	مفتاح تلامسي.
S1	ضاغط الإيقاف الأول.	H1	مصباح بيان تشغيل المحرك.
S2	ضاغط الإيقاف الثاني.	H2	مصباح بيان إيقاف المحرك.
S3	ضاغط التشغيل الأول.	H3	مصباح بيان عطل المحرك.



ب- مبدأ العمل: تتكون دائرة تشغيل هذا

المحرك من دائرة تحكم يمكنها

تشغيل المحركات من أماكن عدة

بوصل ضواغط الإيقاف بعضها

ببعض على التوالي، ووصل ضواغط

التشغيل بعضها ببعض على التوازي،

ووصل الملامس المساعد المفتوح

بضواغط التشغيل بالتوازي؛ لضمان

استمرارية عمل المفتاح التلامسي،

انظر الشكل (٢-٧٧).

الشكل (٢-٧٧): دائرة التحكم الخاصة بتشغيل محرك ثلاثي الطور من مكانين وإيقافه من مكانين باستخدام مفتاح تلامسي وضواغط إيقاف وتشغيل ومصايح إشارة.

٤- دارة عكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور باستخدام مفاتيح تلامسية وضواغط إيقاف وتشغيل

لعكس اتجاه دوران المحركات الثلاثية الطور، يتعيّن تبديل طورين فقط من الأطوار الثلاثة الموصولة بأطراف المحرك، وذلك باستخدام المفاتيح التلامسية، حيث يُعكّس طرفان من الأطراف الثلاثة الداخلة في المفتاح التلامسي الثاني، ومنها إلى المحرك الكهربائي، وذلك عند عمل هذا المفتاح. ومن الأمور التي ينبغي مراعاتها في هذه الأثناء تجنّب عمل كلا المفتاحين التلامسيين في آنٍ معاً؛ نظراً إلى وجود تبديل في مواقع الأطوار. لذا، تُستخدم الملامسات المساعدة المغلقة في كلا المفتاحين بحيث يوضع ملامس مغلق من المفتاح التلامسي الأول في مسار التيار إلى المفتاح التلامسي الثاني، كما يوضع ملامس مغلق من المفتاح التلامسي الثاني في مسار التيار إلى المفتاح التلامسي الأول.

أ - مكونات دارة التحكم: يبيّن الجدول (٢-٥) أجزاء دارة التحكم الكهربائية.

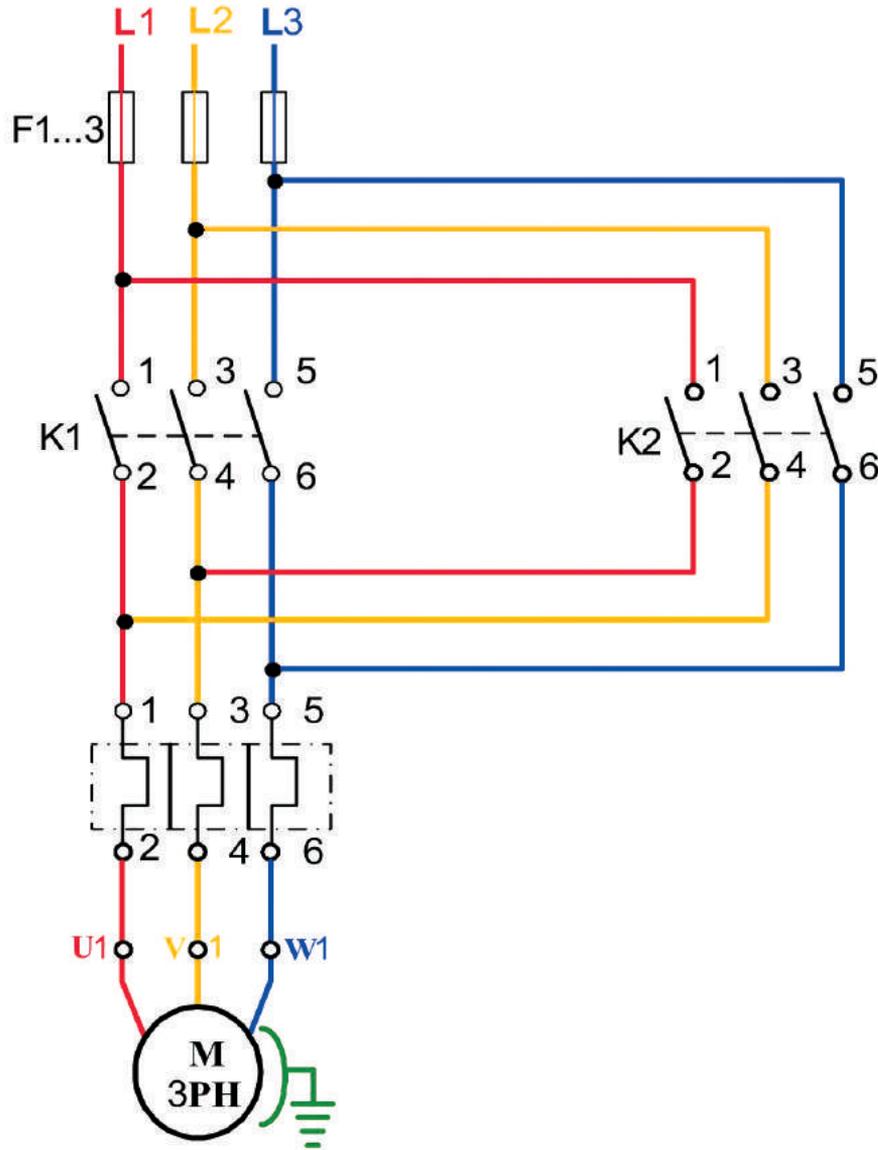
الجدول (٢-٥): مكونات دارة التحكم الكهربائية.

F4	مصهر حماية.	S3	ضاغط تشغيل.
O.L	مرحل حراري لحماية المحرك.	K2	مفتاح تلامسي.
S1	ضاغط إيقاف.	H1	مصباح بيان تشغيل المحرك بالاتجاه الأول.
S2	ضاغط تشغيل.	H2	مصباح بيان تشغيل المحرك بالاتجاه الثاني.
K1	مفتاح تلامسي.	H3	مصباح بيان أعطال المحرك.

ب- مبدأ العمل: تنقسم دارة عكس اتجاه دوران هذا المحرك إلى قسمين، هما:

١ . دارة التحكم: عند الضغط على ضاغط التشغيل (S2) يكتمل مسار التيار إلى الملف (A1) للمفتاح التلامسي (K1)، فتغلق ملامساته الرئيسية، ليدور المحرك جهة اليمين. وفي الوقت نفسه، تغلق ملامسات الاستمرارية، فتحافظ على استمرارية مسار التيار حتى بعد زوال الضغط عن الضاغط (S2)، فيضيء المصباح (H1). كما يفتح ملامس الحماية من عمل المفتاحين في الوقت نفسه، في حين لا يعمل المحرك عند الضغط على ضاغط التشغيل (S3)؛ لأنّ الملامس المغلق للمفتاح التلامسي (K1) (٢١-٢٢) يكون مفتوحاً.

و(L2-U1)، و(L3-W1)، فيدور المحرك في الاتجاه المعاكس، انظر الشكل (٢-٧٩).



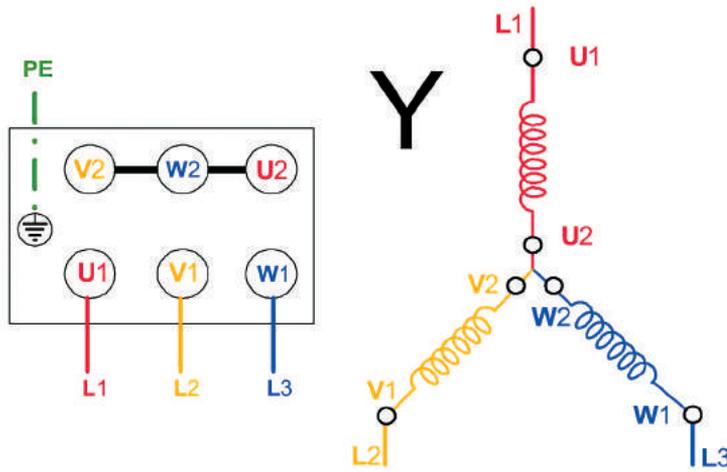
الشكل (٢-٧٩): دائرة التشغيل لمحرك ثلاثي الطور وعكس اتجاه دورانه باستخدام مفاتيح تلامسية وضواغط إيقاف وتشغيل.

٥- دائرة تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) وإيقافه باستخدام مفاتيح تلامسية وضواغط

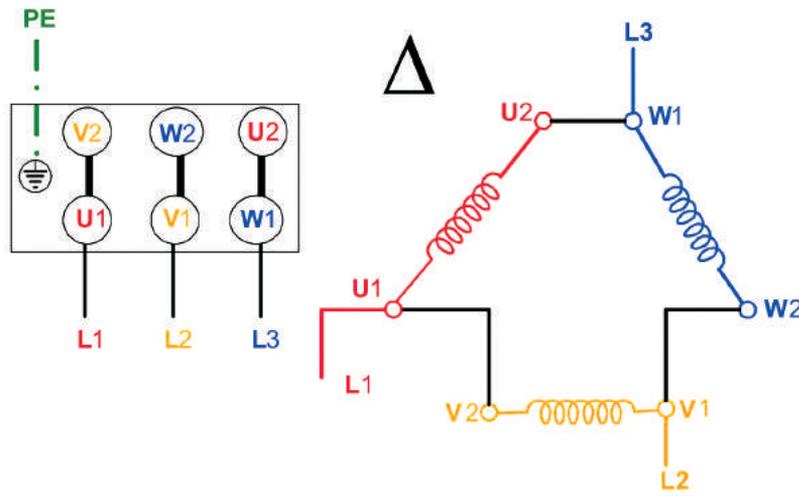
إيقاف وتشغيل

تُحوّل توصيلة ملفات العضو الساكن لمحرك ثلاثي الطور من نجمة إلى مثلث؛ لتخفيض تيار بدء تشغيله. ولتحقيق ذلك، يتعيّن استخدام المفاتيح التلامسية التي تخفض قيمة

التيار بنسبة $\frac{1}{\sqrt{3}}$ ، انظر الشكل (٢-٨٠ / أ، ب).



(أ) توصيلة ملفات المحرك على شكل نجمة.



(ب) توصيلة ملفات المحرك على شكل مثلث.

الشكل (٢-٨٠): توصيلة ملفات المحرك على شكل نجمة ومثلث.

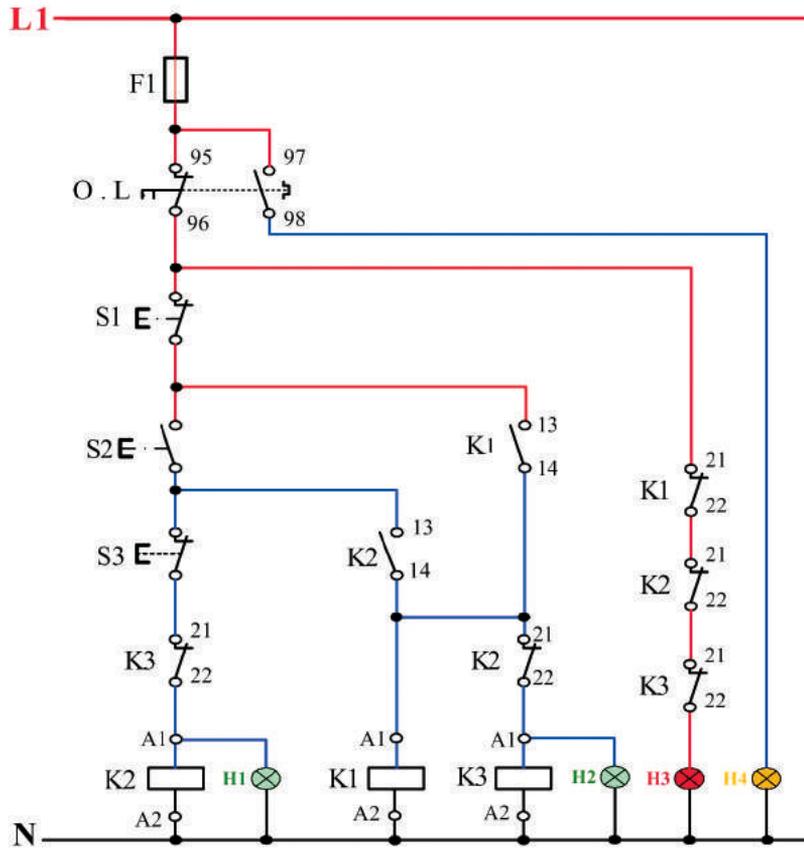
أ - مكونات دائرة التحكم: يبيّن الجدول (٢-٦) أجزاء دائرة التحكم الكهربائية.

الجدول (٢-٦): مكونات دائرة التحكم الكهربائية.

F1	مصهر حماية.	K2	مفتاح تلامسي (نجمة).
O.L	مرحل حماية حراري.	K3	مفتاح تلامسي (مثلث).
S1	ضاغط إيقاف.	H1	مصباح بيان تشغيل المحرك (نجمة).
S2	ضاغط تشغيل.	H2	مصباح بيان تشغيل المحرك (مثلث).
S3	ضاغط إيقاف.	H3	مصباح بيان إيقاف المحرك.
K1	مفتاح تلامسي رئيس.	H4	مصباح بيان عطل المحرك.

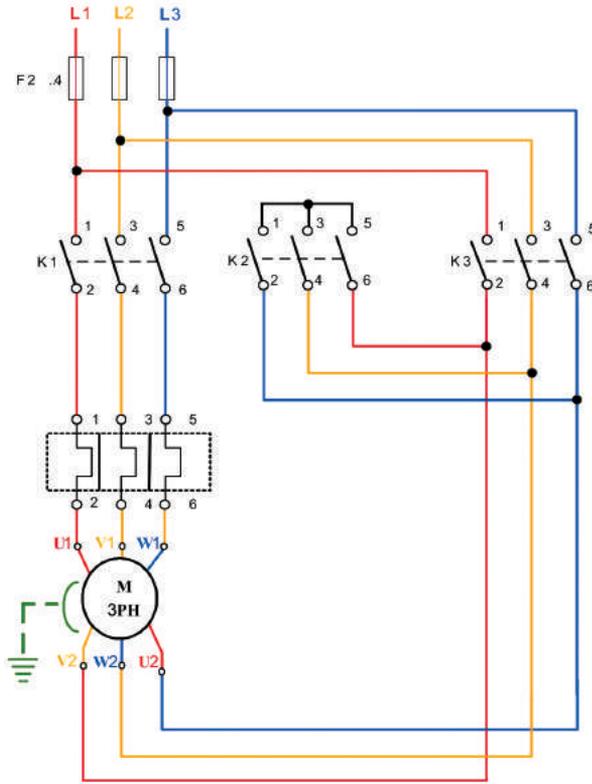
ب - مبدأ العمل: تنقسم دائرة تشغيل هذا المحرك إلى قسمين، هما:

١ . دائرة التحكم: عند الضغط على ضاغط التشغيل (S2)، فإن التيار يُغذي ملف المفتاح التلامسي (K2) الخاص بالنجمة، فيعمل ليضيء المصباح (H1)، وتغلق الملامسات المفتوحة، وتفتح الملامسات المغلقة، فيصل التيار إلى الملف (K1)، ويستمر العمل عن طريق نقاط الاستمرارية ليعمل المحرك بتوصيلة النجمة في البداية. وحين يصل المحرك إلى سرعته المقررة، يتم التحويل إلى توصيلة المثلث؛ وذلك بالضغط على الضاغط (S3)، فيفصل التيار عن ملف (K2) الخاص بالنجمة، ويوصل التيار بملف (K3) الخاص بتوصيلة المثلث، فيضيء المصباح (H2) الذي يعمل مع مفتاح (K1) الرئيس في الدارة، فيعمل المحرك بتوصيلة المثلث. ولإيقاف عمل المحرك، يُضغَط على ضاغط الإيقاف (S1)، فيتوقف المحرك عن العمل، ويضيء المصباح (H3). وفي حال حدوث خلل في المحرك، فإن المصباح (H4) يضيء، انظر الشكل (٢-٨١).



الشكل (٢-٨١): دائرة التحكم لتقويم محرك من نوع (نجمة - مثلث) باستخدام مفاتيح تلامسية وضواغط إيقاف وتشغيل.

٢ . دائرة التشغيل: يعتمد مبدأ عمل دائرة التشغيل على إغلاق ملامسات المفاتيح التلامسية (K2) الذي يصل النقاط (U2-V2-W2) بعضها ببعض، ونقل التيار الكهربائي من المصدر الكهربائي إلى دائرة المحرك عن طريق مصهرات الحماية الحرارية، فيسري التيار في المفاتيح التلامسية (K1)، الذي يصل كلاً من: (L1-U1)، و(L2-V1)، و(L3-W1) حين تغلق ملامسات القدرة في المفاتيح التلامسية (K1)، فيعمل المحرك بتوصيلة النجمة. وعند تحويل المحرك ليعمل بتوصيلة المثلث يفصل المفاتيح التلامسية (K2)، ويعمل المفاتيح التلامسية (K3) الذي يوصل التيار الكهربائي من المصدر عبر مصهرات الحماية ليصل (L1-V2)، و(L2-W2)، و(L3-U2)، فيعمل المحرك بتوصيلة المثلث، انظر الشكل (٢-٨٢).



الشكل (٢-٨٢): دائرة التشغيل لمحرك من نوع (نجمة - مثلث) باستخدام مفاتيح تلامسية وضواغط إيقاف وتشغيل.

٦- دائرة تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) وإيقافه باستخدام مفاتيح تلامسية ومؤقت يُشغّل المحرك الثلاثي الطور من نوع (نجمة-مثلث) آلياً بوساطة المفاتيح التلامسية، وضواغط التشغيل والإيقاف؛ إذ يتم التحويل من توصيلة النجمة إلى توصيلة المثلث بعد تأخير زمني يتراوح بين (٢-٥) ثوانٍ.

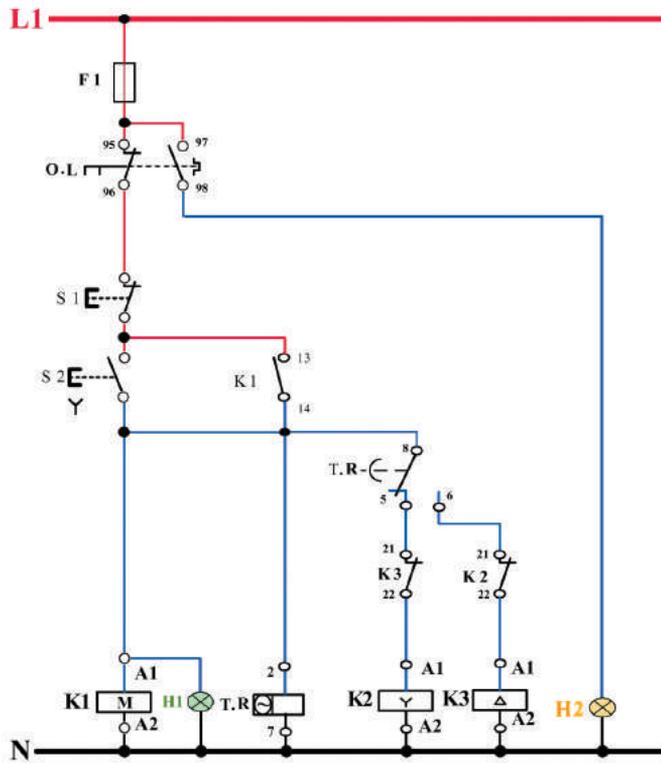
أ - مكونات دائرة التحكم: يبيّن الجدول (٢-٧) أجزاء دائرة التحكم الكهربائية.

الجدول (٢-٧): مكونات دائرة التحكم الكهربائي.

F1	مصهر حماية.	K2	مفتاح تلامسي (نجمة).
O.L	مرحل حماية حراري.	K3	مفتاح تلامسي (مثلث).
S1	ضاغط إيقاف.	T.R	مؤقت زمني.
S2	ضاغط تشغيل.	H1	مصباح بيان تشغيل المحرك.
K1	مفتاح تلامسي رئيس.	H2	مصباح بيان عطل المحرك.

ب- مبدأ عمل الدارة: تنقسم دائرة تشغيل هذا المحرك إلى قسمين، هما:

١. دائرة التحكم: عند الضغط على ضاغط التشغيل (S2)، فإن التيار يُغذّي الملف (K1)، فتغلق ملامساته المفتوحة، وتفتح ملامساته المغلقة. يسري التيار أيضًا في ملف المؤقت (T.R)، فيعملان معًا عن طريق ملامس الاستمرارية (13-14) في المفتاح التلامسي (K1) الذي يوصل التيار إلى ملامسات ملف المؤقت (T.R)، ليعمل على إيصال التيار إلى ملف المفتاح التلامسي (K2)، فيعمل المحرك بتوصيلة



الشكل (٢-٨٣): دائرة التحكم لتقويم محرك ثلاثي الطور من نوع (نجمة - مثلث) آليًا.

النجمة. وبعد مدّة من الزمن تُحدّد مسبقًا، يفصل المؤقت التيار عن ملف المفتاح التلامسي (K2) الخاص بتوصيلة النجمة، فيصل التيار إلى ملف المفتاح التلامسي (K3) الخاص بتوصيلة المثلث، ويستمر في العمل مع المفتاح الرئيس (K1) عن طريق ملامس الاستمرارية، فيعمل المحرك بتوصيلة المثلث. ويتم إيقاف المحرك بالضغط على ضاغط الإيقاف

(S1). وعند حدوث خلل في المحرك يضئ المصباح (H2)، فيتوقف المحرك عن العمل، انظر الشكل (٢-٨٣).

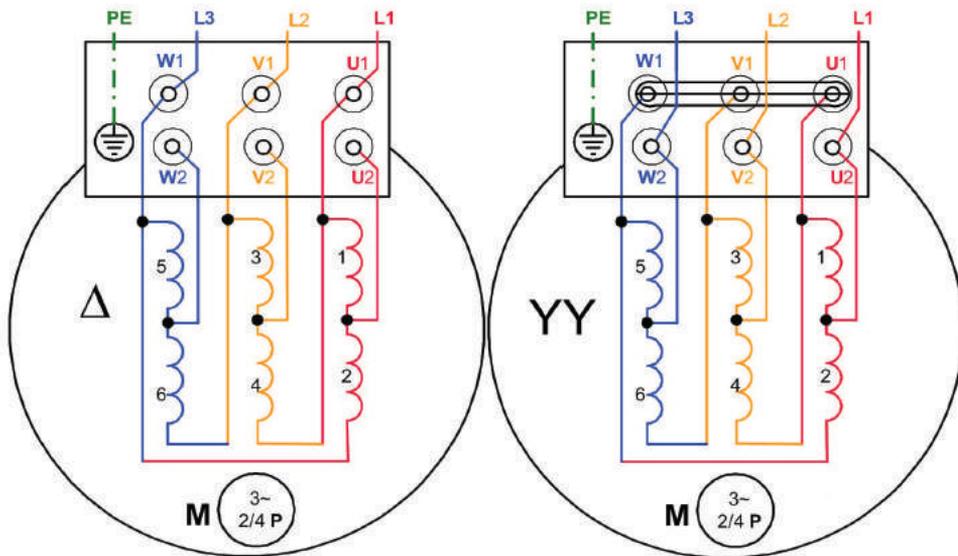
٢ . دائرة التشغيل: تعمل هذه الدارة بالطريقة نفسها التي تعمل بها دائرة التشغيل المبيّنة في الشكل (٢-٨٢).

٧- دائرة تشغيل محركات ثلاثية الطور ثنائية السرعة (مثلث- نجمة-نجمة) (دالندر) باستخدام مفاتيح تلامسية وضواغط تشغيل وإيقاف

تُستخدَم في الآلات التي تعمل بسرعتين قابلتين للتحويل محركات ثلاثية الطور، تحتوي على ملفين متصلين بالعضو الساكن؛ لأحدهما أربعة أقطاب، وللآخر قطبان.

ففي محركات التيار المتناوب الثلاثية الطور التي تحوي مجموعة واحدة من الملفات في العضو الساكن، يمكن تغيير عدد الأقطاب من أجل تغيير السرعة، وذلك بتحويل أطوار الملفات. وتُسمّى ملفات المحرك ذات الأطوار القابلة للتحويل بملفات (دالندر)، في حين تُسمّى دائرة التوصيل اللازمة لعملية التحويل بدارة (دالندر).

تضم لوحة المحرك الذي يحتوي على ملفات (دالندر) ستة أطراف، هي: (W1)، و(V1)، و(U1) و(W2)، و(V2)، و(U2). ويُرمز إلى السرعة المنخفضة بالرمز (Δ)، في حين يُرمز إلى السرعة العالية بالرمز (Y Y)، انظر الشكل (٢-٨٤ / أ، ب) الذي يبيّن طريقة توصيل نهايات ملفات المحرك للحصول على السرعة المنخفضة (Δ)، والسرعة العالية (Y Y).



(أ) توصيلة نجمة-نجمة للسرعة العالية. (ب) توصيلة المثلث للسرعة المنخفضة.

الشكل (٢-٨٤): توصيل نهايات أطراف المحرك للحصول على السرعتين: العالية، والمنخفضة.

أ - مكونات دائرة التحكم: يبين الجدول (٢-٨) أجزاء دائرة التحكم الكهربائية.

الجدول (٢-٨): مكونات دائرة التحكم الكهربائية.

F1	مصهر حماية.	K2	مفتاح تلامسي (Y Y).
O.L	مرحلان حراريان.	K3	مفتاح تلامسي (Y Y).
S1	ضاغط إيقاف.	H1	مصباح بيان تشغيل المحرك (Δ).
S2	ضاغط تشغيل.	H2	مصباح بيان تشغيل المحرك (Y Y).
S3	ضاغط قفل.		
K1	مفتاح تلامسي (Δ).		

ب- مبدأ العمل: تُقسَم دائرة تشغيل هذه المحركات قسمين، هما:

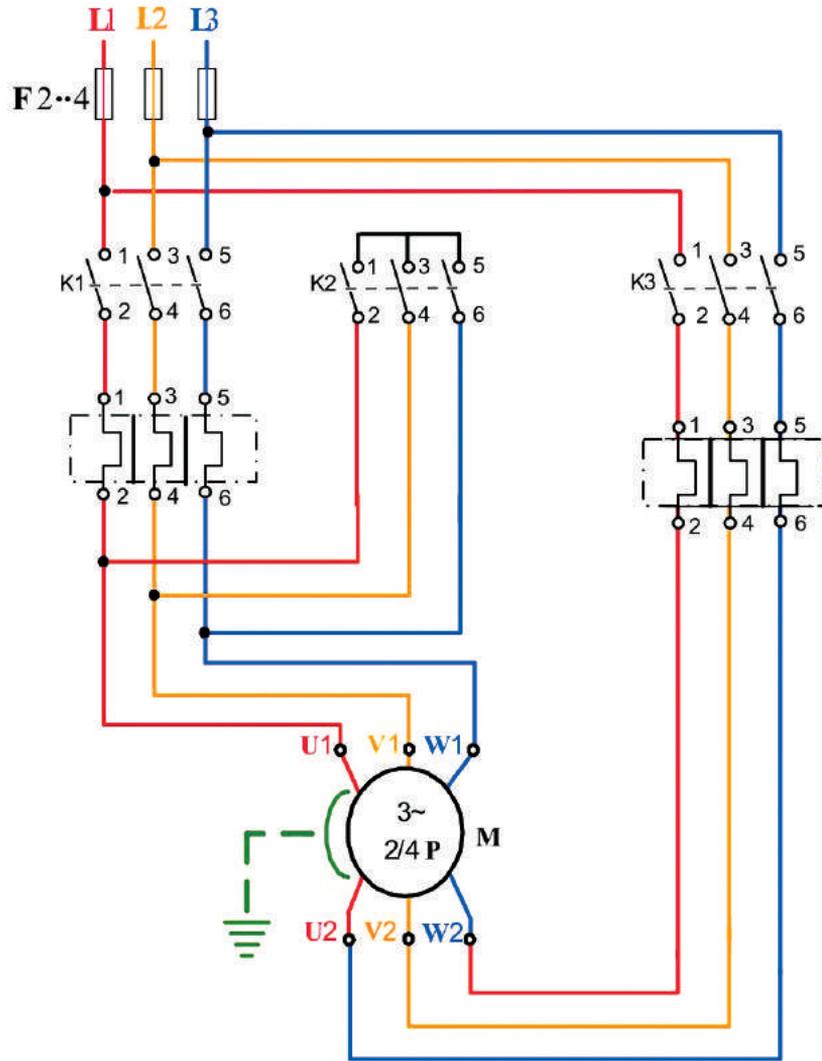
١ . دائرة التحكم: عند الضغط على ضاغط التشغيل (S2)، فإن التيار يُغذّي الملف (K1)، فيضيء المصباح (H1)، وتغلق ملامساته المفتوحة، وتفتح ملامساته المغلقة، ويستمر في العمل عن طريق ملامس الاستمرارية، فيعمل المحرك بتوصيلة المثلث (Δ) التي تحقق السرعة المنخفضة.

وللانتقال بالمحرك إلى السرعة العالية، يجب الضغط على (S3) ليفصل التيار عن المفتاح التلامسي (K1)، ويوصل - في الوقت نفسه - التيار بملف المفتاح (K2)، فيضيء المصباح (H2)، ويسري التيار في ملف المفتاح (K3) ليعمل مع المفتاح (K2) عن طريق ملامس الاستمرارية، فيعمل المحرك بتوصيلة (Y Y)؛ أي بالسرعة العالية.

يمكن التحويل من السرعة المنخفضة (Δ) إلى السرعة العالية (Y Y) في هذه الدارة مباشرة عند الضغط على ضاغط التشغيل (S2) لتشغيل السرعة المنخفضة (Δ)، ثم الضغط على ضاغط القفل (S3) لتشغيل السرعة العالية (Y Y).

أما التحويل من السرعة العالية (Y Y) إلى السرعة المنخفضة فيكون بالضغط على ضاغط الإيقاف (S1)، ثم ضاغط التشغيل (S2). ولإيقاف عمل المحرك، يُستخدم الضاغط (S1)، انظر الشكل (٢-٨٥).

(L1-W2)، و(L2-V2)، و(L3-U2)، فيعمل المحرك بتوصيلة (نجمة - نجمة) للسرعة العالية، انظر الشكل (٢-٨٦).



الشكل (٢-٨٦): دائرة التشغيل لتشغيل محرك بسرعتين متناصفتين.

٨- دائرة تشغيل محركات ثلاثية الطور ثنائية السرعة (نجمة - نجمة) (غير متناصفتين) باستخدام مفاتيح تلامسية وضواغط تشغيل وإيقاف

في هذا النوع من المحركات، تُلفّ مجموعتان من الملفات في قنوات (مجاري) العضو الساكن نفسها، بحيث لا يكون بينها أيّ اتصال كهربائي؛ ما يسمح بتشغيل السرعة المنخفضة بصورة مستقلة عن السرعة العالية، وتشغيل السرعة العالية على نحوٍ مستقل عن السرعة المنخفضة.

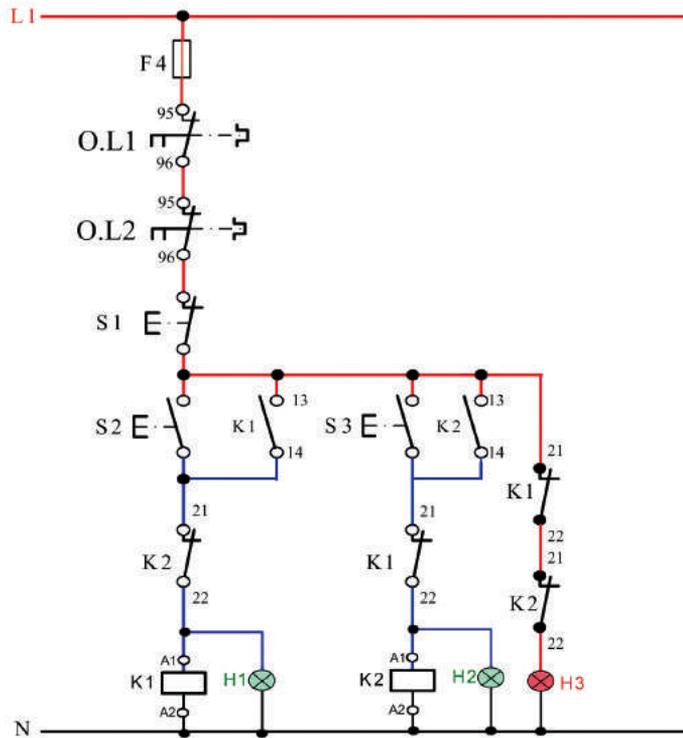
أ - مكونات دائرة التحكم: يبيّن الجدول (٢-٩) أجزاء دائرة التحكم الكهربائيّة.

الجدول (٢-٩): مكونات دائرة التحكم الكهربائية.

F1	مصهر حماية.	K1	مفتاح تلامسي للسرعة المنخفضة.
O.L	مرحل حراري لحماية ملفات السرعة الأولى.	K2	مفتاح تلامسي للسرعة العالية.
O.L	مرحل حراري لحماية ملفات السرعة الثانية.	H1	مصباح بيان تشغيل السرعة المنخفضة.
S1	ضاغط إيقاف.	H2	مصباح بيان تشغيل السرعة العالية.
S2	ضاغط تشغيل السرعة المنخفضة.	H3	مصباح بيان إيقاف المحرك.
S3	ضاغط تشغيل السرعة العالية.		

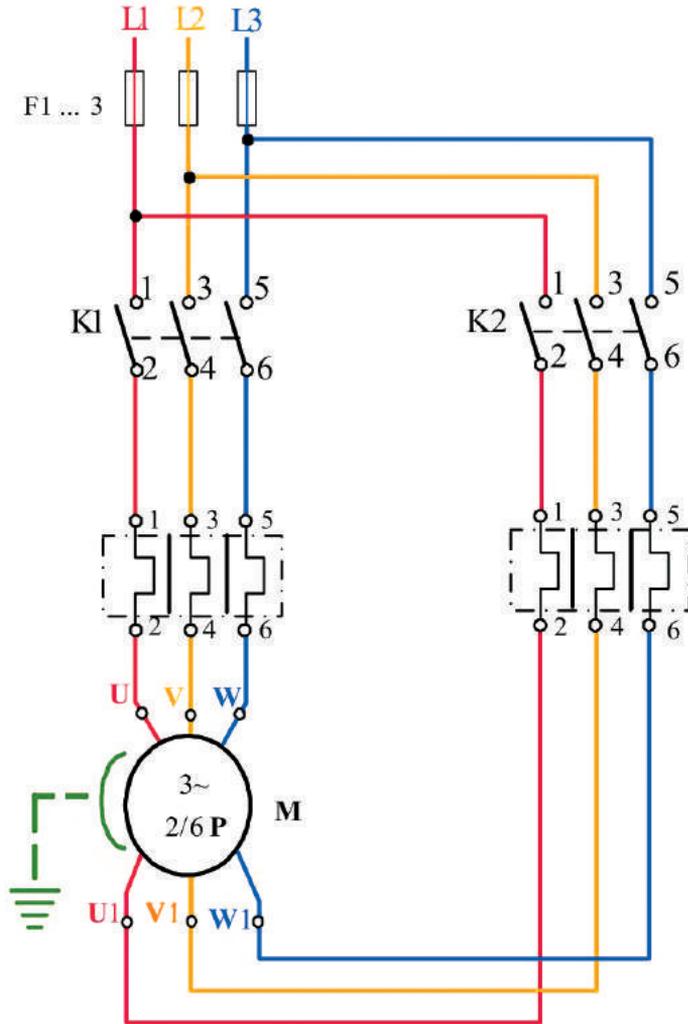
ب - مبدأ العمل: تنقسم دائرة تشغيل هذه المحركات إلى قسمين، هما:

١. دائرة التحكم: عند الضغط على ضاغط التشغيل (S2)، فإن التيار يُغذي الملف (K1)، فتغلق ملامساته المفتوحة، وتفتح ملامساته المغلقة، ويستمر في العمل عن طريق ملامس الاستمرارية، فيعمل المحرك بتوصيلة السرعة المنخفضة. ولتشغيل السرعة العالية، يجب الضغط على الضاغط (S1)، فيفصل التيار عن ملف المفتاح التلامسي (K1)، فملفات السرعة المنخفضة. وعند الضغط على الضاغط (S3) يُغذي التيار ملف المفتاح التلامسي (K2)، فتغلق ملامساته المفتوحة، وتفتح ملامساته المغلقة، فيعمل المحرك بتوصيلة السرعة العالية، انظر الشكل (٢-٨٧).



الشكل (٢-٨٧): دائرة التحكم لتشغيل محرك بسرعتين غير متناصفتين.

٢ . دائرة التشغيل: يعتمد مبدأ عمل دائرة التشغيل على إغلاق ملامسات القدرة في المفتاح التلامسي (K1) لتصل الفولطية إلى بدايات ملفات أطوار السرعة المنخفضة (U-V-W). وعند تشغيل السرعة العالية، تغلق ملامسات القدرة في المفتاح التلامسي (K2) لتصل الفولطية إلى بدايات ملفات أطوار السرعة العالية (U1-V1-W1)، فيعمل المحرك بتوصيلة السرعة العالية، انظر الشكل (٨٨-٢).



الشكل (٨٨-٢): دائرة التشغيل لتشغيل محرك بسرعتين غير متناصفتين.

نشاط (٨-٢)

مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن دارات تحكم وتشغيل أخرى لبدء المحركات الثلاثية الطور من نوع (نجمة - مثلث)، وتشغيل المحركات الثلاثية الطور الثنائية السرعة، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.

تشخيص أعطال دارات التحكم في المحركات الكهربائية وصيانتها

عاشراً

تُصمَّم أنظمة التحكم عادة على نحوٍ يسمح لكلِّ عنصر فيها بالتحكم في وظيفة معينة بالجهاز أو الآلة، مثل: الإقلاع أو الإيقاف بواسطة الضواغط والملاسمات، أو الفصل الذاتي للآلة في حال حدوث خلل ما.

و حين تفشل أجهزة التحكم في العمل على النحو المُحدَّد لها، فهذا يعني أن خطأً أو عطلاً ما قد حدث؛ لذا، يجب تشخيص العطل بسرعة، وتحديد موقعه في الدارة، ثمَّ صيانة الجزء الذي اعتراه الخلل لتعود الدارات إلى العمل بصورة طبيعية. وهذا يتطلب من فني الصيانة أن يكون على معرفة تامة بوظائف أجهزة التحكم وعناصرها وداراتها، انظر الجدول (٢-١٠) الذي يبيِّن بعض أعطال دارات التحكم والتنظيم، وأسبابها المحتملة، وطرائق إصلاحها.

الجدول (٢-١٠): أعطال دارات التحكم الكهربائية، وأسبابها، وطرائق إصلاحها.

طريقة الإصلاح	السبب	العطل
<ul style="list-style-type: none"> - فحص الملاسمات الرئيسة، والتأكد من سلامتها، أو استبدال المفتاح التلامسي. - تنظيف الملاسمات، أو استبدال المفتاح التلامسي. - التأكد من إحكام ربط موصلات دارات التشغيل. - وصل دائرة الإقلاع جيداً، أو استبدالها. - صيانة الملاسمات التي يوجد فيها خلل، أو استبدالها. 	<ul style="list-style-type: none"> - توقف الملاسمات الرئيسة عن العمل نتيجة التآكل، أو الاتساخ، أو الاحتراق. - وجود كسر، أو فك، أو اتساخ في ملاسمات توصيل النهايات. - وجود فك في التوصيلات. - وجود فتح في دائرة الإقلاع (دائرة المحول الذاتي، أو وحدات المقاومة). - حدوث خلل ميكانيكي في الملاسمات. 	<ul style="list-style-type: none"> - عدم عمل المحرك عند تشغيل دائرة التحكم.

