١٢

بسم الله الرحمن الرحيم

دولة فلسطين
وزارة التربية والتعليم

كهرباء استعمال

الفرع الصناعي

رزمة تعليمية-غزة

فريق التأليف:

م. نجيب جابر (منسقاً)
م. حامد أبو هنيه
م. عبد الله شلة
م. عمر خريشي
م. ماهر يعقوب

قررت وزارة التربية في دولة فلسطين
تدريس هذا الكتاب في مدارسها بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٩ /٢٠٢٠م

الإشراف العام

رئيس لجنة المناهج — د. صبري صيدم
نائب رئيس لجنة المناهج — د. بصري صالح
رئيس مركز المناهج — أ. ثروت زيد

الدائـــرة الفنية

إشراف فني — أ.كمال فحماوي
تصميم — أ. حنين شعبان / أ.سمر عوض

تحرير لغوي — أ. رائد شريدة
متابعة المحافظات الجنوبية — د. سمية النخّالة

الطبعة التجريبية
٢٠١٩ م/ ١٤٤٠هـ

جميع حقوق الطبع محفوظة ©

دولـــة فلـسطين
وزارة التربية والتعليم
مركز المناهج

حي الماصيون، شارع المعاهد
ص. ب 719 - رام الله - فلسطين
pcdc.edu.ps | pcdc.mohe@gmail.com

moehe.gov.ps | mohe.pna.ps | mohe.ps
.com/MinistryOfEducationWzartAltrbytWaltlym
هاتف +970-2-2983280 | فاكس +970-2-2983250

تقديم

يتصف الإصلاح التربوي بأنه المدخل العقلاني العلمي النابع من ضرورات الحالة، المستند إلى واقعية النشأة، الأمر الذي انعكس على الرؤية الوطنية المطورة للنظام التعليمي الفلسطيني في محاكاة الخصوصية الفلسطينية والاحتياجات الاجتماعية، والعمل على إرساء قيم تعزز مفهوم المواطنة والمشاركة في بناء دولة القانون، من خلال عقد اجتماعي قائم على الحقوق والواجبات، يتفاعل المواطن معها، ويعي تراكيبها وأدواتها، ويسهم في صياغة برنامج إصلاح يحقق الآمال، ويلامس الأماني، ويرنو لتحقيق الغايات والأهداف.

ولما كانت المناهج أداة التربية في تطوير المشهد التربوي، بوصفها علماً له قواعده ومفاهيمه، فقد جاءت ضمن خطة متكاملة عالجت أركان العملية التعليمية التعلّمية بجميع جوانبها، بما يسهم في تجاوز تحديات النوعية بكل اقتدار، والإعداد لجيل قادر على مواجهة متطلبات عصر المعرفة، دون التورط بإشكالية التشتت بين العولمة والبحث عن الأصالة والانتماء، والانتقال إلى المشاركة الفاعلة في عالم يكون العيش فيه أكثر إنسانية وعدالة، وينعم بالرفاهية في وطن نحمله ونعظمه.

ومن منطلق الحرص على تجاوز نمطية تلقّي المعرفة، وصولاً لما يجب أن يكون من إنتاجها، وباستحضار واعٍ لعديد المنطلقات التي تحكم رؤيتنا للطالب الذي نريد، وللبنية المعرفية والفكريّة المتوخّاة، جاء تطوير المناهج الفلسطينية وفق رؤية محكومة بإطار قوامه الوصول إلى مجتمع فلسطيني ممتلك للقيم، والعلم، والثقافة، والتكنولوجيا، وتلبية المتطلبات الكفيلة بجعل تحقيق هذه الرؤية حقيقة واقعة، وهو ما كان له ليكون لولا التناغم بين الأهداف والغايات والمنطلقات والمرجعيات، فقد تآلفت وتكاملت؛ ليكون النتاج تعبيراً عن توليفة تحقق المطلوب معرفياً وتربوياً وفكرياً.

ثمّة مرجعيات تؤطّر لهذا التطوير، بما يعزّز أخذ جزئية الكتب المقررّة من المنهاج دورها المأمول في التأسيس؛ لتوازن إبداعي خلّاق بين المطلوب معرفياً، وفكرياً، ووطنياً، وفي هذا الإطار جاءت المرجعيات التي تم الاستناد إليها، وفي طليعتها وثيقة الاستقلال والقانون الأساسي الفلسطيني، بالإضافة إلى وثيقة المنهاج الوطني الأول؛ لتوجّه الجهد، وتعكس ذاتها على مجمل المخرجات.

ومع إنجاز هذه المرحلة من الجهد، يغدو إزجاء الشكر للطواقم العاملة جميعها؛ من فرق التأليف والمراجعة، والتدقيق، والإشراف، والتصميم، وللجنة العليا أقل ما يمكن تقديمه، فقد تجاوزنا مرحلة الحديث عن التطوير، ونحن واثقون من تواصل هذه الحالة من العمل.

وزارة التربية والتعليم

مركز المناهج الفلسطينية

آب / ٢٠١٩م

مقدمة:

يأتي هذا المقرّر ضمن خطة وزارة التربية والتعليم العالي لتحديث المناهج الفلسطينية وتطويرها لفروع التعليم المهني، بحيث يتضمّن مجموعة كفايات يمتلكها خرّيج التعليم المهني التي يتطلبها سوق العمل، ومواكبة آخر التطورات الحديثة في علم الصناعة، والتدريب العملي بما يتوائم مع متطلبات عصر المعارفة.

لقد تم تأليف هذا الكتاب ضمن منهجية الوَحدات النمطية المبنية على المواقف والأنشطة التعلّمية، بحيث يكون الطالب منتجاً للمعرفة لا مُتلقياً لها، بحيث يعطى للطالب الفرصة للانخراط في التدريبات التي تُنفَّذ بروح الفريق، والعمل الجماعي، لذا تضمّنت وَحدات هذا المقرّ الحالات الدراسية التي تعمل على تقريب الطالب المتدرب من بيئة سوق العمل، والأنشطة التعلّمية ذات الطابع التطبيقي المتضمنة خطّة العمل الكاملة للتمرين؛ لما تحتويه من وصف تنفيذ التمرين، ومنهجيته، وموارده، ومتطلباته، إضافة إلى صناديق المعرفة، وقضايا التفكير التي تُذكي ذاكرة الطالب.

لقد تمّ ربط أنشطة هذا الكتاب وتدريباته بقضايا عملية مُرتبطة بالسياق الحياتيّ للطالب، وبما يُراعي قُدرته على التنفيذ، كما تمّ التركيز على البيئة والسوق الفلسطيني وخصوصياتها عند طرح الموضوعات، وربطها بواقع الحياة المعاصر، وتجلّى ذلك من خلال الأمثلة العملية، والمشاريع الطلابية، حيث تمّ توزيع مادة الكتاب الذي بين أيدينا على ما يأتي:

احتوى الكتاب على ست وَحدات نمطية، الوَحدة الأولى تتعلق بالمحوّلات الكهربائية، أما الوَحدة الثانية فتضمنت إلكترونيات القدرة، والوَحدة الثالثة تضمنت دارات التحكم، والوَحدة الرابعة تضمنت آلات التيار المتناوب، أما الوَحدة الخامسة فتضمنت محركات التيّار المستمر، والوَحدة السادسة تضمنت المتحكم المنطقي المبرمج (PLC).

ولمّا كانت الحاجة لصقل المعلومة النظرية بالخبرة العملية، فقد تمّ وضع مشروع في نهاية كلّ وَحدة نمطية؛ لتطبيق ما تعلّمه الطلبة، ونأمل تنفيذه بإشراف المعلم.

واللهَ نسأل أن نكون قد وفّقنا في عرض موضوعات هذا الكتاب بما يراعي قدرات الطلبة، ومستواهم الفكري، وحاجاتهم، وميولهم النفسية والوجدانية والاجتماعية، وكلّنا أمل بتزويدنا بملاحظاتهم البنّاءة؛ ليتمّ إدخال التعديلات والإضافات الضرورية في الطبعات اللاحقة؛ ليصبح هذا الجهد تامّاً متكاملاً خالياً من أيّ عيب أو نقص قدر الإمكان.

والله ولي التوفيق

فريق التّأليف

المحتويـــات

الوَحدة النمطية الأولى — المحوّلات الكهربائية — 2

1.1 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: تحليل مكونات المحوّلات الكهربائية، ومواصفاتها — 5
2.1 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التعرّف إلى أنواع المحوّلات الكهربائية أحادية الطور، وثلاثية الأطوار — 11
3.1 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: توصيل المحوّلات الكهربائية أحادية الطور، وثلاثية الأطوار — 26
4.1 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التعرّف إلى الحسابات الخاصة بالمحوّلات الكهربائية — 35

الوَحدة النمطية الثانية — إلكترونيات القدرة — 47

1.2 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: بناء دارات التقويم غير المحكومة أحادية الطور — 50
2.2 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: بناء دارات التقويم غير المحكومة ثلاثية الأطوار — 68

الوَحدة النمطية الثالثة — دارات التحكم — 111

1.3 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التعرّف إلى البيانات الأساسية للمفاتيح التلامسية — 114
2.3 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: توصيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي — 120
3.3 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: تشغيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي ومرحّلات حماية — 132
4.3 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: تشغيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي، ومؤقّت زمني — 137
5.3 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: تشغيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح يدوي — 145

الوَحدة النمطية الرابعة — آلات التيار المتناوب — 154

1.4 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التعرّف إلى تركيب المحرّك الكهربائي، ومبدأ عمله — 157
2.4 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: حساب قدرة المحرّكات الكهربائية، وكفاءتها — 170
3.4 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التحكّم في عزم تيار البدء للمحرّكات الحثّية ثلاثية الأطوار — 180
4.4 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التحكّم بسرعة المحرّكات الحثّية ثلاثية الأطوار — 196
5.4 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التعرّف إلى أنواع المحرّكات الكهربائية أحادية الطور — 206

الوَحدة النمطية الخامسة — محركات التيّار المستمر — 224

1.5 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: فكّ محرّك تيار مستمرّ (DC)، وتركيبه، وصيانته — 227
2.5 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التعرّف إلى طرق إثارة محرّكات التيار المستمرّ — 235
3.5 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التعرّف إلى حسابات محرّكات التيار المستمرّ — 248
4.5 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التعرّف إلى ردّ فعل منتج محرّكات التيار المستمرّ، وطرق التحكّم بسرعتها — 261

الوَحدة النمطية السادسة — المتحكم المنطقي المبرمج (PLC) — 275

1.6 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التّعرُّف إلى مكونات المتحكِّم المنطقي المبرمج (PLC) — 278
2.6 الموقف التّعليمي التّعلُّمي: التّعرُّف إلى طرق برمجة المتحكِّم المنطقي المبرمج (PLC) — 293

308

الوَحدة النمطية الأولى

المحوّلات الكهربائية

(Electrical Transformers)

أتأمّل، ثمّ أناقش:

ما دور المحوّلات الكهربائية في شبكات توزيع الطاقة الكهربائية؟

الوَحدة النمطية الأولى

المحوّلات الكهربائية

يُتوقَّع من الطلبة بعد دراسة هذه الوَحدة، والتفاعل مع أنشطتها المختلفة، أن يكونوا قادرين على معرفة مواصفات المحوّلات الكهربائية، وتركيبها، ومبدأ عملها، وأنواعها المختلفة، وأماكن استخدامها، وكيفية عمل الحسابات اللازمة لأنواعها المختلفة، من خلال الآتي:

1. تمييز مكونات المحوّلات الكهربائية المختلفة، ومواصفاتها.
2. تمييز أنواع المحوّلات الكهربائية المختلفة، واستخداماتها، وتطبيقاتها.
3. توصيل المحوّلات الكهربائية أحادية الطور، وثلاثية الأطوار.
4. عمل الحسابات اللازمة للمحوّلات الكهربائية.

الكفايات المهنية:

الكفايات المتوقَّع من الطلبة امتلاكها بعد الانتهاء من دراسة هذه الوَحدة:

أولاً- الكفايات الحرفية:

* القدرة على تحليل مكونات المحوّلات الكهربائية، ومواصفاتها.
* القدرة على معرفة أنواع المحوّلات الكهربائية أحادية الطور، وثلاثية الأطوار.
* القدرة على تمييز طرق توصيل محوّلين أحاديَّي الطور.
* القدرة على تمييز طرق توصيل المحوّلات ثلاثية الأطوار.
* القدرة على معرفة تركيب المحوّل الذاتي، وحساب سَعَته.
* القدرة على معرفة مبدّلات الجهد في المحوّلات الكهربائية.
* القدرة على معرفة وسائل عزل المحوّلات الكهربائية، وتبريدها.
* القدرة على معرفة أنواع المفاقيد في المحوّلات الكهربائية.
* القدرة على حساب سَعَة المحوّلات الكهربائية، وتياراتها، وجهودها التشغيلية.
* القدرة على حساب كفاءة المحوّلات الكهربائية.

ثانياً- الكفايات الاجتماعية والشخصية:

* الثقة بالنفس.
* الاستقلالية.
* العمل ضمن فريق.
* فهم توزيع الأدوار، وتقبّلها.
* مهارات التواصل العالية، والمظهر اللائق.
* بناء علاقات طيبة مع الزبائن.
* المصداقية في التعامل مع الزبون.
* المحافظة على خصوصية الزبون.
* الاستعداد باستمرار لتلبية رغبات الزبون.
* القدرة على إقناع الزبون.
* القدرة على استيعاب الزبون، ورأيه.
* الاستعداد للاستعانة بذوي الخبرة والاختصاص.
* القدرة على التفكير التحليلي، واختيار الحل الأنسب.
* الالتزام بأخلاقيات المهنة.

ثالثاً- الكفايات المنهجية:

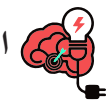
* العمل التعاوني.
* البحث العلمي.
* العصف الذهني (استمطار الأفكار).
* الحوار والمناقشة.

قواعد الأمن والسلامة المهنية:

* التأكد من صلاحِيَة أجهزة الفحص المستخدمة.
* معرف تامة بأسس السلامة المهنية الشخصية، والبيئية المحيطة.
* ارتداء ملابس السلامة المهنية المناسبة (حذاء معزول، وكفوف يدوية).
* استخدام العِدَد والتجهيزات المطابقة لقواعد الأمن والسلامة.
* ترتيب طاولة العمل (مكان العمل)، وتنظيفها، قبل الانتهاء من التنفيذ، وبعده.

1.1 الموقف التعليمي التعلّمي: تحليل مكونات المحوّلات الكهربائية، ومواصفاتها:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: في أثناء عملي في شركة توريدات كهربائية، حضر أحد هواة الإلكترونيات، وطلب شراء محوّل كهربائي؛ لتركيبه في دارة كهربائية بسيطة.



العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلّم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من هاوي الإلكترونيات عن: • جهد المحوّل التشغيلي. • سَعَة المحوّل. • مكان استخدام المحوّل. - أجمع البيانات عن: • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق). - البحث العلمي.	- الوثائق: • طلب الهاوي. • كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المحوّلات. • فيديو عن المحوّلات الكهربائية.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • جهد المحوّل التشغيلي. • سَعَة المحوّل. • مكان استخدام المحوّل. • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية. - أحدد خطوات العمل. - أُعد جدول زمني للتنفيذ.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية.
أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، والانتباه إلى: • قياس الجهد والتيار الواصل للملفين الابتدائي والثانوي. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - إنجاز المهمة وَفق المواصفات الفنية المطلوبة.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- محوّلات مناسبة. - جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية). - كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية.

أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج التي عُبِّئت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد، ووَفق طلب الهاوي. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني (مجموعات عمل). - البحث العلمي	- طلب الهاوي. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية).
أوثّق، وأعرض	- نتائج جمع البيانات عن: • جهد المحوّل التشغيلي. • سَعَة المحوّل. • مكان استخدام المحوّل. • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية. - إنشاء ملف خاص بالحالة (تحليل مكونات المحوّلات الكهربائية، ومواصفاتها). - تجهيز تقرير فني للهاوي. - إعداد تقرير كامل بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- المقارنة بين قدرة الهاوي على تحليل مكونات المحوّل الكهربائي قبل التعرّف إلى مكوناته، وبعده. - تعبئة نموذج التقييم. - رضا الهاوي (موافقة الهاوي على شراء محول كهربائي لتركيبه في دارة بسيطة، بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب الهاوي. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة: 1. ما المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية؟

2. أذكر مكونات المحوّلات الكهربائية الرئيسة.

3. أشرح مبدأ عمل المحوّلات الكهربائية.

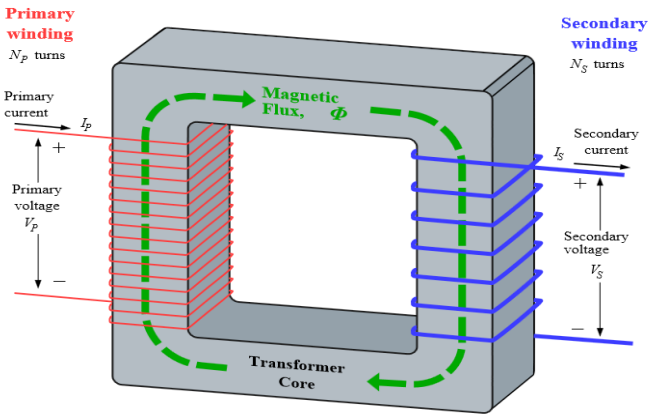
4. أبحث في الإنترنت عن سبب انتشار المحوّلات الكهربائية في الشبكات الكهربائية.

أتعلّم: المحوّلات الكهربائية

نشاط: يُظهر الشكل الآتي ملصق اللوحة الاسمية لمحوّلين كهربائيين مختلفين، أذكر أهمّ الفروق في بيانات المحوّلين:

المحوّل الكهربائي: هو جهاز كهربائي إستاتيكي غير متحرك، يُستخدم لنقل الطاقة الكهربائية من مكان لآخر، مع تحويل الجهد المتناوب من قيمة معينة إلى قيمة أخرى (أعلى، أو أقلّ)، مع ثبات القدرة. يُعَدّ المحوّل الكهربائي من العناصر المهمّة في المنظومة الكهربائية، ولا يقتصر استخدامه على الدارات الكهربائية البسيطة، بل إنّ له كثيراً من الاستخدامات في شبكات القوى الكهربائية.

تركيب المحوّلات الكهربائية: يعتمد مبدأ عمل المحوّلات الكهربائية على تركيبها، حيث تتكوّن في أبسط صورها من قلب حديدي، ملفوف على جانبيه ملفّان، ليس بينهما أيّ اتصال، ويكون لكلّ منهما جهد مختلف، وقد يتساويا أحياناً، يُسمّى الملف الأول الملف الابتدائي (Primary Winding)، حيث يكون متصلاً بمصدر الجهد، ويتكون من عدد من اللفات، يُرمز لها بالرمز (N_p)، بينما يتصل الملف الثاني بالحمل المراد نقل الطاقة الكهربائية إليه، ويُسمّى الملف الثانوي (Secondary Winding)، ويتكون من عدد آخر من اللفات التي يتمّ من خلالها تغذية الأحمال، ويُرمز لها بالرمز (N_s)، ويبين الشكل (1) تركيب محول كهربائي بسيط.



شكل (1): تركيب المحوّل الكهربائي

وعليه يمكن القول: أنّ المحوّلات الكهربائية تتكوّن من عنصرين أساسيين، هما القلب، والملفات.

مبدأ عمل المحوّل الكهربائي:

ويعتمد مبدأ عمل المحوّل الكهربائي على قانون أمبير، وقانون فاراداي الأول.

- وَفق قانون أمبير، إذا مرّ تيار في الملف الابتدائي للمحوّل، فإنّ مجالاً مغناطيسياً يتولّد حوله، وتزداد شدّته بازدياد قيمة التيار.
- وفق قانون فارادي، فإن المجال المغناطيسي المتولّد (متغيّر القيمة)، سيولّد قوة دافعة كهربائية في الملف الابتدائي، وكذلك الحال في الملف الثانوي بطريقة تأثيرية، حيث تتناسب قيمة القوة الدافعة الكهربائية المتولّدة تناسباً طردياً مع معدل التغيّر في المجال المغناطيسي بالنسبة للزمن.

أفكّر: هل يعمل المحوّل الكهربائي في أنظمة التيار المستمر؟ لماذا؟

وَفق قانون فاراداي:

$$e = -N\, d\emptyset/dt$$

حيث إنّ:

(N): عدد لفات الملف.

$\emptyset$:التدفق المغناطيسي المتولّد، ووحدته ويبر، ويُرمز له(Wb).

بِمَ أفسّر الإشارة السالبة في المعادلة السابقة؟

تولّد القوة الدافعة الكهربائية (e) المتولّدة في الموصلات، عند قطعها مجالاً مغناطيسياً، تياراً يَنتج عنه مجال مغناطيسي يعاكس المجال المغناطيسي الأصلي حسب قانون لنز.

ويمكن حساب القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربائية (E)، المتولّدة في الملف الابتدائي، وَفق المعادلة الآتية:

$$E_p = 4.44\, f\, N_p\, \emptyset_{max}$$

ويمكن كذلك حساب القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربائية (E)، المتولّدة في الملف الثانوي، وَفق المعادلة الآتية:

$$E_S = 4.44\, f\, N_S\, \emptyset_{max}$$

حيث إن:

E_p ،E_s: القوة الدافعة الكهربائية المتولّدة في الملفين الابتدائي، والثانوي على التوالي، ووحدتها فولت (V).

N_p ،N_S: عدد لفات الملفين الابتدائي، والثانوي على التوالي.

$\emptyset_{max}$: القيمة العظمى للتدفق المغناطيسي.

(f): التردّد، ووحدته هيرتز (Hz).

من المعادلتين السابقتين، ألاحظ أنّ القيمة الفعالة للقوة الدافعة الكهربائية تتناسب طردياً مع التردّد، والفيض المغناطيسي.

ومن المواصفات الفنية للمحولات الكهربائية سعتها وجهودُ ملفاتها ونوع مصدر جهدها (أحادي الطور أو ثلاثي الأطوار) ونوعه ....وهكذا.

نشاط: أفكّ محوّلاً كهربائياً أحادي الطور ذا قلب حديدي، وأتعرّف إلى أجزائه، ومكوناته، ثمّ أعيد تجميعه.

نسبة التحويل:(Transformation Ratio).

أولاً- نسبة تحويل الجهد:

يمكن حساب نسبة تحويل الجهد (a) في المحوّلات الكهربائية بين الملف الابتدائي، والثانوي، وَفق المعادلة الآتية:

$$a = N_p/N_s = E_p/E_s$$

يكون المحوّل رافعاً للجهد عندما تكون $a < 1$، ويكون خافضاً للجهد عندما تكون $a > 1$، ويستفاد من ذلك كثيراً في الدارات الكهربائية، وفي نقل الطاقة من المولّدات الكهربائية إلى مناطق الاستهلاك.

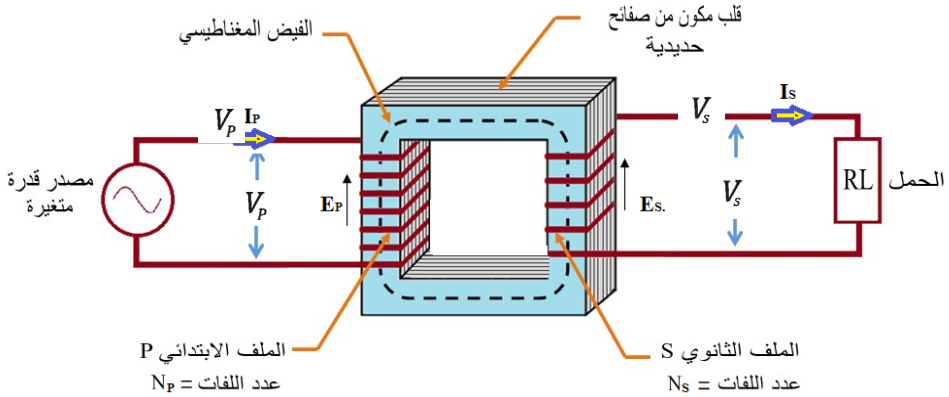
ثانياً- نسبة تحويل التيار:

عند ربط الملف الثانوي للمحوّل الكهربائي بحمل(RL)، كما في الشكل (2)، يمرّ فيه تيار كهربائي (I_s)، حيث يولّد فيه قوة دافعة مغناطيسية، ستحدث تغييراً في الفيض المغناطيسي المتبادل، ولكن على اعتبار أنّ الفيض المغناطيسي المتبادل ثابت القيمة، فإنّ القوة الدافعة المغناطيسية للملف الابتدائي تساوي القوة الدافعة المغناطيسية للملف الثانوي؛ أي أنّ:

$$N_P I_P = N_S I_S$$

$$\frac{I_P}{I_S} = \frac{N_S}{N_P} = \frac{1}{a}$$

ألاحظ من المعادلة السابقة أنّ العلاقة بين نسبة التحويل بين التيارين (I_p / I_s)، وعدد اللفات لكلّ من الملفين، هي علاقة عكسية.



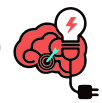
شكل (2): محوّل كهربائي مع حمل

الأسئلة:

1. محوّل خافض فيه نسبة تحويل الجهد (a) 4 إلى1، إذا كان جهد الملف الثانوي للمحوّل يساوي 110 فولت، أحسب جهد الملف الابتدائي.
2. أكتب نص قانوني أمبير وفارادي.

2.1 الموقف التعليمي التعلّمي: التعرّف إلى أنواع المحوّلات الكهربائية أحادية الطور، وثلاثية الأطوار:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: طلب أحد المستثمرين من إحدى شركات التوريدات الكهربائية، شراء محوّل كهربائي؛ لتزويد ضاحية سكنية في منطقة ريفية نائية بالطاقة الكهربائية.



العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلّم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من المستثمر عن: • جهد المحوّل التشغيلي. • سَعَة المحوّل. • مكان استخدام المحوّل. • طبيعة الأحمال المراد تزويدها بالطاقة. - أجمع البيانات عن: • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق). - البحث العلمي.	- الوثائق: • طلب المستثمر. • كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المحوّلات. • فيديو عن المحوّلات الكهربائية.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • جهد المحوّل التشغيلي. • سَعَة المحوّل. • مكان استخدام المحوّل. • طبيعة الأحمال المراد تزويدها بالطاقة. • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية. - تحديد خطوات العمل. - إعداد جدول زمني للتنفيذ	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية.

أنفّذ	- أُراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، والانتباه إلى: • قياس الجهد الواصل للملف الابتدائي للمحوّل الكهربائي. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - إنجاز المهمة وفق المواصفات الفنية المطلوبة.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- محوّلات مناسبة. - جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية). - كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية.
أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج التي عُبِّئت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد، ووَفق طلب المستثمر. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني (مجموعات عمل) - البحث العلمي	- طلب المستثمر. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية).
أوثّق، وأعرض	- نتائج جمع البيانات عن: • جهد المحوّل التشغيلي. • سَعَة المحوّل. • مكان استخدام المحوّل. • أنواع المحوّلات الكهربائية. • طبيعة الأحمال المراد تزويدها بالطاقة. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية. - إنشاء ملف خاص بالحالة (التعرف إلى أنواع المحوّلات الكهربائية أحادية الطور، وثلاثية الأطوار). - تجهيز تقرير فني للمستثمر. - إعداد تقرير كامل بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- المقارنة بين وضع الضاحية السكنية قبل تركيب المحوّل الكهربائي، وبعده. - تعبئة نموذج التقييم. - رضا المستثمر (موافقة المستثمر على شراء المحول الكهربائي بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب المستثمر. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة:

1. أذكر ثلاثاً من ميزات المحوّل الذاتي.
2. أذكر ثلاثاً من فوائد الزيت في المحوّل.
3. ما عيوب استخدام ثلاث وَحدات أحادية الطور متماثلة لتكوين محول أحادي الطور؟
4. ما ميزات المحوّلات الذاتية ثلاثية الأطوار؟

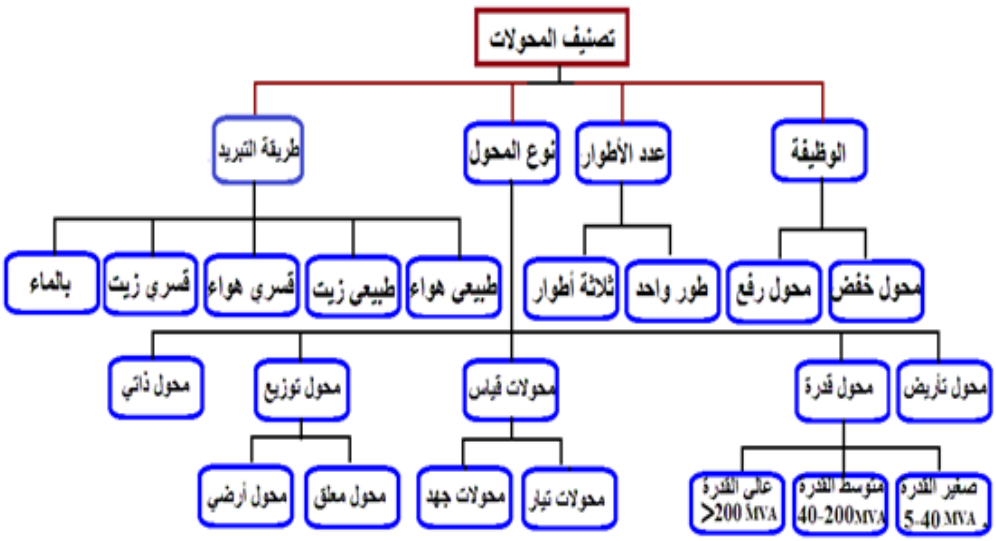
أتعلّم: تصنيفات المحوّلات الكهربائية

نشاط (1): أكتب تقريراً عن الفوائد الفنية والاقتصادية لرفع الجهد عند محطات التوليد، باستخدام محوّلات رفع ثلاثية الأطوار.

نشاط (2):

- بالتنسيق مع مدربي، أزور محوّل توزيع قريباً من مدرستي، وأكتب تقريراً عن مكوناته.
- أكتب تقريراً عن الفرق بين محوّلات النقل، ومحوّلات التوزيع في الشبكات الكهربائية.

للمحوّلات الكهربائية أنواع متعددة من حيث الاستعمال، والحجم، والشكل، ويمكن تصنيفها وَفق أسس متعددة، أذكر منها، على سبيل المثال: التصنيف وَفق الوظيفة، والنوع، وعدد الأطوار، وطرق التبريد، والشكل (1) الآتي يبيّن خريطة مفاهيمية مبسّطة لتصنيفات المحوّلات الكهربائية:

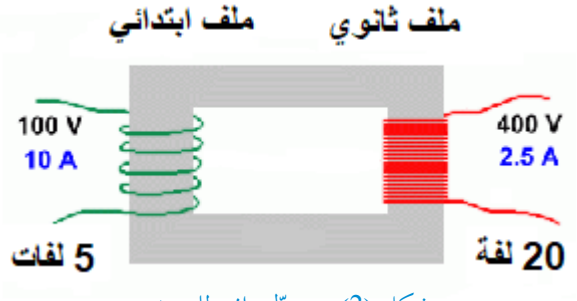


شكل (1): خريطة مفاهيمية لتصنيفات المحوّلات الكهربائية

تصنيف المحوّلات الكهربائية:

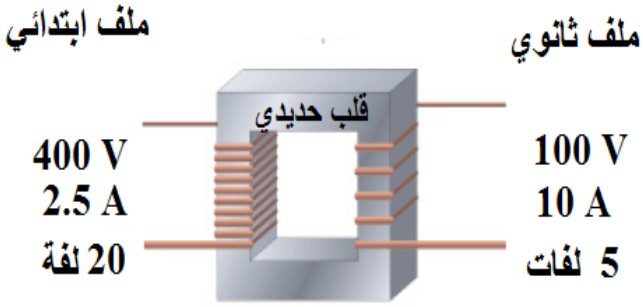
أولاً- وَفق الوظيفة:

1. محوّل رافع للجهد (Step up transformer): يُستخدم لرفع الجهد من قيمة إلى أخرى مع خفض التيار، وفي هذا النوع من المحوّلات، يكون عدد لفات الملف الابتدائي أقلّ من عدد لفات الملف الثانوي؛ ولذلك يكون التيار المارّ بالملف الابتدائي أكبر من التيار المارّ بالملف الثانوي.



شكل (2): محوّل رافع للجهد

2. محوّل خافض للجهد (Step down transformer): يُستخدم لخفض الجهد من قيمة إلى أخرى، مع رفع التيار الكهربائي، وفي هذا النوع من المحوّلات، يكون عدد لفات الملف الابتدائي أكبر من عدد لفات الملف الثانوي، كما في الشكل (3) الآتي:



شكل (3): محوّل خافض للجهد

ثانياً- وَفق عدد الأطوار:

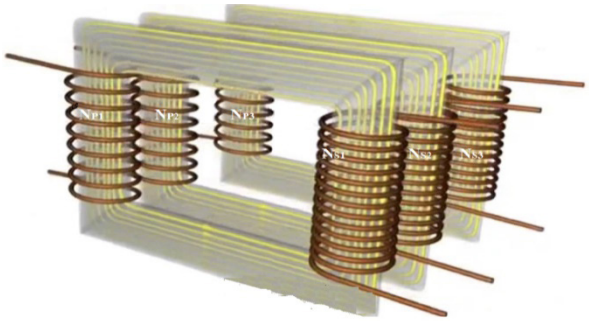
1. المحوّلات أحادية الطور: يقتصر استعمالها على الأحمال الصغيرة، مثل الدارات الإلكترونية، والاتصالات، ودارات القدرة التي لا تستهلك تياراً كبيراً.
2. محوّلات ثلاثية الأطوار: تُولَّد الطاقة الكهربائية باستخدام مولّدات قدرة ثلاثية الأطوار، حيث تُنقَل من محطات التوليد إلى المستهلكين بدارات ثلاثية الأطوار، ولاعتبارات اقتصادية، يُرفع الجهد عند محطات التوليد باستخدام محوّلات رفع ثلاثية الأطوار، حيث تُنقل القدرة بجهد كهربائي عالٍ، ثمّ يخفض هذا الجهد إلى جهد التوزيع،

باستخدام محوّلات خفض ثلاثية الأطوار، وتتمّ عملية الخفض على مرحلة واحدة، أو أكثر، بجهود متفاوتة تناسب الأحمال الكهربائية المختلفة، حيث سيتمّ التركيز في هذا الموقف التعليمي التعلّمي على المحوّلات ثلاثية الأطوار.

تركيب المحوّلات الكهربائية ثلاثية الأطوار:

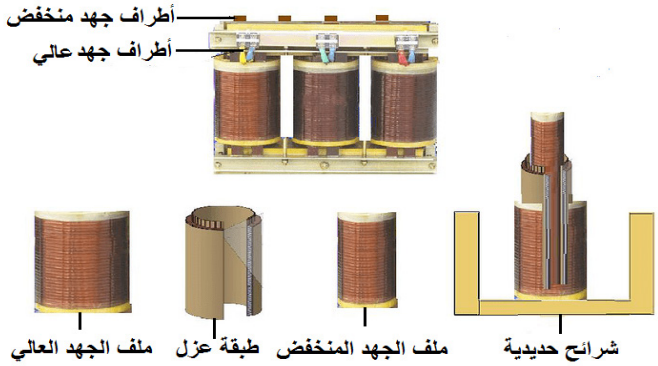
يمكن الحصول على المحوّلات الكهربائية ثلاثية الأطوار بإحدى طريقتين، هما:

1. باستخدام ثلاث وَحَدات أحادية الطور متماثلة (Three Banks)، كما في الشكل (4) الآتي، حيث يتمّ توصيل الأطراف الستّة للملفات الابتدائية على شكل Y، أو Δ، وكذلك بالنسبة لأطراف الملفات الثانوية:



شكل (4): ثلاث وَحَدات متماثلة أحادية الطور

2. باستخدام محوّل واحد ثلاثي الأطوار، ويتكوّن في أبسط صوره من قلب معدني مكوّن من ثلاثة أذرع، كما في الشكل (5) الآتي، حيث يتم توصيل ملفات الجهد العالي على شكل Y، أو Δ، أو على شكل التوصيلة المتعرجة (Zigzag)، وكذلك بالنسبة لملفات الجهد المنخفض:



شكل (5): محول ثلاثي الأطوار

من خصائص استخدام ثلاث وَحَدات أحادية الطور متماثلة (Three Banks) لتكوين محوّل ثلاثي الأطوار، أنّها تمتاز بسهولة تركيبها، وصيانتها، كما يمكن استخدام وَحدة رابعة يتمّ تشغيلها في حال حدوث عطل في أحد المحوّلات الثلاثة، وهذه الميزة غير متوفّرة في المحوّلات ثلاثية الأطوار التي تتكوّن من وَحدة واحدة، وبحاجة إلى وَحدة كاملة

لتشغيلها في حالة الطوارئ؛ ما يضاعف التكلفة الإجمالية. ومن عيوب استخدام ثلاث وَحَدات أحادية الطور أنّها تشغل حيّزاً، ووزناً أكبر، وتكلفة أولية تزيد بنسبة (15 - 25)%، ويبيّن الشكل (6) الآتي محوّلاً ثلاثيّ الأطوار من كلا النوعين:

ثلاث وحدات أحادية الطور متماثلة

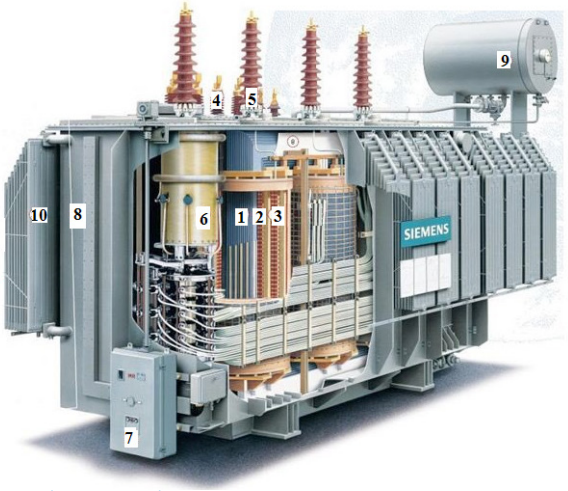
محول واحد ثلاثي الأطوار

شكل (6): طرق الحصول على محوّل ثلاثي الأطوار

ثالثاً- وَفق النوع:

1. محوّلات القدرة: إضافة إلى المكونات الرئيسة التي تتكوّن منها المحوّلات ثلاثية الأطوار، تتكوّن محوّلات القدرة المستخدمة في النقل والتوزيع من مكونات إضافية، منها:

- مخارج الجهد المنخفض (LV Bushings).
- مخارج الجهد المرتفع (HV Bushings).
- مبدّل الجهد (On Load Tap Changer).
- مضخّة زيت (Oil Pump).
- خزّان تمدّد زيت (Conservator).
- مواسير تبريد الزيت (Radiator).



