



إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكهرباء

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الأول

الصف الثاني عشر
الفرع الصناعي



٢٠١٩ هـ / ١٤٤٠ م

الفرع الصناعي

الصف الثاني عشر

الفصل الدراسي الأول

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الكهرباء

ISBN: 978-9957-84-384-7



9 789957 843847

مطبنة



إدارة المناهج والكتب المدرسية

الكهرباء

العلوم الصناعية الخاصة والتدريب العملي

الفصل الدراسي الأول

الصف الثاني عشر
الفرع الصناعي

تأليف

م. معين رشيد عبدالله عيسى م. محمود سليمان عيسى

م. أحمد محمد منصور سامر "محمد زياد" عارف الأحمد

الناشر

وزارة التربية والتعليم

إدارة المناهج والكتب المدرسية

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

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

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

قرّرت وزارة التربية والتعليم تدرّيس هذا الكتاب في مدارس المملكة الأردنية الهاشمية جميعها، بناءً على قرار مجلس التربية والتعليم رقم ٢٠١٢/٥٣، تاريخ ١٨/٩/٢٠١٢م، بدءاً من العام الدراسي ٢٠١٣م/٢٠١٤م.

الحقوق جميعها محفوظة لوزارة التربية والتعليم

عمّان - الأردن / ص . ب : ١٩٣٠

www.moe.gov.jo

لجنة التوجيه والإشراف على التأليف

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

التحرير العلمي : م. عبدالله محمود الهور
التحرير اللغوي : نضال أحمد موسى
التحرير الفني : نداء فؤاد أبو شنب
التصميم : فخري موسى الشبول
الرسوم : عاصف نصري اليعقوب
الإنـتـاج : سليمان أحمد الخلايلة
دقق الطباعة وراجعها : م . باسل محمود غضية

رقم الإيداع لدى دائرة المكتبة الوطنية
(٢٠١٢/٣/٩٦٣)
ISBN: 978-9957-84-384-7

٢٠١٣/هـ١٤٣٤م

٢٠١٩ - ٢٠١٤م

الطبعة الأولى

أعيدت الطباعة

قائمة المحتويات

الصفحة	الموضوع	
٧		المقدمة
٨		إرشادات عامة
٩	محركات التيار المتناوب أحادي الطور	الوحدة الأولى
العلوم الصناعية الخاصة		
١١	تصنيف محركات التيار المتناوب	أولاً
١٢	مبدأ عمل المحركات أحادية الطور ومكوناتها	ثانياً
١٩	أنواع محركات التيار المتناوب أحادي الطور	ثالثاً
٢٧	عكس اتجاه دوران المحركات الكهربية أحادية الطور	رابعاً
٢٩	القواعد الأساسية لعمليات لف محركات التيار المتناوب أحادي الطور	خامساً
٤٢	بيانات المحرك	سادساً
٤٤	أعطال المحركات الكهربية أحادية الطور، وكيفية إصلاحها	سابعاً
٤٧	أسئلة الوحدة	
التدريب العملي		
٥٢	فك محرك كهربائي أحادي الطور ذي مواسع بدء التشغيل، وإعادة تجميعه	تمرين (١-١)
٥٥	تشخيص الأعطال الميكانيكية للمحركات الكهربية أحادية الطور وصيانتها	تمرين (٢-١)
٥٩	تحديد أطراف المحرك أحادي الطور ذي مفتاح الطرد المركزي و مواسع بدء التشغيل	تمرين (٣-١)
٦٤	إعادة لف محرك أحادي الطور ذي مواسع التشغيل	تمرين (٤-١)
٧٣	إعادة لف محرك أحادي الطور ذي مواسع بدء التشغيل	تمرين (٥-١)
٧٨	إعادة لف محرك القطب المظلل	تمرين (٦-١)
٨٣	محركات التيار المتناوب ثلاثي الطور	الوحدة الثانية
العلوم الصناعية الخاصة		
٨٥	مبدأ عمل المحركات ثلاثية الطور ومكوناتها	أولاً
٨٨	أنواع محركات التيار المتناوب ثلاثي الطور	ثانياً
٩٧	تشغيل محرك ثلاثي الطور بفولطية طور واحد	ثالثاً
٩٩	طرائق توصيل المحركات ثلاثية الطور، وكيفية عكس اتجاه دورانها	رابعاً
١٠١	المحركات ثلاثية الطور ذات السرعتين	خامساً
١٠٤	القواعد الأساسية لعمليات لف المحركات الكهربية ثلاثية الطور	سادساً

١٢٥	أعطال المحرّكات الكهربائية ثلاثية الطور وكيفية إصلاحها	سابعاً
١٢٩	أسئلة الوحدة	
التدريب العملي		
١٣٢	فكّ محرّك كهربائي ثلاثي الطور ذي عضو دوّار من نوع القفص السنجابي وإعادة تجميعه	تمرين (٢-١)
١٣٤	تحديد الأعطال الكهربائية للمحركات ثلاثية الطور ذات القفص السنجابي	تمرين (٢-٢)
١٣٧	فحص محرّك كهربائي ثلاثي الطور ذي العضو الدوار الملفوف وتشغيله	تمرين (٢-٣)
١٤١	إعادة لفّ محرّك ثلاثي الطور ذي طبقة واحدة، عدد أقطابه يساوي عدد مجموعاته	تمرين (٢-٤)
١٤٦	إعادة لفّ محرّك ثلاثي الطور عدد مجموعاته يساوي ضعف عدد أقطابه	تمرين (٢-٥)
١٥٠	اختبارات ما بعد إعادة لفّ المحرّكات ثلاثية الطور	تمرين (٢-٦)
١٥٤	إعادة لفّ محرّك ثلاثي الطور ذي سرعتين بطريقة (دالندر)	تمرين (٢-٧)
١٥٩	تشغيل محرّك ثلاثي الطور ليعمل كمحرك أحادي الطور	تمرين (٢-٨)
١٦١	آلات التيار المباشر	الوحدة الثالثة
العلوم الصناعية الخاصة		
١٦٣	مبدأ عمل آلة التيار المباشر وتركيبها	أولاً
١٦٧	القوة الدافعة الكهربائية والسرعة في آلات التيار المباشر	ثانياً
١٧٠	ردّ فعل المنتج	ثالثاً
١٧١	أنواع محرّكات التيار المباشر	رابعاً
١٧٣	خواصّ محرّكات التيار المباشر	خامساً
١٧٦	مولّدات التيار المباشر	سادساً
١٨٠	محرّكات الخطوة	سابعاً
١٨٤	طرائق بدء محرّكات التيار المباشر وإيقافها	ثامناً
١٨٩	طرائق تنظيم سرعة محرّكات التيار المباشر	تاسعاً
١٩٦	عكس دوران محرّكات التيار المباشر	عاشرًا
١٩٧	المفايد في آلات التيار المباشر	الحادي عشر
٢٠٠	أعطال آلات التيار المباشر وكيفية إصلاحها	الثاني عشر
٢٠٢	المحرّك العام	الثالث عشر
٢٠٧	أسئلة الوحدة	
التدريب العملي		
٢١٠	فكّ محرّك تيار مباشر وإعادة تجميعه	تمرين (٣-١)
٢١٣	تشخيص أعطال محرّكات التيار المباشر وصيانتها	تمرين (٣-٢)

٢١٨	توصيل دائرة بدء الحركة لمحرك تيار مباشر من نوع التوازي باستخدام مقاومة بدء	تمرين (٣-٣)
٢٢١	حساب كفاءة محرك التيار المباشر من نوع التوازي (Swinburne Test)	تمرين (٤-٣)
٢٢٤	فكّ المحرك العام وإعادة تجميعه	تمرين (٥-٣)
٢٢٧	إعادة لفّ أقطاب المحرك العام	تمرين (٦-٣)
٢٣٠	فكّ الفرش الكربونية لمحرك التيار المباشر، وتركيبها	تمرين (٧-٣)
٢٣٢	فحص المحرك العام وصيانته	تمرين (٨-٣)
٢٣٥	قائمة المصطلحات	
٢٣٩	قائمة المراجع	

المقدمة

يأتي هذا الكتاب متممًا للمستويين الأول والثاني لتخصص الكهرباء، اللذين يعدّان متطلبًا سابقًا لهذا المستوى.

اشتمل هذا المستوى على ثلاث وحدات، تضمّنت الأولى موضوع تصنيف محرّكات التيار المتناوب، ومبدأ عمل المحرّكات أحادية الطور وأنواعها وعكس اتجاه دورانها، وتشغيل المحرّكات ثلاثية الطور بفولطية طور واحد، كما اشتملت هذه الوحدة على القواعد الأساسية لعمليات لفّ محرّكات التيار المتناوب أحادية الطور، ومعرفة بيانات المحرّكات وأعطالها، ومهارات فكّ المحركات الكهربائية أحادية الطور وإعادة تجميعها وتشخيص أعطالها الميكانيكية وصيانتها وتحديد أطرافها وإعادة لفّ عضوها الساكن.

أما الوحدة الثانية، فقد تناولت مبدأ عمل المحرّكات ثلاثية الطور، ومكوّناتها، وأنواعها وطرائق توصيلها، وكيفية عكس اتجاه دورانها، والقواعد الأساسية لعمليات لفّ عضوها الساكن، وأعطالها، فضلًا عن اشتغال هذه الوحدة على فكّ المحرّكات ثلاثية الطور، وإعادة تجميعها، وتحديد أعطالها وإعادة لفّها، والاختبارات التي تجري عليها بعد إعادة لفّها.

وأما الوحدة الثالثة، فقد تضمّنت مبدأ عمل آلات التيار المباشر، وتركيبها، والتعريف بالقوة الدافعة الكهربائية والسرعة في آلات التيار المباشر، ورد فعل منتج آلات التيار المباشر، وأنواع محرّكات التيار المباشر وخواصّها، كما تناولت مولدات التيار المباشر ومحرّكات الخطوة. واستكمالًا لمحتوى هذه الوحدة، فقد اشتمل جزؤها التدريبي على فكّ آلة التيار المباشر وإعادة تجميعها، وفحص أقطابها، وتشخيص أعطالها وصيانتها، وكيفية بدء حركتها، وحساب كفاءتها. كما تناولت فكّ المحرّك العام، وإعادة تجميعه، ولفّ أقطابه، وفحصه، وصيانتها.

وقد حاولنا في إعداد محتويات هذا المستوى أن تكون جميعها بأسلوب واضح وسهل يتناسب ومستويات الطلبة، ويراعي الفروق الفردية بينهم، آمليين من الله عز وجل أن نكون قد وفّقنا في ذلك.

والله وليّ التوفيق

المؤلفون

إرشادات عامة

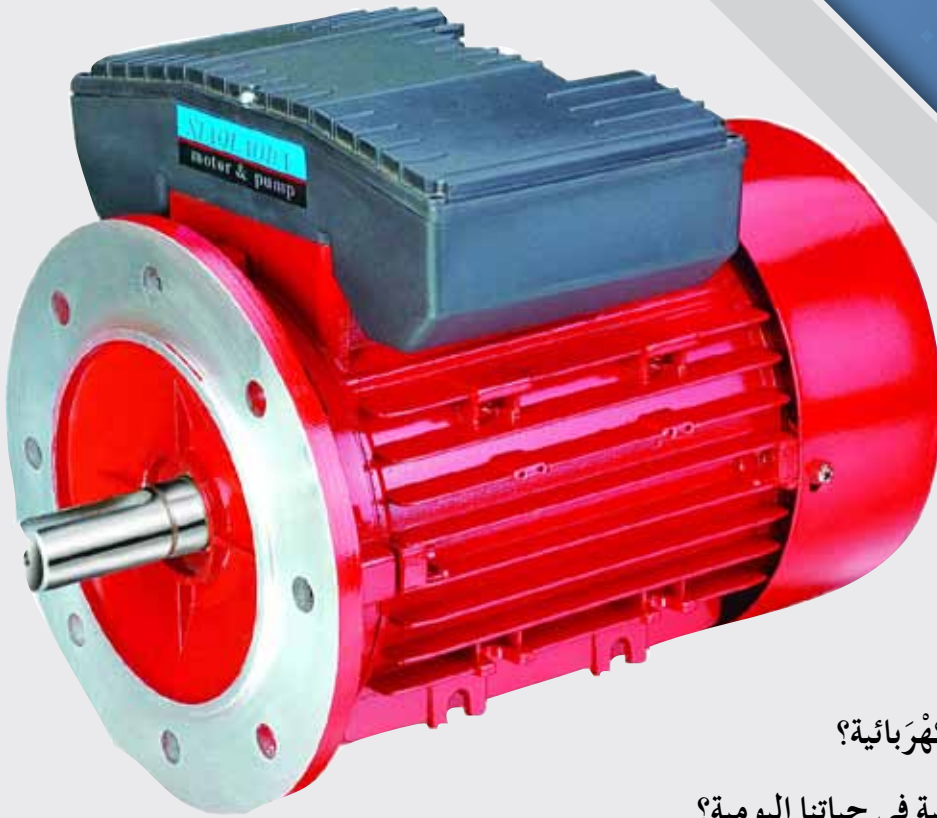
إن تطبيقك للسلوك المهني السليم في أثناء وجودك في مكان العمل هو الطريق الأمثل لضمان تفوّقك وتجنّبك والآخريّن الحوادث المحتمل حصولها في بيئة العمل؛ لذا، ينبغي لك الحرص على تطبيق الأمور الآتية:

- التزم بتعليمات السلامة والصحة المهنية، وارتدِ لباس العمل المهني حال وجودك في مكان العمل.
- تأكد من صلاحية القطع والأجهزة الكهربائية قبل البدء بالعمل.
- داوم على المحافظة على نظافة مكان العمل.
- بلغ مدرّبك بوجود أي أمر يشكّل خطورة على سير العملية التدريبية وعلى المتدربين.
- عدم وضع أي قطع أو أشياء غير ضرورية لتنفيذ التمرين على طاولة العمل.
- أصغ جيداً إلى تعليمات المدرب واحرص على حسن التعامل مع المتدربين والتعاون معهم.
- حافظ على العدد والأدوات من الضياع أو التلف؛ فهي قد وجدت لخدمتك.
- أبرز مبادرات، وشجع روح المنافسة والإبداع، وعزز الروح الإيجابية في العمل ضمن المجموعات.
- تعرّف سوق العمل، وتابع التطوّرات التي تهتمّ مجالك.
- صل الدارات الكهربائية بمصدر الفولطية، تحت إشراف مدرّبك.
- احرص على نظافة طاولة العمل، ورتّب المعدات والأدوات عليها.
- استخدم مقياس رسم مناسب عند رسم المخططات الكهربائية.

الوحدّة الأولى

محرّكات التيار المتناوب أحادي الطور

Single-Phase AC Motors



● كيف تدور المحرّكات الكهربيّة؟

● ما أثر المحرّكات الكهربيّة في حياتنا اليوميّة؟

ساهمت محرّكات التيار المتناوب على نحو كبير في تطوّر الحضارة المدنية ورفاهية الإنسان في مجالات كثيرة؛ فقد انتشرت المحرّكات الكهربائية على أوسع نطاق في مختلف مجالات الحياة العملية للإنسان بفضل ميزاتها العديدة؛ ففي المجال المهني تجد أن المحرّك الكهربائي هو الجزء الأساسي في الآلات الكهربائية، مثل: آلات الحدادة والنجارة والقصّ والجلخ وغيرها. وللمحرّك الكهربائي استخدام كبير في مجال النقل، مثل: القطارات الكهربائية والسيارات والمصاعد، وكذا فإنّ المحرّك الكهربائي يستخدم في الأجهزة المنزلية الكهربائية، مثل: الغسالة الكهربائية والمكنسة الكهربائية وغيرها. ونظرًا إلى الاستخدام الواسع والمتنوّع للمحرّكات، فإنه لا بد من تعرّف أنواعها وخصائصها وأعطالها وإصلاحها وغيرها من الأمور ذات العلاقة.

يُنوّق منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

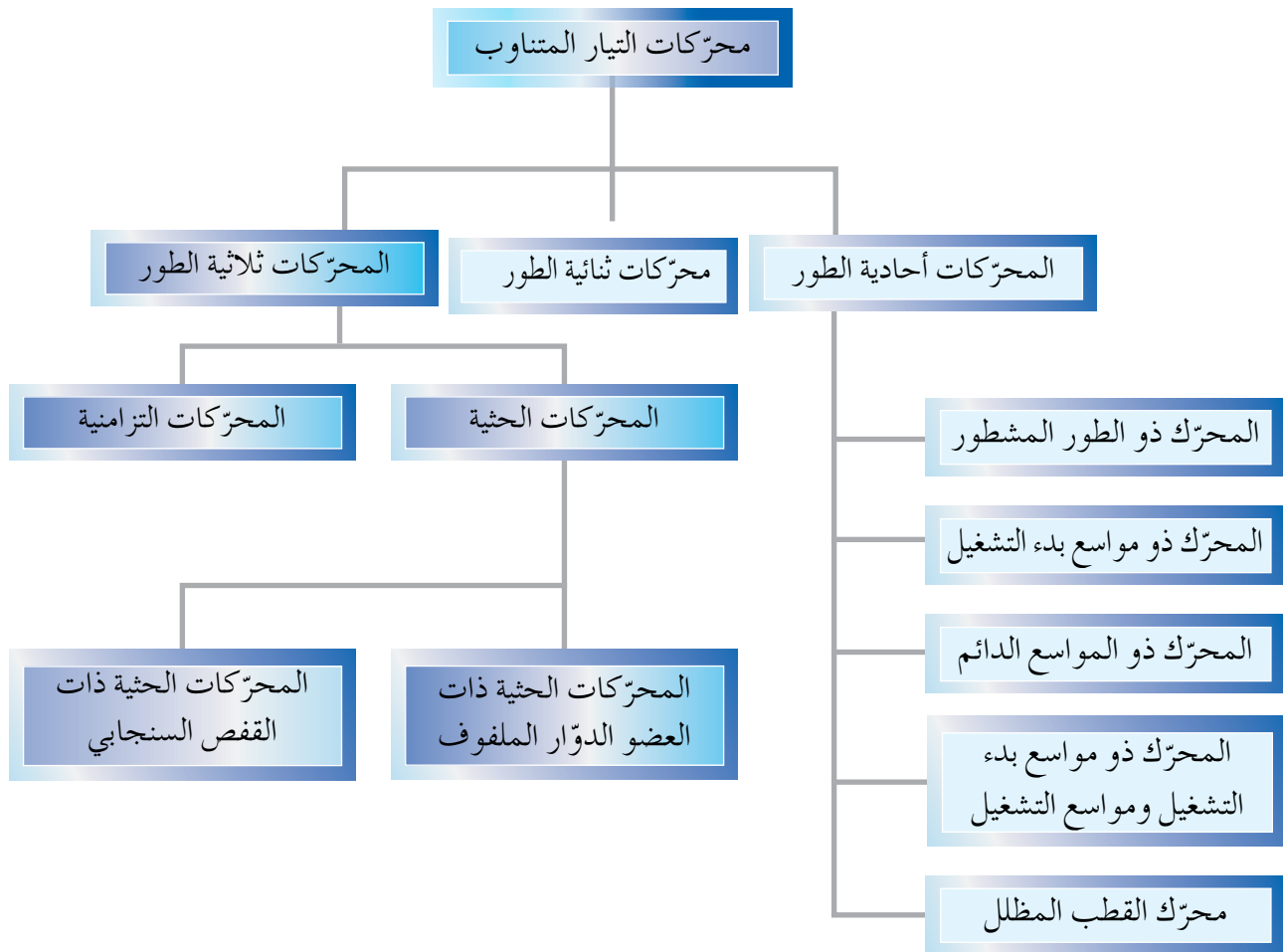
- تعرّف مكوّنات محرّك التيار المتناوب أحادي الطور.
- تميّز أنواع محرّكات التيار المتناوب أحادي الطور، وخصائصها، واستخدامها.
- تبين العلاقة بين معالم المحرّكات الحثية (السرعة، والتردد، وعدد الأقطاب).
- توضّح مفهوم الانزلاق في محرّكات التيار المتناوب.
- تعرّف أساسيات لفّ العضو الساكن في المحرّكات الحثية أحادية الطور.
- تعرّف طرائق لفّ العضو الساكن في المحرّكات الحثية أحادية الطور.
- تعرّف أعطال المحرّكات أحادية الطور، ومسبباتها، وكيفية إصلاحها.
- تميّز توصيلات المحرّكات أحادية الطور ذات السرعتين.
- تجري عمليات عكس اتجاه الدوران.
- تشخّص أعطال المحرّكات أحادية الطور، وتصونها.
- تفكّ أجزاء محرّك أحادي الطور، وتعيد تجميعه.
- تعيد لفّ العضو الساكن للمحرّكات الحثية أحادية الطور.
- تعيد تجميع المحرّكات أحادية الطور.
- تشغّل المحرّكات أحادية الطور بعد إصلاحها، وتؤكد من مطابقتها للمواصفات الفنية، من مثل: قياس تيار المحرّك وفولطيته.
- تطبّق تعليمات الصحة والسلامة المهنية في أثناء العمل.

تصنيف محركات التيار المتردد

(AC Motors Classification)

أولاً

تستخدم في الوقت الحالي أنواع عديدة من المحركات الكهربائية تبعاً لقدرتها المطلوبة ونظام تشغيلها. ويمكن تصنيف المحركات الكهربائية بحسب نوع التيار الذي تعمل به أو عدد الأطوار أو حسب الخواص التشغيلية لكل محرك، كما توجد معايير أخرى يمكن تصنيف المحركات الكهربائية على أساسها، وفي الغالب يتم تصنيفها كما هو وارد في الشكل (١-١).



الشكل (١-١): أنواع محركات التيار المتردد.

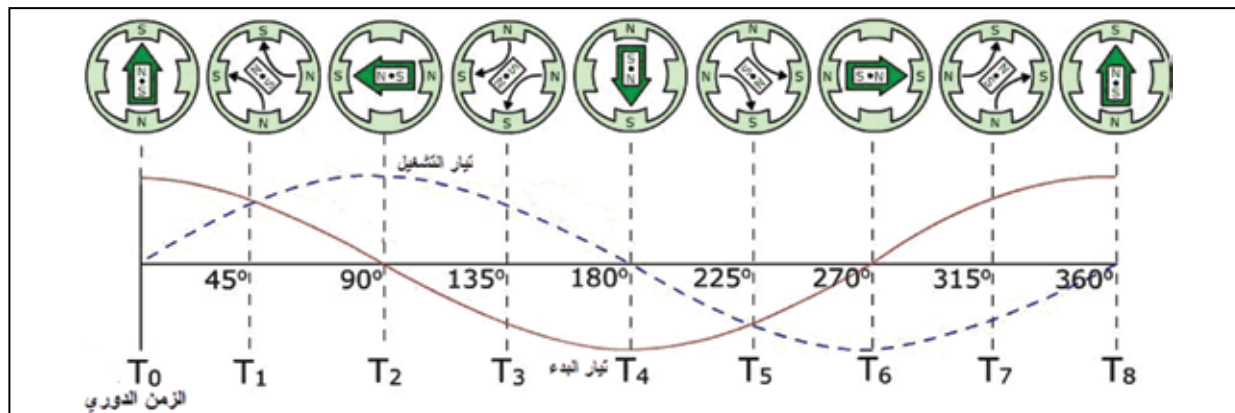
مبدأ عمل المحرّكات أحادية الطور ومكوّناتها

تعدّ المحرّكات الحثية ذات الطور الواحد واسعة الانتشار في مختلف مجالات الصناعة على نحو عام، وفي مجال الأجهزة المنزلية على نحو خاص؛ بسبب متانتها وسهولة تركيبها ورخص ثمنها.

١- مبدأ عمل محرّكات التيار المتناوب أحادي الطور

كما درست سابقاً يعتمد مبدأ عمل المحرّكات الكهربية على نحو عام على القاعدة الآتية: «إذا سري تيار كهربائي في موصل، وكان الموصل داخل مجال مغناطيسي متغيّر القيمة، فإن الموصل سيتأثر بقوة ميكانيكية محرّكة، وتحدّد حركة الموصل حسب قاعدة اليد اليمنى». ولمعرفة مبدأ عمل محرّك التيار المتناوب لا بد من دراسة نشوء المجال المغناطيسي الدوّار؛ فعندما يسري تيار متناوب في محرّك التيار المتناوب الذي يحتوي على مجموعتين من الملفات، هما ملفات التشغيل وملفات بدء التشغيل، وبينهما إزاحة في الطور مقدارها (90°) فإن هذا سيؤدي إلى سريان تيارين كهربائيين لهما زاوية الطور نفسها، كما سيؤدي إلى وجود مجالين مغناطيسيين لهما الإزاحة نفسها. ويظهر الشكل (١-٢) نشوء المجال المغناطيسي الدوّار بتغيّر التيارين اللذين يسريان في الملفات مع الزمن.

يُلاحظ من الشكل أنّ التيار الأول (تيار ملفات بدء التشغيل) يسري عند النقطة T_0 بقيمته العظمى، في اللحظة التي يكون فيها التيار الثاني (تيار ملفات التشغيل) صفراً، وهذا يؤدي إلى توليد مجال مغناطيسي من التيار الأول فقط.



الشكل (١ - ٢): مبدأ عمل المحرّك أحادي الطور.

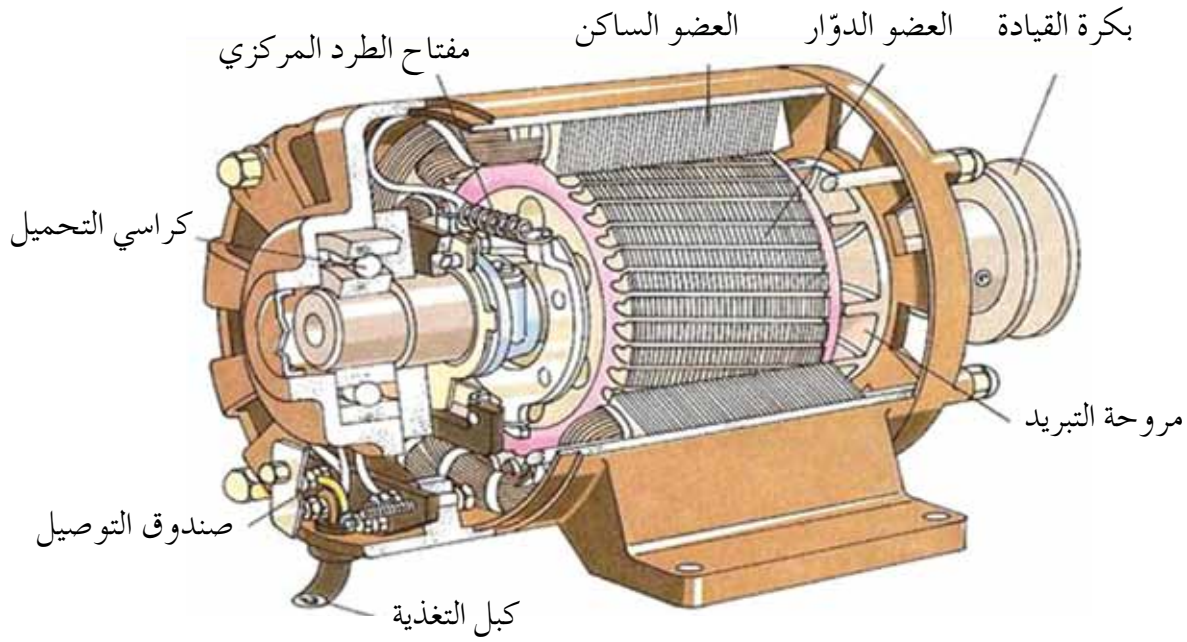
كما يُلاحظ عند النقطة T_1 ؛ أي بعد زاوية مقدارها (٤٥°) من اللحظة الأولى، تولّد مجالين مغناطيسيين متساويي القيمة بينهما زاوية طور (٩٠°) ، ومن ثمّ تنتج محصلة للمجالين المغناطيسيين كما يوضح الشكل.

وعند النقطة T_2 تصبح قيمة التيار الأول صفراً، أما التيار الثاني فله قيمة عظمى، وهذا يؤدّي إلى توليد مجال مغناطيسي من التيار الثاني فقط، ويكون اتجاهه كما يوضح الشكل. وتتبع بقية النقاط، تُلاحظ محصلة المجال المغناطيسي خلال دورة كاملة للتيار (من ٠ - ٣٦٠°)؛ أي أن المجال المغناطيسي دار دورة كاملة لمحرك ذي قطبين بسرعة (٣٠٠٠ د/د) ، والتيار الذي يسري له تردد يساوي ٥٠ هيرتز.

هذا المجال المغناطيسي الدوّار سيولّد قوة دافعة كهربائية في أي موصل كهربائي يقع ضمن نطاق تأثيره، وذلك طبقاً لظاهرة الحثّ الكهرمغناطيسي. ولما كان العضو الدوار يقع تحت تأثير هذا المجال المغناطيسي الدوّار، فسينشأ في موصلاته قوة دافعة كهربائية، وبما أن موصلات العضو الدوّار مقصورة من الجهتين، فإنه سيسري فيها تيارات كهربائية، ومن ثمّ سيتولّد مجال مغناطيسي دوّار آخر في الثغرة الهوائية (Air Gap) الموجودة بين العضو الساكن والعضو الدوار؛ نتيجة سريان تيار في موصلات العضو الدوار. في هذه الحالة، أصبح لدينا مجالان مغناطيسيان دوّاران؛ الأول ناتج من العضو الساكن والثاني ناتج من العضو الدوّار، ولما كان المجالان المغناطيسيان يدوران بالسرعة والاتجاه نفسيهما، فإنه سيتولّد عزم فعّال على العضو الدوّار يؤدّي إلى دورانه باتجاه دوران المجالين.

٢- مكوّنات محركات التيار المتناوب أحادي الطور

تكوّن محركات التيار المتناوب أحادي الطور على نحو عام على اختلاف أصنافها من جزأين أساسيين، هما: العضو الساكن (Stator)، والعضو الدوّار (Rotor)، ويتكوّن كل جزء بدوره من قلب معدني (Core) وملفات (Windings). شكل (١ - ٣).



أ - العضو الساكن (Stator): وهو العنصر الذي يولد المجال المغناطيسي الدوّار للمحرّك، ويتكوّن من الأجزاء الآتية:

١. القلب المعدني (Core): يتم تشكيل القلب المعدني للعضو الساكن من رقائق فولاذية (Steel Laminations) مطلية بطبقة من الورنيش العازل لا يتجاوز سمكها (٠,٢ - ٠,٥) مم. تجمع هذه الرقائق بعضها إلى بعض في رزم بطرائق



محددة، ويتم تشكيل الرقائق وقصّها بحيث يمكن الحصول على الشكل المطلوب للقلب المعدني بالعدد اللازم للمجاري (Slots) المخصصة لتركيب الملفات، كما في الشكل (١ - ٤).

٢. الهيكل الخارجي (Frame):

الشكل (١ - ٤): العضو الساكن لمحرك أحادي الطور.

الهيكل (الغلاف) الخارجي

جزء مهم من المحرّك؛ لأنه يحدد درجة حمايته من تأثير العوامل الخارجية المتمثلة في دخول الأجسام الصلبة ورذاذ الماء إلى داخله. يُصنع هذا الهيكل من الصلب أو الألومنيوم، ويحتوي على فتحات تعمل على تبريد الملفات بواسطة الهواء المندفع



الشكل (١ - ٥) :
ملفات العضو الساكن .

من خلالها، الشكل (١ - ٤) .

٣. ملفات العضو الساكن (Windings): تصنع من أسلاك نحاسية معزولة بالورنيش، الشكل (١ - ٥)، وتوضع في مجارٍ خاصة، وتقسم إلى نوعين، هما:

أ . ملفات التشغيل (Running Windings):

هي الملفات الرئيسة، وغالبًا ما تكون ملفوفة بسلك سميك، وتوجد عادة في قاع مجاري العضو الساكن.

ب. ملفات بدء التشغيل (AuXiliary Windings):

وهي ملفات مساعدة، وغالبًا ما تتكون من مجموعة من الأسلاك بمساحة مقطعها صغيرة وتوضع فوق ملفات التشغيل، ولها عدد لفات أكثر من ملفات التشغيل.

ب- يتكون العضو الدوّار من نوعين، هما:

١- العضو الدوّار ذو ملفات القفص السنجابي (Squirrel Cage Rotor):

وهو جسم أسطواني معدني كما في العضو الساكن، مرّكب على قضيب معدني، وعلى شكل صفائح معزولة بالورنيش، قابليتها للتمغنت عالية جدًا. يحوي هذا العضو ملفات القفص السنجابي، التي تتكون من عدد



الشكل (١ - ٦) : العضو الدوّار ذو القفص السنجابي .

من قضبان النحاس أو الألمنيوم السميكة الموضوعة في مجاري القلب الحديدي، حيث تلحم أطراف القضبان مع حلقة سميكة في المعدن نفسه لأكمال الدرارة الكهربائية وزيادة تيار بدء التشغيل، كما يوضح الشكل (١-٦).



الشكل (١ - ٧) : العضو الدوّار الملفوف .

٢- العضو الدوّار الملفوف (Wound Rotor):

كما يوضح الشكل (١-٧). وسوف تدرس لاحقًا مزايا

استخدام كل نوع وعيوبه ومجاله .



إضافة إلى الأجزاء الأساسية للمحرك الكهربائي، فإنه يحتوي على أجزاء ثانوية إضافية ضرورية، مثل: كراسي المحور، كما في الشكل (١-٨)، ومروحة التبريد.

الشكل (١-٨): كراسي المحور.

٣- العلاقة بين أقطاب المحركات الحثية وسرعتها وتردد المصدر

درست سابقاً أن عدد الذبذبات (الموجات الكهربائية الكاملة) المتولدة في ملف يدور ضمن مجال مغناطيسي تساوي عدد الأقطاب مقسوماً على ٢ مضروباً بعدد دورات الملف في الثانية.

ولا بد أنك لاحظت أن عدد الأقطاب يكون دائماً زوجياً. وعليه، فإن تردد الفولطية المتولدة يساوي حاصل ضرب عدد أزواج الأقطاب في عدد دورات محور المحرك في الثانية. عندما تكون سرعة المحرك (n) دورة في الدقيقة، فإن العلاقة بين السرعة والتردد تعطى كالتالي:

حيث إن:

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

n: السرعة التزامنية (دورة في الدقيقة: rpm)

f: التردد (Hz)

p: عدد الأقطاب

وتسمى سرعة المجال المغناطيسي الدوّار بالسرعة التزامنية (Synchronous Speed). من خلال العلاقة السابقة، تجد أن السرعة تتناسب طردياً مع التردد، وعكسياً مع عدد الأقطاب.

المثال (١-١)

محرك تيار متناوب سرعته (1800 rpm)، وذو (٤) أقطاب، احسب:

١ - تردد المصدر .

٢ - إذا تم توصيل المحرك بمصدر تغذية تردده (50 Hz)، فكم تكون سرعته؟

الحلّ

$$f = \frac{n \times p}{120} \quad -١$$

$$f = \frac{1800 \times 4}{120} =$$

$$n = \frac{120 \times f}{p} \quad -٢$$

$$n = \frac{120 \times 50}{4} =$$

يبين الجدول (١ - ١) العلاقة بين عدد الأقطاب وسرعة المحرك عند تردد (50 Hz).

الجدول (١ - ١): العلاقة بين عدد الأقطاب وسرعة المحرك.

عدد الأقطاب	2	4	6	8	10	12
السرعة	3000	1500	1000	750	600	500

النشاط (١-١)

أعد كتابة الجدول السابق عند التردد (60 Hz).

٤- الانزلاق (Slipping)

يدور العضو الدوّار في المحرّكات الحثية بسرعة أقل من سرعة المجال المغناطيسي الدوّار؛ لأنه لو دار بالسرعة نفسها، لانعدمت (ق د ك) المتولّدة في ملفاته؛ بسبب عدم وجود سرعة نسبية بين هذه الملفات والمجال المغناطيسي الدوّار. والفرق بين هاتين السرعتين يدعى بسرعة الانزلاق (Slip Velocity)؛ أي أن:

سرعة الانزلاق = السرعة التزامنية - سرعة المحرك.