<ul style="list-style-type: none"> - التأكد من سلامة ملامسات المفتاح التلامسي. - التأكد من سلامة ملامسات ضاغط التشغيل، واستبداله عند اللزوم. - التأكد من سلامة ملامسات ضاغط الإيقاف، واستبداله عند اللزوم. - التأكد من الاتصال الجيد في توصيلات النهايات. - فحص ملامس عنصر الحماية، والتأكد من إغلاقه. - فحص قيمة الفولطية. - استبدال الملف إذا أمكن، أو استبدال المفتاح التلامسي. 	<ul style="list-style-type: none"> - وجود فتح في الملامس. - ضعف ملامسات ضاغط التشغيل، أو اتساخها. - وجود فتح، أو اتساخ في ملامسات ضاغط الإيقاف. - وجود فك، أو فتح في توصيلات النهايات. - فتح ملامسات عناصر الحماية من زيادة الحمل. - انخفاض الفولطية. - حدوث قصر في الملف التلامسي. 	<ul style="list-style-type: none"> - عدم إغلاق الملامسات عند الضغط على ضاغط التشغيل.
<ul style="list-style-type: none"> - التأكد من إحكام إغلاق ملامسات المفاتيح المغناطيسية التي تعطي الاستمرارية، واستبدالها عند الضرورة. - استبدال الملف إذا أمكن، أو استبدال المفتاح التلامسي. - فصل دائرة القصر، أو استبدال الملامسات إذا أمكن، أو استبدال المفتاح التلامسي. 	<ul style="list-style-type: none"> - عدم اكتمال إغلاق الملامسات المساعدة التي تعمل على استمرارية إيصال التغذية إلى الملف. - حدوث قصر في الملف. - حدوث قصر في الملامسات. 	<ul style="list-style-type: none"> - فتح الملامسات عند رفع الضغط عن ضاغط التشغيل.

نشاط (٢-٩)

مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن أعطال أخرى في دارات التحكم، وطرائق إصلاحها، ثم اكتب تقريرًا عنها، ثم اعرضه على زملائك في الصف.

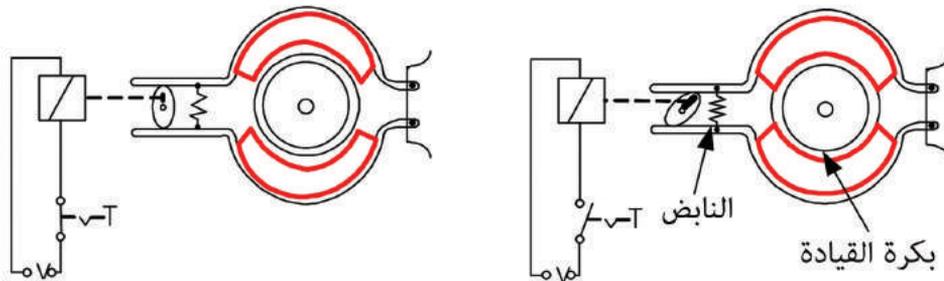
كبح المحركات الكهربائية

يتطلب كثير من التطبيقات الصناعية وجود وسيلة لكبح الكتلة المتحركة وإيقافها، وتمثل هذه الوسيلة في المحرك والحمل الميكانيكي المتصل به. فعند فصل الفولطية عن أي محرك، فإنه لا يتوقف عن العمل مباشرةً في اللحظة نفسها، ويظل في حالة دوران مدة من الزمن بفعل القصور الذاتي. وفي بعض الدارات الكهربائية، يجب أن يتوقف المحرك لحظة فصل الفولطية نفسها؛ كما هو الحال في محركات المصاعد أو الروافع.

وفي ما يأتي أبرز الطرائق المستخدمة في كبح المحركات الكهربائية:

١- الكبح الكهرميكانيكي

يشبه هذا النوع من الكبح نظام الكبح المستخدم في عجلات المركبة. فبدلاً من استخدام القوة الهيدرولية بالضغط على دواسة الكبح في المركبة، يُستخدم نابض قوي يتم التأثير فيه بواسطة ملف كهرميكانيكي يعمل عند سريان التيار على التأثير في النابض الجاذب لعناصر نظام الكبح، عن طريق قطعة بيضوية الشكل متصلة بالملف الكهرميكانيكي، الأمر الذي يؤدي إلى تحرير بكرة قيادة المحرك، فيتحرر العضو الدوار، ويبدأ بالدوران. وعند فصل الفولطية عن المحرك، تفصل الفولطية في اللحظة نفسها عن الملف الكهرميكانيكي، فتعود الذراع إلى وضعها السابق بواسطة النابض، فتطبق عناصر نظام الكبح على بكرة القيادة، مما يؤدي إلى توقف المحرك عن العمل فوراً، انظر الشكل (٢-٨٩).

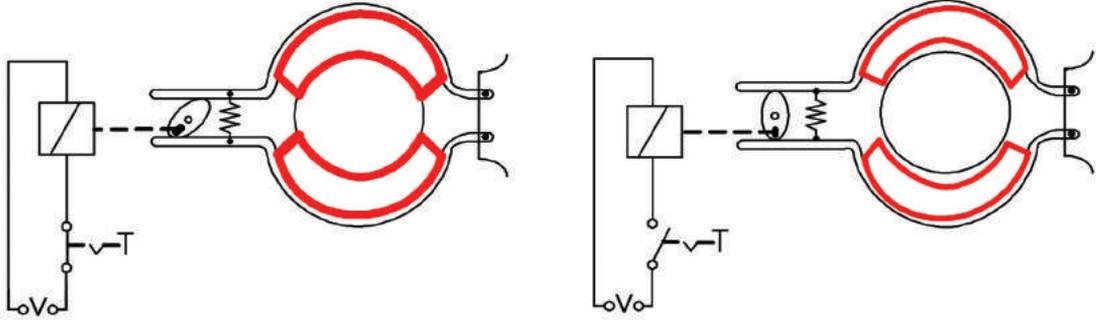


(ب) عمل المحرك الكهربائي والملف الكهرميكانيكي.

(أ) عمل نظام الكبح.

الشكل (٢-٨٩): الكبح الميكانيكي عن طريق ملف خارجي.

يمكن أيضًا عكس وضع القطعة البيضوية الشكل للوصول إلى وضع الكبح عند توصيل التيار إلى الملف. وعند فصل التيار عنه يصبح العضو الدوّار حرًا، انظر الشكل (٢-٩٠).



الشكل (٢-٩٠) عكس وضع الجزء البيضوي الشكل.

٢- الكبح بواسطة عكس اتجاه دوران المجال المغناطيسي

يمكن تطبيق هذه الطريقة على المحركات الحثية الثلاثية الطور؛ وذلك بتبديل أيّ طرفين من أطراف تغذية المحرك، لينعكس اتجاه دوران المجال المغناطيسي الدوّار، وينعكس تبعًا لذلك اتجاه العزم المتولد، فتتباطأ سرعة المحرك حتى تصل الصفر في مدّة زمنية قصيرة جدًّا، عندئذٍ، يتعيّن فصل المحرك عن مصدر الفولطية، وإلاّ فإنّ المحرك سيبدأ حركته في الاتجاه المضاد.

تناسب هذه الطريقة المحركات التي تعمل بأحمال منخفضة نسبيًّا؛ أي المحركات التي لا يكون دورانها بفعل القصور الذاتي قويًّا، إذ قد يؤدي ذلك إلى إلحاق أضرار ميكانيكية وكهربائية بها.

ويتطلّب استخدام هذه الطريقة توافر مفتاح فرملة (كبح)؛ لأنّ المؤقت الزمني، أو مفتاح القفل الكهربائي لا يمكنهما ضبط وقت تشغيل المحرك في الاتجاه المعاكس، ممّا يؤدي إلى عمل المحرك في الاتجاه المعاكس لحظات بدلًا من كبحه.

نشاط (٢-١٠)

مستعينًا بالمواقع الإلكترونية على شبكة الإنترنت، ابحث عن طرائق أخرى لكبح المحركات الكهربائية، ثمّ اكتب تقريرًا عنها، ثمّ اعرضه على زملائك في الصف.

أسئلة الوحدة

١- اختر رمز الإجابة الصحيحة لكلّ فقرة من الفقرات الآتية:

- (١) يتكوّن مجس الازدواج الحراري من معدنين:
أ - مقاومتها متساوية. ب- مقاومتها مختلفة.
ج- معامل تمددهما الطولي مختلف. د - لا شيء مما ذكر.
- (٢) يُستخدم مجس (PTC) في دارات المحركات الكهربائية لحمايتها من:
أ - زيادة الحرارة. ب- زلق العضو الدوّار.
ج- زيادة التيار. د - فصل أحد الأطوار.
- (٣) يعمل مجس الضغط على تحويل الضغط إلى:
أ - تيار بالأمبير. ب- تيار بالملي أمبير.
ج- فولتية بالفولط. د - فولتية بالملي فولط.
- (٤) الاختلاف الوحيد بين المفاتيح الحديدية والمفاتيح العادية، هو:
أ - كبر التيار. ب- زيادة الحجم.
ج- شكل رأس المفتاح. د - الزمن (العمر) التشغيلي للمفتاح.
- (٥) تستشعر المجسات الاقترابية الحثية:
أ - البلاستيك. ب- الكرتون.
ج- الأجزاء الحديدية. د - الأشعة تحت الحمراء.
- (٦) يعمل القاطع المغناطيسي على الحماية من:
أ - زيادة الحمل. ب- تيارات القصر.
ج- التسرّب الأرضي. د - فصل أحد الأطوار.

- ٢ - ضع إشارة (✓) إزاء العبارة الصحيحة، وإشارة (x) إزاء العبارة الخطأ في ما يأتي:
- أ - تعتمد قيمة مقاومة الخلية الضوئية على مقدار الضوء المسلط عليها. ()
- ب - تُعدّ أنظمة الحماية من المكونات الثانوية لأيّ دائرة كهربائية. ()
- ج - من المتطلبات الأساسية لأيّ نظام حماية: البساطة، والجدوى الاقتصادية. ()
- د - يتطلّب عمل المجسات الاقترابية توافر الضغط أو التماس الميكانيكي. ()
- هـ - تتكوّن المجسات الكهربائية من جزأين: مُرسِل، ومُستقبل. ()
- و - السرعة في أنظمة الحماية تعني استجابة النظام للظروف الطبيعية في أقل وقت ممكن. ()
- ز - من العوامل التي تُحدّد نظام الحماية: مكان العنصر الذي يراد حمايته، وتكلفته. ()
- ح - من عيوب المصهرات قصر زمنها (عمرها) التشغيلي. ()
- ط - تيار الصهر هو أقل تيار يُسبّب صهر معدن المصهر. ()
- ي - يعمل المشغل الميكانيكي في القواطع على وصل ملامساته وفصلها مغناطيسياً. ()
- ك - يعمل الخامد في القواطع على امتصاص الحرارة الناتجة من زيادة التيار. ()
- ل - يؤدي عكس اتجاه دوران المحركات الثلاثية الطور إلى عكس طورين من الأطوار. ()
- م - يُقلّل تيار بدء المحركات الحثية عند توصيلها بتوصيلة النجمة ثمّ المثلث بنسبة $\frac{1}{\sqrt{3}}$. ()
- ن - تكون السرعة العالية في السرعات المتناصفة ضعف السرعة المنخفضة. ()
- س - تتكوّن الملامسات المساعدة من ملامسات مفتوحة (NO)، وأخرى مغلقة (NC). ()
- ع - يتكوّن بادئ الحركة من مفتاح تلامسي، ومرحل حراري. ()
- ف - توصل ضواغط التشغيل بعضها ببعض على التوالي. ()
- ص - تبين دارات التحكم مسار التيار من المصدر إلى المفتاح التلامسي. ()

٣- علّل ما يأتي:

أ - لا يفصل المفتاح التلامسي بعد الضغط على ضاغط التشغيل عند استخدام ضاغط الإيقاف.

ب- يعمل المفتاح التلامسي عند الضغط على ضاغط التشغيل، ثم يفصل بعد ترك الضاغط.

ج- تُستخدم ملامسات مساعدة مغلقة قبل المفاتيح التلامسية عند عكس اتجاه دوران المحركات الكهربائية.

د - عند توصيل ملفات المحركات الكهربائية بتوصيلة المثلث، فإنها توصل عادة عند بدء التشغيل بتوصيلة النجمة.

٤ - عرّف كلاً ممّا يأتي:

أ - المجس الكهربائي.

ب- المفاتيح الحديدية.

ج- المفتاح التلامسي.

د - زمن الصهر للمصهرات.

هـ- القواطع الكهربائية.

و - التيار المقرر للمصهرات.

ز - معامل الانصهار للمصهرات.

ح- تيار الصهر المتوقع.

ط- المرحل الكهربائي.

ي- المرحلات الستاتية.

٥- عَدِّد ما يأتي:

أ - أجزاء المفتاح التلامسي.

ب- أهم متطلّبات المصهرات الكهربائية.

ج- العوامل التي تحكم اختيار نظام الحماية.

د - مزايا المصهرات الكهربائية.

هـ - مكونات المصهر الرئيسة.

و - الأخطاء الرئيسة المحتملة الحدوث في المحركات الكهربائية.

٦- احسب قيمة مرحل الحماية المناسب لحماية محرك رافعة. علماً بأن قدرة المحرك الثلاثي الطور (4HP)، وتردده (50Hz)، ومعامل قدرته (0.90).

٧- ارسم ما يأتي:

أ - دائرة تحكم لتشغيل محرك ثلاثي الطور من مكانين وإيقافه من مكانين بوساطة مفتاح تلامسي وضواغط تشغيل وإيقاف.

ب- دائرة تشغيل محرك ثلاثي الطور من مكانين وإيقافه من مكانين بوساطة مفتاح تلامسي وضواغط تشغيل وإيقاف ومصابيح إشارة.

ج- دائرة تشغيل لتقويم محرك ثلاثي الطور من نوع (نجمة - مثلث) بوساطة مفاتيح تلامسية وضواغط تشغيل وإيقاف.

د - دائرة تحكم لتشغيل محرك ثلاثي الطور بسرعتين من نوع (مثلث - نجمة - نجمة) وإيقافه بوساطة مفاتيح تلامسية وضواغط تشغيل وإيقاف.

التدريب العملي

عدد الساعات المقترح	اسم التمرين
٧ ساعات	تشغيل محرك أحادي الطور بوساطة مفتاح يدوي.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور بوساطة مفتاح يدوي.
٧ ساعات	تشغيل محرك أحادي الطور، وعكس اتجاه دورانه بوساطة مفتاح يدوي.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور، وعكس اتجاه دورانه بوساطة مفتاح يدوي.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين ملفوف بطريقة (دالندر) بوساطة مفتاح يدوي.
٧ ساعات	تقويم محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) بوساطة مفتاح يدوي، وتشغيله.
٧ ساعات	فك مفتاح تلامسي، وإعادة تركيبه.
٧ ساعات	تشغيل محرك أحادي الطور بوساطة مفتاح تلامسي.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور بوساطة مفتاح تلامسي.
٧ ساعات	تشغيل محرك أحادي الطور، وعكس اتجاه دورانه بوساطة مفاتيح تلامسية.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور، وعكس اتجاه دورانه بوساطة مفاتيح تلامسية.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين متناصفتين (دالندر) بوساطة مفاتيح تلامسية.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين غير متناصفتين بوساطة مفاتيح تلامسية.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) بوساطة مفاتيح تلامسية.
٧ ساعات	تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) بوساطة مفاتيح تلامسية مع مؤقت.
٧ ساعات	تشغيل محركين ثلاثي الطور؛ أحدهما رئيس، والآخر احتياطي.
١١٢ ساعة	المجموع:

النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل محركاً أحادي الطور باستخدام مفتاح يدوي، وتشغله.
- تفحص المفتاح اليدوي.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز أفوميتر. ● مفتاح يدوي أحادي الطور (On-Off). ● محرك أحادي الطور. ● صندوق عدّة. ● مصهر مناسب. 	<ul style="list-style-type: none"> ● كبل ثلاثي قياسه (٢,٥) مم^٢.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
<p>الشكل (١).</p>	<ol style="list-style-type: none"> ١- افحص المفتاح اليدوي في وضع الإيقاف (Off) ووضع التشغيل (On)، وتحقق من عدم وجود اتصال بين مجموعات الملامسات المختلفة باستخدام جهاز الأومميتر. ٢- نفذ الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (١). ٣- صل الدارة الكهربائية بمصدر الفولطية بإشراف المعلم. ٤- أدِرْ ذراع المفتاح إلى وضع التشغيل (On)، ملاحظاً عمل المحرك. ٥- افصل الفولطية عن المحرك. ٦- اكتب تقريراً مفصلاً عمّا قامت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

– ماذا يحدث إذا كان تيار المفتاح اليدوي أقل من التيار المقنن للمحرك؟

تمارين الممارسة العملية

– ما المواصفات الفنية التي ينبغي مراعاتها عند شراء مفتاح يدوي؟

التقويم الذاتي

– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، وَفَق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج : يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

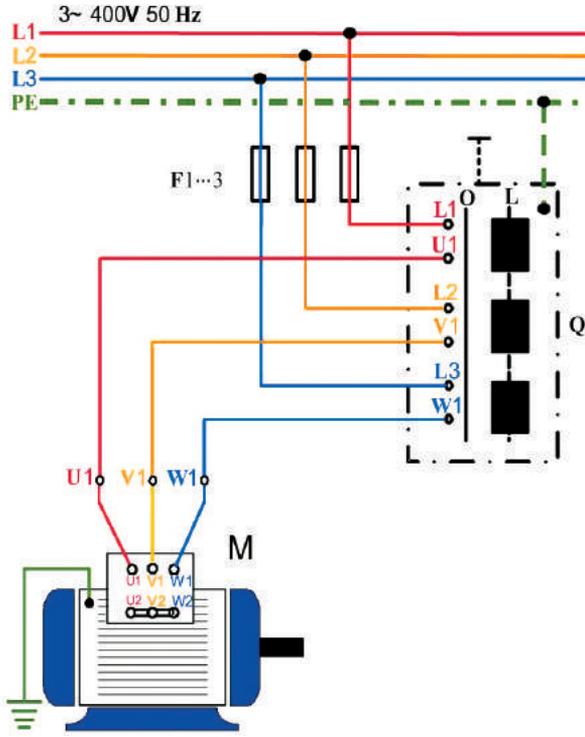
- توصل محركًا ثلاثي الطور باستخدام مفتاح يدوي.
- تفحص المفتاح اليدوي.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز أفوميتر. ● مفتاح يدوي ثلاثي الطور (On-Off). ● محرك ثلاثي الطور. ● صندوق عدّة. ● مصهرات مناسبة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم².

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١).</p>	<p>١- افحص المفتاح اليدوي في وضع الإيقاف (off)، وتحقق من عدم وجود اتصال بين مجموعات الملامسات المختلفة باستخدام جهاز الأومميتر، انظر الشكل (١).</p>
 <p>الشكل (٢).</p>	<p>٢- افحص المفتاح اليدوي في وضع التشغيل (on)، وتحقق من اتصال ملامساته بصورة جيدة، انظر الشكل (٢).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٣).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

٣- صل ملفات المحرك بتوصيلة النجمة، ثم افحص بدايات المحرك باستخدام جهاز الأومميتر، ثم دوّن القيم التي تتوصّل إليها على النحو الآتي:

الفحص	القيمة
U1-V1	
U1-W1	
W1-V1	

٤- صل الدارة المبينة في الشكل (٣).

٥- افحص الأطراف التي تخرج من المفتاح في وضعي الإيقاف (Off) والتشغيل (On)، وتأكد أنه لا يوجد اتصال في وضع الإيقاف (Off)، وأن القيم التي توصّلت إليها في وضع التشغيل (On) هي القيم نفسها التي سجلتها مسبقاً.

٦- صل المفتاح اليدوي بمصدر الفولطية، ثم حرّك ذراع المفتاح لتصبح في وضع التشغيل (On) بإشراف المعلم.

٧- افصل مصدر الفولطية بتحريك ذراع المفتاح لتصبح في وضع الإيقاف (Off).

٨- اكتب تقريراً مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- إلام يؤدي حدوث عطل في ملامسات المفتاح اليدوي؟

تمارين الممارسة العملية

- شغل ثلاثة مصابيح وأطفئها باستخدام المفتاح اليدوي.



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	أحضرت التجهيزات المناسبة لتنفيذ التمرين.			
٢	فحصت المفتاح اليدوي في وضع الإيقاف (Off).			
٣	فحصت المفتاح اليدوي في وضع التشغيل (On).			
٤	نفّذت الدارة المبيّنة في الشكل (٣).			
٥	وصلت المفتاح اليدوي بمصدر الفولطية بإشراف المعلم.			
٦	فصلت الفولطية عن المحرك الكهربائي.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تضع محركاً أحادي الطور في حالة الدوران باتجاه عقارب الساعة باستخدام مفتاح يدوي، وتعكس اتجاه دورانه.
- تفحص المفتاح اليدوي، وتحقق من صلاحيته.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز أفوميتر. ● مفتاح يدوي لعكس اتجاه الدوران. ● محرك أحادي الطور. ● صندوق عدّة. ● مصهر مناسب. 	<ul style="list-style-type: none"> ● كبل ثلاثي قياسه (٢,٥) مم².

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
<p>الشكل (١).</p>	<p>١ - افحص ملامسات المفتاح اليدوي باستخدام جهاز الأومميتر في وضعي الإيقاف والتشغيل في اتجاهين: اتجاه دوران عقارب الساعة (اتجاه أمامي)، واتجاه عكس دوران عقارب الساعة (اتجاه عكسي)، وتحقق من سلامة ملامسات المفتاح التلامسي واتصالها بصورة جيدة.</p> <p>٢ - نفذ دائرة عكس اتجاه الدوران الموضّحة في الشكل (١).</p>

- ٣- صل أطراف المفتاح بمصدر الفولطية بإشراف المعلم،
وشغله في الاتجاه الأمامي، ثم اعكس اتجاه دورانه.
٤- اكتب تقريرًا مفصلاً عما قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ماذا يحدث عند تبديل نهايتي ملفات الحركة ونقاط توصيل المفتاح اليدوي (U1-U2) في الشكل (١)؟
- هل يمكن عكس اتجاه دوران محرك أحادي الطور ذي ثلاثة أطراف مختلفة المقاومة؟

تمارين الممارسة العملية

- اعكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور لكي يعمل محركاً أحادي الطور.

التقويم الذاتي

- دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدَّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	فحصت ملامسات المفتاح اليدوي باستخدام جهاز الأفوميتر في وضعي الإيقاف والتشغيل في الاتجاه الأمامي، ووضع التشغيل في الاتجاه العكسي.			
٢	نفَّذت دائرة عكس اتجاه الدوران الموضَّحة في الشكل (١).			
٣	وصلت أطراف المفتاح بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، وشغَّلته، وعكست اتجاه دورانه.			

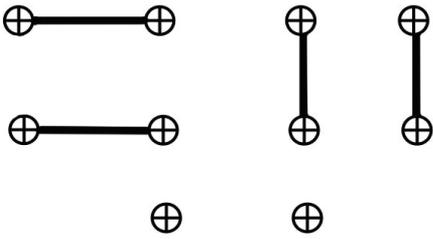
- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

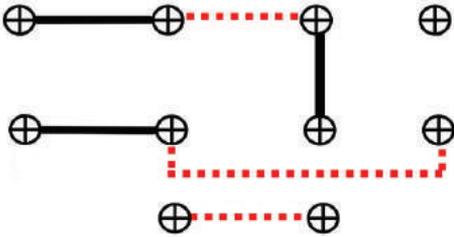
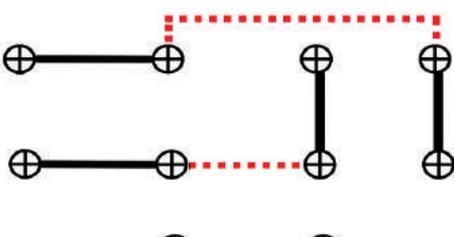
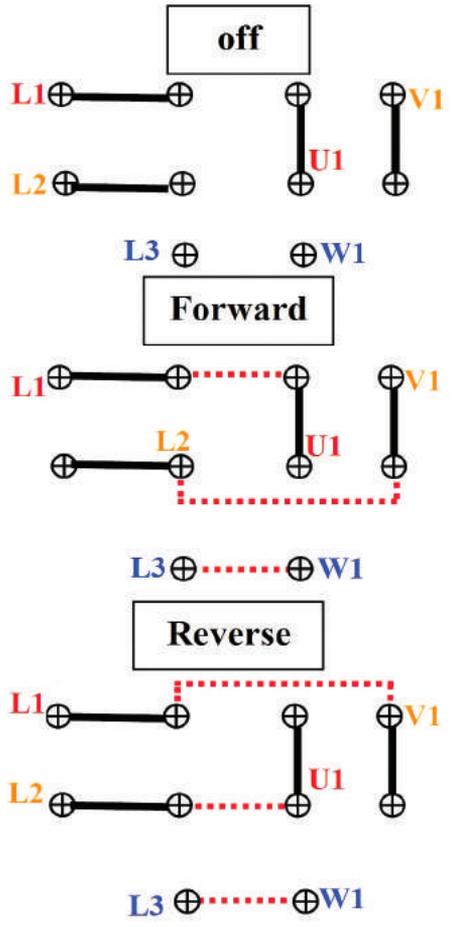
النتائج: يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل محركًا ثلاثي الطور باستخدام مفتاح يدوي، وتعكس اتجاه دورانه.
- تفحص المفتاح اليدوي، وتتحقق من صلاحيته.

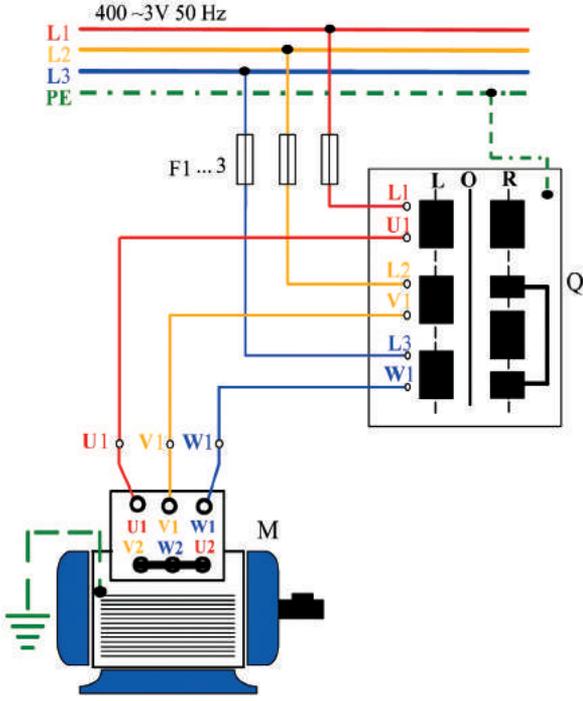
مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز أفوميتر. ● مفتاح يدوي ثلاثي الطور لعكس اتجاه الدوران. ● محرك ثلاثي الطور. ● صندوق عدّة. ● مصهرات مناسبة. 	<ul style="list-style-type: none"> - كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم².

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة								
 <p>الشكل (١)</p>	<p>١- صل ملفات المحرك بتوصيلة النجمة، ثم افحص بدايات أطراف المحرك باستخدام جهاز الأومميتر، ثم دوّن القيم التي تتوصّل إليها في الجدول الآتي:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>الفحص</th> <th>القيمة</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>U1-V1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>U1-W1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>W1-V1</td> <td></td> </tr> </tbody> </table> <p>٢- افحص ملامسات المفتاح اليدوي باستخدام جهاز الأومميتر في وضع الإيقاف (Off)، وتحقق من عدم وجود اتصال بين مجموعات الملامسات المختلفة، ثم ارسم ملامسات المفتاح في وضع الإيقاف (Off)، انظر الشكل (١).</p>	الفحص	القيمة	U1-V1		U1-W1		W1-V1	
الفحص	القيمة								
U1-V1									
U1-W1									
W1-V1									

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (٢).</p>	<p>٣- افحص ملامسات المفتاح اليدوي باستخدام جهاز الأومميتر في وضع التشغيل الأمامي، وتحقق من اتصال ملامسات المفتاح جيداً، ثم دوّن النتائج في ورقة الفحص، انظر الشكل (٢).</p>
 <p>الشكل (٣).</p>	<p>٤- افحص ملامسات المفتاح اليدوي باستخدام جهاز الأومميتر في وضعية التشغيل العكسي، وتحقق من اتصال ملامسات المفتاح جيداً، ثم دوّن النتائج في ورقة الفحص، انظر الشكل (٣).</p>
 <p>الشكل (٤).</p>	<p>٥- ناقش النتائج التي توصلت إليها مع زملائك ومعلمك، ثم اختر من نتائج الفحص الملامسات التي ستضع عليها نهايات أطراف المحرك وأسلاك المصدر الكهربائي.</p> <p>٦- تأمل الشكل (٤) الذي يبيّن الحالات الآتية:</p> <p>أ - حالة الإيقاف (Off): عدم وصل أي سلك من أسلاك المصدر بأي بداية من بدايات أطراف ملفات المحرك.</p> <p>ب- حالة الاتجاه الأمامي (Forward): وصل الأطراف عن طريق ملامسات المفتاح اليدوي على النحو الآتي:</p> <p>(L1 - U1) (L2 - V1) (L3 - W1)</p> <p>ج- حالة الاتجاه العكسي (Reverse): وصل الأطراف عن طريق ملامسات المفتاح اليدوي على النحو الآتي:</p> <p>(L1 - V1) (L2 - U1) (L3 - W1)</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٥).

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٧ - صل الدارة المبينة في الشكل (٥).
- ٨ - مستخدمًا جهاز الأومميتر، افحص أوضاع المفتاح الثلاثة الآتية:
 - أ - وضع الإيقاف: تحقق من عدم وجود أي اتصال كهربائي.
 - ب- وضع الاتجاه الأمامي: تأكد أن القيم التي توصلت إليها هي القيم نفسها التي توصلت إليها في الخطوة رقم (١).
 - ج- وضع الاتجاه العكسي: تأكد أن القيم التي توصلت إليها هي القيم نفسها التي توصلت إليها في الخطوة السابقة.
- ٩ - صل - بإشراف المعلم - المفتاح اليدوي بمصدر الفولطية، عن طريق تحريك ذراع المفتاح لتصبح في وضع التشغيل الأمامي.
- ١٠ - افصل مصدر الفولطية بتحريك ذراع المفتاح لتصبح في وضع الإيقاف (Off).
- ١١ - صل - بإشراف المعلم - المفتاح اليدوي بمصدر الفولطية، عن طريق تحريك ذراع المفتاح لتصبح في وضع التشغيل العكسي.
- ١٢ - افصل مصدر الفولطية بتحريك ذراع المفتاح لتصبح في وضع الإيقاف (Off).
- ١٣ - اكتب تقريرًا مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ما الأضرار الناجمة عن النقل المباشر لدوران المحرك نحو الاتجاه الآخر من دون توقف؟
- ما سبب عدم عكس اتجاه دوران المحرك عند نقل المفتاح اليدوي من الوضع الأمامي إلى الوضع العكسي؟

تمارين الممارسة العملية

- افحص منتجًا آخر من المفاتيح اليدوية لعكس اتجاه دوران المحركات الثلاثية الطور المتوافرة في المشغل.

التقويم الذاتي

- دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل محركًا ثلاثي الطور باستخدام مفتاح يدوي من سرعتين (دالندر).
- تفحص المفتاح اليدوي.

مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
<ul style="list-style-type: none"> ● كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم^٢. 	<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز أفوميتر. ● مفتاح يدوي ثلاثي الطور ثنائي السرعة. ● محرك ثلاثي الطور (دالندر). ● صندوق عدّة. ● مصهرات مناسبة.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسم التوضيحية
<p>١- فكّ الجسور التي تربط بدايات المحرك، ثمّ افحص بدايات المحرك، مدوّنًا القيم التي تتوصّل إليها: (U1-V1)، (U1-W1)، (W1-V1).</p> <p>٢- صل جسور الربط لبدايات المحرك، ثمّ افحص نهايات أطراف المحرك، مدوّنًا القيم التي تتوصّل إليها: (U2-V2)، (U2-W2)، (W2-V2).</p> <p>٣- افحص المفتاح اليدوي في وضع الإيقاف (Off)، وتحقّق من عدم وجود اتصال بين مجموعات الملامسات المختلفة.</p> <p>٤- نفذ الدارة الكهربائية المبينة في الشكل (١).</p>	<p>الشكل (١).</p>

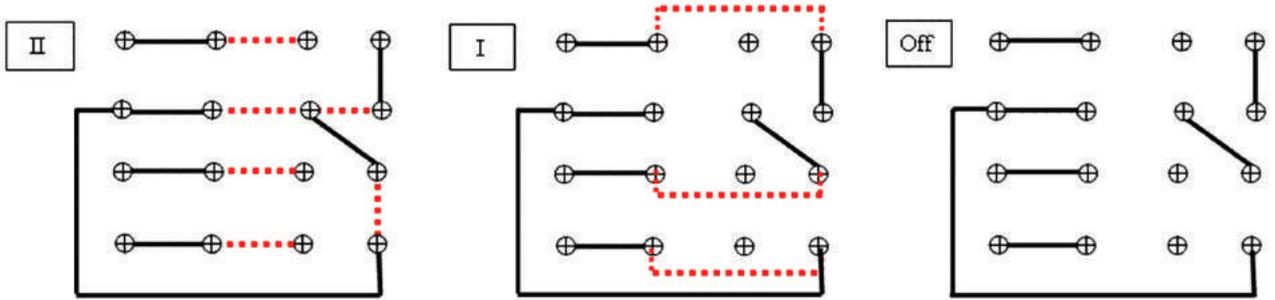
- ٥- مستخدمًا جهاز الأوممتر، افحص الأطراف التي تخرج من المفتاح في أوضاعه الثلاثة الآتية:
- أ - وضع الإيقاف: تحقّق من عدم وجود أيّ اتصال كهربائي.
- ب- وضع السرعة الأولى: تأكّد أنّ القيم التي توصلت إليها هي ذات القيم التي توصلت إليها عند فحص البدايات.
- ج- وضع السرعة الثانية: تأكّد أنّ القيم التي توصلت إليها هي ذات القيم التي توصلت إليها عند فحص النهايات.
- ٦- صل المحرك بمصدر الفولطية، ثمّ أدّره بحسب السرعة الأولى، عن طريق تحريك ذراع المفتاح لتصبح في وضع التشغيل للسرعة الأولى (I)، وذلك بإشراف المعلم.
- ٧- أدّر المحرك بالسرعة الثانية، عن طريق تحريك ذراع المفتاح لتصبح في وضع التشغيل للسرعة الثانية (II)، وذلك بإشراف المعلم.
- ٨- افصل مصدر الفولطية عن المفتاح، بتحريك ذراع المفتاح إلى وضع الإيقاف (Off).
- ٩- اكتب تقريرًا مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ما سبب دوران المحرك بالسرعة نفسها عند استخدام وضعي التشغيل للمفتاح اليدوي الثنائي السرعة؟



– انقل إلى دفتر تقريرك العملي الشكل (٢) الآتي الذي يُمثّل مفتاحًا يدويًا ثنائي السرعة (دالندر)، محدّدًا أماكن وضع بدايات الأطوار ونهاياتها، وأسلاك المصدر الكهربائي.



الشكل (٢).



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثمّ قيّم تنفيذك لكلّ خطوة، وَفَق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	تفحصت المفتاح اليدوي في وضع الإيقاف (Off).			
٢	نفّذت الدارة الكهربائية المبيّنة في الشكل (١).			
٣	أدرت (شغّلت) المحرك بحسب السرعة الأولى عن طريق تحريك ذراع المفتاح إلى وضع التشغيل للسرعة الأولى (I)، بإشراف المعلم.			
٤	أدرت (شغّلت) المحرك بحسب السرعة الثانية عن طريق تحريك ذراع المفتاح إلى وضع التشغيل للسرعة الثانية (II)، بإشراف المعلم.			
٥	فصلت مصدر الفولطية عن المفتاح بتحريك ذراع المفتاح إلى وضع الإيقاف (Off).			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

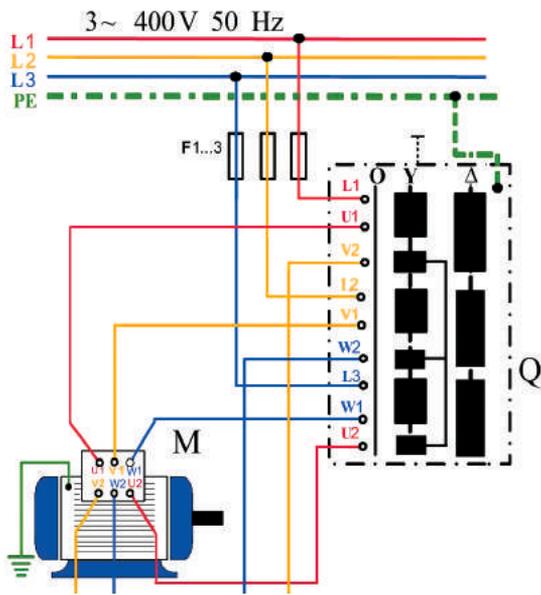
النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل محركًا ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) باستخدام مفتاح يدوي، وتشغله.
- تفحص المفتاح اليدوي، وتتحقق من صلاحيته.

مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
<ul style="list-style-type: none"> • كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم². 	<ul style="list-style-type: none"> • جهاز أفوميتر. • مفتاح يدوي ثلاثي الطور (نجمة- مثلث). • محرك ثلاثي الطور (نجمة- مثلث). • صندوق عدّة. • مصهرات مناسبة.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
<p>١- صل ملفات المحرك بتوصيلة النجمة، ثم افحص بين البدايات، مدوّنًا القيم التي تتوصّل إليها:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $U_1 - V_1$ () 2. $U_1 - W_1$ () 3. $V_1 - W_1$ () <p>٢- صل ملفات المحرك بتوصيلة المثلث، ثم افحص المجموعات الثلاث، مدوّنًا القيم التي تتوصّل إليها:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. $U_1 - V_2$ مع $V_1 - W_2$ () 2. $U_1 - V_2$ مع $W_1 - U_2$ () 3. $V_1 - W_2$ مع $W_1 - U_2$ () <p>٣- افحص ملامسات المفتاح اليدوي باستخدام جهاز الأومميتر في وضع الإيقاف (Off)، وتحقق من عدم وجود اتصال بين مجموعات الملامسات كما في الشكل (١).</p>	<p>الشكل (١).</p>



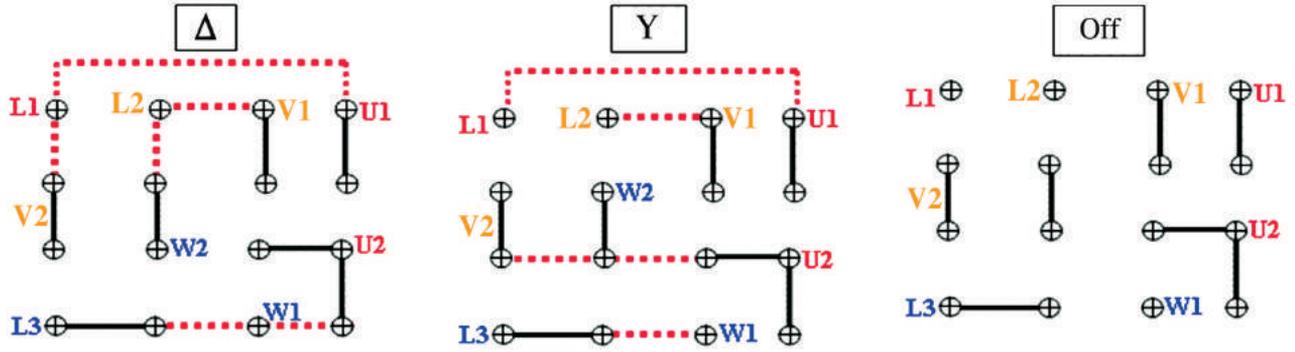
الشكل (٢).

- ٤- نفذ الدارة الكهربائية المبيّنة في الشكل (٢).
- ٥- مستخدمًا جهاز الأومميتر، افحص الأطراف التي تخرج من المفتاح في أوضاعه الثلاثة الآتية:
- أ- وضع الإيقاف: تحقق من عدم وجود أيّ اتصال كهربائي.
- ب- وضع النجمة: تحقق من أنّ القيم التي توصلت إليها هي ذات قيم فحوص بدايات المحرك.
- ج- وضع المثلث: تحقق من أنّ القيم التي توصلت إليها هي ذات قيم فحوص توصيلة المثلث.
- ٦- أدر (شغل) المحرك الكهربائي إلى وضع التقويم (Y)، بتحريك ذراع المفتاح إلى وضع (Y)، وذلك بإشراف المعلم.
- ٧- أدر (شغل) المحرك الكهربائي إلى وضع التشغيل (Δ)، بتحريك ذراع المفتاح إلى وضع التشغيل (Δ)، بإشراف المعلم.
- ٨- افصل مصدر الفولطية عن المفتاح، بتحريك ذراع المفتاح الكهربائي إلى وضع الإيقاف (Off).
- ٩- اكتب تقريرًا مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- كيف يمكن التأكد من صحة التوصيل قبل إيصال مصدر الفولطية إلى أطراف المحرك؟
- كم مجموعة ملامسات تنتج من فحص المفتاح اليدوي في توصيلة النجمة إذا كان المفتاح صالحًا؟

- افحص منتجًا آخر من منتوجات المفاتيح اليدوية التي تُستخدم لتقويم محرك (النجمة – المثلث) وتشغيله.
- تأمل الشكل (٣) الآتي، ملاحظًا كيفية توصيل بدايات ملفات الأطوار المختلفة ونهاياتها، وأسلاك المصدر الكهربائي.