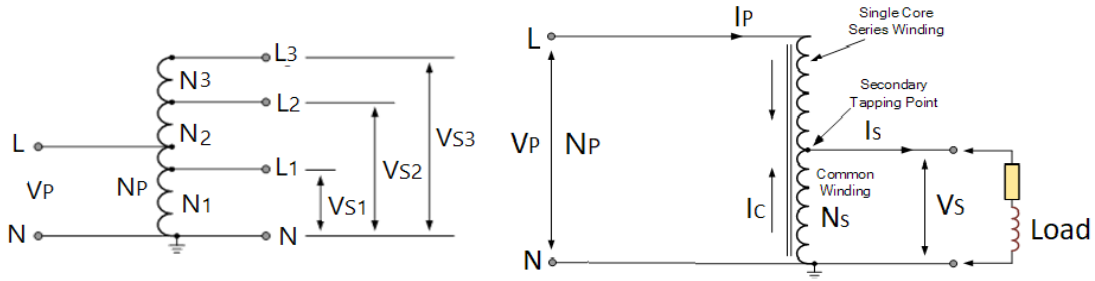
1 . القلب الحديدي (Core)
2 . ملفات الجهد المنخفض (LV Winding)
3 . ملفات الجهد المرتفع (HV Windings)
4 . مخارج الجهد المنخفض (LV Bushings)
5 . مخارج الجهد العالى (HV Bushings)
6 . مبدل الجهد (On Load Tap Changer)
7 . مضخة زيت (Oil Pump)
8 . خزان الزيت الرئيسى (Main Tank)
9 . خزان تمدد الزيت (Conservator)
10 . مواسير تبريد الزيت (Radiators)

شكل (7): مكونات محوّل القدرة

2. محوّلات التأريض

3. المحوّل الذاتي (Auto transformer): يختلف المحوّل الذاتي عن المحوّل العادي في أنّ المحوّل الذاتي ترتبط ملفاته الابتدائية كهربائياً، ومغناطيسياً، بينما المحوّلات العادية تكون منفصلة كهربائياً، ومتصلة مغناطيسياً، وقد يكون المحوّل الذاتي خافضاً للجهد، أو رافعاً له، كما في الشكل (8 – أ)، وقد يحتوي الملف الثانوي على عدّة نقاط، يمكن من خلالها الحصول على جهود مختلفة، كما في الشكل (8 - ب)، وفيه:

$$V_P > V_{S1} < V_{S2} < V_{S3}$$



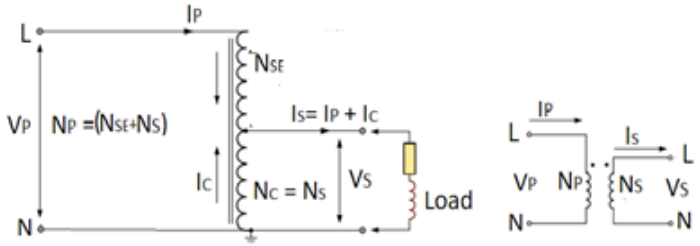
محول ذاتي متعدد المخارج
(ب)

محول ذاتي بسيط خافض للجهد
(أ)

شكل (8): المحوّل الذاتي

العلاقات الرياضية للمحوّل الذاتي:

يوضّح الشكل (9) الآتي العلاقة بين محوّل عادي، ومحوّل ذاتي بسيط رافع للجهد:



محول ذاتي بسيط خافض للجهد
(ب)

محول عادي
(أ)

شكل (9): العلاقة بين محوّل عادي، ومحوّل ذاتي بسيط خافض للجهد

ففي شكل (9 - أ)، ألاحظ أنّ العلاقات بين الجهود والتيارات لملفات المحوّل العادي، هي:

$$S = V_P I_P = V_S I_S$$

$$\frac{V_P}{V_S} = \frac{N_P}{N_S}$$

حيث إنّ:

S: سَعَة المحوّل.

V_p: جهد الملف الابتدائي.

V_S: جهد الملف الثانوي.

I_p: تيار الملف الابتدائي.

I_s: تيار الملف الثانوي.

N_p: عدد لفات الملف الابتدائي.

N_s: عدد لفات الملف الثانوي.

ويبيّن الشكل (9 - ب) محوّلاً ذاتياً بسيطاً خافضاً للجهد، وفيه:

$$N_P = (N_{se} + N_s)$$

$$I_S = I_P + I_C$$

حيث إنّ:

N_{Se}: عدد لفات التوالي.

I_c: التيار المشترك.

وتكون العلاقة بين سَعَة المحوّل العادي عند تحويله إلى محول ذاتي، على النحو الآتي:

$$\frac{S_{auto}}{S} = 1 + \frac{V_P}{V_S}$$

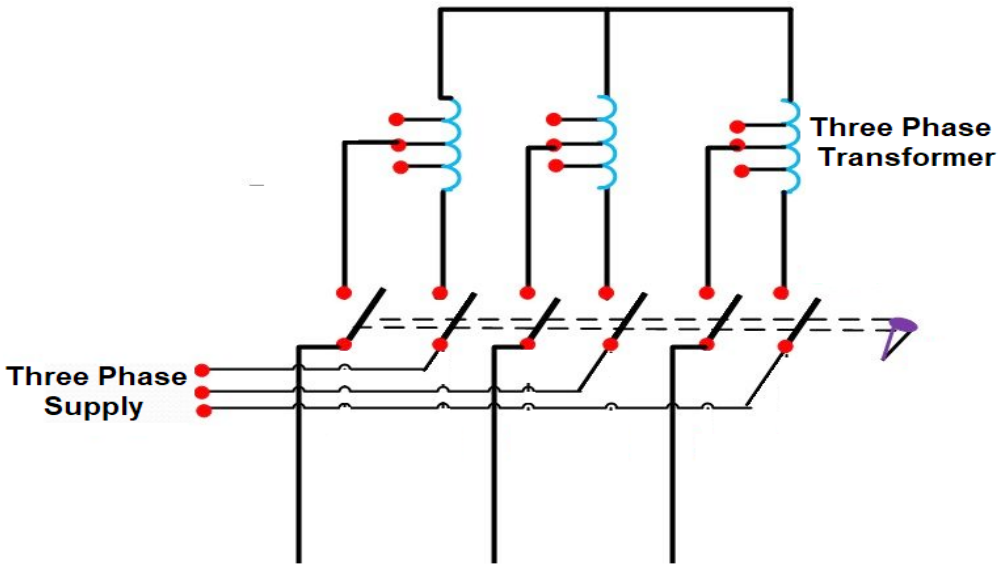
نشاط: أتفحّص بيانات لوحة محوّل عادي، ومحوّل ذاتي، لهما السَّعَة نفسها، ثمّ أقارن بينهما من حيث: عدد الملفات، والحجم، والكفاءة، ونسبة النحاس في المحوّلين.

ومن ميزات المحوّل الذاتي قلّة عدد اللفات، وقلة المفاقيد النحاسية، وبالتالي زيادة كفاءته، ويمتاز كذالك ببساطة تركيبه، ورخص ثمنه. وسعته أعلى من سعة المحول العادي.

أفكّر: أبحث عن مشاكل استعمال المحوّلات الذاتية.

المحوّلات الذاتية ثلاثية الأطوار:

تُستخدم المحوّلات الذاتية ثلاثية الأطوار لرفع الجهد الكهربائي، أو خفضه في التطبيقات التي لا تتطلّب عزلاً كهربائياً، كما تُستخدم لخفض الجهد الكهربائي في أثناء بَدء تشغيل المحرّكات الحثية، والتزامنية ذات القدرات الكبيرة، إلّا أنّ استعمالها لهذا الغرض في الدارات الكهربائية قلّ بدرجة كبيرة؛ نظراً لاستخدام طرق بديلة أكثر فعّالية، ويبيّن الشكل (10) الآتي محوّلاً ذاتياً ثلاثيّ الأطوار:



شكل (10): محوّل ذاتي ثلاثي الأطوار

تبريد المحوّلات الكهربائية:

خلال عملية التحويل، ونتيجة مرور التيار الكهربائي، ترتفع درجة حرارة القلب الحديدي، والملفات داخل المحوّل، وهذا يؤدي إلى زيادة الفاقد، وتقليل كفاءة المحوّل؛ لذا تمّ دراسة عدّة طرق لتبريد المحوّلات الكهربائية؛ لزيادة كفاءتها.

تتمّ عملية تبريد المحوّلات الكهربائة بأكثر من طريقة، تَبعاً للوسط العازل المحيط بالملفات، وحجم المحوّل، ونوعه:

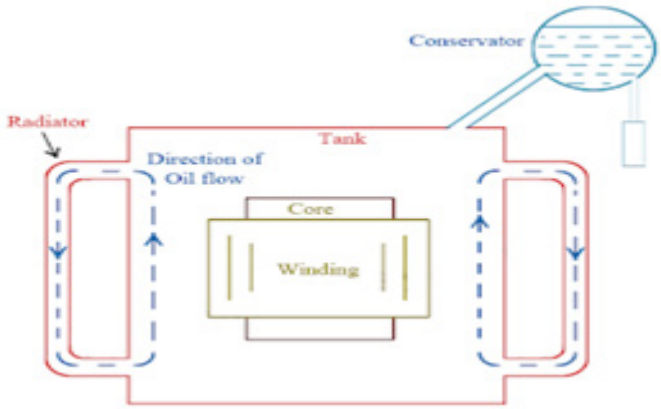
1. تبريد طبيعي بالهواء (Air Natural): تَستخدم هذه الطريقة الهواء المحيط بالمحوّل كوسط للتبريد، حيث يُستخدم دوران الهواء الطبيعي؛ لتبديد الحرارة المتولّدة بالحمل الحراري، وهذه الطريقة مناسبة للمحوّلات الصغيرة التي تقلّ سَعَتها عن 1.5 MVA، ويُرمز لها بالرمز (AN).

عيوب التبريد بالهواء:

محدودية فترة تحميل المحوّل، وتعرّض الملفات للأتربة والاوساخ؛ ما يؤدي إلى إضعاف متانة العزل، ويتطلب

ذلك زيادة حجم الملفات؛ ليتخللها الهواء.

2. محوّل ملفاته مغمورة في الزيت، مبرَّد ذاتياً: (Oil Immersed Self Cooling) تتمّ عملية عزل المحوّل، وتبريده، عن طريق غمر القلب الحديدي، والملفات في الزيت، وتعتمد عملية التبريد على مرور الزيت الساخن عبر أنابيب تمتدّ خارج جسم المحوّل، وتعتمد عملية التبريد على ملامسة الهواء لهذه الأنابيب، وتُعَدّ هذه من أبسط الطرق لتبريد المحوّلات، ويتمّ استخدامها في المحوّلات التي تصل سَعَتها إلى 30 MVA، وتُسمّى هذه الطريقة التبريد الطبيعي بالزيت والهواء الطبيعي، ويُرمز لها بالرمز ONAN (Oil Natural Air Natural)، ويبيّن الشكل (11) الآتي ملفات محوّل تبريد طبيعي بالزيت، طبيعي بالهواء:



شكل (11): ملفات محوّل تبريد طبيعي بالزيت طبيعي بالهواء (ONAN)

ويمكن تلخيص فوائد الزيت بالمحوّل بما يأتي:

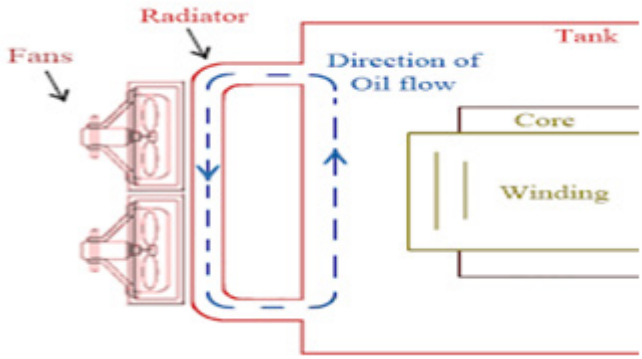
أ. تبريد المحوّل (القلب، والملفات).

ب. ملء الفراغ الداخلي للمحوّل، بدلاً من الهواء الذي قد يحتوي على رطوبة.

ج. إخماد الضوضاء الناجمة عن الطنين الناتج من تأثير التيارات الدوامية بالقلب.

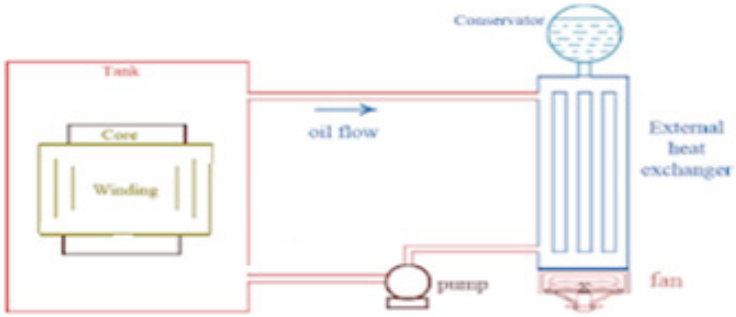
3. تبريد طبيعي بالزيت، وقسري بالهواء (Oil Natural Air Forced):

هذا النوع من التبريد هو العزل والتبريد نفسه للمحوّل بالزيت، ولكن يتمّ التبريد عن طريق دفع الهواء بمراوح فوق الأنابيب المغمورة بالزيت، ويتمّ استخدام هذه الطريقة للمحوّلات الكبيرة التي تصل سَعَتها إلى 60 MVA، ويُرمز لطريقة التبريد هذه بالرمز (ONAF).



شكل (12): ملفات محوّل تبريد طبيعي بالزيت، قسري بالهواء (ONAF)

4. تبريد قسري بالزيت، وقسري بالهواء (Oil Forced/Air Forced): يتمّ دفع الزيت إلى أنابيب التبريد بوساطة مضخّات، كما يتمّ دفع الهواء فوق الأنابيب بوساطة مراوح، ويُرمز له بالرمز (OFAF)، ويبيّن الشكل (13) الآتي ملفات محوّل تبريد قسري بالزيت، قسري بالهواء:



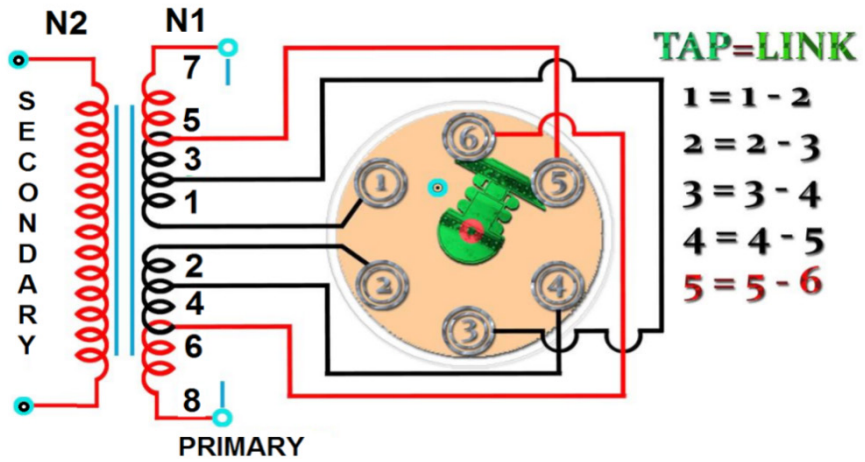
شكل (13): ملفات محوّل تبريد قسري بالزيت، قسري بالهواء (OFAF)

5. محوّل مغمور في الزيت المبرد بالماء (Oil Immersed/Water-Cooled): تعتمد هذه الطريقة على مرور ماء بارد في أنابيب مغمورة بالزيت؛ لتبريده.

نشاط: أصنّف المحوّلات وَفق طبيعة الوسط العازل المحيط بالملفات.

مبدّلات الجهد:(Tap Changer)

تُعَدّ مبدّلات الجهد أحد أهمّ العناصر الرئيسة في تركيب محوّلات النقل والتوزيع، التي هي عبارة عن أجهزة تعمل على تغيير النسبة بين عدد اللفات في الملف الابتدائي إلى عدد اللفات في الملف الثانوي، ويبيّن الشكل (14) الآتي أحد مبدّلات الجهد:



شكل(14): مبدّل جهد

أهمية مبدّلات الجهد:

تكمن أهمية هذا المبدّل؛ بسبب تغيير جهود الملفات الثانوية، بالارتفاع، أو الانخفاض عن القيمة المقررة له؛ نظراً لتغيّر ظروف التحميل، حيث إنّ جهد الملف الثانوي ينخفض بزيادة الحمل، بينما يرتفع بنقصان الحمل، أو في حالة اللاحمل؛ ما ينتج عنه تأثّر الأحمال عند عملها على جهد أقلّ من الجهد المقرر، أو أعلى منه.

يتمّ تغيير عدد اللفات بتغيير نقط النهايات لهذه الملفات، وعادة ما يكون التغيير على نهايات ملفات الجهد العالي، كما هو موضّح في الشكل (14)؛ للأسباب الآتية:

1. قيمة التيار في جهة ملف الجهد العالي أقلّ منها في جهة ملف الجهد المنخفض، حيث يُفضّل عند قطع الدارة الكهربائية من أحد أطراف الملف، ونقلها إلى طرف آخر أن يكون التيار المارّ في الملف قليلاً؛ لتقليل حدّة الشرارة الناتجة عن عملية النقل.
2. عدد لفات ملف الجهد العالي أكبر من عدد لفات ملف الجهد المنخفض، وبالتالي يمكن اختيار نسبة رفع الجهد، أو خفضه بشكل أدقّ؛ نظراً لكثرة عدد اللفات.

نشاط: أبحث في الإنترنت عن نسبة التغيّر في الجهد الكهربائي بين كلّ نقطة تبديل من نقاط مبدّلات الجهد.

أنواع مبدّلات الجهد:

1. مبدّل الجهد على الحمل (On Load Tap Changer): يتمّ التغيير في هذا النوع من المحوّلات دون فصل تيار الحمل، حيث يُستعمل بشكل رئيس في محوّلات القدرة، فقد يتعذّر فيها فصل المحوّل عن الشبكة؛ لذا تُغمر نقاط التلامس لمبدّل الجهد في هذا النوع من المحوّلات في أسطوانة فيها زيت غير قابل للاشتعال.
2. مبدّل الجهد على الدارة المفصولة (Off-Load Tap Changer): يُستخدم هذا النوع في محوّلات التوزيع،حيث يتم فصل المحوّل تماماً عن الشبكة قبل إجراء أيّ تغيير فيه؛ نظراً لخطورة تغيير وضع مبدّل الجهد في حالة وجود جهد على المحوّل، حيث يؤدي ذلك إلى اشتعال زيت المحوّل.

1. أذكر ثلاثا من ميزات المحول الذاتي.
2. أذكر ثلاثا من فوائد الزيت في المحول.
3. ما هي عيوب استخدام ثلاث وَحدات أحادية الطور متماثلة لتكوين محول أحادي الطور؟
4. ما هي ميزات المحوّلات الذاتية ثلاثية الأطوار؟

3.1 الموقف التعليمي التعلّمي: توصيل المحوّلات الكهربائية أحادية الطور، وثلاثية الأطوار:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: لدى مقاول شبكات كهربائية مجموعة محوّلات، جهودها التشغيلية لا تناسب الأحمال المراد تشغيلها، طلب من ورشة لصيانة المحوّلات الكهربائية توصيل هذه المحوّلات للحصول على جهود وتيارات مناسبة؛ لتشغيل هذه الأحمال.

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلّم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من المقاول عن: • قدرة الأحمال الكهربائية المراد تزويدها بالطاقة. • الجهود التشغيلية للأحمال. • طبيعة الأحمال في الخدمة المراد تزويدها بالطاقة. - أجمع البيانات عن: • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق). - البحث العلمي.	- الوثائق: • طلب المقاول. • كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المحوّلات. • فيديو عن المحوّلات الكهربائية.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • قدرة الأحمال الكهربائية المراد تزويدها بالطاقة. • الجهود التشغيلية للأحمال. • طبيعة الأحمال في الخدمة المراد تزويدها بالطاقة. • طبيعة الأحمال المراد تزويدها بالطاقة. • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية. - تحديد خطوات العمل. - إعداد جدول زمني للتنفيذ	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: • مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية.

أنفّذ	- أُراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، والانتباه إلى: • توصيل المحوّلات أحادية الطور، توالٍ وتوازٍ من جهة الملف الإبتدائي والثانوي. • توصيل المحوّلات ثلاثية الأطوار بأربع طرق مختلفة. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - إنجاز المهمة وَفق المواصفات الفنية المطلوبة.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية). - كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية.
أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج التي عُبِّئت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد، ووَفق طلب المقاول. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني (مجموعات عمل). - البحث العلمي	- طلب المقاول. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية).
أوثّق، وأعرض	- نتائج جمع البيانات عن: • قدرة الأحمال الكهربائية المراد تزويدها بالطاقة. • الجهود التشغيلية للأحمال. • طبيعة الأحمال في الخدمة المراد تزويدها بالطاقة. • طبيعة الأحمال المراد تزويدها بالطاقة. • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية. • إنشاء ملف خاص بالحالة (توصيل المحوّلات أحادية الطور وثلاثية الأطوار). • تجهيز تقرير فني للمقاول. • إعداد تقرير كامل بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- المقارنة بين وضع الأحمال قبل توصيل المحوّلات الكهربائية، وبعده. - تعبئة نموذج التقييم. - رضا المقاول (موافقة المقاول على توصيل المحوّلات الكهربائية بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب المقاول. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة: 1. أبيّن التوصيلات المختلفة للمحوّلات أحادية الطور.

2. أذكر إيجابيات التوصيلات المختلفة للمحوّلات، وسلبياتها.

3. أبيّن التوصيلات المختلفة للمحوّلات ثلاثية الأطوار.

أتعلّم: توصيل المحوّلات الكهربائية أحادية الطور، وثلاثية الأطوار

نشاط:

1. يراد تشغيل محرّك، كُتِبَ عليه (110 Vac، 2 A)، باستخدام محوّلين، كُتِبَ على لوحتيهما الاسمية (220 / 110 Vac ،1 A) من مصدر جهد 220 V.

2. يراد إنارة مصباح، كُتِبَ عليه (24 Vac، 1A)، باستخدام محوّلين، كُتِبَ على لوحتيهما الاسمية (0.5 A، 12 Vac / 110) من مصدر جهد 220 V.

تظهر الحاجة في بعض التطبيقات لتوصيل الملفات الابتدائية والثانوية لمحوّلات أحادية الطور، أو ثلاثية الأطوار بعضها مع بعض ؛ للحصول على خواصّ تشغيلية تلبي احتياجات الأحمال الكهربائية المختلفة، حيث تخضع طريقة توصيل أطراف المحوّلات أحادية الطور، أو ثلاثية الأطوار إلى مواصفات توافقية بين المحوّلات المراد توصيلها، واعتبارات متعلقة بطبيعة الأحمال المرتبطة بالدارة، أو الشبكة الكهربائية.

شروط توصيل المحوّلات الكهربائية:

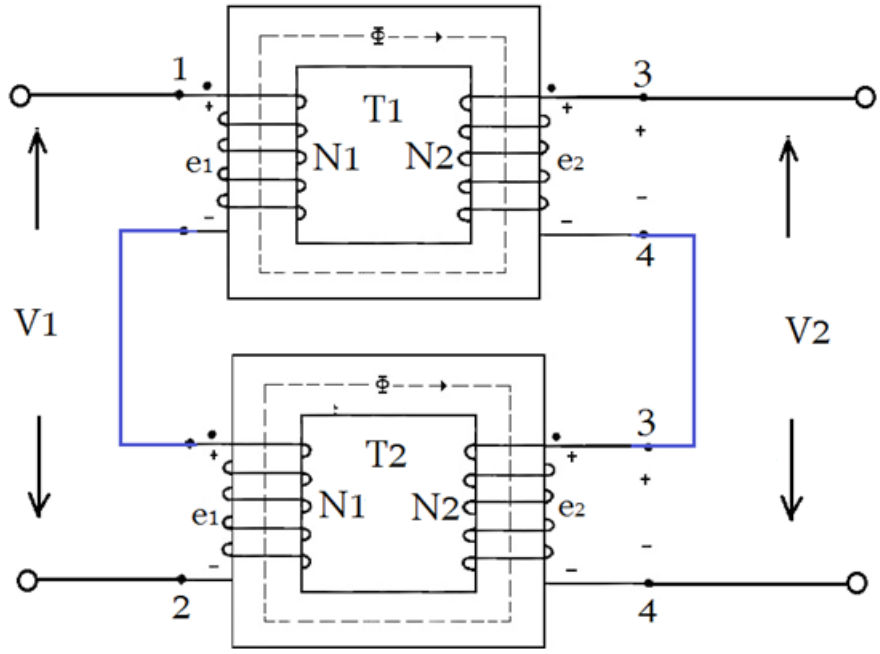
- تطابق القطبية لكلا المحوّلين.
- تساوي الممانعة لكلا المحوّلين.
- تساوي نسبة التحويل.

طرق توصيل المحوّلات الكهربائية:

أولاً- المحوّلات الكهربائية أحادية الطور:

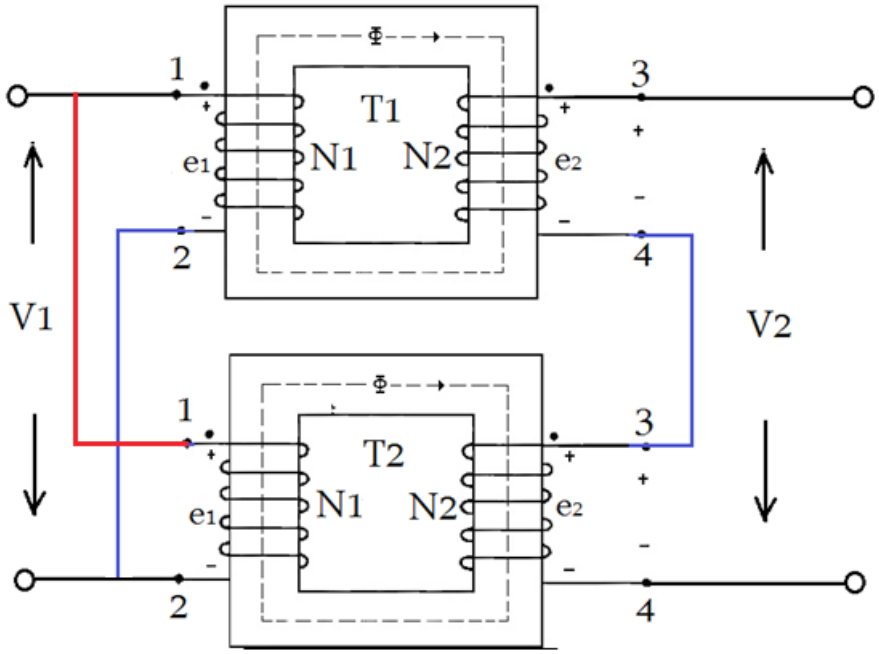
تعتمد طريقة توصيل المحوّلات الكهربائية على الجهود التشغيلية المقنّنة لهذه المحوّلات، وعلى جهد المصدر، وعلى جهد وتيار الأحمال المراد تغذيتها.

1. توصيل محوّلين توالي – توالي:



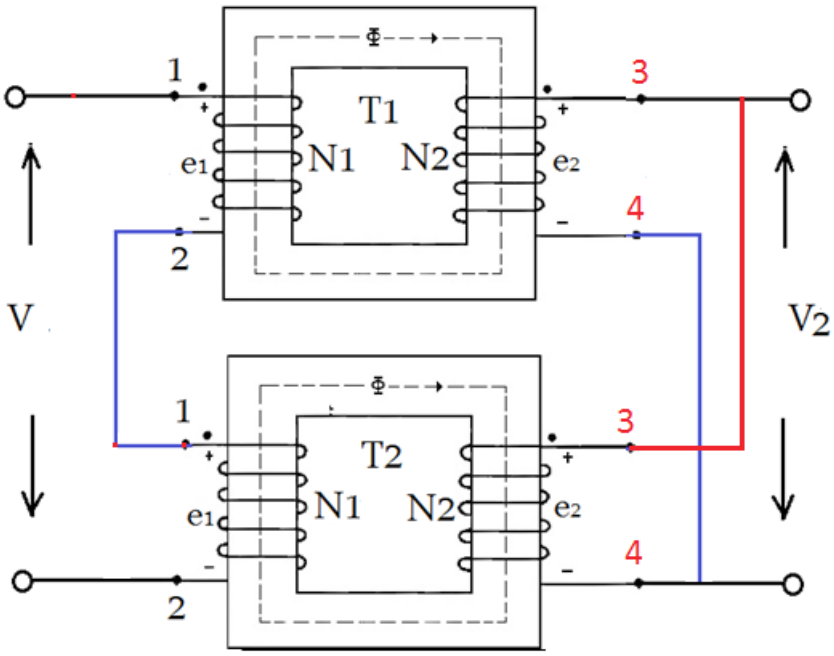
شكل (1): توصيل محولين توالي - توالي

2. توصيل محوّلين توازي – توالي:



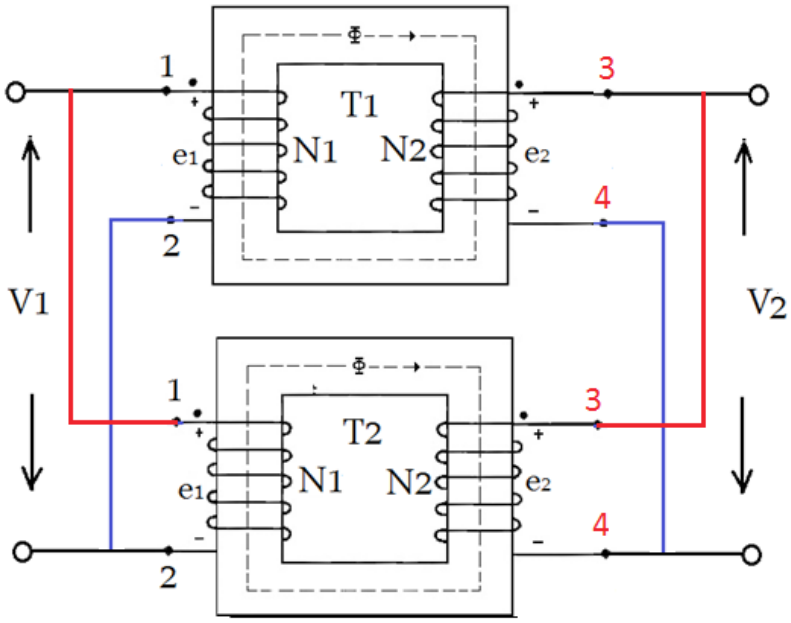
شكل (2): توصيل محولين توازي - توالي

3. توصيل محوّلين توالي– توازي:



شكل (3): توصيل محولين توالي - توازي

4. توصيل محوّلين توازي - توازي:



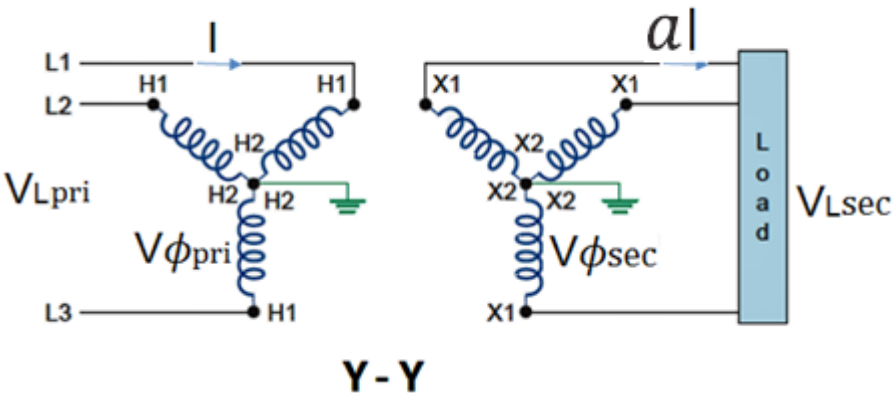
شكل (4): توصيل محولين توازي - توازي

ثانياً- المحوّلات الكهربائية ثلاثية الأطوار:

هناك عدّة طرق لتوصيل أطراف المحوّلات الكهربائية ثلاثية الأطوار، حيث تعتمد طريقة توصيل أطراف ملفات المحوّلات على عدة عوامل، هي:

- طبيعة الشبكة الكهربائية وخواصّها، مثل عدد الخطوط المستخدمة في الشبكة.
- موقع المحوّل الكهربائي في الشبكة، والجهد المقرّر.
- طبيعة الأحمال المتصلة بالمحوّل.

1. توصيلة ستار (Y) – ستار (Y):



شكل (5): توصيلة ستار (Y) - ستار (Y)

- جهد الطور:

$$V_{\phi pri} = \frac{V_{Lpri}}{\sqrt{3}}$$

$$V_{\phi sec} = \frac{V_{Lsec}}{\sqrt{3}}$$

- نسبة التحويل: تُعطى نسبة التحويل لهذا النوع من المحوّلات بالعلاقة الآتية:

$$\frac{V_{Lpri}}{V_{Lsec}} = \frac{V_{\phi pri}}{V_{\phi sec}} = a$$

حيث:

V_{Lpri} : جهد الخط عند الملف الابتدائي

V_{Lsec} : جهد الخط عند الملف الثانوي

$V_{\phi pri}$: جهد الطور عند الملف الابتدائي

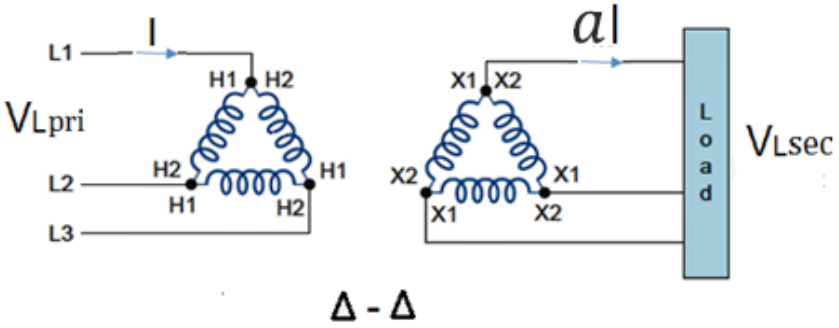
$V_{\phi sec}$: جهد الطور عند الملف الثانوي

ميزات استخدام توصيلة ستار (Y) – ستار (Y):

- يكثر استخدام هذه الطريقة في خطوط نقل القوى الكهربائية ذات الجهد المرتفع؛ لأنّ جهد كلّ ملف (V_ϕ) يساوي $\frac{V_L}{\sqrt{3}}$، ثمّ تكون العوازل عند أطراف التوصيل أقلّ تكلفة.
- عدد لفات كلّ طور قليل مقارنة بتوصيلة (Δ)، لإنتاج الفيض المغناطيسي نفسه؛ لأنّ جهد الطور(V_ϕ) يساوي 57.7% من جهد الخط (VL).
- يمكن تغذية أحمال أحادية الطور.

من عيوب هذه الطريقة أنّها تعاني من عدم استقرار الجهود عند عدم اتّزان الأحمال؛ لذلك تُعَدّ قليلة الاستعمال مقارنة بطرق توصيل المحوّلات الأخرى.