تعتمد قيمة الانزلاق على حمل المحرّك، فكلما زاد الحمل زاد العزم اللازم للدوران، ومن

ثمَّ انخفضت سرعة المحرك وارتفع الانزلاق. ويمكن التعبير عن الانزلاق (S) بالمعادلة الآتية:

$$S = \frac{n - n_r}{n} \times 100\%$$

حيث:

n : السرعة التزامنية (rpm)

n_r : سرعة العضو الدوّار (rpm)

المثال (٢-١)

محرك حثّي له ٨ أقطاب، يغذى بفولطية ترددها (50 Hz)، سرعته على الحمل الكامل (720 rpm)، أحسب الانزلاق؟

الحل

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

$$n = \frac{120 \times 50}{8} = 750 \text{rpm}$$

$$S = \frac{n - n_r}{n} \times 100\%$$

$$S = \frac{750 - 720}{750} \times 100\% = 0.04 =$$

أنواع محرّكات التيار المتناوب أحادي الطور

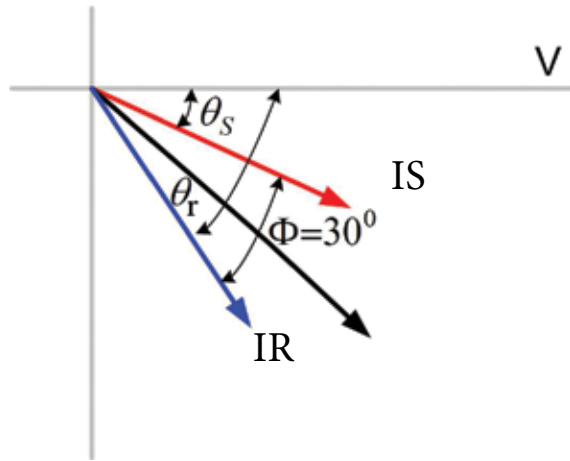
تصنّف المحرّكات الحثية أحادية الطور حسب طريقة بدء تشغيلها إلى:

- محرّك الطور المشطور.
 - محرّك ذي مواسع بدء التشغيل.
 - محرّك ذي المواسع الدائم.
 - محرّك ذي مواسع بدء التشغيل ومواسع التشغيل.
 - محرّك ذي القطب المظلل.
- وستدرس لاحقاً هذه المحرّكات بالتفصيل:

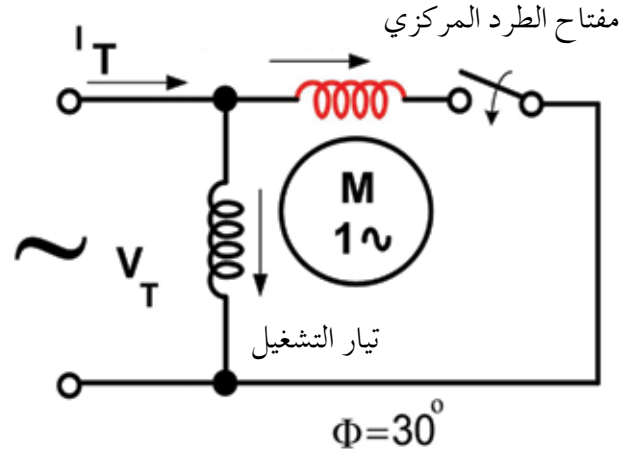
١- محرّك الطور المشطور (Split-Phase Motor)

يتكون محرّك الطور المشطور من مجموعتين من الملفات: ملفات تشغيل، وتكون فيها نسبة المقاومة إلى الممانعة الحثية قليلة، ومجموعة ملفات بدء التشغيل، التي تُصنع من أسلاك ذات مقطع صغير عادةً، وتكون نسبة المقاومة إلى الممانعة الحثية لها كبيرة مقارنة مع ملفات التشغيل. وبسبب اختلاف الممانعة الحثية لكل من ملفات بدء التشغيل وملفات التشغيل، سيسري تياران؛ أحدهما في ملفات بدء التشغيل (I_S)، والآخر في ملفات التشغيل (I_R)، وهما متأخران بزواوية الطور عن فولتية المصدر؛ بحيث تكون زاوية فرق الطور بينهما (Φ) (٣٠°) تقريباً.

يوصل مفتاح طرد مركزي على التوالي مع ملفات بدء التشغيل، كما في الشكل (١-٩)، وظيفته فصل ملفات بدء التشغيل عن المصدر عند وصول سرعة دوران المحرك إلى (٧٥٪) من السرعة الاسمية للمحرك، وبعدها يبقى المحرك يعمل طوال مدّة التشغيل بواسطة ملف التشغيل. فإذا كانت الفولتية المطبقة على المحرك (V)، فإن التيار الساري في ملفات بدء التشغيل يتأخر عن فولتية المصدر بزواوية مقدارها (θ_s)، والتيار الساري في ملفات التشغيل يتأخر عن فولتية المصدر بزواوية مقدارها (θ_r) وتكون الزاوية بين التيارين (Φ) تساوي $= 30^\circ$.



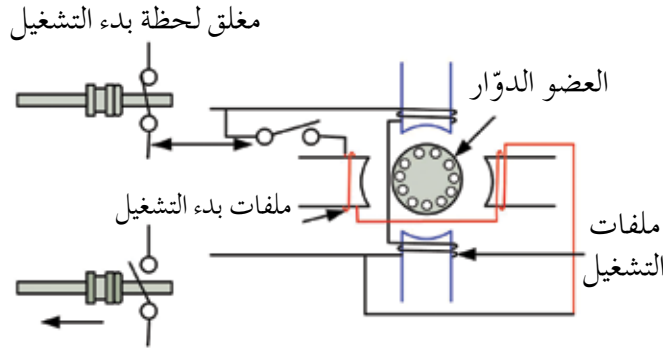
(ب) متجهات تيار بدء التشغيل



(أ) مخطط توصيل ملفات المحرك

الشكل (١ - ٩): محرك الطور المشطور.

ويظهر الشكل (١-١٠/أ) صورة لمفتاح طرد مركزي بجزأيه؛ بحيث يُركب جزء يحتوي على ملامسات كهربائية على أحد أغشية المحرك، ويُركب جزء آخر متحرك على عمود العضو الدوار. ويوضح الشكل (١-١٠/ب) آلية عمل مفتاح الطرد المركزي.



(ب) كيفية عمل مفتاح الطرد المركزي.



(أ) مفتاح الطرد المركزي.

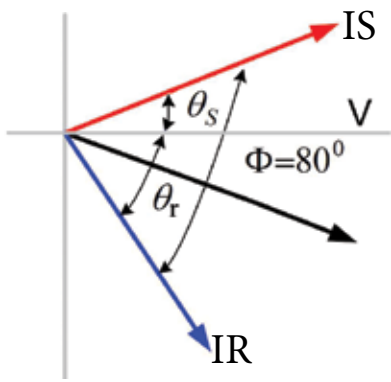
الشكل (١٠-١): مفتاح الطرد المركزي.

توصل أحياناً مقاومة على التوالي مع ملف بدء التشغيل لزيادة الزاوية ما بين تيار بدء التشغيل والتشغيل، كما تعمل هذه المقاومة على الحد من تيار البدء للمحرك الذي يصل إلى (٤ - ٦) أضعاف تيار المحرك عندما يكون الحمل كاملاً.

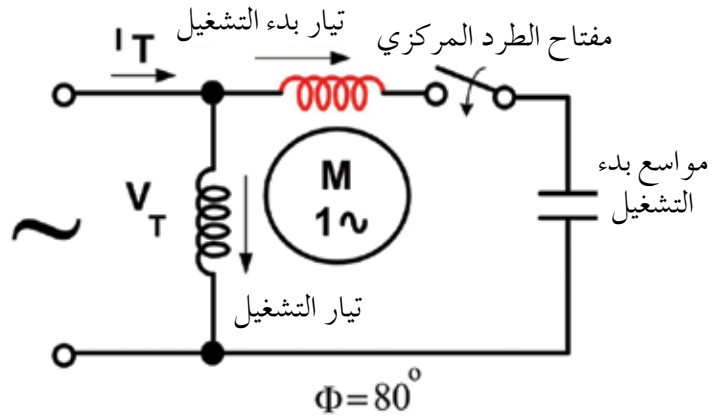
ويتراوح عزم البدء لهذا المحرك ما بين (١٢٥ - ١٥٠٪) من عزم المحرك عندما يكون الحمل كاملاً.

٢- المحرك ذو مواسع بدء التشغيل

يشبه تركيب محرك الطور المشطور ولكن مع إضافة مواسع بدء التشغيل على التوالي مع ملفات بدء التشغيل؛ بحيث يعمل مفتاح الطرد المركزي على فصل ملفات بدء التشغيل والمواسع عند وصول السرعة إلى (٧٥٪) من السرعة الأسمية للمحرك. والشكل (١١-١) يوضح متجهات تيارين؛ أحدهما في ملفات بدء التشغيل (IS)، والآخر يسري في ملفات التشغيل (IR) والتوصيل للمحرك. ويتراوح عزم البدء للمحرك من (٣٠٠ - ٤٠٠٪) من عزم المحرك عندما يكون الحمل كاملاً. تلاحظ أن تيار ملفات البدء متقدم على فولتية المصدر بزاوية (θ_s) ؛ بسبب وجود المواسع، وقد يصل فرق الطور بين التيارين (Φ) إلى (80°) .



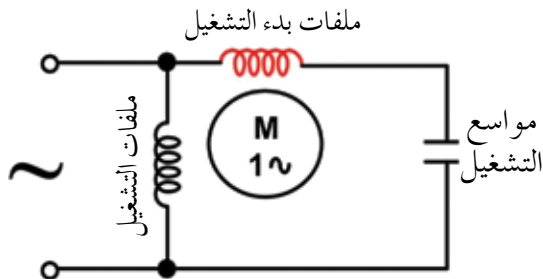
(ب) متجهات تيار بدء التشغيل وتيار التشغيل



(أ) مخطط توصيل ملفات المحرك

٣- المحرك ذو المواسع الدائم (Permanent-Capacitor Motor)

يشبه تركيبه تركيب المحرك ذي مواسع بدء التشغيل، ولكن من غير وجود مفتاح طرد مركزي.



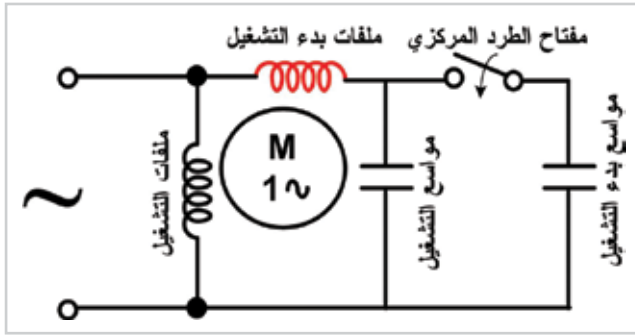
ويوصل مواسع بدء على نحو دائم على التوالي مع ملف بدء التشغيل طوال مدة عمل المحرك؛ وبذلك فإنه لا يفصل عنه. الشكل (١٢-١).

الشكل (١٢-١): تركيب المحرك ذي المواسع الدائم.

للمحرّك عزم بدء منخفض يصل إلى (٩٥٪) من عزم المحرّك عندما يكون الحمل كاملاً، لكنه يمتاز بفاعليته العالية التي تبلغ نحو (٨٠٪) وعامل قدرة (٠,٩ - ٠,٩٥).

٤- المحرّك ذو مواسع بدء التشغيل ومواسع التشغيل

يوضح الشكل (١-١٣) مكوّنات المحرّك، الذي يُلاحظ فيه وجود مواسعين؛ أحدهما مواسع دائم، بينما الآخر مواسع بدء تشغيل موصول على التوالي مع مفتاح طرد مركزي، ويعمل على فصله عند وصول السرعة إلى (٧٥٪) من السرعة الاسمية. تُلحظ عند بدء التشغيل للمحرّك

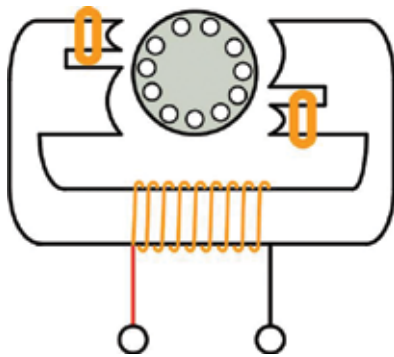


الشكل (١-١٣): تركيب المحرّك ذو المواسعين.

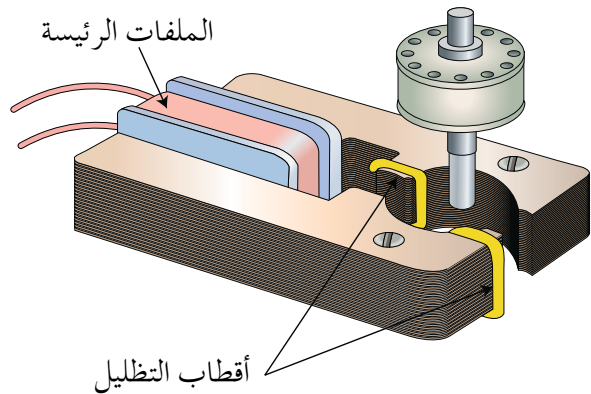
أن المواسعين على التوازي، ومن ثمّ تكون السعة المكافئة مساوية حاصل جمعهما، مما يؤدي إلى زيادة تيار بدء التشغيل، ثم إنتاج عزم بدء عالٍ. يمتاز هذه النوع من المحرّكات بأن عزم بدئه عالٍ؛ إذ يصل إلى (١٩٥٪) من عزم الحمل الكامل.

٥- المحرّك ذو القطب المظلل (Shaded Pole Motor)

يوضح الشكل (١-١٤) تركيب هذا المحرّك، الذي يمتاز ببساطة تركيبه؛ حيث يتكون من عضو دوّار ذي قفص سنجابي، بينما يحتوي العضو الساكن على مجموعة ملفات رئيسة (ملف تشغيل)، مع وجود حلقتين نحاسيتين على الأقطاب البارزة من العضو الساكن، وتكون الحلقة النحاسية بمساحة مقطع كبير.

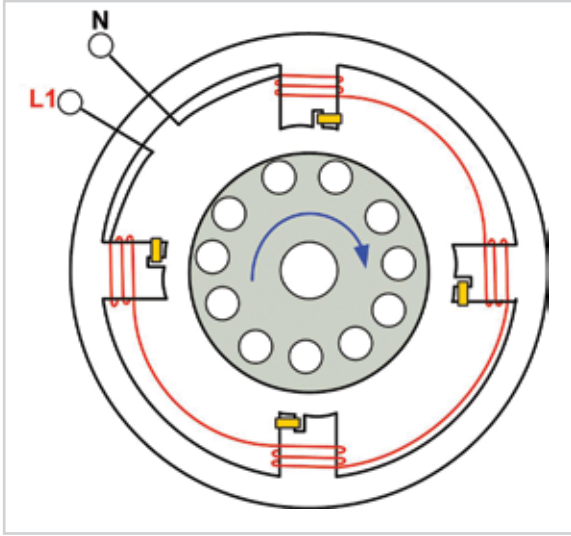


(ب) رسم توضيحي للمحرّك.



الشكل (١-١٤): المحرّك ذو القطب المظلل.

يعتمد مبدأ عمل المحرك ذي القطب المظلل على توليد تيار حثي في الحلقة النحاسية يكون معاكساً للمجال المغناطيسي الرئيس حسب "قانون لنز"؛ بحيث يكون التدفق المغناطيسي خلال الحلقة

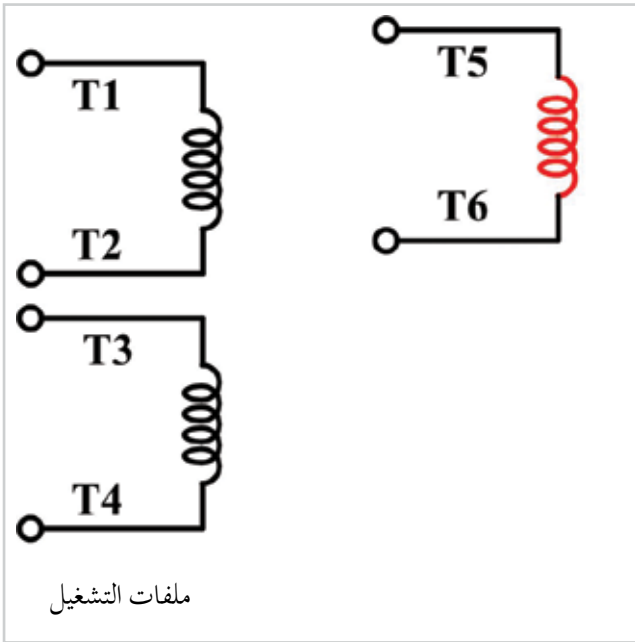


النحاسية أكبر ما يمكن عند انخفاض التيار المتناوب الذي يسري في الملفات الرئيسة، وهذا يؤدي إلى إنتاج مجال مغناطيسي يشبه المجال المغناطيسي الدوّار؛ لمروره في مركز الحلقة أو في مركز القطب الرئيس. ويبين الشكل (١٥-١) محركاً ذا قطب مظلل بأربعة أقطاب.

الشكل (١٥-١): محرك ذو قطب مظلل بأربعة أقطاب.

٦- محرك الطور المشطور ذو فولطيتين (Dual Voltage Split Phase Motor)

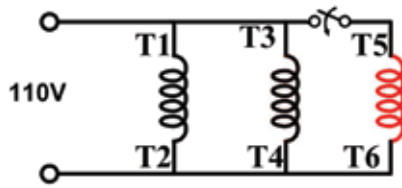
تعمل بعض أنواع محركات الطور المشطور على فولطيتين (١١٠ أو ٢٢٠) فولط. ويتكوّن هذا النوع من المحركات من وحدتين من الملفات: أولهما وحدة ملفات التشغيل. وهي تتكوّن من قسمين من الملفات، وثانيتهما وحدة ملفات بدء التشغيل.



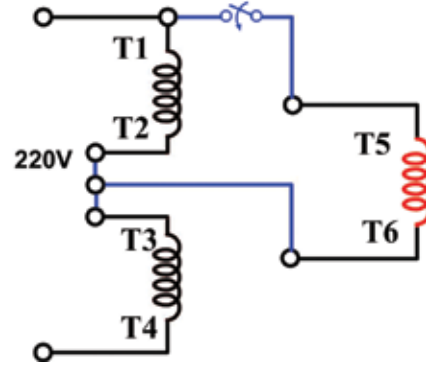
يوضّح الشكل (١٦-١) وحدتي ملفات التشغيل، وتتكوّن من $(T_1 - T_2)$ و $(T_3 - T_4)$ ، ووحدة ملفات بدء التشغيل، وتتكوّن من $(T_5 - T_6)$.

الشكل (١٦-١): أطراف وحدتي ملفات التشغيل ووحدة ملفات بدء التشغيل.

ولتشغيل المحرك على الفولطية العالية (٢٢٠ فولط) يتم توصيل الوحدات كما في الشكل (١٧-أ)، وفيه تُلحظُ أن وحدتي ملفات التشغيل توصلان معاً على التوالي، وتوصل وحدة ملفات بدء التشغيل التي يتصل بها مفتاح الطرد المركزي على التوازي مع أحد ملفات وحدتي التشغيل. ولتشغيله على الفولطية المنخفضة (١١٠ فولط) فإنه يوصل كما في الشكل (١٧-ب).



(ب) توصيل الفولطية المنخفضة



(أ) توصيل الفولطية العالية

الشكل (١٧-١): توصيل المحرك على فولطيتين باستخدام وحدتين من ملفات التشغيل ووحدة من ملفات بدء التشغيل.

النشاط (٢-١)

ابحث في مكتبتك عن طريقة أخرى لفصل ملفات بدء التشغيل في محرّكات الطور المشطور التي تتركب في الثلاجة الكهربائية، مع شرح مبدأ عمل هذه الطريقة.

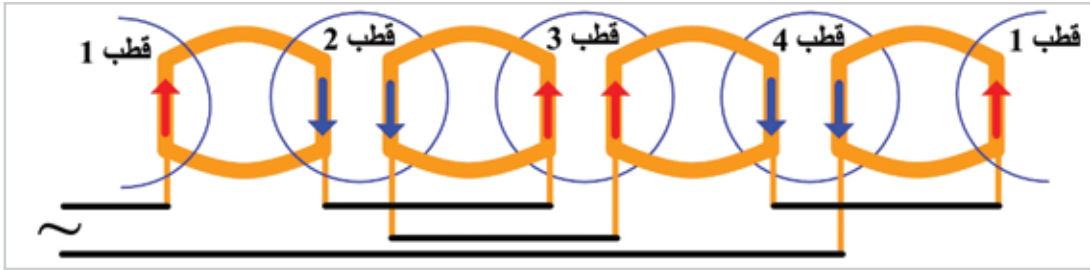
النشاط (٣-١)

مستخدمًا الإنترنت، ابحث عن أنواع أخرى لمحرّكات التيار المتناوب أحادية الطور.

٧- محرّك الطور المشطور متعدّد السرعات (Multispeed Motor)

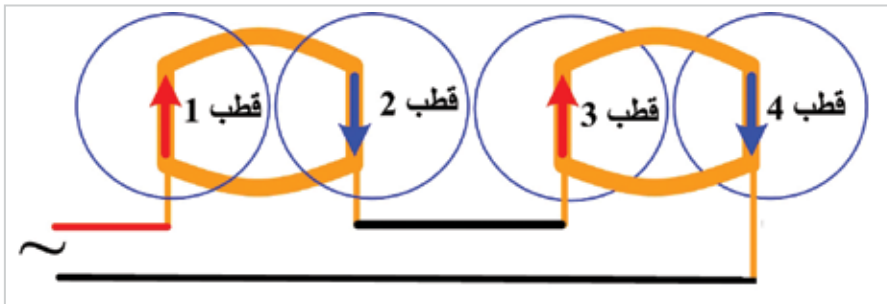
تتكون محرّكات الطور المشطور الثنائية السرعة من نوعين هما:

أ - محرك الطور المشطور الثنائي السرعة الذي يتكون من وحدة ملفات التشغيل ووحدة من ملف بدء التشغيل، ويبيّن الشكل (١-١٨) أنه إذا وصلت نهاية الملف الأول بنهاية الملف الثاني، وبداية الملف الثاني ببداية الملف الثالث، ونهاية الملف الثالث بنهاية الملف الرابع فستحصل على تتابع أربعة أقطاب (ش - ج - ش - ج).



الشكل (١ - ١٨): طريقة توصيل وحدة من ملفات التشغيل للحصول على أربعة أقطاب.

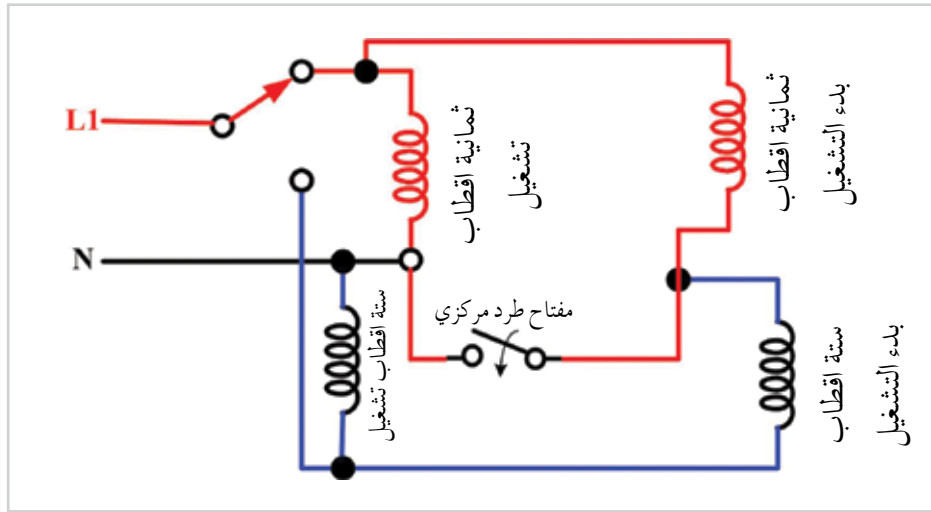
بينما تلاحظ في الشكل (١-١٩) أن توصيل نهاية الملف الأول ببداية الملف الثاني، فنحصل على أربعة أقطاب (ش - ج - ش - ج).



الشكل (١-١٩): طريقة توصيل وحدة من ملفات بدء التشغيل للحصول على أربعة أقطاب.

تعدّ هذه الطريقة مناسبة عندما تحتاج إلى عزم تشغيل عالٍ مع تغيّر السرعة، ومثال على ذلك المحرّك المستخدم لقيادة الضاغطات ذات السرعتين، المستخدمة في وحدات التكييف المركزي. ومن عيوبها حصول تغيّر كبير في السرعة بين الحالتين، وقد لا يناسب هذا بعض الأحمال مثل المراوح.

ب- محرّك الطور المشطور الثنائي السرعة الذي يتكون من وحدتين من ملفات التشغيل، ووحدتين من ملفات بدء التشغيل. ويوضّح الشكل (١-٢٠) طريقة تغيّر سرعة هذا النوع من المحركات بتغيير عدد أقطاب العضو الساكن، بحيث يكون كلٌّ من ملفات بدء التشغيل وملفات التشغيل مكوّنًا من وحدتين؛ لإحدهما ستة أقطاب، وللأخرى ثمانية، يتم تبديلهما بواسطة مفتاح تغيير السرعة بتغيير توصيل الأطراف الخارجية للمحرّك.



الشكل (١-٢٠): محرّك الطور المشطور ذو السرعتين.

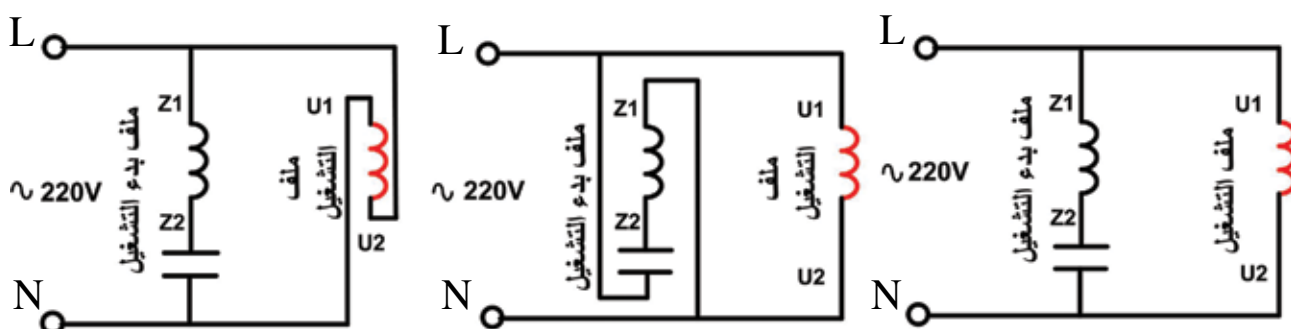
عكس اتجاه دوران المحركات الكهربائية أحادية الطور

رابعاً

تعتمد طبيعة عمل بعض المحركات أحادية الطور على العمل باتجاهين، كما في الغسالات الكهربائية، أو بحسب حاجة المستخدم، ويمكن عكس اتجاه دوران المحركات أحادية الطور كما يأتي:

١- عكس اتجاه دوران المحرك ذي المواسع الدائم

يمكن عكس اتجاه دوران المحرك ذي المواسع الدائم بحسب طبيعة عمله. ومن طرائق عكس الدوران: تبديل نهايتي ملفات بدء التشغيل، أو تبديل نهايتي ملف التشغيل بالنسبة للمصدر، ويتم ذلك يدوياً أو باستخدام المفاتيح المغناطيسية. الشكل (١-٢١).



(أ) الاتجاه قبل العكس (ب) عكس اتجاه الدوران بعكس طرفي ملف بدء التشغيل (ج) عكس اتجاه الدوران بعكس طرفي ملف التشغيل

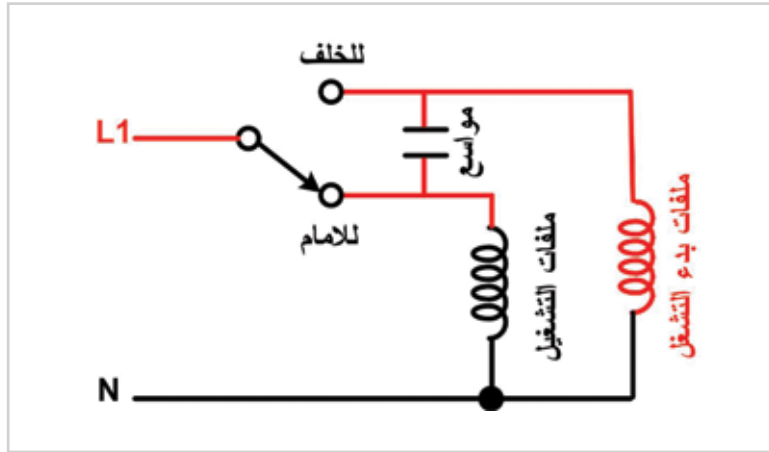
الشكل (١-٢١): عكس اتجاه دوران المحرك ذي المواسع الدائم.

٢- عكس دوران المحرك ذي الطور المشطور

يتم عكس اتجاه دوران المحرك ذي الطور المشطور بتبديل أطراف ملفات بدء التشغيل أو أطراف ملف التشغيل بالنسبة للمصدر. ويتم ذلك يدوياً أو عن طريق المفاتيح المغناطيسية، مع مراعاة إيقاف المحرك والتبديل في وضع السكون للمحرك الذي يحتوي على مفتاح طرد مركزي.

٣- عكس دوران المحرك ذو مواسع التشغيل المفرد الفولطية

يمكن عكس اتجاه دوران هذا المحرك باستخدام مفتاح كهربائي يشبه في عمله المفتاح التبادلي، الذي يعمل على تبديل توصيل المواسع مع المجموعة الأولى أو الثانية للملفات، كما يوضح الشكل (١-٢٢). في هذا النوع من المحركات تكون لملفات التشغيل وملفات بدء التشغيل المواصفات نفسها من حيث عدد اللفات والقطر وخطوة اللف.



الشكل (١-٢٢): عكس دوران المحرك ذي المواسع الدائم باستخدام مفتاح كهربائي.

٤- عكس اتجاه دوران المحرك ذي القطب المظلل

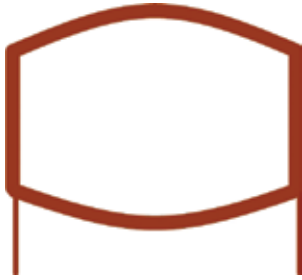
في المحركات ذات القطب المظلل، يتم قلب العضو الساكن بالنسبة إلى العضو الدوار بحيث يتغير وضع الحلقات النحاسية عن الوضع الأول. وستدرس لاحقاً في المستوى الرابع بعضاً من دوائر التحكم في المحركات أحادية الطور وعكس اتجاه دورانها باستخدام مفتاح مغناطيسي أو مفتاح دوراني.

القواعد الأساسية لعمليات لف محرّكات التيار المتناوب أحادي الطور

قبل إجراء عمليات إعادة اللف لآلة التيار المتناوب، يجب إلقاء الضوء على المصطلحات والقواعد الأساسية للف آلات التيار المتناوب، التي تستند على نحو أساسي على عدد المجاري للمحرّك وعدد أقطابه، وفي ما يأتي المعلومات التي يجب على الفني معرفتها قبل إجراء عمليات إعادة اللف.

١- الملف

وهو مجموعة من لفات السلك المعزول بطبقة من الورنيش تلف في اتجاه واحد، ويكون للملف الواحد جنبان، يوضع كلُّ منهما في مجرى، وتسمّى الخطوة بين جنبي الملف بخطوة اللف. الشكل (١-٢٣)

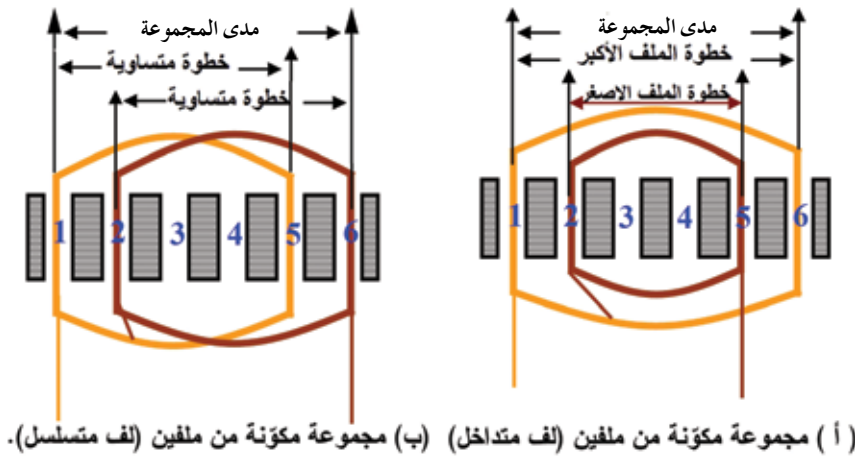


الشكل (١-٢٣): ملف يتكوّن من عدد من اللفات.

٢- المجموعة

وهي مجموعة من الملفات توصل معًا بالتوالي، بحيث يكون اتجاه التيار واحدًا في جميع ملفات المجموعة، وتتكوّن المجموعة من ملف واحد أو ملفين أو أكثر من ذلك، وتوصل بطريقتين إما على نحو متداخل (تكون ملفات المجموعة بداخل بعضها) أو على نحو متسلسل (تكون ملفات المجموعة متساوية بخطوة اللف). الشكل (١-٢٤).

٣- مدى المجموعة: هي المسافة بين بداية المجموعة ونهايتها، انظر الشكل (١-٢٤).



(أ) مجموعة مكوّنة من ملفين (لف متداخل) (ب) مجموعة مكوّنة من ملفين (لف متسلسل).

الشكل (١-٢٤): أنواع لف الملفات.

٤- الخطوة القطبية: هي عدد المجاري في المحرك، التي يتشكل منها القطب، كما هو موضح في الشكلين: (٢٥-١)، و(٢٦-١).

سؤال

١- ارسم مجموعة مكونة من ثلاثة ملفات ملفوفة لفاً متسلسلاً.

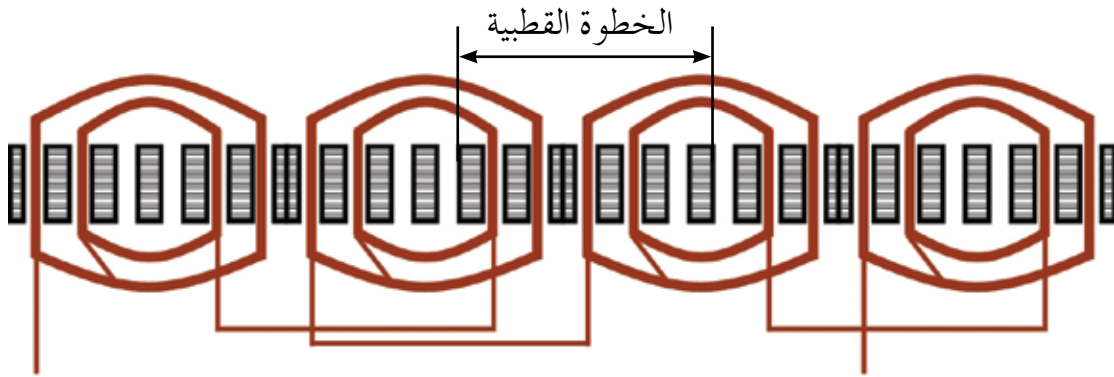
٢- ارسم مجموعة مكونة من أربعة ملفات ملفوفة لفاً متداخلاً.

٥- توصيل المجموعات

توصل المجموعات بالطرائق الآتية:

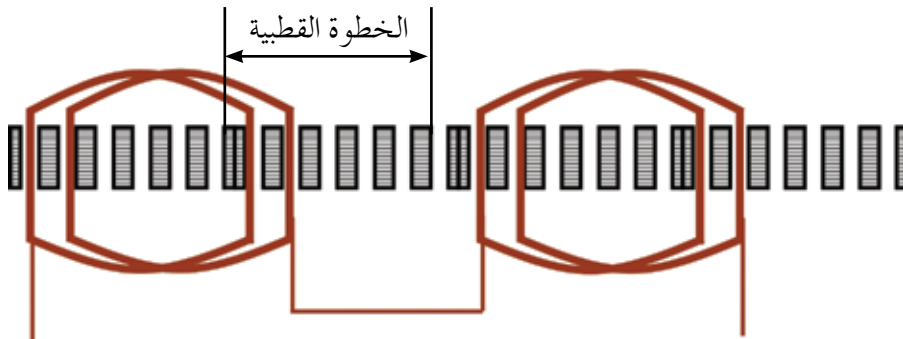
أ- توصيل التوالي: ويتم ذلك كما يأتي:

١. نهاية بنهاية وبداية ببداية: تستخدم هذه الطريقة عندما يكون عدد المجموعات مساوياً لعدد الأقطاب. الشكل (٢٥-١).



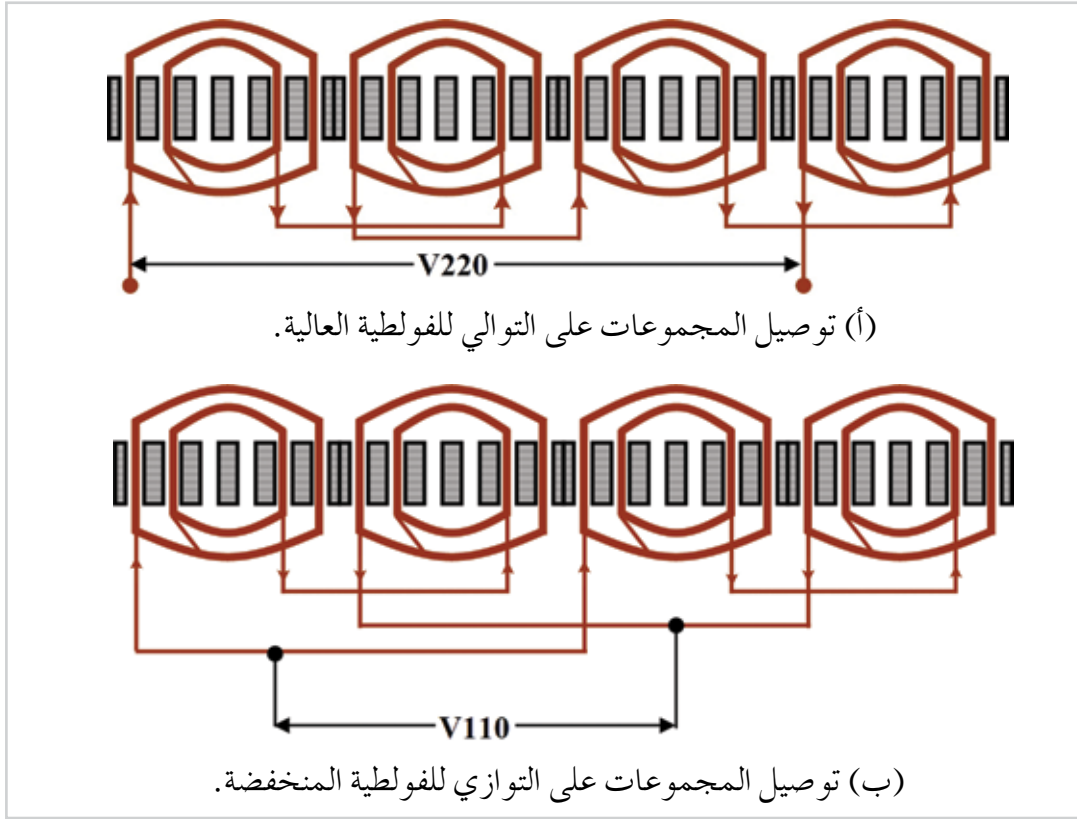
الشكل: (٢٥-١): توصيل المجموعات لمحرك يتضمّن ٢٤ مجرى بأربعة أقطاب؛ أربعة مجموعات من الملفات.