الشكل (٣)

التقويم الذاتي

- دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدَّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	تفحصت المفتاح اليدوي في وضع الإيقاف (Off).			
٢	نفذت الدارة الكهربائية المبيّنة في الشكل (٢).			
٣	أدرت (شغلت) المحرك الكهربائي إلى وضع التقويم (Y)، عن طريق تحريك ذراع المفتاح إلى وضع (Y)، بإشراف المعلم.			
٤	أدرت (شغلت) المحرك الكهربائي إلى وضع التشغيل (Δ)، عن طريق تحريك ذراع المفتاح إلى وضع التشغيل (Δ)، بإشراف المعلم.			
٥	فصلت مصدر الفولطية عن المفتاح، بتحريك ذراع المفتاح إلى وضع الإيقاف (Off).			

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

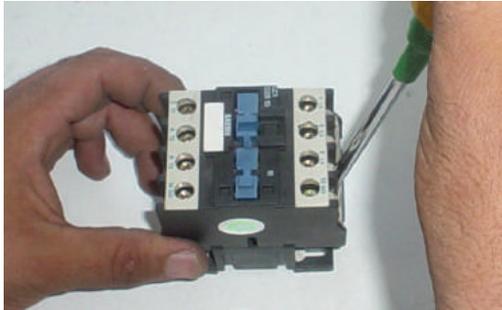
- تتعرّف مكونات المفتاح التلامسي .
- تتعرّف الدارة المغناطيسية للمفتاح التلامسي .
- تحدّد الملامسات المغلقة (NC) واللامسات المفتوحة (NO) في المفتاح التلامسي .
- تتعرّف ملامسات القدرة واللامسات المساعدة في المفتاح التلامسي .

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز أفوميتر . ● صندوق عدّة . ● مفاتيح تلامسية . 	

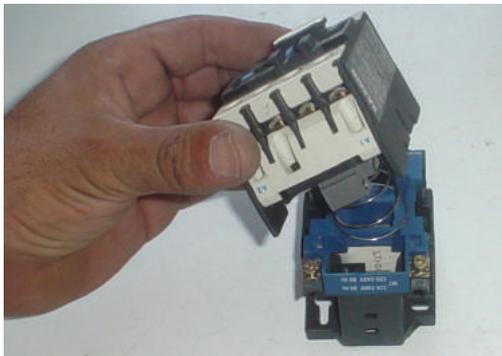
الرسوم التوضيحية

خطوات العمل والنقاط الحاكمة



الشكل (١).

١ - فكّ البراغي التي تُثبّت المفتاح التلامسي، انظر الشكل (١).

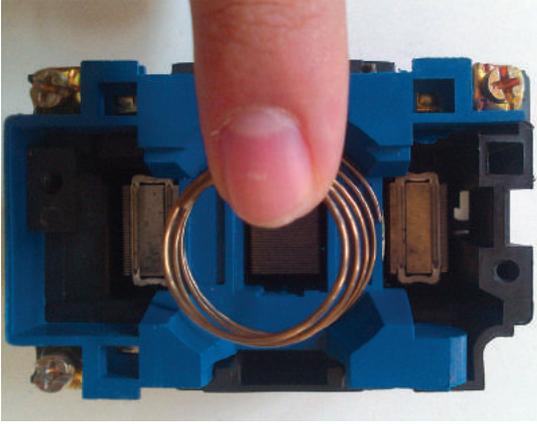


الشكل (٢).

٢ - فكّ حافظة المفتاح التلامسي، انظر الشكل (٢).

الرسوم التوضيحية

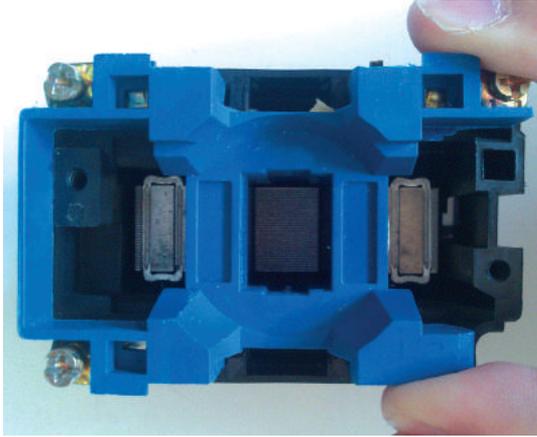
خطوات العمل والنقاط الحاكمة



الشكل (٣).

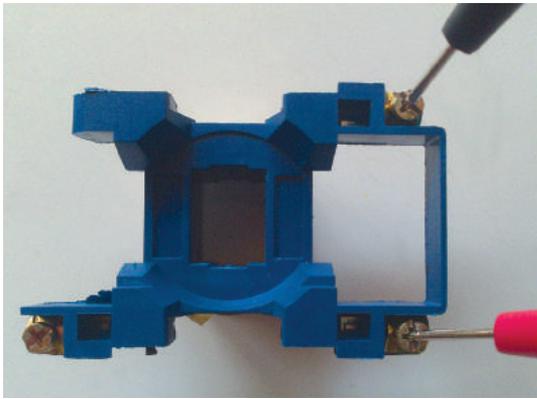
٣- فُكَّ نابض الإرجاع في المفتاح التلامسي،
انظر الشكل (٣).

٤- فُكَّ ملف المفتاح التلامسي، انظر الشكل
(٤).



الشكل (٤).

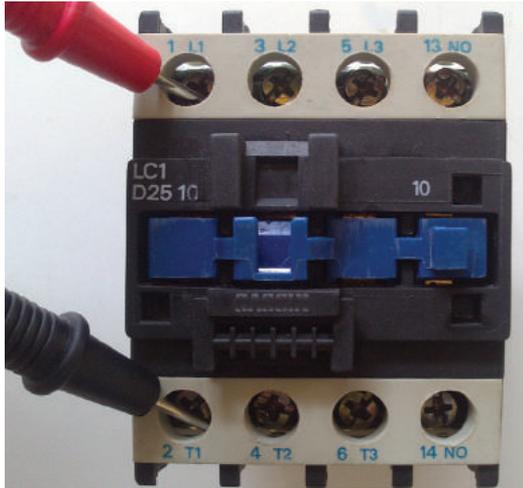
٥- افحص ملف المفتاح التلامسي باستخدام
جهاز الأومميتر، وتحقق من صلاحيته
للعمل، انظر الشكل (٥).



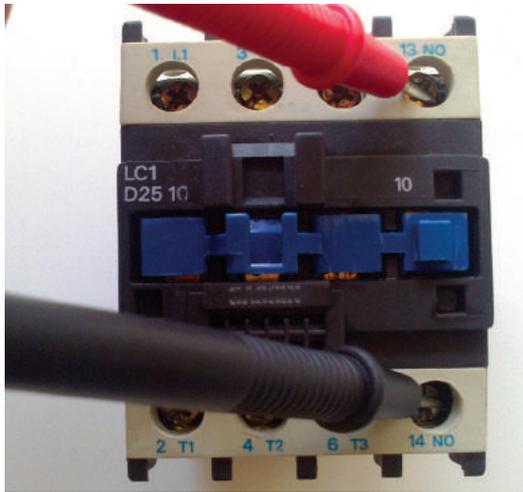
الشكل (٥).

٦- أعد تركيب المفتاح التلامسي.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٦).



الشكل (٧).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

٧ - حدّد ملامسات القدرة في المفتاح التلامسي، وافحصها باستخدام جهاز الأومميتر، وتحقق من صلاحيتها، انظر الشكل (٦).

٨ - حدّد الملامسات المساعدة في المفتاح التلامسي، واعمل على فحصها، وتحقق من صلاحيتها باستخدام جهاز الأومميتر، انظر الشكل (٧).

٩ - اكتب تقريراً مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- كيف يمكن تحديد ملامسات القدرة في المفتاح التلامسي واللامسات المساعدة؟
- ما وظيفة النابض في المفتاح التلامسي؟

تمارين الممارسة العملية

- افحص نوعاً آخر من المفاتيح التلامسية المتوفرة في المشغل.
- ركب الملامسات المساعدة للمفتاح التلامسي.



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، وَفَق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	فككت البراغي التي تُثبّت المفتاح التلامسي.			
٢	فككت حافظة المفتاح التلامسي.			
٣	فككت ملف المفتاح التلامسي.			
٤	فحصت ملف المفتاح التلامسي باستخدام جهاز الأومميتر.			
٥	فككت نابض الإرجاع في المفتاح التلامسي.			
٦	أعدت تركيب المفتاح التلامسي.			
٧	حدّدت ملامسات القدرة، وتحقّقت من صلاحيتها.			
٨	حدّدت الملامسات المساعدة، وتحقّقت من صلاحيتها.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل دائرة التحكم لتشغيل محرك أحادي الطور باستخدام مفتاح تلامسي.
- توصل دائرة التشغيل لمحرك أحادي الطور باستخدام مفتاح تلامسي.

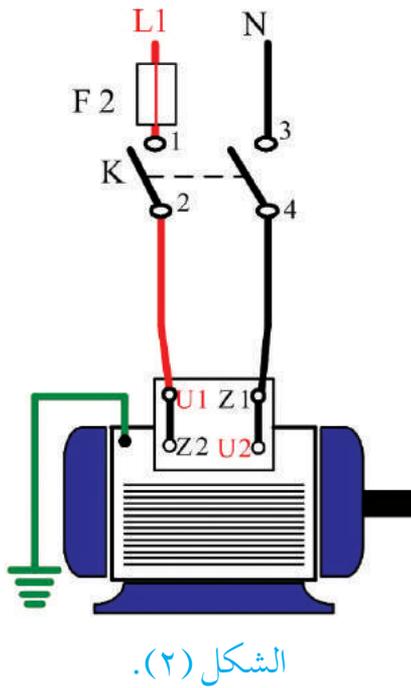
مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم^٢. ● كبل ثلاثي قياسه (٢,٥) مم^٢. 	<ul style="list-style-type: none"> ● محرك أحادي الطور. ● مفتاح تلامسي.
<ul style="list-style-type: none"> ● صندوق عدّة. ● ضاغط إيقاف. 	<ul style="list-style-type: none"> ● مصهران مناسبان. ● ضاغط تشغيل.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
<p>١- ارسم دائرة التحكم ودائرة التشغيل.</p> <p>٢- نفذ دائرة التحكم المبينة في الشكل (١).</p> <p>٣- صل دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، واضغط على ضاغط التشغيل (S2)، ملاحظاً عمل المفتاح التلامسي ومصباح الإشارة، ثم اضغط على ضاغط الإيقاف (S1).</p> <p>٤- افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.</p>	<p>الشكل (١).</p>

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل والنقاط الحاكمة



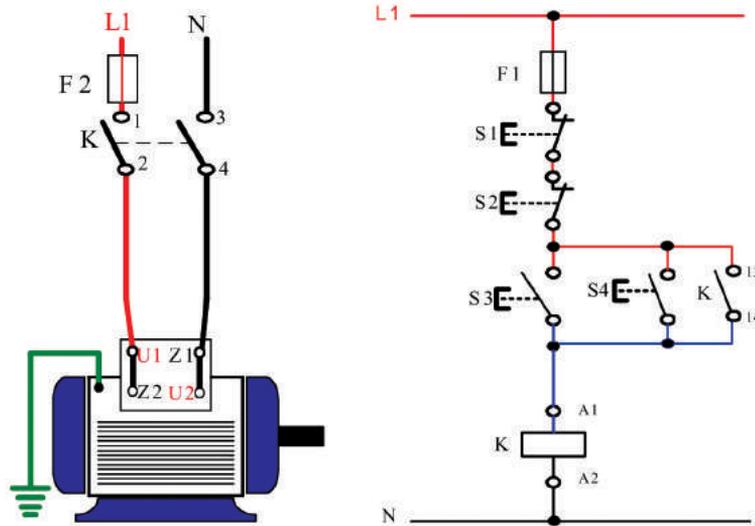
- ٥- نفذ دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٢).
- ٦- صل دائرة التشغيل بمصدر الفولطية.
- ٧- اضغط على ضاغط التشغيل (S2) بإشراف المعلم، ملاحظاً عمل المحرك.
- ٨- اضغط على الضاغط (S1) لإيقاف المحرك.
- ٩- اكتب تقريراً مفصلاً عما قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- اعكس اتجاه دوران المحرك.

تمارين الممارسة العملية

- نفذ الدارة الآتية المبينة في الشكل (٣).



الشكل (٣).



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، ووفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				
٧				
٨				
٩				

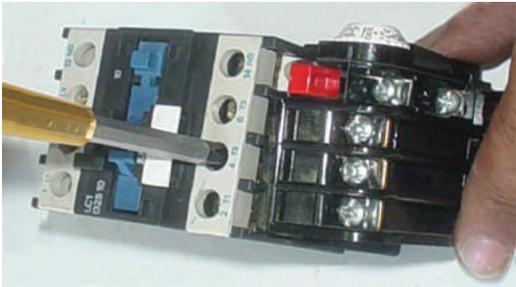
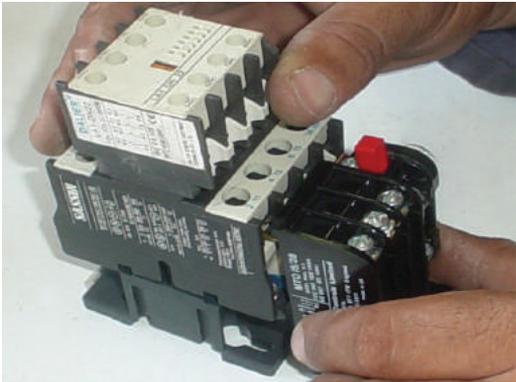
– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

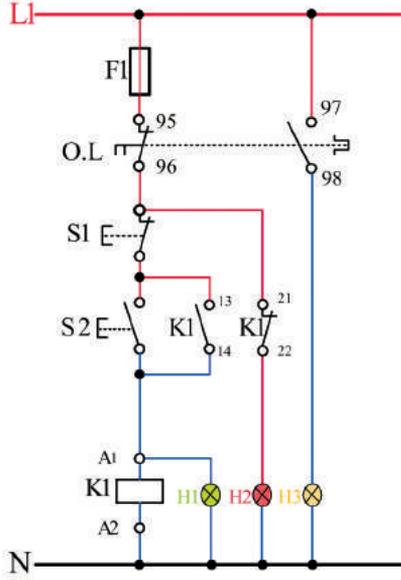
- توصل دائرة التحكم لتشغيل محرك ثلاثي الطور باستخدام مفتاح تلامسي.
- توصل دائرة التشغيل لمحرك ثلاثي الطور باستخدام مفتاح تلامسي.

مستلزمات تنفيذ التمرين

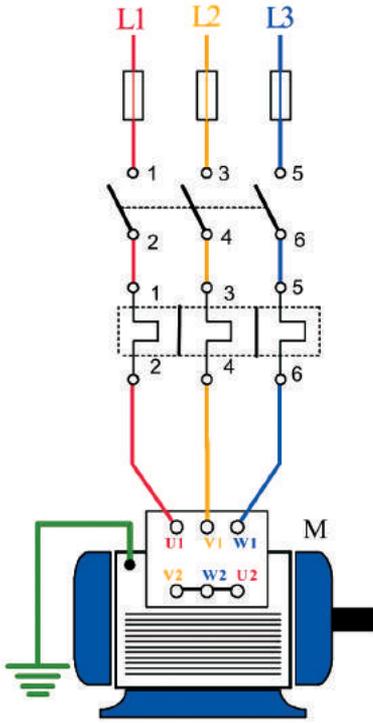
المواد	الأدوات والتجهيزات
<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم ٢. ● كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم ٢. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أربعة مصهرات مناسبة. ● محرك ثلاثي الطور. ● ثلاثة مصابيح إشارة. ● صندوق عدّة. ● ضاغط إيقاف. ● مرحل حماية حراري ثلاثي الطور. ● مفتاح تلامسي. ● جهاز أفوميتر. ● ضاغط تشغيل. ● ملامسات مساعدة.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
<p>١- افحص المفتاح التلامسي باستخدام جهاز الأومميتر، وتحقق من سلامة ملفه وملامساته.</p> <p>٢- ركب مرحل الحماية من انقطاع الطور في المفتاح التلامسي، انظر الشكل (١).</p> <p>٣- ركب الملامسات المساعدة، انظر الشكل (٢).</p>	 <p>الشكل (١).</p>  <p>الشكل (٢).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٣).



الشكل (٤).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

٤ - نفذ دائرة التحكم المبينة في الشكل (٣).

٥ - صل دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، واضغط على ضاغط التشغيل (S2)، ملاحظاً عمل المفتاح التلامسي ومصباح الإشارة، ثم اضغط على ضاغط الإيقاف (S1).

٦ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم، بالضغط على ضاغط الإيقاف.

٧ - نفذ دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٤).

٨ - صل دارتي التحكم والتشغيل بمصدر الفولطية بإشراف المعلم.

٩ - اضغط على الضاغط (S2)، ملاحظاً عمل المحرك. ولإيقاف المحرك عن العمل، اضغط على الضاغط (S1).

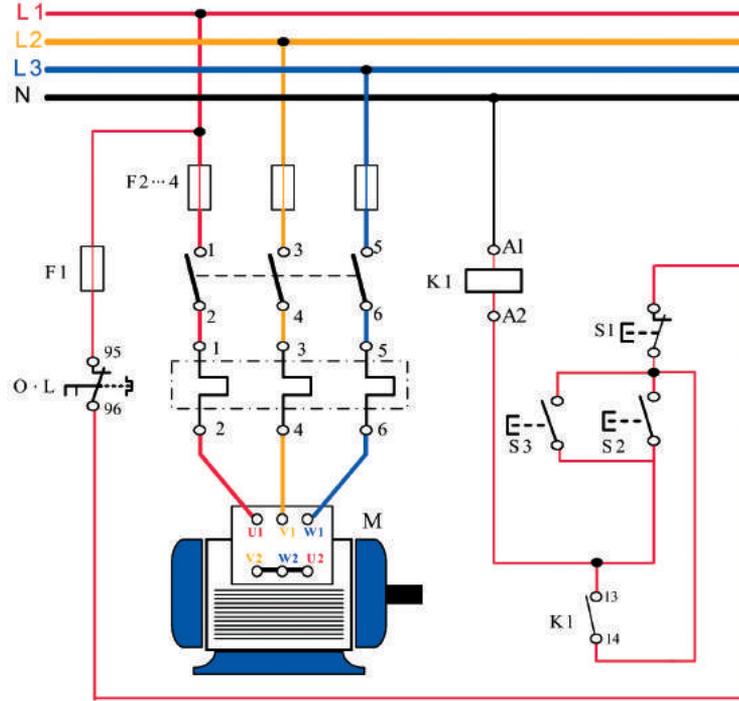
١٠ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة المحرك، بالضغط على ضاغط الإيقاف.

١١ - اكتب تقريراً مفصلاً عما قامت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- لوحظ في أثناء عمل المحرك عدم فصله عند استخدام ضاغط الإيقاف، ما سبب ذلك؟

– نفذ المخطط التفصيلي الآتي المبين في الشكل (٥) لتشغيل محرك ثلاثي الطور من مكانين، وإيقافه من مكان واحد.



الشكل (٥).

التقويم الذاتي

– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، ووفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

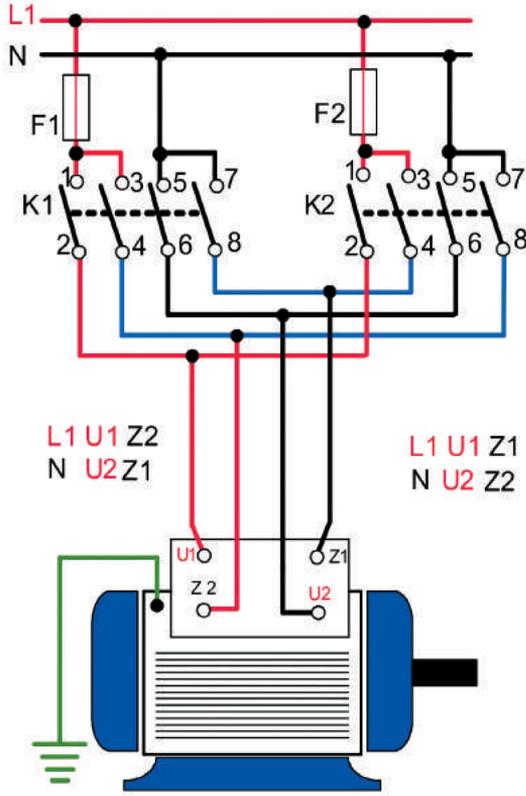
– توصل محركاً أحادي الطور باستخدام مفاتيح تلامسية، وتشغله، وتعكس اتجاه دورانه.

مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم ٢. ● كبل ثلاثي قياسه (٢,٥) مم ٢. 	<ul style="list-style-type: none"> ● محرك أحادي الطور. ● مفتاحان تلامسيان. ● صندوق عدّة. ● ضاغطة تشغيل. ● ثلاثة مصهرات مناسبة. ● ضاغطة إيقاف.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
<p>١ – تُبَيّن الأدوات والتجهيزات على لوحة التجارب (في حال عدم توافر مفاتيح تلامسية ذات أربعة ملامسات قدرة يمكن توصيل مفتاحين تلامسيين بالتوازي).</p> <p>٢ – ارسم دائرة التحكم ودائرة التشغيل في دفتر التدريب العملي.</p> <p>٣ – نفّذ دائرة التحكم المبيّنة في الشكل (١).</p> <p>٤ – صل دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، ثمّ شغلها.</p> <p>٥ – افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم، بالضغط على ضاغطة الإيقاف.</p>	<p>الشكل (١).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ٦ - نفذ دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٢).
- ٧ - اضغط على ضاغط التشغيل (S2) بإشراف المعلم، ملاحظاً اتجاه دوران المحرك.
- ٨ - اضغط على ضاغط إيقاف المحرك، وانتظر حتى يتوقف المحرك عن العمل.
- ٩ - اضغط على ضاغط التشغيل (S3)، ملاحظاً اتجاه دوران المحرك.
- ١٠ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة المحرك، بالضغط على ضاغط الإيقاف.
- ١١ - اكتب تقريراً مفصلاً عما قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- لوحظ في أثناء عمل أحد المحركات أنه لم يعكس اتجاه دورانه عند استخدام الضاغط (S3)، واستمر بالدوران في الاتجاه نفسه الذي كان عليه عند استخدام الضاغط (S2)، ما سبب ذلك؟

تمارين الممارسة العملية

- نفذ دائرة التحكم لتشغيل محرك أحادي الطور، وعكس اتجاه دورانه بواسطة ضاغطي إيقاف وضاغطي تشغيل لوضع التشغيل الأمامي، وضاغطي تشغيل لوضع التشغيل العكسي.



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، وَفَق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	رسمت دائرة التحكم ودائرة التشغيل.			
٢	نفّذت دائرة التحكم ودائرة التشغيل.			
٣	وصلت دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم.			
٤	فصلت مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.			
٥	نفّذت دائرة التشغيل.			
٦	ضغطت على ضاغط التشغيل الأمامي، ولاحظت اتجاه دوران المحرك.			
٧	ضغطت على ضاغط إيقاف المحرك، وانتظرت حتى يتوقف المحرك عن العمل.			
٨	ضغطت على ضاغط التشغيل العكسي، ولاحظت اتجاه دوران المحرك.			
٩	فصلت مصدر الفولطية عن دائرة المحرك، بالضغط على ضاغط الإيقاف.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

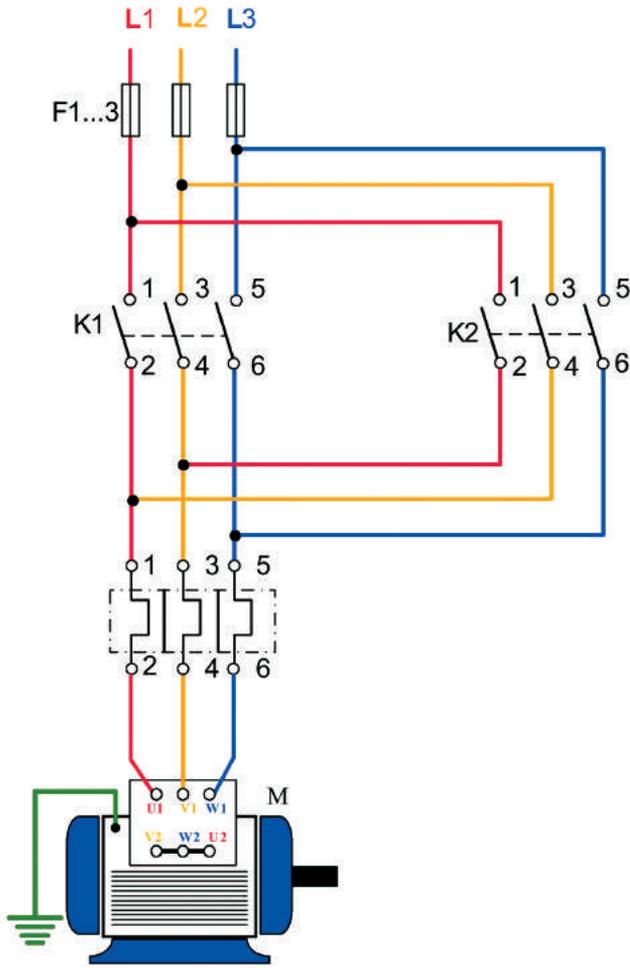
- توصل دائرة التحكم لتشغيل محرك ثلاثي الطور باستخدام مفاتيح تلامسية، وتعكس اتجاه دورانه.
- توصل دائرة التشغيل لعكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور باستخدام مفاتيح تلامسية.

مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم ٢. ● كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم ٢. 	<ul style="list-style-type: none"> ● محرك ثلاثي الطور. ● صندوق عدّة. ● أربعة مصهرات مناسبة. ● مرحل حماية حراري. ● مفتاحان تلامسيان. ● ضاغط إيقاف. ● ضاغطا تشغيل.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
<p>١ - ثبّت الأدوات والتجهيزات على لوحة التجارب.</p> <p>٢ - ارسم دائرة التحكم ودائرة التشغيل في دفتر التدريب العملي.</p> <p>٣ - نفذ دائرة التحكم المبيّنة في الشكل (١).</p> <p>٤ - صل دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، ثمّ شغلها.</p>	<p>الشكل (١).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ٥ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم، بالضغط على ضاغط الإيقاف.
- ٦ - نفذ دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٢).
- ٧ - اضغط على ضاغط التشغيل (S2) بإشراف المعلم، ملاحظاً اتجاه دوران المحرك.
- ٨ - اضغط على ضاغط إيقاف المحرك، وانتظر حتى يتوقف المحرك عن العمل.
- ٩ - اضغط على ضاغط التشغيل (S3) بإشراف المعلم، ملاحظاً اتجاه دوران المحرك.
- ١٠ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة المحرك، بالضغط على ضاغط الإيقاف.
- ١١ - اكتب تقريراً مفصلاً عما قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ١ - ماذا يحصل إذا استُخدم الملامس المفتوح (K2) بدلاً من الملامس المغلق (K2) الظاهر في الشكل (١)؟

تمارين الممارسة العملية

- ١ - نفذ دائرة تحكم لتشغيل محرك ثلاثي الطور، وعكس اتجاه دورانه بواسطة ضاغطي إيقاف وضاغطي تشغيل لوضع التشغيل الأمامي، وضاغطي تشغيل لوضع التشغيل العكسي.



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				
٧				
٨				
٩				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

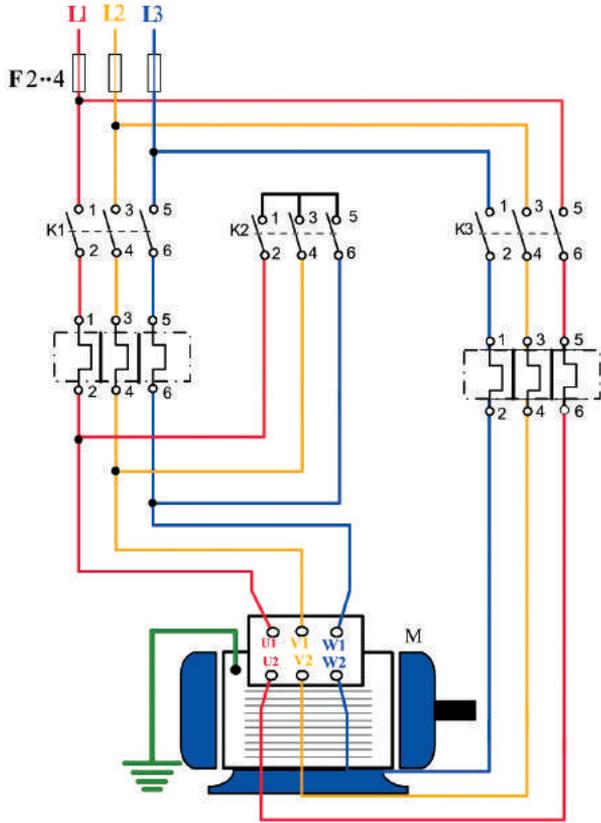
- توصل دائرة التحكم لتشغيل محرك ثلاثي الطور باستخدام مفاتيح تلامسية، وتعكس اتجاه دورانه.
- توصل دائرة التشغيل لعكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور باستخدام مفاتيح تلامسية.

مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم٢. ● كبل ثلاثي قياسه (٢,٥) مم٢. 	<ul style="list-style-type: none"> ● محرك ثلاثي الطور ذو سرعتين (دالندر). ● ثلاثة مفاتيح تلامسية. ● صندوق عدّة. ● مرحلا حماية حراريان. ● أربعة مصهرات. ● ضاغط قفل كهربائي. ● ضاغط تشغيل. ● ضاغط إيقاف.

خطوات العمل والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
<p>١ - تُبَّت الأدوات والتجهيزات على لوحة التجارب.</p> <p>٢ - ارسم دائرة التحكم ودائرة التشغيل في دفتر التدريب العملي.</p> <p>٣ - نفذ دائرة التحكم المبينة في الشكل (١).</p> <p>٤ - صل دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، ثم شغلها.</p> <p>٥ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.</p>	<p>الشكل (١).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

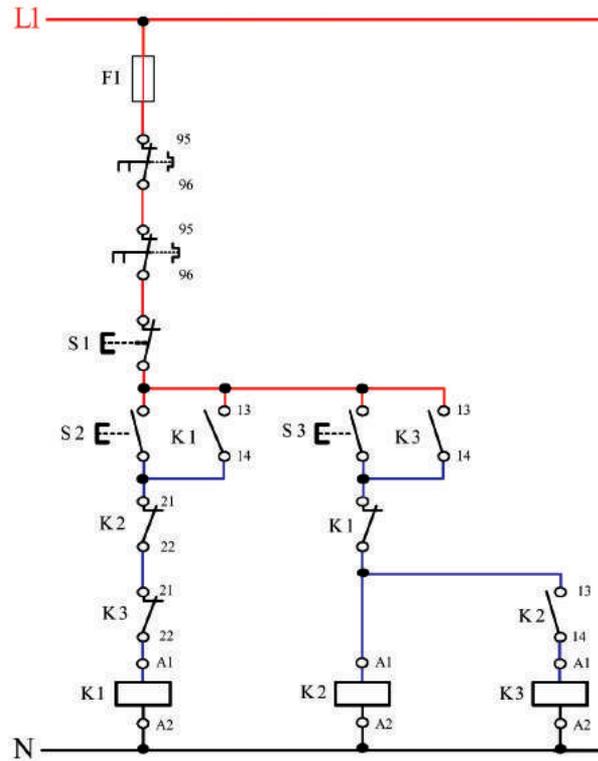
- ٦ - نفذ دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٢).
- ٧ - اضغط على ضاغط السرعة المنخفضة (S2) بإشراف المعلم، ملاحظاً سرعة المحرك.
- ٨ - اضغط على ضاغط السرعة العالية (S3) بإشراف المعلم، ملاحظاً سرعة المحرك.
- ٩ - اضغط على الضاغط (S1) لإيقاف المحرك.
- ١٠ - اكتب تقريراً مفصلاً عما قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- لماذا استخدم الملامسان المغلقان (K2) و (K3) على التوالي قبل وصول الفولتية إلى ملف المفتاح التلامسي (k1) في الشكل (١)؟

تمارين الممارسة العملية

- نفذ دائرة التحكم الآتية المبينة في الشكل (٣)، التي تُستعمل لتشغيل محرك ثلاثي الطور ذي سرعتين متناصفتين (دالندر).



الشكل (٣).

التقويم الذاتي

– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	رسمت دائرة التحكم ودائرة التشغيل.			
٢	نفّذت دائرة التحكم.			
٣	وصلت دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم.			
٤	فصلت مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.			
٥	نفّذت دائرة التشغيل.			
٦	ضغطت على ضاغط السرعة المنخفضة (S2)، ملاحظاً سرعة المحرك.			
٧	ضغطت على ضاغط السرعة العالية (S3)، ملاحظاً سرعة المحرك.			
٨	ضغطت على الضاغط (S1) لإيقاف المحرك.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

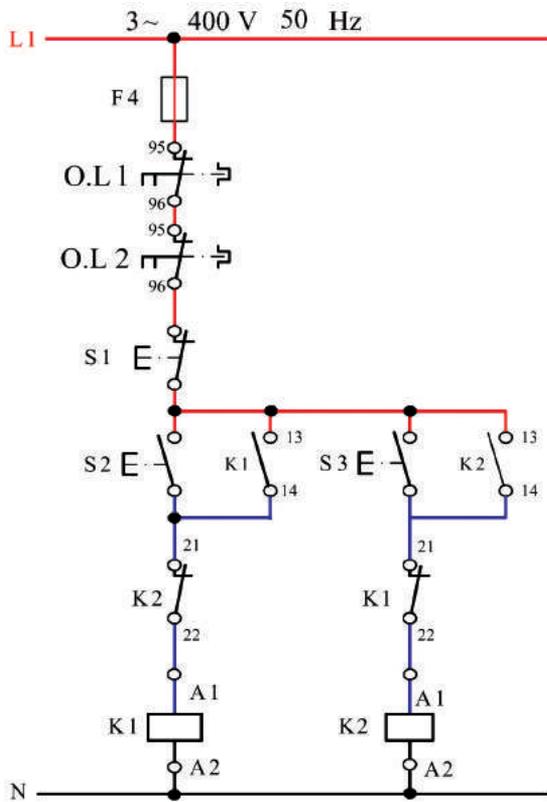
النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل محركًا ثلاثي الطور ذا سرعتين غير متناصفتين، وتشغله باستخدام مفاتيح تلامسية.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك ثلاثي الطور ذو سرعتين غير متناصفتين (Y/Y). ● مفاتيح تلامسية. ● مرحلا حماية حراريان. ● أربعة مصهرات. ● ضاغطا إيقاف. ● ضاغطا تشغيل. ● صندوق عدّة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم ٢. ● كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم ٢.

الرسوم التوضيحية

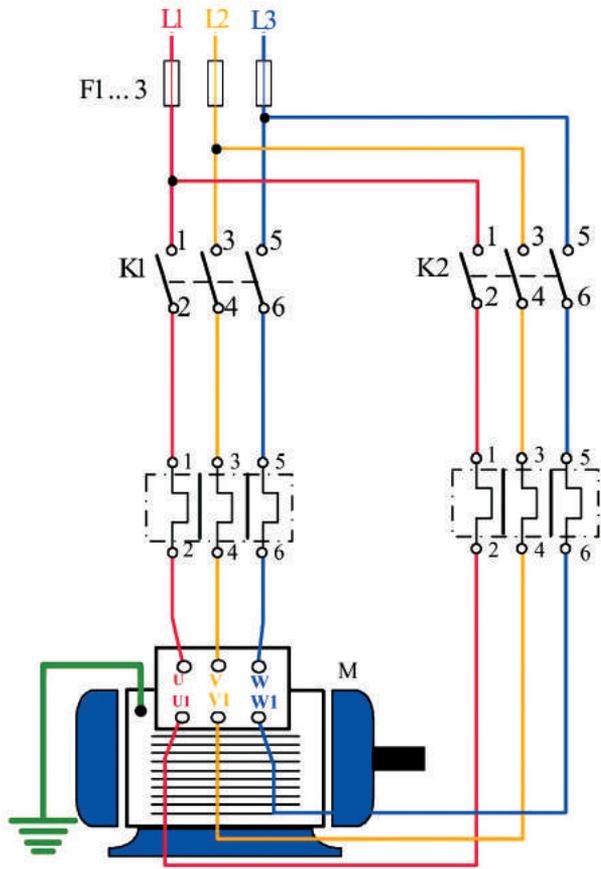


الشكل (١).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ١ - ارسم دائرة التحكم ودائرة التشغيل في دفتر التدريب العملي.
- ٢ - نفذ دائرة التحكم المبيّنة في الشكل (١).
- ٣ - صل دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، ثم شغلها.
- ٤ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

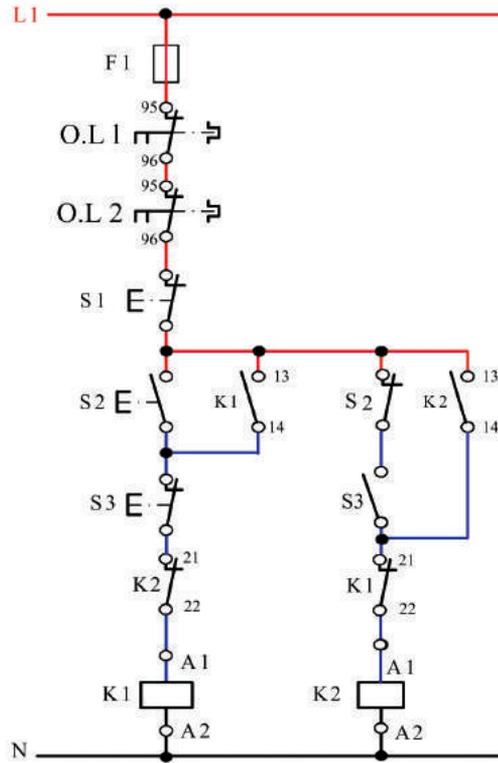
- ٥ - صل دائرة التشغيل بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، انظر الشكل (٢).
- ٦ - اضغط على ضاغط السرعة المنخفضة (S2)، ملاحظاً سرعة المحرك.
- ٧ - اضغط على الضاغط (S1) لإيقاف المحرك.
- ٨ - اضغط على ضاغط السرعة العالية (S3)، ملاحظاً سرعة المحرك.
- ٩ - اكتب تقريراً مفصلاً عما قامت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

– لماذا استخدمت الملامسات المغلقة في دائرة التحكم السابقة؟

تمارين الممارسة العملية

– نفذ دائرة التحكم الآتية المبينة في الشكل (٣).



الشكل (٣).

التقويم الذاتي

- دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، ووفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				
٧				
٨				
٩				

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

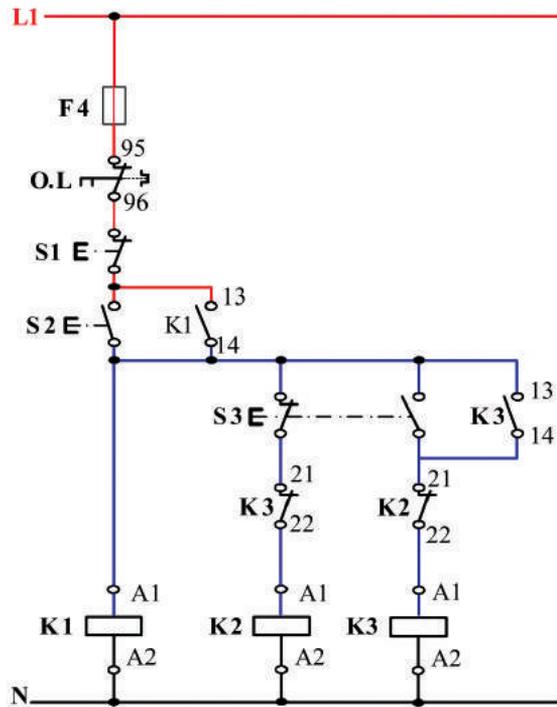
النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- توصل محركاً ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) باستخدام مفاتيح تلامسية، وتشغله.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك ثلاثي الطور (نجمة- مثلث). ● ثلاثة مفاتيح تلامسية. ● صندوق عدّة. ● مرحل حماية حراري. ● أربعة مصهرات. ● ضاغط قفل كهربائي. ● ضاغط إيقاف. ● ضاغط تشغيل. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم ٢. ● كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم ٢.