2. توصيلة دلتا (Δ) – دلتا (Δ):



شكل (6): توصيلة دلتا (Δ) - دلتا (Δ)

- جهد الطور:

$$V_{\phi pri} = V_{Lpri}$$

$$V_{\phi sec} = V_{Lsec}$$

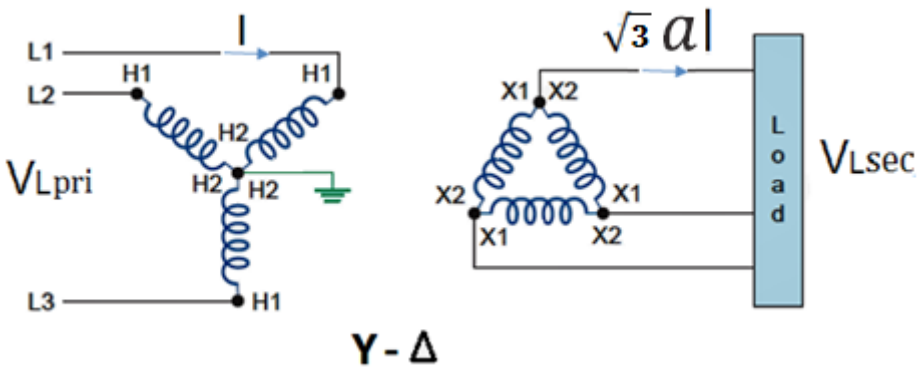
- نسبة التحويل: تُعطى نسبة التحويل لهذا النوع من المحوّلات بالعلاقة الآتية:

$$\frac{V_{Lpri}}{V_{Lsec}} = \frac{V_{\phi pri}}{V_{\phi sec}} = a$$

ميزات استخدام توصيلة دلتا (Δ) – دلتا (Δ):

- يكثر استخدام هذه الطريقة في خطوط نقل القوى الكهربائية ذات الجهود المنخفضة، والتيار المرتفع؛ لأنّ جهد كلّ ملف ($V_{\phi pri}$) يساوي (V_L)، وتيار الطور($I_{\phi pri}$) يساوي 57.7% من تيار الخط(I_L)، وعليه تكون مِساحة مقطع ملفاته أقلّ.
- مستوى العزل فيه يكون مرتفعاً؛ ما يزيد من التكلفة.

3. توصيلة ستار (Y) – دلتا (Δ):



شكل (7):توصيلة ستار (Y) – دلتا (Δ)

- جهد الطور:

$$V_{\phi pri} = \frac{V_{Lpri}}{\sqrt{3}}$$

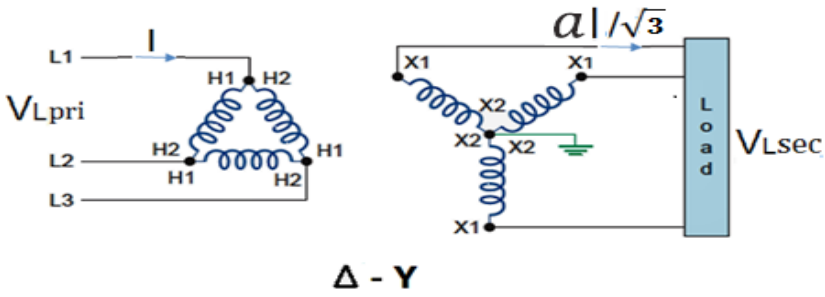
$$V_{\phi sec} = V_{Lsec}$$

- نسبة التحويل: تُعطى نسبة التحويل لهذا النوع من المحوّلات بالعلاقة الآتية:

$$\frac{V_{Lpri}}{V_{Lsec}} = \frac{\sqrt{3}\,V_{\phi pri}}{V_{\phi sec}} = \sqrt{3}\,a$$

وتُستخدم هذه الطريقة في محوّلات خفض الجهد (Step-Down Transformers)، وتمتاز باستقرار الجهود عند عدم اتّزان الأحمال.

4. توصيلة دلتا (Δ) – ستار (Y):



شكل (8): توصيلة دلتا (Δ) – ستار (Y)

جهد الطور:

$$V_{\phi pri} = V_{Lpri}$$

$$V_{\phi sec} = \frac{V_{Lsec}}{\sqrt{3}}$$

نسبة التحويل: تُعطى نسبة التحويل لهذا النوع من المحوّلات بالعلاقة الآتية:

$$\frac{V_{Lpri}}{V_{Lsec}} = \frac{V_{\phi pri}}{\sqrt{3}V_{\phi sec}} = \frac{a}{\sqrt{3}}$$

وتُستخدم هذه الطريقة في محوّلات رفع الجهد (Step-Up Transformers)، وتمتاز أيضاً باستقرار الجهود عند عدم اتّزان الأحمال.

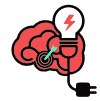
نشاط: يراد تشغيل حمل كهربائي، كُتِبَ عليه (24 Vac ،1A)، باستخدام ثلاث وَحَدات محوّلات أحادية الطور متماثلة (Three Banks)، كُتِبَ على لوحتها الاسمية (24 Vac /220، 2A) من مصدر جهد 400 Vac.

الأسئلة:

1. ما شروط توصيل المحوّلات الكهربائية؟
2. علامَ تعتمد طريقة توصيل ملفات المحوّلات ثلاثية الأطوار؟
3. ما ميزات استخدام توصيل توصيلة ستار (Y) – ستار (Y)؟
4. ما ميزات استخدام توصيل توصيلة دلتا (Δ) – دلتا (Δ)؟

4.1 الموقف التعليمي التعلّمي: التعرّف إلى الحسابات الخاصة بالمحوّلات الكهربائية:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: اشتكى أحد كبار المشتركين إلى الشركة المزودة للطاقة الكهربائية من ضعف التيار الكهربائي من المصدر في مصنع يمتلكه يتم تزويده بالتيار من محول كهربائي خاص بالشركة، له فترة زمنية طويلة بالخدمة.



العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلّم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من المشترك عن: • قدرة الأحمال الكهربائية المراد تزويدها بالطاقة. • الجهود التشغيلية للأحمال. • طبيعة الأحمال في الخدمة المراد تزويدها بالطاقة. - أجمع البيانات عن: • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية • استلام طلب خطي من المشترك حول طلبه.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق). - البحث العلمي.	- الوثائق: • طلب المشترك. • كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المحوّلات. • فيديو عن المحوّلات الكهربائية.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • قدرة الأحمال الكهربائية المراد تزويدها بالطاقة. • الجهود التشغيلية للأحمال. • طبيعة الأحمال المراد تزويدها بالطاقة. • بُعد المحوّل عن المصنع. • الجهد الكهربائي الواصل للخدمة. • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية. - تحديد خطوات العمل. - إعداد جدول زمني للتنفيذ	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: • مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية.

أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، والانتباه إلى: • إجراء حسابات التيار للملف الإبتدائي والثانوي. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - إنجاز المهمة وفق المواصفات الفنية المطلوبة.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية). - كتالوجات خاصة بالمحوّلات الكهربائية.
أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج التي عُبِّئت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد، ووَفق طلب المشترك. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني - (مجموعات عمل). - البحث العلمي.	- طلب المشترك. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحوّلات الكهربائية ذات مصداقية).
أوثّق، وأعرض	- نتائج جمع البيانات عن: • قدرة الأحمال الكهربائية المراد تزويدها بالطاقة. • الجهود التشغيلية للأحمال. • طبيعة الأحمال المراد تزويدها بالطاقة. • بُعد المحوّل عن المصنع. • الجهد الكهربائي الواصل للخدمة. • أنواع المحوّلات الكهربائية. • المواصفات الفنية للمحوّلات الكهربائية. • استخدامات المحوّلات الكهربائية. - إنشاء ملف خاص بالحالة (التعرف إلى الحسابات الخاصة بالمحوّلات الكهربائية). - تجهيز تقرير فني للمشترك. - إعداد تقرير كامل بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- المقارنة بين وضع الأحمال قبل توصيل المحوّلات الكهربائية، وبعده. - تعبئة نموذج التقييم. - رضا المشترك (موافقة المشترك على صيانة المحول الكهربائي بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب المشترك. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة: 1. أوضّح المقصود بسَعَة المحوّلات الكهربائية ثلاثية الأطوار.

2. أبيّن أنواع المفاقيد في المحوّلات الكهربائية.

3. أوضّح المقصود بكفاءة المحوّلات.

أتعلّم: الحسابات الخاصة بالمحوّلات الكهربائية.

يراعى عند توريد المحوّلات الكهربائية معرفة قدرة الأحمال الكهربائية المراد تحويل الطاقة إليها؛ حتى تتناسب القدرة التحويلية للمحوّل مع قدرة الأحمال التي تتصل به، وهو ما يُسمّى بسَعَة المحوّل التي تعبّر عن القدرة الكهربائية الكلية له، التي هي حاصل ضرب الجهد في التيار، وتقاس بوَحدة الفولت أمبير (VA) للمحوّلات الصغيرة، أو بالكيلوفولت أمبير (KVA) للمحوّلات المتوسطة، مثل محوّلات التوزيع، أو بالميغافولت أمبير (MVA)، التي غالباً ما تُستخدم في محطات التحويل الرئيسة، ومحطات التوليد.

سَعَة المحوّلات أحادية الطور:

تُعطى سَعَة المحوّلات أحادية الطور بالعلاقة الرياضية الآتية التي تمثّل السَّعَة الكلية للمحوّل:

$$S = V \times I$$

سَعَة المحوّلات ثلاثية الأطوار:

تُعطى سَعَة المحوّلات ثلاثية الطور بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$S = \sqrt{3} V_L \times I_L$$

المفاقيد في المحوّلات الكهربائية (Transformers Losses):

تُصنّف المفاقيد الكهربائية في المحوّلات إلى صنفين، هما:

1. المفاقيد الثابتة (Constant Losses)، وتُسمّى أيضاً المفاقيد الحديدية (Iron Losses)، وقد سُمِّيَت المفاقيد الثابتة؛ لأنّ قيمتها ثابتة، ولا تعتمد على تيار الحمل، وسُمِّيت المفاقيد الحديدية؛ لأنّها تنشأ عن الفقد الناتج من تأثيرات المغنطة، والتيارات الدوامية في القلب الحديدي.

ويمكن معرفة قيمة المفاقيد الحديدية بوساطة اختبار يُعرَف باختبار اللاحمل (Open Circuit Test)، ويُرمز له بالرمز (P_{oc})، حيث يجرى هذا الاختبار ودارة الملف الثانوي مفتوحة.

2. المفاقيد المتغيّرة (Variable Losses)، وتُسمّى أيضاً المفاقيد النحاسية (Copper Losses)، وقد سُمِّيت المفاقيد المتغيّرة؛ لأنّ قيمتها تتغيّر مع مربع تيار الحمل، وسُمِّيت المفاقيد النحاسية؛ لأنّها ناتجة عن الفقد في مقاومة الملفين الابتدائي، والثانوي، ويمكن معرفة قيمة المفاقيد النحاسية بوساطة اختبار يُعرف باختبار قصر الدارة (Short Circuit Test)، ويُرمز له بالرمز(P_{sc}).

حساب مفاقيد المحوّل الكلية: بما أنّ المفاقيد النحاسية تتناسب مع مربع تيار الحمل، تُحسب مفاقيد المحوّل الكلية وَفق المعادلة الآتية:

$$P_{losses} = P_{oc} + n^2 P_{sc}$$

حيث n: نسبة الحمل على الملف الثانوي إلى القدرة الاسمية.

(n = 1، عند الحمل الكامل)

كفاءة المحوّلات الكهربائية (Transformers Efficiency):

تُعرّف الكفاءة بأنها النسبة بين القدرة الخارجة، والقدرة الداخلة، وتُعطى بالعلاقة الرياضية الآتية:

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\% = \frac{P_{out}}{(P_{out} + P_{losses})} \times 100\%$$

حيث:

$$P_{out} = S\cos\theta$$

$\cos\theta$ هي معامل قدرة الحمل.

يُراعى عند تصميم المحوّلات، أن تتساوى مفاقيد الحديد مع مفاقيد النحاس عند تيار الحمل الذي يعمل عليه معظم الوقت، حتى يتم الحصول على أعلى قيمة كفاءة طوال الوقت؛ ما يؤدي إلى خفض قيمة الطاقة المستهلكة في المفاقيد، وبالتالي خفض تكاليف التشغيل، وتجدر الاشارة إلى أنّ المحوّلات تُصمَّم بحيث تكون كفاءتها عالية جداً، قد تصل إلى 99%.

مثال (2): محوّل أحادي الطور، سَعَته 10 kVA، 500/200 V، إذا كانت أقصى كفاءة للمحوّل تتحقّق عند 90% من الحمل الكامل بمعامل قدرة أحادي، وكانت المفاقيد الحديدية للمحوّل 287 W، أحسب ما يأتي:

1. المفاقيد النحاسية عند الحمل الكامل.
2. كفاءة المحوّل عند الحمل الكامل بمعامل قدرة 0.8 متأخر.

الحل:

1. المفاقيد النحاسية عند الحمل الكامل: تكون كفاءة المحول أعلى ما يمكن عندما تتساوى مفاقيد الحديد مع مفاقيد النحاس:

$$P'_{sc} = P_{oc} = n^2 P_{sc} = \frac{287}{1000} = 0.287kW$$

ومنها أجد أنّ المفاقيد النحاسية عند الحمل الكامل:

$$P_{sc} = \frac{0.287}{(0.90)^2} = 0.35kW$$

2. كفاءة المحوّل عند الحمل الكامل بمعامل قدرة 0.8 متأخر:

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100 = \frac{P_{out}}{(P_{out} + P_{losses})} \times 100\,\%$$

$$P_{out} = n \times S \times cos\theta$$

عند الحمل الكامل: n =1

$$P_{out} = 1 \times 10 \times 0.8 = 8\ kW$$

$$P_{losses} = P_{oc} + n^2 P_{sc}$$

$$P_{losses} = \frac{287}{1000} + (1^2 \times 0.35) = 0.637kW$$

$$\eta\% = \frac{P_{out}}{(P_{out} + P_{losses})} \times 100\,\%$$

$$\eta\% = \frac{8}{(8 + 0.637)} \times 100 = 92.6\%$$

مثال (3): محوّل توزيع ثلاثي الأطوار، موصول دلتا (Δ) - ستار (Y) (Y) 400 V - (Δ) 11000 V)، 600 KVA، وكفاءته 96% ومعامل القدرة أحادي، أحسب:

1. تيار الخط (I_L)، و تيار الطور (I_{pri}) للملف الابتدائي عند الحمل الكامل.
2. تيار الخط (I_L)، و تيار الطور (I_{pri}) للملف الثانوي عند الحمل الكامل.

الحل:

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

$$S_{in} = \frac{S_{out}}{\eta\%} \times 100\,\% = \frac{600}{96} \times 100 = 625\ kVA$$

1. تيار الخط وتيار الطور للملف الابتدائي:

$$S_{in} = \sqrt{3} V_{Lp} \times I_{Lp}$$

$$I_{LP} = \frac{S_{in}}{\sqrt{3} \times V_{Lp}} = \frac{625 \times 1000}{\sqrt{3} \times 11000} = 32.8\ A$$

بما أنّ توصيلة الملف الابتدائي هي توصيلة دلتا، فإنّ:

$$I_{LP} = \sqrt{3} \times I_{\emptyset p}$$

$$I_{\emptyset p} = \frac{I_{Lp}}{\sqrt{3}} = \frac{32.8}{\sqrt{3}} = 18.9\ A$$

2. تيار الخط و تيار الطور للملف الثانوي:

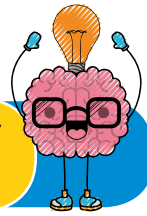
$$S_{out} = \sqrt{3} V_{Ls} \times I_{Ls}$$

$$I_{Ls} = \frac{S_{in}}{\sqrt{3} \times V_{Ls}} = \frac{600 \times 1000}{\sqrt{3} \times 400} = 866\ A$$

بما أنّ توصيلة الملف الثانوي هي توصيلة ستار، فإنّ:

$$I_{Ls} = I_{\emptyset s} = 866A$$

1. لماذا سُميّت المفاقيد الحديدية بهذا الاسم؟
2. كيف يُمكن معرفة قيمة المفاقيد الحديدية؟
3. لماذا سُميّت المفاقيد (المتغيرة) النحاسية بهذا الاسم؟
4. كيف يُمكن معرفة قيمة المفاقيد (المتغيرة) النحاسية؟
5. لماذا يُراد عند تصميم المحوّلات أن تتساوى المفاقيد الحديدية مع المفاقيد النحاسية عند تيار الحمل الذي تعمل عليه معظم الوقت؟



أسئلة الوَحدة:

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1 ما القانون الذي ينصّ على أنّه عند مرور تيار كهربائي في الملف الابتدائي لمحوّل، فإنّ مجالاً مغناطيسياً يتولّد حوله، وتزداد شدّته بازدياد قيمة التيار؟

أ. قانون لنز.

ب. قانون أمبير.

ج. قانون فارادي.

د. قانون أوم.

2 ما القانون الذي ينصّ على أنّ القوة الدافعة الكهربائية المتولّدة في الموصلات في المحوّل عند قطعها مجالاً مغناطيسياً تولّد تياراً، ينتج عنه مجال مغناطيسي يعاكس المجال الأصلي؟

أ. قانون لنز.

ب. قانون أمبير.

ج. قانون فارادي.

د. قانون أوم.

3 كيف ترتبط الملفات الابتدائية والثانوية في المحوّلات الذاتية؟

أ. مغناطيسياً، وكهربائياً.

ب. كهربائياً، ومنفصلة مغناطيسياً.

ج. مغناطيسياً، ومنفصلة كهربائياً.

د. منفصلة كهربائياً، ومغناطيسياً.

4 ما التوصيلة من توصيلات المحوّلات الكهربائية ثلاثية الأطوار التي يتساوى فيها جهد الخط، وجهد الوجه لكلّ من الملف الابتدائي والثانوي؟

أ. ستار (Y) - ستار (Y).

ب. ستار (Y) - دلتا (Δ).

ج. دلتا (Δ) - ستار (Y).

د. دلتا (Δ) – دلتا (Δ).

5 ما التوصيلة من توصيلات المحوّلات الكهربائية ثلاثية الأطوار التي تُعطى نسبة التحويل لها بالعلاقة: $\frac{VLpri}{VLsec} = \sqrt{3}\,a$ ؟

أ. توصيلة دلتا (Δ) – ستار (Y).

ب. توصيلة دلتا (Δ) - دلتا (Δ).

ج. توصيلة ستار (Y) - دلتا (Δ).

د. توصيلة ستار (Y) - ستار (Y).

6 كيف يمكن تخفيض جهد الملف الثانوي في المحوّل؟

أ. زيادة عدد لفات N_S، أو زيادة عدد لفات N_P.

ب. زيادة عدد لفات N_S، أو تقليل عدد لفات N_P.

ج. تقليل عدد لفات N_S، أو تقليل عدد لفات N_P.

د. تقليل عدد لفات N_S، أو زيادة عدد لفات N_P.

7 ماذا يعني الرمز (I_C) في المحوّلات الذاتية؟

أ. تيار المغنطة.

ب. تيار الملف الثانوي.

ج. تيار الملف الابتدائي.

د. تيار الملف المشترك.

8 لماذا سُمِّيَتِ المفاقيد المتغيّرة في المحوّلات الكهربائية بهذا الاسم؟

أ. لأنّ قيمتها تتغيّر مع مربع تيار الحمل.

ب. لأنّ قيمتها تتغيّر وَفق تردّد المصدر.

ج. لأنّ قيمتها تتغيّر وَفق جهد المصدر.

د. لأنّ قيمتها ثابتة، ولا تعتمد على تيار الحمل.

9 لماذا تُركَّب أجهزة مبدّلات الجهد في المحوّلات الكهربائية عادة عند أطراف الجهد العالي؟

أ. لأنّ قيمة التيار في جهة ملف الجهد العالي أقلّ، وعدد اللفات أكبر.

ب. لأنّ قيمة التيار في جهة ملف الجهد العالي أقلّ، وعدد اللفات أقلّ.

ج. لأنّ قيمة التيار في جهة ملف الجهد العالي أكبر، وعدد اللفات أكبر.

د. لأنّ قيمة التيار في جهة ملف الجهد العالي أكبر، وعدد اللفات أقلّ.

السؤال الثاني:

أ. أذكر - مع الشرح - القوانين التي يعتمد عليها مبدأ عمل المحوّل الكهربائي أحادي الطور.

ب. ما المقصود بالمفاقيد في المحوّلات؟ وكيف تؤثّر على كفاءتها؟

ج. ما المقصود بمبدّلات الجهد؟ ولماذا تُستخدم؟

د. أبيّن لماذا تُعَدّ توصيلة ستار (Y) - ستار (Y) الأقلّ استخداماً في توصيلات المحوّلات ثلاثية الأطوار.

السؤال الثالث: أذكر وسائل التبريد في المحوّلا ت الكهربائية، وأبيّن أهميتها.

السؤال الرابع:

أ. أبيّن شروط توصيل المحوّلات الكهربائية على التوازي.

ب. أعدّد طرق توصيل المحوّلات الكهربائية ثلاثية الأطوار، موضّحاً ذلك بالرسم.

ج. أذكر المكونات الرئيسة التي تتكوّن منها محوّلات القدرة.

السؤال الخامس:

محوّل أحادي الطور، سَعَته 100 KVA،أجريت له تجربتا اللاحمل، وقصر الدارة، فكانت المفاقيد كما يأتي:

$$Poc = 570\ W \text{ و} Psc = 2100\ W$$

1. أحسب كفاءة المحوّل (η)، عند معامل قدرة 0.85، والحمل الاسمي.

2. أحسب كفاءة المحوّل (η)، عند معامل قدرة 0.85، و80% من الحمل الاسمي.

السؤال السادس:

محوّل أحادي الطور، قدرته (100 VA)، وجهد الملف الابتدائي (220 V)، وعدد لفاته (500) لفة، أحسب ما يأتي:

1. عدد لفات الملف الثانوي للحصول على جهد مقداره (110 V).

2. التيار في كلّ من الملف الابتدائي، والثانوي عند الحمل الكامل.

3. القدرة الفعالة، وغير الفعالة، عند تزويد حمل، معامل قدرته (0.8) متأخر في حالة الحمل الكامل.

السؤال السابع:

محوّل توزيع ثلاثي الأطوار، موصول توصيلة دلتا (Δ) - ستار (Y) ((Y) 400 - (Δ) 11000)، وسَعَته kVA 200، وكفاءته 98%، ومعامل قدرة أحادي، أحسب:

1. تيار الخط (I_L) ، وتيار الطور (I_ϕ) للملف الابتدائي عند الحمل الكامل.

2. تيار الخط (I_L) ، وتيار الطور (I_ϕ) للملف الثانوي عند الحمل الكامل.

السؤال الثامن:

محوّل ثلاثي الأطوار موصول ستار(الابتدائي) (Y) – دلتا(الثانوي) (Δ)، Δ(13.8) kV - Y(34.5)،سَعَته kVA (400)، أحسب عند الحمل الكامل:

1. جهد الطور(V_ϕ) ، وجهد الخط (V_L) للملفات الابتدائية، والثانوية.

2. تيار الطور (I_ϕ)، وتيار الخط (I_L) للملفات الابتدائية، والثانوية.

3. نسبة التحويل للمحوّل.

دراسة حالة:

أنفّذ خطوات العمل الكامل للموقف التعليمي التعلّمي:

حضر أحد أصحاب المصانع إلى شركة توريد وصيانة محوّلات كهربائية، واشتكى من عدم عمل أحد أقسام المصنع التي تتغذى مباشرة من محول كهربائي ثلاثي الأطوار.

مشروع الوَحدة:

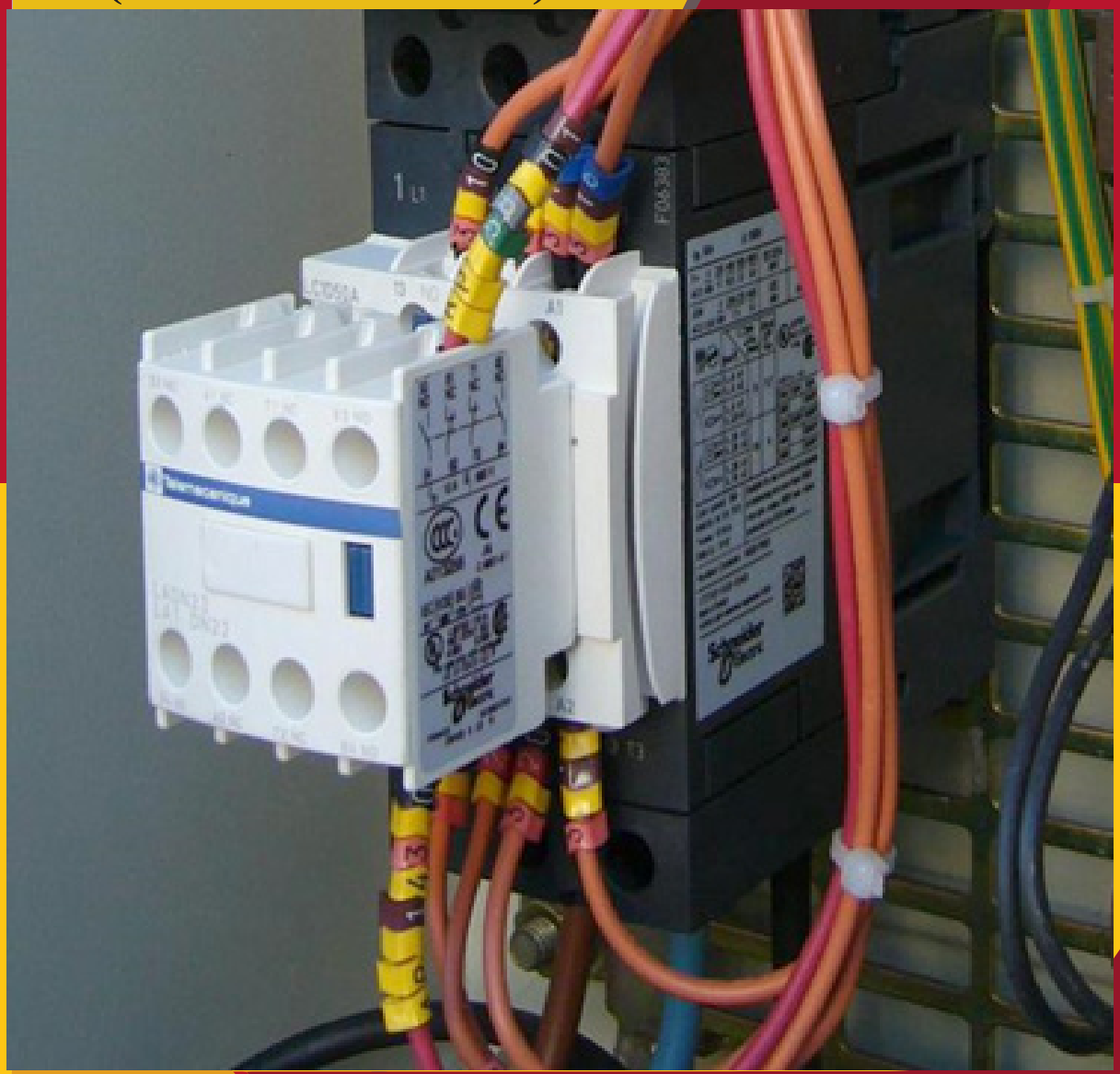
أراد زبون تجهيز عدّة لوحات كهربائية؛ لتشغيل أحمال مختلفة باستخدام ثلاث وَحَدات محوّلات أحادية الطور متماثلة (Three Banks)، كُتِبَ على لوحتها الاسمية (2A، 220/2 x 6 V ac) من مصدر جهد ثلاثي الأطوار قيمته 380v Vac:

1. أجهّز كافّة التوصيلات المحتملة لهذه اللوحات.
2. ما جهد الخطّ، وجهد الطور لكلّ توصيلة؟
3. ما تيار الخط، وتيار الطور لكلّ توصيلة؟

مع مراعاة مراحل المشروع: (اختيار المشروع، وخطته، وتنفيذه، وتقويمه).

الوَحدة النمطية الثالثة

دارات التحكّم
(Control Circuits)



أتأمّل، ثمّ أناقش:

ما المكوّنات الرئيسة لأنظمة التحكّم؟

الوَحدة النمطية الثالثة:

دارات التحكّم

يُتوقَع من الطلبة بعد دراسة هذه الوَحدة، والتفاعل مع أنشطتها، أن يكونوا قادرين على معرفة أنظمة التحكّم الآلي، وداراته، باستخدام المرحّلات، والمفاتيح التلامسية، وأجهزة الإدخال لهذه الدارات؛ من ضواغط، أو مجسات، وتطبيقاتها المختلفة، ودارات التحكّم اليدوي، باستخدام المفاتيح الأسطوانية، وتطبيقاتها المختلفة، من خلال الآتي:

1. تمييز المرحّلات والمفاتيح التلامسية، وتركيبها، ومبدأ عملها.
2. تمييز مرحّلات الحماية، وتركيبها، ومبدأ عملها، ومجالات استخدامها.
3. توصيل دارات التحكّم الأساسية، وتشغيلها، باستخدام المفاتيح التلامسية.
4. توصيل دارات التحكّم، وتشغيلها، باستخدام المفاتيح الأسطوانية.

الكفايات المهنية:

الكفايات المُتوقَّع من الطلبة امتلاكها، بعد الانتهاء من دراسة هذه الوَحدة:

1. الكفايات الاحترافية:

* قراءة البيانات الأساسية للمفاتيح التلامسية (Contactors)، وتحليلها.
* معرفة مرحّلات الحماية (Protective Relays).
* معرفة أجهزة الإدخال لأنظمة التحكّم، وداراتها.
* تمييز طرق توصيل دارات التحكّم الأساسية للتطبيقات المختلفة، وتشغيلها، باستخدام المفاتيح التلامسية.
* تمييز طرق توصيل دارات التحكّم، وتشغيلها، باستخدام المفاتيح الأسطوانية.

2. الكفايات الاجتماعية والشخصية:

* متابعة التقدم التكنولوجي.
* التفكير، والتصرف بشكل اقتصادي.
* الثقة بالنفس.
* القدرة على الإقناع.
* تفهُّم رغبة الزبون، وتلبية طلباته.
* بناء علاقات طيبة مع الزبائن.
* الموثوقية.
* الاستقلالية.
* العمل ضمن فريق.
* فهم توزيع الأدوار، وتقبّلها.
* الحفاظ على خصوصية الزبون.
* مهارات التواصل العالية، والمظهر اللائق.

3. الكفايات المنهجية:

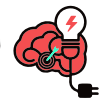
* العمل التعاوني.
* البحث العلمي.
* العصف الذهني (استمطار الأفكار).
* الحوار والمناقشة.

قواعد الأمان والسلامة العامة:

* التأكّد من صلاحِيَة أجهزة الفحص المستخدمة.
* معرفة تامة بأسس السلامة المهنية الشخصية، والبيئية المحيطة.
* استخدام العِدَد والتجهيزات المطابقة لقواعد الأمن والسلامة.
* ترتيب طاولة العمل (مكان العمل)، وتنظيفها قبل الانتهاء من التنفيذ، وبعده.

1.3 الموقف التعليمي التعلّمي: التعرّف إلى البيانات الأساسية للمفاتيح التلامسية:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: حضر أحد الفنيين إلى إحدى شركات التوريدات الكهربائية، وطلب شراء مفتاح تلامسي؛ لتركيبه في دارة تحكّم كهربائية.



العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلُّم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من الفني عن: - جهد المفتاح التلامسي التشغيلي. - قدرة الحمل الكهربائي المراد تشغيله. - طبيعة عمل الدارة المراد تشغيلها. - أجمع البيانات عن: - المفاتيح التلامسية. - دارات التحكّم الكهربائية.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • طلب الفني الكتابي. • كتالوجات المفاتيح التلامسية. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المفاتيح التلامسية. • فيديو عن المفاتيح التلامسية.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: - جهد المفتاح التلامسي التشغيلي. - قدرة الحمل الكهربائي المراد تشغيله. - طبيعة عمل الدارة المراد تشغيلها. - المفاتيح التلامسية - دارات التحكّم الكهربائية.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • كتالوجات عن المفاتيح التلامسية. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: • مواقع خاصة بالعناصر المستخدمة في أنظمة التحكّم الكهربائية.
أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة للفكّ والتركيب. • الحذر عند استخدام تجهيزات الفكّ والتركيب. • عدم تشغيل النظام قبل التأكّد من توصيله بشكل صحيح. - تشغيل النظام، والتأكّد من عمله.	- الحوار والمناقشة. - العمل التعاوني (لعب الأدوار).	- مفتاح تلامسي مناسب. - مفكّات متنوعة. - قرطاسية. - حاسوب. - الوثائق: • كتالوجات عن المفاتيح التلامسية. • صور عن المفاتيح التلامسية. • طلب الفني. - الإنترنت: مواقع خاصة بأنظمة التحكّم ذات مصداقية.

أتحقّق من	• مراعاة قواعد الأمان والسلامة. • توصيل المفتاح التلامسي. • تشغيل النظام، والتأكّد من عمله. • إنجاز العمل في الوقت المحدد، ووَفق طلب الفني. • إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني (لعب الأدوار). - البحث العلمي.	- حاسوب. - الوثائق: • كتالوجات حول المفاتيح التلامسية. • طلب الفني. • الإنترنت: مواقع خاصة بأنظمة التحكّم.
أوثّق، وأعرض	- نتائج جمع البيانات عن: • جهد المفتاح التلامسي التشغيلي. • قدرة الحمل الكهربائي المراد تشغيله. • طبيعة عمل الدارة المراد تشغيلها. • المفاتيح التلامسية. • دارات التحكّم الكهربائية - إنشاء ملف خاص للحالة (التعرف إلى البيانات الأساسية للمفاتيح التلامسية). - تجهيز تقرير فني للفني. - إعداد تقرير كامل بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- المقارنة بين حالة نظام التحكّم قبل تركيب المفتاح التلامسي، وبعده. - تعبئة نموذج التقييم. - رضا الفني (موافقة الفني على شراء المفتاح التلامسي بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب الفني. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة:

1. أعرّف المفتاح التلامسي.
2. أذكر المكونات الرئيسة للمفتاح التلامسي.
3. أبيّن وظيفة الملامسات الرئيسة والملامسات المساعدة في المفاتيح التلامسية.
4. أبيّن أهم استخدامات المفاتيح التلامسية.

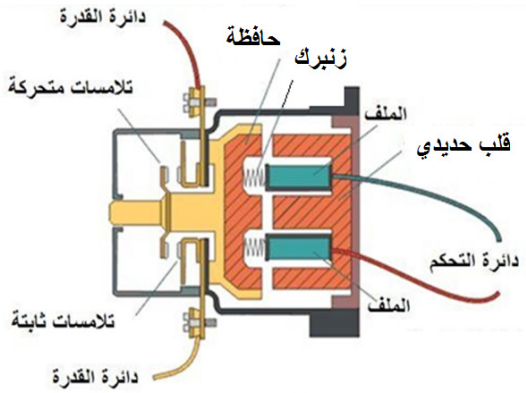
أتعلّم: البيانات الأساسية للمفاتيح التلامسية (Contactors).

نشاط: أختار مفتاحاً تلامسياً، ثمّ أنفّذ ما يأتي:

1. أقرأ البيانات الخاصة بالمفتاح التلامسي (عدد الأقطاب الرئيسة، وعدد الأقطاب المساعدة، ونوعها (NO/NC)، والتيار، والجهد التشغيلي للملف).
2. أفحص أطراف الملف الخاصّ بالمفتاح التلامسي، باستخدام جهاز (DMM).
3. أفحص نقاط التوصيل المساعدة المفتوحة (NO)، والمغلقة (NC) للمفتاح التلامسي، باستخدام DMM؛ للتأكّد من طبيعة عملها.
4. أفكّ المفتاح المغناطيسي، وأستخرج ملفه، ثمّ أعيد تجميعه.

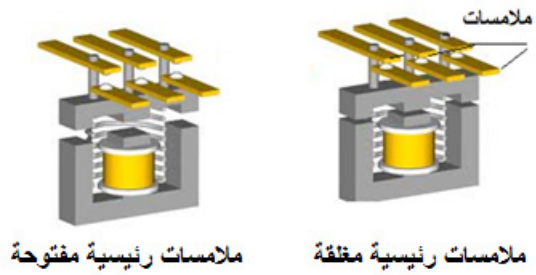
المفتاح التلامسي: هو مفتاح يحتوي على ملامسات رئيسة، مفتوحة في وضعها الطبيعي، وتُصمَّم لتتحمّل مقرّرات تيار عالية، وملامسات مساعدة، منها ما هو مفتوح في وضعه الطبيعي، ومنها ما هو مُغلَق في وضعه الطبيعي، حيث يتمّ التحكّم في ملامساته الرئيسة، والمساعدة مغناطيسياً بتيار تحكّم، ويكون ذا شدّة تيار، وفرق جهد أصغر من التيار الكهربائي المطلوب التحكّم فيه.

أجزاء المفتاح التلامسي: يتكوّن المفتاح التلامسي، كما هو مبيّن في الشكل (1) الآتي من تلامسات ثابتة، ومتحركة، وزنبرك إرجاع، وملف (Coil) مُثبَّت حول قلب حديدي على شكل حرف (E)، وحافظة، حيث سيتمّ تناول أجزائه الرئيسة لاحقاً بالتفصيل، وبين الشكل (1) تركيب المفتاح التلامسي.