٢. بداية بنهاية ونهاية ببداية: تستخدم هذه الطريقة عندما يكون عدد المجموعات مساوياً لنصف عدد الأقطاب. الشكل (٢٦-١).



الشكل: (٢٦-١): توصيل المجموعات لمحرك يتضمّن ٢٤ مجرى بأربعة أقطاب؛ مجموعتين من الملفات.

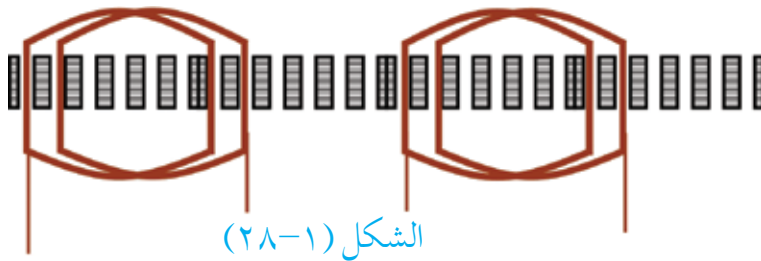
ب - توصيل التوازي: يستخدم توصيل التوازي في المحرّكات الكهربائية لأنماط عدّة، منها التوصيل على التوازي والتوالي لفولطيتين مختلفتين. كما يوضّح الشكل (١-٢٧).



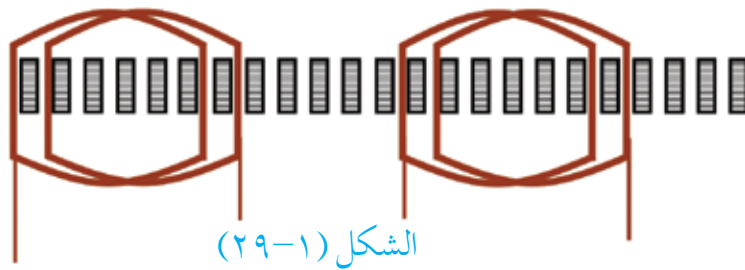
الشكل (١-٢٧): توصيلات التوالي والتوازي للمجموعات للعمل على فولطيتين.

سؤال

١- صل أطراف المجموعتين الآتيتين للفولطية ١١٠ فولط .



٢- صل أطراف المجموعتين الآتيتين للفولطية ٢٢٠ فولط .

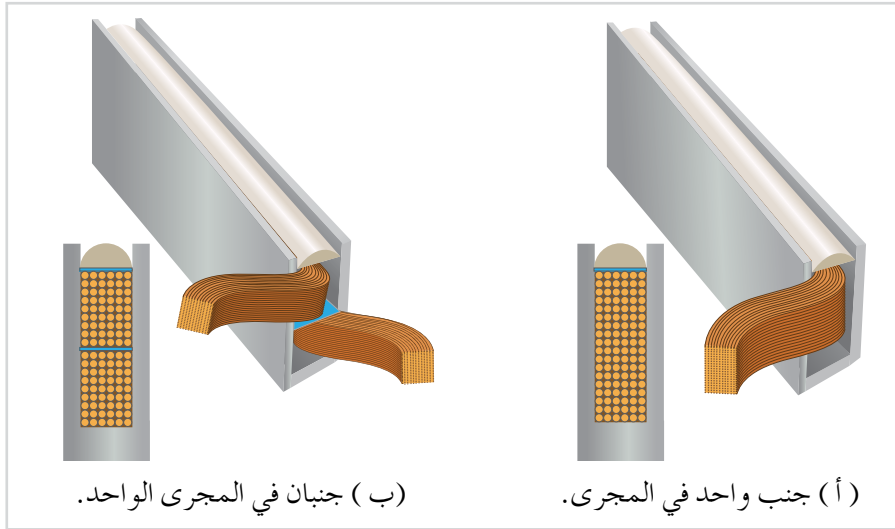


ج- نوعية اللف

ويقصد بنوعية اللف عدد الملفات التي توضع في كل مجرى من مجاري المحرك، وتقسم إلى طريقتين رئيسيتين:

١ . طريقة الطبقة الواحدة، وفيها يتم وضع جنب واحد في المجرى، وبهذه الحالة يكون عدد الملفات مساوياً لنصف عدد المجاري، كما يوضح الشكل (١-٣٠-أ).

٢ . طريقة الطبقتين: وفيها يتم وضع جنبين في كل مجرى، وبهذه الحالة يكون عدد الملفات مساوياً لعدد المجاري، كما يوضح الشكل (١-٣٠-ب).



الشكل (١-٣٠): نوعية اللف.

د - خطوة اللف

لكل ملف من ملفات المحرك جنبان، يوضع كل منهما في المجرى المناسب له، وتسمى المسافة بين بداية الجنب الأول للملف والجنب الثاني له بخطوة اللف.

وتحسب خطوة اللف بطرائق عدّة:

١ . الطريقة الأولى: اللف بالخطوة الكاملة

$$\frac{\text{عدد المجاري}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{الخطوة القطبية}$$

بالنسبة إلى محرك له ٢٤ مجرى وعدد أقطابه ٤، فإن خطوة اللف تساوي:

$$\text{الخطوة القطبية} = \frac{24}{4} = 6$$

أي أن خطوة اللف = (٦-١)، والشكل (٣١-١) يوضح ذلك.



الشكل (٣١-١): خطوة اللف القطبية.

٢ . الطريقة الثانية: اللف بالخطوة الكسرية

تستخدم هذه الطريقة عندما يكون عدد الملفات / مجموعة كسرياً

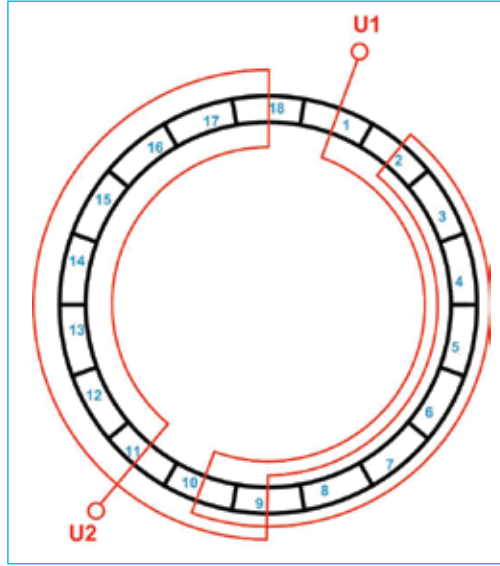
خطوة اللف للمجموعة الأولى = الخطوة القطبية + ١

$$\text{الخطوة القطبية} = \frac{18}{2} = 9$$

فتصبح خطوة اللف للمجموعة الأولى التي تحوي ملفات أكثر

١٠ = ١ + ٩؛ أي (١٠-١)، والشكل (٣٢-١) يوضح ذلك.

أما خطوة اللف للمجموعة الثانية التي تحوي ملفات أقل، فإنها = الخطوة القطبية - ١، فتصبح ٩-١=٨ أي (١١-١٨)، والشكل (١-٣٢) يوضح ذلك.



الشكل: (١-٣٢):

٤- توزيع ملفات المحركات أحادية الطور

تتكوّن ملفات المحرك أحادي الطور من نوعين من الملفات، هما:

أ - ملفات التشغيل: وهي الملفات الرئيسة، وتشغل ثلثي عدد المجاري غالبًا، وتكون ذات مساحة مقطع أكبر من ملفات بدء التشغيل لنفس المحرك، ولها عدد لفات أقل غالبًا من عدد لفات ملفات بدء التشغيل، وتسمّى أطراف ملفات التشغيل U1 لبداية ملفات التشغيل وU2 لنهاية ملفات التشغيل.

ب- ملفات بدء التشغيل: وهي الملفات المساعدة، وتشغل ثلث عدد المجاري تقريبًا، وتلف بسلك رفيع بقطر أقل من قطر سلك التشغيل المستخدم لنفس المحرك، ولها عدد لفات أكثر في الغالب من لفات ملفات التشغيل. وتوضع ملفات بدء التشغيل بانحراف بإزاحة طورية تساوي 90 درجة كهربائية مع ملفات التشغيل، وتسمّى أطراف ملفات بدء التشغيل Z1 لبداية ملفات بدء التشغيل و Z2 لنهاية ملفات بدء التشغيل.

ارسم رسمًا انفراديًا لملفات العضو الساكن لمحرك تيار متناوب أحادي الطور، حسب المعلومات الآتية:

$$\text{عدد الأقطاب} = ١$$

$$\text{عدد الأقطاب} = ٢$$

$$\text{عدد المجاري} = ٢٤$$

نوع اللف : متداخل.

$$\text{عدد الملفات الكلية} = ١٢ \text{ ملفًا .}$$

$$\text{عدد ملفات التشغيل} = \text{ثلاثي ملفات المحرك}$$

الحل

$$\text{عدد ملفات التشغيل الكلية} = \text{عدد ملفات المحرك الكلية} \times \frac{٢}{٣}$$

$$= \frac{٢}{٣} \times ١٢ = ٨ \text{ ملفات}$$

$$\text{عدد ملفات بدء التشغيل} = \text{ثلاث ملفات المحرك}$$

$$\text{عدد ملفات بدء التشغيل} = \frac{١}{٣} \times ١٢ = ٤ \text{ ملفات}$$

$$\frac{\text{عدد ملفات التشغيل}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{مجموعة}$$

$$\text{عدد ملفات التشغيل} / \text{مجموعة} = \frac{٨}{٢} = ٤$$

$$\text{عدد ملفات بدء التشغيل} / \text{مجموعة} = \frac{4}{2} = 2$$

$$\frac{\text{عدد المجاري}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{الخطوة القطبية}$$

$$\text{الخطوة القطبية} = \frac{24}{2} = 12 \text{ مجرى}$$

أي أن خطوة اللف : (12-1)

● لتحديد المسافة بين بداية ملفات التشغيل وبداية ملفات بدء التشغيل:

$$\frac{\text{عدد الأقطاب} \times 180}{\text{عدد المجاري}} = \text{الزاوية الكهربائية للمجرى (البعد بين مجريين)}$$

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجرى} = \frac{180 \times 2}{15} = 24 \text{ درجة كهربائية}$$

$$\frac{90}{24} = \text{المسافة بين بداية ملفات التشغيل وبداية ملفات بدء التشغيل} = \text{الزاوية الكهربائية للمجرى}$$

$$6 \text{ مجارٍ} = \frac{90}{15}$$

وعليه، تكون بداية ملفات التشغيل U1 في المجرى رقم (1)، وبداية ملفات بدء التشغيل Z1 في المجرى رقم (1+6) = 7.

● توزيع ملفات التشغيل، كما يوضح الشكل (1-33).

المجموعة الأولى

المجموعة الثانية

12-1

13-14

11-2

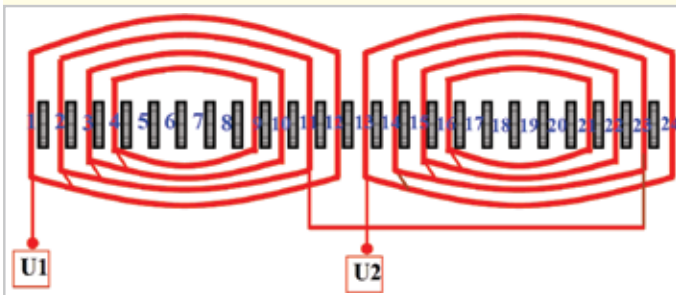
14-15

10-3

15-16

9-4

16-17



الشكل (1-33): توزيع ملفات التشغيل.

● توزيع ملفات بدء التشغيل مع ملفات التشغيل، كما هو مبين في الشكل (٣٤-١).

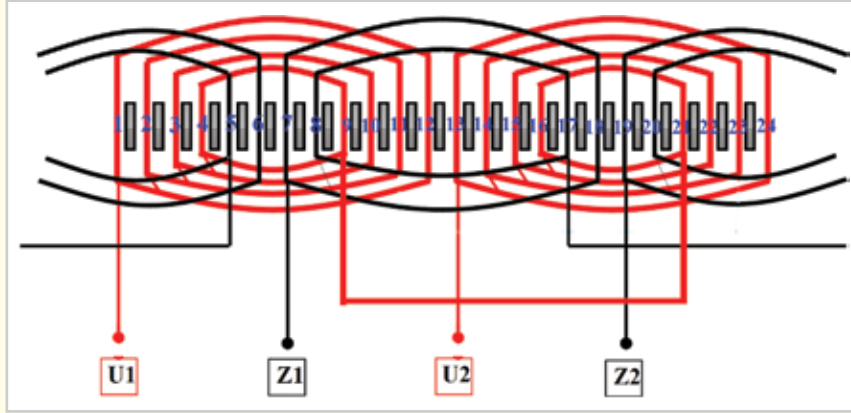
المجموعة الثالثة

١٨-٧

٦-١٩

٥-٢٠

١٧-٨



الشكل (٣٤-١): توزيع ملفات بدء التشغيل مع ملفات التشغيل.

المثال (٤-١)

ارسم رسمًا انفراديًا لملفات العضو الساكن لمحرك تيار متناوب أحادي الطور، حسب المعلومات الآتية:

عدد الأطوار = ١

عدد الأقطاب = ٤

عدد المجاري = ٢٤

نوع اللف: متداخل.

عدد الملفات الكلية = ١٢ ملفًا.

الحل

عدد ملفات التشغيل = ثلثي ملفات المحرك

$$\text{عدد ملفات التشغيل الكلية} = \frac{2}{3} \times 12 = 8 \text{ ملفات}$$

$$\text{عدد ملفات بدء التشغيل} = \frac{1}{3} \times 12 = 4 \text{ ملفات}$$

$$\frac{\text{عدد ملفات التشغيل}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{مجموعة} / \text{عدد ملفات التشغيل}$$

$$2 = \frac{8}{4} = \text{مجموعة} / \text{عدد ملفات التشغيل}$$

$$1 = \frac{4}{4} = \text{مجموعة} / \text{عدد ملفات بدء التشغيل}$$

$$\frac{\text{عدد المجاري}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{الخطوة القطبية}$$

$$6 \text{ مجارٍ} = \frac{24}{4} = \text{الخطوة القطبية}$$

$$6 - 1 = \text{أي أن خطوة اللف}$$

● لتحديد المسافة بين بداية ملفات التشغيل وبداية ملفات بدء التشغيل:

$$\frac{\text{عدد الأقطاب} \times 180}{\text{عدد المجاري}} = \text{الزاوية الكهربائية للمجرى}$$

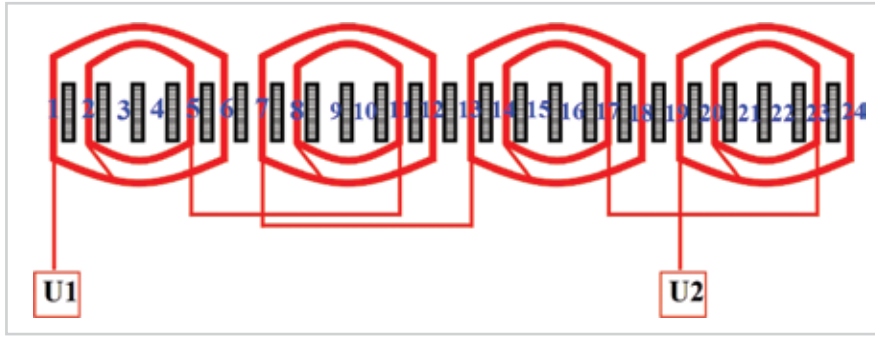
$$30 \text{ درجة كهربائية} = \frac{180 \times 4}{24}$$

$$\text{المسافة بين بداية ملفات التشغيل وبداية ملفات بدء التشغيل} = \frac{90}{30} = 3 \text{ مجارٍ}$$

وعليه، تكون بداية ملفات التشغيل U1 في المجرى رقم (1) وبداية ملفات بدء التشغيل Z1 في المجرى رقم (1+3) = 4.

● توزيع ملفات التشغيل، كما يوضح الشكل (1-35).

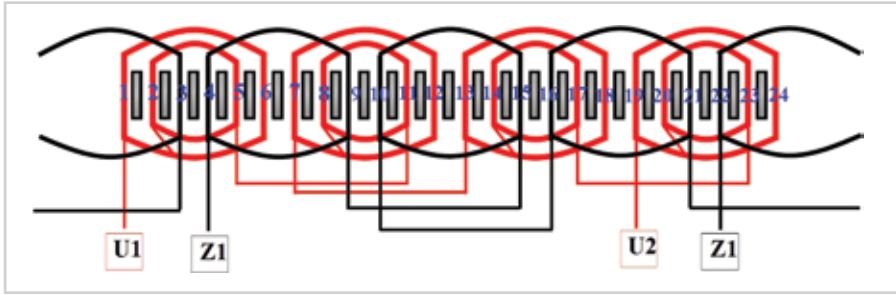
المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة	المجموعة الرابعة
6-1	12-7	18-13	24-19
5-2	11-8	17-14	23-20



الشكل (١-٣٥): توزيع ملفات التشغيل.

- توزيع ملفات بدء التشغيل مع ملفات التشغيل، كما يوضح الشكل (١-٣٦).

المجموعة الثامنة	المجموعة السابعة	المجموعة السادسة	المجموعة الخامسة
٣-٢٢	٢١-١٦	١٥-١٠	٩-٤



الشكل (١-٣٦): توزيع ملفات بدء التشغيل مع ملفات التشغيل.

ارسم رسمًا انفراديًا لملفات العضو الساكن لمحرك تيار متناوب أحادي الطور، حسب المعلومات الآتية:

عدد الأقطاب = ٢ ، عدد المجاري = ١٢ ، نوع اللف : متداخل ، عدد الملفات الكلية = ٦

سؤال

من الجدير ذكره أن قواعد اللف التي درستها للمحركات أحادية الطور لا يمكن تطبيقها على جميع المحركات أحادية الطور، والأصل قبل اللف لملفات العضو الساكن نقل المعلومات الخاصة بالمحرك من نفس المحرك، مثل خطوة اللف وعدد الملفات لكل مجموعة وطريقة التوصيل، وأحياناً يجب الانتباه إلى الأماكن المجاري الفارغة، والمثال الآتي يوضح ذلك:

ارسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن لمحرك تيار متناوب أحادي الطور، حسب المعلومات الآتية:

$$\text{عدد الأقطار} = ١$$

$$\text{عدد الأقطاب} = ٢$$

$$\text{عدد المجاري} = ٢٤$$

نوع اللف: متداخل.

$$\text{عدد الملفات الكلية} = ١٢ \text{ ملفًا.}$$

$$\underline{\underline{\text{عدد ملفات التشغيل} = \text{عدد ملفات بدء التشغيل}}}$$

الحل

$$\text{عدد ملفات التشغيل الكلية} = ١٢ \times \frac{١}{٢} = ٦ \text{ ملفات}$$

$$\text{عدد ملفات بدء التشغيل الكلية} = \text{نصف ملفات المحرك}$$

$$\text{عدد ملفات بدء التشغيل الكلية} = ١٢ \times \frac{١}{٢} = ٦ \text{ ملفات}$$

$$\frac{\text{عدد ملفات التشغيل}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{عدد ملفات التشغيل / مجموعة}$$

$$٣ = \frac{٦}{٢} = \text{عدد ملفات التشغيل / مجموعة}$$

$$٣ = \frac{٦}{٢} = \text{عدد ملفات بدء التشغيل / مجموعة}$$

$$\frac{\text{عدد المجاري}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{الخطوة القطبية}$$

$$\text{الخطوة القطبية} = \frac{٢٤}{٢} = ١٢ \text{ مجرى}$$

$$\text{أي أن خطوة اللف} = ١٢ - ١$$

● لتحديد المسافة بين بداية ملفات التشغيل وبداية ملفات بدء التشغيل:

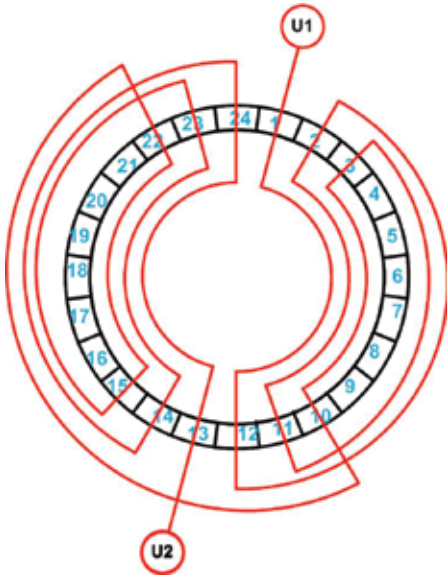
$$\frac{\text{عدد الأقطاب} \times 180}{\text{عدد المجاري}} = \text{الزاوية الكهربائية للمجرى}$$

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجرى} = \frac{180 \times 2}{24} = 15 \text{ درجة كهربائية}$$

$$\text{المسافة بين بداية ملفات التشغيل وبداية ملفات بدء التشغيل} = \frac{90}{15} = 6 \text{ مجاري}$$

وعليه، تكون بداية ملفات التشغيل U_1 في المجرى رقم (1)، وبداية ملفات بدء التشغيل Z_1 في المجرى رقم $(1+6) = 7$.

● توزيع ملفات التشغيل، كما يوضح الشكل (٣٧-١).



المجموعة الأولى:

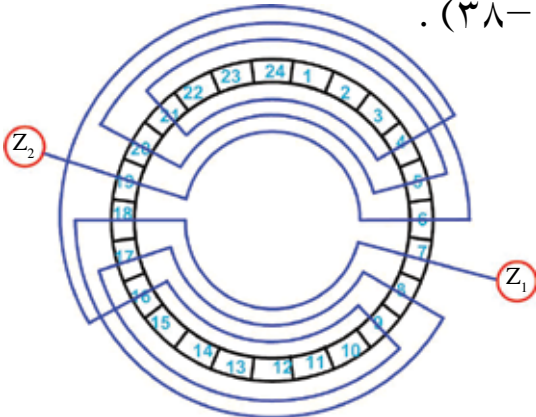
١-١٠، ٢-١١، ٣-١٢

المجموعة الثانية:

١٣-٢٤، ١٤-٢٣، ١٥-٢٢

الشكل (٣٧-١): توزيع ملفات التشغيل.

● توزيع ملفات بدء التشغيل، كما يوضح الشكل (٣٨-١).



المجموعة الأولى:

٧-١٨، ٨-١٧، ٩-١٦

المجموعة الثانية:

١٩-٦، ٢٠-٥، ٢١-٤


الشكل (٣٨-١): توزيع ملفات بدء التشغيل.

بيانات المحرك

تَلَحَّظُ في حياتك العملية وجود لوحة معلومات على معظم الأجهزة الكهربية التي تستخدمها فقد تجد تلفازًا كُتبت عليه عبارة (قدرته ١٥٠ واط، ويعمل على فولتية ٢٢٠ فولط، وبتردد ٥٠ هيرتز)، وإذا بحثت من حولك فستجد أجهزة كهربية عليها معلومات كثيرة ومفيدة، وربما إذا كان عندك مضخة ماء فستجد عليها لوحة معلومات معدنية تحوي معلومات مهمة جدًا.

ويبين الشكل (١-٣٩) لوحة اسمية لمحرك أحادي الطور لمضخة ماء، وستجد فيها المعلومات الآتية:

- الفولتية الأسمية التي يعمل عليها المحرك : (220-230 V) تيار متناوب.
- التردد: يساوي التردد في الأردن (50 Hz)، وفي بعض الدول يكون (60Hz).
- (ما تأثير التردد في سرعة المحرك الحثي؟).
- عدد الأطوار للمحرك: طور واحد، أو ثلاثة أطوار.
- سرعة المحرك (بو حدة RPM)، تلاحظ سرعة المضخة عند الحمل الكامل (2900RPM).
- (كم عدد أقطاب هذا المحرك؟)
- قدرة المحرك بو حدة الكيلوواط أو الحصان الميكانيكي (Hp) أو بكليهما معًا. (كم قدرة المحرك آنف الذكر بو حدة الحصان الميكانيكي؟)

PUMP CPM 100X		n. B	
Q 10 ÷ 60 l/min	H 15 ÷ 7 m		
H max 16 m	H min 7 m		
V 220 ÷ 230 ~	Hz 50	2900 min ⁻¹	
kW 0.25	HP 0.33	1.9 A	350 Wmax
C 10 μF	VL 450 V	I.CI. F	IP 44
Continuous duty		Thermally Protected	4095/A

الشكل (١-٣٩): لوحة معلومات اسمية لمحرك أحادي الطور.

- تيار الحمل الكامل للمحرك بو حدة الأمبير. (ما الفائدة من معرفة تيار الحمل الكامل للمحرك؟)
- سعة المواسع (بالميكروفارد): وهذه المعلومة خاصة بالمحرك أحادي الطور ذي المواسع.
- فترات العمل (Duty): وهي تبين إمكانية عمل المحرك على نحو متواصل (Continuous) أو على نحو متقطع.

- نوعية العزل للمحرّك ضدّ التلامس وتسرب الأجسام الغريبة والماء (IP): لاحظ، هذا المحرّك محمي من دخول الماء من جميع الاتجاهات، ومحمي من دخول الغبار (IP44).

النشاط (٤-١)

ابحث في الإنترنت عن أرقام أخرى لنوعية العزل للمحرّك من الظروف الخارجية.

- معلومات أخرى تصميمية، مثل درجة العزل (Ins. Class)، ودرجة حرارة الجو المحيطة بالمحرّك، وكود نوع المحرّك، وحجم المحرّك، والموديل، والرقم المتسلسل، والشركة الصانعة.
- معلومات خاصة حسب استخدام المحرّك. لاحظ في اللوحة الاسمية للمحرّك معلومات عن أقل ارتفاع، وأكبره لدفع الماء، ومعدل تدفّقه.
- معامل القدرة ($\cos \theta$).

أعطال المحرّكات الكهربائية أحادية الطور، وكيفية إصلاحها

المحرّكات الكهربائية كغيرها من الأجهزة الكهربائية معرضة للأعطال، وتنقسم تلك الأعطال عمومًا إلى: كهربائية، وميكانيكية.

وهي الأعطال التي تمنع أو تعيق سريان التيار الكهربائي من المصدر إلى ملفات المحرّكات عبر العناصر الكهربائية المختلفة التي تناسب خواصّها التي صمّمت لأجلها، مثل: تلف في ملفات المحرّك الداخلية، أو تماس الملفات مع جسم المحرّك، أو تلف المصهر وغيرها.

لكل عطل من الأعطال الكهربائية سبب أو أكثر يؤدي إلى حدوثه، وتكون الأعطال خارجية أو داخلية:

التي تكون من خارج المحرّك، وتسبّب له عطلًا، مثل القطع في أحد الأطوار الكهربائية التي تغذي المحرّك، وقد تكون بسبب حمل المحرّك.

تكون الأسباب الداخلية من داخل المحرّك الكهربائي، سواءً كهربائية كانت مثل قصر في ملفات العضو الساكن، أم ميكانيكية مثل تلف في كراسي المحور.

هي تلك الأعطال التي تتعلق بالعناصر المختلفة المرتبطة بحركة المحرّك، التي ليس لها علاقة بسريان التيار الكهربائي من المصدر إلى المحرّك، وإن كان ذلك يؤثر في سريان التيار على نحو غير مباشر، ومن الأعطال الميكانيكية تلف كراسي المحور أو انحناء في عموده.

ويمكن تحديد الأعطال للمحرّكات أحادية الطور، كما هو موضح في الجدول (١ - ٢):

الجدول (١ - ٢): أعطال المحركات أحادية الطور، وإجراءات إصلاحها.

إجراءات الإصلاح	الأسباب المحتملة	العطل
<ul style="list-style-type: none"> - تأكد من وصول التغذية المناسبة، واستبدل المصهر التالف. - استبدل المواسع. - أجر صيانه لمفتاح الطرد، أو استبدله. - استبدل كراسي المحور. - صل الفتح في ملفات التشغيل. - صل الفتح في ملفات بدء التشغيل. - اعزل الملفات. - استبدل ملفات بدء التشغيل المحترقة إذا أمكن ذلك، أو استبدل ملفات المحرك. - صوّب الانحناء بوساطة المخرطة. - تأكد من مناسبة الحمل للمحرك، ومن سيور وكراسي محور الحمل. - شد براغي وصواميل تثبيت الأغطية الجانبية للمحرك. 	<ul style="list-style-type: none"> - عدم وصول التغذية المناسبة من المصدر، أو تلف مصهر الحماية. - تلف مواسع بدء التشغيل. - تعطل مفتاح الطرد المركزي. - تآكل كراسي المحور. - دائرة ملفات التشغيل مفتوحة. - دائرة ملفات بدء التشغيل مفتوحة. - وجود تماس أرضي بالملفات. - ملفات المحرك محترقة، أو بها قصر دائرة. - انحناء في عمود المحور. - التحميل الزائد للمحرك. - عدم إحكام تثبيت الغطاءين الجانبيين. 	المحرك يعجز عن الحركة
<ul style="list-style-type: none"> - اعزل القصر إن أمكن، أو أعد لف الملف أو الملفات كلها. - أجر صيانه لمفتاح مفتاح الطرد، أو استبدله. - أعد وصل أطراف الملف أو المجموعة المعكوسة. - أعد الوصل على النحو الصحيح. - استبدل كراسي المحور. - الحم القضبان بالحلقات الجانبية إن أمكن ذلك، أو استبدل العضو الدائر. 	<ul style="list-style-type: none"> - قصر في دائرة ملفات التشغيل. - بقاء ملفات بدء التشغيل في الدائرة. - أقطاب ملفات التشغيل معكوسة. - أقطاب ملفات بدء التشغيل معكوسة. - تآكل كراسي المحور. - تفكك في قضبان العضو الدوار. 	المحرك يدور أبطأ من سرعته المعتادة

إجراءات الإصلاح	الأسباب المحتملة	العطل
<ul style="list-style-type: none"> - أزل القصر إن أمكن، أو أعد لف الملف أو الملفات كلها. - أزل التماس إن أمكن، أو أعد لف الملف أو المجموعة المتماسة. - اعزل ملفات التشغيل عن ملفات بدء التشغيل - استبدل كراسي المحور. - خفف الحمل، أو استبدل المحرك بآخر. - مناسب للحمل. 	<ul style="list-style-type: none"> - وجود قصر في ملفات المحرك. - تماس ملفات المحرك مع الأرض. - دائرة قصر بين ملفات بدء التشغيل وملفات التشغيل. - وجود تآكل في كراسي المحور. - زيادة الحمل. 	<p>ارتفاع درجة حرارة المحرك في أثناء العمل</p>
<ul style="list-style-type: none"> - أزل القصر إن أمكن، أو أعد لف الملف أو الملفات كلها. - أعد توصيل المجموعات على النحو الصحيح. - أصلح التلف في قضبان العضو الدوار - استبدل كراسي المحور. - أصلح التلف في مفتاح الطرد المركزي إن أمكن، أو استبدله. - نظف المحرك من أية عوالق، مثل قطع من عازل السلك أو الأتربة . 	<ul style="list-style-type: none"> - قصر في الملفات. - توصيل خطأ بين المجموعات. - تفكك في قضبان العضو الدوار. - تآكل كراسي المحور. - تآكل مفتاح الطرد المركزي. - وجود مواد غريبة في المحرك. 	<p>ارتفاع صوت المحرك في أثناء العمل</p>

أسئلة الوحدة

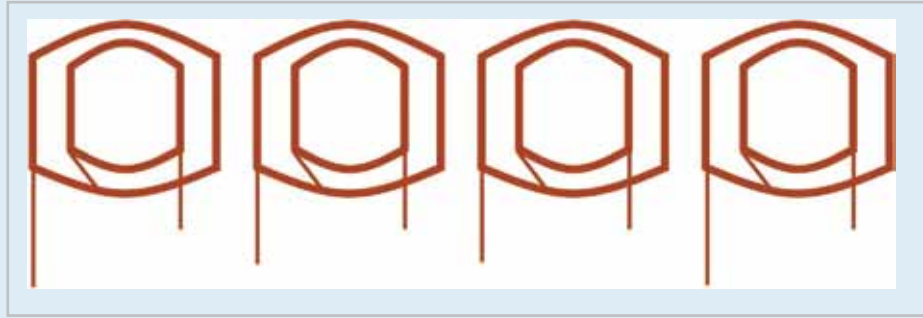
- ١ - اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل فقرة من الفقرات الآتية:
- (١) يمكن التحكم في سرعة المحركات الحثية أحادية الطور بتغيير عدد:
أ- الأطوار ب- الموصلات ج- الأقطاب د- الفرش الكربونية.
- (٢) الإزاحة الطورية بين ملفات بدء التشغيل وملفات التشغيل في المحركات أحادية الطور:
أ- ١٨٠° ب- ٩٠° ج- ١٢٠° د- ٣٦٠° .
- (٣) العلاقة بين الانزلاق وسرعة المحرك الحثي:
أ- عكسية. ب- طردية. ج- متساوية. د- ليس بينهما علاقة.
- (٤) من مشكلات المحركات أحادية الطور أنها لا تقلع ذاتياً؛ لأنها تحتوي على:
أ - مواسع. ب - مفتاح طرد مركزي.
ج - مجموعة واحدة من الملفات. د - حلقات انزلاق.
- (٥) توصل مجموعات الملفات بطريقة التوصيل التوالي (نهاية بنهاية وبداية ببداية) عندما:
أ - يكون عدد المجموعات مساوياً لعدد الأقطاب.
ب - يكون عدد المجموعات أقل من عدد الأقطاب.
ج - يكون عدد المجموعات أكبر من عدد الأقطاب.
د - لا توجد علاقة بين المجموعات والأقطاب.
- ٢ - ما النتائج المتوقعة لكل من الأعطال الآتية في المحركات الكهربية أحادية الطور:
أ - بقاء مفتاح الطرد المركزي مغلقاً بعد بدء تشغيل المحرك.
ب- تآكل كراسي المحور.
ج- تلف مواسع بدء التشغيل.
د - التحميل الزائد للمحرك.

- ٣ - ضع إشارة (✓) أمام العبارة الصحيحة وإشارة (X) أمام العبارة الخاطئة.
- أ - من المعلومات التي يتم أخذها من اللوحة الاسمية للمحرك، خطوة اللف ()
- ب - يعدّ توصيل المجموعات من المعلومات الداخلية ()
- ج - يستخدم توصيل التوالي في المجموعات للفلولطية العالية ()
- د - تختلف خطوة اللف بين نوعي اللف المتداخل والمتسلسل ()
- ٤ - عرّف ما يأتي:
- أ- الملف ب- نوعية اللف. ج- خطوة اللف.
- ٥ - اشرح مبدأ عمل المحرّكات الحثية أحادية الطور .
- ٦ - أذكر أنواع المحرّكات الحثية أحادية الطور .
- ٧ - كيف يتم عكس اتجاه دوران المحرّكات الآتية؟
- أ - المحرّك ذو القطب المظلل؟
- ب- محرّك الطور المشطور؟
- ٨ - اذكر الأسباب المحتملة لعدم بدء دوران المحرّك أحادي الطور.
- ٩ - اذكر الأجزاء الأساسية للمحرّك الحثي ذي الطور المشطور.
- ١٠- أرسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن لمحرّك تيار متناوب أحادي الطور، حسب المعلومات الآتية:
- عدد الأقطاب = ٦
- عدد المجاري = ٣٦
- نوع اللف: متداخل.
- عدد الملفات الكلية = ١٨ ملفًا .
- عدد ملفات التشغيل = ثلثي ملفات المحرك.
- عدد ملفات بدء التشغيل = ثلث عدد الملفات الكلية.

١١- صل المجموعات الآتية المبينة في الشكل (٤٠-١):



أ- عدد المجموعات = $\frac{1}{2}$ عدد الأقطاب.



ب - عدد المجموعات = عدد الأقطاب.

الشكل (٤٠-١)

١٢- محرك حثي تردده (50Hz)، وعدد أقطابه (٦)، وسرعته (950 rpm) على الحمل الكامل. احسب:

أ - الانزلاق.

ب- سرعة الانزلاق.