الرسوم التوضيحية



الشكل (١).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

١ - تَبَّت الأدوات والتجهيزات على لوحة التجارب.

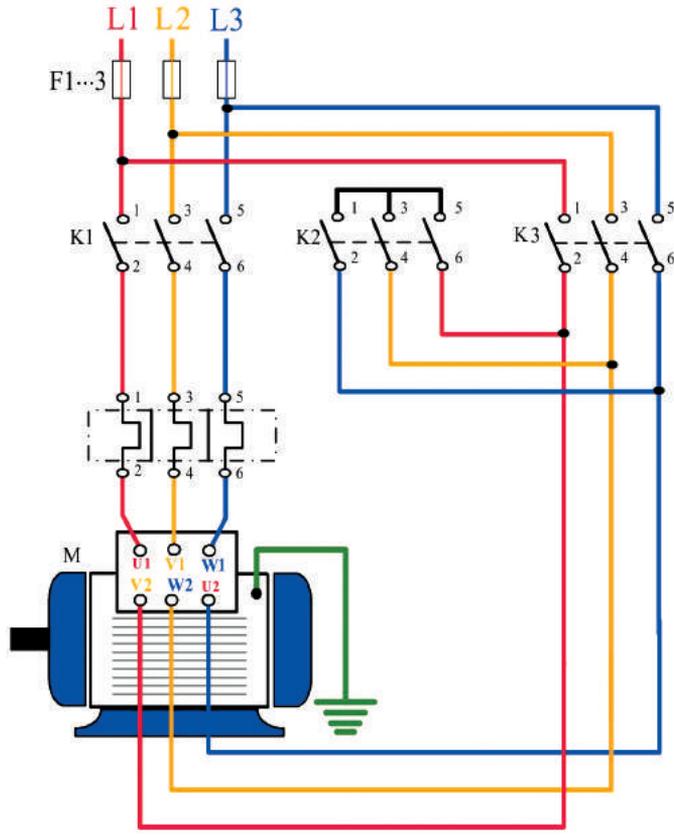
٢ - ارسم دائرة التحكم ودائرة التشغيل في دفتر التدريب العملي.

٣ - نفذ دائرة التحكم المبينة في الشكل (١).

٤ - أدِرْ (شغّل) دائرة التحكم بإشراف المعلم.

٥ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

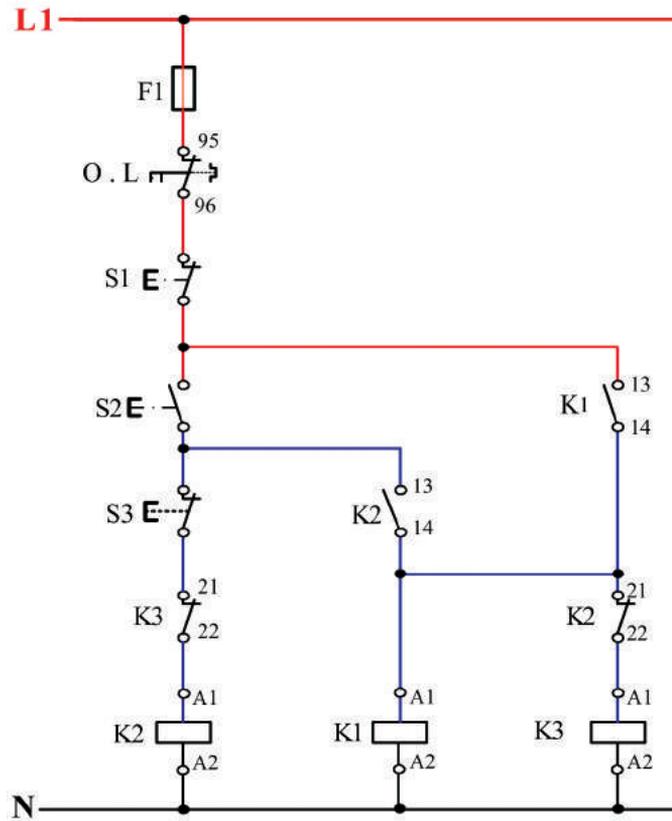
- ٦ - نفذ دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٢).
- ٧ - اضغط على ضاغط تشغيل توصيلة النجمة (S2) بإشراف المعلم.
- ٨ - اضغط على ضاغط تشغيل توصيلة المثلث (S3) بإشراف المعلم.
- ٩ - اضغط على ضاغط الإيقاف (S1) لإيقاف عمل المحرك.
- ١٠ - اكتب تقريرًا مفصلاً عما قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

– لماذا استخدم مرحل حماية حرارية واحد فقط في هذه الدارة؟

تمارين الممارسة العملية

– نفذ دائرة التحكم الآتية المبينة في الشكل (٣) لتقويم محرك ثلاثي الطور (نجمة- مثلث)، أو تشغيله.



الشكل (٣).

التقويم الذاتي



- دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، ووفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	ثبّتت الأدوات والتجهيزات على لوحة التجارب.			
٢	رسمت دائرة التحكم ودائرة التشغيل في دفتر التدريب العملي.			
٣	نفّذت دائرة التحكم.			
٤	أدرت (شغّلت) دائرة التحكم بإشراف المعلم.			
٥	فصلت مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.			
٦	ضغطت على ضاغط تشغيل توصيلة النجمة (Y) بإشراف المعلم.			
٧	ضغطت على ضاغط تشغيل توصيلة المثلث (Δ) بإشراف المعلم.			
٨	ضغطت على ضاغط الإيقاف لإيقاف المحرك.			

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

تمرين (٢-١٥)

تشغيل محرك ثلاثي الطور (نجمة - مثلث) بواسطة مفاتيح تلامسية مع مؤقت.

النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

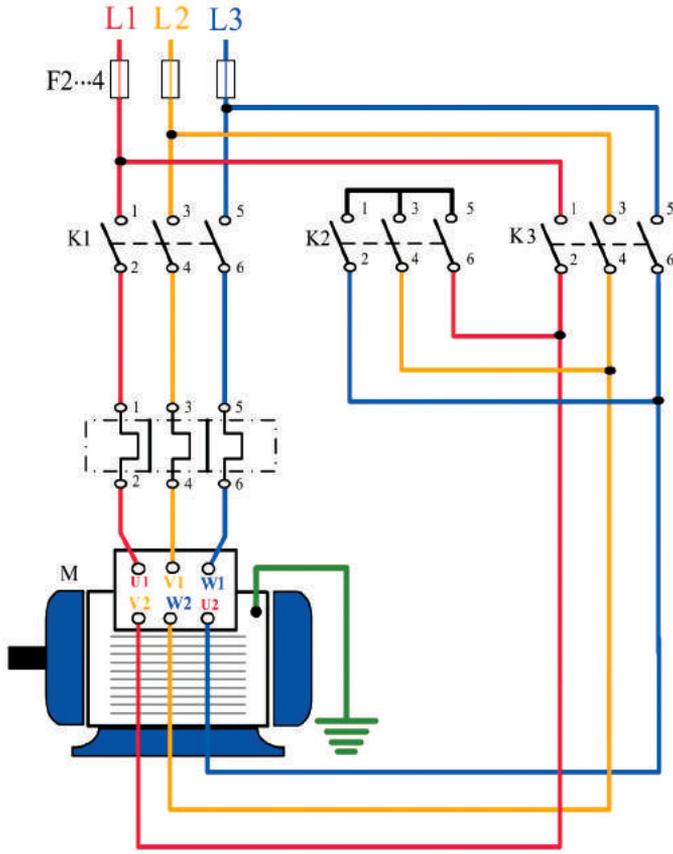
- توصل محركًا ثلاثي الطور (نجمة- مثلث) باستخدام مفاتيح تلامسية ومؤقت.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك ثلاثي الطور. ● صندوق عدّة. ● أربعة مصهرات. ● ضاغط إيقاف. ● ضاغط تشغيل. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم ٢. ● كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم ٢.
<ul style="list-style-type: none"> ● ثلاثة مفاتيح تلامسية. ● مؤقت. ● مرحل حماية حراري. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
<p>الشكل (١).</p>	<ol style="list-style-type: none"> ١ - ثبّت الأدوات والتجهيزات على لوحة التجارب. ٢ - ارسم دائرة التحكم ودائرة التشغيل في دفتر التدريب العملي. ٣ - نفذ دائرة التحكم المبينة في الشكل (١). ٤ - صل دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، ثم شغلها. ٥ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

٦ - نفذ دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٢).

٧ - اضغط على ضاغط تشغيل الدارة، ملاحظاً تحوّل المحرك من توصيلة النجمة إلى توصيلة المثلث.

٨ - اضغط على ضاغط الإيقاف لإيقاف المحرك.

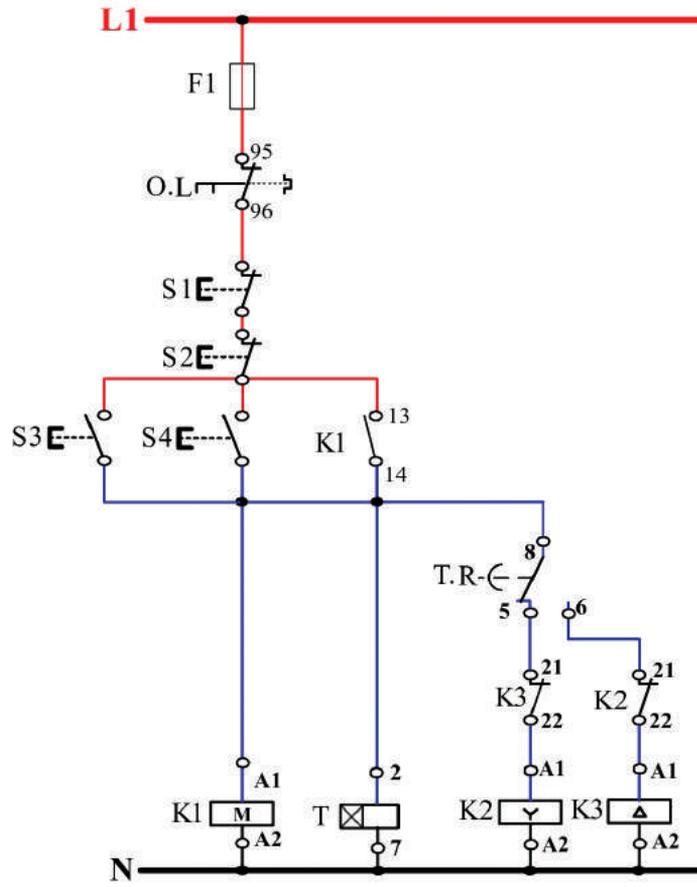
٩ - اكتب تقريراً مفصلاً عما قامت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ما الأعطال المتوقعة في حال:
- حدوث قطع طور في دائرة تشغيل المحرك؟
 - عدم وصل ملامسات القصر في المفتاح (K2) بالشكل (٢)؟
 - حدوث قطع في ملف المؤقت؟

تمارين الممارسة العملية

– أضف إلى الدارة الكهربائية في الشكل (٣) ضاغط إيقاف وضاغط تشغيل، ثم شغلها.



الشكل (٣).

التقويم الذاتي

– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، ووفق قائمة شطب مُحدَّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				
٧				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

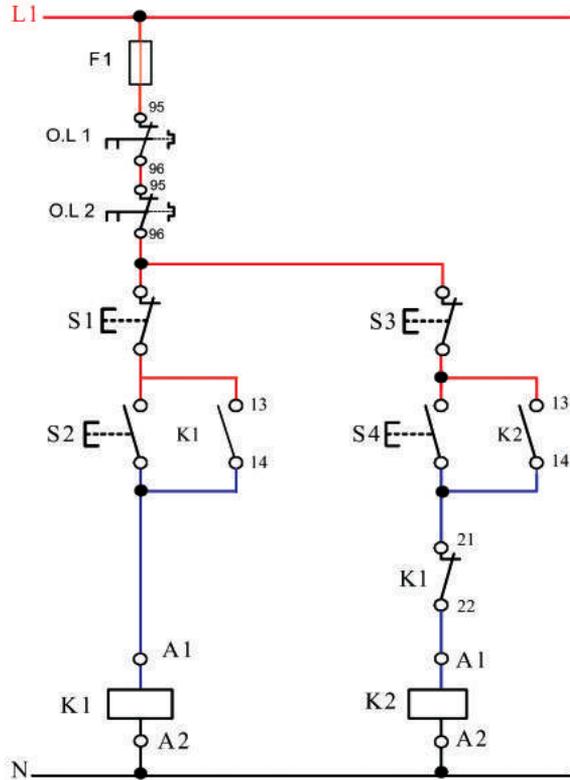
النتائج : يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تشغل محركين ثلاثيي الطور؛ أحدهما رئيس، والآخر احتياطي باستخدام مفاتيح تلامسية.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محركان ثلاثيا الطور. ● صندوق عدّة. ● مفتاحان تلامسيان. ● مؤقت. ● مرحلا حماية حراريان. ● أربعة مصهرات. ● ضاغط إيقاف. ● ضاغط تشغيل. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد قياسه (١,٥) مم^٢. ● كبل رباعي قياسه (٢,٥) مم^٢.

الرسوم التوضيحية



الشكل (١).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

١ - ثبّت الأدوات والتجهيزات على لوحة التجارب.

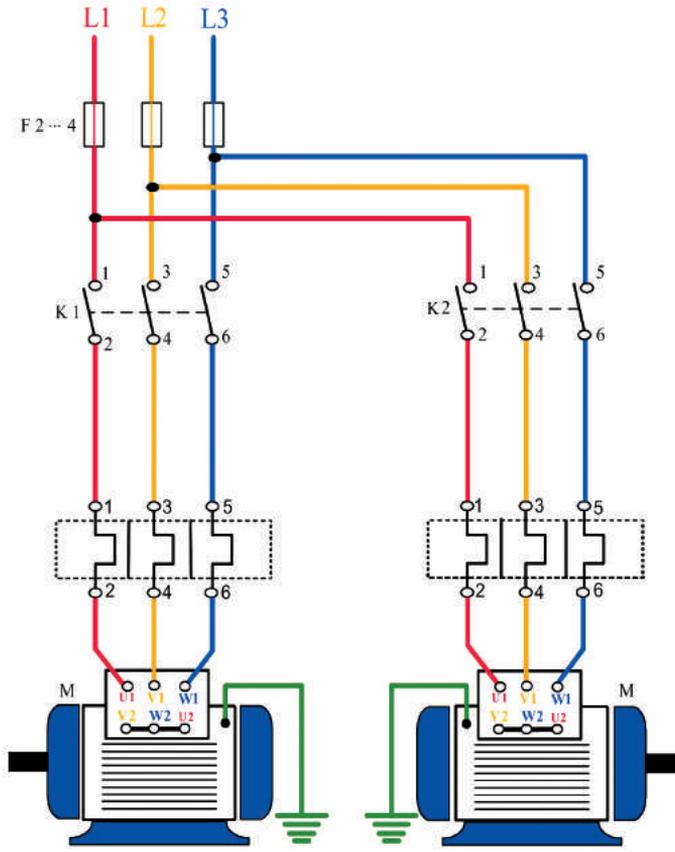
٢ - ارسم دائرة التحكم ودائرة التشغيل في دفتر التدريب العملي.

٣ - نفذ دائرة التحكم المبيّنة في الشكل (١).

٤ - صل دائرة التحكم بمصدر الفولطية بإشراف المعلم، ثم شغلها.

٥ - افصل مصدر الفولطية عن دائرة التحكم.

الرسم التوضيحية



الشكل (٢).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ٦ - نفذ دائرة التشغيل المبينة في الشكل (٢).
- ٧ - اضغط على ضاغط التشغيل (S2)، ملاحظاً عمل المحرك الرئيس.
- ٨ - افصل مصدر الفولطية عن المحرك، بالضغط على الضاغط (S1).
- ٩ - اضغط على ضاغط التشغيل (S4) لتشغيل المحرك الاحتياطي، ملاحظاً عمل المحرك.
- ١٠ - اضغط على ضاغط إيقاف المحرك (S3).
- ١١ - اكتب تقريراً مفصلاً عما قامت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ماذا يحدث عند حدوث عطل في المحرك الرئيس، وفصل دائرة الحماية الحرارية الخاصة به؟

تمارين الممارسة العملية

- نفذ الدارة السابقة بإضافة ضاغطي إيقاف لإيقاف كلا المحركين.



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، وِفَق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				
٦				
٧				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.



الوحدة الثالثة

العاكسات المنطقية المبرمجة



- ما الفرق بين دارات التحكم العادي ودارات التحكم المبرمج؟
- هل يمكن استعمال الحاسوب للتحكم في تشغيل المحركات؟

يُعدّ مطلع القرن العشرين البداية الفعلية لاستخدام أنظمة التشغيل الآلي أو الأنظمة المؤتمتة. وقد شاع استخدام هذه الأنظمة على نطاق واسع لتحل محل أنظمة التشغيل اليدوية، وصاحب ذلك استخدام أعداد هائلة من الموقتات والمرحلات والمفاتيح المغناطيسية، وكذا الأسلاك الكهربائية اللازمة لعمل هذه التوصيلات، التي ازدادت تعقيداً بزيادة حجم العمليات المراد التحكم فيها. لا شكّ في أنّ التطور في قطاع الصناعة، خاصة صناعة السيارات الأمريكية، وحاجة المصانع إلى أنظمة تحكم حديثة، والتطور السنوي للنماذج المنتجة سنوياً؛ كل ذلك كان من أهم أسباب تطوير الحاكّمات المبرمجة.

إنّ التطور الكبير الذي أصاب علم التحكم الآلي أسهم إسهاماً فاعلاً في إيجاد طرائق تحكم حديثة اتسمت بالدقة والإتقان. فالأنظمة والعمليات الصناعية الحديثة التي تتطلب تحكماً دقيقاً يندر بناؤها على المرحلات، بل يستعاض عنها بالحاكّمات الرقمية التي يمكن برمجتها لأداء وظائف منطقية متنوعة. تهدف دراسة التحكم المنطقي المبرمج إلى تعريف الطلبة بالمكونات الأساسية للحاكّمات المبرمجة (PLC)، وبرمجة عدد من التطبيقات العملية، وتدريبهم على تحويل دارات التحكم الكهربائية التقليدية إلى دارات تحكم منطقي مبرمج.

يُتوقَّع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرف أهمية الحاكّمات المنطقية المبرمجة (PLC).
- تتعرف مكونات نظام الحاكّم المنطقي المبرمج.
- تتعرف لغات برمجة الحاكّمات المنطقية المبرمجة.
- تفسر الرموز المستخدمة في دارات التحكم المبرمج.
- تتعرف أنواع البوابات المنطقية الأساسية.
- تتعرف أنواع البوابات المنطقية المشتقة.
- تتعرف كيفية إعداد المخطط السلمي لدارات التحكم الكهربائية.
- تكتب برامج (PLC) باستخدام المخطط السلمي، والمخططات الصندوقية الوظيفية.
- تتحكم في إضاءة مصباح باستخدام حاكّم مبرمج.
- تشغل محركاً أحادي الطور باستخدام حاكّم مبرمج، وتوقفه.
- تشغل محركاً ثلاثي الطور باستخدام حاكّم مبرمج، وتوقفه.
- تشغل محركاً ثلاثي الطور من مكانين باستخدام حاكّم مبرمج، وتوقفه.
- توصل أدوات الحاكّم المبرمج بالدارات الكهربائية.

مكونات الحاكم المنطقي المبرمج وأساسيات تشغيله

أولاً

- طرحت شركة جنرال موتورز عام ١٩٦٨م نظاماً بديلاً عن نظام التحكم بواسطة المرحلات والأسلاك، كان من أهم مواصفاته:
- استعمال دارات إلكترونية ومرحلات إلكترونية (Solid State) بدلاً من الأجزاء الميكانيكية.
 - مماثلته للحاسوب الآلي من حيث: البنية، ووجود مداخل ومخارج قابلة للاستبدال.
 - قابليته للتشغيل في ظروف البيئة الصناعية.
 - إعادة برمجته أكثر من مرة.
 - برمجته وصيانتها بسهولة من قبل الفنيين المتخصصين.
 - رخص ثمنه مقارنة بأثمان أنظمة التحكم التقليدية.
- تبنت هذا النظام مجموعات كبيرة من شركات تصنيع السيارات، فبدأت باستخدام حاكمت مبرمجة منطقيًا (Programmable Logic Controllers) تمتاز بميزات فريدة من حيث عمليات تخزين البيانات، والأرشفة؛ ما أسهم في تطوير عملية الربط بين وحدة (PLC) والحاسوب الشخصي وتراسل المعطيات.
- وقد تمكن ريتشارد مورلي (Richard E. Morley) من اختراع أول جهاز لهذا النظام عام ١٩٦٩م، وكان قد أسس شركة (MODICON) لصناعة الحاكمت المنطقية المبرمجة (PLC)، محرزاً بذلك قصب السبق في هذا المضمار على العديد من الشركات الرائدة في صناعة وحدات (PLC)، من مثل: (Omron)، و(Mitsubishi)، و(Siemens)، و(LG).
- وفي عام ١٩٧٤م، بدأ استخدام المعالج الدقيق (Microprosser) بوصفه وحدة معالجة مركزية في الحاكمت المبرمجة، ثم أدى التطور الكبير في صناعة الدارات الإلكترونية إلى ظهور وحدات جديدة من (PLC) تميزت بصغر حجمها، ورخص ثمنها، وفاعلية أدائها.
- ١- مزايا نظام الحاكم المنطقي المبرمج (Programmable Logic Controller : PLC)
- الحاكم المنطقي المبرمج هو جهاز إلكتروني رقمي التشغيل، يُستخدم ذاكرة يمكن

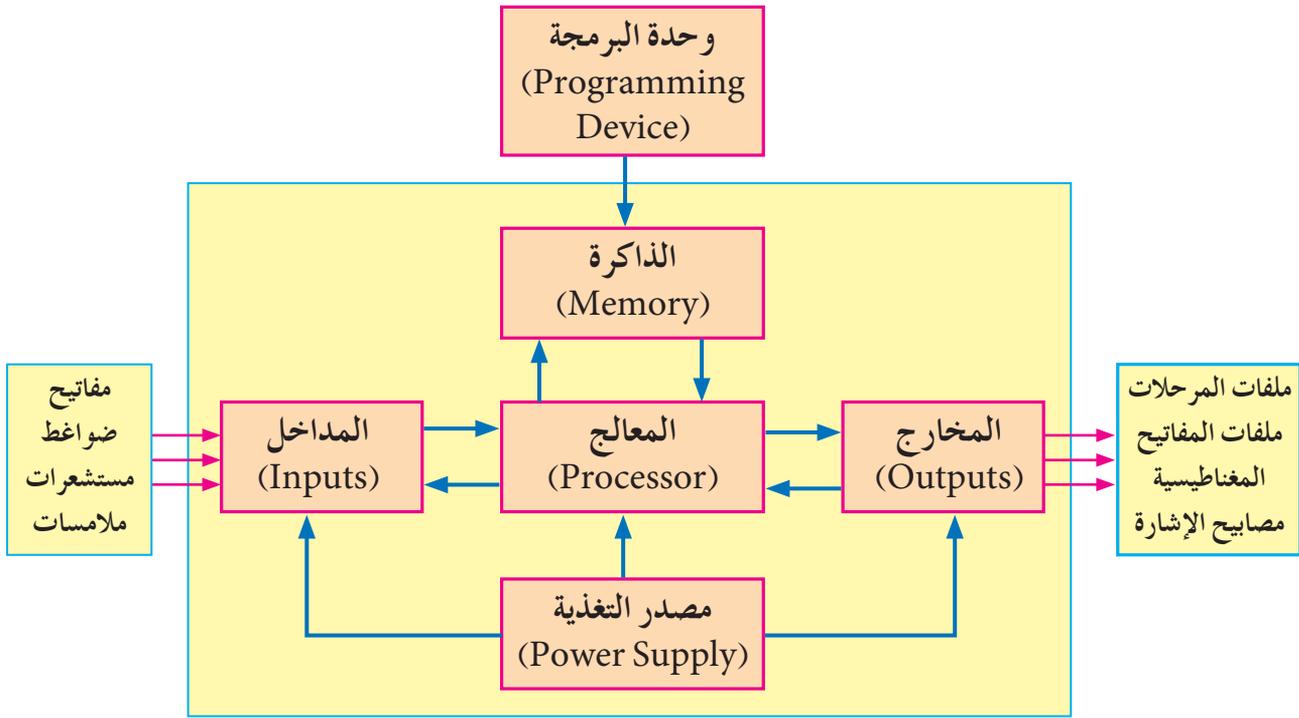
برمجتها لتخزين البرامج (التعليمات) والبيانات؛ بغية الإفادة منها في أداء وظائف محددة ضمن عمليات منطقية (Logic)، وتتابعية (Sequence)، وتوقيتية (Timing)، وتعددية (Counting)، وحسابية (Arithmetic) قادرة على التحكم في الآلات والعمليات الصناعية.

تمتاز الحاكمت المنطقية المبرمجة بالميزات الآتية:

- أ - احتواء الوحدة على عدد كبير من عناصر التحكم، مثل: المؤقتات، والعدادات، والمرحلات الإلكترونية.
- ب - الاستغناء عن المرحلات التقليدية؛ نظرًا إلى وجود عدد من المرحلات الداخلية المنطقية داخل الوحدة.
- ج - سهولة تعديل تتابع العمليات وعمل الآلة أو تغييرها بتغيير البرنامج فقط، من دون حاجة إلى تغيير أسلاك التوصيل.
- د - إلغاء التكاليف الناتجة من تغيير نظام التحكم عند استخدام المرحلات التقليدية.
- هـ - منح المستخدم فرصة تجريب البرنامج، وتصحيح أيّ أخطاء، أو إجراء التعديلات اللازمة قبل توصيل الحاكم بالآلة المطلوب التحكم فيها.
- و - توفير الحاكم أداة قوية للمساعدة على تحليل الأخطاء، وإعطاء رسائل بالأخطاء تساعد على تسهيل أعمال الصيانة وإصلاح الأعطال.
- ز - تخفيض زمن التوقف للآلات بسبب الأعطال الميكانيكية، أو تحديث نظام التحكم.
- ح - صغر الحجم، وسهولة التركيب.
- ط - الكفاءة والأداء الفاعل.
- ي - استخدام المداخل والمخارج المعزولة إلكترونيًا عن وحدة المعالج.

٢- المكونات الأساسية لنظام الحاكم المنطقي المبرمج

يتكوّن نظام الحاكم المنطقي المبرمج من برمجيات (Software)، ومكونات صلبة (Hardware)، وتتكوّن المكونات الصلبة من الوحدات الأساسية التالية الموضّحة في الشكل (٣-١):



الشكل (٣-١): مكونات نظام الحاكم المنطقي المبرمج (PLC).

أ - وحدة المعالجة المركزية (CPU): تُعدّ هذه الوحدة عقل النظام، وأحد أهم الأجزاء في الحاكم المبرمج منطقيًا، وهي تشبه المعالج الدقيق المستخدم في الحاسوب الشخصي، وتمثّل وظيفتها الرئيسة في اتخاذ القرارات الضرورية لتنفيذ البرنامج الذي أعده المستخدم، وإعادة تشفير التعليمات (البرامج) المخزنة في الذاكرة، وتحديد الحالة المطلوبة للمخارج اعتمادًا على حالة المداخل، حيث تتصل وحدات الإدخال والإخراج لتحديد حالة هذه المداخل، ثم إجراء التغيير اللازم.

ب- الذاكرة (Memory): يستفاد من الذاكرة في تخزين البرامج أو التعليمات، فضلًا عن تخزين حالة المداخل والمخارج.

تنقسم الذاكرة المستخدمة في وحدة (PLC) من حيث القراءة أو الكتابة إلى أربعة أقسام، هي:

١ . ذاكرة القراءة فقط (Read Only Memory:ROM): هي ذاكرة للقراءة فقط، توصف بأنها ذاكرة دائمة غير قابلة للمسح أو التبديل، ويُخزّن عليها عادة البرنامج التشغيلي لوحدة (PLC) الذي تُعدّه الشركة الصانعة.

٢ . ذاكرة الوصول العشوائي (Random Access Memory:RAM): هي ذاكرة سريعة لكنّها تفقد محتوياتها عند انقطاع التيار الكهربائي عنها، وتُسمّى أيضًا الذاكرة

المتطيرة. يُذكر أنّ بعض الأجهزة تحتوي على بطارية داخلية للمحافظة على البيانات المخزنة في هذه الذاكرة، حيث يُنقل برنامج المستخدم إليها عند تشغيل الوحدة.

٣ . ذاكرة القراءة فقط القابلة للمسح

(Erasable Programmable Read Only Memory:EPROM)

تُبرمج هذه الذاكرة مثل ذاكرة (ROM). ولكن، يمكن مسح محتوياتها باستخدام الأشعة فوق البنفسجية، ثم إعادة برمجتها.

٤ . ذاكرة القراءة فقط القابلة للمسح إلكترونياً

(Electronically Erasable Programmable Read Only Memory:EEPROM)

يمكن تخزين البرنامج في هذه الذاكرة كما هو الحال في ذاكرة (ROM). ولكن، يمكن مسحها باستخدام فولتية معينة.

تُعدّ ذاكرة القراءة من أكثر الذاكرات استخداماً، وتُخزّن فيها نسخة من البرنامج الذي أعدّه المستخدم، كما ينتقل البرنامج منها إلى ذاكرة (RAM) عند تشغيل وحدة (PLC)، أو إعادة تشغيلها نتيجة حدوث أيّ خطأ.

ج- وحدة المدخل (Inputs Module): توصل وحدة المدخل بمجموعة من العناصر الفيزيائية، مثل: المفاتيح الكهربائية، والضواغط، والمفاتيح الحديدية، والمستشعرات، ومقاييس الحرارة، والوزن وغيرها، لاستقبال الإشارات التشابيهية والرقمية المُرسلة من هذه العناصر، ثم تحويلها إلى إشارات منطقية يمكن أن تتعامل معها وحدة المعالجة المركزية.

يوجد نوعان من المدخل، هما:

١ . مدخل رقمية (Digital Inputs): تتعامل المدخل الرقمية مع الإشارات القادمة

من المستشعرات التي تكون في حالة تشغيل (ON)، أو إيقاف (OFF)، مثل:

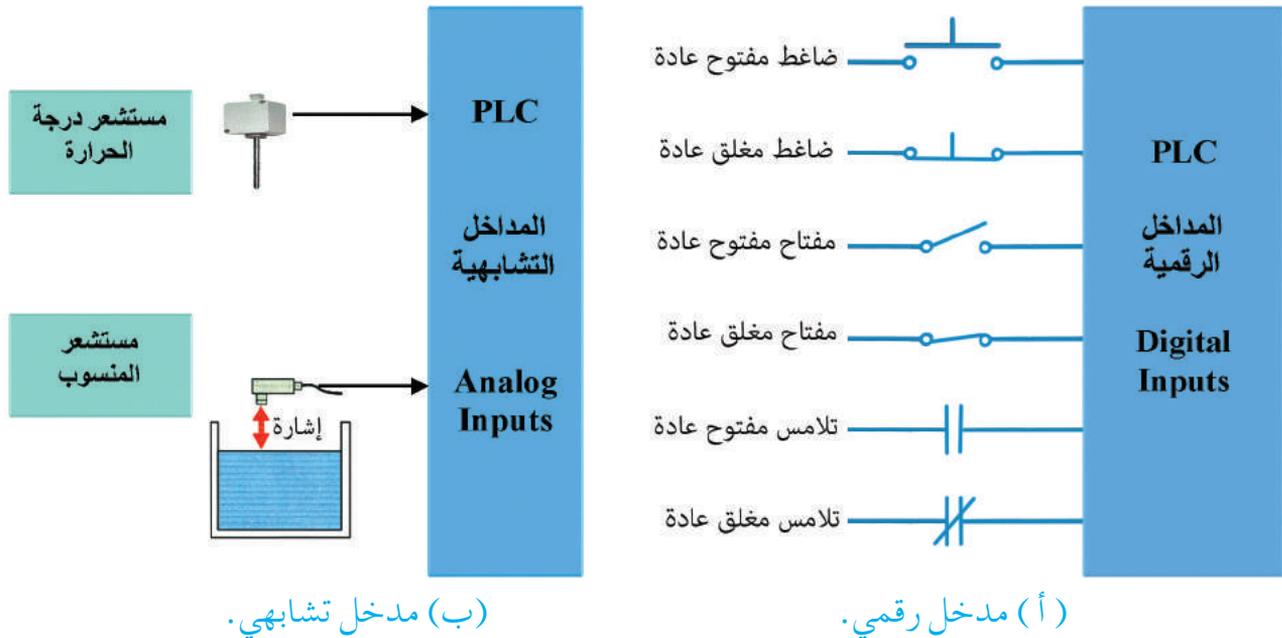
أ . المفاتيح الانضغاطية (الضواغط) (Pushbuttons Switches).

ب . المفاتيح الحديدية (Limit Switches).

ج . الملامسات المفتوحة (Normally Open Contacts).

د . الملامسات المغلقة (Normally Closed Contacts).

٢ . مداخل تشابهيية (Analog Inputs): تتعامل المداخل التشابهيية مع المستشعرات التي تستشعر المتغيّرات التشابهيية، مثل: مجسات قياس درجة الحرارة، ومستوى السوائل، والسرعة، وذلك بعد تحويل حالة المتغيّر المقيس الفيزيائية إلى إشارة كهربائية متغيّرة بإحدى الصورتين الآتيتين:
 أ . من (0) إلى (20mA)، أو من (4) إلى (20mA).
 ب . من (0) إلى (10V)، انظر الشكل (٣-٢).



(ب) مدخل تشابهي.

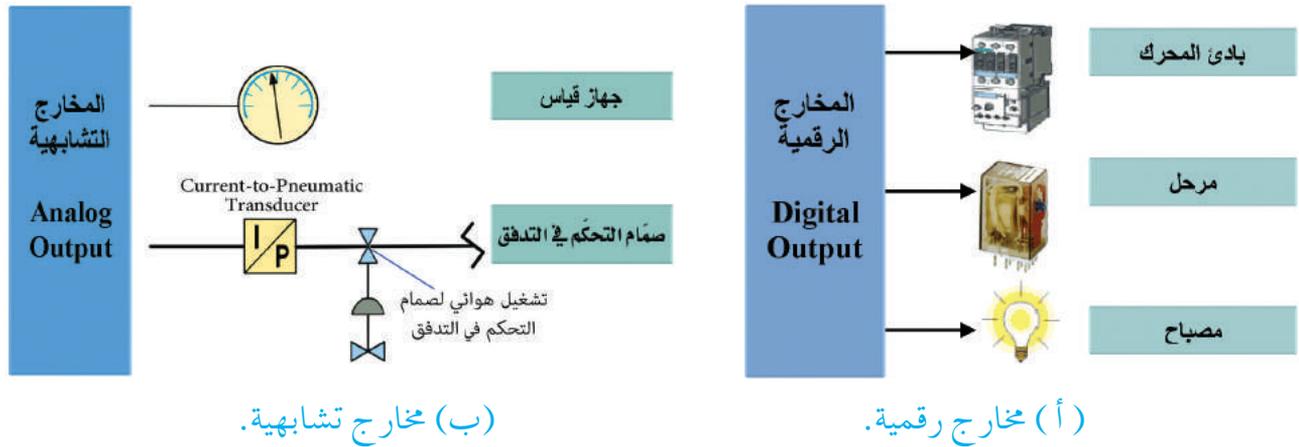
(أ) مدخل رقمي.

الشكل (٣-٢): وحدة المداخل.

د - وحدة المخرج (Outputs Module): تعمل وحدة الإخراج على استقبال تعليمات التحكم المنطقية المُرسلة من المعالج وتحويلها إلى إشارات رقمية أو تشابهيية، يمكن استخدامها للتحكم في مجموعة متنوعة من مصابيح الإشارة، وملفات المرحلات، وملفات المفاتيح المغناطيسية، وملفات الصمامات الحلزونية (Solenoid Valves)، انظر الشكل (٣-٣).

يوجد نوعان من المخرج، هما:

١ . مخرج رقمية (Digital Outputs): هي مخرج تكون إشارتها في حال تشغيل (ON)، أو إيقاف (OFF). ومن أمثلة الأحمال التي توصل بالمخرج الرقمية لوحدة (PLC): المصابيح، وملفات المرحلات، والمفاتيح المغناطيسية والحلزونية.



الشكل (3-3): مخارج الحاكمت المنطقية المبرمجة.

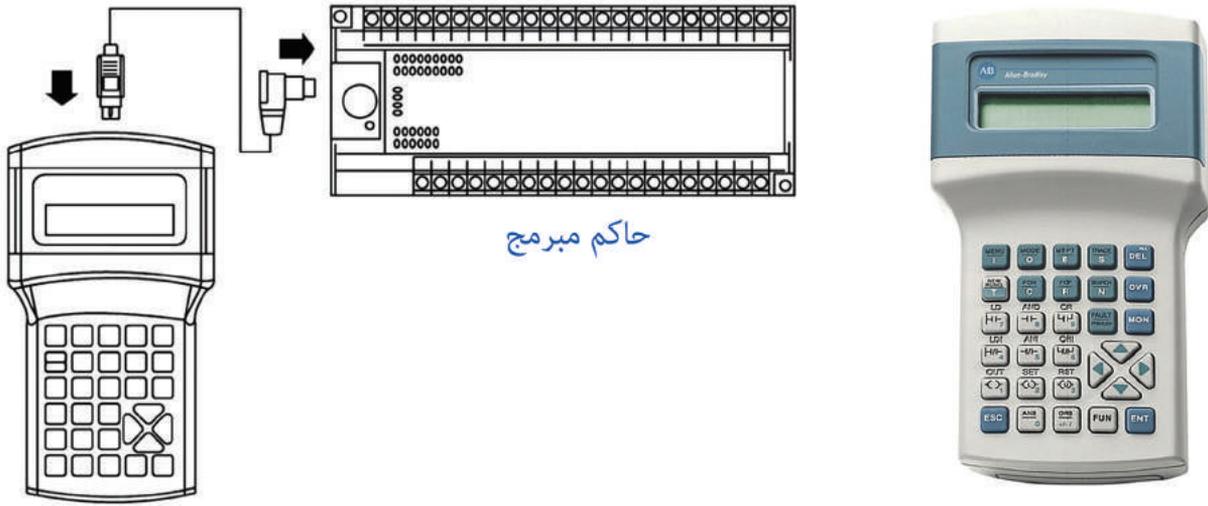
٢ . مخارج تشابيهية (Analog Outputs): وفيها تُحوّل الإشارة المنطقية المُرسلة من وحدة المعالجة المركزية إلى إشارة تماثلية (0-10V)، أو (4-20mA)، أو (0-20mA)، ثم تُرسل الإشارة التشابيهية إلى الأجهزة المحكومة التي تتعامل مع هذا النوع من الإشارات، مثل: أجهزة التحكم في السرعة، أو درجة الحرارة، أو صمامات التحكم.

هـ- وحدة التغذية الكهربائية (Power Supply): تعمل هذه الوحدة على تحويل فولتية التشغيل للجهاز (0-24Vdc) أو (120-240Vac) إلى الفولتية المناسبة لتشغيل الوحدات المختلفة للحاكم المنطقي المبرمج، ووحدة المعالج التي تعمل بفولتية (5Vdc).

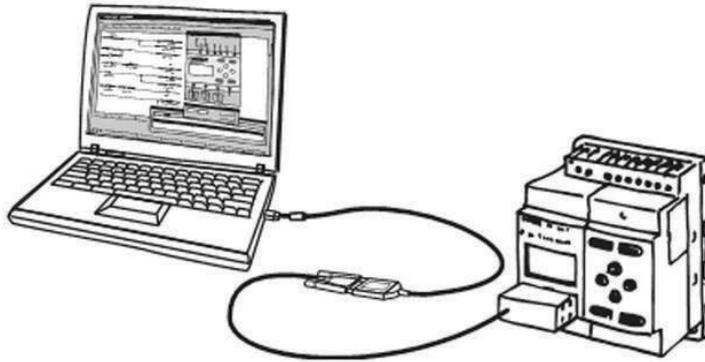
و - جهاز البرمجة (Programming Device): هو جهاز خاص يوصل بوحد (PLC)، ويستفاد منه في كتابة البرامج فيها، ونقل البرنامج إلى وحد (PLC).