شكل (1): تركيب المفتاح التلامسي

أ. الملامسات الرئيسة: يحتوي المفتاح التلامسي على عدد من الملامسات الرئيسة (main contacts)، في وضعها الطبيعي مفتوحة (normally open)، حيث تختلف المفاتيح التلامسية بعضها عن بعض باختلاف عدد الأقطاب الرئيسة، فمنها ما يحتوي على قطب واحد (single pole)، أو قطبين (two poles)، أو ثلاثة أقطاب (three poles)، أو أربعة أقطاب (four poles)، وهي تعمل على توصيل التيار الكهربائي، وفصله عن الحمل في آن واحد، ويبيّن الشكل (2) الآتي نموذجاً لمفتاح تلامسي ذي ثلاثة أقطاب رئيسة:



شكل (2): نموذج مفتاح تلامسي ذي ثلاثة أقطاب رئيسة

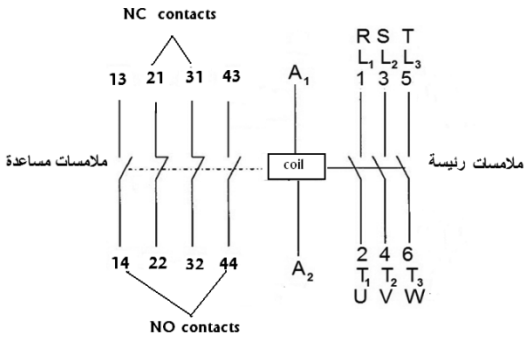
ب. الملامسات المساعدة: يحتوي المفتاح التلامسي على عدد غير محدد من الملامسات المساعدة (auxiliary contacts)، منها ما هو مفتوح، ومنها ما هو مغلق، وهي تصمّم لتمرير تيار التحكّم، ويتمّ الإشارة إلى الملامس المفتوح بالحرفين (NO)، كما يتمّ الإشارة إلى الملامس المغلق بالحرفين (NC)، حيث تكون هذه الملامسات ملازمة للمفتاح الرئيس، أو يمكن إضافتها إليه بطريقة ميكانيكية، ويبيّن الشكل (3) الآتي نموذجاً لملامس مساعد:

شكل (3): ملامس مساعد

ويتمّ ترقيم الملامسات الرئيسة، والمساعدة للمفاتيح التلامسية، كما يأتي:

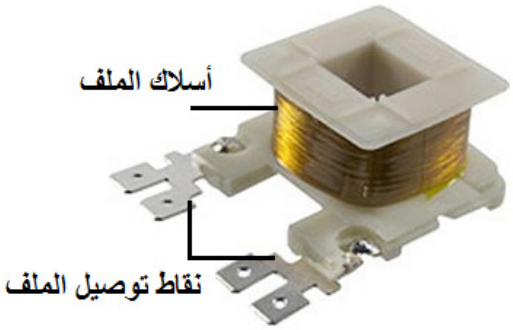
تتمّ الإشارة إلى الملامسات الرئيسة، والمساعدة في المفاتيح التلامسية بعدّة رموز واختصارات، تختلف من شركة صانعة إلى أخرى، حيث تشير الأرقام 1-2، 3-4، 5-6، أو الاختصارات T1-L1، T2-L2، T3-L3 إلى بدايات الملامسات الرئيسة، ونهاياتها، كما يتمّ ترميز بدايات الملامسات المساعدة بالأرقام 33، 13،....، ويشير الرَّقْم

الأول (3) إلى بداية الملامس المفتوح، ويشير الرَّقْم الثاني (3،1،...) إلى ترتيب الملامس في المفتاح التلامسي، ويتمّ ترميز نهاياتها بالأرقام 34، 14،....، ويشير الرَّقْم الأول (4) إلى نهاية الملامس المفتوح، ويشير الرَّقْم الثاني (3،1،...) إلى ترتيب الملامس في المفتاح التلامسي، كما يتمّ ترميز بدايات الملامسات المساعدة بالأرقام 31،22-21 32-...، ويشير الرَّقْم الأول (1) إلى بداية الملامس المغلق، ويشير الرَّقْم الثاني (3،2،..) إلى ترتيب الملامس في المفتاح التلامسي، ويتمّ ترميز نهاياتها بالأرقام 32، 22،....، ويشير الرَّقْم الأول (2) إلى نهاية الملامس المغلق، ويشير الرَّقْم الثاني (3، 2،...) إلى ترتيب الملامس في المفتاح التلامسي، والشكل (4) الآتي يبيّن طريقة ترقيم الملامسات الرئيسة، والمساعدة في المفتاح التلامسي:



شكل (4): ترقيم الملامسات الرئيسة والمساعدة

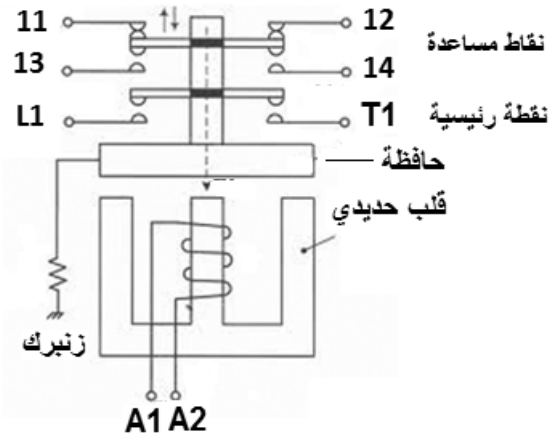
ج. الملف (coil): سلك معزول، ملفوف فوق بكرة من البلاستيك، وعدد لفات السلك، وسُمكه يعتمد على فرق الجهد، ونوع التيار المتردّد (AC)، أو المستمرّ (DC) الذي سيعمل عليه الملف، حيث إنّ التيار المسحوب يكون قليل القيمة، ويُقدَّر بوَحدة الملي أمبير، ويبيّن الشكل (5) الآتي ملف مفتاح تلامسي:



شكل (5): ملف مفتاح تلامسي

مبدأ عمل المفتاح التلامسي (Contactor):

عند توصيل التيار الكهربائي، عن طريق دارة تحكّم خاصة، يتمغنط القلب الحديدي؛ ما يؤدّي إلى جذب الحافظة تجاه القلب الذي يعمل على تغيير وضع جميع ملامسات التلامس الرئيسة والمساعدة، (NO، NC) ؛ فتصبح الملامسات المفتوحة مغلقة، والمغلقة مفتوحة، وتبقى على هذا الوضع، حتى ينقطع التيار عن الملف، فيعود القالب المتحرك إلى وضعه الطبيعي، مندفعاً إلى الوراء، عن طريق الزنبرك الموجود بين القالبين، فتعود جميع ملامسات التلامس إلى وضعها الأصلي، كما هو مبيّن في الشكل (6) الآتي:



شكل (6): رسم يوضح آلية عمل المفتاح التلامسي

المواصفات الفنية للمفاتيح التلامسية:

أ. الجهد التشغيلي لملف (coil) المفتاح التلامسي: يمكن تشغيل ملفاته بجهود مختلفة مستمرّة (DC)، أو متناوبة (AC).

ب. عدد الملامسات الرئيسة الذي تحدده طبيعة الحمل، ونوعه.

ج. عدد الملامسات المساعدة المفتوحة، والمغلقة، وَفق تطبيق دارة التحكّم.

د. شدة تيار الحمل، وقدرته بالحصان، أو الكيلوواط، التي يتمّ بموجبها اختيار سَعَة الملامسات الرئيسة.

استخدامات المفاتيح التلامس:

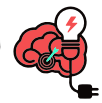
تُستخَدم المفاتيح التلامسية في كثير من التطبيقات الصناعية؛ لنقل القدرة الكهربائية، وفي تشغيل المحرّكات الكهربائية، باستخدام طرق تحكّم خاصة، كما تُستخدم في تطبيقات القدرة الكهربائية في الإنارة، والتدفئة.

الأسئلة:

1. ما المواصفات الفنية للمفاتيح التلامسية؟
2. أشرح مبدأ عمل المرحّلات، والمفاتيح التلامسية.
3. أشرح مبدأ عمل مرحّلات الحماية المختلفة.

2.3 الموقف التعليمي التعلّمي: توصيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: حضر أحد أصحاب المصانع إلى مصنع تجميع لوحات كهربائية، وطلب تجميع دارة تحكّم كهربائية، باستخدام مفاتيح تلامسية؛ لتشغيل حمل كهربائي في مصنعه.



العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلُّم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
جمع البيانات، وأحللها	- أجمع البيانات من صاحب المصنع عن: • طبيعة عمل الدارة المراد تشغيلها. • جهد الحمل التشغيلي. • قدرة الحمل الكهربائي المراد تشغيله. • أجمع البيانات عن: - المفاتيح التلامسية. - دارات التحكم الكهربائية.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • طلب صاحب المصنع الكتابي. • كتالوجات المفاتيح التلامسية - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المفاتيح التلامسية. • فيديو عن المفاتيح التلامسية.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • جهد المفتاح التلامسي التشغيلي. • قدرة الحمل الكهربائي المراد تشغيله. • طبيعة عمل الدارة المراد تشغيلها • المفاتيح التلامسية. • دارات التحكّم الكهربائية.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • كتالوجات عن المفاتيح التلامسية. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: • مواقع خاصة بالعناصر المستخدمة في أنظمة التحكّم الكهربائية.
أنفّذ	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة للفكّ والتركيب. - الحذر عند استخدام تجهيزات الفكّ والتركيب. - عدم تشغيل النظام قبل التأكّد من توصيله بشكل صحيح. - تشغيل النظام، والتأكّد من عمله.	- الحوار والمناقشة. - العمل التعاوني (لعب الأدوار).	- مفتاح تلامسي مناسب. - مفكّات متنوعة. - قرطاسية. - حاسوب. - الوثائق: • كتالوجات عن المفاتيح التلامسية. • صور عن المفاتيح التلامسية • طلب صاحب المصنع. - الإنترنت: مواقع خاصة بأنظمة التحكّم ذات مصداقية.

أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة. - توصيل المفتاح التلامسي - تشغيل النظام، والتأكّد من عمله. - إنجاز العمل في الوقت المحدد، ووَفق طلب صاحب المصنع. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- الحوار والمناقشة. - البحث العلمي.	- حاسوب. - الوثائق: • كتالوجات حول المفاتيح التلامسية. • طلب صاحب المصنع. - الإنترنت: مواقع خاصة بأنظمة التحكّم.
أوثّق، وأعرض	- نتائج جمع البيانات عن: - جهد المفتاح التلامسي التشغيلي. - قدرة الحمل الكهربائي المراد تشغيله. - طبيعة عمل الدارة المراد تشغيلها. - المفاتيح التلامسية. - دارات التحكّم الكهربائية. - إنشاء ملف خاص بالحالة (توصيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي). - تجهيز تقرير فني لصاحب المصنع. - إعداد تقرير كامل بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل)	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- المقارنة بين حالة نظام التحكّم قبل تركيب المفتاح التلامسي، وبعده. - تعبئة نموذج التقييم. - أقوّم رضا صاحب المصنع (موافقة صاحب المصنع على تجميع دارة التحكم لكهربائية بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب صاحب المصنع. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة:

1. أذكر، مع الشرح الموجز العناصر الأساسية التي تتكون منها دارات القدرة والتحكم في تشغيل الأحمال الكهربائية باستخدام المفاتيح التلامسية.
2. أرسم دارة الإيقاف (NOT Circuit) للتحكم في إطفاء مصباح كهربائي.
3. أرسم دارة تحكم في إنارة مصباح كهربائى عن طريق ملامسين على التوالي (AND Circuit).

أتعلّم: دارات التحكّم الكهربائية.

تُعَدّ دارات التحكّم من المكوّنات الرئيسة لأنظمة التحكّم الكهربائية التي تعمل بشكل تتابعي مع الزمن، لتشغيل أحمال كهربائية؛ لتأدية وظائف ميكانيكية معينة، حيث تعتمد في عملها على أجهزة إدخال، مثل مفاتيح التشغيل، والضواغط، والمجسات، وأجهزة إخراج، مثل المرحّلات، والمفاتيح التلامسية التي تُعَدّ الأساس في بناء دارات منطقية لهذه الأنظمة.

مكوّنات نظام التحكّم:

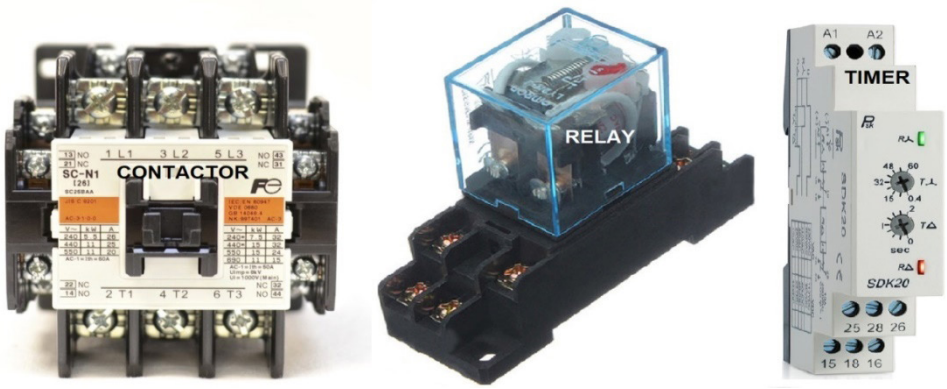
1. أجهزة الإدخال: تتكوّن غالباً من ضواغط، يتمّ تشغيلها يدوياً، كما هو مبيّن في الشكل (1) الآتي:

شكل (1): ضواغط تستخدم في أنظمة التحكم

وقد تتكوّن أيضاً من مجسات تُفعَّل بالحركة، أو الضوء، أو غيرها من الظواهر الفيزيائية التي يتمّ تحويلها إلى إشارات كهربائية، كما هو مبيّن في الشكل (2) الآتي:

شكل (2): مجسّات

2. أجهزة الاستقبال: تتكوّن من مفاتيح تلامسية (Contactor)، ومرحّلات (Relay)، ومؤقّتات زمنية (Timer)، وهي تعمل على استقبال الإشارة الكهربائية؛ لتشغيل نظام التحكّم، كما هو مبيّن في الشكل (3) الآتي:



شكل (3): أجهزة استقبال

3. أجهزة التشغيل: وهي التي تشكّل الأحمال، التي تعمل أجهزة التحكّم على نقل الإشارة الكهربائية إليها، مثل المحرّكات الكهربائية، والأسطوانات الهوائية، والهيدروليكية، وغيرها من الأحمال.

4. أجهزة الإشارة والتحذير: تشير إلى حالة المداخل، والمخارج، كما تشير إلى حدوث خلل ما في الدارة الكهربائية، مثل مصابيح الإشارة.

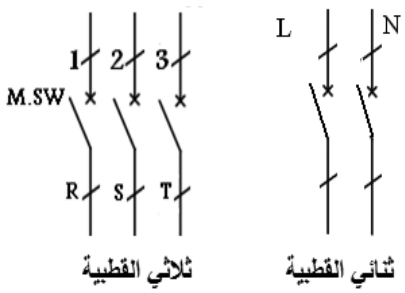
العناصر الأساسية في دارات القدرة والتحكّم (Power and Control Circuit):

يُقسم المخطّط الكهربائي في تشغيل الأحمال الكهربائية باستخدام المفاتيح التلامسية إلى قسمين رئيسن، هما: مخطّط دارة القدرة، ومخطّط دارة التحكّم، حيث يتكوّن المخطّطان من مجموعة من العناصر الكهربائية، منها ما هو مُستخدَم في مخطّط دارة التحكّم، ومنها ما هو مُستخدَم في مخطّط دارة القدرة، ومنها ما يُستخدم في المخطّطين معاً.

1. المفتاح الرئيس (ON/OFF Main Switch): وهو مفتاح يُركّب على اللوحة الكهربائية من الخارج، ويُستخَدم لفصل الدارة الكهربائية، ووصلها مع المصدر، حيث يتمّ تصنيف هذه المفاتيح وَفق عدد الأقطاب، وعلى مدى تحمُّلها للتيار الكهربائي، كما هو مبيّن في الشكل (4) الآتي:

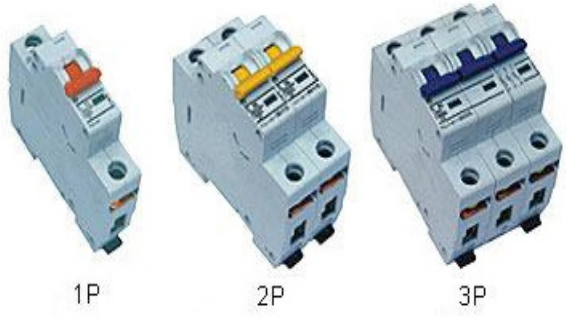
شكل (4): مفتاح رئيس

حيث يتمّ اختيار المفتاح الرئيس، تَبعاً لمصدر التغذية (أحادي الطور، أو ثلاثي الأطوار)، وتَبعاً لتيار الحمل، ويبيّن الشكل (5) الآتي رمز مفتاح رئيس ثنائي، وثلاثي القطبية، وهو مفتاح يُركَّب على اللوحة الكهربائية من الخارج، ويُستَخدم لفصل الدارة الكهربائية، ووصلها مع المصدر، حيث يتمّ تصنيف هذه المفاتيح وَفق عدد الأقطاب، وعلى مدى تحمُّلها للتيار الكهربائي، فمنها ما يتحمّل 25 A، 20، 16، ومنها ما تصل درجة تحمُّله إلى مئات الأمبيرات.



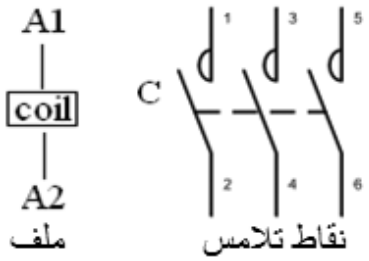
شكل (5): رمز مفتاح رئيس ثنائي وثلاثي القطبية

2. القاطع الكهربائي (Circuit Breaker): هو عنصر حماية أساسي في دارات القدرة والتحكّم؛ إذ يتمّ بوساطته فصل التغذية، ووصلها عن المصدر آليّاً عن دارات القدرة والتحكّم عند تجاوز التيار المسحوب من المصدر التيار المقنّن؛ إذ إنّ هذا القاطع متوفر بأشكال وسَعَات مختلفة؛ أحادية الطور، وثلاثية الأطوار، وبمقرّرات تيار (6 ، 10، 16، 20، 25، 32 A) والشكل (6) الآتي يبيّن بعض أنواع القواطع الكهربائية:



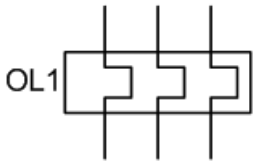
شكل (6): قواطع كهربائية

3. المفتاح التلامسي (Contactor): وهو جهاز كهروميكانيكي، يعمل على نقل التيار الكهربائي من المصدر إلى الحمل، ويبيّن الشكل (7) الآتي رمز ملامسات تلامس رئيسة، وملف المفتاح التلامسي:



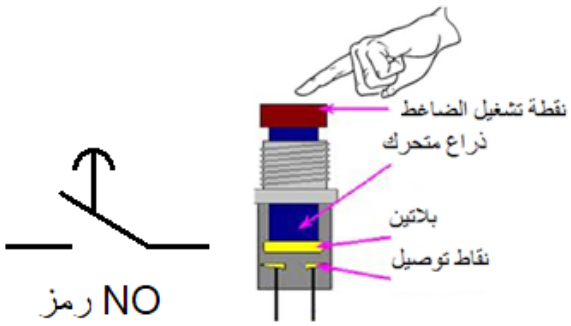
شكل (7): رمز ملامسات تلامس رئيسة، ورمز ملف المفتاح التلامسي

4. مرحّل الحماية الحراري (Overload Relay): يعمل هذا المرحّل على فصل الدارة الكهربائية عن المصدر، في حال زيادة تيار الحمل عن التيار المقرر، ويبيّن الشكل (8) الآتي رمز مرحّل الحماية الحراري:



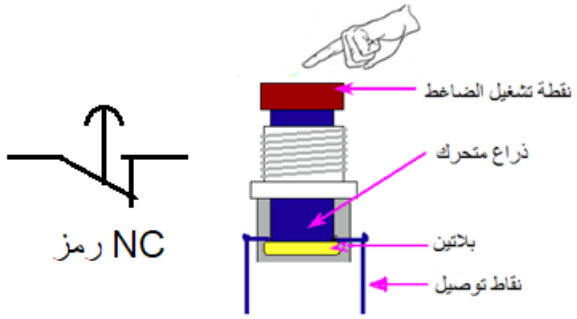
شكل (8): رمز مرحّل الحماية الحراري

5. ضواغط التشغيل والإيقاف (Start And Stop Push Buttons): تكون ملامسات ضواغط التشغيل في وضعها الطبيعي مفتوحة (NO)، حيث تُستعمل هذه الضواغط لربط ملامسات التوصيل عند الضغط عليها؛ لتمرير التيار الكهربائي، كما هو مبيّن في الشكل (9) الآتي:



شكل (9): ضاغط تشغيل

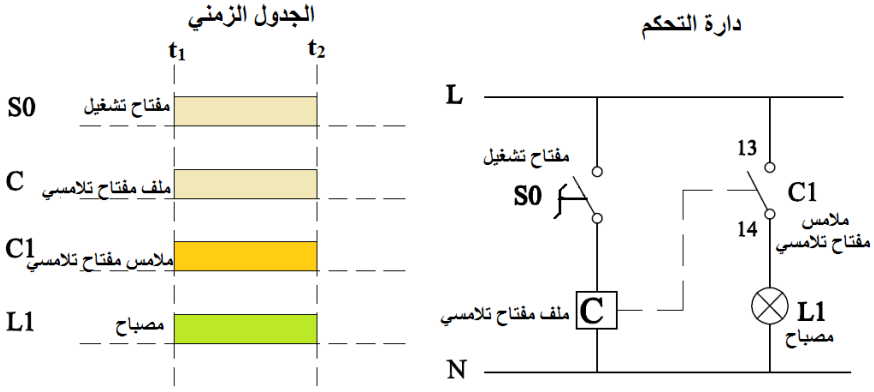
بينما تكون تلامسات ضواغط الإيقاف في وضعها الطبيعي مغلقة، حيث تُستعمَل هذه الضواغط لفصل التيار الكهربائي عن الدارة الكهربائية عبر ملامسات التوصيل عند الضغط عليها، كما هو مبيّن في الشكل (10) الآتي:



شكل (10): ضاغط إيقاف

أساسيات دارات التحكّم:

1. دارة تشغيل مباشر (Direct On Line):



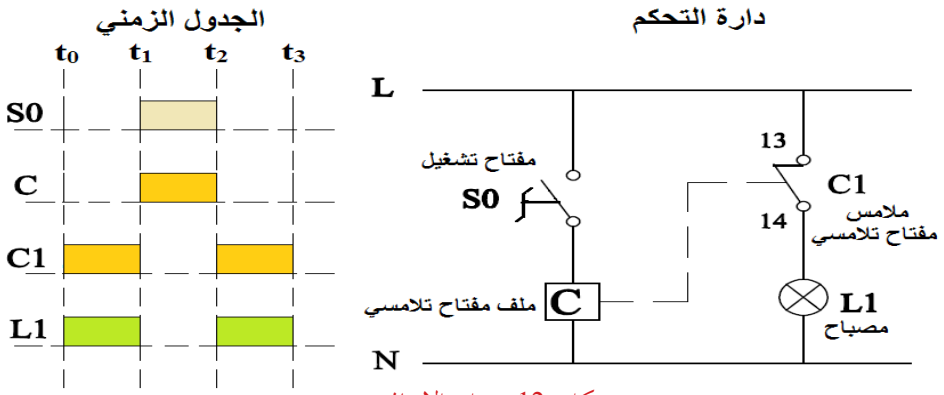
شكل (11): دارة تشغيل مباشر

مبدأ عمل الدارة:

عند إغلاق مفتاح التشغيل (S1)، يتمّ وصل ملف المفتاح التلامسي (C) مع مصدر الكهرباء، وبالتالي يُغلق الملامس المفتوح (C1)، الذي –بدوره- يعمل على توصيل المصباح مع مصدر الكهرباء، فيضيء المصباح، وعند فتح المفتاح، يعمل على فصل مصدر الكهرباء عن ملف المفتاح التلامسي، فتعود نقطة التلامس إلى وضعها الطبيعي المفتوح (NO)، فينطفئ المصباح؛ لانفصاله عن المصدر.

نشاط: يُراد إنارة مصباح يعمل على جهد 24 Vac، باستخدام مفتاح تلامسي، جهد ملفه التشغيلي Vac 220، أصمّم هذه الدارة، ثمّ أنفّذها.

2. دارة الإيقاف (NOT Circuit):



شكل (12): دارة الإيقاف

مبدأ عمل الدارة:

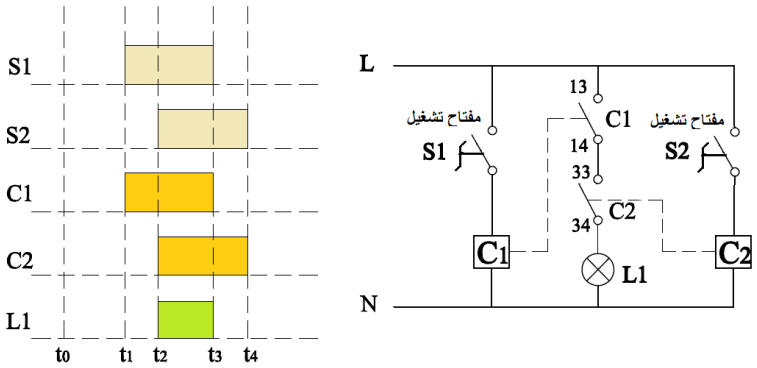
عند إغلاق مفتاح التشغيل (S1)، يتصل ملف المفتاح التلامسي (C) بمصدر الكهرباء، فتتغيّر وضعية الملامس المغلق (C1)، فينفصل جهد المصدر عن المصباح (L1)، فينطفئ المصباح.

استعمالات الدارة:

يُستعمَل هذا النوع من الدارات في التطبيقات التي تتطلّب أولوية في التشغيل؛ إذ ينفصل التيار الكهربائي عن الحمل المتصل بنقطة الملامس (C1) لمجرد تفعيل ملف الملامس (C).

نشاط: أصمّم، ثمّ أنفّذ دارة تحكّم باستخدام مفتاح تلامسي؛ للتحكّم في إنارة مصباحين، بحيث ينطفئ المصباح الأول (L1)، ويضيء المصباح الثاني (L2) لمجرد تفعيل ملف المفتاح التلامسي.

3. دارة تشغيل عن طريق ملامسين على التوالي (AND Circuit):



شكل (13): دارة تشغيل عن طريق ملامسين على التوالي

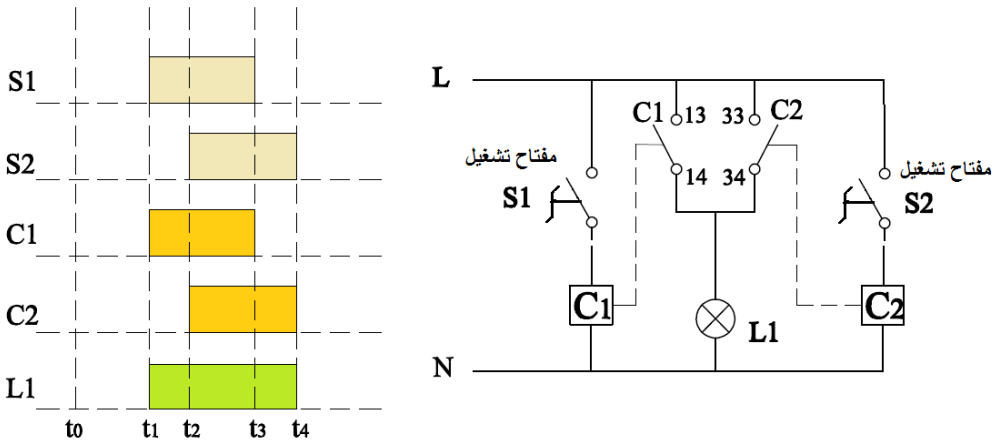
مبدأ عمل الدارة:

عند إغلاق مفتاح التشغيل (S1)، يتصل ملف المفتاح التلامسي (C1) بمصدر الكهرباء، فتتغيّر وضعية الملامس المفتوح (C1)، فيغلق، وعند إغلاق مفتاح التشغيل (S2)، يتصل ملف المفتاح التلامسي (C2) بمصدر الكهرباء، فتتغيّر وضعية الملامس المفتوح (C2)، فيغلق، فيصل جهد المصدر إلى المصباح (L1)، فيضيء.

استعمالات الدارة:

يُستعمَل هذا النوع من الدارات في التطبيقات التي تتطلّب حذراً في التشغيل، بحيث لا يصل جهد المصدر إلى الحمل الكهربائي إلّا بعد تشغيل مفتاحَي تشغيل، وبشكل متزامن، مثل ماكينات القصّ بتطبيقاتها المختلفة.

4. دارة تشغيل عن طريق ملامسين على التوازي (OR Circuit):



شكل (14): دارة تشغيل عن طريق ملامسين على التوازي

مبدأ عمل الدارة:

عند إغلاق مفتاح التشغيل (S1)، أو (S2)، يتصل ملف المفتاح التلامسي (C1)، أو (C2) بمصدر الكهرباء، فتتغيّر وضعية الملامس المفتوح (C1)، أو (C2)، فيصل جهد المصدر إلى المصباح (L1)، فيضيء.

استعمالات الدارة:

يُستعمَل هذا النوع من الدارات في التطبيقات التي تتطلّب تشغيلاً، وإطفاءً من أكثر من مكان.

5. دارة تشغيل مع استمرارية (Latching):

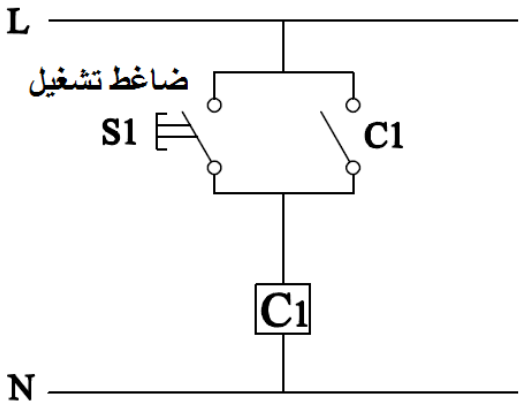
يُعَدّ تشغيل دارات التحكّم، وإيقافها، باستخدام ضواغط تشغيل مفتوحة في وضعها الطبيعي (NO)، وضواغط إيقاف مغلقة في وضعها الطبيعي (NC)، الأكثر استعمالاً في تطبيقات دارات التحكّم المختلفة.

ففي الدارات السابقة، تمّ التشغيل والإيقاف باستخدام مفاتيح تشغيل كهربائية حافظت بشكل مباشر على استمرارية وصول التيار الكهربائي إلى ملف المفتاح التلامسي، ولكنّ الحال يختلف عند التشغيل باستخدام الضواغط

التي تعمل على إيصال التيار الكهربائي إلى الملف لحظياً على شكل نبضة كهربائية.

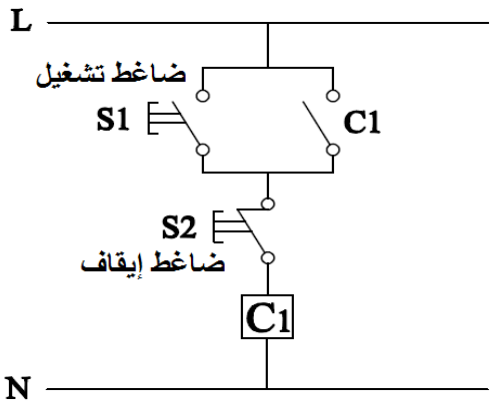
أفكّر: كيف يتمّ الحفاظ على استمرارية وصول التيار الكهربائي إلى الملف، وإيقافه عند استخدام ضواغط التشغيل والإيقاف؟

بما أنّ تلامسات المفتاح التلامسي تكون في وضعها الطبيعي، إمّا (NO)، أو (NC) قبل وصول التيار الكهربائي إلى ملفه، فإنّها تتغيّر، وتنعكس وضعيتها فور وصول التيار الكهربائي إلى الملف، لذلك عند الضغط على ضاغط التشغيل (NO)، يتمّ تفعيل ملف المفتاح التلامسي (C)، وإغلاق الملامس (C1)، الذي يتمّ توصيله على التوازي مع ضاغط التشغيل، والذي بدوره يعمل على استمرارية وصول التيار الكهربائي إلى الملف. ويبيّن الشكل (15) الآتي دارة تشغيل مع استمرارية:



شكل (15): دارة تشغيل عن ملف مفتاح تلامسي مع استمرارية

ويتمّ إيقاف تدفق التيار إلى الملف بتوصيل ضاغط إيقاف (NC) على التوالي معه، والذي بدوره يعمل على فصل التيار الكهربائي عن الملف.



شكل (16): ضاغط تشغيل وايقاف لتشغيل مفتاح تلامسي

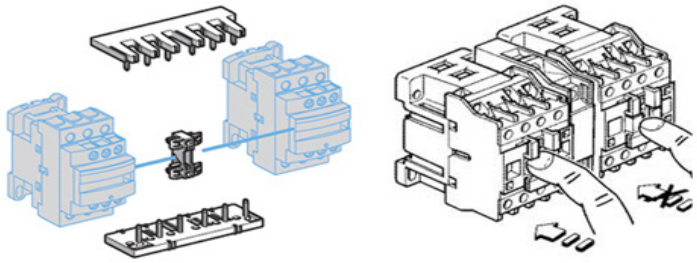
نشاط: يُراد إنارة مصباح كهربائي، وإطفاء آخر في آن واحد، باستخدام مفتاح تلامسي، وضاغطَي تشغيل وإيقاف، أصمّم هذه الدارة، ثمّ أنفّذها.

6. دارات التداخل والحماية: في تطبيقات دارات التحكّم التي تكون فيها أولوية لتشغيل دارة في نظام التحكّم على حساب دارة أخرى، ولحماية الأجهزة والمستخدمين من تيارات قصر الدارات الكهربائية، تتطلّب هذه التطبيقات وسائل حماية خاصة، تُسمّى دارات التداخل والحماية (Interlock Circuits).

دارات التداخل والحماية: هي نظام يعمل على منع تفعيل جزأين، أو أكثر من أجزاء دارة كهربائية في آن واحد، يؤدّي تفعيلهما إلى حدوث اضطراب في عمل الدارة، أو حدوث قصر كهربائي فيها (short-circuit)، حيث يُستخَدم بشكل واسع في دارات التحكّم باستخدام مفاتيح تلامسية؛ لمنع تفعيل ملفات مفتاحين تلامسيين، أو أكثر في آن واحد، كدارات عكس اتجاه الدوران للمحرّكات الكهربائية، ودارات ستار- دلتا، وغيرها.

أنواع وسائل التداخل والحماية:

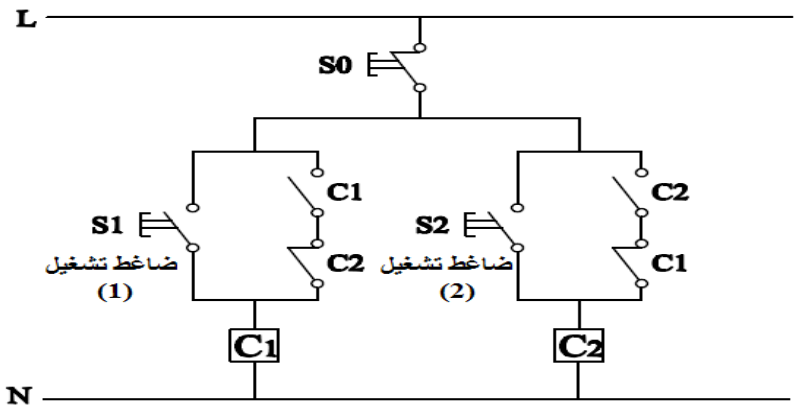
1. تداخل وحماية ميكانيكية: وفيه يتمّ منع توصيل مفتاحين تلامسيين باستخدام وسائل حماية ميكانيكية ، ويبين الشكل (17) دارة تداخل وحماية ميكانيكية.



شكل (17): تداخل وحماية ميكانيكية

2. تداخل وحماية كهروميكانيكية: يتمّ فيه منع تفعيل ملفات مفتاحين تلامسيّين في آن واحد كهروميكانيكياً، عن طريق الملامسات المساعدة المغلقة في المفاتيح التلامسية:

7. تقديم تشغيل دارة على أخرى: تتطلّب بعض التطبيقات تقديم تشغيل دارة على أخرى، حيث تعمل الدارة الأولى (تفعيل المفتاح التلامسي C1) عند الضغط على ضاغط التشغيل (1)، وفور الضغط على ضاغط التشغيل (2)، تعمل الدارة الثانية (تفعيل المفتاح التلامسي C2)، فتنفصل الدارة الأولى عن مصدر الكهرباء، وتتوقف عن العمل، ويبين الشكل (18) دارة تقديم تشغيل دارة على أخرى.



شكل (18): تقديم تشغيل دارة على أخرى

نشاط: أصمّم دارة تحكّم في إنارة مصباحين من مكانين، باستخدام مفاتيح تلامسية، وضواغط تشغيل وإيقاف، بحيث إنّه عند إنارة المصباح الأول، لا يمكن أن يضيء المصباح الثاني، ولإنارة المصباح الثاني، يجب إطفاء المصباح الأول، ثمّ أنفّذها.