١٣- ما أهم المعلومات الموجودة على اللوحة الاسمية لمحرك أحادي الطور؟

الوحدّة الأولى

التدريب العملي

محركات التيار المتناوب أحادية الطور

Single-Phase AC Motors



عدد الساعات المقترح	اسم التمرين
٧ ساعات	فك محرّك كهربائي أحادي الطور ذي مواسع بدء التشغيل، وإعادة تجميعه
٧ ساعات	تشخيص الأعطال الميكانيكية للمحرّكات الكهربائية أحادية الطور وصيانتها
٧ ساعات	تحديد أطراف المحرّك أحادي الطور ذي مفتاح الطرد المركزي و مواسع بدء التشغيل
٢١ ساعة	إعادة لف محرّك أحادي الطور ذي مواسع التشغيل
١٤ ساعة	إعادة لف محرّك أحادي الطور ذي مواسع البدء
١٤ ساعة	إعادة لف محرّك القطب المظلل
٧٠ ساعة	المجموع

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

- تفك محرّكًا أحادي الطور، وتعاين أجزائه.
- تميّز ملفات بدء التشغيل من ملفات التشغيل.
- تعيد تجميع المحرّك.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● صندوق عدّة. ● محرّك أحادي الطور ذو مواسع التشغيل. ● مطرقة بلاستيك. ● طقم مفاتيح شق. ● طقم مفاتيح رنج. ● مفكات مختلفة. ● بريصة سحب. ● سنبك طرد. ● سنبك نقطة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١)</p>	<p>١ - ضع علامة فارقة على كل من الغطاءين الجانبيين وعلى جسم المحرّك بواسطة سنبك النقطة؛ لتساعدك في عملية التجميع. كما في الشكل (١).</p>
 <p>الشكل (٢)</p>	<p>٢ - فك براغي تثبيت الأغطية الجانبية مع العضو الساكن باستخدام العدد المناسبة، كما في الشكل (٢).</p> <p>٣ - حرّر أي بكرة على عمود المحرّك باستخدام بريصة السحب.</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٣)



الشكل (٤)

خطوات العمل، والنقاط الحاکمة

- ٤ - اطرِد العضو الدوّار مع أحد الأغطية الجانبية، كما هو مبين في الشكل (٣).
- ٥ - اسحب العضو الدوّار بحذر؛ حفاظًا على سلامة الملفات من الخدش أو الإتلاف.
- ٦ - عاين الأجزاء، ثم حدّد وظيفة كل منها، كما في الشكل (٤).
- ٧ - أعد تجميع المحرّك، بحيث تبدأ بآخر خطوة.
- ٨ - تأكد من حركة دوران المحور، وصل المحرّك بالمصدر الكهربائي، ثم جرّبه بإشراف المعلم.
- ٩ - افصل المحرّك عن مصدر التيار، ثم اعكس اتجاه دورانه، بتبديل طرفي ملفات التشغيل مكان بعضها.
- ١٠ - صل المحرّك بمصدر التيار المتناوب، بإشراف المعلم، ولاحظ عكس اتجاه دورانه.
- ١١ - افصل المحرّك عن مصدر التيار الكهربائي.
- ١٢ - اكتب في دفتر التدريب العملي تقريرًا تبين فيه الخطوات التي اتّبعتها.

التقييم

- ١ - ما وظيفة مواسع التشغيل في المحرّك أحادي الطور؟
- ٢ - كيف تميّز ملفات بدء التشغيل من ملفات التشغيل في محرّكات الطور الواحد؟

– فُكَّ محرِّكًا كهربائيًا أحادي الطور، ذا مفتاح طرد مركزي ومواسع بدء التشغيل، وعين أجزاءه، ثم أعد تجميعه.

التقويم الذاتي

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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات


– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تشخيص الأعطال الميكانيكية للمحركات الكهربائية أحادية الطور.
- تصليح الأعطال الميكانيكية للمحركات الكهربائية أحادية الطور.

مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
	<ul style="list-style-type: none"> ● محرك كهربائي. ● جهاز قياس أفوميتر. ● جهاز قياس سرعة (Tachometer). ● ساعة قياس الانحناء (Dial Gauge). ● طقم مفاتيح شق، وطقم مفاتيح رنق. ● صندوق عدّة. ● مطرقة بلاستيك، وشاكوش حديد. ● بريصة سحب. ● محركات كهربائية أحادية الطور.

خطوات العمل، والنقاط الحاکمة	الرسوم التوضيحية
<p>١- يبيّن الشكل (١) العدد والأدوات اللازمة لتنفيذ التمرين.</p> <p>٢- افحص الهيكل الخارجي للمحرك، وتأكد من خلوه من الكسور أو الشروخ.</p> <p>٣- تفحص المحرك، وحرك عمود العضو الدوّار يدويًا للتأكد من إمكانية دورانه من غير إعاقة، ثم حركه إلى الأعلى والأسفل للتأكد من عدم احتكاكه بالعضو الساكن. الشكل (٢).</p>	 <p>الشكل (١)</p>

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة



الشكل (٢)



الشكل (٣)



الشكل (٤)



الشكل (٥)

٤- فُكِّ، باستخدام العدد المناسبة، غطاء مروحة تبريد المحرِّك، وتأكَّد من عدم انثناء الغطاء واحتكاك مروحة التبريد به، وُضَّنه عند اللزوم. الشكل (٣).

٥- تأكَّد من تثبيت مروحة التبريد على نحو جيد.
٦- فُكِّ مروحة التبريد، وتأكَّد من عدم تكسر أجزاء منها، واستبدلها عند اللزوم. الشكل (٤).

٧- تأكَّد من عدم جود أتربة أو أوساخ في مجاري التبريد، ونظفها إن وجدت.

٨- فُكِّ المحرِّك إلى أجزائه كما مرَّ بك آنفاً.

٩- تفحص العضو الدوَّار، وتأكَّد مما يأتي:

أ- وجود أو عدم وجود انحناء في عمود إدارة العضو الدوَّار. (إذا وُجد، فأرسله إلى الصيانة، أو استبدله عند اللزوم) الشكل (٥).

ب- تفكِّك في قضبان العضو الدوَّار. الشكل (٦).

١٠- تأكَّد من عدم وجود اتساع في أماكن تركيب كراسي المحور في الأغطية الجانبية. (إذا وُجد، فضَّنه بواسطة المخرطة).

الرسوم التوضيحية



الشكل (٦)



الشكل (٧)



الشكل (٨)



الشكل (٩)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

١١- تفحص العضو الساكن، وتأكد من عدم بروز أجزاء من صفائح، أو أية عوائق أخرى وصّنه عند الضرورة.

١٢- فكّ كراسي محور المحرك باستخدام بريصة السحب. الشكل (٧).

١٣- حرّك يدويًا كراسي محور المحرك، وتأكد من حركتها على نحو سلس، ثم استمع إلى صوتها. الشكل (٨).

١٤- أعد تركيب كراسي المحور، أو استبدلها عند الحاجة إلى ذلك. الشكل (٩).

١٥- أعد تجميع المحرك، مبتدئًا بآخر جزء فككته.

١٦- اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريرًا تبين فيه الخطوات التي اتبعتها.

التقييم

– ما أثر الأعطال الآتية:

- تلف كراسي المحور؟
- توسع أماكن تركيب كراسي المحور؟

تمارين الممارسة العملية

– فكّ محرّكاً آخر، وبيّن نوع العضو الدوّار فيه.

– فكّ كراسي المحور، واعمل على تنظيفها وإعادة تشحيمها.

التقويم الذاتي

– دَوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيّم تنفيذك لكل خطوة. وفق قائمة شطب مُحدّدة واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	حضرتُ العدد والأدوات المناسبة.			
٢	تفحصت الهيكل الخارجي للمحرّك.			
٣	فككت غطاء مروحة التبريد بالمفاتيح المناسبة.			
٤	نزعت مروحة التبريد بالطريقة المناسبة.			
٥	تفحصت العضو الدوّار.			
٦	تأكدت من عدم وجود اتساع في قواعد أماكن تركيب كراسي المحور.			
٧	فككت كراسي المحور بالطريقة المناسبة.			
٨	استمعت إلى صوت كراسي المحور، وتأكدت من سهولة حركتها.			
٩	أعدت تركيب كراسي المحور.			
١٠	أعدت تجميع المحرّك مبتدئاً بآخر جزء فككته.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

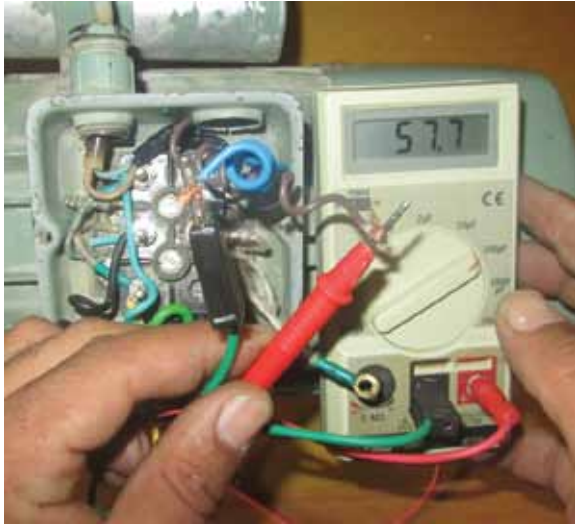
- تفحص ملفات المحرك أحادي الطور ذي مفتاح الطرد المركزي والمواسع.
- تحدّد بوساطة الفحص طرف ملفات التشغيل وطرف ملفات بدء التشغيل، وتؤكد من سلامتهما.
- تحدّد أطراف مفتاح الطرد المركزي، وتؤكد من اتصالها.
- تميّز أطراف المحرك ذي مفتاح الطرد المركزي ومواسع بدء التشغيل.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك أحادي الطور ذو مفتاح الطرد المركزي والمواسع. ● جهاز أفوميتر. ● جهاز قياس السرعة (Tachometer). ● جهاز قياس سعة المواسع (Capacitor Tester) ● صندوق عدّة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاکمة
 <p>الشكل (١)</p>  <p>الشكل (٢)</p>	<ol style="list-style-type: none"> ١ - حضّر التجهيزات، كما في الشكل (١). ٢ - فكّ براغي تثبيت غطاء لوحة توصيل المحرك. ٣ - فكّ جسور ربط نهايات الملفات، مستخدمًا المفاتيح المناسبة. ٤ - حدّد أطراف مفتاح الطرد المركزي، وتأكد من اتصالها باستخدام جهاز الأومميتر، وذلك بتحرك مؤشر الجهاز إلى أقلّ قيمة ممكنة عند فحص تلك الأطراف (قريبة من الصفر). <p>الشكل (٢).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٣)



الشكل (أ/٤)



الشكل (ب/٤)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

٥- افحص المواسع، وتأكد من صلاحه باستخدام جهاز قياس سعة المواسع، وذلك من خلال ظهور قيمة المواسع الصحيحة. الشكل (٣)

٦- افحص أطراف ملفات بدء التشغيل وملفات التشغيل، وتأكد من صلاحيتها.

أ - افحص الأطراف على نحو عشوائي باستخدام جهاز الأومميتر، وعلى تدرج ($\times 1\Omega$)، وتأكد من أن كل طرف لا يتصل إلا بطرف واحد فقط. الشكل (٤/أ) والشكل (٤/ب).

ب- دوّن النتيجة التي حصلت عليها، فتكون قيمة المقاومة الأعلى هي قيمة ملفات بدء التشغيل، وقيمة المقاومة الأقل هي قيمة ملفات التشغيل.

ج- افحص باستخدام الأومميتر أحد أطراف ملفات بدء التشغيل وأحد أطراف ملفات التشغيل، مستخدماً قيمة مقاومة مرتفعة ك ($k\Omega$) وتأكد من عدم تحرك المؤشر؛ بهدف الاطمئنان إلى عدم اتصال ملفات بدء التشغيل بملفات التشغيل

الرسوم التوضيحية



الشكل (أ/٥)



الشكل (ب/٥)



الشكل (ج/٥)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

د - صل أحد أطراف ملفات بدء التشغيل بأحد أطراف ملفات التشغيل، وافحص الأ طرف الثلاثة مرة أخرى، ثم دوّن النتيجة كما يأتي:

قياس المقاومة الأقل الشكل (ج/٥)	قياس المقاومة المتوسطة الشكل (ب/٥)	قياس المقاومة الأعلى الشكل (أ/٥)
تكون بين الطرف المشترك وطرف ملفات التشغيل.	تكون بين الطرف المشترك وطرف ملفات بدء التشغيل.	تكون بين طرف ملفات بدء التشغيل وطرف ملفات التشغيل، والطرف الثالث يكون الطرف المشترك.

هـ - تحقق من عدم اتصال ملفات بدء التشغيل بملفات التشغيل من خلال قيم المقاومات الناتجة، وتأكد من أن قيمة المقاومة بين طرف ملفات بدء التشغيل وطرف ملفات التشغيل تساوي قيمة المقاومة بين الطرف المشترك وطرف ملفات بدء التشغيل، مضافاً إليها قيمة المقاومة بين الطرف المشترك وطرف ملفات التشغيل.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٦)



الشكل (٧)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٧- صل الأطراف المختلفة بالطريقة الصحيحة.
- ٨- صل، بإشراف المعلم، المحرّك بمصدر التيار المتناوب.
- ٩- قس سرعة المحرّك، الشكل (٦)، و قس تياره، الشكل (٧)، ثمّ سجل القيم التي حصلت عليها.
- ١٠- افصل المحرّك من مصدر التيار المتناوب، و اعكس اتجاه دورانه.
- ١٢- أعد، بإشراف المعلم، وصل المحرّك بمصدر الفولطية التيار المتناوب، و قس سرعته و تياره، ثمّ سجل القيم التي حصلت عليها.
- ١٣- اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريراً تبين فيه الخطوات التي اتبعتها.

التقييم

- ١- لماذا تخرج الشركات الصانعة للمحرّكات أطراف ملفات التشغيل وملفات بدء التشغيل الأربعة، وفي أحيان أخرى تخرج ثلاثة أطراف؟
- ٢- هل يمكن عكس اتجاه دوران المحرّكات أحادية الطور التي يوجد على لوحة توصيلها ثلاثة أطراف؟ وما هذه الأطراف؟

تمارين الممارسة العملية

افحص محرّكا أحادي الطور ذا مواسع التشغيل، وتأكد من سلامة ملفاته.



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	حضرت العدد والأدوات المناسبة.			
٢	فككت براغي تثبيت غطاء لوحة توصيل المحرّك.			
٣	فككت جسور ربط نهايات الملفات، مستخدماً المفاتيح المناسبة.			
٤	حدّدت طرفي مفتاح الطرد المركزي.			
٥	فحصت المواسع، وتأكدت من صلاحيته.			
٦	حدّدت أطراف ملفات التشغيل، وسجلت قيمتها.			
٧	حدّدت أطراف ملفات بدء التشغيل، وسجلت قيمتها.			
٨	وصلت الأطراف المختلفة بالطريقة الصحيحة.			
٩	وصلت، بإشراف المعلم، المحرك بمصدر التيار المتناوب.			
١٠	قست سرعة المحرّك، وتياره، ثم سجلت القيم التي حصلت عليها.			
١١	عكست اتجاه دوران المحرّك.			
١٢	أعدت، بإشراف المعلم، وصل المحرّك بمصدر التيار المتناوب، وسجلت القيم التي حصلت عليها.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تدوّن معلومات ملفات المحرّكات الأحادية الطور المتساوية.
- تعيد لف محرّك أحادي الطور، لا تساوي فيه ملفات التشغيل ثلثي عدد ملفات المحرّك.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك أحادي الطور ذو المواسع. ● صندوق عدّة. ● أزميل مبسّط. ● سنبك طرد. ● مطرقة بلاستيك. ● مقص ورق. ● مسطرة حديد. ● ميكروميتر. ● نصلة حديد. ● كاوي لحام كهربائي. ● جهاز أفوميتر. ● فرن تجفيف المحركات. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك لف نحاسي. ● ورق عزل. ● لحام قصدير. ● خيط تربيط. ● ورنيش العزل. ● سلك مفرد الشعيرات. ● مكرونة حرارية قياسات مختلفة. ● ورنيش عازل. ● ورق السنفرة (ورق الزجاج).

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١- فك المحرّك، مستعينا بالتمارين السابقة لعمليات فك المحرّكات الكهربائية وتجميعها.</p> <p>٢- دوّن، في الجدول (١)، بيانات الملفات التي يمكن ملاحظتها، مثل: خطوة اللف، وعدد ملفات بدء التشغيل، وعدد ملفات التشغيل.</p> <p>٣- ارسم ملفات المحرّك رسمًا دائريًا.</p> <p>٤- اقطع الملفات من الجهة المعاكسة لخروج الأسلاك. الشكل (١)</p>

الشكل (١)

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢)



الشكل (٣)



الشكل (٤)



الشكل (٥)

خطوات العمل، والنقاط الحاکمة

٥ - اطرء الملفات كليًا باستخدام سنبك الطرد.
الشكل (٢).

٦ - اسحب الملفات من الجهة المعاكسة لخروج
الأسلاك. الشكل (٣).

٧ - أحص عدد لفات الملفات، ثم دونها في
الجدول (١).

٨ - قس قطر السلك باستخدام الميكروميتر.
الشكل (٥).

الرسوم التوضيحية



الشكل (أ/٦)



الشكل (ب/٦)



الشكل (ج/٦)



الشكل (أ/٧)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

٩- دَوْن المعلومات التي حصلت في الجدول (١)

- عدد الأقطاب ()
- عدد الملفات الكلية ()
- نوع اللف ()
- عدد ملفات التشغيل ()
- خطوة لف مجموعة التشغيل ()
- موقع بداية ملفات التشغيل ()
- عدد ملفات مجموعة التشغيل ()
- عدد لفات الملف الواحد ()
- قطر سلك التشغيل ()
- عدد ملفات بدء التشغيل ()
- خطوة لف مجموعة بدء التشغيل ()
- موقع بداية ملفات بدء التشغيل ()
- عدد لفات مجموعة بدء التشغيل ()
- عدد لفات الملف الواحد ()
- قطر سلك بدء التشغيل ()

١٠- نظف المجاري من بقايا الورق العازل.

١١- جهّز الورق العازل للمجاري، كما في الشكل (أ، ب، ج)، ثمّ جهّز ورق الأغشية.

١٢- اعزل مجاري المحرّك. الشكل (أ/٧).

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل، والنقاط الحاکمة



الشكل (ب/٧)



الشكل (ج/٧)



الشكل (٨)



الشكل (٩)

١٣- اعمل شبلونة اللف المناسبة، ثم ركبها على قالب اللف. الشكلان (ب/٧، ج).

١٤- لف مجموعات الملفات المطلوبة. الشكل (٨)

١٥- أسقط ملفات التشغيل في المجاري.

أ- المجموعة الأولى:

(١٠-٣) الشكل (٩)، (١١-٢) الشكل

(١٠)، (١٢-١) الشكل (١١)



الشكل (١٠)



الشكل (١١)



الشكل (١٢)



الشكل (١٣)

ب- المجموعة (٢) (١٥-٢٢)، (١٤-٢٣)،
 (١٣-٢٤) الشكل (١٢).

١٦- اسقط ملفات بدء التشغيل في المجاري:
 أ - المجموعة (١) (٧-١٨)، (٨-١٧)،
 (٩-١٦) الشكل (١٣).



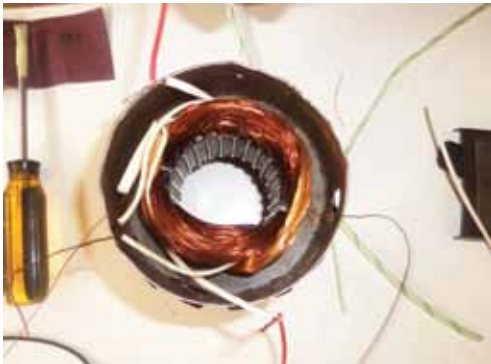
الشكل (١٤)



الشكل (١٥)



الشكل (١٦)



الشكل (١٧)

ب- المجموعة (٢) (٢١-٤)، (٢٠-٥)،
(١٩-٦) الشكل (١٤).

١٧- اعزل ما بين ملفات التشغيل وملفات بدء التشغيل بورق العزل من الجهة المعاكسة لجهة خروج الأسلاك، الشكل (١٥)، ثم اربطهما على نحو جيد. الشكل (١٦)

١٨- صل مجموعتي ملفات التشغيل باللحام، مستخرجاً منهما طرفين لتوصيلهما على نقاط التوصيل في علبة توصيل نهايات الأطراف، واعزلهما على نحو جيد.

١٩- صل مجموعتي ملفات بدء التشغيل، مستخرجاً منهما طرفين لتوصيلهما على نقاط التوصيل في علبة توصيل نهايات الأطراف، واعزلهما على نحو جيد. الشكل (١٧)



الشكل (١٨)

٢٠- اعزل ما بين مجموعات التشغيل ومجموعات
بدء التشغيل من جهة خروج الأسلاك.
الشكل (١٨)، ثم اربطهما على نحو جيد.
الشكل (١٩)



الشكل (١٩)

٢١- مستخدمًا المسطرة المعدنية، اكبس مجاري
المحرك، وتأكد من عدم بروز الورق العازل
خارج مجراه. الشكل (٢٠)



الشكل (٢٠)

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢١)



الشكل (٢٢)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٢٢- اعزل الملفات بالورنيش. الشكل (٢١).
- ٢٣- ضع المحرّك في فرن تجفيف المحركات كما في الشكل (٢٢).
- ٢٤- اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريرًا تبين فيه الخطوات التي اتبعتها.

التقييم

- ١- ما الفرق بين مواسع بدء التشغيل و مواسع التشغيل؟
- ٢- لماذا يتم كبس ملفات المحرّكات قبل عملية عزل الملفات بالورنيش؟
- ٣- هل يمكن وصل ملفات بدء التشغيل لتكون ملفات تشغيل، ووصل ملفات التشغيل لتكون ملفات بدء تشغيل؟

تمارين الممارسة العملية

- بالاستعانة بمحلات لف المحرّكات الموجودة في السوق المحلي، احصل على معلومات محرّك متساوي عدد ملفات بدء التشغيل والتشغيل، وموصفات الملفات من عدد الملفات، وقطر السلك، ثم اذكر استخدامات هذا النوع من المحرّكات.



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	فككت المحرّك بالطريقة الصحيحة.			
٢	رسمت ملفات المحرّك رسمًا دائريًا على نحو صحيح.			
٣	دَوَّنت بيانات الملفات.			
٤	قصصت الملفات من الجهة المعاكسة لخروج الأسلاك.			
٥	طرّدت الملفات كليًا باستخدام سنبك الطرد.			
٦	دَوَّنت معلومات الملفات جميعها على النحو الصحيح.			
٧	نظفت المجاري من بقايا الورق العازل.			
٨	أعدت عزل مجاري المحرّك.			
٩	عملت الشبلونة المناسبة.			
١٠	أسقطت ملفات التشغيل في المجاري بالشكل والترتيب الصحيحين.			
١١	أسقطت ملفات بدء التشغيل في المجاري بالشكل والترتيب الصحيحين.			
١٢	عزلت ملفات التشغيل عن ملفات بدء التشغيل من الجهة المعاكسة لجهة خروج الأسلاك.			
١٣	ربطت ملفات المحرّك من الجهة المعاكسة لجهه خروج الأسلاك.			
١٤	وصلت مجموعات ملفات التشغيل بالطريقة الصحيحة.			
١٥	وصلت مجموعات ملفات بدء التشغيل بالطريقة الصحيحة.			
١٦	عزلت ملفات التشغيل عن ملفات بدء التشغيل من جهة خروج الأسلاك.			
١٧	ربطت ملفات المحرّك من جهة خروج الأسلاك.			
١٨	كبست مجاري المحرّك بالطريقة الصحيحة.			
١٩	عزلت الملفات بالورنيش.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- ترسم رسمًا دائريًا بطريقة اللف المتداخل أو المتسلسل.
- تجري العمليات الحسابية اللازمة لإعادة اللف.
- تنزع ملفات محرّك أحادي الطور ذي مواسع.
- تقيس أقطار الأسلاك باستخدام الميكروميتر.
- تعيد لف المحرّكات أحادية الطور وتصل نهايات أطرافها بالطريقة الصحيحة.
- تشغل المحرّك في حالة اللاحمل، وتقيس التيار والقدرة والسرعة.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● صندوق عدّة ● محرّك كهربائي أحادي الطور ذو مواسع. ● مطرقة بلاستيك. ● شاكوش حديد. ● أزميل مبسط. ● سنبك طرد. ● سكين تعرية. ● ميكروميتر. ● مقص ورق. ● جهاز أفوميتر. ● جهاز قياس السرعة (Tachometer). ● فرن كهربائي لتجفيف الملفات. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك لف محرّكات، أقطار مناسبة للمحرّك. ● ورق عزل محرّكات بسماكة مناسبة. ● لحام قصدير. ● سلك مفرد ١,٥ مم. ● خيط تربيط. ● مكرونة حرارية (Sleeve). ● فرشاة دهان. ● ورنيش عازل.

الرسوم التوضيحية



الشكل (١)

خطوات العمل، والنقاط الحاکمة

- ١- اقطع الملفات من الجهة المعاكسة لخروج نهايات ملفات بدء التشغيل وملفات التشغيل باستخدام الأزميل والمطرقة، مراعيًا عدم إتلاف صفائح العضو الساكن للمحرّك، كما هو مبين في الشكل (١).

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل، والنقاط الحاکمة



الشكل (٢)



الشكل (٣)



الشكل (٤)

٢- اكتب المعلومات الآتية قبل تنظيف المحرك كلياً:

أ - خطوة المجموعة لملفات التشغيل وملفات بدء التشغيل.

ب- عدد الملفات لكل مجموعة تشغيل ومجموعة بدء التشغيل.

ج- طريقة توصيل الملفات.

د - المحرك ملفوف بسلك أو أكثر.

٣- نظف المجاري من الأسلاك، وذلك بطرد الملفات من المجاري بوساطة سنك الطرد وشاكوش الحديد، مع سحبها بالزرادية، كما في الشكل (٢)

٤- قس قطر السلك لكل من ملفات التشغيل، وملفات بدء التشغيل بوساطة الميكروميتر كما في الشكل (٣)

٥- نظف المجاري من ورق العزل القديم وبقايا الورنيش بوساطة نصلة منشار، كما في الشكل (٤)

٦- جهّز الورق العازل بعدد المجاري، بحيث يزيد طول الورقة نحو ١,٥ سم على طول المجرى. الشكل (٥)

٧- حضّر ورق الأغطية من الورق نفسه بطول المجاري وبعرض مناسب؛ لتغطية الملفات بعد إسقاطها في المجاري.



الشكل (٥)



الشكل (٦)



الشكل (٧)

٨- اعمل شبلونة اللف من سلك مورنش، تُحدّد بوساطتها مقاسات ملفات المجموعة لكل من ملفات التشغيل وملفات بدء التشغيل. الشكل (٦).

٩- لف ملفات بدء التشغيل حسب العدد وقطر السلك.

١٠- ابدأ بإسقاط ملفات التشغيل أولاً من الصغير إلى الكبير حسب خطوة اللف، ثم ملفات بدء التشغيل.

١١- ضع ورق العزل فوق كل مجرى من مجاري المحرّك. كما في الشكل (٧).

١٢- صل أطراف ملفات التشغيل بعضها ببعض، وكذلك ملفات بدء التشغيل؛ لتشكّل أقطاباً متعاقبة. كما في الشكل (٨).

١٣- اعزل ما بين ملفات التشغيل وملفات بدء التشغيل من الجهتين، ثم اربطها بوساطة خيط تربيط مراعيًا خروج الأطراف الأربعة من الفتحة المخصصة لها من لوحة توصيل المحرّك.

١٤- تحقق من وجود اتصال بين طرفي ملفات التشغيل، وكذلك بين طرفي ملفات بدء التشغيل، باستخدام جهاز الأومميتر.

١٥- تحقق من العازلية بين كل طرف من الملفات وجسم المحرّك باستخدام جهاز فحص العازلية، بحيث لا يكون هناك أي اتصال.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١٦- اعزل الملفات بالورنيش.</p> <p>١٧- ضع المحرك في الفرن الكهربائي المخصص لتجفيف المحركات.</p> <p>١٨- أعد، بإشراف المعلم، تجميع المحرك، وذلك بتركيب الأغطية الجانبية وثبيتها جيدًا بالبراغي حتى يصبح العضو الدوار سهل الحركة.</p> <p>١٩- شغل المحرك، وقس التيار الذي يسري فيه بواسطة جهاز الأميتر.</p> <p>٢٠- قس سرعة دوران المحرك بواسطة جهاز (التاكوميتر).</p> <p>٢١- افصل المحرك عن مصدر التيار المتناوب.</p> <p>٢١- اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريرًا تبين فيه الخطوات التي اتبعتها.</p>

التقييم

- ١- ما فائدة تريبط ملفات المحرك؟
- ٢- كيف يتم عكس اتجاه دوران المحرك أحادي الطور؟
- ٣- اذكر سبب وجود ملفات التشغيل غالبًا في قاع المجرى؟
- ٤- إذا كانت سرعة محرك ١٤٥٠ د/د، فكم قطبًا له؟



– سجل المواصفات الفنية لشراء مواد التمرين السابق.

– محرّك طور واحد، ملفوف بطبقة واحدة، عدد مجاريه ٣٢، وعدد أقطابه ٤، نوع اللف متداخل. والمطلوب منك:

• رسم دائري لهذا المحرك.

• رسم المحرك رسمًا انفراديًا.

• إعادة لفه، حسب ما تقدّم.

– دوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيّم تنفيذك لكل خطوة وفق بطاقة التقويم الذاتي.

التقويم الذاتي



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تتعرّف أجزاء محرّك القطب المظلل، ومكوّناته.
- تفكّ ملفات العضو الساكن لمحرّك القطب المظلل.
- تدوّن معلومات الملفات.
- تعيد لفها من جديد، ثمّ توصلها بالمصدر الكهربائي.
- تعكس اتجاه دوران محرّك القطب المظلل.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● صندوق عدّة. ● محرّك قطب مظلل. ● جهاز أفوميتر. ● مطرقة بلاستيك. ● شاكوش معدني. ● كاوي لحام كهربائي. ● ميكروميتر. ● مسطرة حديد. ● مقص ورق. ● فرشاة دهان. ● قطاعة، زرادية. ● طقما مفاتيح: شق، ورنج. ● طقم مفاتيح سداسي. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك لف محرّكات. ● لحام قصدير. ● ورق عزل محرّكات. ● سلك مفرد ١,٥ مم. ● خيط تربيط. ● ورنيش عزل.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١)</p>	<p>١ - يبيّن الشكل (١) العضو الساكن لمحرّك القطب المظلل (عدد أقطابه أربعة).</p> <p>٢ - أزل الملفات، وذلك بقطعها بوساطة القطاعة أو بوساطة الشاكوش والإزميل (بحسب حجم المحرّك)، ثمّ اسحبها من الجهة الثانية بوساطة الزرادية.</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢)



الشكل (٣)

خطوات العمل، والنقاط الحاکمة

- ٣- قس قطر السلك في أثناء الفك بواسطة الميكروميتر، كما تعلّمت سابقاً.
- ٤- عدّ لفات كل ملف على حدة.
- ٥- نظف المجاري من بقايا ورق العزل والورنيش بواسطة نصلة منشار.
- ٦- أعد عزل المجاري بورق عزل جديد حسب مقياس المجاري.
- ٧- ابدأ بعملية لف ملفات الأقطاب، وذلك كما يأتي:
- أ- عمل شبلونة، ولف الملفات خارج المحرّك، ثم إسقاطها داخل مجاري المحرّك.
- ب- لف الملفات مباشرة باستخدام بكرة سلك، ثم البدء بعدّ الملفات المطلوبة، كما في الشكل (٢).
- ٨- حضّر أغشية الملفات من الورق العازل، ثم ضعها في مكانها مراعيًا عدم بروزها من جهة العضو الدوّار.
- ٩- صل الأقطاب ببعضها، وذلك بتوصيل نهاية القطب الأول مع نهاية القطب الثاني، وهكذا. (التوصيل مع عقارب الساعة)، كما في الشكل (٣).
- ١٠- ثبت الملفات من الجهة المعاكسة لخروج الأطراف، وذلك بربطها بخيط التريبط.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١١- مستخدمًا كاوي اللحام والقصدير، الحم سلكًا مفردًا مع طرفي نهاية الأقطاب بعد تعريتها من الورنيش، ثم اعزل اللحام بالمكرونة، وأخرج الطرفين من المكان المخصّص لذلك.</p> <p>١٢- اربط الملفات من هذه الجهة، كما هي في الجهة المقابلة.</p> <p>١٣- أجر بعض الفحوصات، مثل: أ- فحص مقاومة الملفات بجهاز الأومميتر؛ بهدف البحث عن قطع بها. ب- فحص تماس الملفات مع الهيكل.</p> <p>١٤- بعد التأكد من جودة اللف، اعزل الملفات بالورنيش حتى تجف.</p> <p>١٥- أعد تجميع المحرّك مراعيًا وضع العضو الثابت مع الأغشية؛ لكي لا ينعكس اتجاه دوران المحرّك.</p> <p>١٦- قس التيار وسرعة المحرّك، ثمّ قارنهما مع معلومات لوحة البيانات للمحرّك.</p> <p>١٧- اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريرًا تبين فيه الخطوات التي اتّبعتها.</p>
<p>التقييم</p> <p>١- كيف يتم عكس اتجاه دوران محرّك القطب المظلل؟</p> <p>٢- ماذا ينتج من قطع ملفات التظليل؟</p>	



نُفِّذ التمارين العملية الآتية بطريقة العمل الجماعي، أو حسب إرشادات المعلم.
- اعكس اتجاه دوران المحرّك، وذلك بعكس وضع القلب الحديدي.



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

الوحدّة الثّانية

محركات التّيار المتناوب ثلاثي الطور

Three-Phase AC Motors



● ما الفرق بين المحرّكات الكهربائيّة أحادية الطور وثلاثية الطور؟

● ما مجالات استخدام المحرّكات ثلاثية الطور؟

مرّ معك في الوحدة الأولى المحرّكات الكهربائيّة أحادية الطور، وستتطرق في هذه الوحدة للمحرّكات الكهربائيّة ثلاثية الطور، من حيث تركيبها، وأنواعها، وخصائصها، واستخداماتها، وطرائق إعادة لف عضوها الساكن، ومسببات أعطالها، وكيفية إصلاحها.

يُتوقَّع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن:

- تتعرّف مكوّنات محرّك التيار المتناوب ثلاثي الطور.
- تتعرّف أنواع محرّكات التيار المتناوب ثلاثية الطور، وخصائصها، واستخداماتها.
- تتعرّف أساسيات لف العضو الساكن في المحرّكات ثلاثية الطور.
- تتعرّف طرائق لف العضو الساكن في المحرّكات ثلاثية الطور.
- تتعرّف أعطال المحرّكات ثلاثية الطور، ومسبباتها، وكيفية إصلاحها.
- تنفذ توصيلات المحرّكات ثلاثية الطور نجمة – ومثلث.
- تتعرّف توصيلات المحرّك ثلاثي الطور ذي السرعتين.
- تتعرّف طرائق عكس اتجاه الدوران للمحرّكات ثلاثية الطور.
- تتعرف المحرّك الحثي أحادي الطور ذا العضو الملفوف على شكل ثلاثي الطور، وكيفية عكس اتجاه دورانه .
- تبيّن كيفية تحويل المحرّك ثلاثي الطور ليعمل على طور واحد، وكيفية عكس اتجاه دورانه.
- تشخّص أعطال المحرّكات الكهربائيّة ثلاثية الطور ذات القفص السنجابي، وتصونها.
- تفك المحرّكات ثلاثية الطور، وتعيد تجميعها.
- تجري عملية القياس المختلفة للتيار والفولطية والسرعة في المحرّكات ثلاثية الطور.
- تجري اختبارات ما بعد لف المحرّكات الكهربائيّة ثلاثية الطور.
- تحدد أعطال إعادة لف المحرّكات، وتصلحها.
- تتعرّف معلومات ملفات محرّكات السرعتين، وتدوّننها على نحو صحيح.
- تعيد لف محرّك ثلاثي الطور ذي سرعتين بطريقة الدندر.
- تطبّق تعليمات الصحة والسلامة المهنية في أثناء العمل.

مبدأ عمل المحركات ثلاثية الطور ومكوّناتها

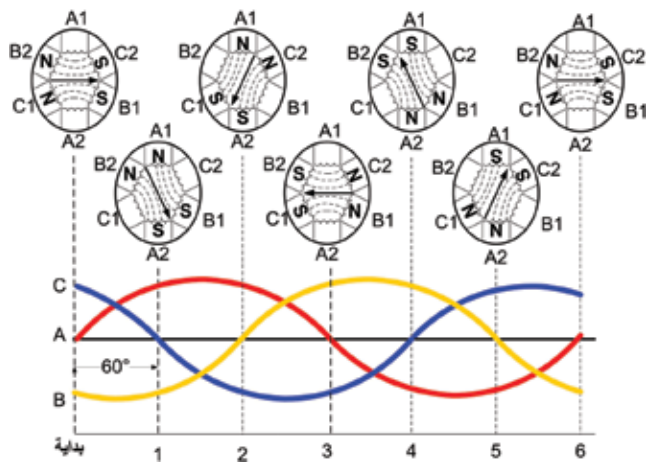
أولاً

درست سابقاً أنه إذا سري تيار في موصل، وكان هذا الموصل داخل مجال مغناطيسي، فإنه يقع تحت تأثير قوه ميكانيكية تحركه. وعلى هذا النحو يعتمد مبدأ عمل المحرك الكهربائي؛ فإذا كانت هناك مجموعة من الموصلات التي يسري خلالها تيار كهربائي واقعة ضمن مجال مغناطيسي دوّار، فإن هذه الموصلات تدور وراء هذا المجال المغناطيسي بسبب القوى المؤثرة فيها.

١- مبدأ عمل محركات التيار المتناوب ثلاثية الطور

لفهم مبدأ عمل محرك ثلاثي الطور، سنوضح كيفية نشوء المجال المغناطيسي الدوّار. يحتوي العضو الساكن في المحرك ثلاثي الطور على ثلاثة ملفات، يمثل كل منها أحد الأطوار الثلاثة (A - B - C) وتكون الإزاحة الطورية بين كل طور والآخر (120°).

في البداية، وعند الزاوية (صفر) يكون التيار الذي يسري في الملف (A1-A2) مساوياً صفراً، كما أن المجال الناتج منه يساوي صفراً. أما الملف (B1-B2)، فيكون التيار الذي يسري خلاله سالباً، ويساوي ($-\frac{\sqrt{3}}{2}$) من قيمته العظمى. وبالنسبة إلى الملف (C1-C2)، فإن تياراً يسري فيه يساوي ($\frac{\sqrt{3}}{2}$) من قيمته العظمى. وبذلك يمكن تمثيل محصلة المجال المغناطيسي المتولد في الملفات الثلاثة بقضيب مغناطيسي يعبر عنه بسهم، واتجاهه، كما في الشكل (٢-١).