تحتوي الأجهزة الكبيرة على لوح برمجة تُحمّل باليد (Hand-held)، وتُبرمج وحد (PLC) بوساطتها، كما يمكن استخدام الحاسوب بوصفه جهاز برمجة للحاكم المبرمج، انظر الشكل (3-4) الذي يبيّن أحد أنواع لوح البرمجة وتوصيلها بوحد (PLC).

تمتاز أجهزة البرمجة الحديثة بإمكانية وصل وحد (PLC) فيها بجهاز الحاسوب الشخصي، والشكل (3-5) يوضّح طريقة توصيل الحاسوب الشخصي (PC) بوحد (PLC).



الشكل (٣-٤): لوحة البرمجة وتوصيلها بوحد (PLC).



الشكل (٣-٥): وصل وحدة (PLC) بجهاز الحاسوب الشخصي.

٣- مبدأ عمل وحدة (PLC)

تعمل وحدة المعالج في (PLC) على إجراء عملية مسح (Scanning) دوري ومستمر للبرنامج. وقبل بدء عملية المسح هذه، وعند تشغيل الوحدة، يقوم المعالج بعمل فحص ذاتي داخلي (Self-Diagnostic) للتأكد من عمل وحدة (PLC) دون أي أخطاء داخلية في المكونات الأساسية للوحدة.

تتكوّن عملية المسح (PLC Scan Cycle) من ثلاث خطوات رئيسية، هي:

أ - فحص حالة المدخل (Input Scan): تقوم وحدة (PLC) بفحص حالة كل مدخل، وذلك لتحديد إذا كانت في وضع التشغيل (ON) أو الإيقاف (OFF)، ثم تُخزّن البيانات في الذاكرة لاستعمالها في الخطوة التالية.

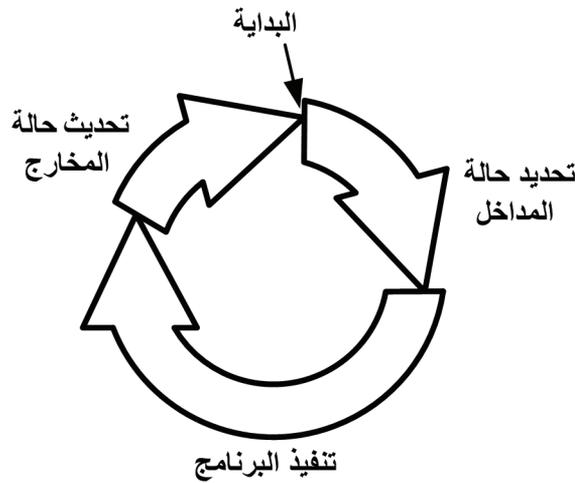
ب- تنفيذ البرنامج: تقوم وحدة (PLC) بتنفيذ برنامج المستخدم بعد تحديد حالة المداخل وقراءة أوامر البرنامج المترتبة على كل حالة من حالات المداخل، ثم تخزين نتائج التنفيذ لاستخدامها في الخطوة التالية.

ج- تحديث حالة المخارج (Output Update): تقوم وحدة (PLC) بتحديث حالة المخارج وفقاً لأوامر البرنامج الصادرة (تشغيل / إيقاف).

وبعد الانتهاء من الخطوة الثالثة تقوم وحدة (PLC) بالرجوع إلى الخطوة الأولى لإعادة الخطوات نفسها بصورة مستمرة.

يُعرف زمن المسح بأنه الزمن الذي يلزم وحدة (PLC) لتنفيذ الخطوات الثلاث المذكورة آنفاً، وهذا الزمن يختلف تبعاً لحجم البرنامج، ونوع وحدة (PLC) المستخدمة (أجزاء من الملي ثانية إلى ١٠٠ ميلي ثانية لكل دورة).

ويبين الشكل (٣-٦) مخططاً للخطوات الرئيسة التي تقوم بها وحدة (PLC) في أثناء دورة مسح واحدة.



الشكل (٣-٦): دورة مسح وحدة (PLC).

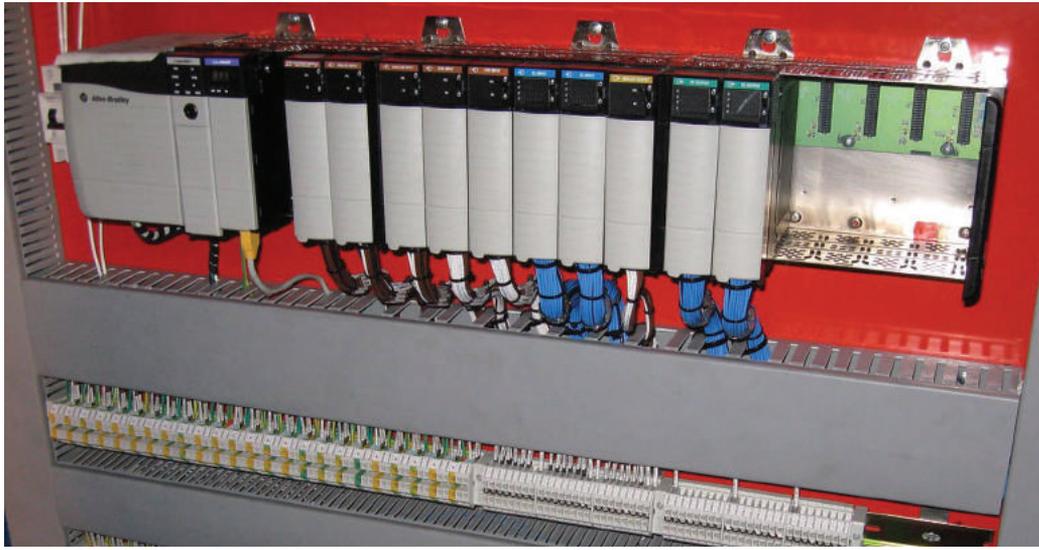
٤- أنواع الحاكمت المنطقية المبرمجة (PLC)

يمكن تصنيف وحدات (PLC) تبعاً لحجمها إلى الوحدات الآتية:

أ - الوحدة النمطية (Rack or Modular PLC): كانت الحاكمت المبرمجة منطقياً أول عهدا

تتحكم في العمليات الكبيرة والمعقدة، وتحتاج إلى أعداد كبيرة من المداخل والمخارج. تتكوّن هذه الوحدة من صندوق معدني تُركَّب فيه الوحدات الأساسية لنظام (PLC)، مثل: وحدة التغذية الكهربائية، ووحدة المعالج (CPU)، وأعداد من وحدات الإدخال ووحدات الإخراج تبعًا للعملية الصناعية المراد التحكم فيها.

تمتاز الوحدة النمطية بمرونتها، وإمكانية زيادة حجمها، إلا أنّها غالية الثمن، انظر الشكل (٧-٣) الذي يوضح أحد الحاكّمات المبرمجة منطقيًا من نوع الوحدات النمطية (Modules).



الشكل (٧-٣): أحد الحاكّمات المنطقية المبرمجة من نوع الوحدات النمطية.

ب- وحدات (PLC) المصغرة (Mini): أفضى التطور في الصناعات الإلكترونية والحاسوبية إلى إنتاج وحدة (PLC) شبيهة بالنوع الأول، ولكن بنصف حجمها، انظر الشكل (٨-٣).



الشكل (٨-٣): وحدة حاكم منطقي مبرمج مصغرة.

ج- الوحدة الميكروية (Micro PLC): تُعدّ هذه الوحدة أحدث الوحدات، وهي تمتاز بصغر حجمها ورخص ثمنها، إلا أنّ عدد المداخل والمخارج فيها محدود.

توجد هذه الوحدة على صورة صندوق يحوي الوحدات الأساسية جميعها، مع إمكانية إضافة العديد من وحدات المداخل والمخارج. ويوضّح الشكل (٣-٩) بعض أنواع وحدات (PLC) الميكروية.



(ب)



(أ)



(ج)

الشكل (٣-٩): بعض أنواع وحدات (PLC) الميكروية.

يُمثل الشكل (٣-٩/ أ) أحد أنواع وحدات (PLC) الميكروية التي تحوي المعلومات الأساسية الآتية:

عدد المداخل الرقمية	عدد المداخل التشابيهية	عدد المخارج	فولطية التشغيل	تيار المخرج
4	4	4	24 VDC	8 A

تحتوي هذه الوحدة أيضًا على شاشة عرض (LCD)، وأزرار برمجة يمكن إدخال البرنامج مباشرة عن طريقها، فضلًا عن مدخل يمكن بواسطته ربط الوحدة بالحاسوب الشخصي ليتم برمجتها من خلاله.

ويُمثل الشكل (٣-٩/ ب) صورة أحد أنواع وحدات (PLC) الميكروية التي تحتوي -إضافة إلى ما سبق- على وحدة توسعة (إدخال/ إخراج) أُضيفت إلى الوحدة الأساسية من الجهة اليمنى، وذلك حسب الحاجة إلى مداخل أو مخارج إضافية.

يتضمن هذا النوع من الوحدات البيانات الأساسية الآتية:

الوحدة الأساسية:

عدد المداخل	عدد المخارج	فولطية التشغيل	تيار المخرج
8	4	240-115 V DC أو AC	10 A

وحدة التوسعة:

عدد المداخل	عدد المخارج	فولطية التشغيل	تيار المخرج
4	4	240-115 V DC أو AC	5 A

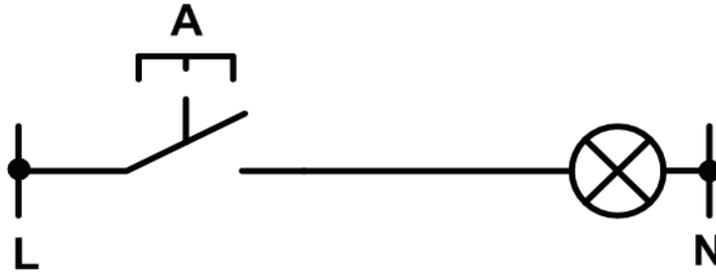
- يبيّن الشكل (٣-٩/ ج) أحد أنواع وحدات (PLC) الميكروية. املاً الفراغ في الجدول الآتي بالمعلومات الأساسية المدونة على وحدة (PLC).

سؤال

عدد المداخل	عدد المخارج	فولطية التشغيل	تيار المخرج
			10A

البوابات المنطقية

تحتوي الدارات المنطقية أو الكهربائية على ضواغط للإيقاف أو التشغيل، وتُحْكَمُها حالتان؛ أو لاهما: سريان التيار الكهربائي في عناصر الدارة بالقيمة الكاملة، وتُسمى حينئذٍ (High) أو الحالة (1). والثانية عدم سريان التيار الكهربائي في عناصرها، وتُسمى عندئذٍ (Low) أو الحالة (0). ويوضح الشكل (٣-١٠) أنه عند الضغط على ضاغط التشغيل (A)، فإن فولتية الطور تُغذّي المصباح (الحالة 1)، وأنه عند رفع اليد عن هذا الضاغط ينقطع التيار الواصل إلى المصباح، فلا يضيء (الحالة 0).



الشكل (٣-١٠): الدارة الكهربائية البسيطة بمفتاح تشغيل.

١- البوابة و (AND)

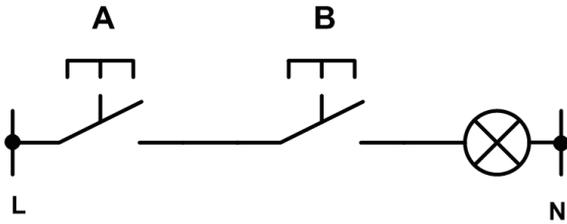
هي بوابة ذات مدخلين ومخرج منطقي واحد تتغير قيمته تبعاً لحالة الإشارات الداخلة في المدخلين.

يكون مخرج البوابة في الحالة المنطقية (1) (يُسمى أحياناً True) إذا كان مدخل البوابتين: الأولى والثانية في الحالة المنطقية (1). أما إذا كان أيّ من المدخلين أو كلاهما في الحالة المنطقية (0)، فإنّ المخرج يكون في الحالة المنطقية (0) (يُسمى أحياناً False).

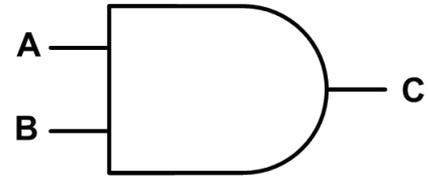
يُرمز إلى البوابة (AND) بالرمز الموضح في الشكل (٣-١١/أ). أمّا جدول الحقيقة (Truth Table) للبوابة فيُبيّن الجدول الموضح في الشكل (٣-١١/ب). ويمكن تمثيل البوابة (AND) بالدارة الكهربائية المكافئة المبينة في الشكل (٣-١١/ج).

يُلاحظ من الدارة الكهربائية المكافئة أنّ المصباح يضيء (الحالة 1) إذا كان ضاغطا التشغيل (A, B)

في وضع الإغلاق. أما إذا كان أحد الضاغطين أو كلاهما في وضع الفتح، فإن المصباح لا يضيء (الحالة 0)، ويكون المخرج (C) كما موضح في التعبير المنطقي الآتي: $(C = A \text{ and } B)$.



A	B	C
0	0	0
0	1	0
1	0	0
1	1	1



(ج) الدارة الكهربائية المكافئة.

(ب) جدول الحقيقة.

(أ) الرمز.

الشكل (٣-١١): البوابة (AND).

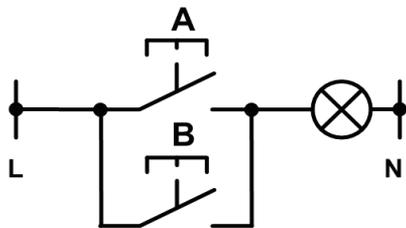
٢ - البوابة أو (OR)

هي بوابة ذات مدخلين ومخرج منطقي واحد تتغير قيمته تبعاً لحالة الإشارات الداخلة في المدخلين.

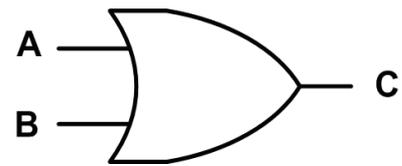
يكون مخرج البوابة في الحالة المنطقية (1) (True) إذا كان أحد المدخلين أو كلاهما في الحالة المنطقية (1). أما إذا كان كلا المدخلين في الحالة المنطقية (0)، فإن المخرج يكون في الحالة المنطقية (0) (False).

يُرمز إلى البوابة (OR) بالرمز الموضح في الشكل (٣-١٢ أ). أما جدول الحقيقة للبوابة فيبيئه الجدول الموضح في الشكل (٣-١٢ ب). ويمكن تمثيل البوابة (OR) بالدارة الكهربائية المكافئة المبيّنة في الشكل (٣-١٢ ج).

يلاحظ من الدارة الكهربائية المكافئة أن المصباح يضيء (الحالة ١) إذا كان أحد ضاغطي التشغيل (A) أو (B) أو كلاهما في وضع الإغلاق. أما إذا كان كلا الضاغطين في وضع الفتح، فإن المصباح لا يضيء (الحالة 0)، ويكون المخرج (C) كما موضح في التعبير المنطقي الآتي: $(C = A \text{ or } B)$.



A	B	C
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1



(ج) الدارة الكهربائية المكافئة.

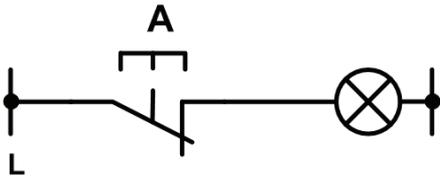
(ب) جدول الحقيقة.

(أ) الرمز.

الشكل (٣-١٢): البوابة (OR).

٣- البوابة لا (NOT)

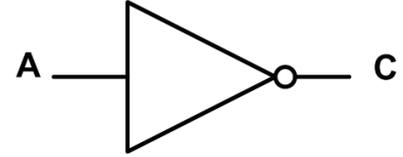
هي بوابة ذات مدخل ومخرج واحد، ويكون مخرجها عكس الحالة المنطقية لمدخلها. يُطلق على هذه البوابة اسم العاكس أيضًا، ويُرمز إليها بالرمز الموضح في الشكل (٣-١٣/أ). أما جدول الحقيقة للبوابة فيبيئه الجدول الموضح في الشكل (٣-١٣/ب)، ويكون المخرج (C) كما هو موضح في التعبير المنطقي الآتي: $(C = \text{Not } A)$. ويمكن تمثيل البوابة (NOT) بالدارة الكهربائية المكافئة المبينة في الشكل (٣-١٣/ج).



(ج) الدارة الكهربائية المكافئة.

A	C
0	1
1	0

(ب) جدول الحقيقة.



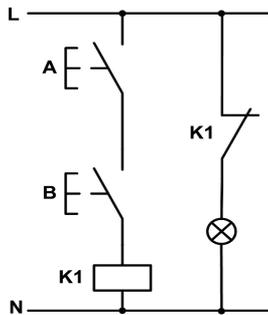
(أ) الرمز.

الشكل (٣-١٣): البوابة (NOT).

يفترض نظام التحكم أن المداخل جميعها مفتوحة؛ أي إنها تكون في وضع (Normally Open)، وأن الدارة المكافئة للعاكس تحوي ضاغطة؛ أي إنها تكون في وضع (Normally Closed)، أو الحالة المعاكسة للحالة الطبيعية. يُلاحظ من الدارة السابقة أن المصباح سيبقى مضيئًا (الحالة 1) ما لم يُضغَط على الضاغطة (A)، وهذا يُمثل الحالة المعاكسة لضواغط التشغيل.

٤- البوابة لا / و (NAND)

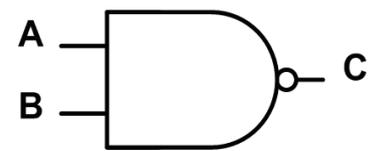
تتكوّن هذه البوابة من بوابتي (AND) و (NOT) معًا، ويُرمز إليها بالرمز الموضح في الشكل (٣-١٤/أ). أما جدول الحقيقة للبوابة فيبيئه الجدول الموضح في الشكل (٣-١٤/ب)، ويكون المخرج (C) كما هو موضح في التعبير المنطقي الآتي: $(C = \text{Not } A \text{ and } B)$. ويمكن تمثيل البوابة (NAND) بالدارة الكهربائية المكافئة المبينة في الشكل (٣-١٤/ج).



(ج) الدارة الكهربائية المكافئة.

A	B	A AND B	NOT(A AND B)
0	0	0	1
0	1	0	1
1	0	0	1
1	1	1	0

(ب) جدول الحقيقة.



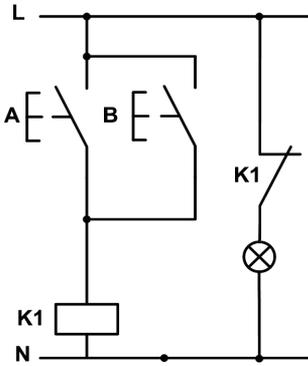
(أ) الرمز.

الشكل (٣-١٤): البوابة (NAND).

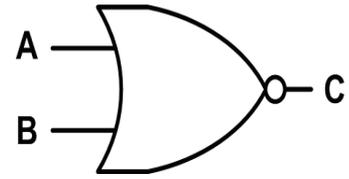
٥- البوابة لا / أو (NOR)

تتكوّن هذه البوابة من بوابتي (OR) و (NOT) معًا، ويُرمز إليها بالرمز الموضّح في الشكل (٣-١٥ / أ). أمّا جدول الحقيقة (Truth Table) للبوابة فيُبيّن الجدول الموضّح في الشكل (٣-١٥ / ب)، ويكون المخرج (C) كما هو موضّح في التعبير المنطقي الآتي:
 $C = \text{Not} (A \text{ OR } B)$

ويمكن تمثيل البوابة (NOR) بالدارة الكهربائية المكافئة المبينة في الشكل (٣-١٥ / ج).



A	B	A OR B	NOT(A OR B)
0	0	0	1
0	1	1	0
1	0	1	0
1	1	1	0



(ج) الدارة الكهربائية المكافئة.

(ب) جدول الحقيقة.

(أ) الرمز.

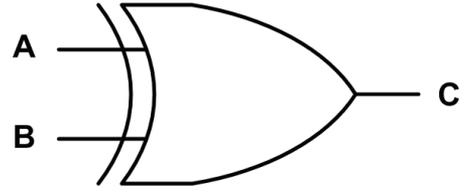
الشكل (٣-١٥): البوابة (NOR).

٦- بوابة استثناء - أو (XOR)

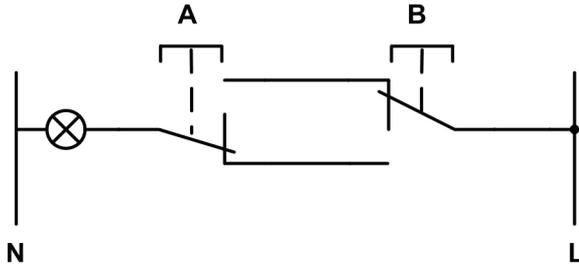
هي دارة مُركّبة من بوابتي (AND) و (OR) معًا. ويبيّن الشكل (٣-١٦ / أ) رمز البوابة (XOR)، في حين يبيّن الشكل (٣-١٦ / ب) الدارة المنطقية المُركّبة للبوابة (XOR). أمّا الشكل (٣-١٦ / ج) فيوضّح جدول الحقيقة للبوابة (XOR). ويمكن توضيح مبدأ عمل البوابة (XOR) باستخدام الدارة الكهربائية المكافئة، انظر الشكل (٣-١٦ / د). يُلاحظ من الدارة الكهربائية المكافئة أنّ ضاغطي التشغيل (A) و (B) هما من نوع الضاغط الأحادي القطب الثنائي الرمية (SPDT)، حيث يكون أحدهما (N.O)، والآخر (N.C).

A	B	A XOR B
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	0

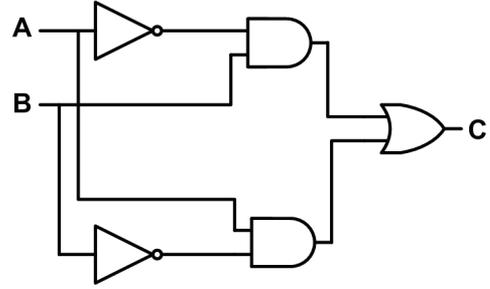
(ب) جدول الحقيقة.



(أ) الرمز.



(د) الدارة الكهربائية المكافئة.



(ج) الدارة المنطقية المكافئة.

الشكل (٣-١٦): البوابة (XOR).

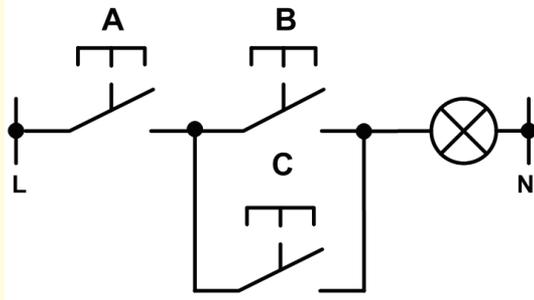
يلاحظ أيضاً أنّ مخرج الدارة المُركَّبة لبوابة (XOR) الموضَّحة في الشكل (٣-١٦ / ج)، يكون حسب التعبير المنطقي الآتي: $C = (NOT A AND B) OR (A AND NOT B)$.

متى يُطفأ المصباح في الشكل (٣-١٦)؟

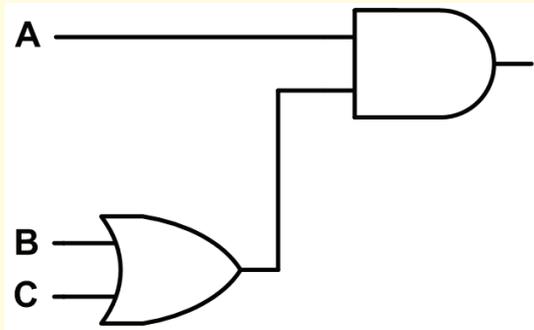
سؤال

تجدر الإشارة إلى وجود بوابة أخرى تُدعى البوابة المنطقية (XNOR)، وهي تتكوّن من البوابة المنطقية (XOR)، والعاكس (NOT).

تأمل الدارة المبينة في الشكل (٣-١٧/أ)، ثم أجب عن الأسئلة الآتية:



الشكل (٣-١٧/أ).



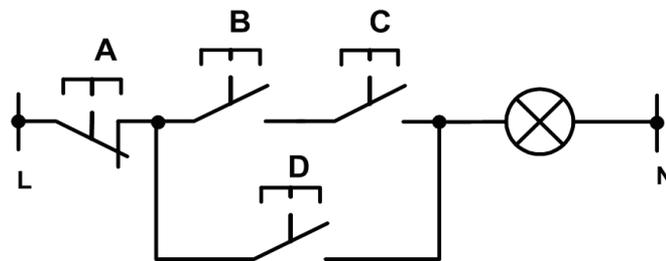
الشكل (٣-١٧/ب).

- ١ - ما الحالات التي يضاء فيها المصباح؟
- ٢ - اكتب التعبير المنطقي للدارة الكهربائية.
- ٣ - ارسم الدارة المنطقية للدارة الكهربائية.

الحل

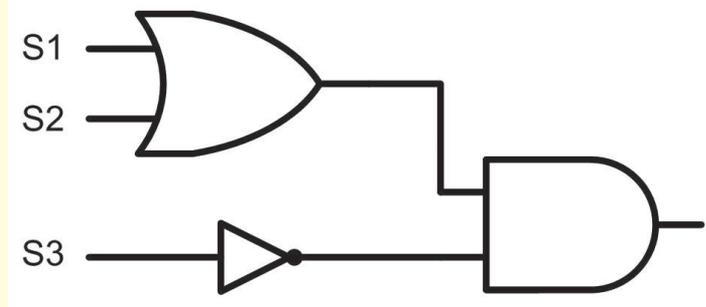
- ١- يُلاحظ من الشكل أن المصباح يضيء حين يكون الضاغطين (A) مغلقاً، وأحد الضاغطين (B أو C) أو كلاهما مغلقاً.
- ٢- (A) AND (B OR C).
- ٣- يوضح الشكل (٣-١٧/ب) الدارة المنطقية للدارة الكهربائية.

٣-١٨) - ارسم الدارة المنطقية للدارة الكهربائية المبينة في الشكل (٣-١٨).



الشكل (٣-١٨).

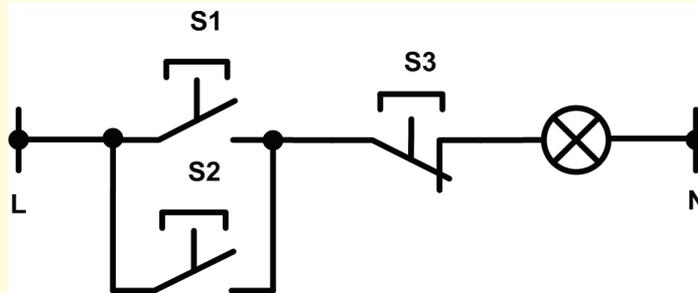
ارسم الدارة الكهربائية المكافئة للدارة المنطقية المبينة في الشكل (٣-١٩).



الشكل (٣-١٩).

الحلّ

يبين الشكل (٣-٢٠) الدارة الكهربائية المكافئة للدارة المنطقية.



الشكل (٣-٢٠).

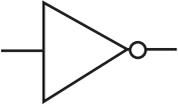
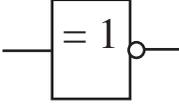
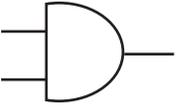
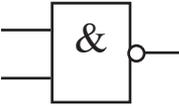
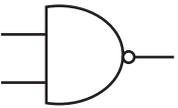
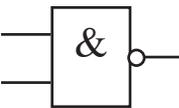
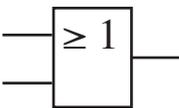
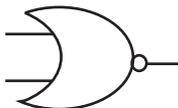
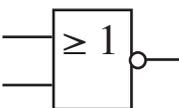
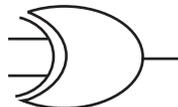
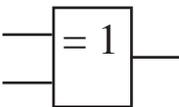
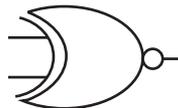
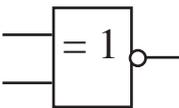
يُذكر أنّ النظام العالمي للرموز الخاص بلجنة التقنية الكهربائية العالمية

(International Electrotechnical Commission: IEC)

يستخدم رموزاً أخرى للبوابات المنطقية إلى جانب الرموز السابقة، انظر الجدول

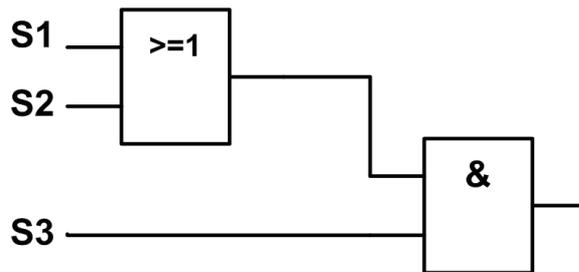
(٣-١).

الجدول (٣-١): البوابات المنطقية.

نوع البوابة	الرمز الإلكتروني	رمز (IEC)
NOT		
AND		
NAND		
OR		
NOR		
EX-OR		
EX-NOR		

ارسم الدارة الكهربائية المكافئة للمخطط الصندوقي الميّن في الشكل (٣-٢١).

سؤال



الشكل (٣-٢١).

برمجة الحاكمت المنطقية المبرمجة (PLC)

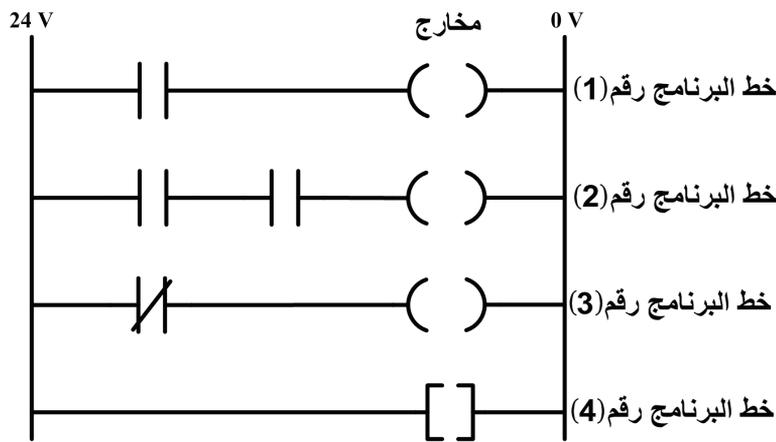
تنقسم لغات البرمجة تبعًا للقياسية (IEC 61131-3) الخاصة ببرمجة الحاكمت المنطقية المبرمجة إلى قسمين، هما:

- اللغة التركيبية (Textual Language): تتضمن هذه اللغة النصوص، وهي تشمل:
 - لائحة التعليمات (Instruction List: IL).
 - النص البنيوي (Structured Text: ST).
- لغة الرسم (المخطط) (Graphical Language): تشمل لغة الرسم:
 - المخططات السلمية (Ladder Diagram: LD).
 - المخططات الصندوقية الوظيفية (Function Block Diagram: FBD).

١- المخططات السلمية (Ladder Diagram)

تشبه لغة المخطط السلمي مسار التيار المستخدم في دارات التحكم الكهربائية التي مرت بك في الوحدة السابقة، مع اختلاف بسيط يتمثل في رسم المخطط السلمي بشكل أفقي، في حين تكون خطوط المصدر عمودية.

أما سبب هذه التسمية (Ladder) فمرده أن خطوط البرنامج الكامل تشبه - إلى حد كبير - درجات



خط البرنامج رقم (1) = مفتوحة بصورة طبيعية.
خط البرنامج رقم (2) = مغلقة بصورة طبيعية.

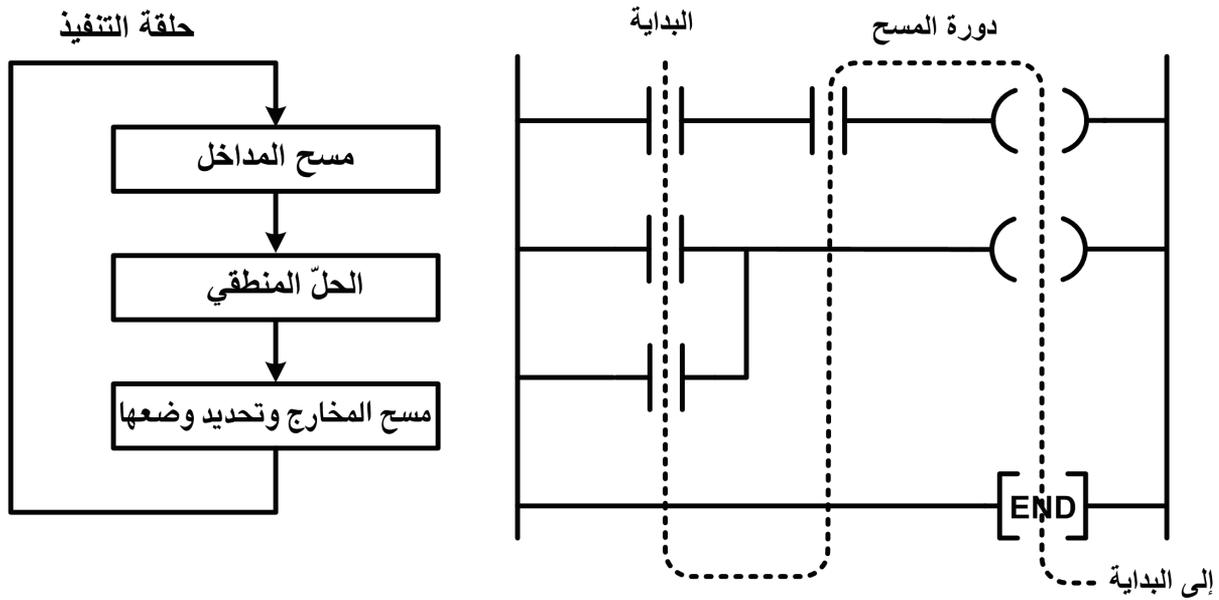
الشكل (٣-٢٢): مخطط سلمي بسيط.

السلم (Rung) كما يوضح الشكل (٣-٢٢). يُذكر أنه يمكن برمجة المخطط السلمي وتحويله إلى برنامج يتألف من عناوين، ومعطيات (Data)، وتعليمات (Instructions) تدخل في الذاكرة.

تسمح البرمجة بالمخططات السلمية للحاكمات المنطقية المبرمجة بأداء أنواع مختلفة من المهام، أبرزها: العمليات المنطقية، وعملية العدّ، والتوقيت، والعمليات الحسابية، ووظائف أخرى خاصة.

تُعدّ برمجة الحاكمات المنطقية بصيغة المخططات السلمية أحد أهم عوامل نجاح الحاكمات المنطقية في الصناعة؛ فهي نظيرة لمخططات الرسم التي يستفاد منها في التحكم في الأنظمة الصناعية.

وفي ما يخص البرامج السلمية، فإنّها تُنفَّذ بطريقة مسح الحالات المنطقية المخزنة للمداخل والمخارج كما يوضح الشكل (٣-٢٣)، بحيث يسمح نظام التشغيل أولاً للمداخل كلّها؛ درجة (rung) تلو الأخرى، ثمّ يحلّ المنطق المحدّد في البرنامج، وأخيراً تمسح المخارج، ويتم وصلها (أو فصلها) وفقاً لحالة المداخل ومنطق البرنامج، ثمّ تعاد حلقة التنفيذ.



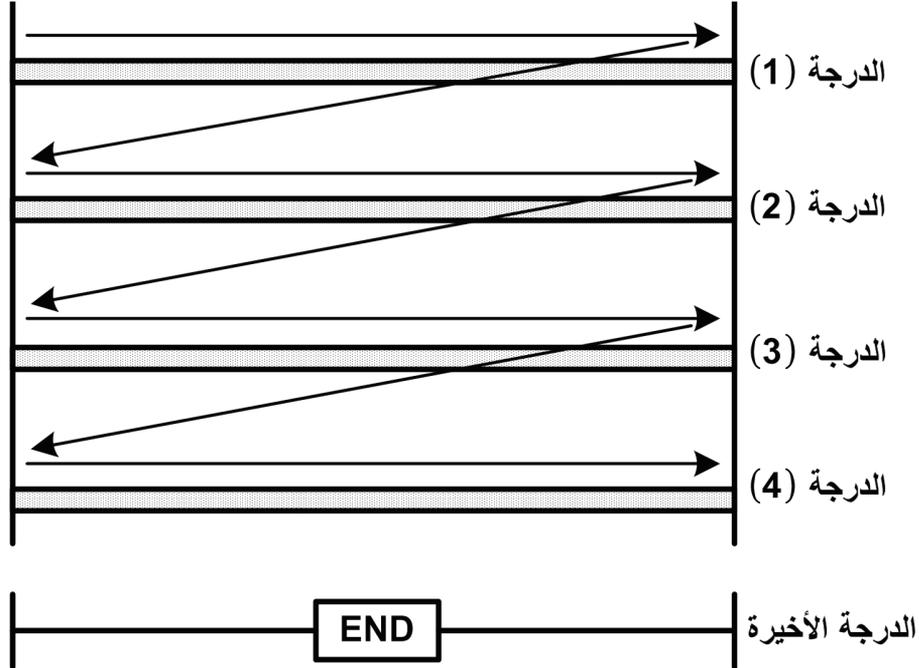
الشكل (٣-٢٣): طريقة تنفيذ البرنامج السلمي.

أ - قواعد رسم المخططات السلمية: يجب مراعاة المعايير والأسس الآتية عند رسم المخطط السلمي:

١. تمثّل الخطوط العمودية في المخطط خطوط التغذية الكهربائية للدوائر الكهربائية التي ستوصل، وقد تكون تياراً مباشراً أو متناوباً ذا قيم مختلفة (٢٤ فولط، أو ٢٤٠ فولط).

٢. تُعرّف كلّ درجة على السلم بأنّها عملية واحدة في معالجة التحكم.

٣. يُقرأ المخطط السلمي ويُنفذ من اليسار إلى اليمين، ومن أعلى إلى أسفل، ويبدأ العمل مرة أخرى من الدرجة (١) بعد انتهاء البرنامج، انظر الشكل (٣-٢٤).



الشكل (٣-٢٤): طريقة مسح البرنامج السلمي.

٤. يجب أن تبدأ كلّ درجة بمدخل أو مداخل عدّة، ويجب أن تنتهي بمخرج واحد على الأقل.

٥. يجب أن تظهر الأجهزة الكهربائية في حالتها الطبيعية. فمثلاً، المفتاح الذي يكون مفتوحاً عادة (N.O) يظهر مفتوحاً في المخطط السلمي، خلافاً للمفتاح الذي يكون مغلقاً عادة (N.C) حيث يظهر مغلقاً في المخطط السلمي.

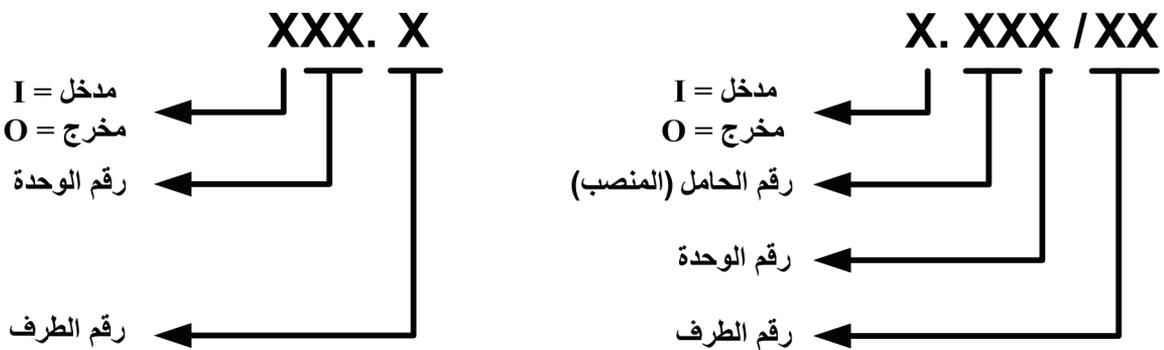
٦. يُحتمل ظهور عنصر أو جهاز في أكثر من درجة على السلم.