الأسئلة:

1. ما المكوّنات الرئيسة لأنظمة التحكّم الكهربائية؟
2. ما العناصر الأساسية في دارات القدرة والتحكّم الكهربائية؟

3.3 الموقف التعليمي التعلّمي: تشغيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي ومرحّلات حماية:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: حضر صاحب مصنع إلى مصنع لتجميع اللوحات الكهربائية، واشتكى من كثرة تلف حمل كهربائي يتغذى بالكهرباء من لوحة تحكّم خاصة في مصنعه.

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلُّم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من صاحب المصنع عن: • جهد الحمل التشغيلي. • قدرة الحمل. • طبيعة الحمل الكهربائي. - أجمع البيانات عن: • أنواع مرحّلات الحماية. • المواصفات الفنية لمرحّلات الحماية. • استخدامات مرحّلات الحماية.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق). - البحث العلمي.	- الوثائق: • طلب صاحب المصنع. • كتالوجات خاصة عن مرحّلات الحماية. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المرحّلات.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • جهد الحمل التشغيلي. • قدرة الحمل. • طبيعة عمل الحمل الكهربائي. • أنواع مرحّلات الحماية. • المواصفات الفنية لمرحّلات الحماية - تحديد خطوات العمل. - إعداد جدول زمني للتنفيذ.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • كتالوجات. • البيانات التي جُمِعَت. • الإنترنت: مواقع خاصة بالمرحّلات ذات مصداقية.
أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، والانتباه إلى: • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - إنجاز المهمة وَفق المواصفات الفنية المطلوبة.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- مفتاح تلامسي مناسب. - مرحّل حماية مناسب. - جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمرحّلات ذات مصداقية). - كتالوجات خاصة بالمرحّلات.

أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج التي عُبّئت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد ووَفق طلب صاحب المصنع. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني. - البحث العلمي.	- طلب صاحب المصنع. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمرحّلات ذات مصداقية).
أوثّق، وأعرض	- نتائج جمع البيانات عن: • جهد الحمل التشغيلي. • قدرة الحمل. • طبيعة عمل الحمل الكهربائي. • أنواع مرحّلات الحماية. • المواصفات الفنية لمرحّلات الحماية - إنشاء ملف خاص بالحالة (تشغيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي ومرحلات حماية). - تجهيز تقرير فني لصاحب المصنع. - إعداد تقرير كامل بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- تعبئة نموذج التقييم. - أقوّم رضا صاحب المصنع (موافقة صاحب المصنع على تركيب مفتاح تلامسي ومرحلات حماية بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب صاحب المصنع. - المواصفات والكتالوجات.

أسئلة:

1. ما أهمية مرحّلات الحماية في دارات التحكّم في تشغيل الآلات الكهربائية؟
2. أرسم دارة تحكّم في إنارة مصباح كهربائي، باستخدام مفتاح تلامسي، ومرحّل حماية حراري.

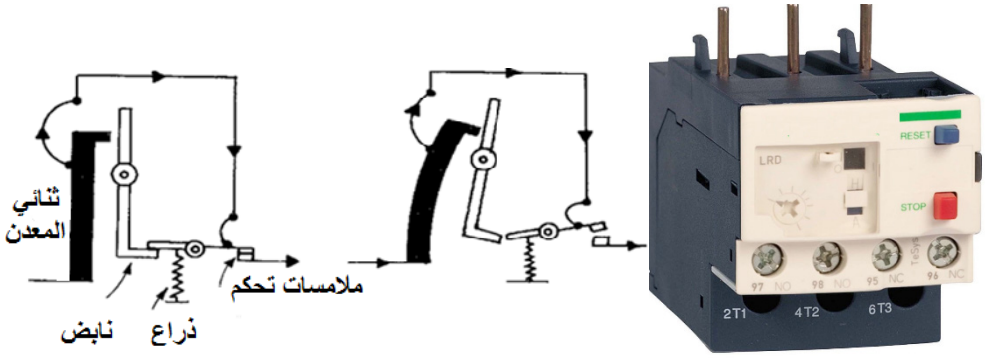
أتعلّم: مرحّلات الحماية (Protective Relays).

تُعَدّ مرحّلات الحماية من العناصر المهمة في دارات الآلات الكهربائية؛ لحمايتها من الأضرار التي قد تلحق بها؛ نتيجة زيادة الحمل (overload) عن الحدّ المسموح به، أو الارتفاع المفاجئ للتيار، الناتج عن قصر في الدارات الكهربائية (short-circuit)، حيث يؤدّي التحميل الزائد إلى تسخين الأسلاك، والملفات، وعناصر المعدات الكهربائية، كما يمكن أن ينخفض الجهد في الشبكة التي تؤثر سلباً في عمل جميع المعدات والتجهيزات الكهربائية، خاصة المحرّكات التي تنخفض قدرتها بشكل ملحوظ، وقد يؤدّي استمرار انخفاض الجهد إلى وقفها، وتعطّلها.

وسيتمّ بحث بعض أنواع مرحّلات الحماية من ارتفاع التيار المستخدمة في حماية الآلات الكهربائية:

1. المرحّل الحراري (Thermal relay): تتكوّن المرحّلات الحرارية من شريحة ثنائية المعدن، تسند إلى ذراع يتحكّم في فتح ملامس مغلق في الوضع الطبيعي؛ ليتصل على التوالي مع ملف التشغيل في دارات التحكّم.

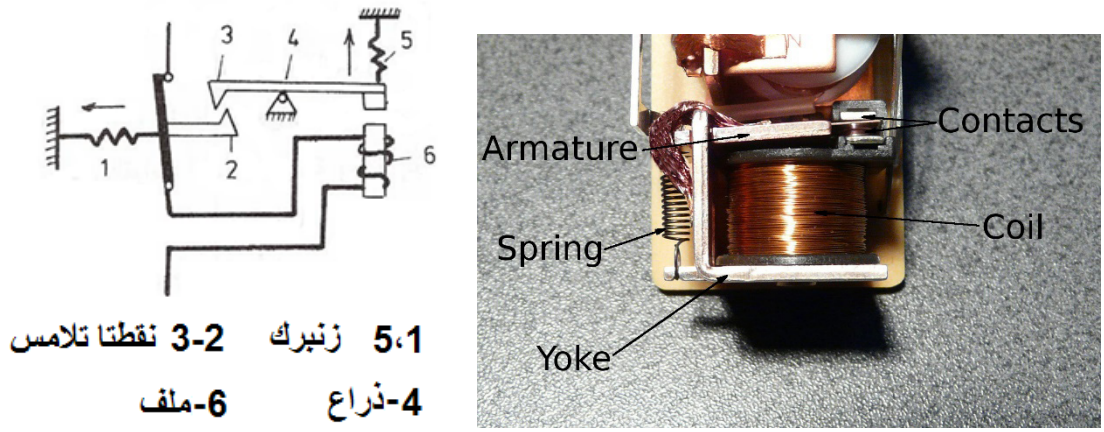
وعند زيادة التيار المارّ خلال ثنائي المعدن؛ نتيجة الحمل الزائد، ولمدة زمنية طويلة نسبياً، يسخن ثنائي المعدن، ثمّ يتقوّس؛ بسبب اختلاف معامل التمدد الطولي للمعدنين المكونين لهذه الشريحة، وعندما يبلغ تقوّس الشريحة ثنائية المعدن حدّاً معيناً، يضغط على الذراع، ويبعد ملامسات التحكّم بعضهما عن بعض، وبالتالي يفصل تيار التغذية عن ملف تشغيل دارة التحكّم:



شكل (1): مرحّل حراري

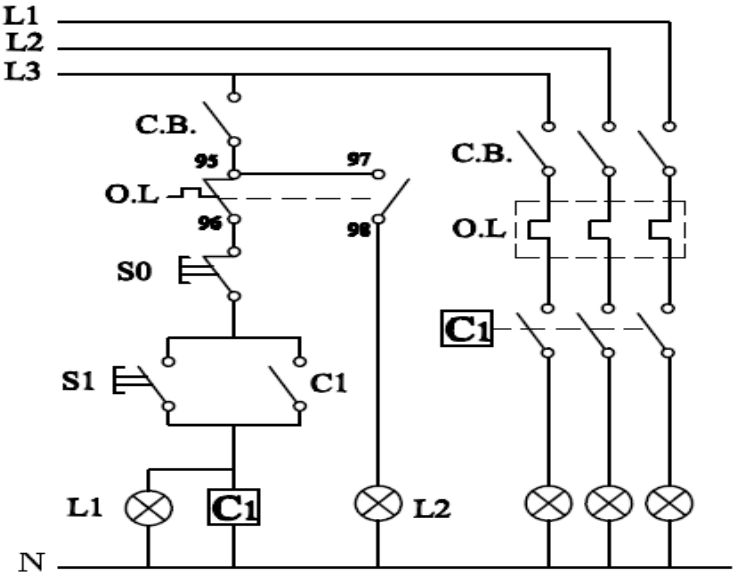
تُستخَدم المرحّلات الحرارية بشكل رئيس في حماية المحرّكات الكهربائية من ارتفاع التيار؛ نتيجة الحمولة الزائدة، ويتمّ ضبط تيار المرحّل بقيمة تتراوح بين (1.05 - 1.2) من القيمة الاسمية للتيار المارّ بالمرحّل.

2. المرحّل المغناطيسي (Magnetic relay): يُصمَّم هذا النوع من المرحّلات؛ للحماية من الزيادات الكبيرة في التيار، خصوصاً في دارات القصر؛ نتيجة لتيارات القصر الكهربائي التي تحدث خلال جزء من الثانية، والتي تتطلّب فصلاً فورياً لدارة كهربائية في حالة العطل الكهربائي، ويبيّن الشكل (2) الآتي مخطّطاً مبسطاً لتوضيح مبدأ عمل المرحّل المغناطيسي الذي يعمل على فصل الدارة الكهربائية، إذا بلغت شدة التيار الكهربائي مقداراً أعلى ممّا هو مقرّر للمرحّل، حيث يتغلّب الملف المغناطيسي (6) على قوة شدّ الزنبرك (5)، ويجذب الذراع (3-4)، الذي يتحرّر من نقطة التلامس (3-2)؛ فيفتح المرحّل ملامسه المغلق الذي يكون موصولاً على التوالي مع ملف التشغيل في دارات التحكّم؛ فتنفصل التغذية عن ملف التشغيل، وبالتالي عن الحمل:



شكل (2): المرحّل المغناطيسي

ويبيّن الشكل (3) الآتي دارة تشغيل حمل ثلاثي الأطوار (دارة القدرة، ودارة التحكّم)، من خلال مرحّل حراري:



شكل (3): دارة قدرة وتحكم لحمل كهربائي باستخدام مرحّل حراري

مبدأ عمل الدارة:

في دارة التحكّم، وعند تفعيل ضاغط التشغيل (ON)، يمرّ التيار الكهربائي من خلال نقطة تلامس المرحّل الحراري المغلقة (Overload Relay)، وضاغط الإيقاف إلى ملف المفتاح التلامسي (C)؛ فيعمل المجال المغناطيسي المتولّد على تغيير وضعية ملامسات المفتاح التلامسي؛ فتغلق الملامسات الرئيسة؛ لتمرّر التيار الكهربائي من خلال ملامسات المرحّل الحراري إلى الحمل، ويضيء المصباح (L1)؛ ليدل على أنّ الحمل في وضع التشغيل.

أمّا نقطتا الملامس المساعد المفتوح في دارة التحكّم، فقد وُضِعَتا بالتوازي مع ضاغط التشغيل (ON) لاستمرارية التيار؛ لأنّ هذا الضاغط يعمل على تمرير التيار الكهربائي إلى ملف المفتاح التلامسي فور الضغط عليه، وفي حال رفع اليد عنه، يتغذّى الملف عن طريق الملامس المساعد المفتوح، ويبقى الملف في وضعية التشغيل لحين قطع التيار الكهربائي عن الملف.

أمّا نقطتا ملامس المرحّل الحراري (Overload Relay) المغلقتان، فوظيفتهما: عندما يحدث ارتفاع في شدة تيار الحمل أكثر من قيمة التيار الطبيعي، والمضبوط عليه تدريج المرحّل الحراري، ترتفع حرارة المرحّل، فتفصل ملامسات تلامسه (95،96)، وبالتالي تفصل التيار عن ملف المفتاح التلامسي، فيفصل الحمل عن مصدر الكهرباء، وتُغلق نقطتا تلامس المرحّل الحراري (97،98)؛ ليضيء مصباح الإنارة التحذيري (L2).

نشاط: أنفّذ دارة التحكّم والقدرة الواردة في شكل (3)، مع ضبط تيار مرحّل الحماية الحراري وَفق مقرّر تيار الحمل.

1. ما المقصود بمرحّلات الحماية في دارات التحكّم الكهربائية؟ وما أنواعها؟
2. كيف يتمّ توصيل مرحّلات الحماية في دارات التحكّم الكهربائية؟
3. كيف يتمّ ضبط تيار المرحّل الحراري في دارات التحكّم الكهربائية؟

4.3 الموقف التعليمي التعلّمي: تشغيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي، ومؤقِّت زمني:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: حضر صاحب منشار حجر إلى ورشة لتجميع اللوحات الكهربائية، واشتكى من أنّ مضخة الماء لا تعمل بالتزامن مع محرّك القصّ في آلة قص الحجر.

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلُّم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحللّها	- أجمع البيانات من صاحب منشار الحجر عن: • قدرة الحمل. • طبيعة الحمل الكهربائي. • الجهد التشغيلي للمؤقِّت الزمني. - أجمع البيانات عن: • المواصفات الفنية للمؤقِّت الزمني. • استخدامات المؤقِّت الزمني.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق). - البحث العلمي.	- الوثائق: • طلب صاحب منشار الحجر. • كتالوجات خاصة بالمؤقِّتات الزمنية. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المؤقِّتات الزمنية. • فيديو عن المؤقِّتات الزمنية.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • قدرة الحمل. • طبيعة الحمل الكهربائي. • الجهد التشغيلي للمؤقِّت الزمني • المواصفات الفنية للمؤقِّت الزمني. - تحديد خطوات العمل. - إعداد جدول زمني للتنفيذ.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني(العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • كتالوجات خاصة بالمؤقِّتات الزمنية. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: • مواقع خاصة بالمؤقِّتات الزمنية ذات مصداقية.
أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، والانتباه إلى: • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - إنجاز المهمة وفق المواصفات الفنية المطلوبة.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- محوّلات مناسبة. - جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمؤقِّتات الزمنية ذات مصداقية). - كتالوجات خاصة بالمؤقِّتات الزمنية.

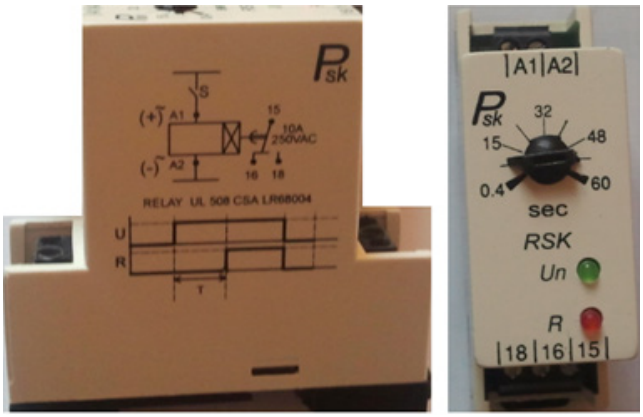
أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج التي عُبّئت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد ووَفق طلب صاحب منشار الحجر. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها وترتيب مكان العمل.	- البحث العلمي. (استمطار الأفكار). - الحوار والمناقشة.	- طلب صاحب منشار الحجر. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمؤقّتات الزمنية ذات مصداقية).
أوثّق، وأعرض	- نتائج جمع البيانات عن: • جهد الحمل التشغيلي. • قدرة الحمل. • طبيعة عمل الحمل الكهربائي. • أنواع مرحّلات الحماية. • المواصفات الفنية للمؤقّتات الزمنية. - إنشاء ملف خاص بهذه الحالة (تشغيل حمل كهربائي باستخدام مفتاح تلامسي، ومؤقت زمني). - تجهيز تقرير فني لصاحب منشار الحجر. - إعداد تقرير كامل بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- تعبئة نموذج التقييم. - أقوّم رضا صاحب منشار الحجر (موافقة صاحب منشار الحجر على تشغيل مضخة الماء بالتزامن مع محرك آلة قص الحجر بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب صاحب منشار الحجر. - المواصفات والكتالوجات.

أسئلة:

1. أرسم دارة تحكّم بإنارة مصباح كهربائي، مع تأخير زمني، باستخدام مفتاح تلامسي ومؤقت تلامسي.
2. أبيّن، بالرسم مع الشرح الموجز، مبدأ عمل العوّامة الكهربائية.
3. أبيّن أهمية مرحّل مراقبة الجهد (Phase Failure Relay) في الدارات الكهربائية.

أتعلّم: تشغيل حمل كهربائي، باستخدام مفتاح تلامسي، ومؤقِّت زمني.

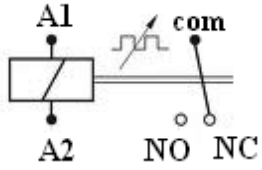
يُعَدّ المؤقِّت الزمني (Timer) من العناصر المهمة في دارات التحكّم الآلي، باستخدام مفاتيح تلامسية.



شكل (1): المؤقِّت الزمني

يتكوّن المؤقِّت الزمني من العناصر الرئيسة الآتية:

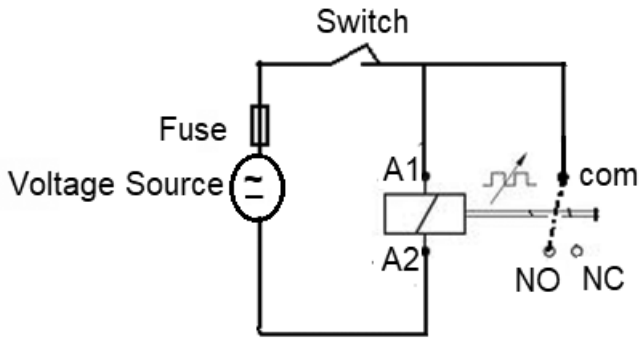
1. دارة التفعيل: تعمل على جهد (AC)، أو (DC) بجهود تشغيلية مختلفة.
2. ملامسات: تكون تلامساته في وضعها الطبيعي مفتوحة، أو مغلقة.



شكل (2): رمز المؤقِّت الزمني

مبدأ عمل المؤقِّت الزمني:

عند توصيل دارة التفعيل بجهد التشغيل المناسب، يبدأ المؤقِّت الزمني بالعدّ، وتبقى التلامسات (المفتوحة، والمغلقة) على حالها، لحين انتهاء عملية العدّ التي ضُبِطَ عليها المؤقِّت، وعندها تتغيّر وضعية تلامساته، وتبقى التلامسات على حالها لحين فصل الجهد عن الملف، عندها تعود التلامسات إلى وضعها الطبيعي:



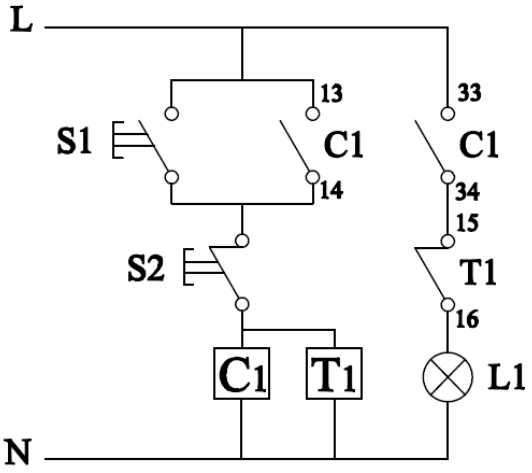
شكل (3): ملامسات المؤقّت الزمني

دارة تشغيل خلال زمن معين:

تتطلّب بعض التطبيقات الكهربائية توصيل التيار إلى الحمل لفترة زمنية معينة، ثمّ فصله آلياً، ويبيّن الشكل (4) أحد هذه التطبيقات.

مبدأ عمل الدارة:

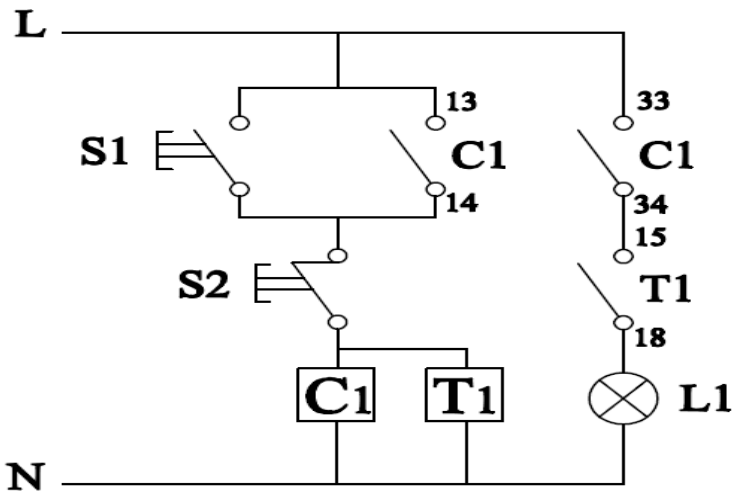
عند الضغط على ضاغط التشغيل، يصل التيار الكهربائي إلى ملف المفتاح التلامسي، وإلى ملف المؤقّت الزمني في آن واحد، فتُغلَق نقطتا التلامس (13-14، 33-34) التابعتان للمفتاح التلامسي، فيبدأ المؤقّت بالعدّ، ويمرّ التيار الكهربائي في المصباح (L1) عبر نقطة المؤقّت الزمني المغلقة T (15-16)، وعند انقضاء الزمن المضبوط مسبقاً، تفتح النقطة (15-16)، فتفصل المصباح عن مصدر الكهرباء.



شكل (4): دارة تشغيل خلال زمن معين

دارة تشغيل مع تأخير زمني:

يبيّن الشكل (5) الآتي دارة تشغيل مع تأخير زمني، فعند الضغط على ضاغط التشغيل، يبدأ المؤقّت الزمن بالعدّ، وبعد زمن معين (محدد مسبقاً)، تُغلق نقطة التلامس المفتوحة T (15-18)، فيصل التيار الكهربائي إلى المصباح (L2)، فيضيء، ويبقى على هذه الحال، حتى يتمّ الضغط على ضاغط الإيقاف:



شكل (5): دارة تشغيل مع تأخير زمني

نشاط: أصمّم دارة تحكّم لإنارة مصباحين، من خلال نقاط توصيل مؤقّت زمني، بحيث يتمّ إنارة المصباح الأول فور الضغط على ضاغط التشغيل، وبعد زمن معين ينطفئ المصباح الأول، ويضيء المصباح الثاني، ثمّ أنفّذها.

تطبيقات:

أولاً- تشغيل مضخة ماء ثلاثية الأطوار، باستخدام مفتاح تلامسي، وعوّامات كهربائية:

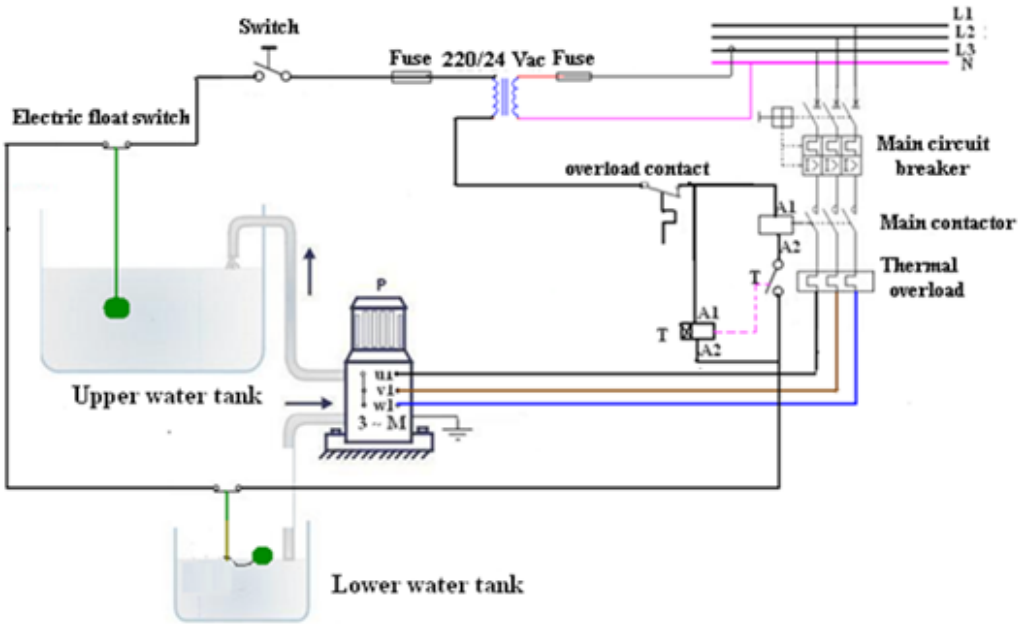
العوّامة الكهربائية:

تتكوّن العوّامة الكهربائية من مفتاح كهربائي ذي ثلاثة ملامسات: ملامس مشترك، وملامسين آخرين، أحدهما مفتوح (NO)، والآخر مغلق (NC)، ويُستعمَل لتمرير التيار الكهربائي من المصدر خلال ملامسات التوصيل إلى الحمل، وقد تُستعمَل عوّامة أو عوامتان وَفق طبيعة التطبيق العملي، ويبيّن الشكل (6) الآتي عوّامة كهربائية، والرمز الكهربائي لها:

شكل (6): عوامة كهربائية والرمز الكهربائي لها

مبدأ عمل الدارة الكهربائية:

يبيّن الشكل (7) الآتي الدارة الكهربائية لتشغيل مضخة ثلاثية الأطوار، باستخدام عوامتين كهربائيتين، حيث يتمّ توصيل عوامتين على التوالي، تعملان بشكل متعاكس، فتوضع إحدى هذه العوامتين في الخزّان العلوي؛ ليغلق مفتاح العوّامة، عندما يكون الخزّان فارغاً، وتكون العوّامة للأسفل، وتوضع العوّامة الأخرى في الخزان السفلي؛ لتعمل بشكل متعاكس مع العوّامة في الخزّان العلوي:



شكل (7): الدارة الكهربائية لتشغيل مضخة ثلاثية الأطوار، باستخدام عوامتين كهربائيتين

وفي حالة إغلاق مفتاحَي العوامتين، يتمّ توصيل التيار الكهربائي إلى ملف المفتاح التلامسي من خلال ملامس، ويُغلق مؤقِّت زمني بعد تأخير زمني، عند استقرار وضعية الماء داخل الخزّانين؛ فيغلق المفتاح التلامسي ملامساته الرئيسة؛ لتمرير التيار الكهربائي إلى المضخة.

ويتمّ استعمال محول كهربائي في الدارة؛ لخفض الجهد؛ لتجنّب تعرّض الأشخاص لخطر الصدمة الكهربائية، في حال حدوث تسرُّب كهربائي.

الأسئلة:

1. مِمَّ يتكوّن المؤقِّت الزمني؟
2. كيف يتمّ توصيل المؤقِّت الزمني في دارات التحكّم الكهربائية؟

أسئلة الوَحدة:

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1 كيف تكون الملامسات الرئيسة في المفاتيح التلامسية في وضعها الطبيعي؟

أ. مفتوحة (NO).

ب. مغلقة (NC).

ج. تُفصل تلقائياً عند زيادة تيار الحمل (Overload).

د. تفصل تلقائياً عند تيارات القصر (Short-circuit).

2 لماذا تُستخدم الملامسات الرئيسة في المفتاح التلامسي؟

أ. لتمرير تيار الحمل.

ب. لتمرير تيار التحكّم فقط.

ج. لتمرير تيار القدرات العالية فقط.

د. لتمرير تيار القدرات المنخفضة فقط.

3 متى يُفصل مرحّل الحماية الحراري؟

أ. عند زيادة تيار الحمل عن 1.2 أمبير من القيمة الاسمية لتيار الحمل.

ب. عند القيمة الاسمية لتيار الحمل.

ج. عند زيادة الحمل.

د. عند نقصان الحمل.

4 ما وظيفة الملامس المساعد المغلق في دارات التداخل والحماية الكهروميكانيكية؟

أ. فصل دارة التحكّم يدوياً عند الضغط عليه.

ب. فصل دارة التحكّم آلياً عند زيادة الحمل.

ج. وصل دارة التحكّم يدوياً عند الضغط عليه

د. منع تفعيل ملف المفتاح التلامسي المتصل معها على التوالي.

5 كيف يوصَل الملامس المساعد المفتوح (NO) مع ضاغط التشغيل لاستمرارية وصول التيار لملف المفتاح التلامسي؟

أ. على التوالي.

ب. على التوازي.

ج. يوصل الملامس المساعد المفتوح (NO)، وضاغط التشغيل على التوازي مع ملف الملامس.

د. على التوازي مع ملامس الحماية من تيار زادة الحمل.

6 ما طبيعة جهد التشغيل الذي تعمل عليه المؤقّتات الزمنية في دارات التحكّم؟

أ. تعمل أنواع المؤقّتات الزمنية كافّة على جهد (AC) فقط.

ب. تعمل أنواع المؤقّتات الزمنية كافة على جهد (DC) فقط.

ج. يمكن أن تعمل المؤقّتات الزمنية على جهد (AC)، أو جهد (DC).

د. تعمل المؤقّتات الزمنية على جهد (400 Vac) فقط.

7 لماذا تُستخدم المرحّلات الحرارية؟

أ. لحماية المحرّكات الكهربائية من الزيادة في تيار الحمل.

ب. لحماية المحرّكات الكهربائية من تيار القصر.

ج. لضمان وصول التيار الكهربائي إلى ملف المفتاح التلامسي، عند استعمال ضواغط التشغيل.

د. لضمان فصل التيار الكهربائي عن ملف المفتاح التلامسي، عند استعمال ضواغط الإيقاف.

8 ما وظيفة ملامسات المفتاح التلامسي الرئيسة داخل العوّامات الكهربائية؟

أ. تمرير التيار الكهربائي إلى بداية ملفات المضخة.

ب. وصل نهاية ملفات المضخة بعضها مع بعض.

ج. حماية المضخة من الزيادة في التيار.

د. تمرير التيار الكهربائي إلى ملف المفتاح التلامسي.

9 لماذا تُستخدم المفاتيح الأسطوانية في الدارات الكهربائية؟

أ. لحماية الأحمال من زيادة التيار.

ب. لحماية الأحمال من تيارات القصر (short-circuit current).

ج. لتشغيل الأحمال الكهربائية المتصلة بها فقط، وإطفائها.

د. للتحكّم في تشغيل سرعة المحرّكات الكهربائية، وإيقافها.

السؤال الثاني: أذكر مكوّنات أنظمة التحكّم.

السؤال الثالث: أوضّح، بالرسم مبدأ عمل المؤقّت الزمني.

السؤال الرابع: أرسم دارة التحكّم والقدرة لتشغيل حمل كهربائي ثلاثي الأطوار، باستخدام ضاغط تشغيل، وضاغط إيقاف، مستعملاً مرحّلات الحماية اللازمة.

دراسة حالة:

أنفّذ خطوات العمل الكامل للموقف التعليمي التعلّمي:

حضر أحد أصحاب المصانع إلى مصنع لوحات كهربائية، وطلب عمل صيانة للوحة كهربائية تحتوي على ثلاثة مصابيح، حيث ينطفئ المصباح الأول عند تشغيل المصباح الثاني، وينطفئ المصباح الثاني عند تشغيل المصباح الثالث الذي ينطفئ ذاتياً بعد زمن معين مُعّد مسبقاً.

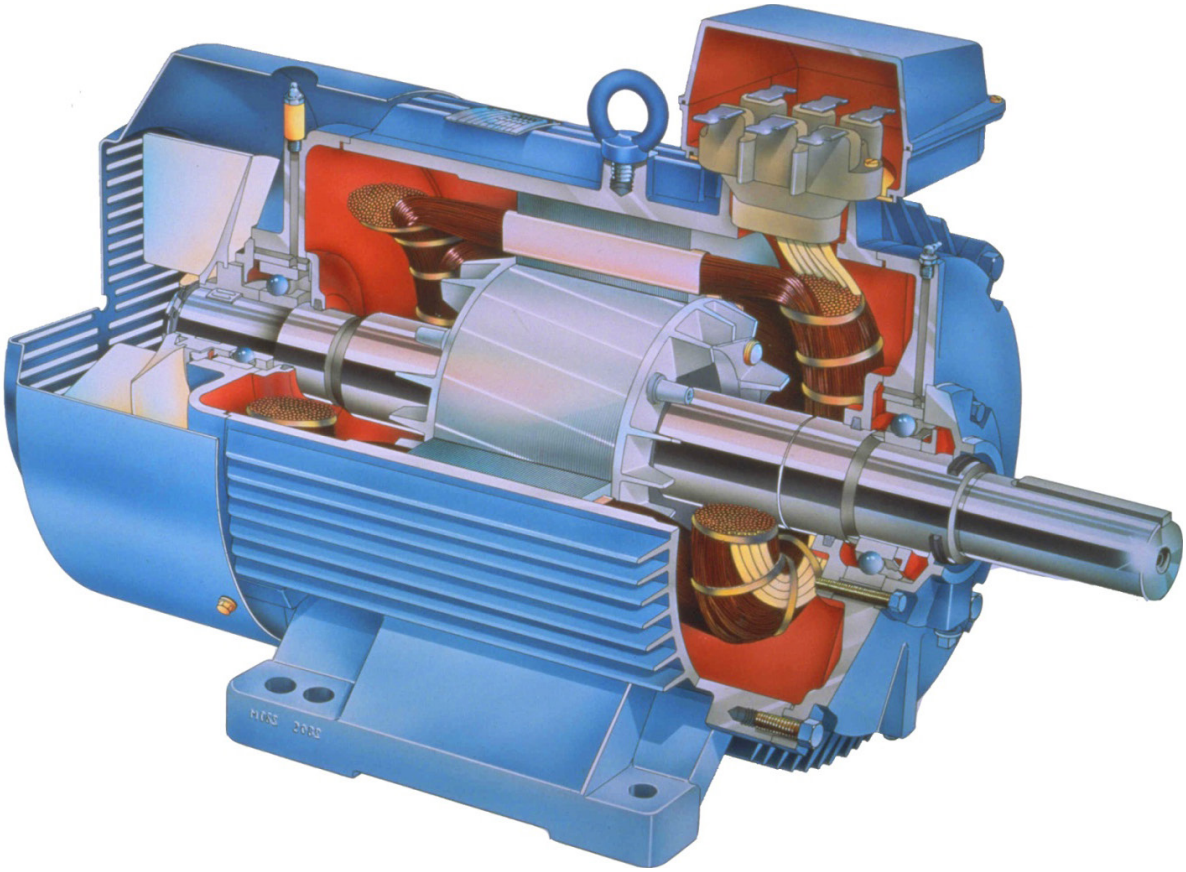
مشروع الوَحدة:

أصمّم دارة كهربائية لإنارة ثلاثة مصابيح (220 Vac)، باستخدام ثلاثة مفاتيح تلامسية، وضاغط تشغيل، وضاغط إيقاف، ومؤقّت زمني، بحيث يتمّ تشغيل المصباحين الأول والثاني مباشرة، عند الضغط على ضاغط التشغيل، وبعد زمن معين، يتمّ فصل المصباح الثاني، وتشغيل المصباح الثالث، أستخدم مرحّلات الحماية اللازمة.

مع مراعاة مراحل المشروع: (اختيار المشروع، وخطته، وتنفيذه، وتقويمه).

الوَحدة النمطية الرابعة

آلات التيار المتناوب



أتأمّل، ثمّ أناقش:

كيف تُحوَّل الطاقة الكهربائية إلى طاقة حركية؟

الوَحدة النمطية الرابعة

آلات التيار المتناوب

بعد الانتهاء من دراسة هذه الوَحدة، والتفاعل مع أنشطتها، يُتوقَع من الطلبة أن يكونوا قادرين على التمييز بين أنواع محرّكات التيار المتناوب المختلفة، وتشغيلها، والتحكم بها، وحساب قدرتها الكهربائية، واختيار وسائل الحماية المناسبة في عملية التركيب، من خلال الآتي:

1. فهم تركيب المحرّك الكهربائي، ومبدأ عمله.
2. حساب قدرة المحرّكات الكهربائية، وكفاءتها.
3. التحكم بعزم تيار البدء للمحرّكات الحثّية ثلاثية الأطوار، وقيمتها.
4. التحكم بسرعة المحرّكات الكهربائية.
5. التمييز بين أنواع المحرّكات الكهربائية أحادية الطور.

الكفايات المهنية:

الكفايات المُتَوَقَّع أن يمتلكها الطلبة بعد الانتهاء من دراسة هذه الوَحدة هي:

1. الكفايات الحرفية:

* القدرة على التمييز بين أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار المختلفة.
* القدرة على التمييز بين أنواع المحرّكات الكهربائية المختلفة أحادية الطور.
* القدرة على حساب قدرة المحرّكات الكهربائية، وكفاءتها.
* القدرة على تصميم دارات التحكم بالمحرّكات الكهربائية، وبنائها.
* القدرة على فحص دارات التحكم بالمحرّكات الكهربائية، وتحديد الأعطال فيها، وإصلاحها.
* القدرة على تصميم دارات حماية المحرّكات الكهربائية، وبنائها.