الشكل (٢ - ١): المجال المغناطيسي الدوّار في محرك ثلاثي الطور.

أما في الوضع (١)، أي بعد (60°) كهربائية، فسيكون التيار الذي يسري في الملف (A1-A2) مساوياً ($\frac{\sqrt{3}}{2}$) من قيمته العظمى، بينما في الملف (B1-B2) فسيكون التيار الذي يسري خلاله سالباً، ويساوي ($-\frac{\sqrt{3}}{2}$) من قيمته العظمى. ويكون التيار الذي يسري في الملف (C1-C2) مساوياً صفراً، فلا ينتج منه مجال مغناطيسي. ومن ثمّ فإن محصلة

المجال المغناطيسي الناتج من الملفات الثلاثة كما هو مبين باتجاه السهم في الشكل المذكور، بمعنى أن المجال المغناطيسي دار (60°) باتجاه عقارب الساعة. أما في الوضع (2)، فيظهر وكأن محصلة المجال المغناطيسي قد دارت (120°) مع عقارب الساعة، وهكذا يمكن تتبع باقي النقاط لمعرفة المجال المغناطيسي الدوّار، كما سبق بيانه في المحرّكات أحادية الطور.

٢- مكوّنات محرّكات التيار المتناوب ثلاثية الطور

يتكوّن محرّك التيار المتناوب ثلاثي الطور من عضوين أساسيين، هما: العضو الساكن (Stator)، والعضو الدوّار (Rotor). ويتكوّن كل جزء بدوره من قلب حديدي (Core) وملفات (Windings).

أ - العضو الساكن: ويشمل العضو الساكن أجزاء عدّة هي:

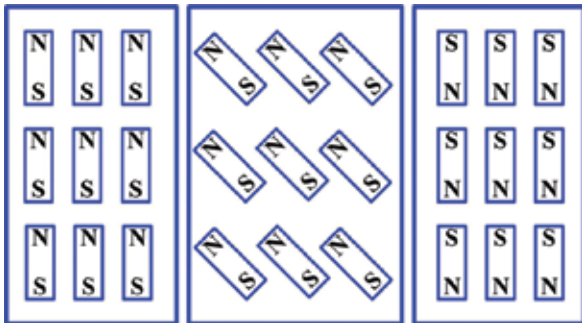
١. الهيكل الخارجي (Frame): وهو جسم المحرّك، يصنع من الفولاذ، ويحتوي على فتحات تهوية، ويثبت عليه القلب المعدني للعضو الساكن.



الشكل (٢ - ٢): العضو الساكن.

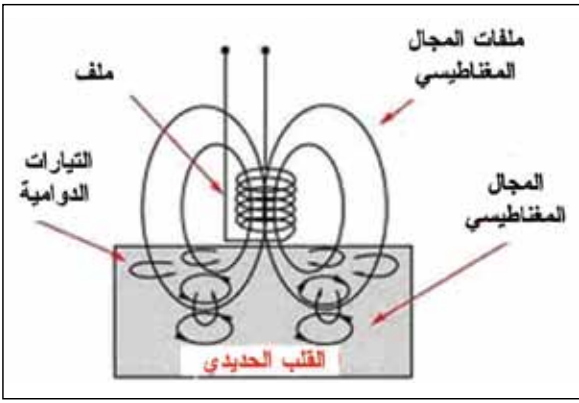
٢. القلب (Core): يحتوي القلب المعدني على مجاري مكوّنة من مجموعة من صفائح معدنية معزولة، الشكل (٢-٢)؛ لتعمل على تقليل المفاقد الهستيرية (Hysteresis Losses)، حيث إن هذه المفاقد

تنتج من مجالات مغناطيسية تتغيّر حسب تردّد المصدر، مما يؤدي إلى رفع درجة حرارة القلب المعدني، الأمر الذي يؤدي إلى فقدان جزء من الطاقة على شكل



الشكل (٢ - ٣): المفاقد الهستيرية.

حرارة، الشكل (٢-٣). وتعمل الصفائح المعدنية المعزولة على تقليل مفاقد التيارات الدوامية (Eddy Current) التي تنتج بسبب التغيّر في المجال المغناطيسي في



الشكل (٢ - ٤): تكوّن التيارات الدوامية في القلب الحديدي

القلب المعدني، كما يبيّن الشكل (٢ - ٤). حيث إن هذه القوة الدافعة المغناطيسية مسؤولة عن تولّد تيارات تسري على شكل حلقات على سطح القلب المعدني. علمًا بأن هذه الحلقات الدوامية تتقطع بسبب الصفائح المعزولة، ونتيجة لذلك تقلل المفاهيم الحرارية في العضو الدوّار.

٣. الملفات (Windings): يحتوي العضو الساكن على ثلاثة ملفات متماثلة موزعة توزيعًا منتظمًا ومتساويًا في مجاري المحرّك، بحيث يُخصّص لكل طور من الأطوار عدد متساوٍ من الملفات والمجاري. ويكون ملف كل طور مُزاحًا عن ملف الطور الآخر بمقدار (١٢٠) درجة كهربائية؛ وذلك من أجل ضمان عمل متوازن للمحرّك. ويوزع ملف كل طور ضمن الحيز المخصص له في العضو الساكن وفق ما يسمّى بخطوة اللف، وهي البعد بين طرفي اللفة الواحدة في الملف الواحد. ب- يتكون العضو الدوّار من نوعين، هما:

ب- العضو الدوّار ذو ملفات القفص السنجابي: هو الجزء المتحرّك في المحرّك ثلاثي الطور وهو جسم أسطواني معدني على شكل صفائح من الحديد المغناطيسي قابليتها للتمغنط



الشكل (٢ - ٥): العضو الدوّار من نوع القفص السنجابي.

عالية جدًّا، وتعزل هذه الصفائح عن بعضها بالورنيش. يحوي هذا العضو ملفات القفص السنجابي التي تتكون من عدد من قضبان النحاس السميكة أو من الألمنيوم الموضوعة في مجاري القلب الحديدي، وتلحم أطراف القضبان بحلقة سميكة من المعدن نفسه لإكمال الدارة الكهربائية وزيادة تيار بدء التشغيل كما في الشكل (٢ - ٥).

أنواع محركات التيار المتناوب ثلاثي الطور (Three-Phase AC Motors)

كما مرّ معك سابقاً في تصنيف محركات التيار المتناوب الشكل (١-١) من الوحدة الأولى، يمكن تصنيف المحركات ثلاثية الطور إلى:

١- المحركات الحثية (Induction Motors)

تكون سرعة العضو الدوّار في هذه المحركات أقل من سرعة المجال المغناطيسي الدوّار، وتتم تغذية العضو الدوّار بالحث وليس من مصدر خارجي. يمكن تصنيف المحركات الحثية ثلاثية الطور حسب العضو الدوّار إلى:

أ - المحرك الحثي ذي القفص السنجابي (Squirrel Cage Motor): ويتكوّن من جزأين رئيسيين:

١. العضو الساكن: ويحتوي على ثلاث مجموعات من الملفات مزاحة بعضها عن بعض بمقدار (١٢٠°)، وتوصل أطرافها إما على شكل نجمة أو مثلث.

٢. العضو الدوّار: يتكوّن من جسم أسطواني مصنوع من رقائق الحديد، ويحتوي على مجارٍ توضع بداخلها قضبان نحاسية أو من الألومنيوم، كما هو مبين في الشكل (٢-٦)، تقصر أطرافها من كل ناحية بحلقة متينة من معدن القضبان نفسه، بحيث

تشبه القضبان والحلقات شكل

القفص، كما في الشكل (٢-٧)،

ولذلك سمّيت بالمحركات ذات

القفص السنجابي. إن وجود دائرة

القصر في القضبان تعمل على زيادة

تيار بدء التشغيل.

مزايا محركات القفص السنجابي:

١. البساطة في التركيب .

٢. تحمّل الظروف الجوية الصعبة .



الشكل (٢-٦): مقطع عرضي يبيّن

قضبان العضو الدوّار.



الشكل (٢ - ٧): العضو الدوّار ذو القفص السنجابي.

٣. عدم احتوائه على فرش كربونية.

٤. سهولة صيانتة.

٥. امتلاكه ميزات تشغيل جيدة عندما

تكون السرعة ثابتة؛ وذلك بسبب

انخفاض مقاومة العضو الدوّار.

ويعمل هذا المحرّك عند سرعة

أقل من السرعة التزامنية بمقدار

الانزلاق، وتترايد قيمة الانزلاق بزيادة الحمل، ومن ثمّ تتناقص السرعة مع زيادة

في العزم بسبب زيادة الحمل.

مساوي محرّكات القفص السنجابي:

١. على الرغم من أن تيار البدء عال، فإنّ العزم الناتج ضعيف.

٢. يصعب التحكم في السرعة.

٣. سرعة المحرك غير ثابتة، وتتغير حسب الحمل.

مجالات استخدام محرّك القفص السنجابي:

١. آلات الخراطة والثقب والجلخ.

٢. صناعة النسيج.

٣. أعمال النجارة والنشر.

٤. المراوح والمضخات.

ب- المحرّك الحثي ذي العضو الملفوف (Wound - Rotor Motor): يتكوّن من عضوين رئيسيين:

١. العضو الساكن: جسم أسطواني معدني على شكل رقائق معزولة بعضها عن بعض؛

وذلك لتقليل المفايد الحديدية، وتحتوي مجاريه على ثلاث مجموعات من

الملفات توصل مع المصدر.

٢. العضو الدوّار: يتكوّن من جسم أسطواني مصنوع من رقائق الحديد المعزولة،

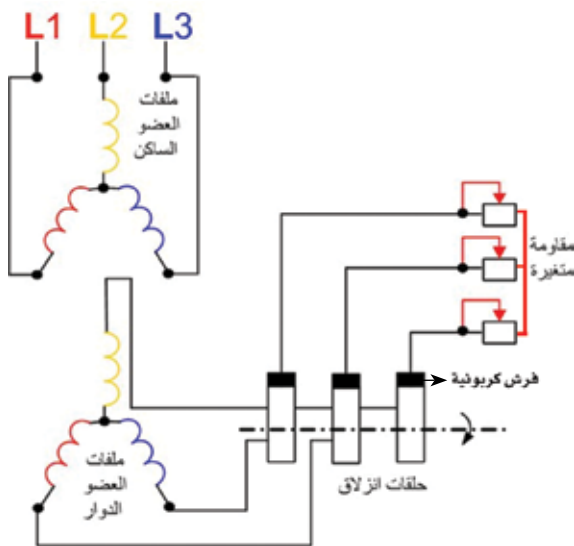
تحتوي مجاريه على ملفات، ويطلق على هذا النوع من المحرّكات العضو

الملفوف؛ لأن ترتيب هذه الملفات يماثل ملفات العضو الساكن، كما يوضح الشكل (٢-٨).



الشكل (٢-٨): العضو الدوّار لمحرّك حثي ذي العضو الدوّار الملفوف.

توصل ملفات العضو الدوّار على شكل نجمة، كما توصل الأطراف على ثلاث حلقات انزلاقية مركّبة على عمود إدارة المحرّك نفسه بحيث تدور معه. ومن هنا جاءت تسمية هذا النوع من المحرّكات بالمحرّكات ذات الحلقات الانزلاقية (Slip-Rings Motors). توصل هذه الملفات مع مقاومة خارجية بوساطة



الشكل (٢-٩): دائرة بدء حركة المحرّك بوساطة مقاومات متغيّرة.

الفرش الكربونية التي تلامس حلقات الانزلاق. علماً بأنّ توصيل المقاومة الخارجية مع ملفات العضو الدوّار على التوالي، كما في الشكل (٢-٩)، يعطي لهذا المحرّك المزايا الآتية:

١. إمكانية التحكم في سرعة المحرّك.
٢. الحدّ من تيار البدء المسحوب من المصدر.
٣. رفع معامل القدرة عند بدء التشغيل.
٤. تحقيق عزم بدء عالٍ.

ومن مساويء هذا المحرّك

١. ارتفاع تكاليف تركيبه وتشغيله.
٢. تركيبه أكثر تعقيداً مقارنة بالمحرّك ذي القفص السنجابي.
٣. يحتاج إلى صيانة باستمرار؛ بسبب وجود حلقات الانزلاق واحتكاكها مع الفرش الكربونية .

مجال الاستخدام

١. المصاعد والروافع.
٢. المضخات.
٣. آلة صقل الورق.

النشاط (١-٢)

ابحث في الإنترنت عن خصائص وأشكال أخرى للمحرّك ذي العضو الدوّار الملفوف.

٢- المحرّكات التزامنية (Synchronous Motors)

يستخدم المحرّك التزامني في المصانع الكبيرة، ويكون بحجم كبير وبقدرة تزيد على (٢٠٠) كيلو واط، وقد تصل الى (٥٠,٠٠٠) كيلو واط، ويستخدم في الأماكن التي تتطلب إقلاغاً متكرراً. علماً بأنّ هذا النوع من المحرّكات لا يستخدم في الاستعمالات المنزلية.

أهم ما يميّز هذا المحرّك العمل بالسرعة التزامنية؛ أي بسرعة ثابتة مع ثبات تردد المصدر؛ وبانزلاق يساوي صفراً.



أ- تركيب المحرّك : يتكوّن المحرك التزامني

من الأجزاء الأساسية الآتية:

١. العضو الساكن (Stator): ويشبه

تركيب العضو الساكن للمحرّك الحثي

ثلاثي الطور، الشكل (١٠-٢).

٢. العضو الدوّار (Rotor): يشبه العضو

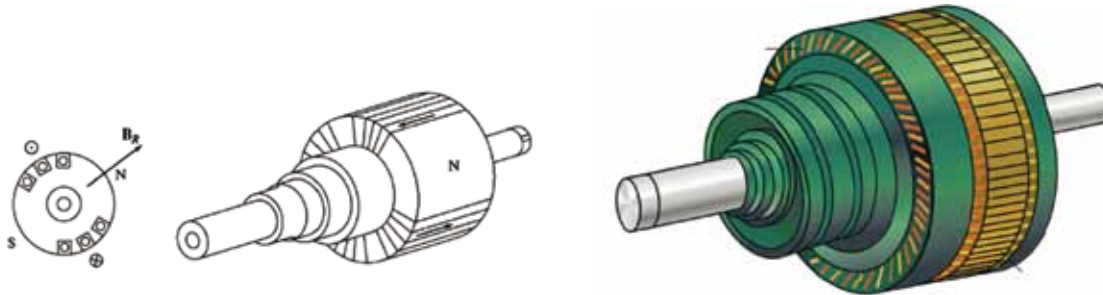
الشكل (١٠-٢): العضو الساكن.

الدوّار الملفوف؛ لاحتوائه على ملفات تشكل الأقطاب المغناطيسية الرئيسة، ويكون عدد أقطابه مساوياً عدد أقطاب العضو الساكن، بحيث توصل على نحو متعاقب شمالي - جنوبي، وكذلك يحوي حلقتي انزلاق عليهما فرش كربونية لتغذية الأقطاب بالتيار المباشر.

وتقسم أنواع العضو الدوّار إلى نوعين:

أ . العضو الدوّار ذي الأقطاب البارزة (Salient Pole)، الشكل (١١-٢).

ب. العضو الدوّار الأسطواني (Cylindrical Rotor)، الشكل (١٢-٢).

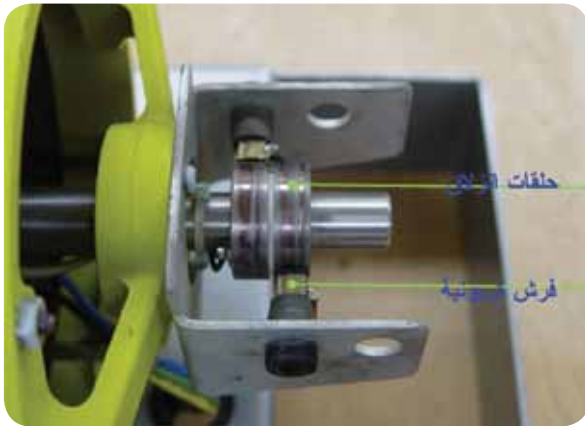


الشكل (١٢-٢): العضو الدوّار الأسطواني.

الشكل (١١-٢): العضو الدوّار ذو الأقطاب البارزة.

٣. حلقات انزلاق (Slip Rings): هناك حلقتا انزلاق مثبتتان على محور دوران العضو

الدوّار، يتم بوساطتهما توصيل التيار المباشر إلى ملفات الأقطاب على العضو الدوار، الشكل (١٣-٢).



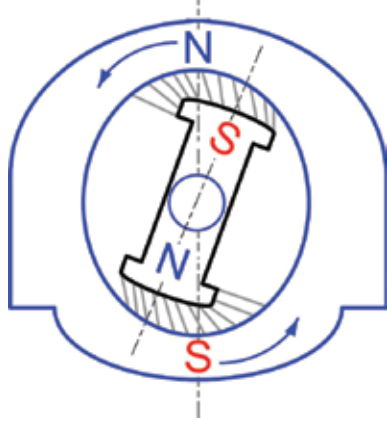
الشكل (١٣-٢): حلقات الانزلاق والفرش الكربونية.

ب-مبدأ العمل: عند توصيل ملفات العضو الساكن مع المصدر، والأقطاب الرئيسة للعضو الدوّار مع التيار المباشر وهو في حالة السكون، فإن كل قطب من أقطاب المجال المغناطيسي الدوار يحاول جذب

القطب المخالف من الأقطاب الرئيسة في العضو الدوّار الذي يتصادف مروره لحظة التوصيل، مما يعطي العضو الدوار عزم دوران في اتجاه دوران المجال المغناطيسي الدوّار.

ونظراً إلى عزم القصور الذاتي الكبير الذي يمتلكه العضو الدوّار، فإنه قبل أن يدور القطب المماثل من أقطاب المجال المغناطيسي الدوّار يكون قد جاء أمام القطب نفسه من الأقطاب الرئيسية؛ لكي يتنافر معه ويعطيه عزم دوران في الاتجاه المضاد؛ لذا سيبقى ثابتاً من غير حركة. ينشأ عزم الدوران الذي يعطيه المحرّك على أساس الترابط بين مجموعة الأقطاب الرئيسة على العضو الدوّار، ومجموعة الأقطاب للمجال المغناطيسي الدوّار، الذي يعود إلى التأثير المغناطيسي لملفات العضو الساكن، وعندما تدور المجموعتان بسرعة التزامن (ns) (Synchronous Speed) فإن المحرّك لا يمتلك عزم بدء الدوران، ولا بدّ حينئذ من تدوير العضو الدوّار عند بدء التشغيل.

والشكل (٢-١٤) يوضح ترابط أقطاب العضو الدوّار والعضو الساكن.



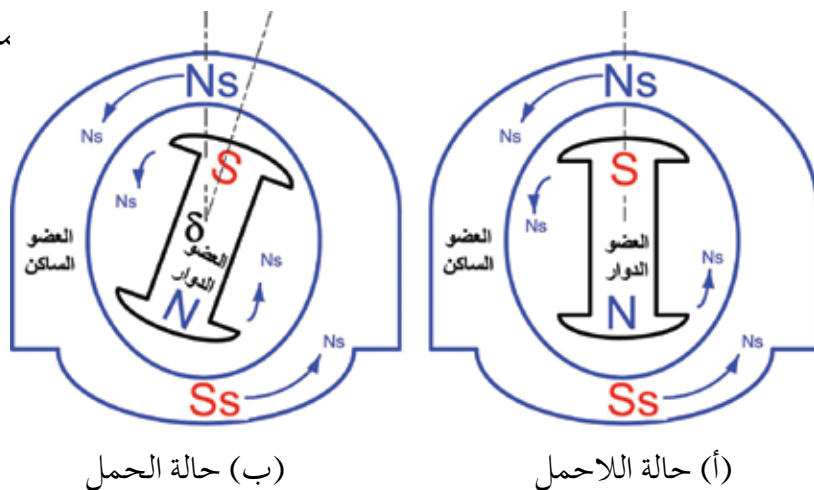
الشكل (٢-١٤): ترابط أقطاب العضو الساكن والعضو الدوّار.

يُلاحظ عند عمل المحرّك التزامني بلا حمل انطباق محوري أقطاب العضو الساكن والعضو الدوّار، وعند تحميل المحرك فإن محور أقطاب العضو الدوّار سيتأخر بزاوية مقدارها (δ) تسمى بزاوية العزم، وتعتمد قيمتها على مقدار الحمل، بحيث تزداد الزاوية كلما زاد الحمل، ويصل عزم الحمل إلى القيمة القصوى عندما تكون

$\delta = 90^\circ$ وبزيادة الحمل إلى حدّ كبير سيخرج المحرّك عن التزامن أو توقف عن الدوران.

يوضّح الشد

محرّك التزامني.



(ب) حالة الحمل

(أ) حالة اللاحمل

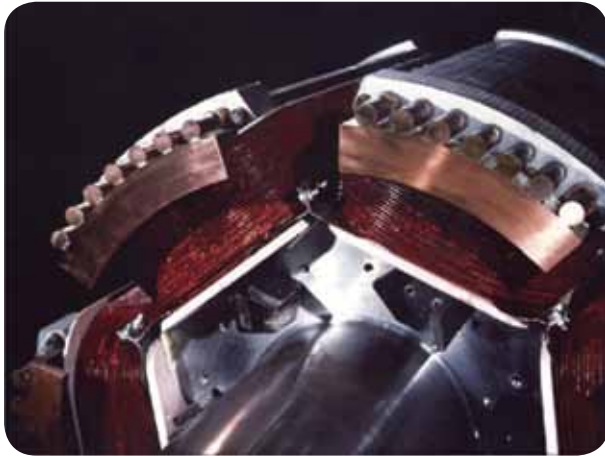
الشكل (٢-١٥): زاوية العزم بين محوري أقطاب العضو الساكن والعضو الدوّار.

ج-طرائق بدء الحركة (التشغيل) للمحركات التزامنية: وهي طرائق عدّة، من أشهرها:

١. البدء عن طريق محرك حثي أو محرك تيار مباشر: ويعمل هذا المحرك على إدارة العضو الدوّار ليصل إلى السرعة التزامنية أو قريبًا منها، مع ملاحظة عدم تحميل المحرك عند البدء بتشغيله. علمًا بأنه يوجد على محور دوران المحركات التزامنية الكبيرة جدًّا مولد تيار مباشر يمكن استخدامه أيضًا كمحرك بدء.

٢. بدء الحركة كمحرك حثي: توجد في بعض أنواع المحركات التزامنية قضبان نحاسية أو من الألومنيوم موضوعة داخل مجارٍ خاصة على الأقطاب البارزة للعضو الدوّار، وتكون هذه القضبان مقصورة من طرفيها وتسمّى بملفات التخميد (Damping Winding)، الشكل (٢-١٦). وهذا النوع يسمّى بالمحركات التزامنية الحثية (Synchronous Induction Motor).

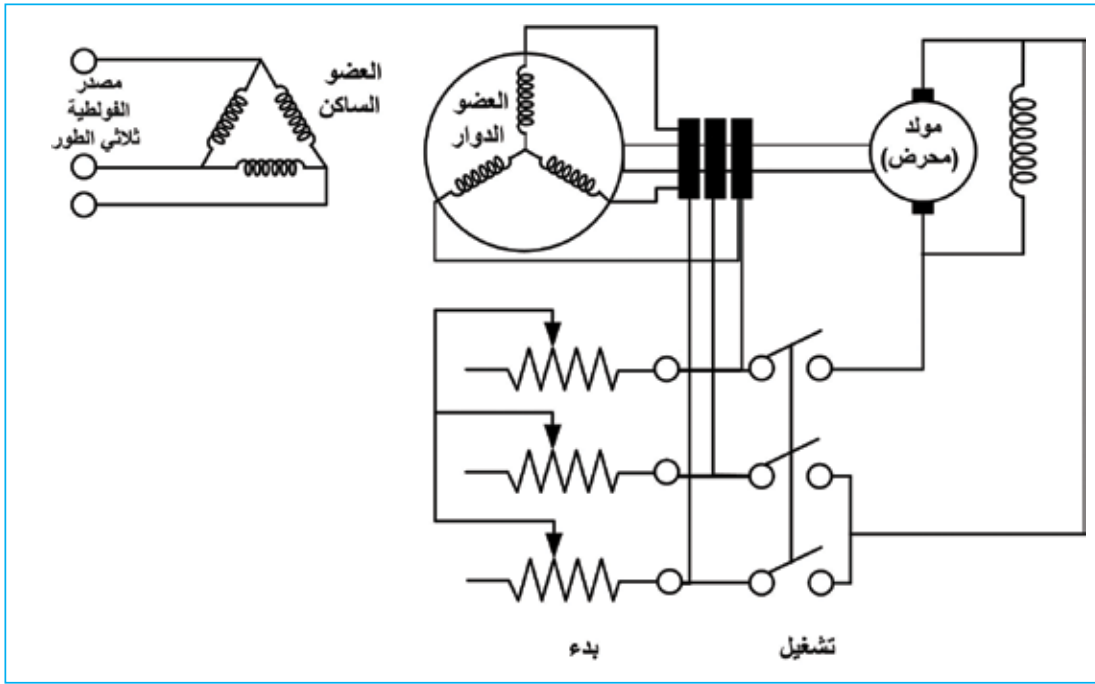
ملفات التخميد (Damping Winding): وهي قضبان نحاسية أو من الألومنيوم مقصورة من طرفيها وتشبه القفص السنجابي، وتستخدم مع المحركات التزامنية ذات الأقطاب البارزة؛ بحيث تكون سرعة العضو الدوّار عند بدء دوران المحرك أقل من السرعة التزامنية، مما يؤدي إلى توليد قوة دافعة حثية في القضبان، ومن ثم مرور تيار حثي فيها، وتولّد مجال مغناطيسي سيتفاعل مع المجال الرئيس، ويؤدي إلى وصول سرعة العضو الدوّار إلى السرعة التزامنية. والشكل (٢-١٦) يوضّح ملفات التخميد في المحرك التزامني.



الشكل (٢-١٦): ملفات التخميد.

يبين الشكل (٢-١٧) طريقة البدء كمحرك حثي؛ حيث تكون ملفات التحريض في البداية مفصولة عن مصدر التيار المباشر، وتوصل ملفات العضو الدوّار مع مقاومات بدء خاصة لتقليل تيار البدء العالي للمحرك، ويتم توصيل

فولطية ثلاثية الطور للعضو الساكن، ويدور المحرك كمحرك حثي، وعندما تصل سرعة دوران المحرك إلى ٩٥٪ من سرعته الأسمية يتم فصل مقاومات البدء وتوصيل أطراف العضو الدوار عبر حلقتي الانزلاق مع مصدر التيار المباشر على نحو فوري.



الشكل (٢-١٧): الدارة الكهربائية لبدء تشغيل محرك تزامني.

النشاط (٢-٢)

- ابحث في مكتبة المدرسة عن فوائد أخرى لمفاتيح التخميد غير بدء الحركة.
- ابحث عن أنواع مصادر الفولطية المباشرة التي تُزوّد بها المحركات التزامنية الكبيرة.

د - تأثير تغيير تيار التحريض في خصائص المحرك التزامني: عند مرور تيار التحريض في ملفات العضو الدوار سيتولّد مجال مغناطيسي يقطع ملفات العضو الساكن؛ فتتولّد فيها (ق.د.ك) تعاكس فولطية المصدر، ويعتمد تيار المصدر على محصلة هاتين الفولطيتين (فولطية المصدر و ق.د.ك العكسية المتولدة).

يعدّ تيار التحريض الذي يولد (ق.د.ك العكسية) التي تساوي فولطية المصدر تيار

التحريض اللازم، وإذا نقص التيار عن هذه القيمة يعدّ تيار التحريض ناقصًا (Under-Excitation)، وإذا زاد عنها يعدّ زائدًا (Over-Excitation).

في حالة التحريض الناقص تكون ق.د.ك العكسية أقل من فولتية المصدر، ويكون التيار المسحوب متأخرًا عن الفولتية المحصلة، وكذلك متأخرًا عن فولتية المصدر بزاوية θ (حيث $\cos \theta$ هي معامل القدرة) وعندها نحصل على معامل قدرة متأخر. وعند التحريض الزائد فإن التيار المسحوب يتقدم على فولتية المصدر بزاوية θ ، وتكون ق.د.ك أكبر من فولتية المصدر، وعندها نحصل على معامل قدرة متقدم.

هـ- الاستخدامات: يستخدم المحرّك التزامني للسرعات المنخفضة والقدرات العالية، ويكون اقتصاديًا أكثر من غيره في هذه الحالة. وهو يستخدم لتدوير ضاغطات الهواء والأمونيا، وفي المضخات المائية والمطاحن والمداحل، وفي صناعة الأقمشة والأسمنت والمناجم، كما يستخدم في السفن الكبيرة لتدوير العنفات، ولتصحيح معامل القدرة، كما أشرنا سابقًا.

و- مزايا المحرّكات التزامنية ومساوئها: بالرغم من المميزات الجيدة للمحرّكات التزامنية في تصحيح معامل القدرة والحصول على سرعة ثابتة والعمل بكفاءة عالية، فإنّ لها سلبيات عدّة، منها:

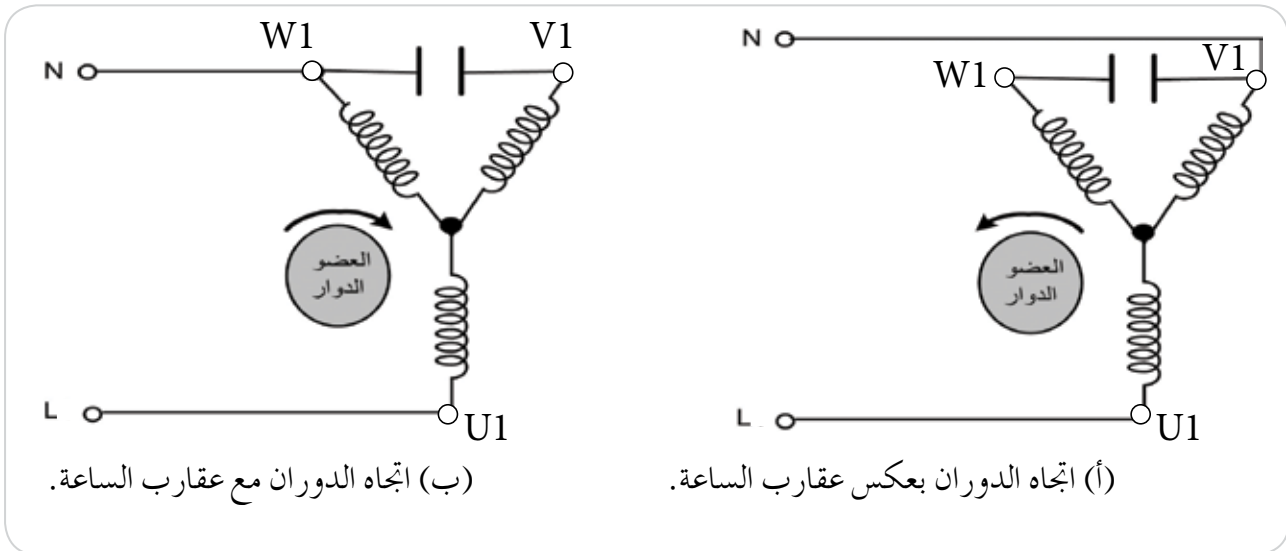
١. تحتاج إلي مصدر تيار مباشر من أجل الحصول على تيار التحريض.
٢. عزم بدئها ضعيف إذا لم يزوّد بوسيلة بدء.
٣. حساسيتها الزائدة لأي اضطراب أو تغييرات مفاجئة على الشبكة.
٤. ميلها إلى التذبذب (Hunting) بسبب عدم استقرار التردد.
٥. توقفها عند التحميل الزائد.

تشغيل محرّك ثلاثي الطور بفولطية طور واحد

يمكن تشغيل محرّك ثلاثي الطور على فولطية طور واحد للمحرّك ذي القدرات الصغيرة الذي قدرته أقل من حصان ميكانيكي. علماً بأن قدرة المحرّك الثلاثي لن تتعدى حينئذ ٧٥٪ من قدرته الأصلية. وفي حالة التحويل، سوف يفقد المحرك ثلث قدرته؛ لأنّ أحد الملفات الثلاثة يعمل كمكثف بدء. ويتم التحويل بتوصيل مواسع بدء التشغيل، كما في الشكل (٢-١٨)، وتحسب قيمة المواسع على نحو تقريبي حسب قدرة المحرّك، وهي كما يأتي:

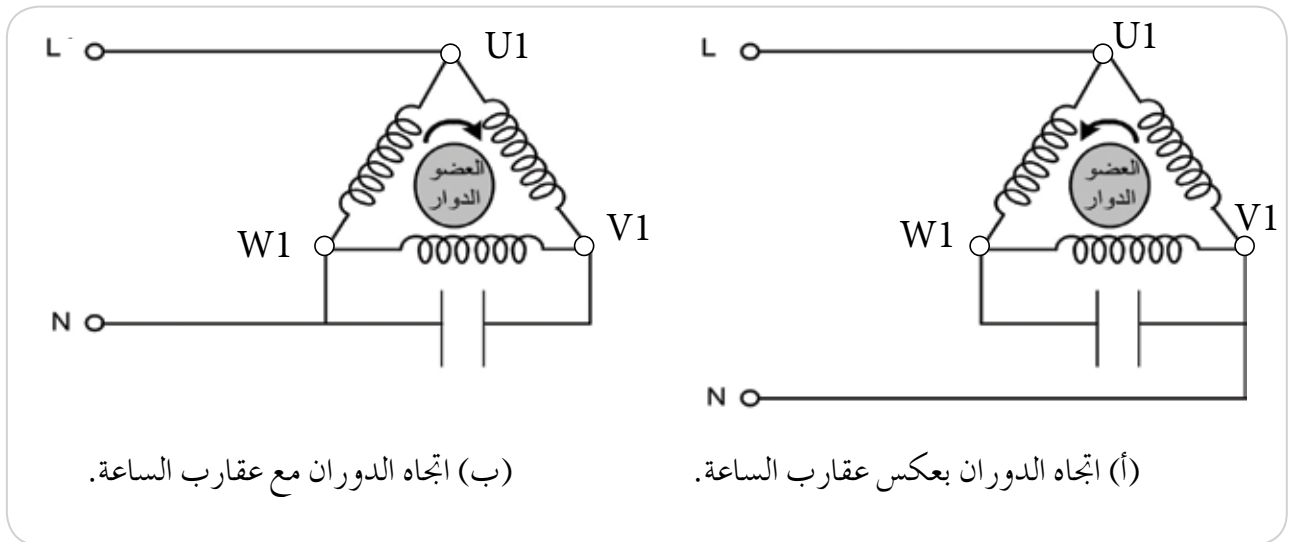
يتم توصيل مواسع (50 μ F) لكل حصان ميكانيكي عند عمل المحرّك على فولطية (٢٢٠) فولط طور واحد.

يوضّح الشكل الآتي طريقة توصيل المواسع مع ملفات المحرّك الموصل على شكل نجمة، وكيفية عكس دورانه.



الشكل (٢-١٨): توصيل المواسع مع ملفات محرّك ثلاثي الطور موصل على شكل نجمة؛ ليعمل كمحرّك أحادي الطور وعكس اتجاه دورانه.

ويوضح الشكل الآتي (١٩-٢) طريقة توصيل المواسع مع ملفات المحرك الموصول على شكل مثلث، وكيفية عكس دورانه.



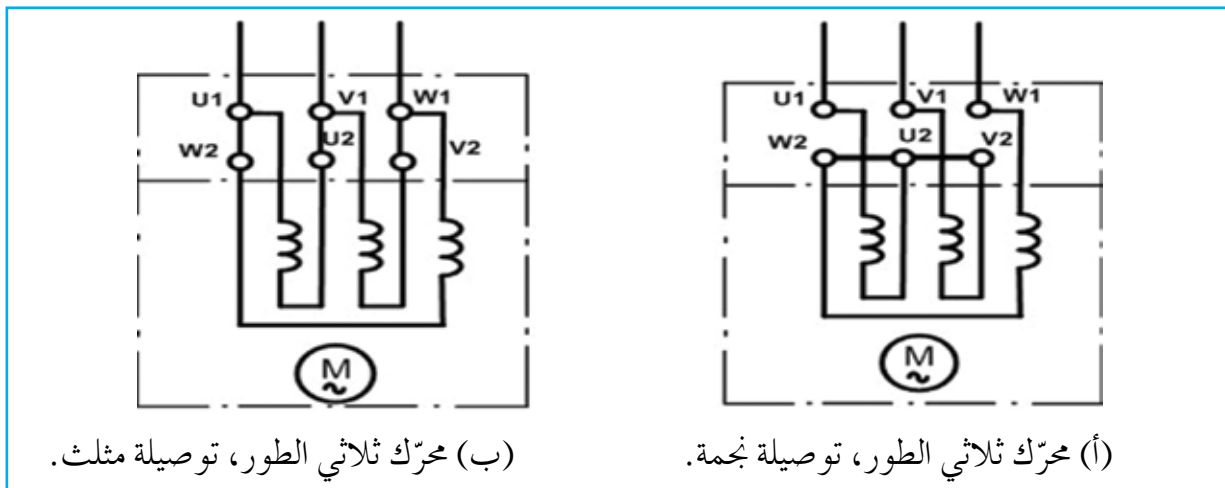
الشكل (١٩-٢): توصيل المواسع مع ملفات محرك ثلاثي الطور موصول على شكل مثلث؛ ليعمل كمحرك أحادي الطور وعكس اتجاه دورانه.