٧. تُعرّف المداخل والمخارج جميعاً بعناوينها التي تُمثّل مجموعة من الرموز المستخدمة، وتعتمد على مصممي الحاكن المنطقي، وهذه الرموز هي عناوين المداخل والمخارج في ذاكرة الحاكن المنطقي المبرمج.

ب- عناوين المداخل والمخارج: تختلف العنونة تبعاً لنوع وحدة (PLC). فمثلاً، تُحدّد المداخل في الحاكن المنطقي المبرمج لشركة (متسو بيشي) باستخدام حرف يتبعه رقم، مثل: (X400)، و(X401)، و(X402)، في حين تُحدّد المخارج بالعناوين، من مثل: (Y430)، و(Y431)، و(Y432)، حيث يُستخدَم الحرف (X) رمزاً للمدخل، والحرف (Y) رمزاً للمخرج.

أمّا بالنسبة إلى الحاكنات الكبرى التي لها عدّة حوامل (Racks) لقنوات المداخل والمخارج، فيتم ترقيم الحوامل، مثل تلك التي تُصنّعها شركة (ألن برادلي)، حيث يعطى الرقم (0) للحامل الذي يحوي وحدة المعالج المركزي، وتعطى عناوين الحوامل الأخرى الأرقام (1، 2، 3، ...)، بحيث توضع مفاتيح (Dip Switch) وفقاً لكيفية الإعداد.

يتضمن كلّ حامل عدداً من الوحدات (Modules)، وتتعامل كلّ وحدة مع عدد من المداخل و/أو المخارج. ولهذا، يمكن للعناوين أن تكون كما في الصيغة المبينة في الشكل (3-25/أ). فعلى سبيل المثال، قد يحمل أحد المداخل عنوان (I:012/03).



(ب) عنونة الحاكن (سيمنس).

(أ) عنونة الحاكن (برادلي).

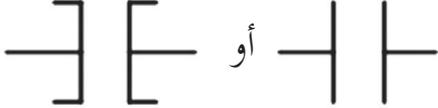
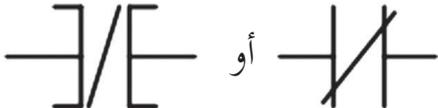
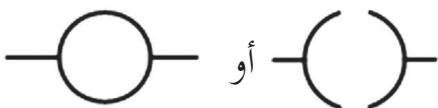
الشكل (3-25): عنونة المداخل والمخارج في الحاكنات.

وهذا يشير إلى المقصود من نوع الوحدة، ووحدة المدخل، والحامل (01)، والوحدة (2)، والمدخل (03).

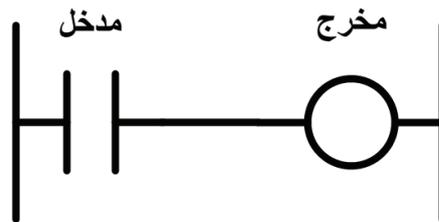
وفي ما يخص الحاكن المنطقي المُصنّع من شركة (سيمنس)، فإنّ العنوان يكون بالصيغة

المبيّنة في الشكل (٣-٢٥/ب)، حيث يُستعمل الحرف الأول (I) لوحدة المدخل، والحرف (O) لوحدة المخرج، ويكون الرقم الذي يليه هو رقم الوحدة، ثم يوضع فاصل بنقطة (.)، ثم رقم الطرف (Terminal). وبذا، فإنّ الرمز (I0.1) مثلاً يُمثّل المدخل (1) في وحدة المدخل (0). أمّا الوحدات الصغيرة للمتحكمات المنطقية فتتكوّن من وحدة واحدة تتضمن المداخل والمخارج، في حين تتضمن الوحدات الكبيرة ثمانية مداخل أو مخارج لكلّ وحدة. ويبيّن الجدول (٣-٢) الرموز المستخدمة في المخططات السلمية.

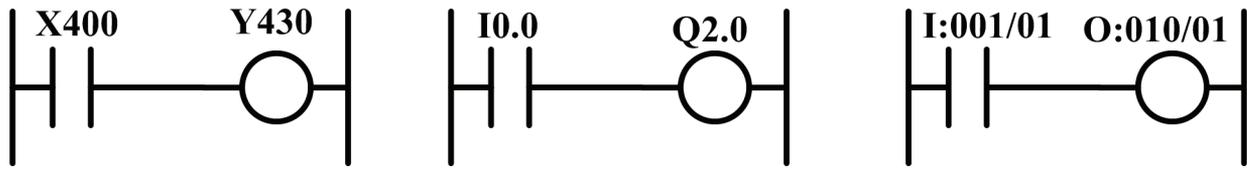
الجدول (٣-٢): الرموز المستخدمة في المخططات السلمية.

الرمز	اسم العنصر
	ملاص مفتوح (N.O).
	ملاص مغلق (N.C).
	حمل (مخرج).
	أمر خاص (صندوق وظيفي)، مثل: المؤقتات، والعدادات.

يُظهر الشكل (٣-٢٦) إحدى درجات مخطط سلمي يحتوي على عنصر إدخال مفتوح عادة وعنصر إخراج واحد. وقد يختلف المخطط السلمي تبعاً للشركات المنتجة لوحدة (PLC)، انظر الشكل (٣-٢٧) الذي يبيّن مخططات سلمية لبعض الشركات المُصنّعة لوحدات (PLC)، مع عناوين المداخل والمخارج.



الشكل (٣-٢٦): مخطط سلمي بسيط من درجة واحدة.



(ج) متسويشي.

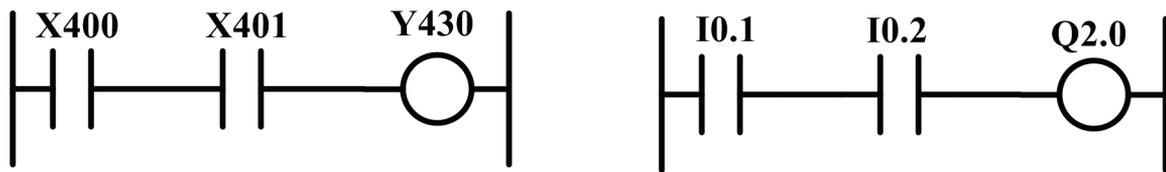
(ب) سيمنس.

(أ) ألن برادلي.

الشكل (٣-٢٧): مخططات سلمية لبعض الشركات المصنعة لوحدات (PLC).

ج- الوظائف المنطقية في المخططات السلمية: درست سابقاً هذه الوظائف في موضوع البوابات المنطقية (AND، OR، NOT، NAND، NOR، XOR)؛ وتعرفت أنها تُستعمل لتحديد شروط العمل الخاصة بوحدات الإدخال كي يتمكن المتحكم المنطقي من تغيير حالة المخرج لوحة المخرج إلى الحالة المنطقية (١).

١. بوابة (AND) في المخططات السلمية: يُلاحظ من الشكل (٣-٢٨) أنّ وصول المخرج إلى الحالة (1) (True)، يتطلب أن يكون المدخلان في وضع الإغلاق، ويُلاحظ من الشكل (٣-٢٨ / أ) أنّ الملامسين (I0.2)، و (I0.1) موصولان على التوالي، وهما من النوع المفتوح عادة (N.O). أمّا الشكل (٣-٢٨ / ب) فيُظهر أنّ الملامسين (X401)، و (X400) موصولان على التوالي، وهما من النوع المفتوح عادة (N.O).



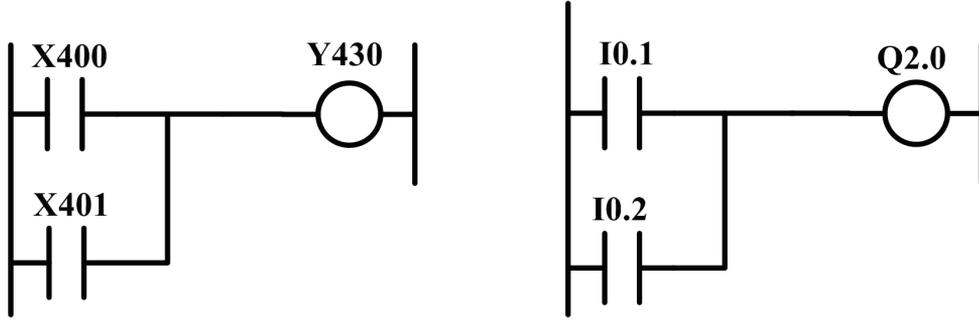
(ب) متسويشي.

(أ) سيمنس.

الشكل (٣-٢٨): بوابة (AND) في المخطط السلمي.

٢. بوابة (OR) في المخططات السلمية: يُلاحظ من الشكل (٣-٢٩) أنّ وصول المخرج إلى الحالة (1) (True)، يتطلب أن يكون أحد الضاغطين في وضع الإغلاق، ويُلاحظ من الشكل (٣-٢٩ / أ) أنّ الملامسين (I0.1)، و (I0.2) موصولان على التوازي، وهما من النوع المفتوح عادة (N.O). أمّا الشكل (٣-٢٩ / ب) فيُظهر أنّ الملامسين (X401)، و (X400) موصولان على التوازي،

وهما من النوع المفتوح عادة (N.O).

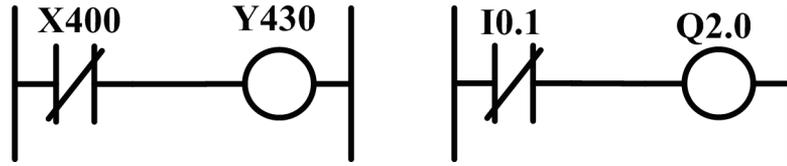


(أ) سيمنس.

(ب) متسويشي.

الشكل (٣-٢٩): بوابة (OR) في المخططات السلمية.

٣. بوابة (NOT) في المخططات السلمية: يُلاحظ من الشكل (٣-٣٠) أنّ وصول المخرج إلى الحالة (1) (True)، يتطلب أن يبقى المدخل في وضعه الطبيعي، وهو مغلق عادة (N.C).



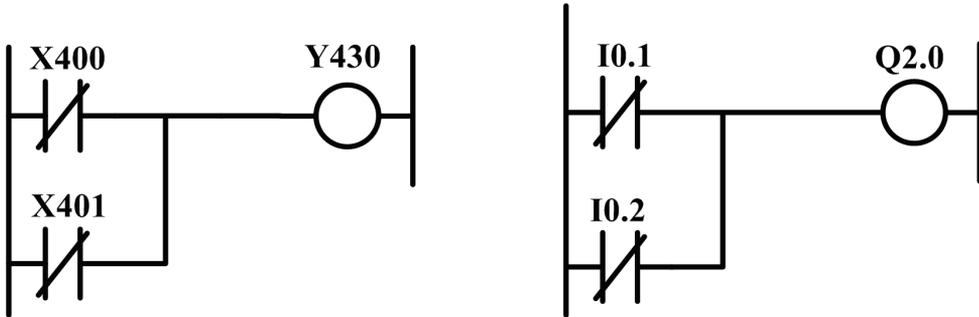
(أ) سيمنس.

(ب) متسويشي.

الشكل (٣-٣٠): بوابة (NOT) في المخططات السلمية.

٤. بوابة (NAND) في المخططات السلمية: يوضح الشكل (٣-٣١) أنّ الشكل المكافئ والبديل الذي يعطي المخرجات نفسها لبوابة (NAND)، هو:

$$(NOT) (A AND B) = (NOT A) OR (NOT B)$$



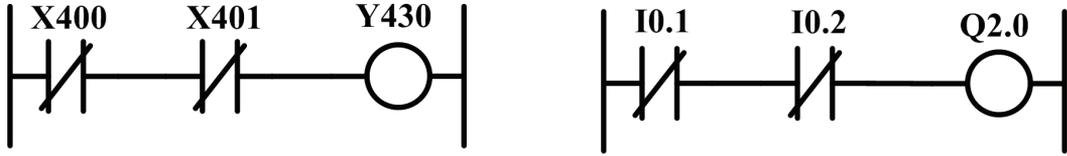
(أ) سيمنس.

(ب) متسويشي.

الشكل (٣-٣١): بوابة (NAND) في المخططات السلمية.

٥ . بوابة (NOR) في المخططات السلمية: يوضح الشكل (٣-٣٢) أن الشكل المكافئ والبديل الذي يعطي المخرجات نفسها لبوابة (NOR)، هو:

$$\text{NOT (A OR B) = (NOT A) AND (NOT B)}$$

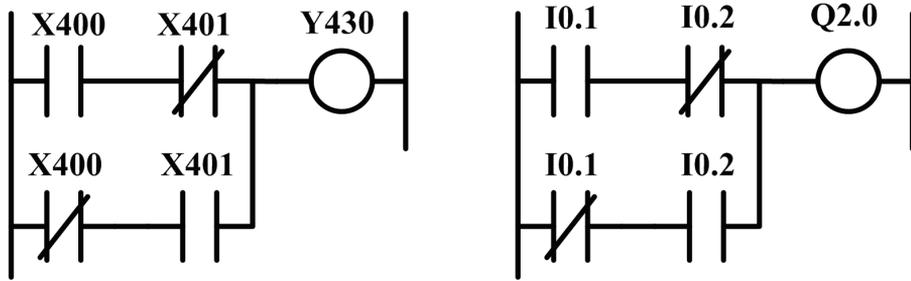


(ب) متسويشي.

(أ) سيمنس.

الشكل (٣-٣٢): بوابة (NOR) في المخططات السلمية.

٦ . بوابة (XOR) في المخططات السلمية: يبين الشكل (٣-٣٣) الدارة المنطقية المكافئة لبوابة (XOR) التي مرت بك سابقاً.



(ب) متسويشي.

(أ) سيمنس.

الشكل (٣-٣٣): بوابة (XOR) في المخططات السلمية.

د - إدخال البرامج السلمية: توجد طرائق عدّة تُستعمل لإدخال البرنامج؛ سواء عن طريق لوحة البرمجة، أو الحاسوب الشخصي، أو أزرار خاصة في وحدة الحاكم المنطقي المبرمج. وبصرف النظر عن طريقة إدخال البرنامج، فإنّ البرنامج التشغيلي لوحدة (PLC) يُحوّل تعليمات البرنامج السلمي إلى لغة الآلة التي يمكن استخدامها من المعالج الدقيق (Microprocessor).

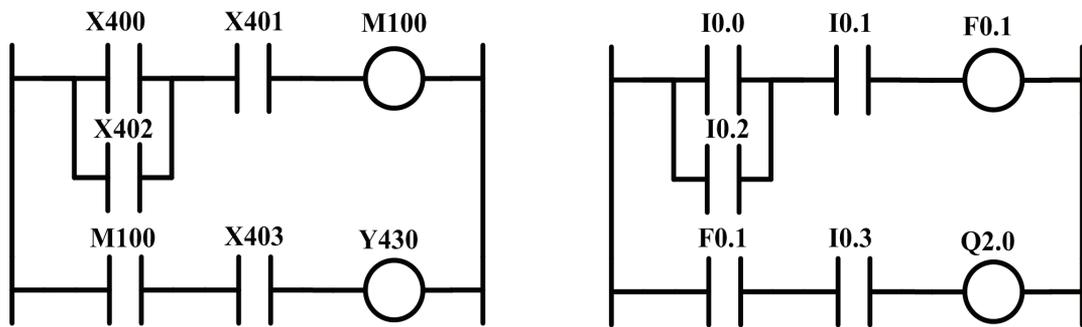
إنّ التنوع والتطور الكبير في صناعة الحاكّات المنطقية المبرمجة، وظهور العشرات من الشركات الصانعة لهذه الحاكّات؛ أدى إلى ظهور العديد من الأنواع الحديثة، التي تختلف من شركة إلى أخرى. لذا، فإنّ من الصعب دراسة برمجية نموذجية محدّدة، وإدخال تعليمات البرنامج السلمي من خلالها كمثال على دراسة إدخال البرامج السلمية في الحاكّات جميعها.

هـ- المرحلات الداخلية (Internal Relays): يُطلق على هذه المرحلات أسماء عدّة تبعاً لنوع وحدة (PLC)، فتُسمّى بالمرحلات المساعدة، والمؤشرات (Markers)، والأعلام (Flags)، ومخزن البت (Bit Storage)، وهي تُستخدم بصورة واسعة في البرمجة، وقد يحتوي الحاكم (PLC) على مئات أو أكثر من المرحلات الداخلية.

تُعرف المرحلات الداخلية بأنها مرحلات منطقية في الذاكرة، لا مرحلات تقليدية؛ ما يعني عدم احتوائها على ملامسات كهربائية خارجية، على الرغم من سلوكها المماثل للمرحلات العادية من حيث الوصل أو الفصل.

يمكن لوحدات (PLC) أن تتعامل مع المرحلات الداخلية في البرمجة بالطريقة نفسها التي تتعامل بها مع المداخل والمخارج للمرحلات الخارجية. وعند استخدام المرحلات الداخلية في المخطط السلمي، يجب أن تحتوي إحدى الدرجات على دائرة تشغيل للمرحل الداخلي، ومن ثم تُستخدم ملامسات المرحل الداخلي في درجة أخرى أو أكثر حسب ما هو مطلوب.

يُذكر أنه تمّ اعتماد رموز محدّدة لهذه المرحلات، حتى يمكن تمييزها من المرحلات الخارجية؛ ففي حاكمت (متسوبيشي) مثلاً اعتمدت رموز من مثل: (M100، M101)، في حين استخدمت شركة (سيمنس) الرموز الآتية: (F0.0، F0.1، F0.2). أمّا شركة (ألن برادلي) فقد استخدمت رموزاً من مثل: (B3/ 001)، و(B3/ 002)، انظر الشكل (٣-٤) الذي يبيّن استخدام المرحلات الداخلية في المخططات السلمية.



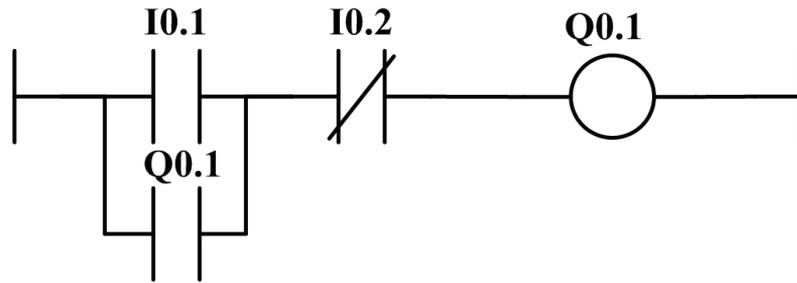
(ب) متسوبيشي.

(أ) سيمنس.

الشكل (٣-٤): استخدام المرحلات الداخلية في المخططات السلمية.

و- الإمساك الذاتي (الاستمرارية) (Latching): يتعيّن أحياناً إبقاء المخرج في حالة تشغيل حتى بعد توقف المدخل. والمخطط السلمي في الشكل (٣-٣٥) يوضح أنّ المحرك يبدأ بالدوران بعد الضغط على الضاغط (I0.1)، ويستمر بالدوران حتى بعد توقف الضغط عليه بسبب وجود الملامس (Q0.1) المفتوح والموصول على التوازي بالضاغط (I0.1).

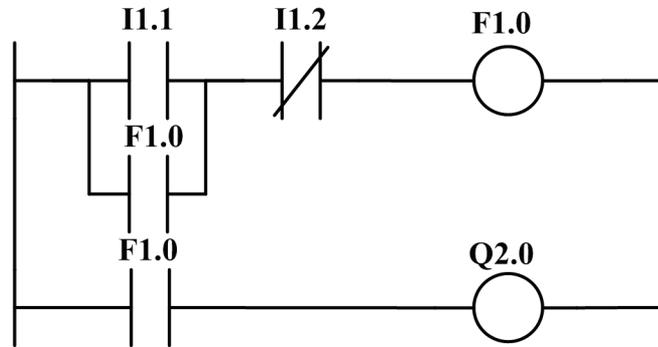
يُعرّف الإمساك الذاتي في دارات التحكم الكهربائية باسم الاستمرارية، وهو يُغيّر حالته بتغيّر حالة المخرج (Q0.1).



الشكل (٣-٣٥): المخطط السلمي لدارة الإمساك الذاتي.

توجد طريقة أخرى للإمساك الذاتي أو إلغاء الإمساك، تتمثل في استخدام المرحلات الداخلية، والمثال الآتي يبيّن طريقة استعمال هذه المرحلات:

يُلاحظ من الشكل (٣-٣٦) أنّ الضغط على الضاغط (I1.1) يؤدي إلى تشغيل المرحل الداخلي (F1.0)، الذي يعمل على تغيير حالة الملامس (F1.0) الموجود في الدرجتين الأولى والثانية، فضلاً عن تشغيل المخرج (Q2.0)، وعمل مسك ذاتي باستمرار تشغيل المرحل الداخلي.

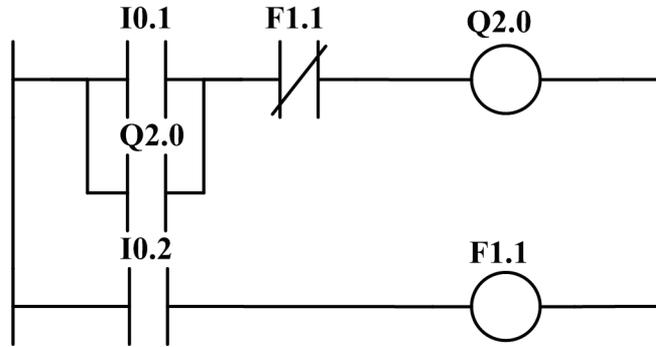


الشكل (٣-٣٦): دارة الإمساك الذاتي باستخدام مرحل داخلي.

يمكن إلغاء المسك الذاتي باستخدام ملامس إيقاف، من مثل: (I0.2)، أو (I1.2)، وتعمل

الدارة المبيّنة في الشكل (٣-٣٧) كما يأتي:

عند الضغط على الضاغط (I0.2)، فإنّ المرحل الداخلي يعمل؛ ما يؤدي إلى فصل الملامس المغلق (F1.1) الموجود في الدرجة الأولى من السلم، ثمّ فصل التغذية عن المخرج (Q2.0)، ثمّ إلغاء المسك الذاتي، وتحوّل المخرج إلى الحالة (0).

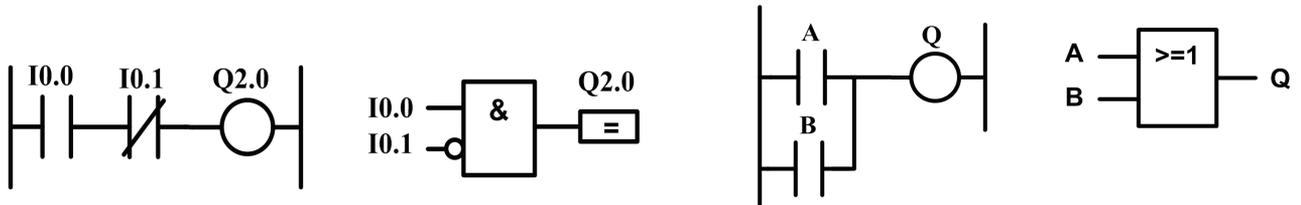


الشكل (٣-٣٧): مخطط سلمي لإلغاء الإمساك الذاتي باستخدام مرحل داخلي.

٢- المخططات الصندوقية الوظيفية

تُعَدُّ هذه المخططات إحدى لغات البرمجة الرسومية، مثل البرمجة السلمية، وهي تُستعمل لوصف الأنظمة المنطقية بشكل صناديق، بحيث يُمثّل الصندوق الوظيفي وحدة من تعليمات البرنامج التي تعطي قيمة خرج واحدة عند تنفيذها، ويكون اسم الوظيفة مُدَوَّنًا داخل الصندوق.

درست آنفًا رموز هذه الصناديق الوظيفية في موضوع البوابات المنطقية، وهي الرموز التي اعتمدت حسب القياسية (IEC)، وأخذت بها شركة (سيمنس)، انظر الشكل (٣-٣٨) الذي يوضّح المخطط السلمي والمخطط الصندوقي المكافئ له لبوابتي (OR)، و(AND).

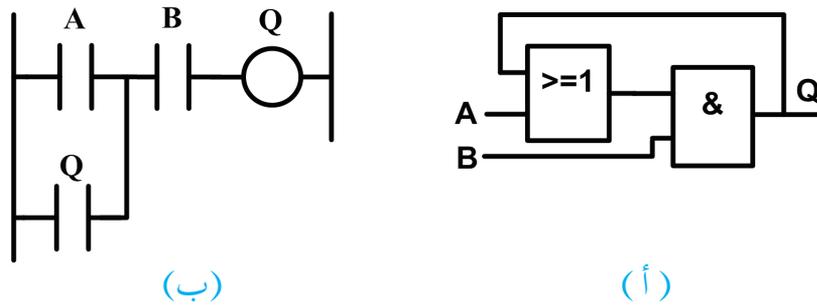


(ب) بوابة (AND).

(أ) بوابة (OR).

الشكل (٣-٣٨): المخطط السلمي والمخطط الصندوقي المكافئ له.

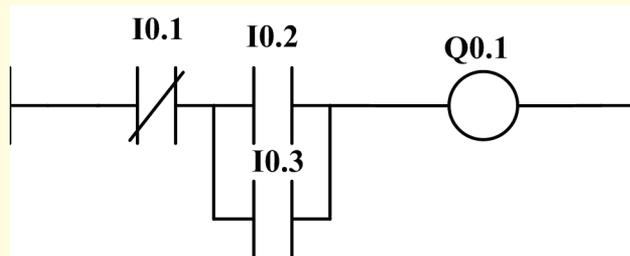
ويُظهر الشكل (٣-٣٩) المخطط السلمي والمخطط الصندوقي المكافئ له. علمًا بأنّ المخطط السلمي يتضمّن مخرجًا له ملامسات تعمل بوصفها مدخلًا.



الشكل (٣-٣٩): المخطط الصندوقي المكافئ للمخطط السلمي.

مثال (٣-٣)

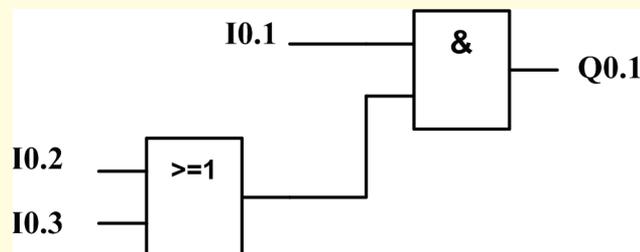
ارسم المخطط الصندوقي المكافئ للمخطط السلمي المبين في الشكل (٣-٤٠).



الشكل (٣-٤٠).

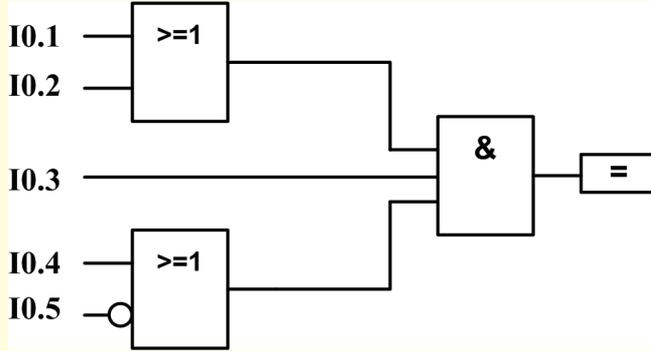
الحلّ

يبين الشكل (٣-٤١) المخطط الصندوقي المكافئ للمخطط السلمي.



الشكل (٣-٤١).

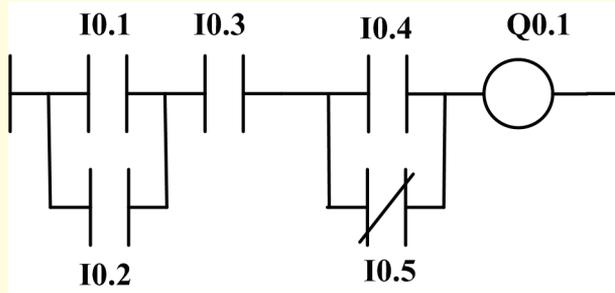
ارسم المخطط السلمي المكافئ للمخطط الصندوقي الممثل في الشكل (٤٢-٣).



الشكل (٤٢-٣).

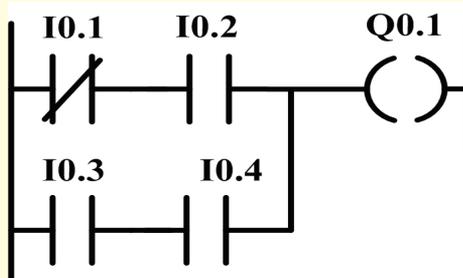
الحلّ

يُلاحظ من البوابة المبينة في الشكل (٤٢-٣) أنّ الدارة الصغيرة تُمثل نفي المدخل (NOT I0.5).



الشكل (٤٣-٣).

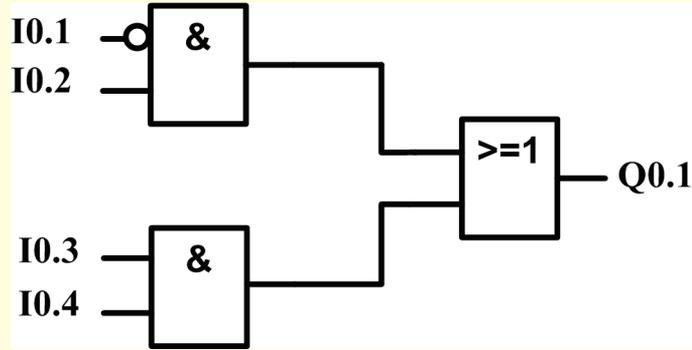
ارسم المخطط الصندوقي المكافئ للمخطط السلمي الممثل في الشكل (٤٤-٣).



الشكل (٤٤-٣).

الحلّ

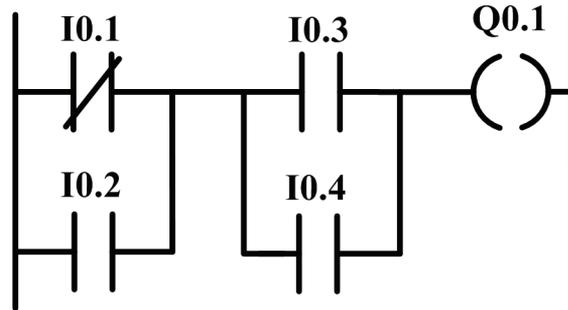
بيّن الشكل (٤٥-٣) المخطط الصندوقي المكافئ للمخطط السلمي.



الشكل (٤٥-٣).

ارسم المخطط الصندوقي المكافئ للمخطط السلمي الممثل في الشكل (٤٦-٣).

سؤال



الشكل (٤٦-٣).

المؤقتات والعدادات (Timers and Counters)

رابعًا

إنّ التحكم في زمن تشغيل المضخات، أو بعض الآلات الصناعية، أو المحركات الكهربائية، هو من الأمور الأساسية في عمليات تشغيلها؛ نظرًا إلى ضرورة عمل هذه الآلات مدة محدّدة، ثمّ توقفها بعد ذلك.

وقد درست في ما مضى المؤقت الذي يُستخدم في التمديدات الكهربائية المنزلية، ويعمل مؤقت تأخير زمني، وكذا المؤقت المستخدم في وحدة التحكم الكهربائي؛ الذي يتحكم في تشغيل المحرك الثلاثي الطور (نجمة - مثلث).

وفي ما يخص الحاكمات المنطقية المبرمجة، تتوافر مؤقتات كثيرة متعددة المُدد الزمنية قابلة للبرمجة، وقد حلّت هذه المؤقتات محلّ المؤقتات التقليدية؛ نظرًا إلى سهولة استخدامها، وإمكانية تعديل زمن تشغيلها، أو تعديل نوع المؤقت بسهولة.

وبوجه عام، يمكن ضبط المؤقتات اعتمادًا على قيمة الضبط المسبقة (Preset Value)، والقاعدة الزمنية للمؤقت. فمثلًا، إذا ضُبط مؤقت زمني على (١٠٠)، وكانت القاعدة الزمنية تساوي (1 sec)، فإنّ:

زمن التوقيت = القيمة المضبوطة مسبقًا × القاعدة الزمنية للمؤقت

$$1 \times 100 =$$

$$= 100 \text{ ثانية}$$

يُذكر أنّ قيمة القاعدة الزمنية قد تساوي ثانية واحدة، أو ٠,٠١ من الثانية، وتعتمد القيمة المضبوطة مسبقًا على نوع الحاكم المبرمج.

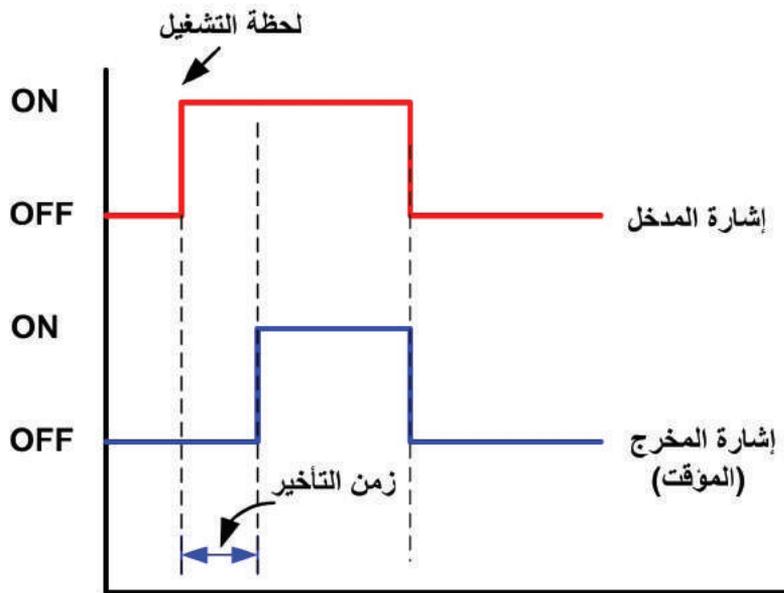
سؤال

– احسب زمن التوقيت للمؤقت الزمني في المثال السابق إذا كانت القاعدة الزمنية تساوي ٠,٠١ من الثانية.

١- أنواع المؤقتات

توجد أنواع عدّة من المؤقتات في الحاكّمات المنطقية المبرمجة (PLC)، بعضها متماثل من حيث الصنع، وبعضها الآخر يختلف في تفاصيل العمل من شركة إلى أخرى. ويمكن النظر إلى المؤقتات بوصفها صناديق تحكّم، مهمتها التحكّم في توقيت زمن وصول الإشارة إلى المخرج.

أ - مؤقتات تأخير الوصل (ONDelay Timer): يعمل هذا النوع من المؤقتات على تأخير وصول الإشارة إلى المخرج مدّة زمنية محدّدة مسبقاً عن طريق ملامسات المؤقت، بعد ورود إشارة التفعيل إلى المدخل، انظر الشكل (٣-٤٧) الذي يوضّح مبدأ عمل أحد هذه المؤقتات، ويُرمز إليه أحياناً بالرمز (TON).



الشكل (٣-٤٧): المخطط الزمني لمؤقت تأخير الوصل (TON).

وفي ما يأتي بيان لطريقة عمل هذه المؤقتات:

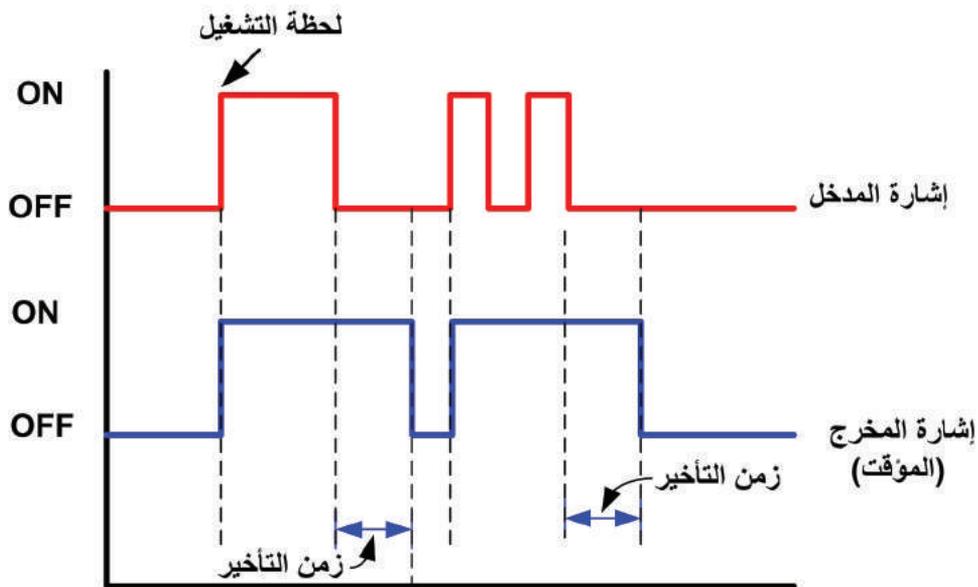
١. عند الضغط على ضاغط التشغيل لدارة التحكّم، تتحول إشارة المدخل إلى القيمة (١)، أو وضع التشغيل، فيبدأ المؤقت الزمني بالعدّ.
٢. تكون القيمة الحالية لزمن المؤقت صفراً، ثم تبدأ بالزيادة حسب القاعدة الزمنية للمؤقت، حتى تصل إلى القيمة المضبوطة، أو تصبح شروط التشغيل غير متاحة لعمل المؤقت.

٣. عند وصول القيمة الحالية إلى القيمة المضبوطة، فإن ملامس المؤقت يتحول إلى وضع التشغيل (ON).

٤. تعود القيمة الحالية إلى الصفر، ويتحول ملامس المؤقت إلى وضع الإغلاق (OFF) عند عدم تحقق شروط التشغيل، أو إعطاء إشارة إعادة الوضع أو التصفير (Reset). فعلى سبيل المثال، إذا كان زمن التأخير (٣٠) ثانية، فإن دائرة التحكم يلزمها عند التشغيل انقضاء مدة تأخير مقدارها (٣٠) ثانية قبل أن تعمل دائرة المخرج للحاكم المنطقي المبرمج، التي يوصل بها حمل، مثل: المصباح الكهربائي، أو ملف المرحل، أو ملف المفتاح التلامسي.

يُلاحظ أنه عند فصل دائرة التحكم، وتحوّل دائرة المدخل إلى وضع الإغلاق (OFF)، فإن المؤقت الزمني سيتوقف عن العمل عند أي لحظة يُفصل فيها التيار الكهربائي عن دائرة المدخل.

ب- مؤقتات تأخير الفصل (OFF Delay Timer): تعمل هذه المؤقتات على تأخير فصل المخرج بعد انقطاع إشارة المدخل مدة زمنية محددة مسبقاً، كما يمكن تصفير المؤقت قبل مرور الزمن المطلوب عن طريق المدخل (R)، انظر الشكل (٣-٤٨) الذي يوضح مبدأ عمل أحد المؤقتات، ويُرمز إليه أحياناً بالرمز (TOFF).



الشكل (٣-٤٨): المخطط الزمني لمؤقت تأخير الوصل (TOFF).

وفي ما يأتي بيان لطريقة عمل هذه المؤقتات:

١. عند الضغط على ضاغط التشغيل لدارة التحكم، تتحول إشارة المدخل إلى القيمة (١)، أو وضع التشغيل، فيبدأ المؤقت الزمني بالعدّ.

٢. في اللحظة التي تتحول فيها إشارة التشغيل للمؤقت من وضع الإغلاق (OFF) إلى وضع التشغيل (ON)، يبدأ مخرج المؤقت (مؤقت الملامس) العمل، وتصبح القيمة الحالية لزمن المؤقت مساوية لقيمة المؤقت المضبوطة مسبقاً.

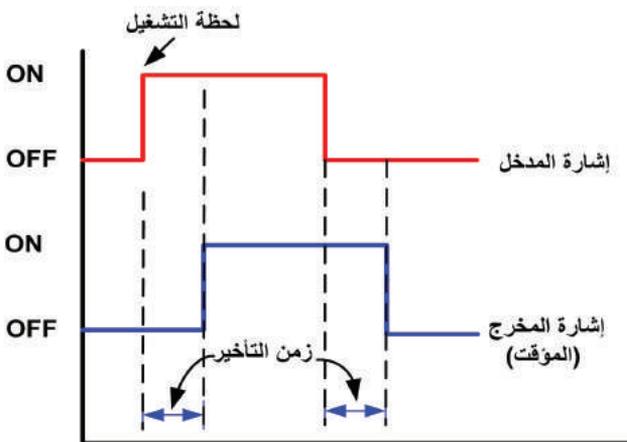
٣. تبدأ القيمة الحالية بالنقصان تدريجياً حسب القاعدة الزمنية للمؤقت حتى تصل إلى صفر، فيتوقف مخرج المؤقت عن العمل (OFF).