2. الكفايات الاجتماعية والشخصية:

* المصداقية في التعامل مع الزبون.
* الاستعداد باستمرار لتلبية رغبات الزبون، والمحافظة على خصوصيته.
* القدرة على إقناع الزبون، واستيعاب رأيه.
* الاستعداد للاستعانة بذوي الخبرة والاختصاص.
* القدرة على التفكير التحليلي، واختيار الحل الأنسب.
* الالتزام بأخلاقيات المهنة.

3. الكفايات المنهجية:

* التعلم التعاوني.
* البحث العلمي.
* العصف الذهني (استمطار الأفكار).
* الحوار والمناقشة.

قواعد الأمن والسلامة المهنية

* ارتداء ملابس السلامة المهنية المناسبة (حذاء معزول، وكفوف يدوية).
* استخدام العِدَد والتجهيزات المطابقة لقواعد الأمن والسلامة.
* ترتيب طاولة العمل (مكان العمل)، وتنظيفها قبل الانتهاء من التنفيذ، وبعده.

1.4 الموقف التعليمي التعلّمي: التعرّف إلى تركيب المحرّك الكهربائي، ومبدأ عمله:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: حضر صاحب مصنع إلى إحدى الورش الفنية، وطلب التأكّد من صلاحِيَة محرّك ثلاثي الأطوار في مصنعه، وإجراء الصيانة الدورية له.

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلم)	الموارد وَفق الموقف الصفي
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من صاحب المصنع عن: • نوع المحرّك الكهربائي. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عمل صيانة سابقة للمحرّك. - أجمع البيانات عن: • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات ثلاثية الأطوار. • أعطال المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • الصيانة الدورية للمحرّكات ثلاثية الأطوار.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • طلب صاحب المصنع. • أوراق البيانات (Data sheet) الخاصة بالمحرّك الكهربائي. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • فيديو عن المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • نوع المحرّك الكهربائي. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عمل صيانة سابقة للمحرّك. • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات ثلاثية الأطوار. • أعطال المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • الصيانة الدورية للمحرّكات ثلاثية الأطوار. - أحدّد خطوات العمل. - أُعِدّ جدولاً زمنياً للتنفيذ.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • أوراق البيانات (Data sheet) الخاصة بالمحرّك الكهربائي. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: • مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية ذات مصداقية.

أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، وأنتبه إلى: • سلامة التوصيلات الكهربائية. • عدم تشغيل المحرّك قبل التأكّد من سلامة التوصيلات. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - فحص مصدر التغذية، والتأكّد من اكتمال الأطوار الثلاثة. - فكّ علبة تجميع المحرّك، والتأكّد من التوصيل والجهد. - قياس التيار المارّ في المحرّك، ومقارنته مع اللوحة الاسمية له. - فكّ أيّ حمل ميكانيكي عن محور دوران المحرّك. - قياس سرعة المحرّك، ومقارنتها باللوحة الاسمية له. - فحص عازلية المحرّك. - فحص مقاومة ملفات المحرّك، والتأكّد من صلاحِيَتها.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية، وصيانتها ذات مصداقية).
أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - أتحقّق من الوثائق والنماذج التي عُبِّئَت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد، وَوَفق طلب صاحب المصنع. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني (مجموعات عمل) - البحث العلمي.	- طلب صاحب المصنع. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية، وصيانتها ذات مصداقية).

أوثّق، وأقدّم	- نتائج جمع، وأجمع البيانات عن: • نوع المحرّك الكهربائي. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عمل صيانة سابقة للمحرّك. • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات ثلاثية الأطوار. • أعطال المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • الصيانة الدورية للمحرّكات ثلاثية الأطوار. - أنشئ ملفّاً خاصّاً بالحالة (التعرف إلى تركيب المحرك الكهربائي، ومبدأ عمله). - أجهّز تقريراً فنيّاً صاحب المصنع. - أُعِدّ تقريراً كاملاً بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- أقارن بين وضع المحرّك قبل عمل الصيانة له، وبعده. - أعبّئ نموذج التقييم. - أقوّم رضا صاحب المصنع (موافقة صاحب المصنع على إجراء الصيانة للمحرك بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب صاحب المصنع. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

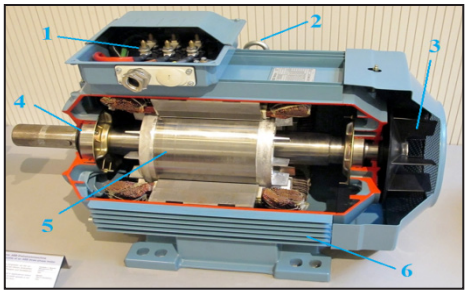
أسئلة:

1. أشرح مبدأ عمل المحرك الكهربائي ثلاثية الأطوار.
2. أرسم التوصيلات المختلفة لملفات الجزء الساكن من المحركات الكهربائية ثلاثية الأطوار.

أتعلّم: تركيب المحرّك الكهربائي، ومبدأ عمله.

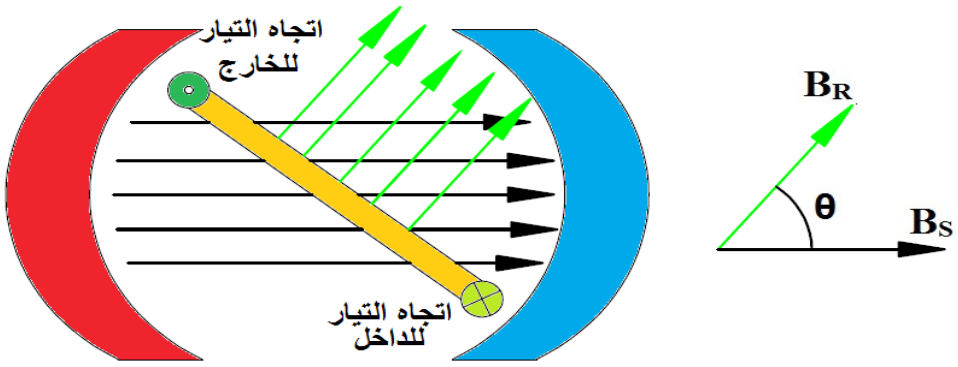
نشاط: أتمعّن الصورة المجاورة جيداً، ثمّ أجيب عن الأسئلة الآتية:

1. ما نوع المحرّك؟
2. مِنَ الرَّقْم (1)، ما نوع توصيلة المحرّك؟
3. ما وظيفة العنصر رقم (2)؟
4. ما وظيفة العنصر رقم (3)؟
5. ما وظيفة العنصر رقم (4)؟
6. العنصر رقم (5) هو عنصر كهربائي، كيف يُمرَّر التيار الكهربائي له؟
7. ما وظيفة العنصر رقم (6)؟ أشرح وظيفته.



المبدأ العامّ لعمل المحرّكات الكهربائية:

يعتمد مبدأ عمل المحرّك الكهربائي على عمليتَي التنافر والتجاذب المغناطيسيين، حيث يتفاعل المجال المغناطيسي في الجزء الساكن (Stator) من المحرّك مع المجال المغناطيسي في الجزء الدوّار (Rotor)، ويؤدّي ذلك إلى تولُّد عزم، ينتج عنه دوران الجزء الدوّار، ويبيّن الشكل (1) الآتي اتجاهات المجال المغناطيسي داخل محرّك بسيط:



شكل (1): اتجاهات المجال المغناطيسي داخل محرّك بسيط

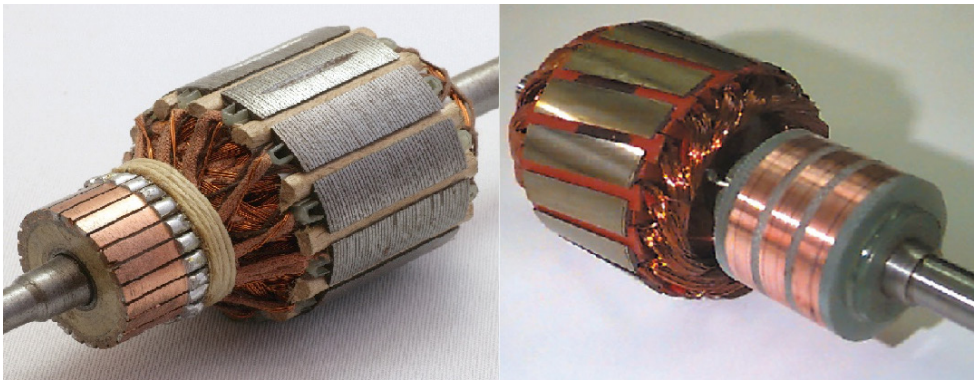
$$\boldsymbol{\tau_{in}} = k\mathbf{B_R} \times \mathbf{B_S} = k\mathbf{B_R}\mathbf{B_S} \sin\theta$$

يتمّ توليد المجال المغناطيسي في الجزء الساكن، عن طريق المغنطة الكهربائية، من خلال تمرير تيار كهربائي في ملفات الجزء الساكن؛ لينتج عن ذلك مجال مغناطيسي.

شكل (2): الجزء الساكن من المحرّك الكهربائي

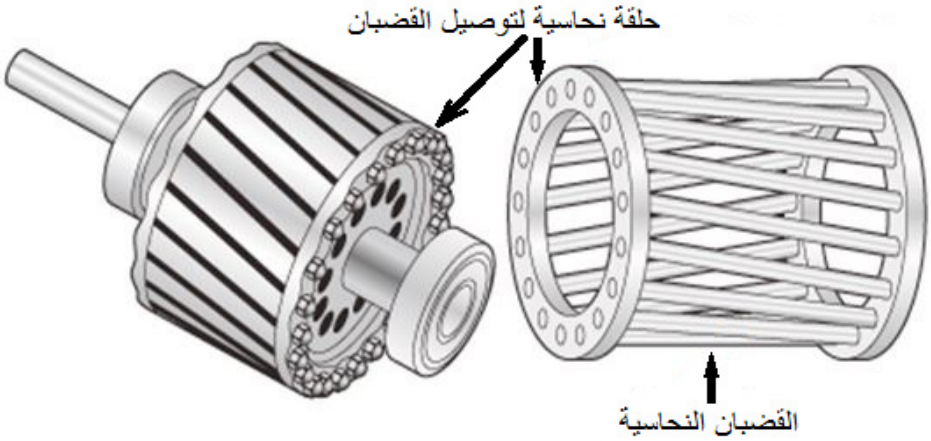
أمّا بالنسبة لتوليد المجال المغناطيسي في الجزء الدوّار، فيعتمد على نوع الجزء الدوّار:

1. الجزء الدوّار ذو الحلقات الانزلاقية (الملفوف) (Slip-Ring Rotor أو Wound Rotor): يتمّ توليد المجال المغناطيسي فيه عن طريق المغنطة الكهربائية، ويُستخدَم هذا النوع في محرّكات التيار المتناوب، ومحرّكات التيار المستمرّ.



شكل (3): الجزء الدوّار ذو الحلقات الانزلاقية (الملفوف)

2. الجزء الدوّار ذو القفص السنجابي (Squirrel Cage Rotor): يتمّ توليد المجال المغناطيسي فيه عن طريق الحثّ المتبادل بين ملفّين (الحثّ الكهرومغناطيسي)، ويُستخدَم في محرّكات التيار المتناوب.



شكل (4): الجزء الدوّار ذو القفص السنجابي

مبدأ عمل المحرّك الكهربائي ثلاثي الأطوار:

يعتمد مبدأ عمل المحرّك الكهربائي ثلاثي الأطوار على تأثُّر القفص السنجابي بالمغناطيس الدوّار في الجزء الساكن، وتفاعُل المجالين: المجال الأصلي المتكوّن في الجزء الساكن، والمجال المغناطيسي الناتج عن التأثير المتبادل في الجزء الدوّار، حيث تتأثر قضبان القفص السنجابي بكثافة الفيض المغناطيسي المتغيّر في الجزء الساكن؛ فينتج عنه قوة دافعة كهربائية في القضبان، وعند قصر القضبان بحلقة نحاسية، يمر تيار كهربائي؛ ما يولّد مجالاً مغناطيسياً في الجزء الدوّار، ولفهم المجال المغناطيسي الدوّار، يجب معرفة تركيب الجزء الساكن.

توصيلات المحرّك الكهربائي ثلاثي الأطوار:

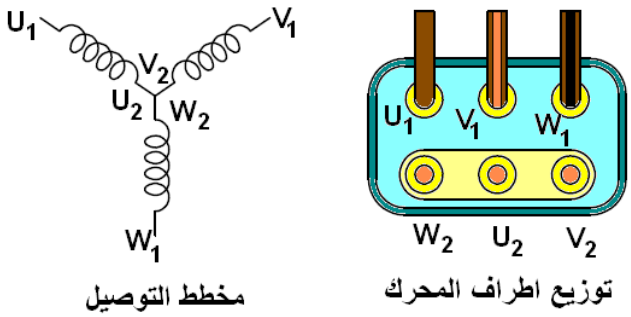
هناك عدّة طرق لترميز نهايات أطراف المحرّك، ولكنّ أكثرها انتشاراً الطرق الآتية:

- يُرمَز لبدايات الملفات W_1 , V_1 , U_1، ولنهايات الملفات W_2 , V_2 , U_2 على التوالي.
- يُرمَز لبدايات الملفات W , V , U، ولنهايات الملفات Z , Y , X على التوالي.
- يُرمَز لبدايات الملفات c_1 , b_1 , a_1، ولنهايات الملفات c_2 , b_2 , a_2 على التوالي.

ويرمز للأطوار L_3 , L_2 , L_1 أو T , S , R أو C , B , A

1. توصيلة النجمة (Star Connection – Y Connection):

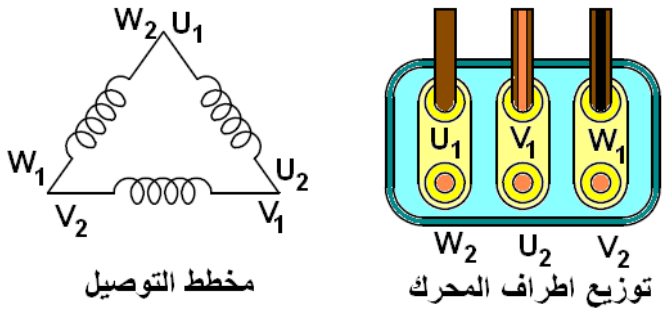
يتمّ وصل نهايات الملفات الثلاث بعضها مع بعض، ووصل البدايات مع مصدر التغذية ثلاثي الأطوار، وتُستخدَم عند العزم المنخفض، أو بدء التشغيل، حيث يكون التيار منخفضاً، والشكل (5) الآتي يبيّن توصيلة النجمة:



شكل (5): توصيلة النجمة

2. توصيلة المثلث (دلتا) (Delta Connection):

يتمّ وصل نهاية الملف الأول مع بداية الملف الثاني، ونهاية الملف الثاني مع بداية الملف الثالث، ونهاية الملف الثالث مع بداية الملف الأول؛ للحصول على ثلاث نقاط، ويتمّ توصيل مصدر التغذية بها، كما هو مبيّن في الشكل (6) الآتي:



شكل (6): توصيلة المثلث (دلتا)

تُستخدَم في تطبيقات العزم العالي، حيث تساوي القدرة في توصيلة دلتا ثلاثة أضعاف القدرة في توصيلة النجمة.

السرعة التزامنية (Synchronous Speed)، ومفهوم الانزلاق (Slip):

يدور المجال المغناطيسي في الجزء الساكن من المحرّك بسرعة ثابتة، تُسمّى السرعة التزامنية، ويُرمَز لها بالرمز n_s، ويمكن حسابها وَفق المعادلة الآتية:

$$\omega_S = \frac{4\pi f_e}{P}$$

او

$$n_S = \frac{120 f_e}{P}$$

حيث إنّ:

n_s: السرعة التزامنية، وتُقاس بوَحدة rpm.

ω_S: السرعة الزاويّة التزامنية، وتُقاس بوَحدة rad/s.

f_e: التردّد الكهربائي للمصدر، ويُقاس بوَحدة Hz.

P: عدد الأقطاب.

معامل الانزلاق:

ويمثل معامل الانزلاق النسبة بين سرعة الإنزلاق والسرعة التزامنية، بحيث تنتج سرعة الانزلاق من سرعة ردّ فعل الجزء الدوّار على تغيّر الأقطاب في الجزء الساكن.

ويُمكِن حساب معامل الانزلاق وَفق المعادلة الآتية:

$$S = \frac{n_{slip}}{n_s} = \frac{\omega_S - \omega_m}{\omega_S} = \frac{n_S - n_m}{n_S}$$

حيث إنّ:

S: معامل الانزلاق.

ω_S: السرعة الزاويّة الميكانيكية.

n_{Slip}: سرعة الانزلاق.

مثال (1):

محرّك حثّي ثلاثي الأطوار، له أربعة أقطاب، يغذّيه مصدر، جهده 380 V، وتردّده 50 Hz، إذا كان معامل الانزلاق له 3 % عند الحمل الكامل، أحسب:

أ. السرعة التزامنية للمحرّك.

ب. سرعة الجزء الدوّار.

الحل:

أ. بالتعويض المباشر في معادلة السرعة التزامنية:

$$n_S = \frac{120 f_e}{P} = \frac{120 \times 50}{4} = 1500\ rpm$$

ب. تُحسَب سرعة الجزء الدوّار من المعادلة الآتية:

$$S = \frac{n_S - n_m}{n_S}$$

أستنتج العلاقة الآتية: $n_m = n_S(1 - S) = 1500(1 - 0.03) = 1455\ rpm$

مثال (2):

محرّك حثّي ثلاثي الأطوار ذو ستة أقطاب، يدور بسرعة 950 rpm، يغذّى كهربائياً بوساطة مولّد توافقي (تزامني) له أربعة أقطاب، ويدور بسرعة 1500 rpm، ما قيمة معامل الانزلاق للمحرّك؟

الحل:

أحسب التردّد الكهربائي للمصدر المغذّي للمحرّك.

بما أنّ المصدر هو مولّد توافقي، أستخدم معادلة السرعة التزامنية الآتية:

$$n_S = \frac{120 f_e}{P} \Rightarrow f_e = \frac{n_S P}{120} = \frac{1500 \times 4}{120} = 50\ \text{Hz}$$

حساب السرعة التزامنية للمحرّك:

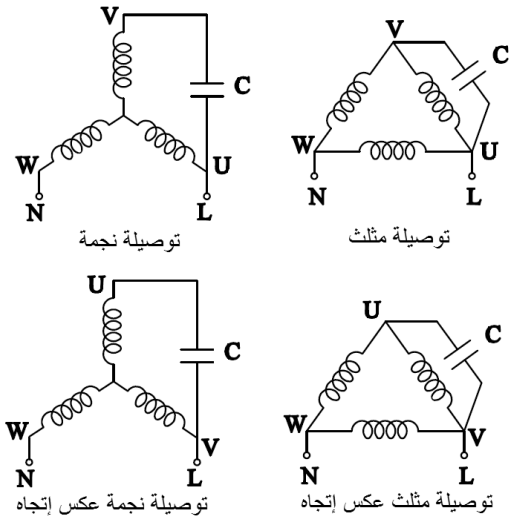
$$n_S = \frac{120 f_e}{P} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000\ rpm$$

$$S = \frac{n_S - n_m}{n_S} = \frac{1000 - 950}{1000} = 0.05 \rightarrow 5\%$$

حساب معامل الانزلاق:

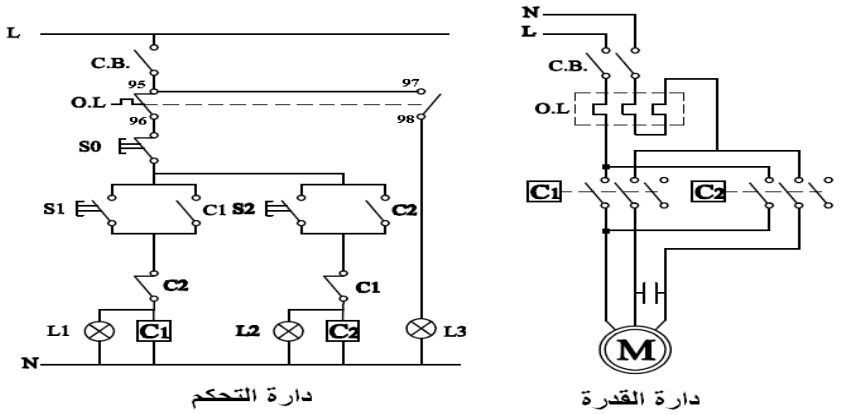
ويُمكِن تشغيل محرّك حثّي ثلاثي الأطوار، وفحصه من مصدر أحادي الطور، بتوصيل خط الطور إلى الملف الأول، وتوصيل الخط المتعادل إلى الملف الثاني، وإضافة مواسع بين خطّ الطور والملف الثالث، حيث تعتمد قيمة المواسع على قيمة المفاعلة الحثّية لملفات المحرّك؛ لعمل فرق طور كهربائي بين الملفات، إضافة إلى إمكانية عكس اتجاه دورانه، عن طريق توصيل خط الطور إلى الجهة الأخرى من المواسع.

وفي الوضع العامّ، يمكن توصيل مواسع، قيمته 50 µF لمحرّك، قدرته 1 HP، والشكل (7) الآتي يبيّن طريقة توصيل محرّك ثلاثي الأطوار من مصدر أحادي الطور، وعكس اتجاه دورانه:



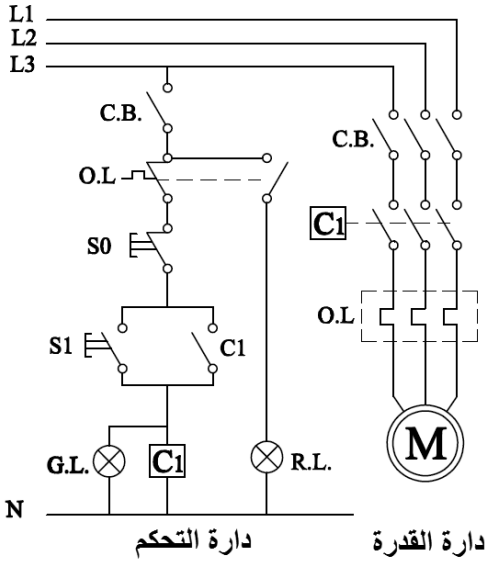
شكل (7): توصيل محرّك ثلاثي الأطوار من مصدر أحادي الطور وعكس دورانه

يمكن التحكم بتشغيل وعكس اتجاه دوران محرك ثلاثي االأطوار يتم تشغيله من مصدر أحادي الطور ، باستخدام المفاتيح التلامسية ، كما في الشكل (8) الآتي ، كما يمكن استخدام مفتاح اسطواني للغرض نفسه.



شكل (8): دارة التحكّم والقدرة لعكس اتجاه دوران محرّك ثلاثي الأطوار يتم تشغيله من مصدر أحادي الطور باستخدام المفاتيح التلامسية.

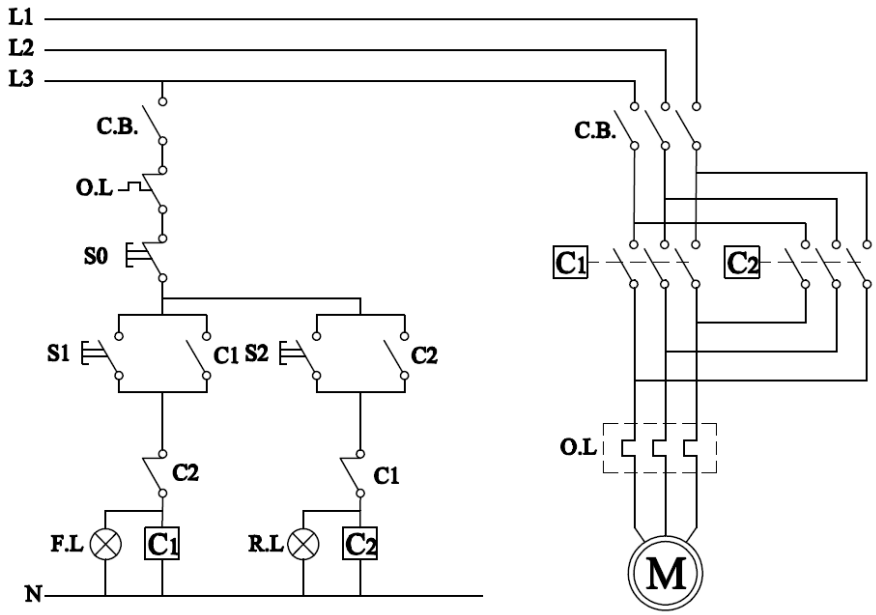
ويبيّن الشكل (9) الآتي دارة التحكّم في تشغيل محرّك كهربائي ثلاثي الأطوار:



شكل (9): دارة التحكّم في تشغيل محرّك كهربائي ثلاثي الأطوار

نشاط: باستخدام المفاتيح الاسطوانيّة أصمم دارة تشغيل وعكس دوران محرك ثلاثي الأطوار يتم تشغيله من مصدر أحادي الطور.

ويمكن عكس اتجاه دوران المحرّك الحثّي ثلاثي الأطوار، بعكس توصيل أحد الأطوار مكان طور آخر، والشكل (10) الآتي يبيّن دارة التحكّم والقدرة لعكس اتجاه دوران محرّك ثلاثي الأطوار باستخدام المفاتيح التلامسية.



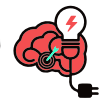
شكل (10): دارة التحكّم والقدرة لعكس اتجاه دوران محرك حثي ثلاثي الأطوار باستخام المفاتح التلامسية.

الأسئلة:

1. مِمَّ يتكوّن المحرّك الكهربائي الحثّي ثلاثي الأطوار؟
2. كيف يعمل المحرّك الكهربائي الحثّي ثلاثي الأطوار؟
3. ما الفرق بين توصيلة النجمة، وتوصيلة المثلث؟
4. ما العوامل المؤثّرة على قيمة السرعة التزامنية؟
5. ما قيمة السرعة التزامنية لمحرّك له أربعة أقطاب، وتردّد المصدر الذي يغذيه 50 Hz؟

2.4 الموقف التعليمي التعلّمي: حساب قدرة المحرّكات الكهربائية، وكفاءتها:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: حضر صاحب منشار حجر إلى شركة بيع معدّات صناعية، وطلب تركيب محرّك كهربائي ثلاثي الأطوار مناسب لمنشار حجر يمتلكه.



العمل الكامل:

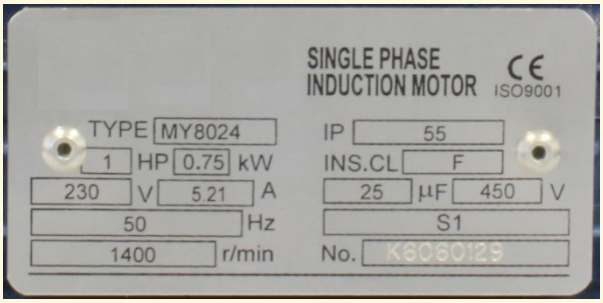
خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلم)	الموارد وَفق الموقف الصفي
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من صاحب منشار الحجر عن: • نوع المحرّك الكهربائي المطلوب تركيبه. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عدد ساعات عمل المحرّك يومياً. • مكان تركيب المحرّك الكهربائي. - أجمع البيانات عن: • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • درجة حماية المحرّكات (IP).	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • طلب الزبون. • أوراق البيانات (Data sheet) الخاصة بالمحرّكات الكهربائية. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • فيديو عن المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • نوع المحرّك الكهربائي المطلوب تركيبه. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عدد ساعات عمل المحرّك يومياً. • مكان تركيب المحرّك الكهربائي. • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • درجة حماية المحرّكات (IP). - أحدّد خطوات العمل. - أُعِدّ جدولاً زمنياً للتنفيذ.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • أوراق البيانات (Data sheet) الخاصة بالمحرّكات الكهربائية. • البيانات التي يتمّ جمعها. - الإنترنت: • مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية ذات مصداقية.

أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، وأنتبه إلى: • سلامة التوصيلات الكهربائية. • عدم تشغيل المحرّك قبل التأكّد من سلامة التوصيلات. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - حساب القدرة لمنشار الحجر، واختيار المحرّك المناسب. - تركيب المحرّك في المكان المناسب. - توصيل المحرّك مع دارة التحكّم، والتأكّد من عملية التوصيل. - فحص الدارة قبل التشغيل. - تشغيل المحرّك دون الحمل، والتأكّد من القياسات. - تركيب الحمل الميكانيكي، وتشغيل المحرّك، وأخذ القياسات.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت: (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية ذات مصداقية).
أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج التي عُبِّئَت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد، وَوَفق طلب صاحب منشار حجر. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني (مجموعات عمل) - البحث العلمي.	- طلب صاحب منشار حجر. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية ذات مصداقية).
أوثّق، وأقدّم	- نتائج جمع البيانات عن: • نوع المحرّك الكهربائي المطلوب تركيبه. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عدد ساعات عمل المحرّك يومياً. • مكان تركيب المحرّك الكهربائي. • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • درجة حماية المحرّكات (IP). - أنشئ ملفّاً خاصّاً بالحالة (حساب قدرة المحركات الكهربائية، وكفاءتها). - أجهّز تقريراً فنيّاً لصاحب منشار حجر. - أُعِدّ تقريراً كاملاً بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.

أقوّم	- أقارن بين وضع منشار الحجر قبل تركيب المحرّك الكهربائي له، وبعده. - أعبّئ نموذج التقييم. - أقوّم رضا صاحب منشار الحجر (موافقة صاحب منشار الحجر على تركيب محرك ثلاثي الأطوار بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب صاحب منشار الحجر. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة:

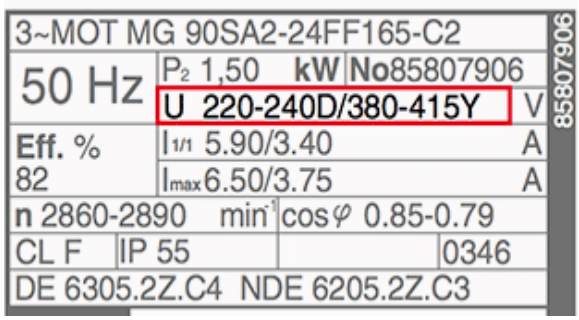
1. أتمعّن الصورة الآتية، وأحلّل رموزها، وأكتب تقريراً عن مواصفات المحرّك:



2. أبحث في الإنترنت عن مواصفات فنية أخرى للمحرّك، كشكل المحرّك، وتبريده، ومقاومة الانفجار، وغيرها، وأُعِدُّ بحثاً في الموضوع.

أتعلّم: حساب قدرة المحرّكات الكهربائية، وكفاءتها.

نشاط: الصورة الآتية هي للوحة اسمية لمحرّك كهربائي، أتمعّنها جيداً، ثمّ أجيب عن الأسئلة:



1. أدوّن القيم الآتية:

أ- السرعة. ب- القدرة، ونوعها.

ج- الجهد التشغيلي. د- معامل القدرة.

هـ- التردّد الكهربائي. و- التيار الكهربائي.

2. ما المقصود بـ EFF. 82%؟
3. هل تطابق مواصفات هذا المحرّك المواصفات الفنية المعمول به لديّا؟
4. ما قيمة القدرة الداخلة للمحرّك؟

تُقسَم القدرة في المحرّكات الكهربائية إلى قسمين رئيسن، هما: القدرة الداخلة إلى المحرّك، ويُرمَز لها بالرمز P_{in}، وهي قدرة كهربائية، والقدرة الخارجة من المحرّك، ويُرمَز لها بالرمز P_{out}، وهي قدرة ميكانيكية، وتُعطى العلاقة بين القدرتين وَفق المعادلة الآتية:

$$P_{in} = P_{out} + P_{loss}$$

حيث إنّ:

P_{loss}: المفاقيد الكهربائية في المحرّك.

وفي المحرّكات، يُرمَز للقدرة الداخلة بالرمز P_1 بدلاً من P_{in}، وتُحسَب وَفق المعادلة الآتية:

$$P_{in} = P_1 = 3V_1 I_1 \cos\theta$$

حيث إنّ:

V_1: جهد الطور للجزء الساكن.

I_1: تيار الطور للجزء الساكن.

θ: الزاوية بين الجهد والتيار.

أنواع المفاقيد في المحرّك الكهربائي:

1. مفاقيد الجزء الساكن، ويُرمَز لها بالرمز P_{st}، وتُقسَم إلى قسمين، هما:

أ. مفاقيد نحاسية P_{cu1}، وتُحسَب وَفق المعادلة الآتية:

$$P_{cu1} = 3I_1^2 R_1$$

حيث إنّ:

R_1: مقاومة الجزء الساكن لكلّ طور.

ب. مفاقيد القلب الحديدي، ويُرمَز لها بالرمز P_{core}، وتُحسَب مفاقيد الجزء الساكن وَفق المعادلة الآتية:

$$P_{st} = P_{cu1} + P_{core}$$

2. مفاقيد الجزء الدوّار، وتُقسَم إلى قسمين، هما:

أ. مفاقيد نحاسية P_{cu2}.

ب. مفاقيد الاحتكاك والهواء، ويُرمَز لها بالرمز P_f.

3. المفاقيد الضائعة، ويُرمَز لها بالرمز P_{stray}، وتُؤخَذ كنسبة من مجموع المفاقيد، وهي مفاقيد ضئيلة؛ لذلك يمكن إهمالها في المحرّكات الصغيرة.

تدفّق القدرة في المحرّك:

تمرّ القدرة الكهربائية عند تحوُّلها من P_1 إلى P_2 في عدة تغيّرات، أهمها:

1. القدرة المنقولة عبر الفجوة الهوائية، ويُرمَز لها بالرمز P_g، وتُحسَب وَفق المعادلة الآتية:

$$P_g = P_1 - P_{st}$$

2. القدرة المتحولة: وهي القدرة الميكانيكية المتولّدة في الجزء الدوّار، الناتجة عن مرور التيار في ملفات الجزء الدوّار، ويُرمَز لها بالرمز P_{con}، وتُحسَب وَفق المعادلة الآتية:

$$P_{con} = P_g - P_{cu2}$$

ومن قانون P_{cu2}، وقانون P_g و P_{con}، أحصل على المعادلات الآتية:

$$P_{cu2} = SP_g$$
$$P_{con} = (1 - S)P_g$$

ومن المعادلات السابقة، أستنتج أنّ المفاقيد النحاسية للجزء الدوّار تعتمد على معامل الانزلاق؛ لذلك يجب التقليل من الانزلاق الذي يؤدّي إلى تقليل المفاقيد؛ ما يرفع من كفاءة المحرّك الكهربائي.

3. القدرة الخارجة: وهي القدرة الحركية الظاهرة على عمود دوران المحرّك، وتُحسَب وَفق المعادلة الآتية:

$$P_{out} = \tau_{load}\omega_m$$

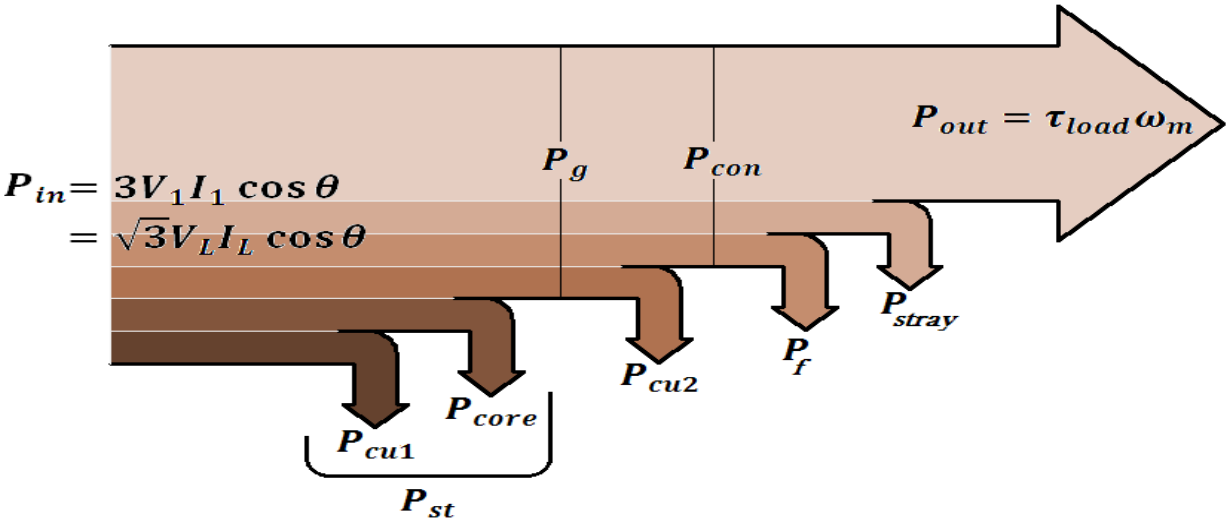
حيث إنّ:

τ_{load}: عزم الحمل الميكانيكي، ويُقاس بوَحدة N.m

ويمكن حسابها باستخدام المعادلة الآتية:

$$P_{out} = P_2 = P_{con} - P_f$$

والشكل (1) يبيّن مخطّط تدفّق القدرة في المحرّك الكهربائي:



شكل (1): مخطّط تدفق القدرة في المحرّك الكهربائي

مثال (1):

إذا كانت القدرة الداخلة إلى الجزء الدوّار لمحرّك حثّي ثلاثي الأطوار ذي ستّة أقطاب هي 2 kW، وكان الجزء الدوّار يدور بسرعة 950 rpm، عند تردّد 50 Hz، أحسب المفاقيد النحاسية للجزء الدوّار.