طرائق توصيل المحركات ثلاثية الطور، وكيفية عكس اتجاه دورانها

رابعاً

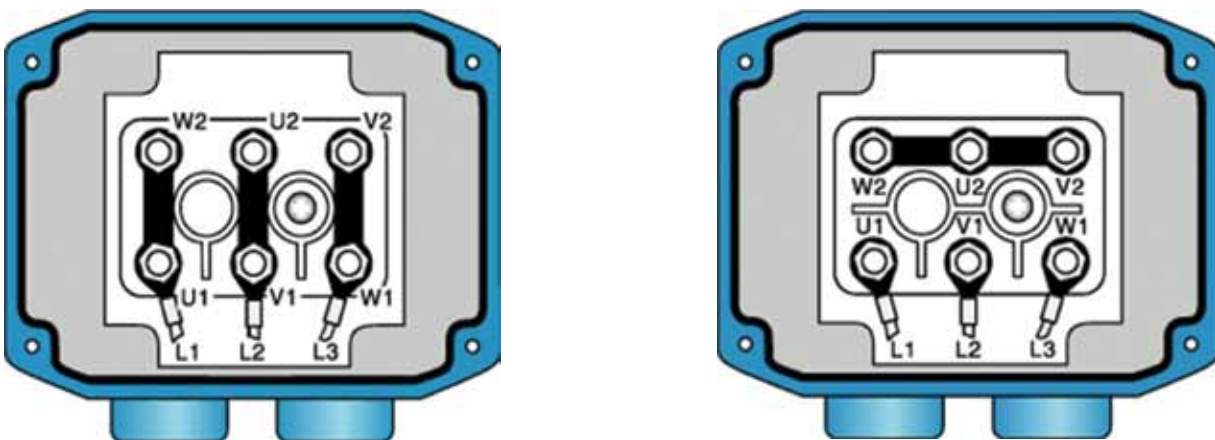
١- توصيلات المحرك ثلاثي الطور

كما مرّ معك في المستوى الأول لمادة علم الصناعة، يوجد نوعان من التوصيلات للنظام ثلاثي الطور، وهما: توصيلة النجمة، وتوصيلة المثلث. ويوجد النوعان نفسيهما من التوصيلات في المحركات الكهربائية ثلاثية الطور، كما يبيّن الشكل (٢-٢٠ أ/ب).



الشكل (٢ - ٢٠): توصيلات ملفات المحرك ثلاثي الطور.

ويبيّن الشكل (٢ - ٢١ أ/ب) توصيلات أطراف ملفات الثلاثة أطوار للمحرك في علبة أطراف التوصيل لتوصيلات النجمة والمثلث.

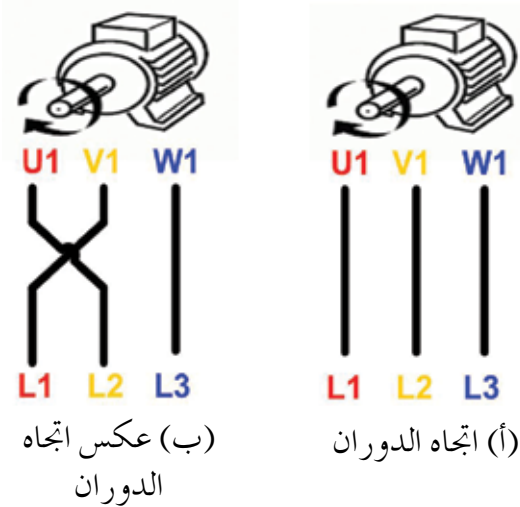


(أ) طريقة توصيل أطراف المحرك بتوصيلة النجمة. (ب) طريقة توصيل أطراف المحرك بتوصيلة المثلث.

الشكل (٢ - ٢١): توصيلة الأطراف باستخدام علبة توصيل نهاية الأطراف.

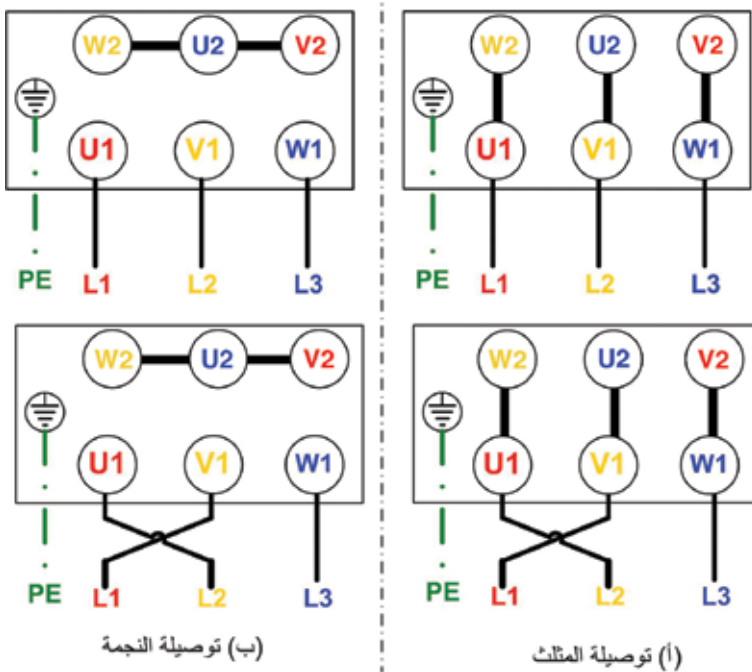
٢- عكس اتجاه دوران المحركات ثلاثية الطور

كما لاحظت سابقاً في درس نشوء المجال المغناطيسي الدوّار عند سريان تيار متناوب ثلاثي الطور، فإنّ اتجاه دوران المجال المغناطيسي يعتمد على اتجاه التيارات الثلاث الداخلة لملفات العضو الساكن، وبعكس تغذية طورين من خط المصدر يمكن عكس اتجاه دوران المجال المغناطيسي.



يُعكس اتجاه دوران المحركات ثلاثية الطور بتبديل وضع أي طورين مع بعضهما عند توصيلهما مع أطراف المحرك، ويتم ذلك باستخدام مفاتيح يدوية أو مغناطيسية. يبيّن الشكل (٢ - ٢٢ أ/ب) رسماً توضيحياً لعكس اتجاه دوران المحرك ثلاثي الطور.

الشكل (٢ - ٢٢): عكس دوران المحرك ثلاثي الطور.



ويبيّن الشكل (٢ - ٢٣) عكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور موصول بتوصيلة نجمة أو مثلث باستخدام علبة توصيل نهايات الملفات.

الشكل (٢ - ٢٣): عكس اتجاه دوران محرك ثلاثي الطور موصول بتوصيلة نجمة أو مثلث.

المحرّكات ثلاثية الطور ذات السرعتين

تحتاج الأعمال الصناعية المختلفة في كثير من الأحيان إلى محرّكات كهربائية متعددة السرعات، ويمكن الحصول على هذه السرعات من المحرّكات الحثية بالاعتماد على العلاقة الآتية:

$$n = \frac{120 \times f}{p} = \text{السرعة}$$

ومن هذه العلاقة، يتبين لنا أنه يمكن التحكم في السرعة من خلال التحكم في التردد أو في عدد الأقطاب.

١- التحكم في السرعة بوساطة التحكم في التردد

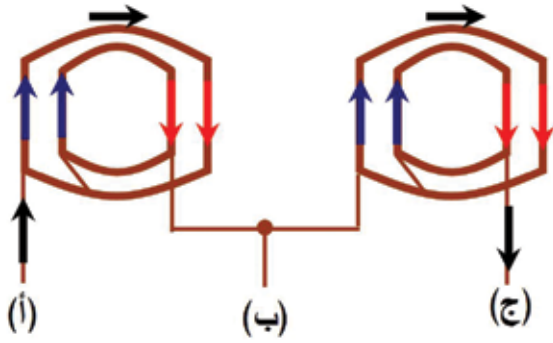
إن العلاقة بين سرعة المحرّك والتردد الكهربائي علاقة طردية؛ فكلما زاد التردد زادت السرعة والعكس صحيح، وذلك عند ثبوت عدد الأقطاب. ومن مزايا هذه الطريقة أنها تعطي سرعات دقيقة ومختلفة القيمة، أما من عيوبها فإن تردد المصدر الكهربائي ثابت، ومن ثمّ وجب تغيير التردد، وهذا الأمر مكلف ومعقد نسبيًا.

٢- التحكم في السرعة بوساطة التحكم في عدد الأقطاب

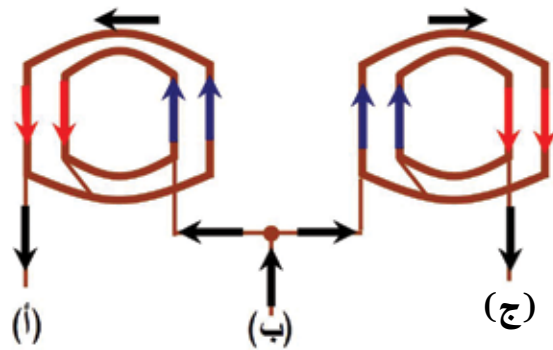
هذه الطريقة شائعة في المحرّكات الكهربائية الحثية ثلاثية الطور؛ لبساطتها وانخفاض تكلفتها. ونعلم أن عدد الأقطاب يتناسب عكسيًا مع السرعة؛ فكلما زاد عدد الأقطاب قلت السرعة، وكلما قلّت زادت السرعة؛ فسرعة المجال المغناطيسي لمحرّك له أربعة أقطاب تبلغ ١٥٠٠ دورة في الدقيقة الواحدة، أما المحرّك ذو القطبين فتبلغ سرعة مجاله المغناطيسي ٣٠٠٠ دورة في الدقيقة الواحدة. وللتحكم في السرعة عن طريق الأقطاب طريقتان:

أ- الطريقة الأولى: طريقة الملفات المشتركة، وبهذه الطريقة يتم الحصول على سرعتين؛ إحداهما ضعف الأخرى؛ بمعنى (٤/٢) قطب، و(٨/٤) قطب، و(١٢/٦) قطب، ويكون لكل مجموعة من ملفات الطور وصلة في منتصف الملف تستخدم لمضاعفة (خفض السرعة إلى النصف) عدد الأقطاب، وتسمّى هذه الطريقة في وصل الملفات بطريقة (دالندر).

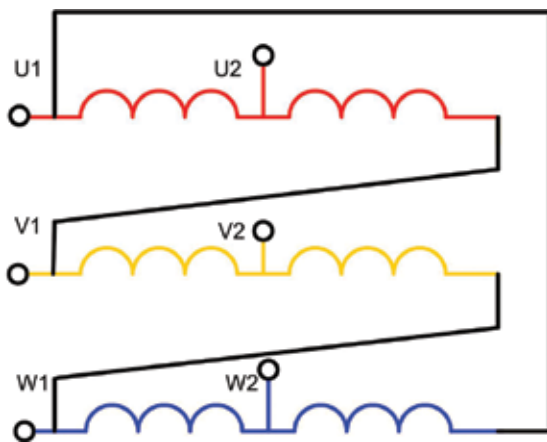
كيفية الحصول على السرعتين في محرك السرعتين
الثلاثي الطور (٤/٢) أقطاب وذو عزم ثابت:



الشكل (٢-٢٤): طريقة توصيل السرعة المنخفضة.



الشكل (٢-٢٥): طريقة توصيل السرعة العالية.



الشكل (٢-٢٦): وصل مجموعات محرك ثلاثي الطور بسرعتين (٤/٢) أقطاب.

١. السرعة المنخفضة: نلاحظ في الشكل (٢-٢٤)

أنه عند سريان التيار من النقطة (أ) يتكوّن لدينا قطبان في كل مجموعة من المجموعتين، بحيث يتكوّن لدينا في النهاية أربعة أقطاب؛ أي أنّ عدد الأقطاب يصبح ضعف عدد المجموعات.

٢. السرعة العالية: نلاحظ في الشكل (٢-٢٥)

أنه عند سريان التيار من نقطة المنتصف (ب) يتكوّن لدينا نفس القطب في جزء من المجموعة الأولى والجزء المجاور له من المجموعة الثانية، كما يتكوّن قطب آخر في الجزأين المتجاورين من المجموعة الأولى والمجموعة الثانية، بحيث يتكوّن لدينا قطبان بدلا من أربعة أقطاب، بمعنى أن يصبح عدد الأقطاب نفس عدد المجموعات.

بهذه الطريقة، نكون قد استطعنا التحكم

في عدد الأقطاب عند السماح بدخول التيار في الطرف المناسب لنفس المجموعات والملفات.

وتجمع ملفات الأطوار المختلفة بهذه الطريقة لنحصل على السرعات المختلفة عن طريق تغيير

عدد الأقطاب. الشكل (٢-٢٦).

ب- الطريقة الثانية: طريقة الملفات المنفصلة، وفيها يتم وضع ملفات منفصلة للسرعة الأولى بعدد أقطاب معين، ومن ثمّ عند تجميع المحرّك توضع ملفات منفصلة للسرعة الثانية ويصمم المحرّك بحيث تتسع مجاريه لكلا النوعين، ويمكن اختيار أي من سرعتين، بشرط ألا تعمل سرعتان معًا.

طريقة توصيل أطراف المحرك باستخدام علبة التوصيل للحصول على سرعتين:

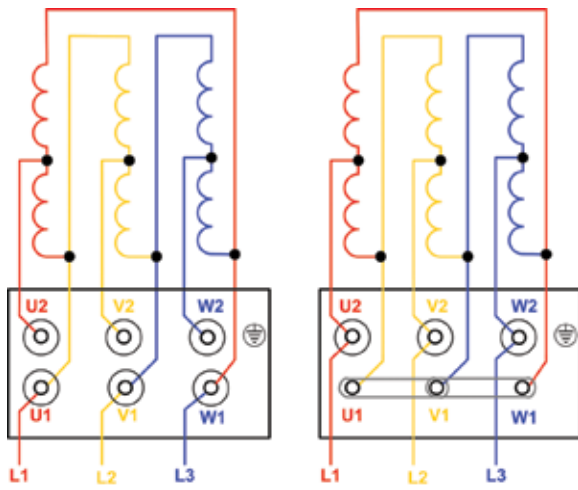
١. توصيل السرعة العالية (ذات الأقطاب الأقل): نصل نقاط المنتصف ($W2, V2, U2$) إلى

مصدر الفولطية، ونقصر الأطراف ($W1, V1, U1$)، الشكل (٢ - ٢٧/أ)

٢. توصيل السرعة المنخفضة (ذات الأقطاب الأعلى): نصل الأطراف ($W1, V1, U1$)

إلى المصدر ($L1, L2, L3$) ونترك الأطراف ($W2, V2, U2$) من غير توصيل. الشكل

(٢ - ٢٧/ب).



(أ) السرعة العالية. (ب) السرعة المنخفضة.

الشكل (٢ - ٢٧): توصيل سرعتين.

يتضح لنا من خلال التوصيلات السابقة أن طريقة توصيل سرعتين هي طريقة المثلث في السرعة البطيئة ذات الأقطاب الأعلى وطريقة نجمة/ نجمة في حالة السرعة العالية ذات عدد الأقطاب الأقل، وهذا موضح في الشكل السابق (٢ - ٢٧/أ/ب). وسندرس لاحقًا أساسيات اللف لهذا النوع من المحرّكات.

القواعد الأساسية لعمليات لف المحركات الكهربائية ثلاثية الطور

سادسًا

تشابه أساسيات عمليات اللف بين المحركات أحادية وثلاثية الطور؛ حيث تعرفت آنفاً ماهية الملف والمجموعة وتوصيل المجموعات ونوعية اللف وخطوة اللف، إلا أن أساسيات لف المحركات ثلاثية الطور تختلف عن أساسيات لف المحركات أحادية الطور حسب الآتي :

١- توزيع ملفات المحركات ثلاثية الطور على الأطوار

يتساوى عدد الملفات في المحركات ثلاثية الطور لكل طور من الأطوار؛ حيث يتم توزيعها بالتساوي على عدد الأطوار؛ فالمحرك الذي له ٢٤ مجرى بطبقة واحدة (قطبين) يكون عدد ملفاته الكلية مساوياً نصف عدد مجاريه، ويتم توزيع الملفات على الأطوار بالتساوي حسب العلاقة الآتية:

$$\text{عدد الملفات} / \text{طور} = \frac{\text{عدد الملفات الكلية}}{\text{عدد الأطوار}}$$

$$\text{عدد الملفات} / \text{طور} = \frac{١٢}{٣} = ٤$$

٢- توزيع ملفات المحركات ثلاثية الطور على مجموعات الأطوار الثلاثة

يتم توزيع الملفات على مجموعات الأطوار بالتساوي حسب العلاقة الآتية:

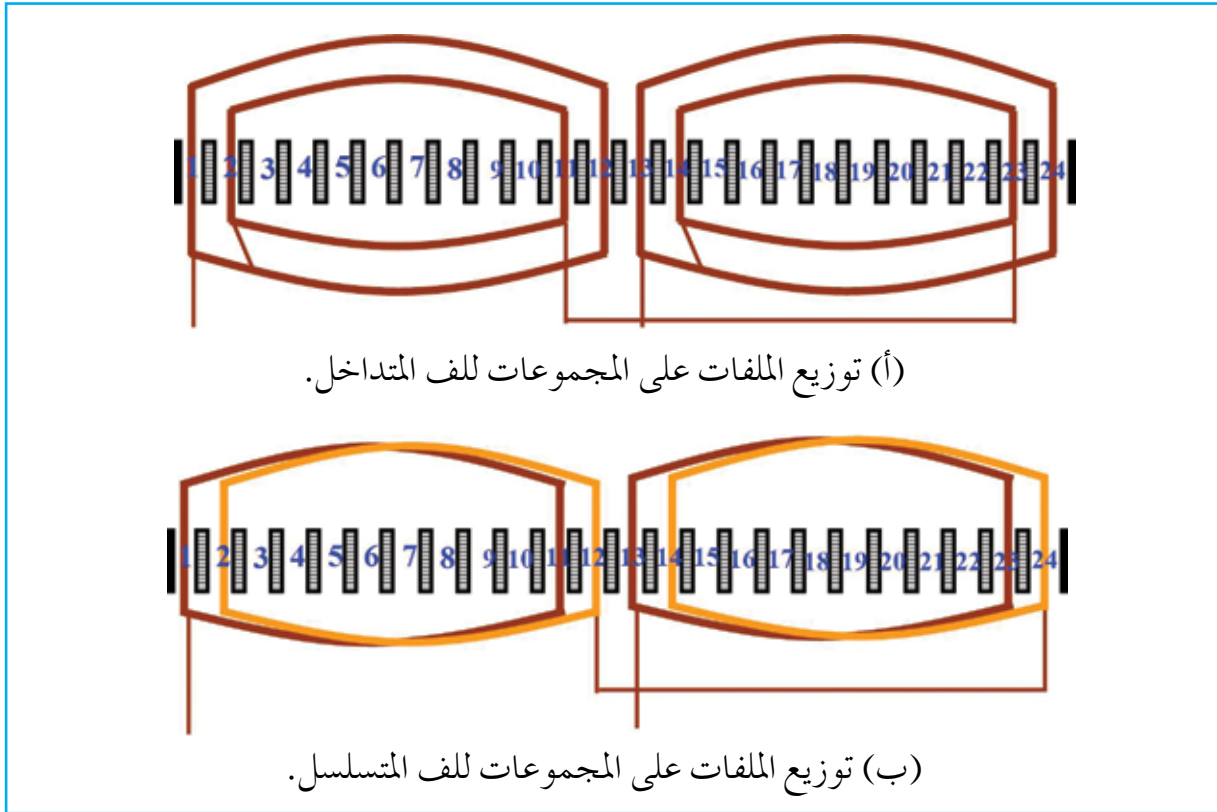
$$\text{عدد الملفات} / \text{مجموعة من مجموعات الأطوار} = \frac{\text{عدد ملفات الطور}}{\text{عدد الأقطاب}}$$

$$\text{عدد الملفات} / \text{مجموعة من مجموعات الأطوار} = \frac{٤}{٢} = ٢$$

أما الخطوة القطبية، فتساوي ٢٤ / ٢ = ١٢ مجرى

أي أن خطوة اللف تكون من (١-١٢). ولأن كل مجموعة تحتوي على ملفين يكون لدينا ملف آخر خطوته من (٢-١١) على افتراض أن اللف متداخل، الشكل (٢-٢٨/أ).

وأما في اللف المتسلسل، فتكون الخطوة متساوية، وتكون (١-١١)، (٢-١٢).
الشكل، (٢-٢٨/ب).



الشكل (٢-٢٨): توزيع الملفات على المجموعات للف المتسلسل.

٣- تحديد بداية الأطوار

يتم تحديد بداية الأطوار في المحركات ثلاثية الطور، حسب العلاقة الآتية:

$$\frac{180 \times \text{عدد الأقطاب}}{\text{عدد المجاري}} = \text{الزاوية الكهربائية للمجري}$$

$$\frac{120}{\text{الزاوية الكهربائية للمجري}} = \text{المسافة بين بدايات الأطوار}$$

محرك ثلاثي الطور، له (٢٤) مجرى، (٤) أقطاب، تكون بدايات الأطوار فيه كما يأتي:

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجى} = \frac{٤ \times ١٨٠}{٢٤} = (٣٠) \text{ بين كل مجريين متجاورين.}$$

$$\text{المسافة بين بدايات الأطوار} = \frac{١٢٠}{٣٠} = (٤) \text{ مجارٍ بين كل طور وآخر.}$$

فإذا كانت بداية الطور الأول (U1) في المجرى (١)، فتكون بداية الطور الثاني (V1) في المجرى ٤+١ = (٥)، وبداية الطور الثالث (W1) في المجرى ٤+٥ = (٩).

ارسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن لمحرك كهربائي ثلاثي الطور، عدد مجاريه (٢٤)، وعدد أقطابه (٤)، ملفوف بطبقة واحدة. علما بأن عدد المجموعات يساوي عدد الأقطاب.

الحل

● لتحديد أماكن بدايات الأطوار في المحرك:

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجى} = \frac{٤ \times ١٨٠}{٢٤} = (٣٠).$$

$$\text{المسافة بين بدايات الأطوار} = \frac{١٢٠}{٣٠} = ٤ \text{ مجارٍ بين كل طور وآخر.}$$

U1 في المجرى رقم (١)، V1 في المجرى رقم (٥)، W1 في المجرى رقم (٩).

● لمعرفة عدد الملفات الكلية للمحرك

عدد الملفات الكلية للمحرك = نصف عدد المجاري؛ لأن المحرك بطبقة واحدة.

$$\text{أي } 12 = 2/24$$

$$\frac{\text{عدد الملفات الكلية}}{\text{عدد الأقطار}} = \text{عدد الملفات لكل طور}$$

$$4 = \frac{12}{3} =$$

$$\frac{\text{عدد ملفات الطور}}{\text{عدد الأقطار}} = \text{عدد الملفات لكل مجموعة من الأقطار}$$

$$1 = \frac{4}{4} =$$

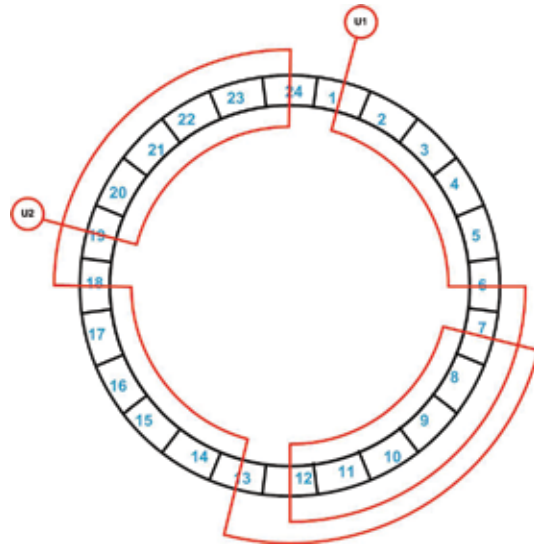
$$\frac{\text{عدد المجاري}}{\text{عدد الأقطار}} = \text{الخطوة القطبية}$$

$$6 = \frac{24}{4} =$$

أي أن خطوة اللف ٦-١

● يوضح الشكل (٢ - ٢٩) توزيع ملفات الطور الأول:

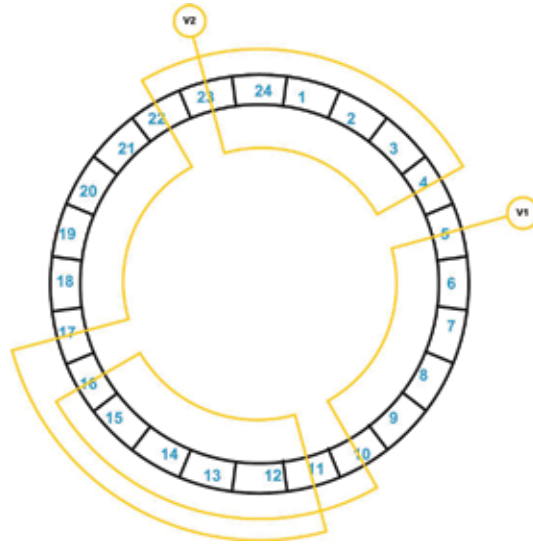
المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة	المجموعة الرابعة
(٦-١)	(١٢-٧)	(١٨-١٣)	(٢٤-١٩)



الشكل (٢-٢٩): توزيع ملفات الطور الأول.

● يوضح الشكل (٢ - ٣٠) توزيع ملفات الطور الثاني:

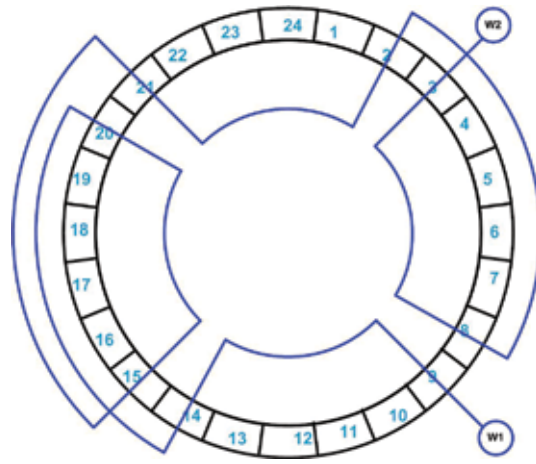
المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة	المجموعة الرابعة
(١٠-٥)	(١٦-١١)	(٢٢-١٧)	(٤-٢٣)



الشكل (٢-٣٠): توزيع ملفات الطور الثاني.

● أما الشكل (٢ - ٣١)، فيوضح توزيع ملفات الطور الثالث:

المجموعة الأولى	المجموعة الثانية	المجموعة الثالثة	المجموعة الرابعة
(١٤-٩)	(٢٠-١٥)	(٢-٢١)	(٨-٣)



الشكل (٢-٣١): توزيع ملفات الطور الثالث.

المثال (٢ - ٣)

ارسم رسمًا انفراديًا لملفات العضو الساكن لمحرك كهربائي ثلاثي الطور، عدد مجاريه (٢٤)، وعدد أقطابه (٤)، ملفوف على نحو متسلسل بطبقة واحدة. علما بأن عدد المجموعات يساوي نصف عدد الأقطاب.

الحل

● تحديد بداية الأطوار في المحرك

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجري} = \frac{180 \times \text{عدد الأقطاب}}{\text{عدد المجاري}} = (30^\circ).$$

$$\text{المسافة بين بدايات الأطوار} = \frac{120}{30} = 4 \text{ مجارٍ بين كل طور وآخر.}$$

U1 في المجري رقم (١)، V1 في المجري رقم (٥)، W1 في المجري رقم (٩).

عدد الملفات الكلية للمحرك = نصف عدد المجاري؛ لأن المحرك بطبقة واحدة.

أي $2/24 = 12$ ملف للمحرك.

$$\frac{\text{عدد الملفات الكلية}}{\text{عدد الأتوار}} = \text{عدد الملفات لكل طور}$$

$$4 = \frac{12}{3} =$$

$$\frac{\text{عدد ملفات لكل طور}}{\text{عدد المجموعات}} = \text{عدد الملفات لكل مجموعة من الطور}$$

$$2 = \frac{4}{2} =$$

خطوة اللف = الخطوة القطبية + عدد ملفات المجموعة

$$6 = \frac{\text{عدد المجاري}}{\text{عدد الأقطاب}} = \text{الخطوة القطبية}$$

عدد ملفات المجموعة = 2

خطوة اللف للمحرك = 2 + 6 = 8

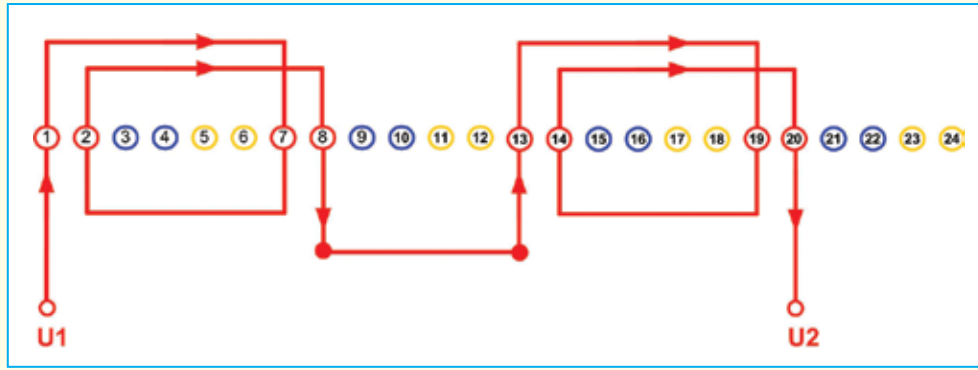
المسافة بين مجموعتين = نصف خطوة اللف

المسافة بين مجموعتين = 2/8 = 4

● توزيع ملفات الأتوار

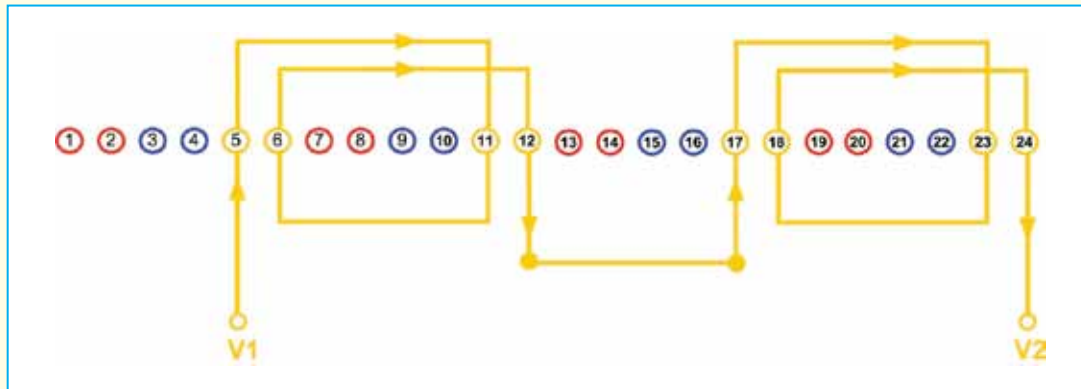
الطور الأول U1	الطور الثاني V1	الطور الثالث W1
٨-٢، ٧-١	١٢-٦، ١١-٥	١٦-١٠، ١٥-٩
٢٠-١٤، ١٩-١٣	٢٤-١٨، ٢٣-١٧	٤-٢٢، ٣-٢١

أما الشكل (٢-٣٢)، فيوضح توزيع ملفات الطور الأول:



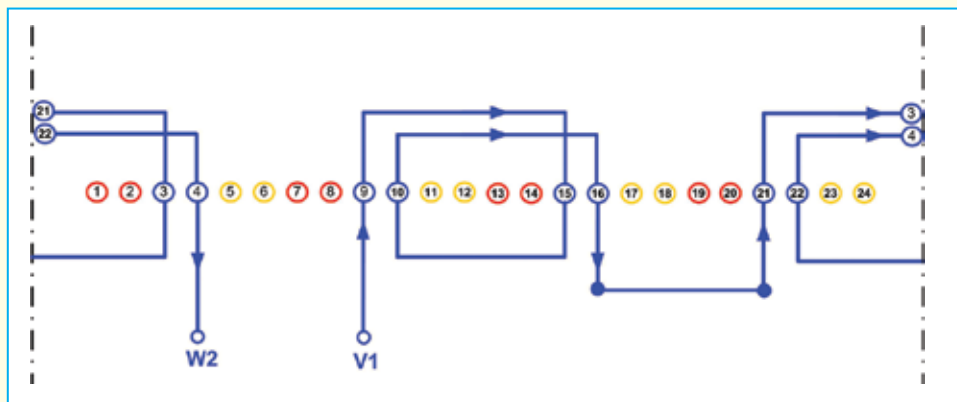
الشكل (٣٢-٢): توزيع ملفات الطور الأول.

أما الشكل (٣٣-٢)، فيوضح توزيع ملفات الطور الثاني:



الشكل (٣٣-٢): توزيع ملفات الطور الثاني.

أما الشكل (٣٤-٢)، فيوضح توزيع ملفات الطور الثالث:



الشكل (٣٤-٢): توزيع ملفات الطور الثالث.

ارسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن لمحرك كهربائي ثلاثي الطور، عدد مجاريه (١٨)، وعدد أقطابه (٢)، ملفوف على نحو متداخل بطبقة واحدة. علما بأن عدد المجموعات يساوي عدد الأقطاب.

الحل

● بداية الأطوار في المحرك

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجرى} = \frac{2 \times 180}{18} = (20)^\circ.$$

$$\text{المسافة بين بدايات الأطوار} = \frac{120}{20} = 6$$

U1 في المجرى رقم (١)، V1 في المجرى رقم (٧)، W1 في المجرى رقم (١٣).

عدد الملفات الكلية للمحرك = نصف عدد المجاري؛ لأن المحرك بطبقة واحدة.

$$\text{أي } 9 = 2/18$$

$$\text{عدد الملفات لكل طور} = \frac{9}{3} = 3$$

$$\text{عدد الملفات لكل مجموعة من الطور} = \frac{3}{2} = 1,5$$

ملحوظة: إذا كان عدد الملفات لكل مجموعة عددًا كسريًا، فيتم توزيع الملفات بحيث يُخصص ملفان للمجموعة الأولى و ملف للمجموعة الثانية.

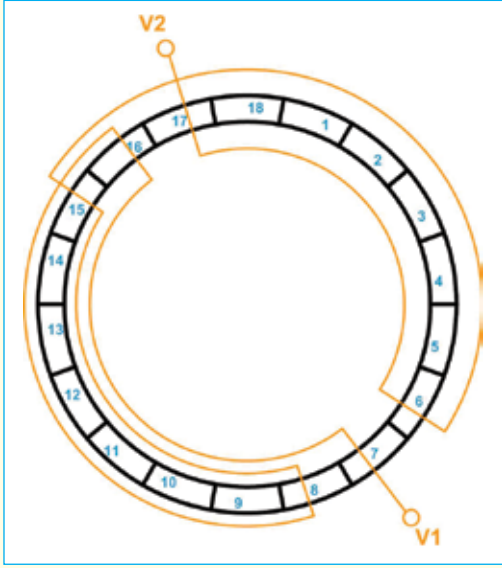
$$\text{الخطوة القطبية} = \frac{18}{2} = 9$$

أي أن خطوة اللف ٩-١

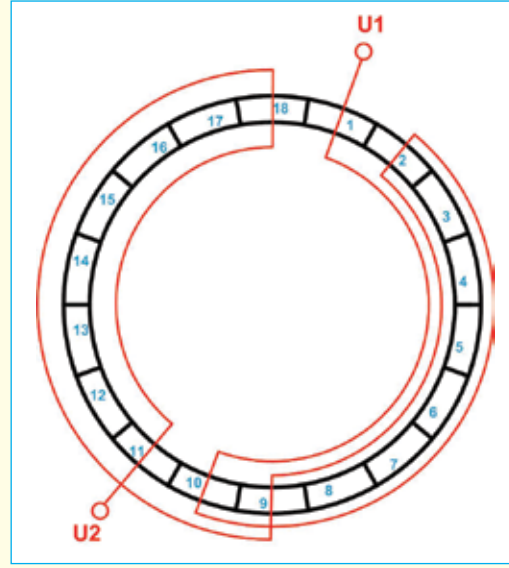
ملحوظة: وبما أن عدد ملفات المجموعات كسري، فيتم اللجوء إلى قاعدة $1 \pm$ لخطوة اللف؛ فتزداد خطوة اللف للمجموعة التي تحتوي على ملفين، ويتم إنقاص خطوة اللف في المجموعة التي تحتوي على ملف واحد.

● توزيع ملفات الأطوار

الطور الأول، الشكل (٣٥-٢)	الطور الثاني، الشكل (٣٦-٢)	الطور الثالث، الشكل (٣٧-٢)
٩-٢ ، ١٠-١	١٥-٨ ، ١٦-٧	٣-١٤ ، ٤-١٣
١٨-١١	٦-١٧	١٢-٥

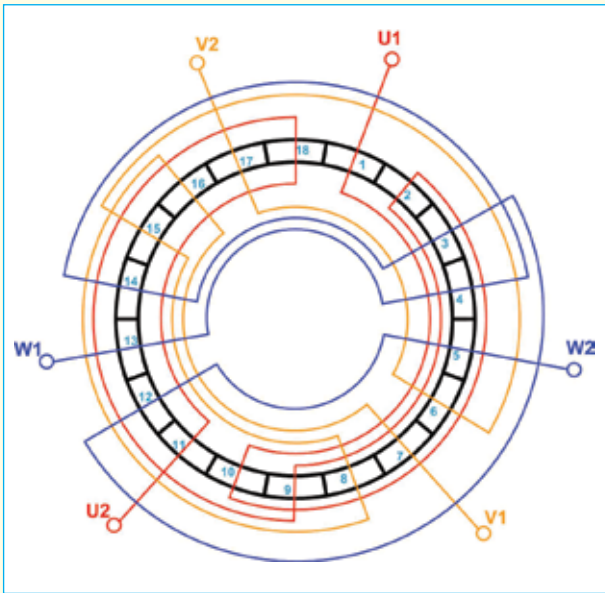


الشكل (٣٦-٢): توزيع ملفات الطور الثاني.