٤. عند عدم تحقق شروط التشغيل، أو إعطاء إشارة إعادة الوضع أو التصفير (Reset)، تصبح القيمة الحالية مساوية للصفر.

فعلى سبيل المثال، إذا كان زمن التأخير (٦٠) ثانية، فإنّ دارة المخرج ستعمل مباشرة (عند تشغيل دارة التحكم) من دون أيّ تأخير زمني. ولكن، عند إغلاق دارة المحرك، وتحوّل إشارة المدخل إلى القيمة صفر، فإنّ دارة المخرج لحظة التشغيل ستواصل العمل مدّة زمنية مقدارها (٦٠) ثانية قبل أن تغلق.

يُلاحظ أنّه عند فصل دارة التحكم، وتحوّل دارة المدخل إلى وضع الإغلاق (OFF)، فإنّ دارة المخرج ستعمل مدّة محدّدة قبل أن تتحول إشارة المخرج إلى القيمة صفر (OFF).

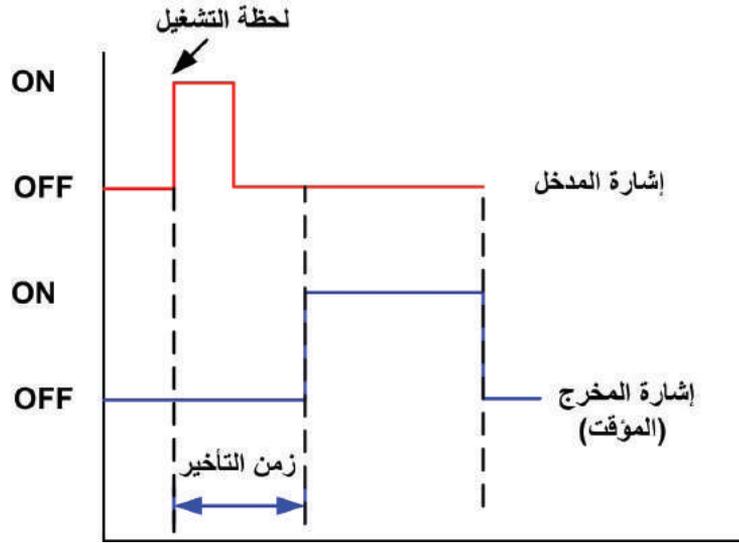
ج- مؤقتات تأخير الوصل والفصل (ON/OFF Delay Timer): عند ورود إشارة إلى المدخل،



فإنّ المؤقت يبدأ العمل بوصفه مؤقت تأخير وصل (TON). أمّا بعد انقطاع الإشارة عن المدخل، فإنّ المؤقت يبدأ العمل بوصفه مؤقت تأخير فصل (TOFF)، انظر الشكل (٣-٤٩) الذي يوضّح المخطط الزمني لهذا النوع من المؤقتات.

الشكل (٣-٤٩): المخطط الزمني لمؤقت الوصل والفصل.

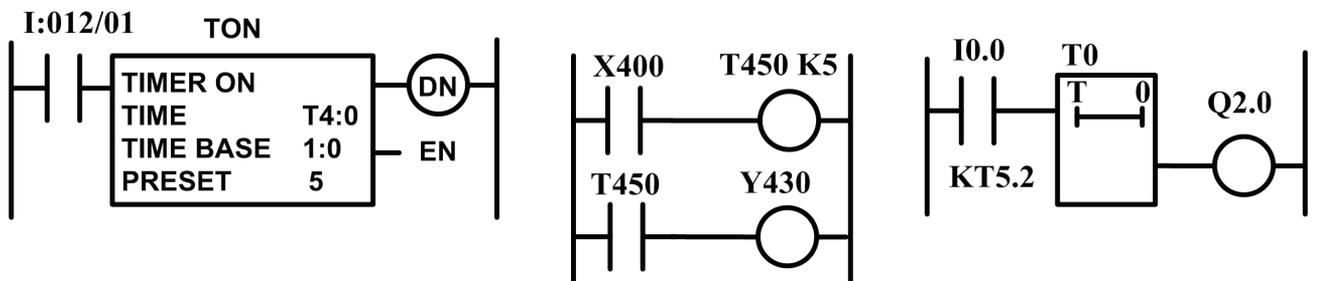
د - مؤقتات تأخير الوصل الاحتفاظية (Retentive ON Delay Timers): يحتفظ هذا النوع من المؤقتات بالزمن المنقضي؛ حتى عند انقطاع الطاقة الكهربائية عنه، وهو يشبه النوع السابق (مؤقت تأخير الوصل)، لكنه يستمر في العمل حتى لو زالت الإشارة عن المدخل، كما يمكن تصفير المؤقت عن طريق المدخل (R)، انظر الشكل (٣-٥٠) الذي يوضح المخطط الزمني لهذا النوع من المؤقتات.



الشكل (٣-٥٠): المخطط الزمني لمؤقت تأخير الوصل الحافظ (الماسك).

توجد أنواع عديدة أخرى من المؤقتات، تصنعها بعض الشركات خصيصاً لأنواع من الحاكومات المبرمجة منطقياً، مثل: المؤقت الأسبوعي، والمؤقت السنوي، والمؤقت النبضي، والمؤقت الاهتزازي.

يُذكر أن المؤقتات الزمنية تُمثل في المخططات السلمية كما في الشكل (٣-٥١).



(ج) ألن برادلي.

(ب) متسويشي.

(أ) سيمنس.

الشكل (٣-٥١): بعض أنواع المؤقتات الزمنية في المخططات السلمية.

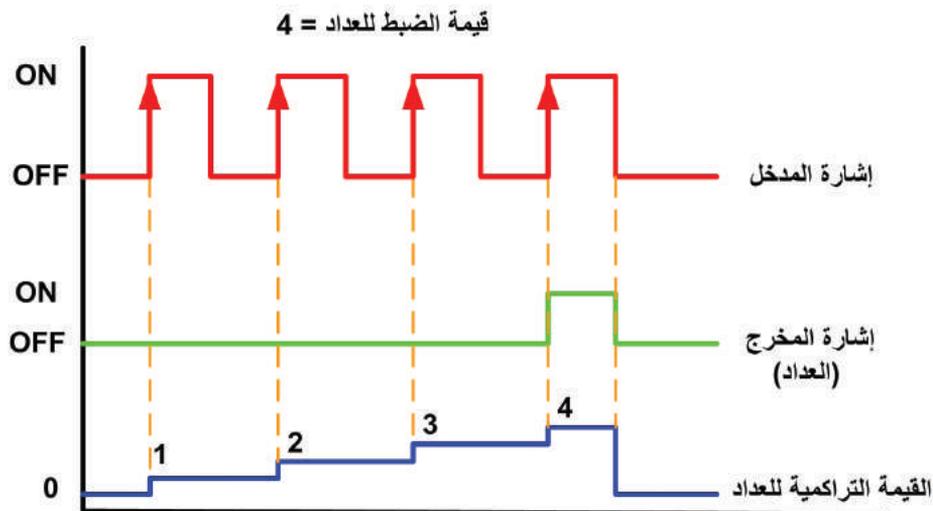
يبين الشكل (٣-٥١ أ) مؤقت تأخير الوصل (TON) من شركة (سيمنس) بتأخير زمني قدره (٥,٢) ثوانٍ، في حين يبين الشكل (٣-٥١ ب) مؤقت تأخير الوصل من شركة (متسوبيشي) بتأخير زمني قدره (٥) ثوانٍ. أمّا الشكل (٣-٥١ ج) فيبين حاكمًا منطقيًا مبرمجًا من شركة (ألن برادلي) لقاعدته الزمنية البالغة ثانية واحدة، والقيمة المضبوطة مسبقًا (٥ ثوانٍ).

٢- العدادات (Counters)

تحتاج المصانع التي يعتمد فيها العمل على خطوط إنتاج لقطع معينة، إلى عدّ هذه القطع قبل تعبئتها وتغليفها؛ إذ يُضبط العداد على قيمة محدّدة، ثم تمر القطع بين مستشعرات ضوئية أو مفاتيح حدّية تعمل على إمرار نبضات إلى وحدة الإدخال في الحاكم المنطقي المبرمج، فيعمل العداد على عدّ تلك النبضات. وحين تصبح القيمة الحالية (التراكمية) مساوية لقيمة يُحددها المبرمج، تتغيّر حالة ملامسات العداد، فتصل إلى المخرج إشارة مناسبة بناءً على ذلك.

تُقسّم العدادات أنواعًا ثلاثة، هي:

أ - عداد تصاعدي (Up-Counter): يُرمز إلى هذا العداد بالرمز (CTU)، انظر الشكل (٣-٥٢) الذي يوضّح مبدأ عمل العداد التصاعدي.

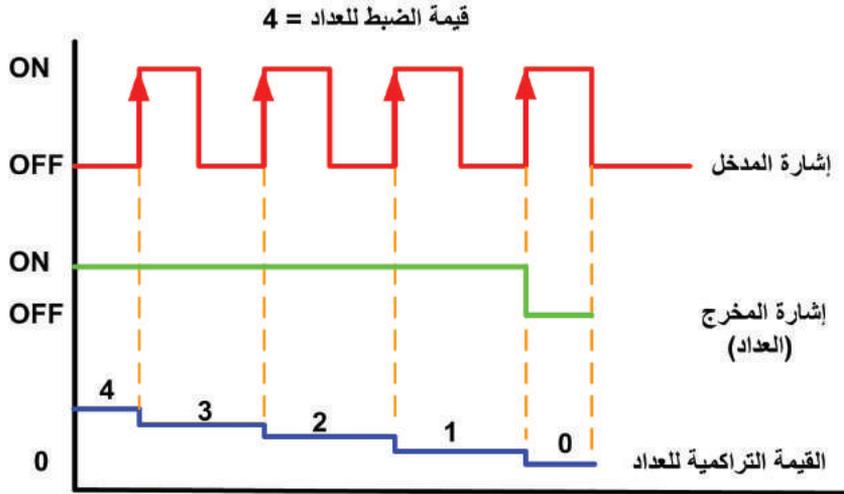


الشكل (٣-٥٢): المخطط الزمني للعداد التصاعدي.

وفي ما يأتي بيان لطريقة عمل العداد التصاعدي:

١. تكون القيمة الحالية مساوية للصفر أول الأمر.
 ٢. كلما وصل الطرف الصاعد من النبضة إلى مدخل العداد زادت القيمة الحالية بمقدار (١).
 ٣. عندما تصل قيمة العداد الحالية إلى القيمة المضبوطة مسبقاً يتحول مخرج العداد إلى وضع التشغيل (ON).
٣. عند إدخال إشارة إعادة الوضع يتحول مخرج العداد إلى وضع الإغلاق (OFF)، وتصبح قيمة العداد الحالية مساوية للصفر.

ب- عداد تنازلي (Down-Counter): يُرمز إلى هذا العداد بالرمز (CTD)، انظر الشكل (٣-٥٣) الذي يوضح مبدأ عمل العداد التنازلي.

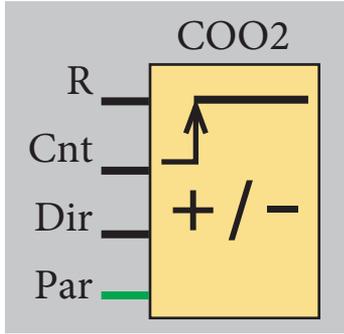


الشكل (٣-٥٣): المخطط الزمني للعداد التنازلي.

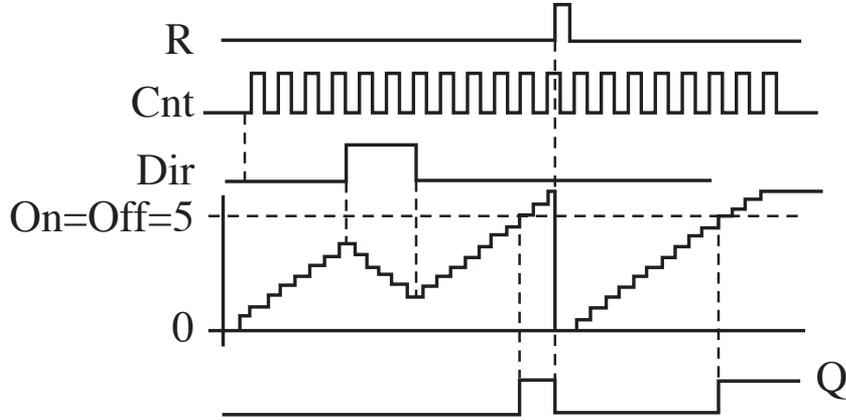
وفي ما يأتي بيان لطريقة عمل العداد التنازلي:

١. عند تشغيل العداد تكون قيمة العداد الحالية مساوية للقيمة المضبوطة مسبقاً.
٢. كلما وصل الطرف الصاعد من النبضة إلى مدخل العداد تناقصت القيمة الحالية بمقدار (١) (في حال كانت قيمة العداد لا تساوي صفرًا).
٣. تساوي إشارة مخرج العداد (١) إذا كانت قيمته الحالية لا تساوي صفرًا.
٤. عند إدخال إشارة في المدخل (R) فإن القيمة الحالية للعداد ستُضبط على قيمة الضبط المحددة.

ج- عداد تصاعدي/ تنازلي (Up/Down Counter): يتوافر هذا النوع من العدادات في العديد من الحاكمت، مثل تلك التي تصنعها شركة (سيمنس)، انظر الشكل (٣-٥٤).



(أ) رمز العداد في الحاكم المنطقي (سيمنس- لوغو).

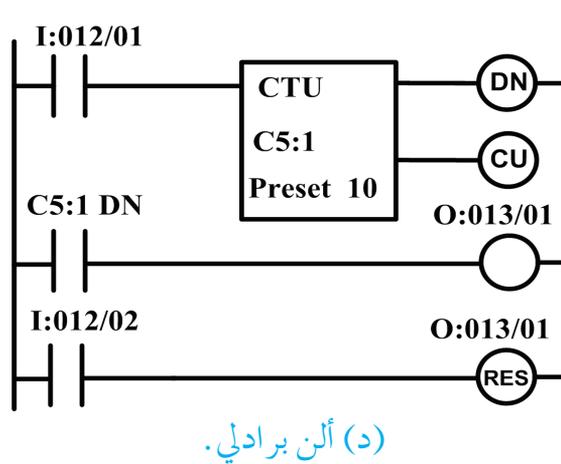
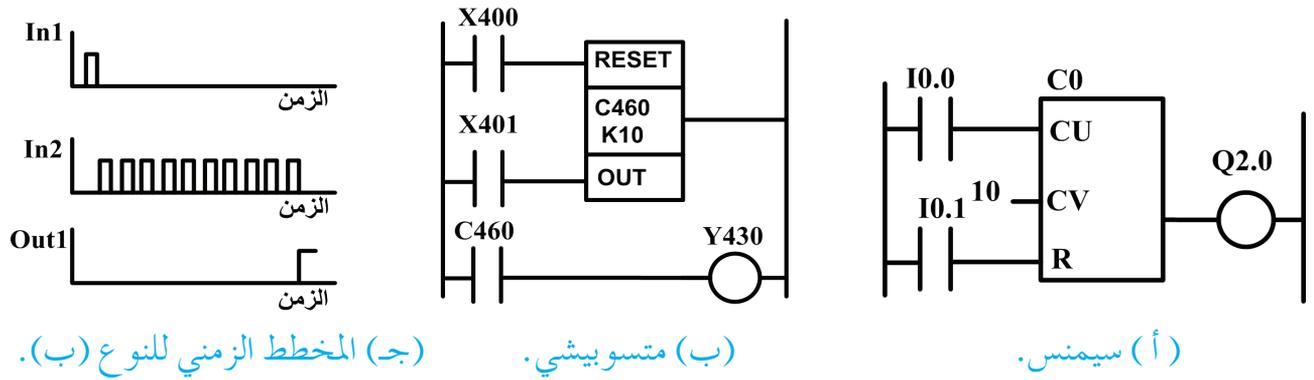


(ب) المخطط الزمني للعداد التصاعدي التنازلي.

الشكل (٣-٥٤): العداد التصاعدي التنازلي.

وفي ما يأتي بيان لطريقة عمل العداد التصاعدي التنازلي:

١. عندما تكون قيمة الإشارة على المدخل (DIR) صفراً يعمل العداد بصورة تصاعدية.
 ٢. عند إدخال إشارة في المدخل (DIR)، بحيث تساوي الإشارة (1)، يتحول العداد إلى عداد تنازلي.
 ٣. عند الوصول إلى الحالة التي تكون فيها القيمة الحالية مساوية للقيمة المضبوطة مسبقاً، فإن المخرج سيتغير إلى وضع التشغيل (ON).
 ٤. عند إدخال إشارة في المدخل (R) سيعاد ضبط مخرج العداد على القيمة (0).
- يُذكر أنّ العدادات تُمثل في المخططات السلمية كما في الشكل (٣-٥٥).



الشكل (٣-٥٥): رموز العدادات في المخططات السلمية.

يبين الشكل (٣-٥٥/أ) العداد الصاعد من شركة (سيمنس)، ويبين الشكل (٣-٥٥/ب) العداد الصاعد من شركة (متسويشي)، في حين يبين الشكل (٣-٥٥/ج) المخطط الزمني لهذا النوع. أما الشكل (٣-٥٥/د) فيبين حاكمًا منطقيًا مبرمجًا من شركة (ألن برادلي) ذا عداد تصاعدي وملاسمات مخرج (العداد) هي (DN). علمًا بأن القيمة المضبوطة مسبقًا لأنواع السابقة تساوي (١٠).

أسئلة الوحدة

١ - اختر رمز الإجابة الصحيحة لكل فقرة من الفقرات الآتية:

(١) الرمز الذي يُمثل ذاكرة القراءة فقط، مع إمكانية مسح محتوياتها بالأشعة فوق البنفسجية، هو:

- أ - (EPROM).
ب - (EEPROM).
ج - (RAM).
د - (ROM).

(٢) من الأمثلة على وحدات الإدخال للحاكم المبرمج:

- أ - مصابيح الإشارة.
ب - ذاكرة (RAM).
ج - ضواغط التشغيل.
د - العدادات.

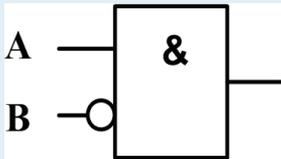
(٣) تُعدّ المؤقتات الزمنية والعدادات في الحاكم المبرمج:

- أ - وحدات إخراج.
ب - وحدات داخلية ذات أطراف خارجية.
ج - وحدات برمجية منطقية.
د - وحدة توسعية خارجية تضاف إلى الحاكم.

(٤) التعبير المنطقي لتلامسين موصولين على التوازي في المخططات السلمية، هو:

- أ - (AND).
ب - (OR).
ج - (NOR).
د - (XOR).

(٥) يُمثل رمز البوابة المنطقية المبينة في الشكل (٣-٥٦) بالعارة المنطقية:



الشكل (٣-٥٦).

- أ - (A AND B).
ب - (A AND NOT B).
ج - (A OR NOT B).
د - (A NAND B).

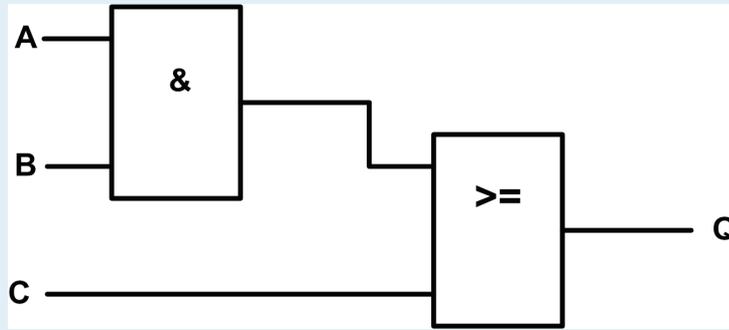
٢ - اذكر خمسًا من مزايا نظام الحاكم المنطقي المبرمج (PLC).

٣ - هاتِ مثالين على وحدات المخارج: الرقمية، والتشابهية.

٤ - ما أهم المواصفات التي ينبغي مراعاتها عند شراء حاكم مبرمج لاستخدامه في تشغيل محرك ثلاثي الطور وعكس اتجاه دورانه؟

٥ - اذكر قواعد رسم المخططات السلمية.

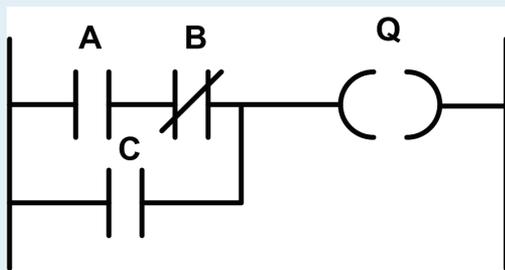
- ٦ - ما مكونات الحاكم المنطقي المبرمج؟
- ٧ - عدد مراحل عملية المسح للحاكم المبرمج.
- ٨ - ما أسماء الوحدات المكونة لوحدة (PLC) التي لا تخضع لعملية المسح؟
- ٩ - نفذ دائرة كهربائية مكافئة لبوابة (NAND).
- ١٠ - اكتب جدول الحقيقة لبوابة (XOR).
- ١١ - تأمل الشكل (٣-٥٧) الذي يُمثل مخططًا منطقيًا، ثم أجب عن الأسئلة التالية:



الشكل (٣-٥٧).

- أ - ارسم المخطط السلمي للدائرة.
- ب - ارسم دائرة كهربائية مكافئة لهذا المخطط.
- ج - اكتب جدول الحقيقة للمخطط، مُبيِّنًا الأوضاع التي تكون فيها حالة المخرج المنطقية (Q) مساوية (1).

١٢ - تأمل الشكل (٣-٥٨) الذي يُمثل جزءًا من مخطط سلمي، ثم ارسم:



الشكل (٣-٥٨).

- أ - الدائرة المنطقية المكافئة لهذا المخطط.
- ب - دائرة كهربائية بسيطة مكافئة لهذا المخطط.

التدريب العملي



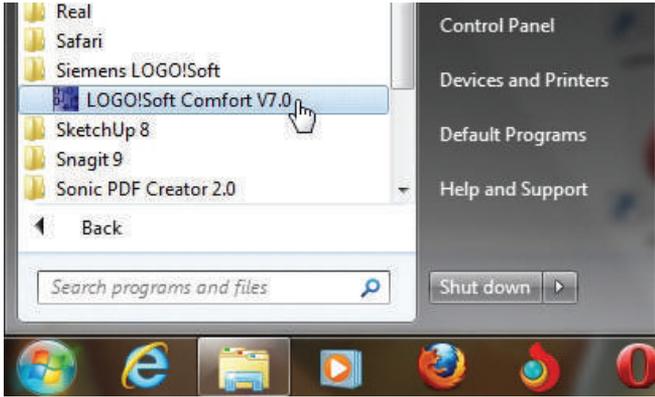
عدد الساعات المقترح	اسم التمرين
٢٨ ساعة	التدريب على البرنامج المستخدم في إعداد برامج (PLC) وكتابتها.
٧ ساعات	التحكم في إضاءة مصباح كهربائي باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج (PLC).
٧ ساعات	التحكم في تشغيل محرك كهربائي أحادي الطور باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج وإيقافه.
٧ ساعات	التحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج وإيقافه.
٧ ساعات	التحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور من مكانين باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج وإيقافه.
٧ ساعات	التحكم في تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور، وعكس اتجاه دورانه باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج وإيقافه.
٦٣ ساعة	المجموع:

النتائج : يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- تشغيل البرنامج.
- تنشئ برنامج بلغة المخطط السلمي.
- تحاكي البرنامج قبل تحميله على وحدة (PLC).
- تحمّل البرنامج من جهاز الحاسوب إلى وحدة (PLC).

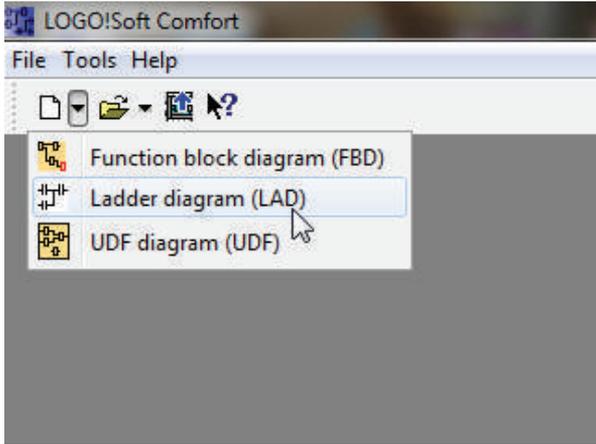
مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> • وحدة (PLC). • جهاز حاسوب يحوي برنامج كتابة برامج (PLC) وإعدادها. • كبل تحميل البرنامج الخاص بوحدة (PLC). 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١).</p>	<p>١- شغل البرنامج من قائمة (ابدأ) في جهاز الحاسوب، مستخدماً زرّ الفأرة الأيسر، انظر الشكل (١).</p>

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

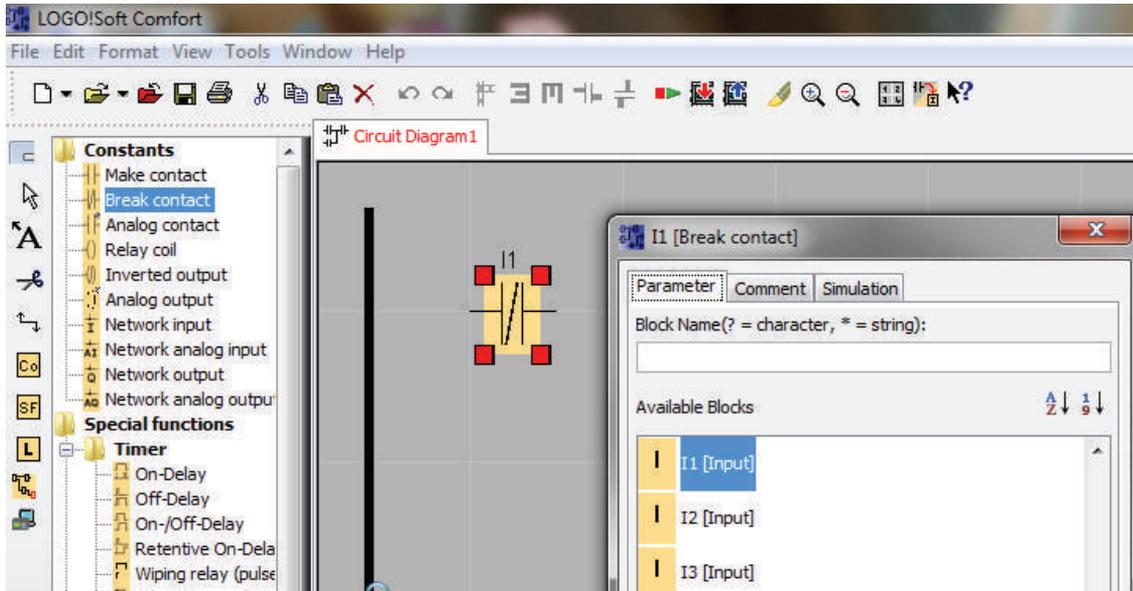


الشكل (٢).

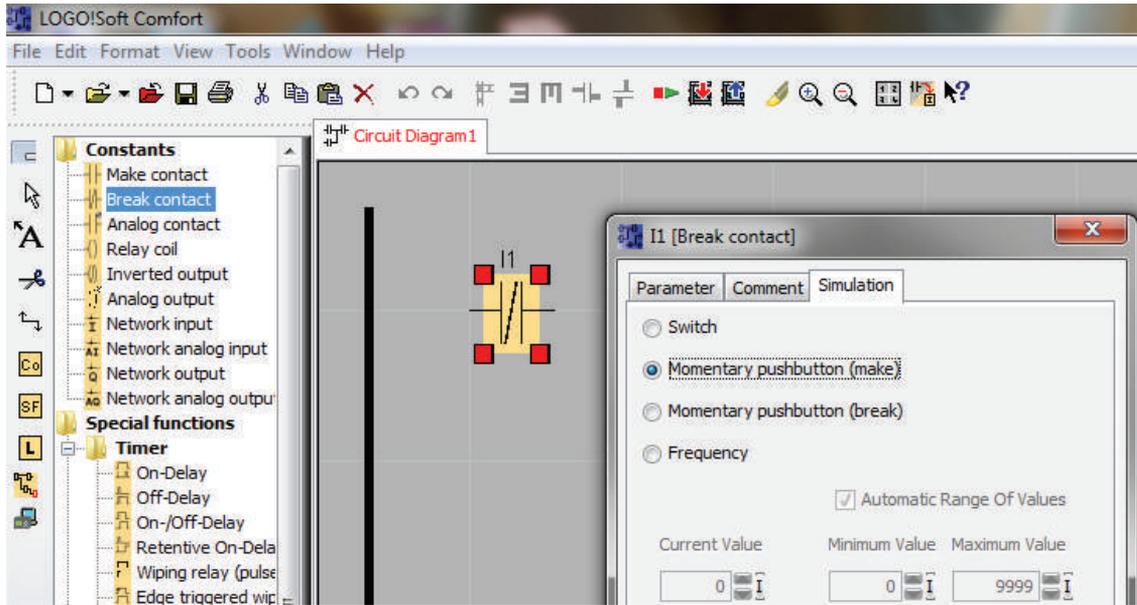
٢- بعد تشغيل البرنامج، وظهور الشاشة الرئيسية الخاصة به، انقر بزرّ الفأرة السهم المجاور للأيقونة (New)، ثم اختر أمر (Ladder diagram LAD) من القائمة المنسدلة؛ لإنشاء البرنامج بلغة المخطط السلمي، انظر الشكل (٢).

٣- انقر بزرّ الفأرة الأيسر أمر (Break Contact) من قائمة (Constants)؛ لإدراج ضاغط إيقاف مغلق (N.C).

٤- لتغيير اسم ضاغط الإيقاف، اختر حيز العمل، ثم انقر بزرّ الفأرة مرة واحدة رمز الضاغط. وحين يظهر الرمز (I1) في صندوق الحوار، حدّد اسم الضاغط كما هو موضّح في الشكل (٣)، ثم اختر تبويب (Simulation) من صندوق الحوار نفسه، واختر أمر (Momentary Push Button (Make)، ثم انقر زرّ موافق (OK) كما في الشكل (٤).

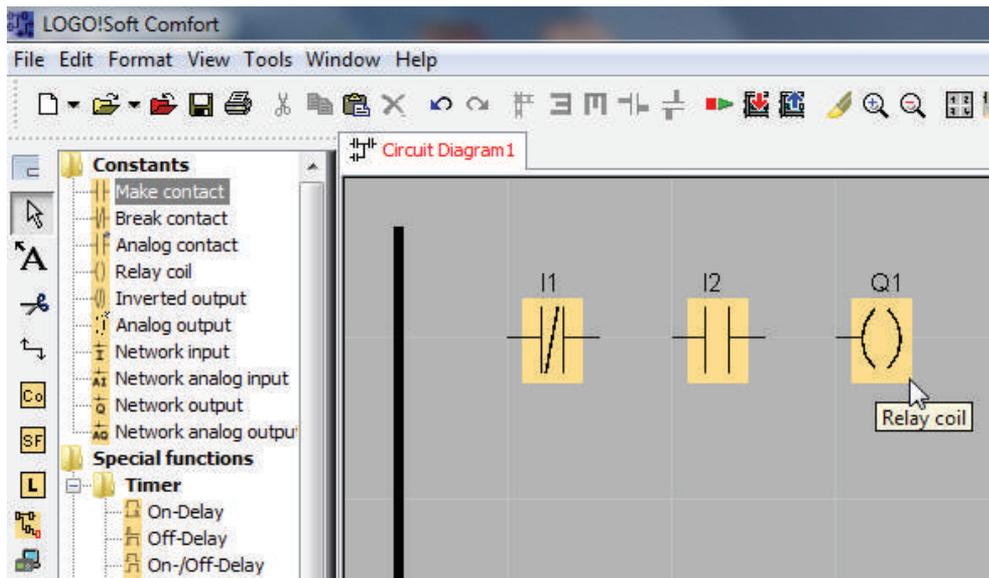


الشكل (٣).



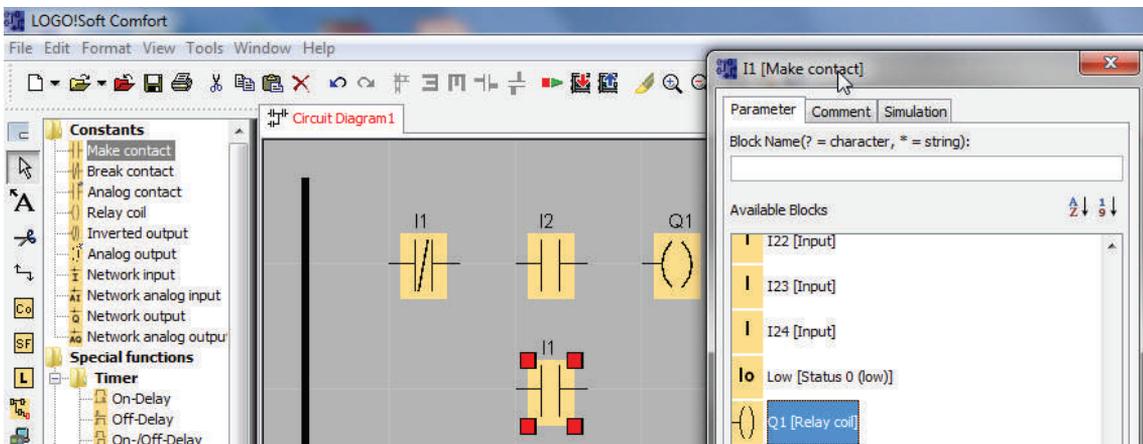
الشكل (٤).

- ٥- انقر بزرة الفأرة الأيسر أمر (Make Contact) من قائمة (Constants)؛ لإدراج ضاغط تشغيل مفتوح (NO)، ثم انقر بزرة الفأرة مرة واحدة رمز الضاغط المفتوح. وحين يظهر الرمز (I1) في صندوق الحوار، غيّر الاسم إلى (I2) بنقر (I2) كما هو موضح في الشكل (٣)، واختر المطلوب في الشكل (٤)، ثم اختر (Momentary pushbutton (make)، ثم انقر زر موافق (OK).
- ٦- انقر بزرة الفأرة الأيسر الأمر (Relay Coil) من قائمة (Constants)؛ لإدخال ملف مرحل الإخراج (Q1)، انظر الشكل (٥).



الشكل (٥).

٧- لإدراج ملامس الاستمرارية من ملف المرحل (Q1)، اختر بمؤشر الفأرة أمر (Make Contact) من قائمة (Constants)، ثم انقر بمؤشر الفأرة رمز ملامس الاستمرارية. وحين يظهر رمز ملف المرحل (Q1) في صندوق الحوار، اختر تبويب ((Q1) Relay Coil)، انظر الشكل (٦).



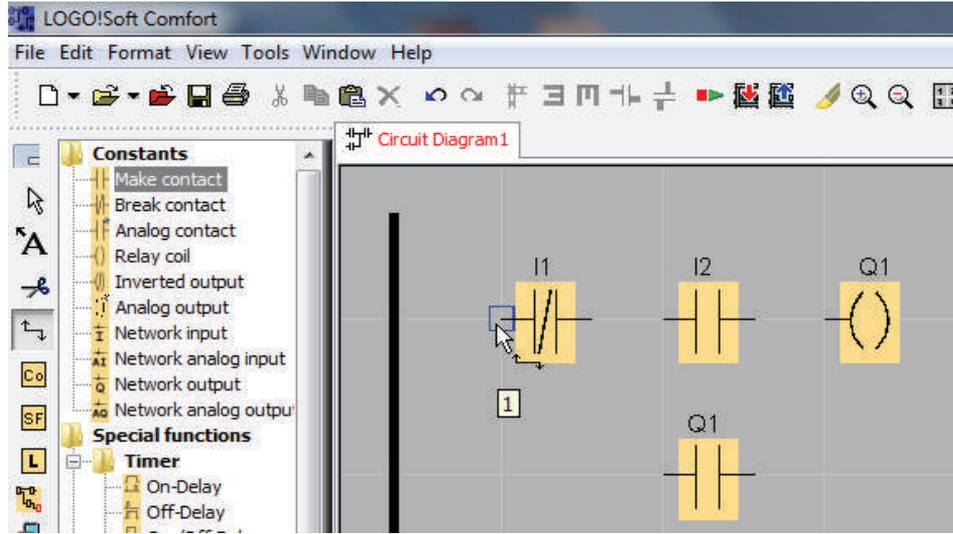
الشكل (٦).

٨- اختر أداة التوصيل من شريط الأدوات الجانبي، انظر الشكل (٧).



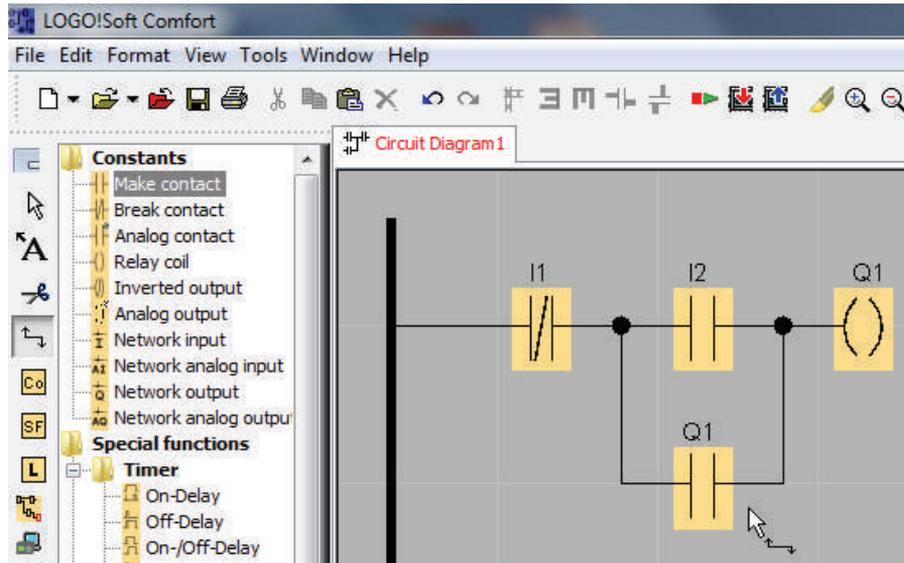
الشكل (٧).

٩- انقر بزّر الفأرة طرف رمز ضاغط الإيقاف حتى يظهر مربع أزرق صغير، واستمر في النقر مع التحريك حتى تصل المكان المطلوب. وحين يظهر مربع أزرق على طرف الرمز الآخر، أفلت زرّ الفأرة ليتشكّل خط يصل بين الرمزین، انظر الشكل (٨).



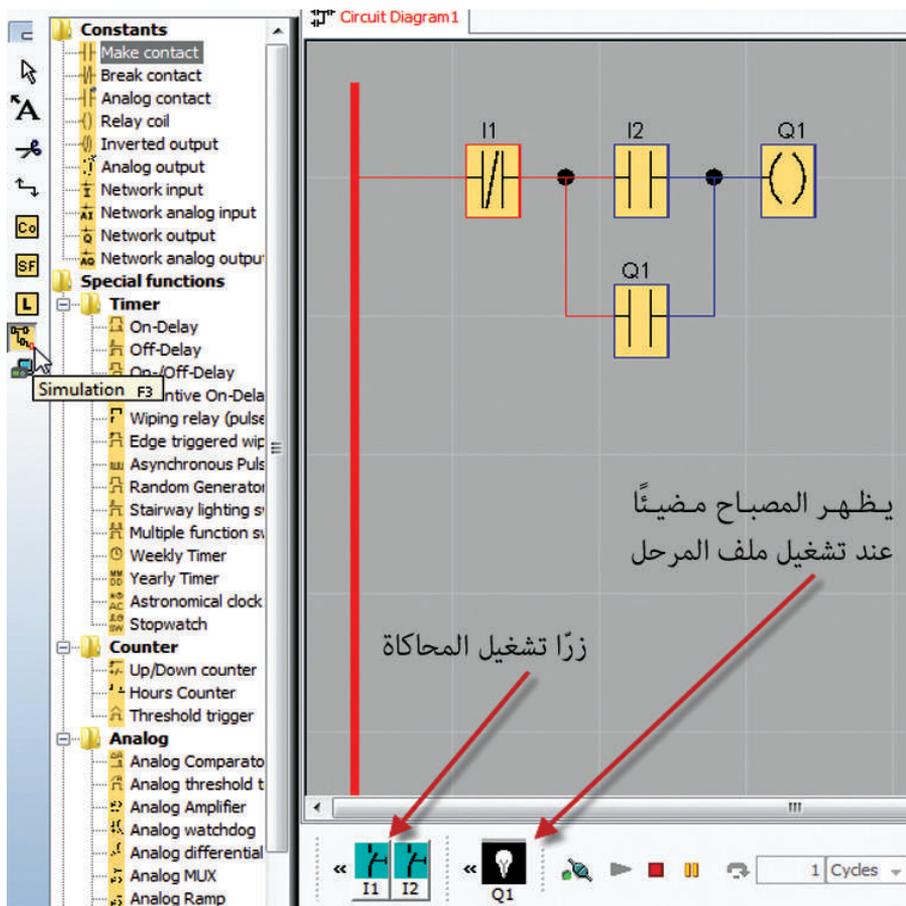
الشكل (٨).