الحل:

$$n_S = \frac{120 f_e}{P} = \frac{120 \times 50}{6} = 1000 \text{ rpm}$$

حساب معامل الانزلاق:

$$S = \frac{n_S - n_m}{n_S} = \frac{1000 - 950}{1000} = 0.05$$

القدرة الداخلة إلى الجزء الدوّار هي القدرة في الفجوة الهوائية:

$$P_{cu2} = SP_g = 0.05 \times 2 \times 10^3 = 100\ W$$

كفاءة المحرّك الكهربائي:

تُعَدّ الكفاءة من أهمّ العوامل التي يُعتمَد عليها في اختيار المواصفات الكهربائية للمحرّك؛ فهي تمثّل النسبة بين القدرة الخارجة من المحرّك، والقدرة الداخلة إليه، وتُحسَب وَفق المعادلات الآتية:

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} = \frac{P_2}{P_1} \times 100\%$$

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

مثال (2):

محرّك حثّي ثلاثي الأطوار، يُغذّى من مصدر جهد 380 V، وتردّده 50 Hz، فإذا تمّ تشغيله عند معامل انزلاق قيمته 6%، وكان تيار الجزء الساكن 60 A، ومعامل قدرته 0.85، وكانت المفاقيد النحاسية في الجزء الساكن 2700 W ، والمفاقيد الحديدية 2300 W، ومفاقيد الاحتكاك والهواء 500 W، أحسب كفاءة المحرّك، مع إهمال المفاقيد الضائعة.

الحل:

أحسب القدرة الداخلة:

$$P_1 = \sqrt{3} V_L I_L \cos\theta = \sqrt{3} \times 380 \times 60 \times 0.85 = 33567W$$

أحسب المفاقيد:

$$P_{Loss} = P_{cu1} + P_{core} + P_{cu2} + P_f$$

حساب المفاقيد النحاسية للجزء الدوّار P_{cu2}:

$$P_g = P_1 - P_{cu1} - P_{core} = 33567 - 2700 - 2300 = 28567W$$

$$P_{cu2} = sP_g = 0.06 \times 28567 = 1714W$$

$$P_{Loss} = 2700 + 2300 + 1714 + 500 = 7214W$$

باستخدام قانون الكفاءة:

$$\eta = \frac{P_1 - P_{loss}}{P_1} \times 100\% = \frac{33567 - 7214}{33567} \times 100\% = 78.5\%$$

مثال (3): محرّك حثّي ثلاثي الأطوار، قدرته الداخلة 30 kW، وتبلغ كفاءته 86%، أحسب معامل الانزلاق له، عندما يتمّ تشغيله في الحالة الخاصة (Pcu1 = Pcu2 = Pcore = Pf).

الحل:

أحسب P_2، ثُمّ أحسب P_{cu2} و P_g، ثمّ أحسب s

حساب P2:

$$\eta = \frac{P_1 - P_{loss}}{P_1} \times 100\%$$

$$P_2 = \frac{\eta P_1}{100} = \frac{86 \times 30 \times 10^3}{100} = 25800\,W$$

حساب P_{cu2}:

$$P_{Loss} = P_1 - P_2 = 30000 - 25800 = 4200\,W$$

$$P_{cu1} = P_{core} = P_{cu2} = P_f = \frac{P_{Loss}}{4} = \frac{4200}{4} = 1050\,W$$

$$P_g = P_1 - P_{cu1} - P_{core} = 30000 - 1050 - 1050 = 27900\,W$$

حساب s:

$$s = \frac{P_{cu2}}{P_g} = \frac{1050}{27900} = 0.037 = 3.7\%$$

المواصفات الفنية للمحرّك الكهربائية:

للمحرّك الكهربائي مواصفات عديدة، أذكر منها:

1. جهد التشغيل: وهو الجهد الذي يعمل عليه المحرّك في الظروف الطبيعية.
2. تيار الحمل الكامل: وهو أقصى تيار يعمل عليه المحرّك، دون حدوث عطل كهربائي فيه.
3. القدرة الكهربائية.
4. معامل القدرة.
5. التردّد الكهربائي.
6. نوع التوصيلات، وجهدها.
7. سرعة المحرّك (Motor Speed): وتُقاس بعدد الدورات في الدقيقة، ووَحدة قياسها r/min.
8. دورة العمل (Duty Cycle)، ويُرمَز لها بحرف، ورَقْم، أو يُكتَب اختصار لها، وكلّ رمز له معنى يتعلق

بفترة التشغيل، وآلية العمل، والجدول الآتي يبيّن هذه الرموز، ومعنى كلٍّ منها: (للاطّلاع فقط)

الرمز	معنى الرمز
S1	تشغيل مستمرّ، وتُكتَب أحياناً cont.
S2	تشغيل لفترة قصيرة.
S3	تشغيل متقطع.
S4	تشغيل متقطع في أثناء البدء.
S5	تشغيل متقطع، بفرملة كهربائية.
S6	تشغيل مستمرّ بحمل متقطع.
S7	تشغيل مستمرّ، بفرملة كهربائية.
S8	تشغيل مستمرّ، ولكنّ الحمل والفترات متغيّرة.
S9	تشغيل أحمال متغيّرة، وبسرعات متغيّرة لفترات غير متماثلة.
S10	حمل ثابت (Discrete)

9. معامل الاختراق IP (Ingress Protection): ويتكوّن من رَقْمين XY، يمثّل الرَّقْم الأول X مقاومة الجهاز لاختراق المواد الصُّلبة، أمّا الرَّقْم الثاني Y، فيمثّل مقاومة اختراق السوائل، والجدول الآتي يبيّن تفصيل هذه الأرقام: (للاطّلاع فقط)

الرَّقْم	معنى الرَّقْم الأول X	معنى الرَّقْم الثاني Y
0	لا توجد حماية.	لا توجد حماية.
1	حماية ضد دخول الأجسام الصُّلبة حتى قُطر يُقدَّر بـ 50 mm.	حماية ضد السقوط العمودي للسوائل.
2	حماية ضد دخول الأجسام الصُّلبة حتى قُطر يُقدَّر بـ 12 mm.	حماية ضد دخول السوائل، حتى زاوية ميل 15 درجة من الرأسي (رش عادي).
3	حماية ضد دخول الأجسام الصُّلبة حتى قُطر يُقدَّر بـ 2.5 mm.	حماية من السوائل حتى زاوية ميل 60 من الرأسي، ورش عادي.
4	حماية ضد دخول الأجسام الصُّلبة حتى قُطر يُقدَّر بـ 1mm.	حماية من رشّ السوائل من جميع الاتجاهات.
5	حماية من دخول الأتربة.	حماية من رشّ السوائل من جميع الاتجاهات، ذلك بضغط منخفض.
6	حماية كاملة ضد الأتربة.	حماية من الغمر بالمياة بصورة مؤقّتة.
7		حماية من الغمس فى المياه لعمق من 10 cm إلى 1m.
8		حماية من الغمس تماماً في الماء، وتحت الضغط، ولمدة طويلة، ولعمق حتى 3 m.
9		حماية من رشّ السوائل الحارّة من جميع الاتجاهات، بضغط منخفض.

10. الحماية من التصادم الميكانيكي (Impact Protection) (IK): ويُكتَب كرَقْم مستقلّ من خانتين، وأحياناً يُضاف كرَقْم ثالث في IP، والجدول الآتي يبيّن تفاصيل الأرقام: (للاطّلاع فقط)

11. درجة العزل أو فئته (Insulation Class): هي أقصى قيمة للحرارة التي يمكن أن تتحمّلها المادة العازلة لملفات المحرّك في أثناء التشغيل، دون تلفها، ويُرمَز لها بحرف، والجدول الآتي يبيّن فئات العزل: (للاطّلاع فقط)

درجة العزل	الزيادة في درجة الحرارة المسموح بها	أقصى درجة حرارة للتشغيل
O	50	90
A	60	105
B	80	130
F	105	155
H	125	180
C		فوق 220

إضافة لتلك المواصفات، توجَد مواصفات أخرى، ستُدرَس في مواقف تعليمية تعلّمية أخرى.

الأسئلة:

1. كيف يُمكِن تقسيم القدرة في المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار؟
2. ما أنواع المفاقيد في المحرّك الحثّي ثلاثي الأطوار؟
4. أستنتج العلاقة الآتية: $P_{con} = P_g - P_{cu2}$.
5. أحسب المفاقيد النحاسية للجزء الدوّار، إذا كانت سرعته 1350 rpm، وكانت القدرة الداخلة إلى الجزء الدوّار 2K w، وإذا علمت أنّ المحرّك حثّي ثلاثي الأطوار له أربعة أقطاب، وتردّده 50 Hz.
6. ما المقصود بكفاءة المحرّك الكهربائي؟ وما أهميتها؟

3.4 الموقف التعليمي التعلّمي: التحكّم في عزم وقيمة تيار البدء للمحرّكات الحثّية ثلاثية الأطوار:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: حضر أحد المزارعين إلى إحدى الورش الفنية، وطلب تركيب جهاز لتشغيل مضخة ماء غاطسة وحمايتها من زيادة التيار في أثناء بدء التشغيل.

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من المزارع عن: • نوع المحرّك الكهربائي المطلوب التحكّم بتيار بدء عزمه. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • مدى التحكّم في تيار البدء. • عدد ساعات عمل المحرّك يومياً. - أجمع البيانات عن: • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • طرق التحكّم بتيار البدء للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • طرق التحكّم بعزم المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • درجة حماية المحرّكات (IP).	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • طلب المزارع. • أوراق البيانات (Data sheet) الخاصة بالمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • فيديو عن المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار.

أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • نوع المحرّك الكهربائي المطلوب التحكّم بتيار البدء، وعزمه. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • مدى التحكّم بتيار البدء، وعزمه. • عدد ساعات عمل المحرّك يومياً. • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • طرق التحكّم بتيار البدء للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • طرق التحكّم بعزم المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • درجة حماية المحرّكات (IP). - أحدّد خطوات العمل. - أُعِدّ جدولاً زمنياً للتنفيذ.	- التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق). - البحث العلمي.	- الوثائق: • أوراق البيانات Data sheet الخاصة بالمحرّكات الكهربائية. • البيانات التي يتمّ جمعها. • الإنترنت: (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية ذات مصداقية).
أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، وأنتبه إلى: • سلامة التوصيلات الكهربائية. • عدم تشغيل المحرّك قبل التأكّد من سلامة التوصيلات. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - تمديد كابلات و تجهيز نهايات الكوابل. - تركيب جهاز Soft Starter في اللوحة، وتثبيته جيدا. - توصيل الكابلات الرئيسة للجهاز. - توصيل دارات التحكّم بالجهاز. - برمجة الجهاز وتجهيزه. - التأكّد من التوصيلات قبل التشغيل. - اخذ القياسات، والتأكّد منها. - تشغيل المضخة، و التأكّد من عملها.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية ذات مصداقية).

أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج التي عُبِّئَت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدد وَفق طلب المزارع. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- البحث العلمي. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل). - الحوار والمناقشة.	- طلب المزارع. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية ذات مصداقية).
أوثّق، وأقدّم	- أوثّق النتائج، وأجمع البيانات عن: • نوع المحرّك الكهربائي المطلوب التحكّم بتيار البدء، وعزمه. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • مدى التحكّم بتيار البدء، والعزم. • عدد ساعات عمل المحرّك يومياً. • أنواع المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • المواصفات الفنية للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • طرق التحكّم بتيار البدء للمحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • طرق التحكّم بعزم المحرّكات الكهربائية ثلاثية الأطوار. • درجة حماية المحرّكات (IP). - أنشئ ملفّاً خاصّاً بالحالة (التحكم في عزم وقيمة تيار البدء للمحركات الحثية ثلاثية الأطوار). - أجهّز تقريراً فنّيّاً للمزارع. - أُعِدّ تقريراً كاملاً بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل)	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.
أقوّم	- أقارن بين وضع خط الإنتاج قبل التحكّم بسرعة المحرّك الكهربائي، وعزمه في خط الإنتاج، وبعده. - أعبّئ نموذج التقييم. - رضا المزارع (موافقة المزارع على تركيب جهاز تشغيل المضخة وحمايتها من زيادة التيار عند بدء التشغيل بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب المزارع. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة: 1. أرسم دارة تحكّم بطريقة توصيل عدد من المقاومات على التوالي مع ملفات الجزء الدوّار، حيث تعمل دارة التحكّم على إخراج المقاومات بالتدريج.

2. ما الفرق بين τ_{in} ، τ_{load} ؟

3. كيف يتم التقليل من تيار البدء عند تشغيل المحرك؟

4. أناقش الأضرار الناتجة عن تيار البدء العالي أثناء تشغيل المحركات.

أتعلّم: التحكّم في عزم تيار البدء للمحرّكات الحثّية ثلاثية الأطوار، وقيمته.

نشاط: الصورة الآتية هي لجهاز كهربائي، يُستخَدم في التحكّم بالمحرّكات الكهربائية، أتمعّنها جيداً، ثمّ أجيب عن الأسئلة التي تليها:

1. ما اسم هذا الجهاز؟
2. ما وظيفة هذا الجهاز؟
3. كيف يتمّ توصيل هذا الجهاز؟

العزم في المحرّكات الحثّية ثلاثية الأطوار:

يُعرَّف العزم: بأنّه القوة المؤثرة على الجسم تأثيراً التوائياً، ينتج عنه دوران الجسم، ويُقاس بوَحدة نيوتن.متر، ويُرمَز له بالرمز N.m.

ويُقسَم العزم في المحرّك إلى قسمين، هما:

1. العزم المتولّد في المحرّك τ_{ind}، ويُحسب من المعادلة الآتية:

$$\tau_{ind} = \frac{P_{con}}{\omega_m}$$

وبما أنّ السرعة الزاويّة الميكانكية متغيّرة بالنسبة للحمل على محور الدوران للمحرّك، يُفضَّل استبدال ω_m بالسرعة الزاويّة التزامنية ω_s، وتُستبدَل P_{con} بالقدرة المتولّدة في الفجوة الهوائية P_g لتصبح المعادلة:

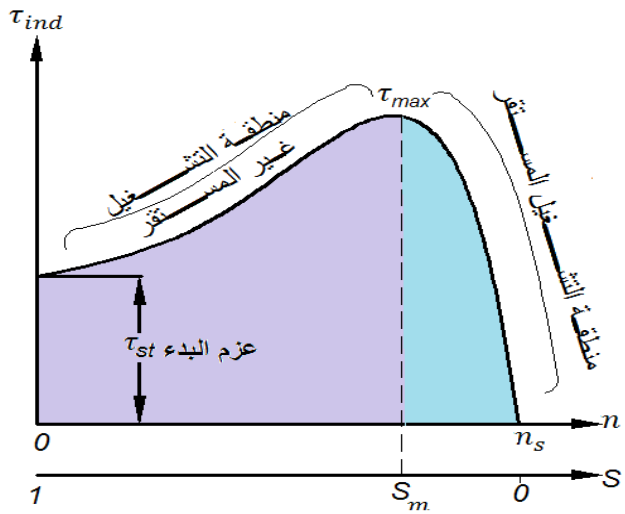
$$\tau_{ind} = \frac{P_g}{\omega_s}$$

وتُحسَب ω_s من المعادلة الآتية: $$\omega_s = \frac{2\pi n_s}{60}$$

2. عزم الحمل τ_{load}، وهو العزم الخارج على محور الدوران، بعد التخلص من احتكاك كراسي التحميل والهواء في الثغرة الهوائية، ويُحسَب من المعادلة الآتية: $$\tau_{load} = \frac{P_2}{\omega_m}$$

منحنى العزم في المحرّك:

يمثّل منحنى العزم العلاقة العكسية بين السرعة والعزم، فزيادة العزم على المحرّك، تقلّل سرعته الميكانيكية، ويمثّل الشكل (1) الآتي تلك العلاقة، فكلّما ازداد العزم، تقلّ السرعة، حتى يصل المحرّك إلى العزم الأقصى، وهو أكبر عزم يتحمّله المحرّك دون تباطئه وتوقفه، ويُسمّى هذا القسم منطقة التشغيل المستقر:

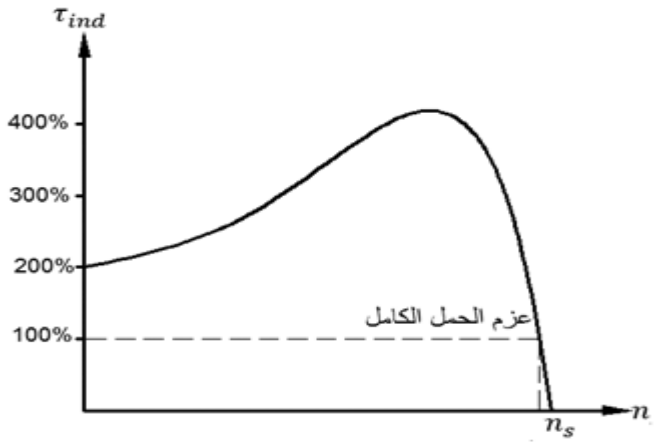


شكل (1): العلاقة بين السرعة والعزم في المحرّك

أمّا إذا قلّت السرعة والانزلاق عن S_m، فيُسمّى هذا القسم منطقة التشغيل غير المستقر، وفي هذه الحالة، تقلّ

السرعة، ويتباطأ المحرّك، حتى يتوقف.

وفي الحالة المثالية، يتمّ اختيار عزم الحمل الكامل للمحرّك نصف عزم البدء؛ لوضع هامش أمان في التحميل، وزيادة العمر الافتراضي للمحرّك، ويبيّن الشكل (2) الآتي رسم منحنى العزم بالنسبة لعزم الحمل الكامل:

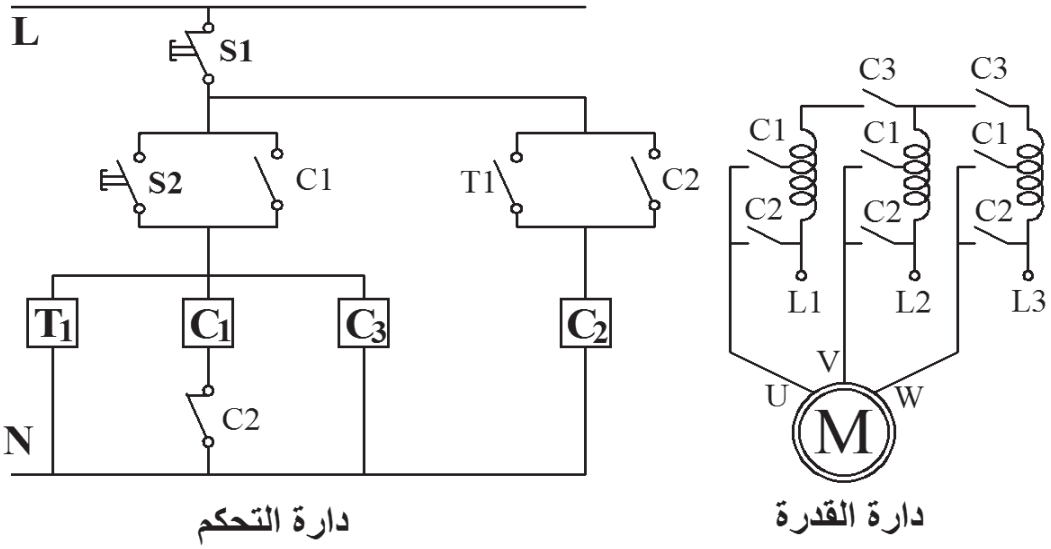


شكل (2): تمثيل منحنى العزم بالنسبة لعزم الحمل الكامل

طرق تقليل تيار البدء:

1. استخدام محول ذاتي:

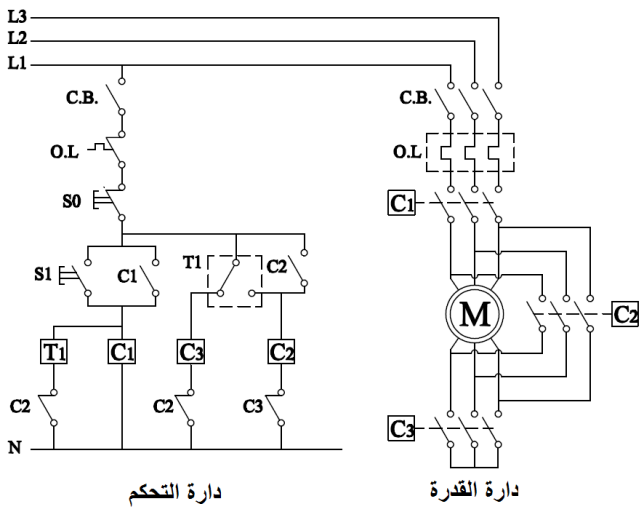
تُستخدَم هذه الطريقة؛ للتقليل من قيمة جهد المصدر الواصل إلى الجزء الساكن، وبالتالي التقليل من قيمة تيار البدء، فعند البدء، يأخذ المحرّك تغذيته من المحول الذاتي، وبعد دوران المحرّك واستقراره، تقوم الملامسات المغناطيسية بتوصيل المحرّك على جهد الشبكة، وتُستخدَم هذه الطريقة عندما تكون ملفات المحرّك موصولة داخلياً من الشركة المصنّعة، ويبيّن الشكل (3) الآتي دارة التحكّم، ودارة القدرة لطريقة المحول الذاتي:



شكل (3): دارة التحكّم ودارة القدرة لطريقة المحول الذاتي

2. تغيير توصيلة ملفات الجزء الساكن من نجمة إلى مثلث (دلتا) في أثناء التشغيل:

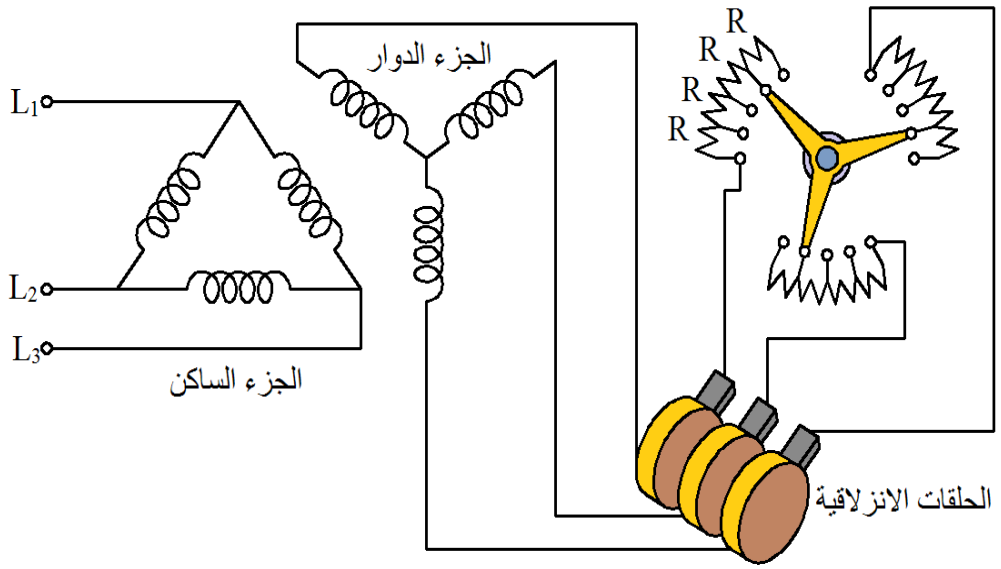
تُستخدَم هذه الطريقة عندما يكون المحرّك بستّة أطراف، حيث تكون توصيلة المحرّك عند بدء التشغيل نجمة، وتيار توصيلة النجمة أقلّ من تيار توصيلة المثلث بثلاثة أضعاف، فيكون تيار البدء أقلّ، وبعد استقرار دوران المحرّك، يتمّ تغيير توصيلة الجزء الساكن إلى مثلث، ويمكن تغيير التوصيل يدوياً عن طريق مفتاح أسطواني، أو آليّاً عن طريق مؤقّت، وملامسات، والشكل (4) الآتي يبيّن طريقة تغيير التوصيلة باستخدام المؤقّت:



شكل (4): تغيير توصيلة ملفات الجزء الساكن من نجمة إلى مثلث في أثناء التشغيل

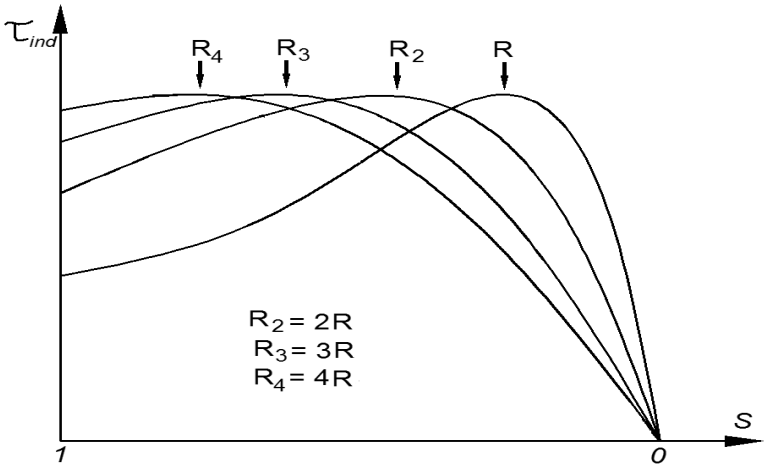
3. توصيل مقاومات على التوالي مع ملفات الجزء الدوّار:

تُستخدَم هذه الطريقة عندما يكون الجزء الدوّار من نوع الحلقات الانزلاقية، حيث يتمّ توصيل المقاومات مع الجزء الدوّار عند البدء، وعند استقرار دوران المحرّك، يتمّ إخراج المقاومات بالتدريج؛ لتجنّب زيادة المفاقيد في الجزء الدوّار. ومن ميزات هذه الطريقة، رفع عزم البدء، وتغيّر موقع العزم الأقصى، والشكل (5) الآتي يبيّن طريقة تغيير مقاومة الجزء الدوّار:



شكل (5): طريقة تغيير مقاومة الجزء الدوّار

كما يبيّن الشكل (6) الآتي تغيّر منحنى العزم عند تغيير المقاومة:



شكل (6): تغيّر منحنى العزم،عند تغيير المقاومة

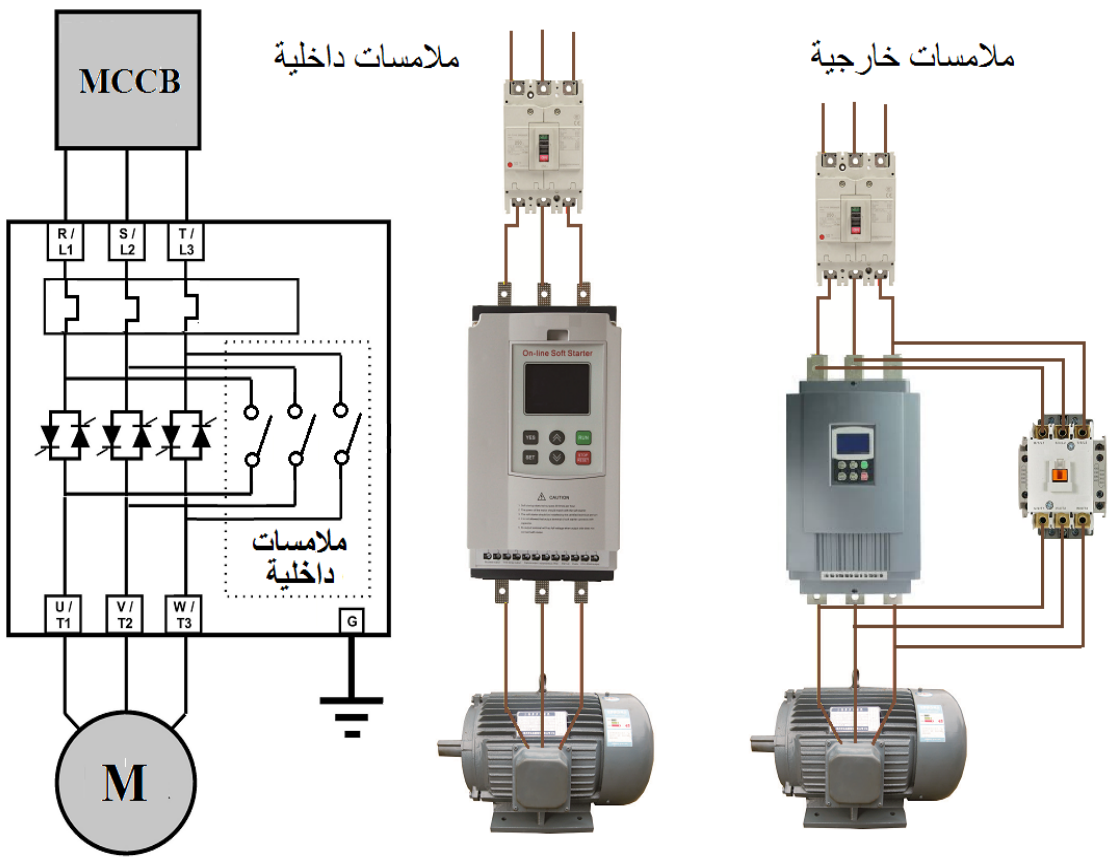
4. باستخدام دارات إلكترونية:

يُطلَق على هذه الدارات اسم (Soft Starter)؛ أي الإقلاع الناعم، أو البدء الناعم، وتُعَدّ هذه الطريقة من أحدث الطرق في عملية إقلاع المحرّكات، إضافة إلى إمكانية برمجة زمن الإقلاع، وزمن التوقف، ويُضاف إليها دارات حماية للمحرّك، من ضمنها الحماية من فقدان أحد الأطوار، أو انخفاض جهد الأطوار.

مبدأ العمل والتركيب:

يتمّ التحكّم في فصل المحرّكات، ووصلها عن طريق ثايرستورات، حيث تتحكّم الثايرستورات في مقدار القدرة المتدفقة للمحرّك، عن طريق دارات إلكترونية، ويمكن برمجتها للتحكّم في زاوية قدح الثايرستورات.

ويختلف تركيب البادئات الناعمة من شركة إلى أخرى، فمنها ما يحتوي على ملامسات داخلية، ومنها ما يحتاج إلى ملامسات خارجية، يتمّ توصيلها مع البادئ على التوازي، ويُطلَق على هذه الملامسات اسم (Bypass contactor)، وتأخذ اشارة عملها من البادئ عند استقرار تشغيل المحرّك، ويمرّ التيار فيها، وتُسمّى أيضاً الطريق الجانبي، ويبيّن الشكل (7) الآتي دارة إقلاع (بدء) ناعم:



شكل (7): دارة إقلاع (بدء) ناعم (للاطلاع)

وفي البادئات التي تحتاج إلى توصيل ملامسات خارجية معها، يحتوي البادئ على تسع نقاط للتوصيل؛ ثلاث منها للمصدر، وثلاث للمحرّك، وثلاث يتمّ توصيلها مع الملامسات؛ ويرجع ذلك لوجود محوّلات للتيار، تقوم بقياس قيمة التيار المارّ فيها للمحرّك، فإذا انخفض عن حدّ معيّن، يقوم البادئ بإيقاف المحرّك، إضافة لذلك، يجب اختيار البادئ المناسب للمحرّك؛ لأنّ المحوّلات مصمّمة على تيار معيّن، فإذا قلّ عن ذلك، لا يمكن تشغيل البادئ، ويحدث خطأ في عملية التشغيل، ويتمّ على إثرها إيقاف المحرّك.

كما يحتوي البادئ على مرحّلات، يمكن الاستفادة منها في تشغيل الملامسات الخارجية، إضافة إلى مصدر للجهد، ويمكن الاستفادة منه؛ لتغذية مداخل التحكّم بأمر التشغيل والإيقاف، كما يحتوي على وَحدة للإدخال والبرمجة، مكوّنة من كبسات، قد تحتوى على شاشة، والشكل (8) الآتي يبيّن بعض أنواع البادئات:

شكل (8): بعض أنواع البادئات

ويجب فصل القاطع الرئيس المغذّي للبادئ في أثناء الفحص والصيانة؛ بسبب وجود دارة قصر في بعض البادئات، حيث تُصمّم بعض الشركات البادئ، بحيث يمرّ الطوران الأول والثالث في الثايرستورات، أمّا الطور الثاني، فيكون موصولاً بشكل مباشر، دون قطع؛ للتخفيف من حجم البادئ، وسعره.

ميزات استخدام جهاز البدء الناعم:

1. إنقاص تيار البدء إلى قيم تتحملها ملفات المحرّك، ففي طريقة التحويل من نجمة إلى مثلث، تتكوّن تيارات عابرة (Transient Current) ذات قيم عظمى عالية جداً.
2. المحافظة على ثبات جهد الشبكة؛ لأنّ تيار البدء العالي يؤدّي إلى خفض جهد الشبكة؛ ما يسبّب مشاكل لبقية الأحمال.
3. توفير الطاقة الكهربائية خلال فترات البدء، ويمكن لبعض أجهزة البدء الناعم توفير الطاقة طول فترة تشغيل المحرّك.
4. استخدام مِساحة مقطع أصغر للكابلات المغذّية للمحرّك.
5. يتمّ التوفير في الكوابل، مقارنة بطريقة التحويل من نجمة إلى مثلث.
6. نادراً ما يحتاج إلى صيانة؛ لأنّه لا يحتوي على أجزاء متحركة، كالملامسات.
7. يساعد على بدء دوران المحرّك، دون حدوث إجهادات ميكانيكية، أو كهربائية للمحرّك، أو الأحمال.

ويُستخدم في التطبيقات التي تحتاج إلى تشغيل وإيقاف هادئين، مثل الأحزمة الناقلة (Conveyor Belts) المستخدمة في خطوط النقل والتعبئة، كما يُستخدَم في الروافع، والمضخّات، والضاغطات؛ لتجنّب ظاهرة الطرق (Hammering) داخل المواسير.

1. أرسم منحنى العزم في المحرّكات، وأحدّد أقسامه.
2. ما ميزات استخدام جهاز البدء الناعم؟

5.4 الموقف التعليمي التعلّمي: التعرّف إلى أنواع المحرّكات الكهربائية أحادية الطور:

وصف الموقف التعليمي التعلّمي: أحضر أحد النجارين محرّكاً كهربائياً أحادي الطور إلى ورشة فنية، وطلب تشغيله، وعكس اتجاه دورانه.

العمل الكامل:

خطوات العمل	وصف الموقف الصفي	المنهجية (استراتيجية التعلم)	الموارد (وَفق الموقف الصفي)
أجمع البيانات، وأحلّلها	- أجمع البيانات من النّجار عن: • نوع المحرّك الكهربائي. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عمل صيانة سابقة للمحرّك. - أجمع البيانات عن: • أنواع المحرّكات الكهربائية أحادية الطور. • المواصفات الفنية للمحرّكات أحادية الطور. • أعطال المحرّكات الكهربائية أحادية الطور. • الصيانة الدورية للمحرّكات أحادية الطور.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • طلب النّجار. • أوراق البيانات (Data sheet) الخاصة بالمحرّك الكهربائي. - التكنولوجيا: • الشبكة العنكبوتية، والمواقع الإلكترونية المحكّمة. • صور عن المحرّكات الكهربائية أحادية الطور. • فيديو عن المحرّكات الكهربائية أحادية الطور.
أخطّط، وأقرّر	- أصنّف البيانات التي جُمِعَت عن: • نوع المحرّك الكهربائي. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عمل صيانة سابقة للمحرّك. • أنواع المحرّكات الكهربائية أحادية الطور. • المواصفات الفنية للمحرّكات أحادية الطور. • أعطال المحرّكات الكهربائية أحادية الطور. • الصيانة الدورية للمحرّكات أحادية الطور. - أحدّد خطوات العمل. - أُعِدّ جدولاً زمنياً للتنفيذ.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (العمل ضمن فريق).	- الوثائق: • أوراق البيانات (Data sheet) الخاصة بالمحرّك الكهربائي. • البيانات التي جُمِعَت. - الإنترنت: • مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية ذات مصداقية. • مواقع خاصة بصيانة المحرّكات الكهربائية ذات مصداقية.

أنفّذ	- أراعي قواعد الأمان والسلامة العامة، وأنتبه إلى: • سلامة التوصيلات الكهربائية. • عدم تشغيل المحرّك قبل التأكّد من سلامة التوصيلات. • استخدام الأدوات والعِدَد المناسبة. - فحص مصدر التغذية. - فكّ علبة تجميع المحرّك، والتأكّد من التوصيلة والجهد. - قياس التيار المار في المحرّك ومقارنته مع اللوحة الاسمية له. - فكّ أيّ حمل ميكانيكي عن محور الدوران للمحرّك. - قياس سرعة المحرّك ومقارنتها باللوحة الاسمية له. - فحص عازلية المحرّك. - فحص مقاومة ملفات المحرّك، والتأكّد من صلاحِيَتها.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز DMM. - قرطاسية. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية وصيانتها ذات مصداقية).
أتحقّق من	- مراعاة قواعد الأمان والسلامة العامة. - الوثائق والنماذج من التي عُبِّئَت خلال أداء المهمة. - إنجاز العمل في الوقت المحدّد، وَوَفق طلب النّجار. - إعادة العِدَد والأدوات المستخدمة لأمكنتها، وترتيب مكان العمل.	- التعلم التعاوني (مجموعات عمل) - البحث العلمي.	- طلب النّجار. - الوثائق والتقارير. - المواصفات الفنية. - حاسوب. - الإنترنت (مواقع خاصة بالمحرّكات الكهربائية وصيانتها ذات مصداقية).
أوثّق، وأقدّم	- نتائج جمع البيانات عن: • نوع المحرّك الكهربائي. • طبيعة عمل المحرّك الكهربائي. • عمل صيانة سابقة للمحرّك. • أنواع المحرّكات الكهربائية أحادية الطور. • المواصفات الفنية للمحرّكات أحادية الطور. • أعطال المحرّكات الكهربائية أحادية الطور. • الصيانة الدورية للمحرّكات أحادية الطور. - أنشئ ملفّاً خاصّاً بالحالة (التعرف إلى أنواع المحركات الكهربائية أحادية الطور). - أجهّز تقريراً فنّيّاً للنجار. - أُعِدّ تقريراً كاملاً بالعمل.	- الحوار والمناقشة. - التعلم التعاوني (مجموعات عمل).	- جهاز حاسوب. - جهاز العرض LCD. - سجلّات.