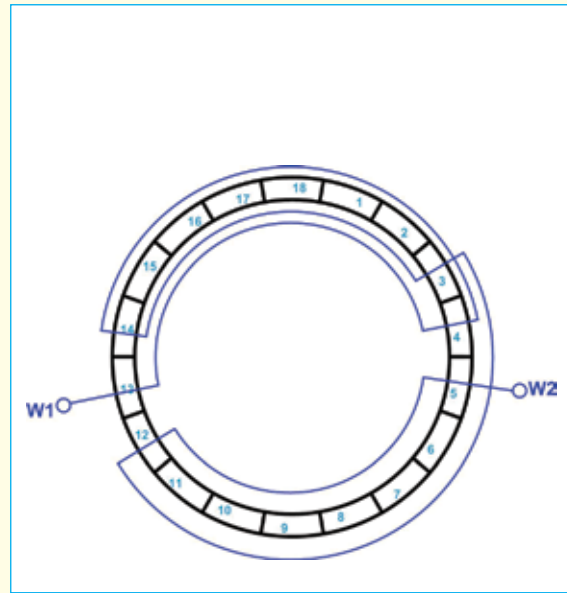


الشكل (٣٥-٢): توزيع ملفات الطور الأول.

ويوضح الشكل (٣٨-٢) الرسم الدائري لملفات المحرك



الشكل (٣٨-٢): الرسم الدائري لملفات المحرك.



الشكل (٣٧-٢): توزيع ملفات الطور الثالث.

ارسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن لمحرك كهربائي ثلاثي الطور، عدد مجاريه (٣٦)، وعدد أقطابه (٤)، ملفوف على نحو متداخل بطبقتين. علما بأن عدد المجموعات يساوي عدد الأقطاب.

الحل

● بداية الأطور في المحرك

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجرى} = \frac{4 \times 180}{36} = (20)^\circ.$$

$$\text{المسافة بين بدايات الأطور} = \frac{120}{20} = 6 \text{ مجارٍ بين كل طور وآخر.}$$

U1 في المجرى رقم (١)، V1 في المجرى رقم (٧)، W1 في المجرى رقم (١٣).

عدد الملفات الكلية للمحرك = عدد المجاري؛ لأن المحرك بطبقتين.

أي أن عدد الملفات الكلي للمحرك هو ٣٦ ملفًا.

$$\text{عدد الملفات لكل طور} = \frac{36}{3} = 12$$

$$\text{عدد الملفات لكل مجموعة من الطور} = \frac{12}{4} = 3$$

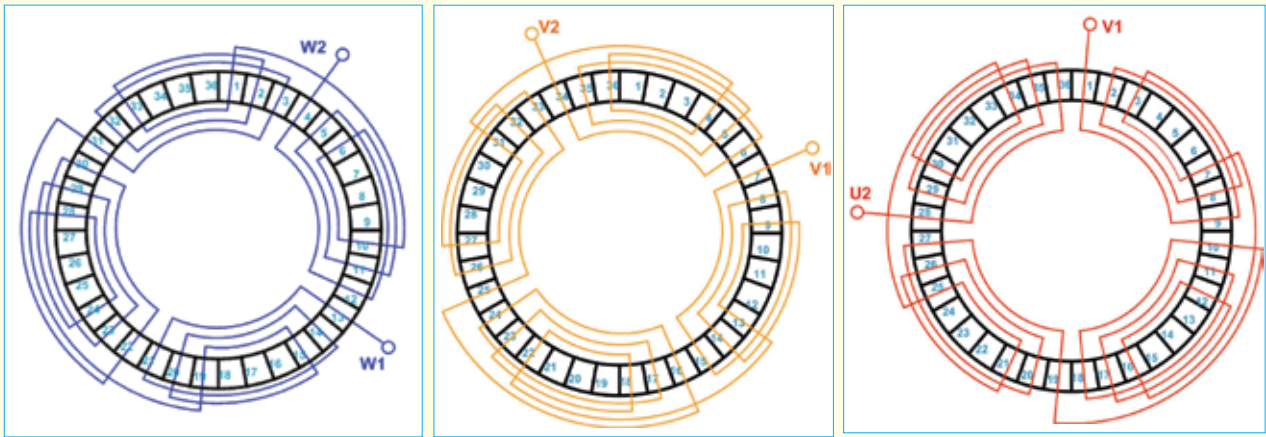
$$\text{الخطوة القطبية} = \frac{36}{4} = 9$$

أي أن خطوة اللف ٩-١

خطوة اللف للمجموعة حسب طريقة اللف المتداخل : ٧-٣ ٨-٢ ٩-١

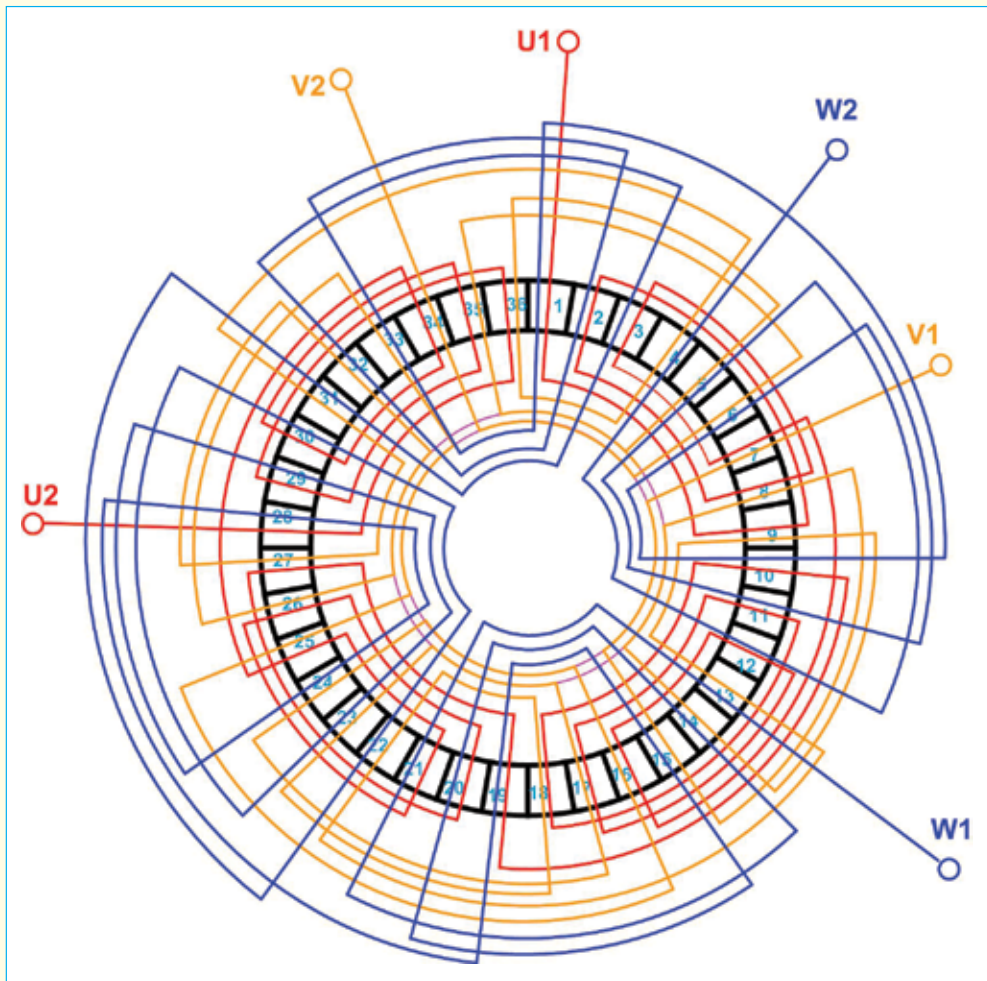
● توزيع ملفات الأطور

الطور الأول، شكل (٣٩-٢)	الطور الثاني، شكل (٤٠-٢)	الطور الثالث، شكل (٤١-٢)
٧-٣، ٨-٢، ٩-١	١٣-٩، ١٤-٨، ١٥-٧	١٩-١٥، ٢٠-١٤، ٢١-١٣
١٦-١٢، ١٧-١١، ١٨-١٠	٢٢-١٨، ٢٣-١٧، ٢٤-١٦	٢٨-٢٤، ٢٩-٢٣، ٣٠-٢٢
٢٥-٢١، ٢٦-٢٠، ٢٧-١٩	٣١-٢٧، ٣٢-٢٦، ٣٣-٢٥	١-٣٣، ٢-٣٢، ٣-٣١
٣٤-٣٠، ٣٥-٢٩، ٣٦-٢٨	٤-٣٦، ٥-٣٥، ٦-٣٤	١٠-٦، ١١-٥، ١٢-٤



الشكل (٢-٣٩): توزيع ملفات الطور الأول. الشكل (٢-٤٠): توزيع ملفات الطور الثاني. الشكل (٢-٤١): توزيع ملفات الطور الثالث.

ويوضح الشكل (٢-٤٢) الرسم الدائري لملفات المحرك.



الشكل (٢-٤٢): الرسم الدائري لملفات المحرك.

ارسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن لمحرك كهربائي ثلاثي الطور حسب المعلومات الآتية:

نوع اللف متسلسل.

عدد المجاري (٢٤).

عدد الأقطاب (٤/٢)، ملفوف بطريقة دالندر.

الحل

تعامل بداية الأطوار في هذا النوع من المحركات حسب عدد الأقطاب الأقل:

$$\frac{180 \times \text{عدد الأقطاب}}{\text{عدد المجاري}} = \text{الزاوية الكهربائية للمجري}$$

$$(15) = \frac{2 \times 180}{24} = \text{بين مجريين متجاورين.}$$

$$\text{المسافة بين بدايات الأطوار} = \frac{120}{15} = 8 \text{ مجارٍ بين كل طور وآخر.}$$

وعليه، تكون بداية الطور الأول (U1) في المجري (١)، وبداية الطور الثاني (V1) في المجري (٩)، وبداية الطور الثالث (W1) في المجري (١٧).

● عدد الملفات الكلية يساوي عدد المجاري لأن المحرك بسرعتين (دالندر)

$$\text{ومنها عدد الملفات} = 24$$

● عدد الملفات لكل طور = عدد ملفات المحرك الكلية / عدد الأطوار

$$8 = \frac{24}{3} =$$

● عدد الملفات لكل مجموعة = عدد ملفات الطور / عدد الأقطاب الأقل

$$4 = \frac{8}{2} =$$

المسافة بين مجموعتين متجاورتين للطور نفسه تكون نصف المسافة للمحرك الذي مجموعته تساوي $1/2$ عدد أقطابه وملفوف بطبقة واحدة، وله عدد المجاري وعدد الأقطاب نفسها.

● وتساوي ٤ مجارٍ في حالة المحرك الذي مجموعته تساوي $1/2$ عدد أقطابه وملفوف بطبقة واحدة، وله عدد المجاري وعدد الأقطاب نفسها.

● إذن، المسافة بين مجموعتين للطور نفسه $= \frac{4}{2} = 2$ مجرى

خطوة اللف = عدد المجاري / عدد الأقطاب الأقل - المسافة بين مجموعتين

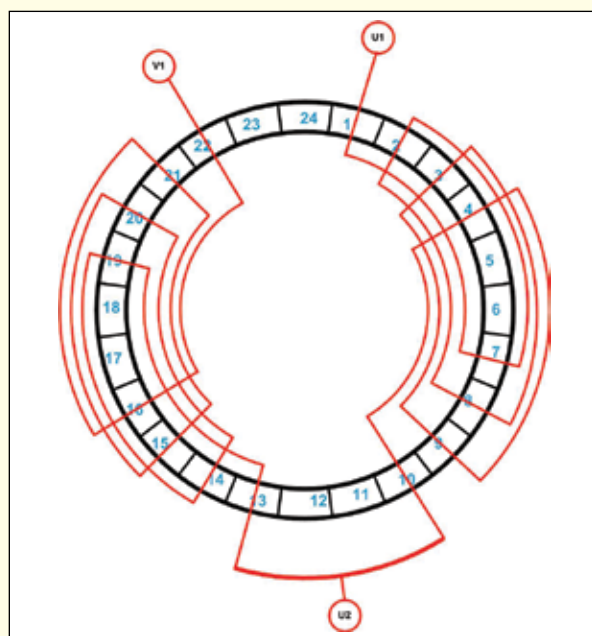
$= \frac{24}{2} - 2 = 10$ ، أي (١٠-١)، وبما أن عدد الملفات لكل مجموعة

يساوي (٤) ملفات، وحسب اللف المتسلسل، فتكون خطوات ملفات المجموعة:

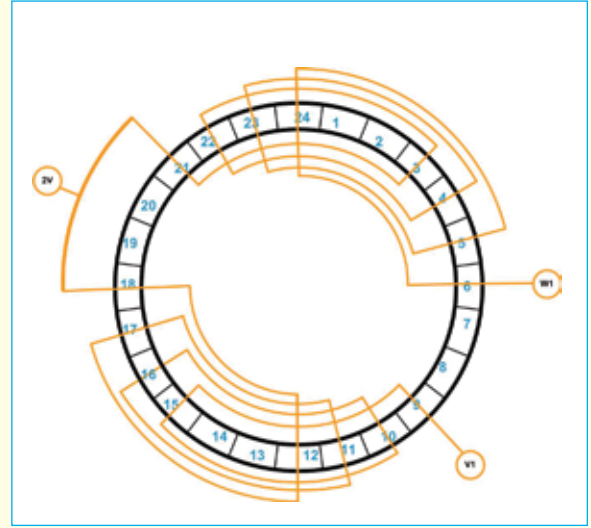
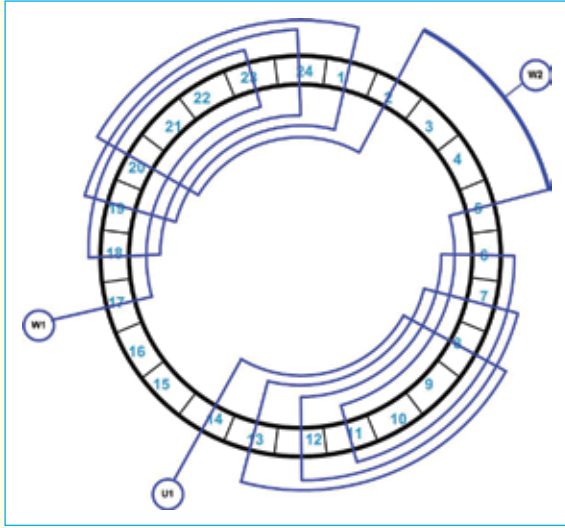
(١٠-٤)، (٩-٣)، (٨-٢)، (٧-١).

● توزيع ملفات الأطوار:

الطور الأول، الشكل (٤٣-٢)	الطور الثاني، الشكل (٤٤-٢)	الطور الثالث، الشكل (٤٥-٢)
١٠-٤، ٩-٣، ٨-٢، ٧-١	١٥-٩، ١٦-١٠، ١٧-١١	١٧-١٩، ٢٤-١٨، ٢٣-١٧
٢١-١٥، ٢٠-١٤، ١٩-١٣	١٨-١٢	٢-٢٠
٢٢-١٦	٣-٢١، ٤-٢٢، ٥-٢٣	١٣-٧، ١٢-٦، ١١-٥
	٦-٢٤	١٤-٨



الشكل (٢ - ٤٣): توزيع ملفات الطور الأول.



الشكل (٢ - ٤٤): توزيع ملفات الطور الثاني. الشكل (٢ - ٤٥): توزيع ملفات الطور الثالث. ويتم وصل نهايات ملفات المحرك كما مرّ معك سابقاً في الشكل (٢ - ٢٦).

المثال (٧-٢)

ارسم رسمًا دائريًا ملفات العضو الساكن في آلة تيار متناوب لمحرك ثلاثي الطور بسرعتين Y/Y (٢-٦) قطب، عدد مجموعاته مساوٍ عدد أقطابه، وملفوف على نحو متسلسل، وعدد مجاريه = ٣٦ مجرى.

الحل

● ملفات السرعة الأولى للمحرك الملفوف بقطبين
بداية الأتوار في هذا المحرك:

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجری} = \frac{2 \times 180}{36} = (10)^\circ.$$

المسافة بين بدايات الأتوار = $\frac{120}{10} = 12$ مجرى بين كل طور وآخر.

U1 في المجرى رقم (١)، V1 في المجرى رقم (١٣)، W1 في المجرى رقم (٢٥).
عدد الملفات الكلية للمحرك = نصف عدد المجاري؛ لأن المحرك بطبقة واحدة.

$$\text{أي } 18 = \frac{36}{2}$$

$$\frac{\text{عدد الملفات الكلية}}{\text{عدد الأتوار}} = \text{عدد الملفات لكل طور}$$

$$6 = \frac{18}{3} =$$

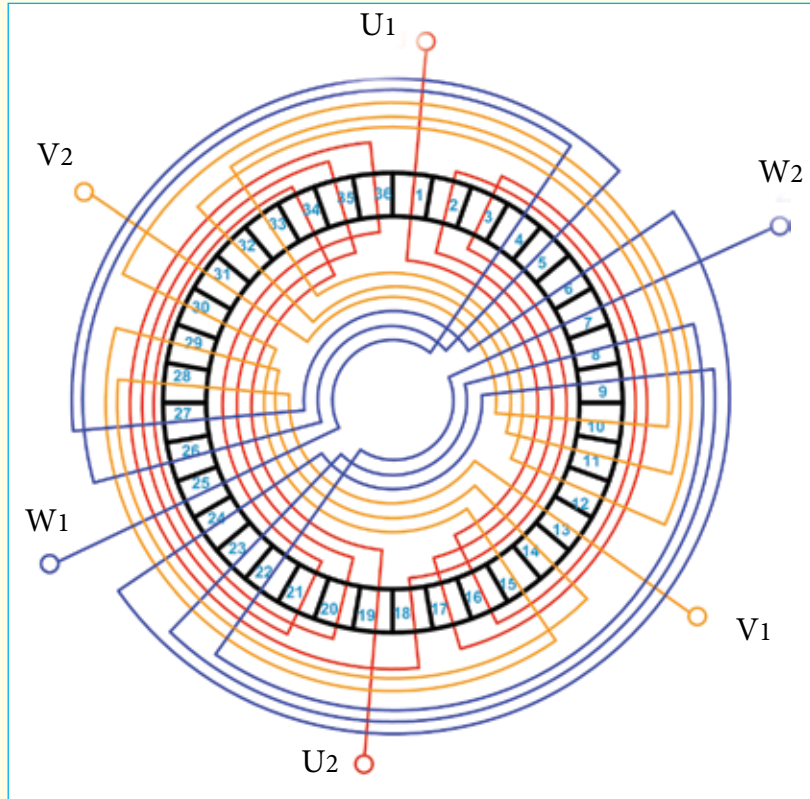
$$3 = \frac{6}{2} = \text{عدد الملفات لكل مجموعة من الطور}$$

$$18 = \frac{36}{2} = \text{الخطوة القطبية}$$

أي أن خطوة اللف ١٨-١

● توزيع ملفات السرعة الأولى الشكل (٤٦-٢):

الطور الأول	الطور الثاني	الطور الثالث
١٨-٣، ١٧-٢، ١٦-١	٣٠-١٥، ٢٩-١٤، ٢٨-١٣	٦-٢٧، ٥-٢٦، ٤-٢٥
٣٦-٢١، ٣٥-٢٠، ٣٤-١٩	١٢-٣٣، ١١-٣٢، ١٠-٣١	٢٤-٩، ٢٣-٨، ٢٢-٧



الشكل (٤٦-٢): الرسم الدائري لملفات المحرك للسرعة الأولى.

ملفات السرعة الثانية للمحرك الملفوف بستة أقطاب:
بداية الأتوار في المحرك:

$$\text{الزاوية الكهربائية للمجرى} = \frac{6 \times 180}{36} = (30)^\circ.$$

$$\text{المسافة بين بدايات الأتوار} = \frac{120}{30} = 4 \text{ مجارٍ بين كل طور وآخر.}$$

U2 في المجرى رقم (1)، V2 في المجرى رقم (5)، W2 في المجرى رقم (9).
عدد الملفات الكلية للمحرك = نصف عدد المجاري؛ لأن المحرك بطبقة واحدة.

$$\text{أي } 18 = \frac{36}{2}$$

$$\text{عدد الملفات لكل طور} = \frac{18}{3} = 6$$

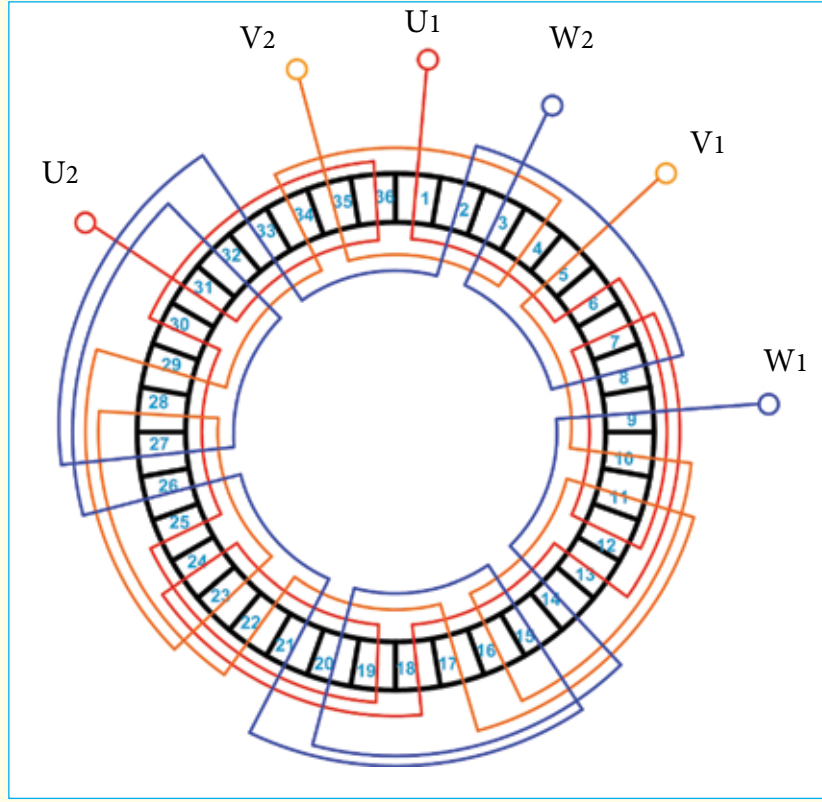
$$\text{عدد الملفات لكل مجموعة من الطور} = \frac{6}{6} = 1$$

$$\text{الخطوة القطبية} = \frac{36}{6} = 6$$

أي أن خطوة اللف 6-1

● توزيع ملفات السرعة الثانية، الشكل (2-47):

الطور الأول: 1-6، 7-12، 13-18، 19-24، 25-30، 31-36
الطور الثاني: 5-10، 11-16، 17-22، 23-28، 29-34، 35-40
الطور الثالث: 9-14، 15-20، 21-26، 27-32، 33-38، 39-44



الشكل (٢ - ٤٧): الرسم الدائري لملفات السرعة الثانية.

عند دمج ملفات السرعتين في مجارٍ واحدة نحصل على محرّك واحد له سرعتان ملفوف بطبقتين (جانبيين في كل مجرى). وهذه هي طريقة الحصول على سرعات مختلفة في غالبية المحرّكات ذات السرعات المتعددة.

توصيل أطراف السرعتين:

السرعة العالية: تَصِلُ البدايات مع مصدر الفولطية، وهي: U، V، W، ونقصر أطراف النهايات (X، Y، Z).

السرعة المنخفضة: تَصِلُ البدايات مع مصدر الفولطية، وهي: U1، V1، W1، وتُقصّر أطراف النهايات (X1، Y1، Z1).

الأقطار المكافئة لأسلاك لف المحرّكات الكهربائية

يستخدم النحاس المعزول بطبقة من الورنيش على نحو واسع في عمليات إعادة اللف، كما يستخدم الألومنيوم أيضًا في بعض أنواع المحرّكات الكهربائية. ولكن، عند إعادة اللف يستخدم سلك النحاس المعزول بسبب سهولة التعامل معه، ولعدم توافر أسلاك الألومنيوم في السوق المحلية. ولإعادة لف المحرّكات الكهربائية بسلك النحاس تستخدم الأقطار البديلة، مع الاحتفاظ بكل مواصفات اللف السابقة، وبالاستعانة بالمعادلة الآتية:

$$\text{القطر المكافئ من سلك النحاس} = \text{قطر سلك الألومنيوم} \times 0,76$$

المثال (٢-٨)

محرّك كهربائي أحادي الطور ملفوف بأسلاك الألومنيوم المعزولة، قطر سلك التشغيل له ١,٥ مم، وقطر سلك بدء التشغيل ١ مم. جد القطر المكافئ من سلك النحاس.

الحل

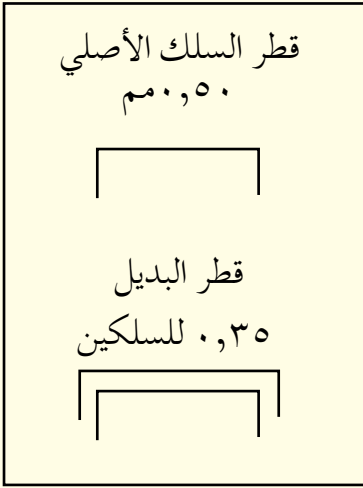
القطر المكافئ من سلك النحاس لملفات التشغيل = $1,5 \times 0,76 = 1,14$ مم سلك نحاسي. وبالتقريب يصبح القطر ١,١٥ مم.

القطر المكافئ من سلك النحاس لملفات بدء التشغيل = $1 \times 0,76 = 0,76$ مم سلك نحاسي. وبالتقريب يصبح القطر ٠,٧٥ مم.

يمكن لف ملفات بعض المحرّكات بأكثر من سلك واحد؛ إذ تلف بسلكين أو ثلاثة أو أكثر من ذلك. ويمكن إعادة لف المحرّكات الكهربائية، الملفوفة بسلكين بسلك واحد، أو إعادة لف المحرك الملفوف بسلك واحد بسلكين أو أكثر من ذلك، حسب توافر هذه الأسلاك في السوق المحلية والحاجة إلى هذا الإجراء لأسباب مختلفة. ولتوضيح ذلك، نورد الأمثلة الآتية:

المثال (٢-٩)

محرك ملفوف بسلك نحاسي دائري المقطع قطره ٠,٥٠ مم، ويراد إعادة لفه بسلكين من النحاس، لهما القطر نفسه ومقطعهما دائري.



$$\frac{\text{قطر سلك النحاس القديم}}{\sqrt{\text{عدد الاسلاك}}} = \text{القطر المكافئ}$$

$$= \frac{0,50}{\sqrt{2}} =$$

$$0,354 \text{ مم للسلكين} = \frac{0,50}{1,41} =$$

المثال (٢-١٠)

محرك ملفوف بسلكين من النحاس دائري المقطع، أقطارهما على التوالي: (٠,٨٠) مم و (٠,٦٠) مم، يراد إعادة لفه بسلك نحاسي واحد مقطعه دائري. جد قطر السلك المكافئ.

الحل

مساحة مقطع السلك المكافئ = مساحة مقطع السلك الأول + مساحة مقطع السلك الثاني.

$$\pi^2 \text{ نق} = \text{مساحة مقطع السلك}$$

حيث نق نصف القطر.

$$3,14 = \pi$$

$$\pi^2 \text{ نق}_1 + \pi^2 \text{ نق}_2 = \pi^2 \text{ نق}$$

بعد التخلص من π تصبح المعادلة:

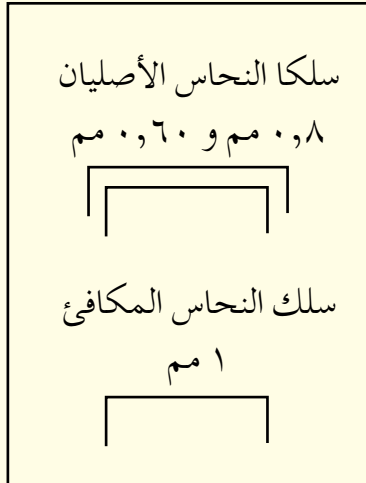
$$\text{نق}_1^2 + \text{نق}_2^2 = \text{نق}^2$$

$$\text{نق}^2 = (0,3)^2 + (0,4)^2$$

$$\text{نق}^2 = 0,09 + 0,16$$

$$\text{نق}^2 = 0,25$$

$$\text{نق} = \sqrt{0,25}$$



$$\text{نق} = 0,5 \text{ مم}$$

$$\text{ق} = 2 \times 0,5 = 1 \text{ مم قطر السلك المكافئ}$$

السؤال

محرك ملفوف بسلك الألومنيوم، مقطعه دائري وقطره (1,14)، يراد إعادة لفه بسلكين نحاسيين مقطعهما دائري وقطر أحدهما (0,60) مم. جد قيمة قطر السلك الآخر.

أعطال المحركات الكهربائية ثلاثية الطور وكيفية إصلاحها

سابعاً

تشابه أعطال المحركات الكهربائية بصفة عامة من حيث الأسباب وطريقة الصيانة، وفي ما يأتي أبرزها:

١- أعطال المحركات الحثية ذات القفص السنجابي

العطل	الأسباب المحتملة	إجراءات الإصلاح
المحرك يعجز عن الحركة	- عمل المحرك ثلاثي الطور بطورين فقط.	- تأكد من وصول التغذية المناسبة، واستبدل المصهرات التالفة.
	- تلف كراسي المحور.	- استبدل كراسي المحور.
	- تفكك في قضبان العضو الدوار.	- الحم القضبان بالحلقات الجانبية إن أمكن، أو استبدل العضو الدوار.
	- انحناء في عمود العضو الدوار.	- عالج الانحناء بوساطة المخرطة.
	- خطأ في التوصيل.	- أعد الوصل بالطريقة الصحيحة
	- قصر في الملفات.	- اعزل القصر.
	- احتراق ملفات المحرك تماما.	- أعد لف ملفات المحرك.
	- عدم توصيل المحرك توصيلة النجمة أو المثلث.	- صل أطراف المحرك بالتوصيلة المناسبة للمحرك؛ نجمة أو مثلث.
	- عدم إحكام تثبيت الغطاءيين الجانبيين.	- تأكد من إحكام تثبيت الأغشية الجانبية للمحرك.

العطل	الأسباب المحتملة	إجراءات الإصلاح
المحرّك يدور أبطأ من سرعته المعتادة	<ul style="list-style-type: none"> - تآكل كراسي المحور. - وجود قصر بين ملفات الأطوار المختلفة. - توصيل المجموعات خطأ. - تفكك في قضبان العضو الدوّار. - زيادة الحمل. 	<ul style="list-style-type: none"> - استبدال كراسي المحور. - اعزل ملفات أطوار المحرك المختلفة بعضها عن بعض. - أعد وصل أطراف الملف أو المجموعة على نحو صحيح. - أصلح التلف إن أمكن، أو استبدل العضو الدوّار. - خفض الحمل، أو استخدام محرّك آخر مناسباً للحمل.
ارتفاع درجة حرارة المحرّك في أثناء العمل	<ul style="list-style-type: none"> - المحرك من غير تبريد. - ارتفاع الفولطية. - زيادة الحمل. - وجود تآكل في كراسي المحور. - انحناء في عمود محور العضو الدوّار. - قصر في الملفات. - فصل طور من الأطوار، في أثناء عمل المحرك. 	<ul style="list-style-type: none"> - ركّب وسيلة التبريد المناسبة للمحرّك. - افحص مصدر الفولطية، وتأكد من مناسبته للمحرّك. - خفّض الحمل، أو استبدل المحرك. - استبدل كراسي المحور. - عالج الانحناء بوساطة المخرطة. - اعزل القصر إن أمكن. - ركّب وسيلة الحماية المناسبة.
ارتفاع صوت المحرك في أثناء العمل	<ul style="list-style-type: none"> - تآكل كراسي المحور. - تفكك قضبان العضو الدوّار. - انحناء في عمود العضو الدوّار. - خطأ في التوصيل. 	<ul style="list-style-type: none"> - استبدال كراسي المحور. - الحمّ القضبان بالحلقات الجانبية إن أمكن، أو استبدل العضو الدوّار. - عالج الانحناء بوساطة المخرطة. - صل الأطراف على نحو صحيح.

٢- أعطال المحركات الحثية ذات العضو الملفوف

العطل	الأسباب المحتملة	إجراءات الإصلاح
المحرك يعجز عن الحركة	- عدم وصول التغذية للمحرك الكهربائي.	- تأكد من وصول التغذية المناسبة، واستبدل المصهرات التالفة.
	- فتح في دائرة أحد ملفات أطوار العضو الساكن.	- صل الملفات المفتوحة بالطريقة الصحيحة.
	- انحناء في عمود العضو الدوّار.	- عالج الانحناء بوساطة المخرطة.
	- زيادة الحمل.	- خفض الحمل، أو استخدم محركًا آخر مناسبًا للحمل.
	- فتح في دائرة المقاومة المتغيرة.	- أغلق الفتح في دائرة المقاومة المتغيرة.
	- تلف نابض ضغط الفرش الكربونية على حلقات الانزلاق.	- استبدل النابض.
	- عدم ملائمة الفرش الكربونية حلقات الانزلاق.	- استبدل الفرش الكربونية.
	- فتح في ملفات العضو الساكن.	- صل ملفات العضو الساكن بالطريقة الصحيحة.
	- فتح في ملفات العضو الدوّار.	- أعد لف العضو الدوّار.
	المحرك يدور بسرعة أقل من سرعته المعتادة	- زيادة الحمل.
- انخفاض الفولطية.		- افحص مصدر الفولطية، وتأكد من مناسبه للمحرك.
- تلف مقاومة تنظيم السرعة.		- استبدل مقاومة التنظيم.
- ملفات العضو الدوّار.		- صل الملفات بالطريقة الصحيحة.
- عدم وصول التيار من المصدر إلى أحد الأطوار.		- اعزل القصر إن أمكن، أو أعد لف الملفات المقصورة.
- فتح في دائرة ملفات أحد الأطوار.		- تأكد من وصول التغذية المناسبة، واستبدل المصهرات التالفة.
- قصر في ملفات العضو الساكن.		- صل الدارة المفتوحة على النحو الصحيح.
		- اعزل القصر إن أمكن، أو أعد لف الملفات المقصورة.

<ul style="list-style-type: none"> - ركب وسيلة التبريد المناسبة للمحرك. - صل المحرك بمصدر الفولطية المناسب. - اعزل القصر إن أمكن. أو أعد لف الملفات المقصورة. - أعد وصل الملفات المفتوحة بالطريقة الصحيحة. - ركب وسيلة الحماية المناسبة. - اعزل التماس الأرضي. - استبدل كراسي المحور. 	<ul style="list-style-type: none"> - عمل المحرك من غير تبريد. - انخفاض الفولطية أو ارتفاعها. - قصر ملفات العضو الساكن أو فتحها. - فتح في دائرة ملفات أحد الأطوار. - انقطاع طور من الأطوار في أثناء عمل المحرك. - وجود تماس أرضي في ملفات العضو الساكن. - تآكل كراسي المحور. 	<p>ارتفاع درجة حرارة المحرك في أثناء العمل</p>
--	--	--

أسئلة الوحدة

- ١ - اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل فقرة من الفقرات الآتية:
- (١) يتم التحكم في سرعة المحركات الحثية عن طريق تغيير:
- أ- قلب المحرك ب- عدد الأقطاب ج- القفص السنجابي د- مروحة التبريد
- (٢) توزع ملفات العضو الساكن لمحرك ثلاثي الطور بشكل متماثل، بحيث يُزاح كل ملف عن الآخر () درجة كهربائية:
- أ- ٦٠ ب- ١٢٠ ج- ١٨٠ د- ٩٠
- (٣) يتكوّن قلب محرك ثلاثي الطور من مجموعة من صفائح معدنية معزولة؛ بهدف تقليل:
- أ- تيار المصدر ب- تيار الحمل ج- تيار المفايد د- تيار بدء التشغيل
- (٤) يتم عكس دوران محرّك ثلاثي الطور بتبديل:
- أ - توصيل المحرّك Δ/Y
- ب- ثلاثة أطوار مع أطراف المحرّك
- ج- طورين من أطراف المحرّك
- د - توصيل المحرّك Y / Δ
- (٥) المحرّك الذي يعمل بسرعة ثابتة وبانزلاق يساوي صفرًا، هو المحرّك:
- أ - ذو القفص السنجابي ب- التزامني
- ج- ذو العضو الملفوف د - ذو حلقات الانزلاق
- ٢ - عدّد مكوّنات المحرّكات ثلاثية الطور ذات العضو الملفوف.
- ٣ - ارسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن لمحرّك ثلاثي الطور، حسب المعلومات الآتية:
- أ - ١٢ مجرى.
- ب- قطبان، طبقة واحدة.
- ج - عدد أقطابه يساوي عدد مجموعاته.