١٠- كرر الخطوة السابقة حتى يتم توصيل الرموز بصورة صحيحة كما هو مبين في الشكل (٩).



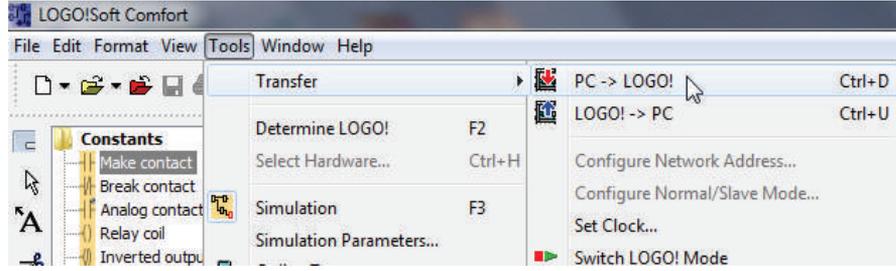
الشكل (٩).

١١- للتحقق من صحة التوصيل، استخدم المحاكاة قبل تحميل البرنامج على وحدة (PLC)، وذلك باختيار أداة المحاكاة (Simulation) من شريط الأدوات الجانبي، أو الضغط على مفتاح (F3) من لوحة المفاتيح، لتظهر الشاشة التالية الموضحة في الشكل (١٠).



الشكل (١٠).

- ١٢- لتفعيل برنامج المحاكاة، انقر زرّ (I2) الذي يُمثّل ضاغط التشغيل من أزرار المحاكاة، ملاحظاً تغيّر الخطوط الموصولة بملف المرحل إلى حمراء، وإضاءة المصباح (Q1)؛ للتأكد من صحة التوصيل.
- ١٣- انقر زرّ (I1) الذي يُمثّل ضاغط الإيقاف من أزرار المحاكاة، ولاحظ تغيّر الخطوط الموصولة بملف المرحل إلى زرقاء، وعدم إضاءة المصباح (Q1).
- ١٤- اضغط على مفتاح (F3) من لوحة المفاتيح لإيقاف وضع المحاكاة، أو انقر بمؤشر الفأرة رمز المحاكاة في قائمة الأدوات الجانبية.
- ١٥- لإرسال البرنامج إلى وحدة (PLC):
 - أ- صل الكبل المخصص لنقل البيانات من جهاز الحاسوب إلى وحدة (PLC).
 - ب- صل وحدة (PLC) بمصدر الفولطية المناسبة، ثمّ شغلها.
 - ج- اختر قائمة أدوات (Tools) بوساطة مؤشر الفأرة، ومنها أمر (Transfer)، ليظهر مربع حوار. وفيه انقر أمر (PC->LOGO) لنقل البرنامج من جهاز الحاسوب إلى وحدة (PLC) كما في الشكل (١١).



الشكل (١١).

التقييم

- ماذا يحدث إذا استُخدم الضاغط (I1) بوصفه ضاغطًا مفتوحًا، لا ضاغطًا مغلقًا؟
- ماذا يحدث حين لا يُستخدم المسك الذاتي من ملف المرحل (Q1)؟

تمارين الممارسة العملية

- احفظ المخطط السلمي الذي أعدته، وسمّ الملف باسمك.
- أغلق الملف.
- اعمل ملفًا جديدًا للمخطط السلمي، ثم نفذ دائرة تشغيل مصباح من مكانين وإطفائه من مكانين، ثم اعمل محاكاة للبرنامج؛ للتأكد من صحته، ثم احفظه.
- ارسم مخططًا سلميًّا باستخدام القلم والورقة لتشغيل مصباح من ثلاثة أمكنة وإيقافه من ثلاثة أمكنة أيضًا، ثم تأكد من صحته بإشراف معلمك، ثم احتفظ به في ملفك الخاص.

التقويم الذاتي

- دوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيّم تنفيذك لكل خطوة، ووفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

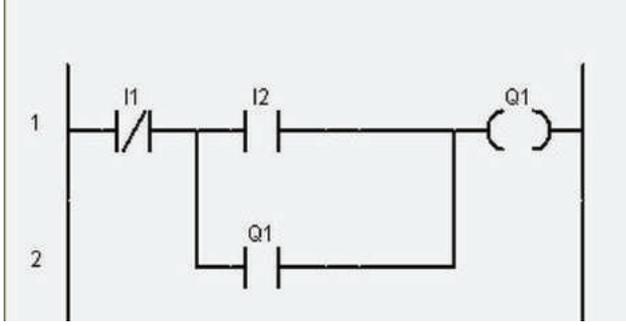
- تعرّف وحدة (PLC) المستخدمة في المشغل.
- ترسم المخطط السلمي لدارة التحكم في مصباح كهربائي باستخدام الحاكن المنطقي المبرمج.
- توصل دارة التحكم لإضاءة مصباح كهربائي وإطفائه عن طريق وحدة (PLC).
- تطبق البرنامج السلمي على وحدة (PLC).

مستلزمات تنفيذ التمرين

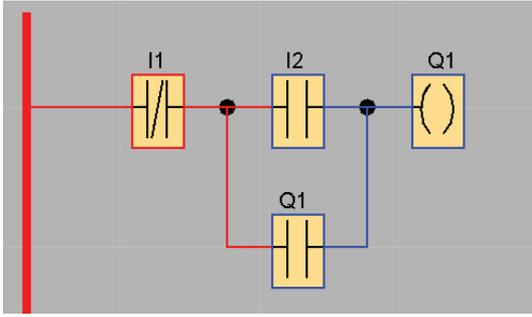
الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● مصباح كهربائي. ● ضواغط تشغيل وإيقاف. ● صندوق عدّة. ● مصدر فولتية مناسبة للحاكن المنطقي المبرمج. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل قياسها (١,٥) مم ٢.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
<p>الشكل (١).</p>	<p>١- دوّن المعلومات الأساسية لوحدة (PLC) الخاصة بعدد المداخل والمخارج المتوافرة في الوحدة، وقيمة فولتية التشغيل الأساسية للوحدة، وأعلى قيمة للتيار تتحمله المخارج.</p> <p>٢- نفذ الدارة الكهربائية الموضّحة في الشكل (١).</p> <p>٣- شغل جهاز الحاسوب، ثم افتح البرمجية الخاصة بوحدة (PLC).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).



الشكل (٣).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ٤ - ارسم المخطط السلمي الموضح في الشكل (٢).
- ٥ - بعد الانتهاء من رسم الدارة ستحصل على دارة مشابهة لتلك المبينة في الشكل (٣).
- ٦ - شغّل نظام المحاكاة الخاص بالبرنامج، وتأكد من خلو البرنامج من الأخطاء.
- ٧ - انقر الضاغط (I2) لتشغيل المصباح، ثم انقر الضاغط (I1) لإطفاء المصباح بواسطة شاشة المحاكاة الخاصة بالبرنامج.
- ٨ - اربط وحدة (PLC) بجهاز الحاسوب، ثم انقل البرنامج من الجهاز إلى الحاكم المنطقي المبرمج.
- ٩ - جرّب دارة التحكم على الوحدة مباشرة باستخدام الضواغط الموصولة بالوحدة، ثم شغّل الدارة عن طريق الضاغط (S2)، ثم أغلقها بواسطة الضاغط (S1)، بإشراف المعلم.
- ١٠ - بعد الانتهاء من التجربة، افصل مصدر الفولطية الموصول بالوحدة، ومصدر الفولطية الموصول بالمصباح.
- ١١ - فك أسلاك الدارة عن الوحدة.
- ١٢ - اكتب تقريرًا مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

– إلام يهدف استخدام الحاكم المنطقي المبرمج (PLC) في دارات التحكم المبرمجة بدلاً من دارات التحكم الكهربائية العادية؟

تمارين الممارسة العملية

- نفذ الدارة الكهربائية لتشغيل مصباحين متصلين على التوازي بواسطة ضاغط تشغيل وضاغط إيقاف عن طريق (PLC)، مراعيًا عمل الآتي:
- رسم المخطط السلمي للدارة السابقة.
 - استخدام المحاكاة للتأكد من سلامة التنفيذ.
 - نقل البرنامج من جهاز الحاسوب إلى وحدة (PLC).
 - بدء تنفيذ التمرين باستخدام الضواغط، بإشراف المعلم.
- ارسم المخطط السلمي لإضاءة مصباح وإطفائه من مكانين (I1،I2،I3،I4)، مراعيًا تشغيل نظام المحاكاة للتأكد من سلامة التنفيذ.

التقويم الذاتي

– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيِّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدَّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

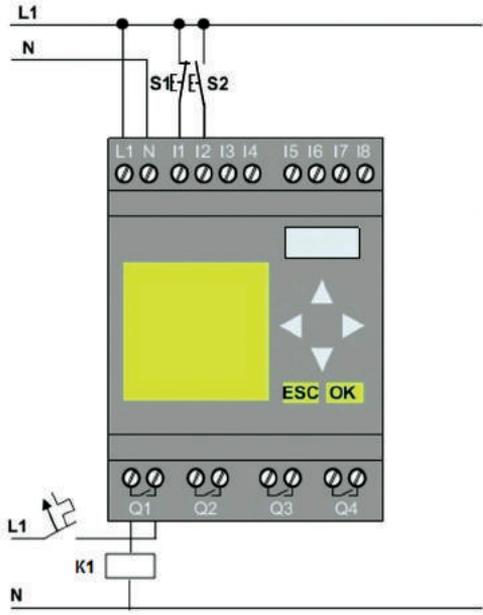
– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- ترسم المخطط السلمي لدارة تشغيل محرك كهربائي أحادي الطور باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج.
- تصل دارة التحكم عن طريق وحدة (PLC).
- تطبق البرنامج السلمي على وحدة (PLC).

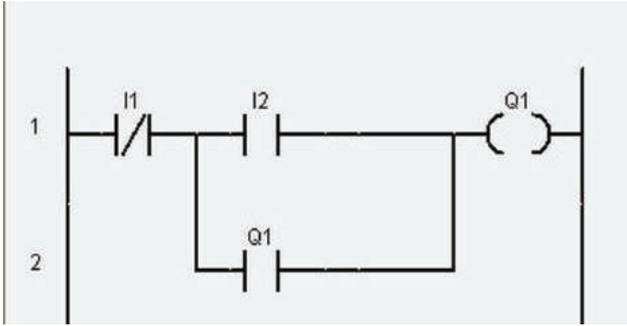
مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك كهربائي أحادي الطور. ● ضواغط تشغيل وإيقاف. ● صندوق عدّة. ● مصدر فولتية مناسبة للحاكم. ● مفتاح تلامسي. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل قياسها (١,٥) مم^٢، و (٢,٥) مم^٢.

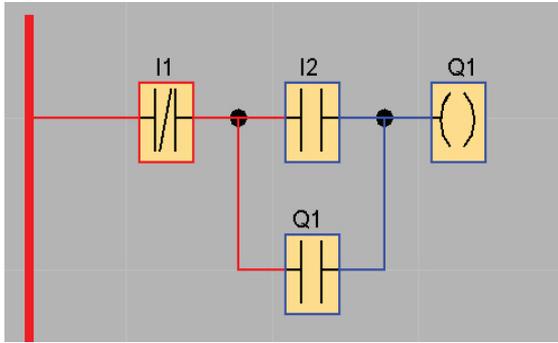
الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١).</p>	<p>١- نفذ الدارة الكهربائية الموضحة في الشكل (١).</p> <p>٢- شغل جهاز الحاسوب، ثم افتح البرمجية الخاصة بوحدة (PLC).</p>

الرسوم التوضيحية

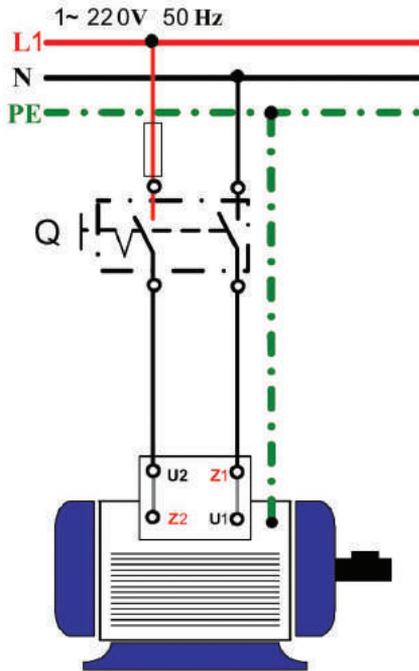
خطوات العمل والنقاط الحاكمة



الشكل (٢).



الشكل (٣).



الشكل (٤).

- ٣ - ارسم المخطط السلمي الموضَّح في الشكل (٢).
- ٤ - بعد الانتهاء من رسم الدارة ستحصل على دارة مشابهة لتلك المبينة في الشكل (٣).
- ٥ - شغّل نظام المحاكاة الخاص بالبرنامج، وتأكد أنّ البرنامج خالٍ من الأخطاء، ثم انقر الضاغط (I2) لتشغيل المحرك، ثم انقر الضاغط (I1) لإيقاف عمل المحرك بواسطة شاشة المحاكاة الخاصة بالبرنامج.
- ٦ - اربط وحدة (PLC) بجهاز الحاسوب، ثم انقل البرنامج من الجهاز إلى الوحدة.
- ٧ - جرّب دارة التحكم على الوحدة مباشرة باستخدام الضواغط الموصولة بالوحدة، ثم شغّل الدارة عن طريق الضاغط (S2)، ثم افصلها بواسطة الضاغط (S1).
- ٨ - صل دارة تشغيل المحرك الأحادي الطور المبينة في الشكل (٤).
- ٩ - صل الدارة بمصدر الفولطية بإشراف المعلم.
- ١٠ - اضغط على ضاغط التشغيل (S2)، ملاحظًا عمل المحرك. وإيقاف عمل المحرك، اضغط على الضاغط (S1).
- ١١ - بعد الانتهاء من التمرين افصل مصدر الفولطية الموصول بالوحدة والمحرك.
- ١٢ - فكّ أسلاك الدارة عن الحاكم المنطقي المبرمج والمحرك.
- ١٣ - اكتب تقريرًا مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

– لماذا لا يوصل المحرك الكهربائي الأحادي الطور مباشرة بأطراف المخرج لوحدة (PLC)؟

تمارين الممارسة العملية

- نفذ الدارة الكهربائية لتشغيل محرك أحادي الطور، مستخدمًا مصابيح إشارة تبين حالة المحرك (مصباح تشغيل / مصباح إيقاف)، مراعيًا عمل الآتي:
- رسم المخطط السلمي للدارة السابقة.
 - استخدام المحاكاة للتأكد من سلامة التنفيذ.
 - نقل البرنامج من جهاز الحاسوب إلى وحدة (PLC).
 - بدء تنفيذ التمرين باستخدام الضواغط، بإشراف المعلم.

التقويم الذاتي

– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

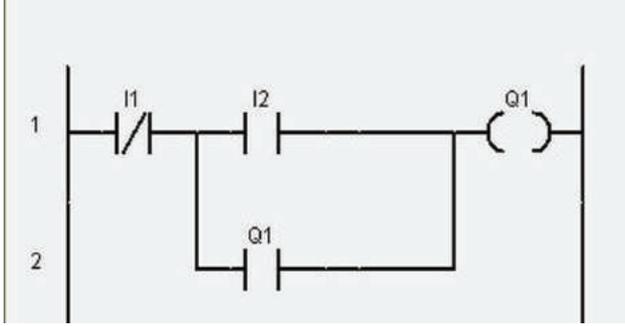
- ترسم المخطط السلمي لدارة تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور باستخدام الحاكن المنطقي المبرمج.
- تصل دارة التحكم عن طريق وحدة (PLC).
- تطبق البرنامج السلمي على وحدة (PLC).

مستلزمات تنفيذ التمرين

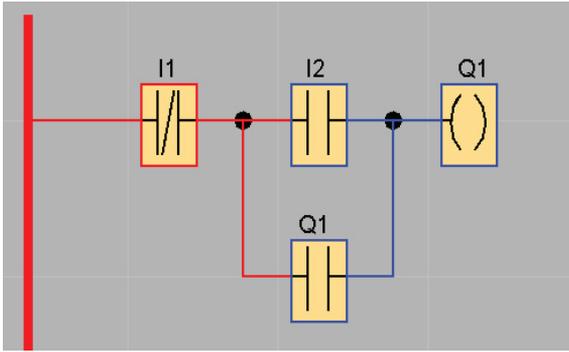
الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور. ● ضواغط تشغيل وإيقاف. ● صندوق عدّة. ● مصدر فولتية مناسبة للحاكن. ● مفتاح تلامسي. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل قياسها (١,٥) مم²، و(٢,٥) مم².

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
<p>الشكل (١).</p>	<p>١- نفذ الدارة الكهربائية الموضحة في الشكل (١).</p> <p>٢- شغل جهاز الحاسوب، ثم افتح البرمجة الخاصة بوحدة (PLC).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).



الشكل (٣).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ٣ - ارسم المخطط السلمي الموضح في الشكل (٢).
- ٤ - بعد الانتهاء من رسم الدارة ستحصل على دارة مشابهة لتلك المبينة في الشكل (٣).
- ٥ - شغّل نظام المحاكاة الخاص بالبرنامج، وتأكد أن البرنامج خالٍ من الأخطاء، ثم انقر الضاغط (I2) لتشغيل المحرك، ثم انقر الضاغط (I1) لإيقاف عمل المحرك بواسطة شاشة المحاكاة الخاصة بالبرنامج.
- ٦ - اربط وحدة (PLC) بجهاز الحاسوب، ثم انقل البرنامج من الجهاز إلى الوحدة.
- ٧ - جرّب دارة التحكم على الوحدة مباشرة باستخدام الضواغط الموصولة بالوحدة، ثم شغّل الدارة عن طريق الضاغط (S2)، ثم افصلها بواسطة الضاغط (S1).
- ٨ - ارسم دارة تشغيل المحرك الثلاثي الطور باستخدام المفتاح التلامسي.
- ٩ - صل دارة تشغيل المحرك الثلاثي الطور.
- ١٠ - صل الدارة بمصدر الفولطية بإشراف المعلم.
- ١١ - اضغط على ضاغط التشغيل (S2)، ملاحظاً عمل المحرك. ولإيقاف عمل المحرك، اضغط على الضاغط (S1).
- ١٢ - بعد الانتهاء من التمرين افصل مصدر الفولطية الموصول بالوحدة والمحرك.
- ١٣ - فك أسلاك الدارة عن الحاكم المنطقي المبرمج والمحرك.
- ١٤ - اكتب تقريراً مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ماذا يحدث لدارة التحكم عند وجود حمل زائد على المحرك وفصل الحماية من فرط التيار؟
- هل يمكن توصيل جهاز الحماية بمنخرج وحدة (PLC)؟

تمارين الممارسة العملية

- نفذ الدارة الكهربائية لتشغيل محرك كهربائي ثلاثي الطور، مستخدمًا مصابيح إشارة تبيّن حالة المحرك (مصباح تشغيل / مصباح إيقاف)، مراعيًا عمل الآتي:
 - رسم المخطط السلمي للدارة السابقة.
 - استخدام المحاكاة للتأكد من سلامة التنفيذ.
 - نقل البرنامج من جهاز الحاسوب إلى وحدة (PLC).
 - بدء تنفيذ التمرين باستخدام الضواغط، بإشراف المعلم.
- ارسم الدارة الكهربائية لتشغيل محرك كهربائي ثلاثي الطور، مستخدمًا المرحل الخاص بالحماية من التيار الزائد (Overload)، وطرقي جهاز الحماية على أحد مداخل وحدات (PLC).

التقويم الذاتي

- دوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

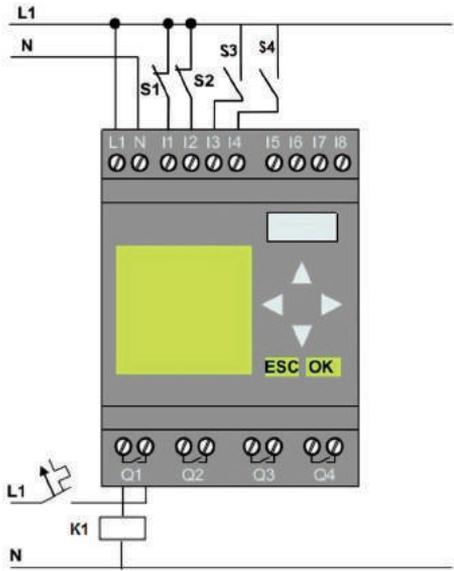
- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

النتائج : يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

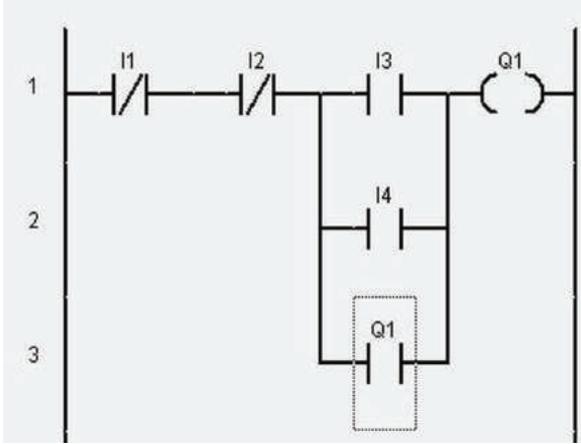
- ترسم المخطط السلمي لدارة تشغيل محرك كهربائي حتي ثلاثي الطور من مكانين باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج.
- تصل دارة التحكم عن طريق وحدة (PLC).
- تطبق البرنامج السلمي على وحدة (PLC).

مستلزمات تنفيذ التمرين

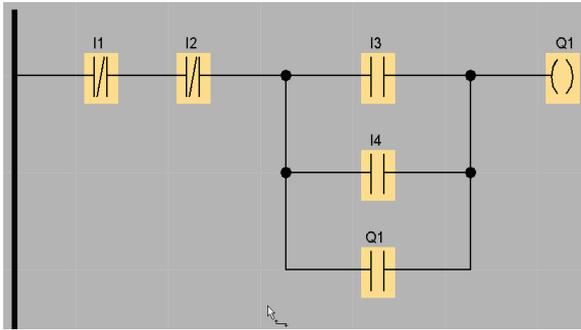
الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك كهربائي حتي ثلاثي الطور. ● ضواغط تشغيل وإيقاف. ● صندوق عدّة. ● مصدر فولطية مناسبة للحاكم. ● مفتاح تلامسي. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل قياسها (١,٥) مم^٢، و(٢,٥) مم^٢.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١).</p>	<p>١- نفذ الدارة الكهربائية الموضحة في الشكل (١).</p> <p>٢- شغل جهاز الحاسوب، ثم افتح البرمجية الخاصة بوحدة (PLC).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).



الشكل (٣).

خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ٣ - ارسم المخطط السلمي الموضَّح في الشكل (٢).
- ٤ - بعد الانتهاء من رسم الدارة ستحصل على دارة مشابهة لتلك المبينة في الشكل (٣).
- ٥ - شغّل نظام المحاكاة الخاص بالبرنامج، وتأكد أنّ البرنامج خالٍ من الأخطاء، ثم انقر الضاغط (I3) لتشغيل المحرك، ثم انقر الضاغط (I1) لإيقاف عمل المحرك بواسطة شاشة المحاكاة الخاصة بالبرنامج.
- ٦ - أعد عملية التشغيل من ضاغط التشغيل الثاني (I4)، ثم انقر ضاغط الإيقاف الثاني (I2)، بواسطة شاشة المحاكاة الخاصة بالبرنامج.
- ٧ - اربط وحدة (PLC) بجهاز الحاسوب، ثم انقل البرنامج من الجهاز إلى الحاكم المنطقي المبرمج.
- ٨ - جرّب دارة التحكم على الحاكم المنطقي المبرمج مباشرة باستخدام الضواغط الموصولة به، ثم شغّل الدارة عن طريق الضاغط (S3)، ثم أغلق الدارة بواسطة الضاغط (S1) بإشراف المعلم.
- ٩ - جرّب دارة التحكم على الحاكم المنطقي المبرمج مباشرة باستخدام الضواغط الموصولة به، ثم شغّل الدارة عن طريق الضاغط (S4)، ثم أغلق الدارة بواسطة الضاغطين: (S1)، أو (S2).
- ١٠ - ارسم دارة تشغيل المحرك الثلاثي الطور باستخدام المفتاح التلامسي.
- ١١ - صل دارة تشغيل المحرك الثلاثي الطور.
- ١٢ - صل الدارة بمصدر الفولطية بإشراف المعلم.

- ١٣- اضغط على ضاغطي التشغيل: (S3) أو (S4)، ملاحظًا عمل المحرك. ولإيقاف عمل المحرك، اضغط على أحد الضاغطين: (S1)، (S2).
- ١٤- بعد الانتهاء من التمرين افصل مصدر الفولطية الموصول بالوحدة والمحرك.
- ١٥- فك أسلاك الدارة عن الحاكم المنطقي المبرمج والمحرك.
- ١٦- اكتب تقريرًا مفصلاً عما قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

- ماذا يحدث لدارة التحكم عند وصل ضواغط التشغيل على التوالي، وضواغط الإيقاف على التوازي في دارة التحكم؟

تمارين الممارسة العملية

- نفذ الدارة الكهربائية لتشغيل محرك كهربائي أحادي الطور وعكس اتجاه دورانه، مراعيًا عمل الآتي:
- رسم المخطط السلمي للدارة.
 - إدخال المخطط السلمي للبرمجية المستخدمة في جهاز الحاسوب بإشراف المعلم، والتحقق من صحة الدارة وعملها باستخدام نظام المحاكاة الموجود داخل البرنامج.
 - نقل البرنامج من جهاز الحاسوب إلى وحدة (PLC).
 - بدء تنفيذ التمرين باستخدام الضواغط، بإشراف المعلم.

التقويم الذاتي

- دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، وِفَق قائمة شطب مُحدَّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

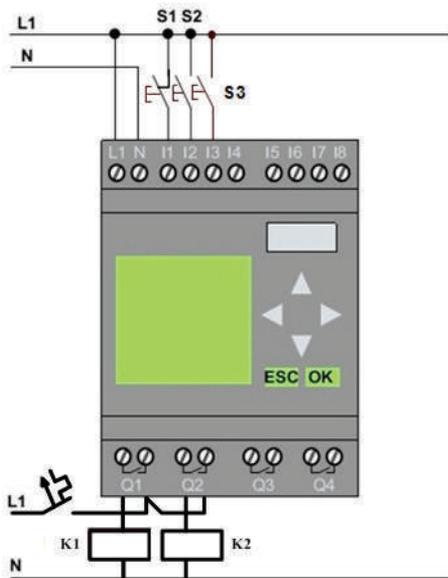
النتائج: يُتوقع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن:

- ترسم المخطط السلمي لدارة تشغيل محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور وعكس اتجاه دورانه باستخدام الحاكم المنطقي المبرمج.
- تصل دارة التحكم عن طريق وحدة (PLC).
- تطبق البرنامج السلمي على وحدة (PLC).

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك كهربائي حثي ثلاثي الطور. ● ضواغط تشغيل وإيقاف. ● صندوق عدّة. ● مصدر فولتية مناسبة للحاكم. ● مفتاحان تلامسيان. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل قياسها (١,٥) مم^٢، و(٢,٥) مم^٢.

الرسوم التوضيحية

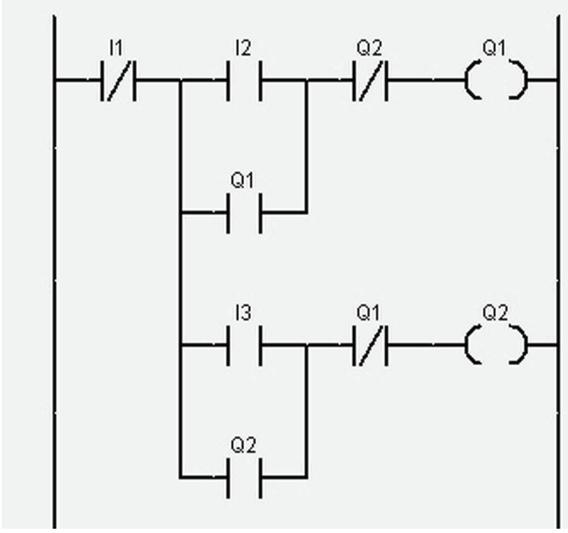


الشكل (١).

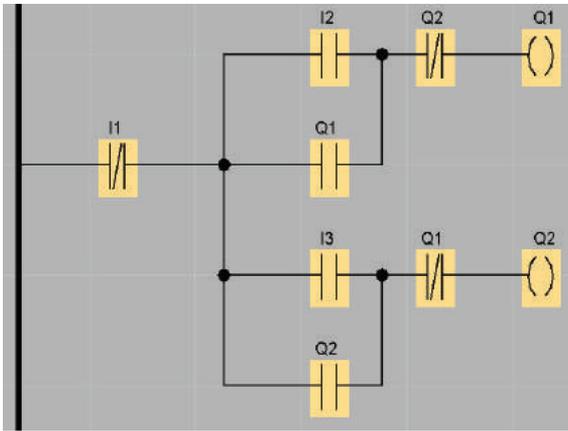
خطوات العمل والنقاط الحاكمة

- ١- نفذ الدارة الكهربائية الموضّحة في الشكل (١).
- ٢- شغّل جهاز الحاسوب، ثمّ افتح البرمجية الخاصة بوحدة (PLC).

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢).



الشكل (٣).

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٣ - ارسم المخطط السلمي الموضح في الشكل (٢).
- ٤ - بعد الانتهاء من رسم الدارة ستحصل على دارة مشابهة لتلك المبينة في الشكل (٣).
- ٥ - شغل نظام المحاكاة الخاص بالبرنامج، وتأكد أن البرنامج خالٍ من الأخطاء، ثم انقر ضاغط التشغيل الأول (I2) ثم ضاغط الإيقاف (I1) بوساطة شاشة المحاكاة الخاصة بالبرنامج.
- ٦ - انقر ضاغط التشغيل (I3). ماذا تلاحظ؟
- ٧ - انقر ضاغط الإيقاف (I1) لإغلاق الدارة، ثم أعد تشغيلها من ضاغط التشغيل الثاني (I3) في شاشة المحاكاة.
- ٨ - شغل المحرك بحيث يدور في الاتجاه المعاكس؛ وذلك بنقر الضاغط (I2). ستلاحظ أنه لا يمكن تغيير اتجاه دوران المحرك إلا بعد إيقافه عن العمل وإعادة تشغيله بحسب الاتجاه المطلوب.
- ٩ - اربط وحدة (PLC) بجهاز الحاسوب، ثم انقل البرنامج من الجهاز إلى الحاكم المنطقي المبرمج.
- ١٠ - جرّب دارة التحكم على الحاكم المنطقي المبرمج مباشرة باستخدام الضواغط الموصولة به، ثم شغل الدارة عن طريق الضاغط (S2)، ثم أغلق الدارة بوساطة الضاغط (S1).

١١- جرّب دارة التحكم على الحاكم المنطقي المبرمج مباشرة باستخدام الضواغط الموصولة به، ثم شغّل الدارة عن طريق الضاغط (S3)، ثم أغلقها بوساطة الضاغط (S1).

١٢- ارسم دارة عكس اتجاه دوران المحرك الثلاثي الطور باستخدام المفاتيح التلامسية.

١٣- صل دارة تشغيل المحرك الثلاثي الطور.

١٤- صل الدارة بمصدر الفولطية بإشراف المعلم.

١٥- اضغط على ضاغط التشغيل (S2)، ملاحظاً اتجاه دوران المحرك.

١٦- اضغط على ضاغط الإيقاف (S1)، ثم الضاغط (S3)، ملاحظاً اتجاه دوران المحرك.

١٧- انقر الضاغط (S1) لإيقاف عمل المحرك.

١٨- بعد الانتهاء من التمرين افصل مصدر الفولطية الموصول بالحاكم المبرمج والمحرك.

١٩- فكّ أسلاك الدارة عن الحاكم المنطقي المبرمج والمحرك.

٢٠- اكتب تقريراً مفصلاً عمّا قمت به في دفتر التدريب العملي.

التقييم

— ماذا يحدث لدارة التحكم عند وصلها من دون ملامسات (N.C)؟



– نفذ الدارة الكهربائية لتشغيل محرك كهربائي ثلاثي الطور وعكس اتجاه دورانه من مكانين،
مراعياً عمل الآتي:

- رسم المخطط السلمي للدارة.
- إدخال المخطط السلمي للبرمجية المستخدمة في جهاز الحاسوب بإشراف المعلم،
والتحقق من صحة الدارة وعملها باستخدام نظام المحاكاة الموجود داخل البرنامج.
- نقل البرنامج من جهاز الحاسوب إلى وحدة (PLC).
- بدء تنفيذ التمرين باستخدام الضواغط، بإشراف المعلم.



– دَوِّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قَيِّم تنفيذك لكل خطوة، وَفَق قائمة شطب مُحدَّدة
واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

قائمة المصطلحات

Adequateness	ملاءمة
Analog Input	مدخل تشابهي
Analog Output	مخرج تشابهي
Arc welding Transformer	محول لحام
Arcing Time	زمن دوام القوس الكهربائي
Arithmetic Operations	عمليات حسابية
Autotransformer	محول ذاتي
Auxiliary Relay	مرحل مساعد
Cartridge Type Fuse	مصهر خرطوشي
Circuit Breaker	قاطع كهربائي
Consistency	متانة
Contact	مفتاح تلامسي
Control Circuit	دائرة تحكم
Control Device	جهاز تحكم
Core type	نوع القلب
Counting	عدّ
Current Transformer	محول تيار
Cut Off Current	تيار قطع
Data	بيانات
Delta – Delta Connection	توصيلة (مثلث – مثلث)
Delta – Star Connection	توصيلة (مثلث – نجمة)
Digital Input	مدخل رقمي
Digital Output	مخرج رقمي
Down-counter	عداد تنازلي
Drop Out Current	تيار إرجاع
Dynamic Braking	كبح دينامي
Electrical Sensor	مجس كهربائي

Float Switch	طافية كهربائية
Function Block Diagram	مخطط صندوقي وظيفي
Fuse	مصهر
Fuse Link	وصلة مصهر
Fusing Current	تيار صهر
Fusing Factor	معامل انصهار المصهر
Graphical Language	لغة رسومية
Hardware	مكونات صلبة
High Frequency Transformers	محولات التردد العالي
Input Scan	فحص حالة المداخل
Inputs Module	وحدات إدخال
Instantaneous Relay	مرحل لحظي
Instruction List	لائحة التعليمات
Instrument Transformer	محول قياس
Inverse Time Relay	مرحل ذو زمن عكسي
Iron Losses	مفاقد حديدية
Kinetic Energy	طاقة حركية
kVA Rating	مقرر المحول
Ladder Diagram	مخطط سلبي
Limit Switch	مفتاح حدّي
Locked Rotor	حشر العضو الدوّار
Logic	منطق
Magnetic and Thermal Breaker	قاطع حراري مغناطيسي
Magnetic Breaker	قاطع مغناطيسي
Main Relay	مرحل أساسي
Measuring Relay	مرحل قياس
Melting Time	زمن الصهر
Memory	ذاكرة

Microprocessor	معالج دقيق
Mutual Induction	حث متبادل
Nameplate	لوحة اسمية
Normally Closed Contact (NCC)	ملامس مغلق في الوضع الطبيعي
Normally Open Contact (NOC)	ملامس مفتوح في الوضع الطبيعي
Off Delay Timer	مؤقتات تأخير الفصل
On Delay Timer	مؤقتات تأخير الوصل
On/Off Delay Timer	مؤقتات تأخير الوصل والفصل
Open Circuit Test	فحص الدارة المفتوحة
Output Scan	فحص حالة المخارج
Outputs Module	وحدات الخرج
Over Current	فرط التيار
Over Current Protection Relay	مرحل حماية من ارتفاع التيار
Overload	زيادة الحمل
Phase Failure Protection	حماية من انقطاع الطور
Photo Electric Sensor	مجس كهروضوئي
Photocell	خلية ضوئية
Power Losses in Transformers	مفاقد القدرة في المحولات الكهربائية
Power Rating	مقرر القدرة
Power Transformer	محول قدرة
Preset Value	قيمة الضبط المسبقة
Pressure Switch	مفتاح التحكم في الضغط
Pressure Transmitter	مجس التحكم في الضغط
Primary Relay	مرحل أولي
Programmable Logic Controller (PLC)	الحاكم المنطقي المبرمج
Programming device	جهاز البرمجة
Prospective Current	التيار المتوقع
Protective Relay	مرحل حماية

Proximity Sensor	مجس اقترابي
Push Button	ضواغط التشغيل والإيقاف
RAM – Random Access Memory	الذاكرة المتطيرة
Rated Carrying Current	التيار المقرر للكبل
Rated Current	التيار المقنن
Read Only Memory (ROM)	ذاكرة القراءة فقط
Recovery Voltage	فولتية الاستعادة
Relay	مرحل
Reliability	اعتمادية
Retentive On Delay Timers	مؤقتات تأخير الوصل الاحتفاظية
Rung	درجة
Scanning	مسح
Secondary Relay	مرحل ثانوي
Selection of Fuses	اختيار المصهرات
Selectivity	الانتقائية
Self-diagnostic	تشخيص ذاتي
Semi – Enclosed Rewireable Fuse	مصهر شبه مغلق قابل للتغيير
Semiconductors	أشباه الموصلات
Sensitivity	حساسية
Sequence	تتابع
Shell type	نوع هيكلية
Short circuit	دائرة قصر
Short Circuit Current	تيار قصر
Short circuit test	فحص دائرة القصر
Software	برمجيات
Speed	سرعة
Star – Delta Connection	توصيلة (نجمة – مثلث)
Star-Star Connection	توصيلة (نجمة – نجمة)

Static Relay	مرحل استاتي
Step down Transformer	محول خافض للفولطية
Step up Transformer	محول رافع للفولطية
Structured text	نص بنيوي
Protections Systems	أنظمة حماية
Tap changer	مبدل فولطية
Textural Language	لغة تركيبية
Thermal Relay	مرحل حراري
Thermocouple	مجس ازدواج حراري
Time delay Relay	مرحل تأخير زمني
Timer and Counter	مؤقت وعداد
Timing	توقيت
Total Operating Time	زمن التشغيل الكلي
Transformer Efficiency	كفاءة المحول
Truth Table	جدول الحقيقة
Unbalanced Power Supply	مصدر قدرة غير متزن
Under and Over Frequency Relay	الحماية من انخفاض التردد وارتفاعه
Under And Over Voltage Protection	الحماية من انخفاض الفولطية وارتفاعها
Up/Down counter	عداد تصاعدي/ تنازلي
Up-counter	عداد تصاعدي
Voltage Rating	الفولطية المقررة
Voltage Transformer	محول فولطية

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

- ١- بولتون، المتحكمات المنطقية القابلة للبرمجة (PLC) وتطبيقاتها الهندسية، ترجمة شوقي مريشة، ط ٢، دار شعاع للنشر والعلوم، سوريا، ٢٠٠٣ م.
- ٢- المصري، محمد صبحي، التحكم الكهربائي الصناعي والآلي، ج ١، دار الأنس، سوريا، ١٩٩٤ م.
- ٣- جرجس، وجيه، دوائر التحكم الآلي، ج ٢، معهد السالزيان، مصر، ١٩٩٥ م.
- ٤- جرجس، وجيه، دوائر التحكم الآلي: تصميم - تنفيذ - صيانة - إصلاح، معهد السالزيان، مصر، ١٩٩٠ م.

ثانياً: 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, **Technician'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



تَمَّ بِحَمْدِ اللَّهِ تَعَالَى