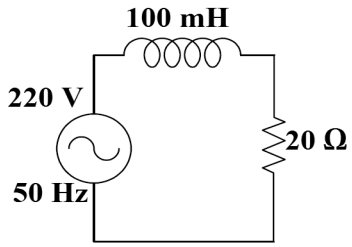
أقوّم	- أقارن بين وضع المحرّك قبل عمل الصيانة له، وبعده. - أعبّئ نموذج التقييم. - رضا النجار (موافقة النجار على تشغيل وعكس اتجاه دوران المحرك أحادي الطور بما ينسجم مع المواصفات والمقاييس).	- الحوار والمناقشة. - العصف الذهني.	- طلب النجار. - المواصفات والكتالوجات. - نموذج العمل الخاص بالتقييم.

أسئلة: 1. أبحث في الإنترنت عن طريقة لفّ المحرّك أحادي الطور، وأصمّم نموذجاً له.

2. أحضر محرّكاً عامّاً، ثمّ أصمّم دارة تيار مستمرّ، وأشغّل المحرّك، ثمّ أشغّل المحرّك على التيار المتناوب، وأقارن بين الحالتين.

أتعلّم: أنواع المحرّكات الكهربائية أحادية الطور.

نشاط: في الدارة الكهربائية الآتية، أحسب قيمة فرق الطور:

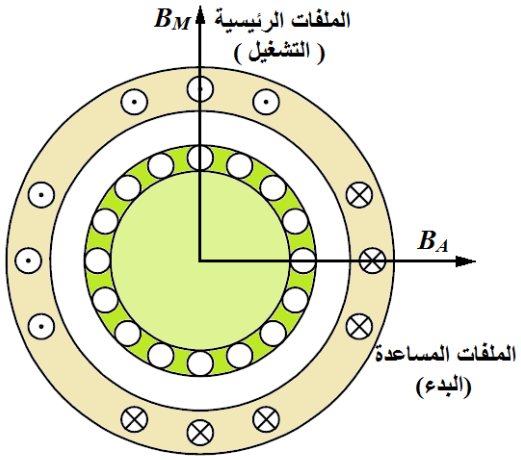


يوجَد العديد من أنواع المحرّكات أحادية الطور، ويعود سبب ذلك لاختلاف التركيب، وطريقة بدء الحركة فيها، حيث تتشابه في التركيب مع نظيراتها من المحرّكات ثلاثية الأطوار، من حيث مبدأ العمل، ومكونات المحرّك، ويمكن تقسيم المحرّكات أحادية الطور وَفق نوع الجزء الدوّار، إلى قسمين، هما:

1. المحرّكات أحادية الطور ذات القفص السنجابي:

يتلخص مبدأ عمل المحرّكات ذات القفص السنجابي في عملية تكوين المجال المغناطيسي الدوّار في الجزء الساكن، وتأثيره على قضبان القفص السنجابي، حيث تنتج في النهاية حركة في الجزء الدوّار للمحرّك، ولكن هنالك مشكلة في الإقلاع في المحرّكات أحادية الطور، ولعلاج هذه المشكلة، يحتوي المحرّك على نوعين من

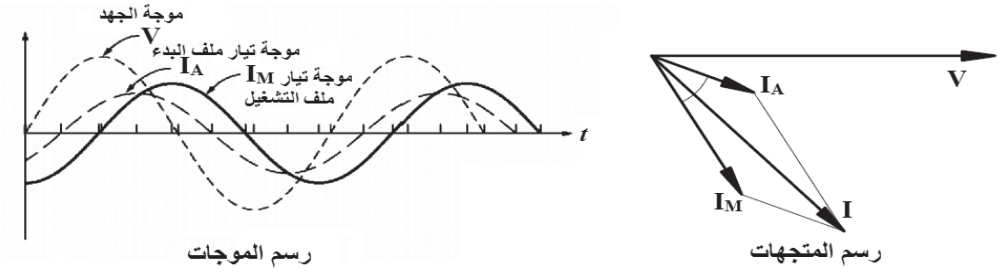
الملفات، هما: الملفات الرئيسة (ملفات التشغيل)، والملفات المساعدة (ملفات البدء)، ويتمّ توزيعها في الجزء الساكن، وَفق عدد أقطاب المحرّك، إضافة إلى الزاوية الميكانيكية الناتجة عن التوزيع، ويتمّ توليد فرق طور كهربائي بين الموجة المغذّية للملفات الرئيسة، والموجة المغذّية للملفات المساعدة، وهذان الأمران يؤدّيان –بدورهما- إلى إقلاع المحرّك، ويبيّن الشكل (1) الآتي توزيع الملفات، وشكل المجال المغناطيسي في المحرّكات أحادية الطور ذات القفص السنجابي:



شكل (1): توزيع الملفات، وشكل المجال المغناطيسي في المحرّكات أحادية الطور ذات القفص السنجابي

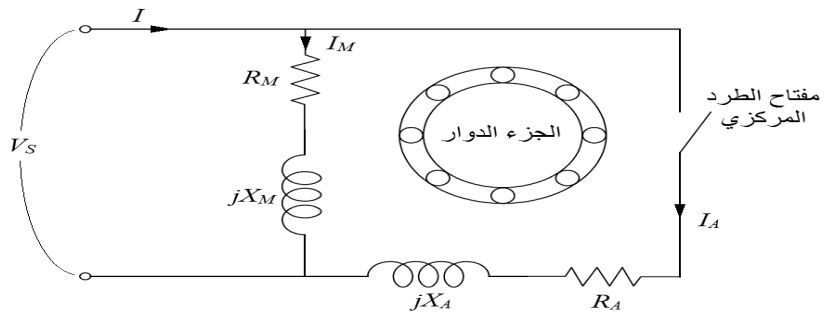
ويمكن تصنيف المحرّكات أحادية الطور ذات القفص السنجابي وَفق الطريقة المستخدمة في عملية الإقلاع إلى ما يأتي:

أ. محرّك الطور المشطور (Split-Phase Motor): في هذا النوع من المحرّكات، يحتوي الجزء الساكن على نوعين من الملفات، هما: ملفات رئيسة، وملفات مساعدة، حيث تكون الملفات المساعدة ذات مقاومة ومفاعلة حثّية أكبر من الملفات الرئيسة؛ لتكوين فرق طور كهربائي (زاوية كهربائية) بين التيار المارّ في الملفات الرئيسة، والتيار المارّ في في الملفات المساعدة. والشكل (2) الآتي يبيّن موجات التيار، والمتجهات في محرّك الطور المشطور:



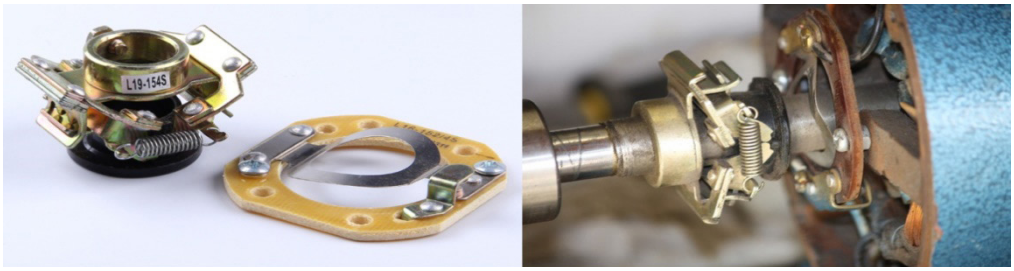
شكل (2): موجات التيار، والمتجهات في محرّك الطور المشطور

ولجعل ممانعة الملفات المساعدة أكبر، يتمّ اختيار مِساحة مقطع أصغر للملفات، والشكل (3) الآتي يبيّن الدارة المكافئة لمحرّك الطور المشطور:



شكل (3): الدارة المكافئة لمحرّك الطور المشطور

وتكون الملفات المساعدة غير قادرة على تحمُّل فترة التشغيل؛ بسبب مِساحة مقطعها الصغير؛ ما يؤدّي إلى تلفها، ولتجنّب تلفها، يتمّ فصل الملفات المساعدة باستخدام مفتاح طرد مركزي، عند وصول السرعة إلى 75% من السرعة الاسمية، ويتمّ تثبيت الجزء الكهربائي من المفتاح على الجزء الساكن، أمّا الجزء الميكانيكي من المفتاح، فيثبّت على الجزء الدوّار، والشكل (4) الآتي يبيّن أقسام مفتاح الطرد المركزي:



شكل (4): أقسام مفتاح الطرد المركزي

يتراوح عزم البدء في هذا النوع من المحرّكات بين (200% – 100%) من عزم الحمل الكامل، ويُعَدّ هذا العزم قليلاً مقارنة مع المحرّكات الأخرى، ويعود ذلك لصغر الزاوية بين تيارَي البدء، والتشغيل، حيث لا يمكن توليد زاوية طور مقدارها 90° باستخدام الملفات وحدها،

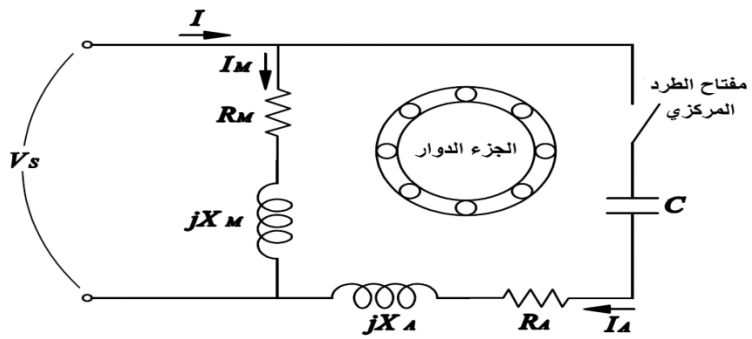
ويُستخدَم محرّك الطور المشطور في المراوح، والمضخّات، والثلاجات المنزلية، وغيرها من الأحمال المنخفضة نسبياً، التي لا تتجاوز قدرتها 500 w.

ويُمكِن عكس اتجاه دوران محرّك الطور المشطور بعكس اتجاه مرور التيار في الملفات الرئيسة، أو عكس اتجاه مرور التيار في الملفات المساعدة، من خلال عكس الأقطاب على الملفات.

ب. المحرّك ذو المواسع: يختلف المحرّك ذو المواسع عن محرّك الطور المشطور في وجود المواسع الكهربائي الذي يعمل على توليد زاوية كهربائية مقدارها 90° بين تيارَي الملفات الرئيسة، والملفات المساعدة؛ ما يعطي المحرّك عزم بدء عالياً، لكن في المقابل يُعَدّ أغلى ثمناً من محرّك الطور المشطور

ويُمكن تقسيم المحرّك ذي المواسع، من حيث بقاء المواسع موصولاً في أثناء التشغيل، أو فصله، إلى ثلاثة أنواع، هي:

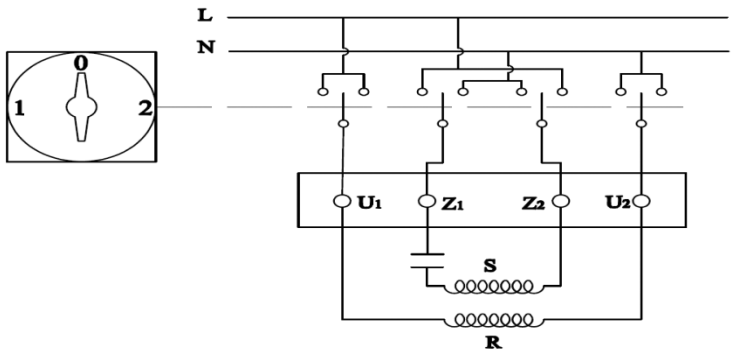
1. المحرّك ذو مواسع البدء: في هذا المحرّك، يتمّ وصل المواسع مع ملف البدء على التوالي، ووصلهما مع ملف التشغيل على التوازي، إضافة إلى ذلك، يتمّ فصل ملف البدء والمواسع عن المصدر، باستخدام مفتاح طرد مركزي، عندما تصل السرعة إلى 75% من السرعة الاسمية، كما هو الحال في الطور المشطور، والشكل (5) الآتي يبيّن الدارة المكافئة للمحرّك ذي مواسع البدء:



شكل (5): الدارة المكافئة للمحرّك ذي مواسع البدء

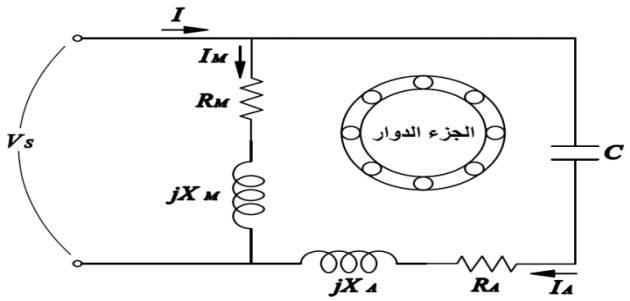
ويتميز هذا المحرّك بعزم بدء عالٍ، حيث يصل عزم البدء في هذا المحرّك إلى أكثرمن 300% من عزم الحمل الكامل، ويُستخدَم في التطبيقات التي تحتاج إلى عزم بدء عالٍ، مثل الضاغطات، والمضخّات، والمكيّفات الكهربائية، وغيرها.

ويمكن التحكّم بتشغيل دوران المحرّك، وعكسه، باستخدام مفتاح أسطواني قلاّب ذي أربع طبقات، والشكل (6) الآتي يبيّن طريقة عكس دوران محرّك أحادي الطور ذي مواسع بدء، باستخدام مفتاح أسطواني:



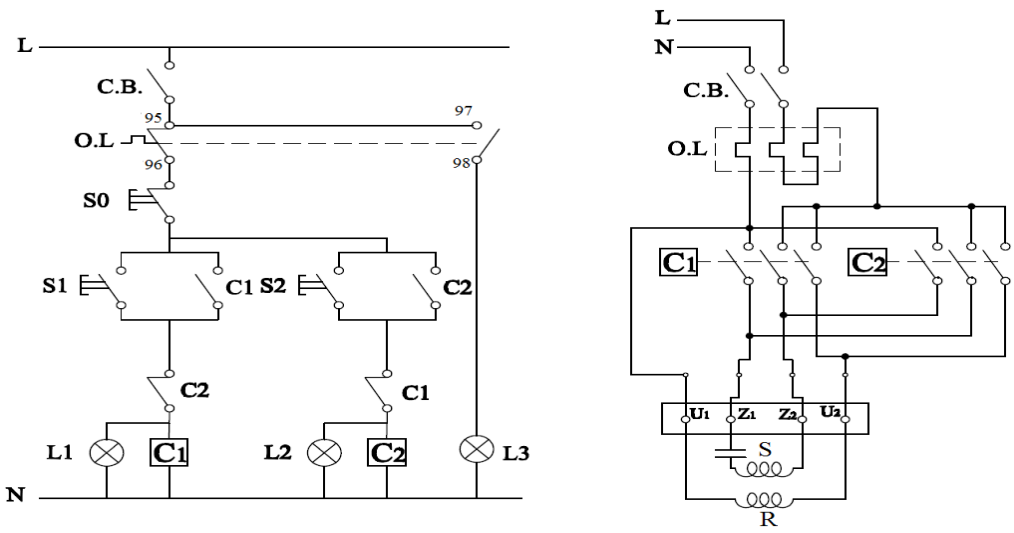
شكل (6): عكس دوران محرّك أحادي الطور ذي مواسع بدء، باستخدام مفتاح أسطواني

2. المحرّك ذو المواسع الدائم: في هذا النوع من المحرّكات، تبقى الملفات المساعدة متصلة مع الملفات الرئيسة في أثناء تشغيل المحرّك، دون خروج الملفات المساعدة؛ لذلك يتمّ الاستغناء عن مفتاح الطرد المركزي، والشكل (7) الآتي يبيّن الدارة المكافئة للمحرّك ذي المواسع الدائم:



شكل (7): الدارة المكافئة للمحرّك ذي المواسع الدائم

ويتمّ تصميم الملفات المساعدة، واختيار المواسع؛ ليتناسبا مع التشغيل الدائم، حيث يكون المواسع من النوع الورقي المشبع بالزيت.



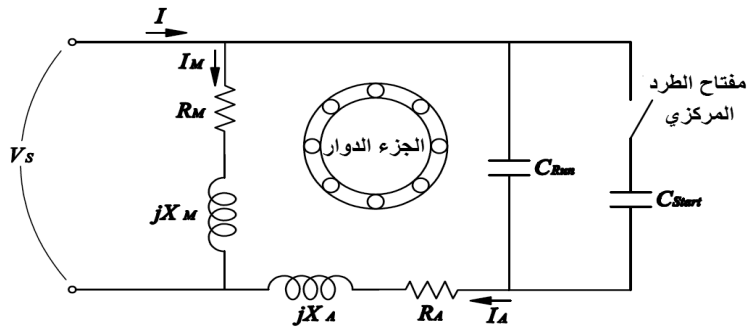
شكل (8): دارة التحكم والقدرة لتشغيل وعكس دوران محرك أحادي الطور ذي مكثف دائم باستخدام مفاتيح تلامسية ثلاثية الأقطاب (ملامسات رئيسية).

نشاط: أقوم بتصميم وتشغيل دارة التحكم والقدرة لتشغيل وعكس دوران محرك أحادي الطور ذي مكثف دائم باستخدام مفاتيح تلامسية رباعية الأقطاب (ملامسات رئيسية)، مبيناً الفرق الرئيس بينها وبين الدارة السابقة.

ويكون عزم البدء في هذا المحرّك أقلّ من عزم البدء للمحرك ذي مواسع البدء، ولكنّه يتميّز بارتفاع معامل القدرة له؛ بسبب وجود المواسع بشكل دائم في أثناء التشغيل، إضافة إلى ذلك، يُعَدّ أقل ثمناً؛ بسبب عدم وجود مفتاح الطرد المركزي فيه.

3. المحرّك ذو المواسعين: يَدمِج هذا المحرّك خواصّ المحرّكين؛ المحرّك ذي المواسع الدائم، والمحرّك ذي مواسع البدء، ففي المحرّك ذي مواسع البدء، يكون عزم البدء للمحرّك ذا قيمة عالية، ولكن توجَد مشكلة عند خروج المواسع، حيث يتغيّر التيار بشكل مفاجئ عند عمل مفتاح الطرد المركزي، هذا بدورة يؤثّر على عزم المحرّك؛ ويُسمّى المرحلة الانتقالية (مرحلة عدم استقرار)، أمّا المحرّك ذو المواسع الدائم، فعزم البدء فيه منخفض، لذلك السبب، أضيف مواسعان؛ مواسع لبدء التشغيل C_{Start}، ومواسع للتشغيل الدائم C_{Run}، حيث تكون قيمته من 10% إلى 20% من قيمة مواسع البدء، ويتمّ فصل مواسع البدء، باستخدام مفتاح طرد مركزي،

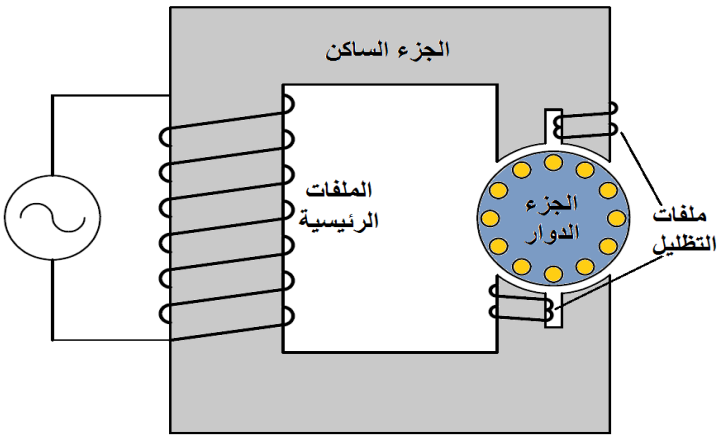
والشكل (9) الآتي يبيّن الدارة الكهربائية المكافئة للمحرّك ذي المواسعين:



شكل (9): الدارة الكهربائية المكافئة للمحرّك ذي المواسعين

ويتميّز هذا المحرّك بعزم بدء عالٍ، مع المحافظة على عزمه، ويكون تشغيله مستقراً، ولكنّ ثمنه مرتفع، مقارنة مع المحرّكات الأخرى

ج.المحرّك ذو القطب المظلّل (Shaded Pole Motors): يختلف هذا المحرّك في التركيب عن نظيريه المشطور، وذي المواسع، ويتشابه معهما في الجزء الدوّار (القفص السنجابي)، أمّا الجزء الساكن فيه، فيحتوي على ملفات رئيسة ملفوفة على قلب حديدي، وفي بعض الأحيان، تكون خارجية، وملفات تظليل، وتكون ملفوفة على أقطاب بارزة، تحيط بالجزء الدوّار، والشكل (14) الآتي يبيّن تركيب المحرّك ذي القطب المظلّل:



شكل (14): تركيب المحرّك ذي القطب المظلّل

يعتمد مبدأ عمل محرك القطب المظلل على الفيض المغناطيسي المحتث في الحلقة النحاسية المغلقة ، فإما أن يكون معاكسا أو مساعدا للفيض الرئيسي ، وذلك بناءً على موجة التيار الجيبية المتناوبة فيولد مجالا مغناطيسيا دوارا باتجاه الحلقة النحاسية ؛ مسببا بذلك دوران الجزء الدوار للمحرك بنفس الاتجاه.

إن هذا النوع من المحركات ينتج عزما ضعيفا ، ولكنه كاف لاقلاع المحركات التي تقل قدرتها عن حصان واحد ، وحمولتها خفيفة ، كالمراوح والالعاب والمضخات الصغيرة .

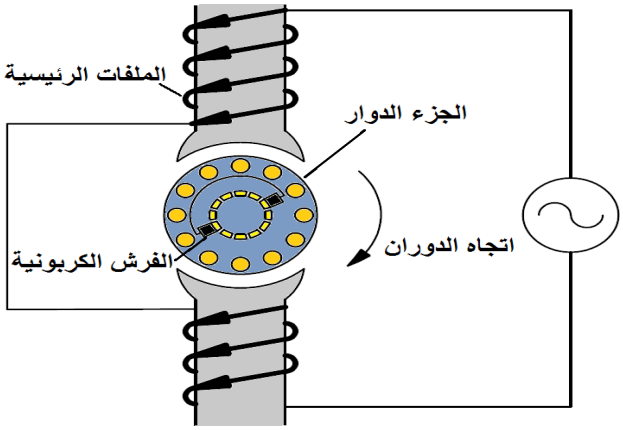
ومن عيوبه أيضا ، انخفاض جودته ، وعدم تحمله زيادة الحمل ، إلا أنه يمتاز ببساطة تركيبه ، وخلوه من مفتاح الطرد المركزي.

2. المحرّكات أحادية الطور ذات الموحّد:

يعتمد مبدأ عمل المحرّك ذي الموحّد على تمرير تيار كهربائي مباشر، أو تأثيري في ملفات الجزء الساكن، والجزء الدوّار، وتفاعل المجالين بعضهما مع بعض، وتكوين حركة دورانية.

ويمكن تصنيف المحرّكات أحادية الطور ذات الموّحد وَفق طريقة الفُرَش الكربونية إلى ما يأتي:

أ. المحرّك التنافري (Repulsion Motor): يختلف هذا المحرّك عن محرّكات القفص السنجابي في الجزء الدوّار، حيث يحتوي الجزء الدوّار على موحّد (commutator)، وملفات، إضافة إلى بساطة تركيب الجزء الساكن، حيث يحتوي على ملفين، أحدهما يمثّل القطب الشمالي، والآخر القطب الجنوبي، والشكل (19) الآتي يبيّن تركيب المحرّك التنافري:



شكل (19): تركيب المحرّك التنافري

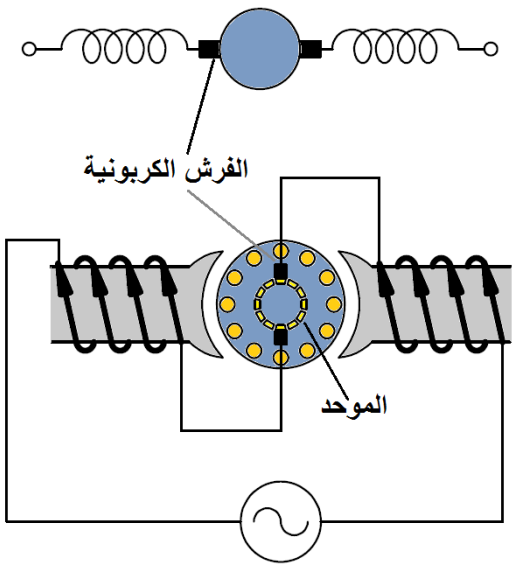
ويعتمد مبدأ عمل المحرّك التنافري على تفاعل المجال المتولّد في الجزء الساكن، والمجال التأثيري المتولّد في ملفات الجزء الدوّار، حيث يؤثّر المجال المتولّد في الجزء الساكن على ملفات الجزء الدوّار، فتتولّد قوة دافعة كهربائية في ملفات الجزء الدوّار، وبقصر الملفات، باستخدام الفُرَش الكربونية (Brushes) في جزء من الموحّد، ينتج عن هذا القصر مرور تيار في الملفات المقصورة؛ ما يولّد مجالاً مغناطيسياً، يعاكس المجال المغناطيسي الأساسي، ويتنافر معه، مكوّناً الحركة الدورانية.

وتتمّ إزاحة الفُرَش الكربونية بزاوية تتراوح بين (30° - 20°) عن محور الجزء الساكن؛ ما يؤدّي إلى دوران الجزء الدوّار باتجاه الفُرَش الكربونية، ويمكن عكس اتجاه دوران المحرّك التنافري بإمالة الفُرَش إلى الاتجاه الآخر.

ومن عيوب هذا المحرّك: أنّ سرعته تتأثر بتغيّر الحمل؛ لذا يمكن إضافة قفص سنجابي إلى الجزء الدوّار مع ملفات التوحيد، ويُسمّى المحرّك في هذه الحالة المحرّكَ التنافري التأثيري (Repulsion Induction Motor)، أو تقصر نحاسات الجزء الدوّار بجهاز طرد مركزي خاص عند السرعة الاسمية، ويُسمّى المحرّك في هذه الحالة المحرّكَ التنافري ذا البدء التأثيري (Repulsion Start Induction Run Motor).

وبهذا يمكن الحصول على أفضل خواص المحرّك؛ إذ يجمع بين خواصّ المحرّك التنافري ذي عزم البدء العالي، وخواصّ المحرّك التأثيري ذي القفص السنجابي ذي السرعة الثابتة مع تغيّر الحمل.

ب. المحرّك العامّ (Universal Motor): سُمِّيَ هذا المحرّك المحرّك العامّ؛ لأنّه يمكن تشغيله باستخدام مصدر جهد متناوب، أو مصدر جهد مستمرّ، ويتكوّن من ملفات الجزء الساكن، وملفات الجزء الدوّار، كما في المحرّك التنافري، حيث يشبه الجزء الدوّار فيه ملفات المنتج في محرّكات التيار المستمرّ، وفي هذا المحرّك، تُقسَم ملفات الجزء الساكن إلى قسمين، ويتمّ توصيل كلّ قسم بالجزء الدوّار، عن طريق فُرَش كربونية على التوالي، والشكل (20) الآتي يبيّن توصيلة المحرّك العامّ:



شكل (20): المحرّك العامّ

ويعتمد مبدأ عمل المحرّك العامّ على التيار المارّ في ملفات الجزء الساكن، وملفات الجزء الدوّار، الذي يُنتج مجالين مغناطيسيين، تعتمد شدتهما على قيمة التيار المارّ في الملفات، فيتفعلان بعضهما مع بعض، مكوّنين الحركة الدورانية لملفات الجزء الدوّار، ثمّ ما يلبث أن يتغيّر توزيع المجال في الجزء الدوّار، حتى يعود ترتيبه مرة أخرى؛ بسبب انتقال الفُرَش الكربونية إلى أجزاء أخرى من الموحّد.

ويُصنَّف الجزء الساكن في المحرّك العامّ إلى صنفين، هما:

1. الجزء الساكن ذو الأقطاب البارزة: يشبه في تركيبه الجزء الساكن لمحرّك التوالي في محرّكات التيار المستمرّ، ويُستخدَم في المحرّكات ذات القدرة المنخفضة.
2. الجزء الساكن ذو الأقطاب غير البارزة: يشبه في تركيبه الجزء الساكن لمحرّك الطور المشطور، حيث يحتوي على مجارٍ، يتمّ توزيع الملفات داخلها.

ومن عيوب هذا المحرّك وجود الشّرر الكهربائي بين الفُرَش الكربونية والموحّد؛ ما يؤدّي إلى تآكل الفُرَش الكربونية بسرعة.

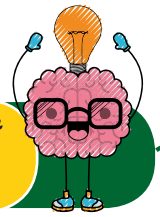
وللتقليل من هذه الظاهرة، يتمّ وضع ملفات تعويض في الجزء الساكن، وإزاحتها بزاوية 90°، كما هو الحال في الطور المشطور، أو إضافة مقاومة على التوالي مع الفُرَش الكربونية.

ويمكن التحكّم بسرعة المحرّك العامّ باستخدام مقاومة توصَل على التوالي مع المحرّك، أو من خلال دارات إلكترونية تتحكّم في تدفّق القدرة إليه.

ويتمّ عكس اتجاه دوران المحرّك بعكس مرور التيار في ملفات الجزء الساكن، أو ملفات الجزء الدوّار.

الأسئلة:

1. ما تأثير المواسع والملف على الموجة الكهربائية؟
2. أصنّف المحرّكات الكهربائية أحادية الطور.
3. كيف يعمل المحرّك أحادي الطور ذو المواسع؟
4. كيف يعمل المحرّك ذو القطب المظلّل؟
5. ما أثر إزاحة الفُرَش الكربونية في المحرّك التنافري؟



أسئلة الوَحدة

السؤال الأول: أضع دائرة حول رمز الإجابة الصحيحة لكلّ ممّا يأتي:

1 ما المقصود بالاختصار Pg؟

أ. المفاقيد الضائعة.
ب. مفاقيد الجزء الدوّار.
ج. القدرة في الفجوة الهوائية.
د. مفاقيد الاحتكاك والهواء.

2 كيف تُحسَب كفاءة المحرّك؟

أ. بقسمة القدرة الخارجة زائد المفاقيد على القدرة الداخلة.
ب. بقسمة القدرة الخارجة على القدرة الداخلة، مطروحاً منها المفاقيد.
ج. بقسمة القدرة الخارجة على القدرة الخارجة، زائد المفاقيد.
د. بقسمة القدرة الداخلة، مطروحاً منها المفاقيد على القدرة الخارجة.

3 ما المقصود بالاختصار IP؟

أ. فترة العمل.
ب. معامل الاختراق.
ج. الحماية من التصادم الميكانيكي.
د. درجة العزل.

4 أيّ من المحرّكات الآتية تتحمّل درجة حرارة أكبر؟

أ. محرّكات فئة عزل H.
ب. محرّكات فئة عزل O.
ج. محرّكات فئة عزل A.
د. محرّكات فئة عزل F.

5 أيّ من الأجهزة الآتية يُستخدَم للتحكّم بسرعة المحرّك؟

أ. Soft Starter.
ب. VFD.
ج. MCB.
د. nS.

6 في أيّ فئة من المحرّكات يكون عزم البدء عالياً؟

أ. فئة A.
ب. فئة B.
ج. فئة C.
د. فئة D.

7 في أيّ فئة من المحرّكات يكون تيار البدء عالياً؟

أ. فئة A. ب. فئة B.

ج. فئة C. د. فئة D.

8 ما المحرّك ذو عزم البدء المنخفض من المحرّكات الآتية؟

أ. المحرّك ذو المواسعين. ب. المحرّك العامّ.

ج. محرّك الطور المشطور. د. المحرّك ذو مواسع البدء.

9 ما المحرّك الذي يكون فيه الجزء الدوّار من نوع الحلقات الانزلاقية؟

أ. محرّك الطور المشطور. ب. المحرّك التنافري.

ج. المحرّك الحثّي. د. المحرّك ذو القطب المظلّل.

10 ما المحرّك الذي يحتوي على مفتاح طرد مركزي؟

أ. المحرّك ذو القطب المظلّل. ب. المحرّك التنافري.

ج. المحرّك ذو المواسع الدائم. د. المحرّك ذو مواسع البدء.

السؤال الثاني: محرّك حثّي ثلاثي الأطوار، له قطبان، يغذّيه مصدر جهد 380 V، وتردّده 50 Hz، فإذا كان معامل انزلاقه 4% عند الحمل الكامل، أحسب سرعة الجزء الدوّار.

السؤال الثالث: أرسم مخطّط تدفّق القدرة في المحرّكات الحثّية ثلاثية الأطوار.

السؤال الرابع: محرّك حثّي ثلاثي الأطوار، قدرته الداخلة 15 kW، وكفاءته 82 %، أحسب معامل انزلاقه، عندما يتمّ تشغيله في الحالة الخاصة الآتية:

(Pcu1 = 2xPcu2 , Pcu2 = Pcore Pf = 0.5xPcu2).

السؤال الخامس: أحسب تيار البدء لمحرّك قدرته 4 HP، وجهده 380 v، إذا كان الترميز الحرفي للجزء الدوّارK.

السؤال السادس: ما طرق التقليل من تيار البدء؟

السؤال السابع: ما طرق التحكّم بالسرعة؟

السؤال الثامن: ما ميزات استخدام جهاز البدء الناعم؟

السؤال التاسع: ما ميزات استخدام العواكس المتكاملة؟

السؤال العاشر: ما أنواع المحرّكات أحادية الطور ذات القفص السنجابي؟

السؤال الحادي عشر: ما عيوب المحرّك ذي القطب المظلّل؟

السؤال الثاني عشر: كيف يمكن عكس دوران المحرّكات الآتية:

أ. المحرّك ذو القطب المظلّل.

ب. المحرّك التنافري.

ج. المحرّك ذو المواسع.

د. المحرّك ذو الطور المشطور.

هـ. المحرّك العامّ.

دراسة حالة

أنفّذ خطوات العمل الكامل للموقف التعليمي التعلّمي الآتي:

لمعاصر الزيتون دور أساسي في الإنتاج الزراعي الفلسطيني ؛ لما لها من أثر اقتصادي على دخل المزارع، حيث يُعَدّ عمل المعاصر موسميا، وعند بدء الموسم، يجب التأكد من سلامة محركات المعصرة ؛ وذلك لتجنب خسارة الفرد لمحصوله، وخسارة المعصرة لزبائنها.

حيث حضر مالك أحد معاصر الزيتون إلى ورشة صيانة المحركات، وطلب فحص وصيانة محركات المعصرة، وتشخيص حالة المحركات قبل استقبال المعصرة لزبائنها.

مشروع الوَحدة

يُراد تصميم مشروع خطّ إنتاج؛ لتعبئة السوائل، يحتوي على خطّ نقل للعلب، يتمّ التحكّم في سرعته، وعند وصول العلبة إلى صِمام التعبئة، يستشعرها مجسّ خاصّ يقوم بفتح الصِّمام، وتشغيل مضخّة أحادية الطور؛ لضخّ السائل داخل العلبة لفترة زمنية معينة، يتمّ تحديدها باستخدام مؤقّت، وعندما تُعبَّأ العلبة، يتحرّك خطّ الإنتاج، وتتكرّر هذه العملية.

المطلوب:

1. أرسم دارة التحكّم، ودارة القدرة.
2. أنفّذ الدارة.
3. أقترح تطويراً على خطّ التعبئة، وأناقشه.

مع مراعاة مراحل المشروع: (اختيار المشروع، وخطته، وتنفيذه، وتقويمه).

لجنة المناهج الوزارية:

د. صبري صيدم
د. بصري صالح
م. فواز مجاهد
أ. ثروت زيد
أ. عزام أبو بكر
أ. عبد الحكيم أبو جاموس
د. شهناز الفار
د. سمية النّخالة
م. وسام نخلة

المشاركون في ورشات عمل كتاب كهرباء استعمال للصف الثاني عشر

م. نجيب جابر
م. ماهر حمدان
م. محمد سالم
م. عمر خريشي
م. علي حمدان
م. ماهر يعقوب
م. أحمد مرعي
م. غسان أبو ريان
م. أحمد نواصرة
م. أمجد مجدلاوي
م. يوسف التميمي
م. أحمد نواصرة
م. رضوان الشرفا