- ٤- أ - اذكر مزايا محركات القفص السنجابي.
ب- عدّد استخدامات المحرّكات التزامنية.
- ٥- بين مزايا طريقة بدء الحركة باستخدام المقاومة المتغيرة في المحرّكات ثلاثية الطور.
- ٦- ارسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن لمحرّك ثلاثي الطور، حسب المعلومات الآتية:
أ - ٣٦ مجرّي.
ب- (٤/٢) أقطاب (دالندر).
ج- طبقتان.
- ٧- ما تأثير انقطاع أحد أطوار مصدر الفولطية عن المحرّك ثلاثي الطور؟
- ٨- ما العطل الذي يمكن أن يسبّب انخفاض الفولطية عن القيمة الاسمية للمحرّك؟

الوحدّة الثانية

التدريب العملي

محركات التيار المتناوب ثلاثية الطور

Three-Phase AC Motors



عدد الساعات المقترح	اسم التمرين
٧ ساعات	فك محرّك كهربائي ثلاثي الطور ذي عضو دوار من نوع القفص السنجابي، وإعادة تجميعه
٧ ساعات	تحديد الأعطال الكهربائيّة للمحرّكات ثلاثية الطور ذات القفص السنجابي
٧ ساعات	فحص محرّك كهربائي ثلاثي الطور ذي العضو الدوار الملفوف وتشغيله
٢١ ساعة	إعادة لف محرّك ثلاثي الطور ذي طبقة واحدة، عدد أقطابه يساوي عدد مجموعاته
٢١ ساعة	إعادة لف محرّك ثلاثي الطور، عدد مجموعاته يساوي ضعف عدد أقطابه.
٧ ساعات	اختبارات ما بعد إعادة لف المحرّكات ثلاثية الطور
٢١ ساعة	إعادة لف محرّك ثلاثي الطور سرعتين بطريقة (دالندر)
٧ ساعات	تشغيل محرّك ثلاثي الطور ليعمل كمحرّك أحادي الطور
٩٨ ساعة	المجموع

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

- تفك محرّكًا كهربائيًا ثلاثي الطور، وتعين أجزائه، ثمّ تعيد تركيبه.
- توصل بدايات الأطوار: $W1, V1, U1$ ونهايات الأطوار: $W2, V2, U2$ على شكل نجمة أو مثلث.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك ثلاثي الطور. ● شاكوش حديد. ● مطرقة بلاستيكية. ● سنبك نقطة. ● بريصة سحب. ● طقما مفاتيح شق، ورنج. ● طقم مفاتيح سداسية. ● مفكات مختلفة. ● صندوق عدّة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١- ضع علامة فارقة (علامتين مختلفتين) على الأغطية الجانبية، وعلى جسم المحرّك بواسطة سنبك النقطة، لتساعد في عملية التجميع. (لماذا يتم وضع علامتين فارقتين على الأغطية وجسم المحرك؟).</p> <p>٢- انزع بكرة نقل الحركة، إن وجدت، باستخدام بريصة السحب.</p> <p>٣- فك البراغي التي تثبت غطاء المروحة.</p> <p>٤- فك غطاء علبة نهايات الأطراف.</p> <p>٥- فك الأغطية التي تثبت الأغطية مع جسم المحرّك.</p> <p>٦- اسحب الغطاء الجانبي عن جسم المحرّك، وذلك بالضرب على محور الدوران بالمطرقة البلاستيكية ضربًا لطيفًا.</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (١)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٧- اطرء العضو الدوّار إلى الخارج مع الغطاء الجانبي الثاني، ثم اسحبه بحذر تفادياً لتلف الملفات.
- ٨- تفحص الأجزاء جميعها، وتعرف وظيفة كل منها في المحرّك، كما في الشكل (١).
- ٩- أعد تجميع أجزاء المحرّك كما كانت بعكس خطوات العمل.
- ١٠- شغل المحرّك بإشراف المعلم، وقس تياره، ثم قارنه مع التيار المكتوب على لوحة المعلومات.
- ١١- اكتب تقريراً مفصلاً بالأعمال التي نفذتها.

التقييم

- ما الأعطال التي تتطلب فك المحرّك ثلاثي الطور؟

تمارين الممارسة العملية

- ترجم لوحة المعلومات (البيان) للمحرّك ثلاثي الطور.

Type G112M 2B3 NO 1102019068						
IP 55 3 PH Mot		S1	NS.CL F		COSφ 0.88	
Hz	V	KW	HP	A	RPM	Weight
50	380/660	4	5.5	8.2/4.7	2800	28
60	460/790	4.8	6.6	8.2/4.7	3456	kg

- ابحث عن لوحة معلومات محرّك ثلاثي الطور يتوافر في مشغلك، ثم فسّر المعلومات الموجودة عليها.

التقويم الذاتي

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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تحدد الأعطال الكهربائية للمحركات ثلاثية الطور ذات القفص السنجابي.
- تجري عملية القياس المختلفة لبدایات ملفات الأطوار ونهاياتها بوساطة الأومميتر

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك حثي ثلاثي الطور ذو القفص السنجابي. ● أفوميتر. ● صندوق عدة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
------------------	------------------------------



الشكل (١)



الشكل (٢)



الشكل (٣)

١- فك وصلات ربط ملفات المحرك، الشكل (١).
٢- باستخدام الأومميتر: افحص بداية ونهايات أطراف ملفات المحرك ونهاياتها، ثم سجل القيم التي حصلت عليها. وتأكد من وجود اختلاف أو عدمه في قيم المقاومات، أو وجود دائرة مفتوحة في دائرة أحد ملفات الأطوار، الشكل (٢).

ملحوظات	قيمة المقاومة	المجموعة
		U1 مع U2
		V1 مع V2
		W1 مع W2

٤- تأكد من وجود دائرة قصر أو عدمها بين أحد ملفات المحرك. الشكل (٣)

الرسوم التوضيحية



الشكل (٤)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٥- افحص بدايات ملفات الأطوار ونهاياتها المختلفة، تأكد من وجود قصر أو عدمه بين ملفات الأطوار المختلفة، الشكل (٤).
- ٦- اكتب تقريراً مفصلاً بالأعمال التي نفذتها.

التقييم

- ١- علام يدلّ خروج دخان من المحرّك في أثناء عمله؟
- ٢- علام يدلّ اختلاف قيم المقاومات بين ملفات الأطوار المختلفة؟

تمارين الممارسة العملية

- ١- افحص ملفات محرّك ثلاثي الطور موصول وصلّ نجمة، وسجل قيم المقاومات، ثم صل ملفات المحرّك بصورة مثلث، وسجل قيم المقاومات، ومن ثمّ لاحظ الفرق بينها.



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	فككت وصلات ربط ملفات المحرِّك.			
٢	أجريت الفحص اللازم لبدائيات أطراف ملفات المحرِّك ونهاياتها، ثم سجلت القيم التي حصلت عليها.			
٣	أجريت الفحص اللازم للتأكد من وجود اختلاف في قيم المقاومات أو عدمه.			
٤	أجريت الفحص اللازم للتأكد من وجود أو عدمها دائرة مفتوحة في دائرة أحد ملفات الأطوار.			
٥	أجريت الفحص اللازم للتأكد من وجود دائرة قصر أو عدمها بين أحد ملفات المحرك والأرضي.			
٦	أجريت الفحص اللازم باستخدام جهاز الأومميتر لبدائيات ملفات الأطوار ونهايته المختلفة، وتأكدت من وجود قصر أو عدمه بين تلك الملفات.			
٧	أجريت الفحص اللازم للتأكد من وجود قصر أو عدمه بين ملفات الأطوار المختلفة.			


– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تفك محرّكًا كهربائيًا ثلاثي الطور ذا العضو الدوار الملفوف، وتعين أجزائه، وتعيد تركيبه.
- تفحص ملفات العضو الساكن وملفات العضو الدوار.
- تشغيل المحرّك بتوصيلة النجمة وتوصيلة المثلث.
- تقيس سرعة المحرّك وتياره.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك ثلاثي الطور ذو حلقات الانزلاق. ● شاكوش حديد. ● مطرقة بلاستيكية. ● سنبك نقطة. ● بريصة سحب. ● طقما مفاتيح: شق، ورنج. ● جهاز أفوميتر. ● أمبيروميتر. ● جهاز قياس السرعة (Tachometer). ● طقم مفاتيح سداسية. مفكات مختلفة. ● صندوق عدّة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١- اتبع خطوات فك المحرّكات التي مرّت بك في التمرين السابق.</p> <p>٢- اسحب الغطاء المثبت عليه قواعد الفرش الكربونية الخاصة بحلقات الانزلاق، الشكل (١).</p> <p>٣- فك الأسلاك المتصلة مع قواعد الفرش الكربونية المتصلة بحلقات الانزلاق، وعلمها.</p>

الشكل (١)

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢)



الشكل (٣)



الشكل (٤)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٤- فك الفرش الكربونية المثبتة على حلقات الانزلاق، الشكل (٢).
- ٥- اسحب العضو الدوّار للخارج وتعرّفه، الشكل (٣).
- ٦- افحص الاتصال الكهربائي بين حلقات الانزلاق، باستخدام جهاز الأفوميتر، الشكل (٤)، ثم دوّن النتائج التي تحصل عليها في الجدول الآتي :

حالة الفحص	قيمة المقاومة
حلقة الانزلاق (١) مع حلقة انزلاق (٢)	
حلقة الانزلاق (١) مع حلقة انزلاق (٣)	
حلقة الانزلاق (٢) مع حلقة انزلاق (٣)	

- ٧- افحص التماس الأرضي بين حلقات الانزلاق وعمود المحور، الشكل (٥).
- ٨- استخرج العضو الساكن، ثم عاينه، الشكل (٦).
- ٩- افحص الاتصال بين ملفات العضو الساكن بواسطة جهاز الأفوميتر، الشكل (٧)، ثم دوّن النتائج التي تحصل عليها في الجدول الآتي:

حالة الفحص	قيمة المقاومة
بداية الطور الأول مع نهايته	
بداية الطور الثاني مع نهايته	
بداية الطور الثالث مع نهايته	

- ١٠- افحص القصر بين ملفات الأطوار المختلفة باستخدام جهاز الأفوميتر، الشكل (٨).

الرسوم التوضيحية



الشكل (٥)



الشكل (٦)



الشكل (٧)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

١١- أعد تجميع المحرّك.

١٢- صل ملفات المحرّك على شكل نجمة.

١٣- افحص الاتصال الكهربائي بين ملفات الأطوار المختلفة بعد توصيل المحرّك بتوصيلة النجمة باستخدام جهاز الأفوميتر، ثم دوّن النتائج التي تحصل عليها في الجدول الآتي:

حالة الفحص	قيمة المقاومة
بداية الطور الأول مع بداية الطور الثاني	
بداية الطور الأول مع بداية الطور الثالث	
بداية الطور الثاني مع بداية الطور الثالث	

١٤- صل المحرّك بمصدر الفولطية التيار المتناوب بإشراف المعلم.

١٥- قس سرعة المحرّك باستخدام جهاز قياس السرعة.

١٦- قس تيار المحرّك باستخدام جهاز الاميتر.

١٧- افصل المحرّك الكهربائي من مصدر الفولطية.

١٨- صل ملفات المحرّك على شكل مثلث.

١٩- افحص الاتصال الكهربائي بين ملفات الأطوار المختلفة باستخدام جهاز الأفوميتر ودون النتائج التي تحصل عليها في الجدول الآتي:

الرسوم التوضيحية



الشكل (٨)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

حالة الفحص	قيمة المقاومة
بداية الطور الأول مع بداية الطور الثاني	
بداية الطور الأول مع بداية الطور الثالث	
بداية الطور الثاني مع بداية الطور الثالث	

٢٠- صل المحرّك بمصدر فولطية التيار المتناوب بإشراف المعلم.

٢١- أعد قياس سرعة و تيار المحرّك.

٢٢- افصل المحرّك الكهربائي من مصدر الفولطية.

٢٣- اكتب تقريراً مفصّلاً عن جميع العمليات التي قمت بها على دفتر التقرير العملي.

التقييم

- ما الأعطال التي تتطلب فك المحرّك ثلاثي الطور؟

تمارين الممارسة العملية

- اعكس اتجاه دوران المحرّك بإشراف المعلم.

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

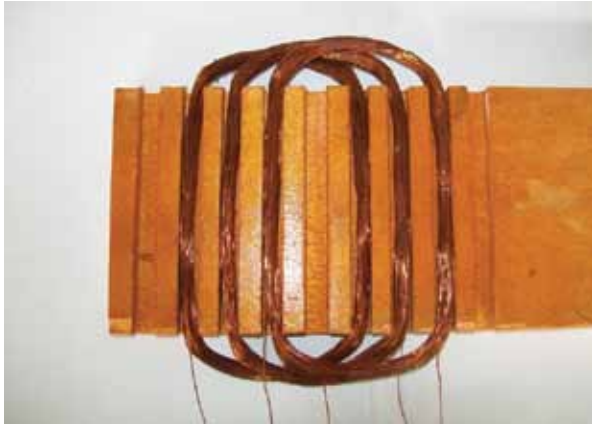
- تميّز محرّكات الطور الواحد من محرّكات الأطوار الثلاثة.
- تدوّن معلومات اللف، وتجري العمليات الحسابية لإعادة لف محرّك ثلاثي الطور.
- ترسم رسمًا دائريًا لملفات العضو الساكن بطريقة اللف المتداخل أو اللف المتسلسل.
- تشغيل المحرّك، ثم تقيس تياره وسرعته وقدرته في حالتي الحمل واللا حمل.

مستلزمات تنفيذ التمرين

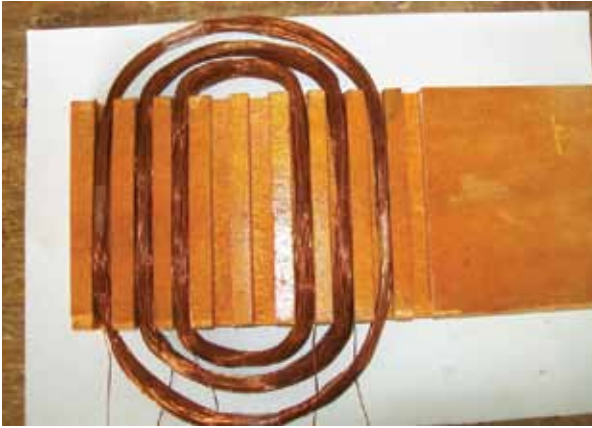
الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك ثلاثي الطور. ● شاكوش حديدي. ● مطرقة بلاستيكية. ● أزميل مبسط. ● سنبك طرد. ● سنبك نقطة. ● مسطرة حديدية. ● ميكروميتر. ● جهاز أفوميتر. ● أمبيروميتر ● جهاز قياس السرعة (Tachometer). ● مقص ورق. ● نصلة منشار. ● فرشاة دهان. ● قطاعة و زرادية. ● كاوي لحام كهربائي. ● طقم مفاتيح سداسية. ● طقما مفاتيح: شق، ورنج 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك لف محرّكات (سلك مورنش)، أقطار مختلفة. ● مكرونة حرارية، أقطار مختلفة. ● ورق عزل محرّكات بسماكة مناسبة. ● ورنيش عزل. ● لحام قصدير. ● سلك مفرد ١,٥ مم. ● خيط تربيط.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١ - فك المحرّك، كما في التمرين (٢-١). اقطع الملفات من الجهة المعاكسة لخروج نهايات أطراف المحرّك باستخدام الأزميل والمطرقة، مراعيًا عدم إتلاف صفائح العضو الساكن للمحرّك.</p> <p>٢ - دوّن المعلومات الآتية قبل تنظيف المحرك كليًا: أ - طريقة اللف. ب - طريقة توصيل الأطوار نجمة أو مثلثي. ج - عدد الطبقات. د - عدد الملفات الكلية. هـ - عدد الملفات لكل طور. و - عدد المجموعات. ز - طول الورق العازل و عرضه و سماكته. ح - عدد الأقطاب. ط - قطر السلك.</p> <p>٣ - نظّف المجاري من الأسلاك، وذلك بطرد الملفات من المجاري بوساطة سنك الطرد والشاكوش الحديدي، مع سحبها بالزرادية</p> <p>٤ - قس قطر السلك.</p> <p>٥ - نظّف المجاري من ورق العزل القديم وبقايا الورنيش بوساطة نصلة منشار.</p> <p>٦ - قص الورق العازل؛ لعزل مجاري المحرّك بوساطة مقص الورق، بحسب عدد مجاري المحرّك.</p>

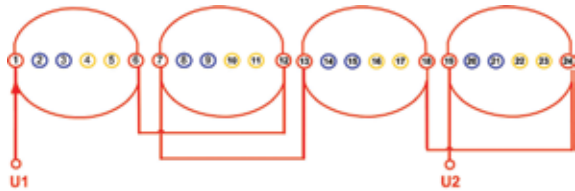
الرسوم التوضيحية



الشكل (١)



الشكل (٢)



الشكل (٣)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٧ - قص ورق عزل الأغطية من الورق نفسه بطول المجاري وبعرض مناسب؛ لتغطية الملفات بعد إسقاطها في المجاري.
- ٨ - اعمل شبلونة اللف من سلك لَف مورنش؛ لتُحدّد بوساطتها مقاسات الملفات.
- ٩ - لف ملفات الأطوار الثلاث حسب عدد السلك وقطره؛ حيث نوع اللف متسلسل الشكل (١)، أو متداخل الشكل (٢).
- ١٠ - ابدأ بإسقاط ملفات الأطوار أولاً بأول، ومن الصغير إلى الكبير حسب خطوة اللف.
- ١١ - ضع ورق العزل فوق كل مجرى من مجاري المحرك
- ١٢ - صل أطراف مجموعات الطور ببعضها؛ لتشكيل أقطاباً متعاقبة، كما في الشكل (٣).
- ١٣ - اعزل ما بين ملفات الأطوار واربطها بوساطة خيط تربيط، مراعيًا خروج الأطراف من الفتحة المخصصة لها من لوحة توصيل المحرك.
- ١٤ - مستخدمًا جهاز الأوميتر:
 - أ - افحص الاتصال ما بين بداية كل طور ونهايته.
 - ب - افحص، وتأكد من عدم وجود اتصال بين ملفات الأطوار المختلفة الثلاثة.
- ١٥ - استخدم جهاز فحص العازلية ($M\Omega$) ما بين كل طرف من الملفات وجسم المحرك، بحيث لا يكون هناك أي اتصال، كما في الشكل (٤)

الرسوم التوضيحية



الشكل (٤)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ١٦- تأكد من قطبية المجموعات المختلفة بوساطة مصدر تيار مستمر وبوصلة.
- ١٧- اعزل الملفات بالورنيش، ودعها تجف، وذلك بوضعها في الفرن الكهربائي المخصّص لتجفيف المحرّكات.
- ١٨- أعد تجميع المحرّك، وذلك بتركيب الأغشية الجانبية وثبيتها جيداً بالبراغي؛ حتى يصبح العضو الدوّار سهل الحركة.
- ١٩- شغّل المحرّك، وقس التيار الساري فيه بوساطة جهاز الأمبيروميتر، ثم قس سرعة دوران المحرّك بوساطة جهاز (التاكوميتر).
- ٢٠- اكتب في دفتر التقرير العملي، تقريراً مفصلاً عن جميع العمليات التي نفذتها.

التقييم

- ١- ما الفائدة من وضع ورق العزل بين ملفات الأطوار الثلاثة؟
- ٢- ماذا تفعل أن لم تجد قطر السلك الملائم لإعادة لف المحرّك؟
- ٣- لماذا يفضل إخراج ستة أطراف من المحرّك الذي أُعيد لفه؟



نفذ التمارين العملية الآتية بطريقة العمل الجماعي، أو حسب إرشادات المعلم.

– محرّك ثلاثي الطور ٢٤ مجرّى، أربعة أقطاب طبقة واحدة، والمطلوب:

● إعادة لف المحرّك.

● رسم ملفات العضو الساكن رسمًا دائريًا.

– اعكس اتجاه دوران محرّك ثلاثي الطور، وذلك بتبديل بداية طورين مكان بعضهما، وثبتت

الطور الثالث.



– دوّن خطوات العمل التي اتبعتها، ثم قيّم تنفيذك لكل خطوة، وفق قائمة شطب مُحدّدة

واضحة كما يأتي:

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١				
٢				
٣				
٤				
٥				

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

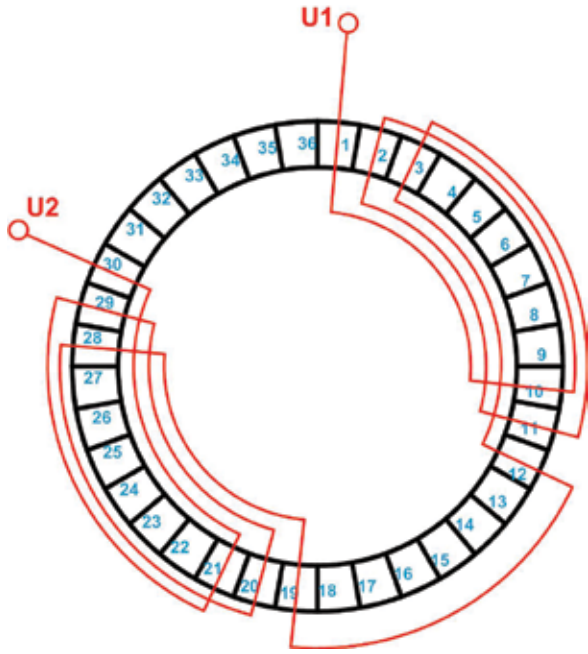
النتائج: يُتَوَقَّع منك بعد تنفيذ هذا التمرين أن تكون قادرًا على أن:

- تميّز المحرّكات، من حيث طرائق توصيل مجموعاتها.
- تفكّ المحرّكات ثلاثية الطور التي عدد أقطابها يساوي ضعف عدد مجموعاتها.
- تشغيل المحرّك، وقياس تياره وسرعته وقدرته في حالة الحمل.
- تعيد لف المحرّكات ثلاثية الطور التي عدد مجموعاتها يساوي نصف عدد الأقطاب، وقياس تيار المحرّك وسرعة قدرته في حالتها: الحمل، واللاحمّل.
- ترسم ملفات المحرّك رسمًا دائريًا.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك ثلاثي الطور. ● شاكوش حديدي. ● مطرقة بلاستيكية. ● أزميل منبسط. ● مقص ورق. ● مسطر حديدية. ● سنبك طرد. ● ميكروميتر. ● جهاز الأوميتر. ● جهاز الاميروميتر ● جهاز القدرة. ● كاوي لحام كهربائي. ● فرشاة دهان. ● نصلة منشار. ● قطاعة وزرادية. ● صندوق عدّة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك لف محرّكات. ● ورق عازل. ● مكرونة. ● سلك مفرد. ● لحام قصدير وورنيش عازل. ● وورنيش عزل. ● خيط تربيط.

الرسوم التوضيحية



الشكل (١)

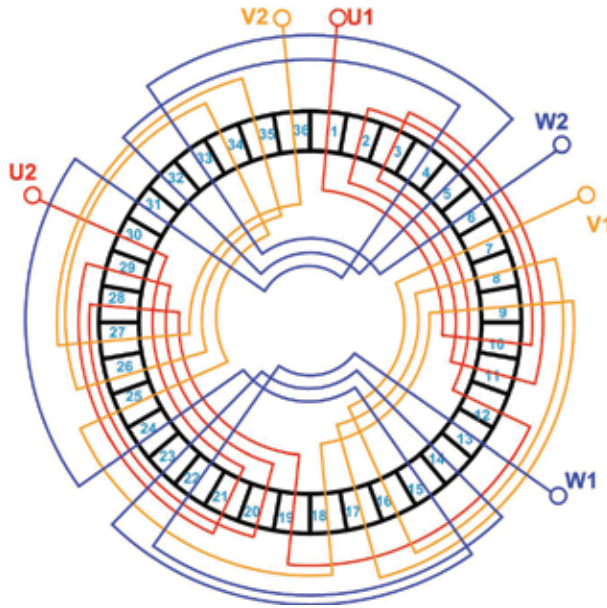
خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ١ - اقطع ملفات المحرك، مراعيًا عدم إتلاف شرائح العضو الساكن، ومستخدمًا أزميل قطع مع شاكوش حديدي.
- ٢ - أخرج ملفًا منها، وأحصِ عدد لفات ملفات المجموعة، وقس قطر السلك بالميكرومتر، ثم دون هذه المعلومات في الجدول (١).
- ٣ - نظف المجاري من بقايا الورق العازل والأوساخ، مستخدمًا نصلة منشار.
- ٤ - مستخدمًا المسطرة ومقص الورق، قس أبعاد الورق العازل، ثم قصه.
- ٥ - خذ قياس أكبر ملف، وحدد عدد اللفات وقطر السلك، ثم ركب شبلونة الملف على ماكنة لف المحركات.
- ٦ - ابدأ بلف ست مجموعات (كل مجموعة تضم ثلاثة ملفات)، مراعيًا أن تكون ملفات المجموعة متصلة على التوالي بالاتجاه نفسه.
- ٧ - أسقط الملفات في المجاري حسب الشكل (١)، ثم ابدأ بالطور الأول وأنزل المجموعتين الأولى والثانية.
- ٨ - أسقط بقية المجموعات، كما في الشكل (٢).
- ٩ - اعزل ملفات الأطوار عن بعضها، مستخدمًا ورق العازل من الجهة المعاكسة لخروج الأطراف، ثم اربطهم بخيط الشريط، ونظم شكلها.

الرسوم التوضيحية

الجدول (١)

نوع اللف	
عدد اللفات لكل ملف	
عدد اللفات لكل قطب لكل طور	
عدد مجموعات كل طور	
عدد الأقطاب	
عدد الملفات الكلية	
عدد المجاري	



الشكل (٢)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

١٠- عرِّ أطراف المجموعات بسكينة التعرية، ثم صل ملفات المجموعة الأولى مع المجموعة الثانية للطور الأول على التوالي (نهاية مع بداية)، كما في الشكل التالي (١).

١١- اعزل نقاط التوصيل بالمكرونة الحرارية.

١٢- الحم مع بدايات الأطوار الثلاثة أسلاكاً مرنة (سلك مفرد) بلون معيّن ومع النهايات بلون مختلف، ثم اعزل نقاط التوصيل بالمكرونة.

١٣- اعزل ملفات الأطوار عن بعضها من هذه الجهة، مستخدماً ورق العزل.

١٤- اربط ملفات المحرك بخيط التريبط، ونظمها ورتبها جيداً حتى لا تلامس العضو الدوّار وراع خروج البدايات والنهايات من مكانها المخصّص في المحرك.

١٥- افحص أطراف كل مجموعه باستخدام جهاز الأوميتر، وتأكد من مطابقة لقيم باقي المجموعات.

١٦- اعزل ملفات المحرك بالورنيش، مستخدماً فرشاة دهان.

١٧- ركب أغطية المحرك مكانها، ثم ثبتها جيداً مراعيًا عدم ملاسة الملفات لجسم المحرك أو العضو الدوّار.

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

١٨- صِل المحرّك، ثمّ شغله من غير حمل حسب لوحته الاسمية، ثم قس التيار بوساطة جهاز الأمبيرميتر، وكذا قس سرعة دوران المحرّك بوساطة جهاز قياس السرعة التاكوميتر، ثمّ سجل القيم في الجدول (٢).
١٨- اكتب تقريراً مفصلاً عن العمليات التي نفذتها.

الجدول (٢)

مقاومة كل مجموعة (أوم)	قدرة المحرّك (HP)	سرعة الدوران (RPM)	تيار اللاحمل (A)	فولطية التشغيل (V)

التقييم

- قارن المحرّكات التي عدد مجموعاتها يساوي عدد أقطابها، بالمحرّكات التي عدد أقطابها يساوي ضعف عدد مجموعاتها، من حيثُ:
- طريقه التوصيل
 - عدد المجموعات
 - السرعة

تمارين الممارسة العملية

- أعد رسم المحرّك السابق، لكن بطريقة اللف المتداخل.
- عدّ إلى التمرين، ثمّ أعد رسم الشكل (٢) بطريقة الرسم الانفرادي، وتتبع مسار التيار.

التقويم الذاتي

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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات


- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تتعرّف فحوصات ما بعد لف المحركات الكهربائية ثلاثية الطور.
- تحدد أعطال إعادة لف المحركات.
- تصلح أعطال إعادة لف المحركات.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز الأفوميتر. ● جهاز قياس السرعة (Tachometer). ● مصدر فولتية مباشرة: (0-30 V). ● صندوق عدّة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاکمة
 <p>الشكل (١)</p>	<p>١- اختبار التماس الأرضي:</p> <p>أ - باستخدام المفاتيح المناسبة، تأكد من فك جسور ربط نهايات ملفات المحرك.</p> <p>ب- مستخدمًا جهاز الأومميتر، تأكد من عدم وجود قصر أرضي بين بدايات الملفات وجسم المحرك، عن طريق وضع أحد أطراف جهاز القياس على جسم المحرك والطرف الآخر على الطرف الأول U1، وتأكد من عدم وجود اتصال، ثم انتقل إلى الطرف الثاني V1، ثم إلى الطرف الثالث W1، الشكل (١).</p>

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة



الشكل (٢)



الشكل (٣)



الشكل (٤)

ج- افصل وصلات مجموعة الملف المتناس؛

لتحديد المجموعة التي يوجد فيها التماس.

د- حدّد الملف المتناس، ثمّ اعمل على عزله

عن جسم المحرّك.

٢- اختبار الدارة المفتوحة:

أ - افحص، باستخدام جهاز الأومميتر بداية

ملفات الطور الأول ونهايتها (U1-U2)،

وبداية الطور الثاني ونهايته (V1-V2)،

وبداية الطور الثالث ونهايته (W1-W2)؛

لتحديد الأطراف المفتوحة، الشكل (٢).

ب- افصل وصلات مجموعات الطور؛ لتحديد

المجموعة التي يوجد بها فتح في الدارة.

ج- حدّد الملف الذي يوجد به فتح وأعد

توصيله على النحو المناسب.

٣- اختبار عكس توصيل المجموعات:

أ- صل أحد أطراف مصدر الفولطية المستمرة

بنقطة توصيل النجمة - بعد وصل أطراف

المحرّك بطريقة النجمة - ثم صل الطرف

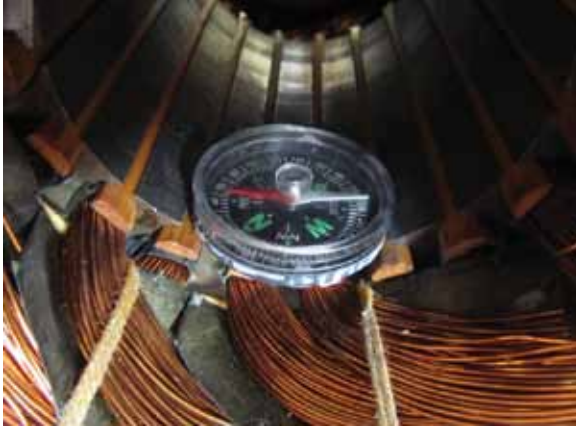
الثاني ببداية ملفات الطور الأول U١،

الشكل (٤)، ثمّ حرّك بوصلة داخل

العضو الثابت بين مجموعات ملفات

الطور؛ لتحديد قطبية كل مجموعة،

الشكلان (٥-أ)، و (٥-ب).



الشكل (أ/٥)



الشكل (ب/٥)

ب- كرّر العملية بوصل الطرف الثاني من مصدر الفولطية المستمرة ببداية ملفات الطور الثاني (V2)، وافحص قطبية مجموعات الطور باستخدام البوصلة، ثم كرّر العملية مع الطور الثالث (W3).

ج- أعد توصيل المجموعة المعكوسة بالطريقة الصحيحة.

٤- اختبار عكس توصيل ملف من ملفات المجموعة للمجموعات الأطوار الثلاثة.

أ- صل أحد أطراف مصدر الفولطية المستمرة بنقطة توصيل النجمة - بعد وصل أطراف المحرك بطريقة النجمة - ثم صل الطرف الثاني ببداية ملفات الطور الأول U1، ثم حرّك بوصة داخل العضو الساكن بين المجموعة الأولى؛ للتأكد من أنها تعطي اتجاهًا وحركة واضحتين، ثم انتقل إلى مجموعات الطور الأخرى.

ب- كرّر العملية مع مجموعات الطورين: الثاني والثالث.

ج- فك وصلات الملف المعكوس، ثم أعد توصيله بالطريقة الصحيحة.

٥- اختبار قصر الدارة.

شغل المحرك وباستخدام جهاز قياس التيار ذي الفكين، قس التيار الذي يسري في الأطوار المختلفة، وتأكد من أنه متساوٍ.

التقييم

- ١- لماذا تُفكّ جسور ربط نهايات أطراف المحرّك؟
- ٢- ما الذي يؤدي إلى فقد كفاءة عازلية ملفات المحرّك؟

تمارين الممارسة العملية

- أعد خطوات الفحص الواردة في التمرين على محرك موصولة نهايته بشكل مثلث.
- افحص محرّكاً أحادي الطور ذي مفتاح طرد مركزي.

التقويم الذاتي

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	فككت جسور ربط نهايات ملفات المحرّك.			
٢	فحصت دارة القصر الأرضي بين الملفات وجسم المحرّك.			
٣	فصلت وصلات مجموعة الملف المتماس؛ لأحدد المجموعة التي يوجد فيها التماس.			
٤	حدّدت الملف المتماس، ثمّ عزلته عن جسم المحرّك.			
٥	فحصت الدارات المفتوحة بين بدايات الأطوار الثلاثة ونهاياتها.			
٦	حدّدت الملف الذي يوجد به فتح، ثمّ أعدت توصيله على النحو المناسب.			
٧	أجريت اختبار عكس توصيل المجموعات، باستخدام مصدر تيار مستمر وبوصلة كهربائية.			
٨	أعدت توصيل المجموعة المعكوسة بالطريقة الصحيحة.			
٩	أجريت اختبار عكس توصيل ملف من ملفات المجموعة لمجموعات الأطوار الثلاثة.			
١٠	أعدت توصيل الملف المعكوس بالطريقة الصحيحة.			
١١	أجريت اختبار قصر الدارة.			

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تتعرف معلومات ملفات محرّكات السرعتين، وتدوّننها على نحو صحيح.
- تعيد لف محرّك ثلاثي الطور ذي السرعتين بطريقة دالندر لمحرّك (٢٤) مجرى، وعدد أقطابه (٤/٢).

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك ثلاثي الطور سرعتين. ● ماكينة لف المحرّكات الكهربائية. ● صندوق عدّة. ● أزميل مبسط. ● شاكوش حديدي. ● سنبك طرد. ● مطرقة بلاستيكية. ● ورق السنفرة (ورق الزجاج). ● مقص ورق. ● مسطرة حديدية. ● ميكروميتر. ● نصلة منشار. ● كاوي لحام كهربائي. ● جهاز أوميتر. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك لف نحاسي. ● ورق عزل. ● لحام قصدير. ● خيط تربيط. ● ورنيش العزل. ● سلك مفرد شعرات. ● مكرونة حرارية قياسات مختلفة. ● ورنيش عازل. ● ورق عزل المحرّكات.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١- مستعينًا بالتمرينات السابقة لعمليات فك المحرّكات الكهربائية وتجميعها، نفّذ ما يأتي:</p> <p>٢- فك المحرّك الكهربائي.</p> <p>٣- ارسم رسمًا دائريًا لملفات المحرّك.</p> <p>٤- سجل بيانات الملفات التي يمكن ملاحظتها قبل البدء بعملية قطع الملفات من الجهة المعاكسة لخروج الأسلاك.</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (١)



الشكل (٢)



الشكل (٣)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

٥- اطرء الملفات كليًا باستخدام سنيك الطرد، وأحص عدد لفات الملفات، وقس قطر السلك، ثم دون ملحوظاتك.

	عدد الأقطاب
	نوع اللف
	قطر السلك
	عدد الملفات الكلية
	عدد الملفات / مجموعة
	خطوة لف المجموعة
	موقع بدايات الأطوار
	عدد الملفات / طور
	عدد لفات الملف الواحد

الجدول (١)

٦- نظف المجاري من بقايا الورق العازل، وأعد عزل المجاري، ثم جهّز ورق الأغطية.

٧- اعمل شبلونة اللف المناسبة، وركبها على قالب اللف الشكل (١)، ثم لف مجموعات الملفات المطلوبة، الشكل (٢).

٨- أسقط ملفات الطور الأول في المجاري:

أ - المجموعة الأولى (١-٧)، الشكل (٣)،
 (٢-٨)، الشكل (٤)، (٣-٩)، (٤-١٠)،
 الشكل (٥).

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة



الشكل (٤)



الشكل (٥)



الشكل (٦)

ب- المجموعة الثانية (١٣-١٩) ، (١٤-٢٠) ،
(١٥-٢١) ، (١٦-٢٢) الشكل (٦).

٦- نظف المجاري من بقايا الورق العازل، وأعد
عزل المجاري، ثم جهّز ورق الأغطية.

٧- اعمل شبلونة اللف المناسبة، وركبها على
قالب اللف الشكل (١)، ثم لف مجموعات
الملفات المطلوبة، الشكل (٢).

٨- أسقط ملفات الطور الأول في المجاري:

أ - المجموعة الأولى (١-٧)، الشكل (٣) ،
(٢-٨) الشكل، (٤)، (٣-٩)، (٤-١٠) ،
الشكل (٥).

ب- المجموعة الثانية (١٣-١٩) ، (١٤-٢٠) ،
(١٥-٢١) ، (١٦-٢٢) الشكل (٦).

٩- أسقط ملفات الطور الثاني في المجاري.

أ - المجموعة الثالثة (٩-١٥) ، (١٠-١٦) ،
(١١-١٧) ، (١٢-١٨)

ب- المجموعة الرابعة (٢١-٣) ، (٢٢-٤) ،
(٢٣-٥) ، (٢٤-٦)

١٠- أسقط ملفات الطور الثالث في المجاري.

أ - المجموعة الخامسة (١٧-٢٣) ، (١٨-٢٤)
(١٩-١) ، (٢٠-٢) .

ب- المجموعة السادسة (٥-١١) ، (٦-١٢) ،
(٧-١٣) ، (٨-١٤) .

١١- اعزل مجموعات الأطوار المختلفة بورق
العازل من الجهة المعاكسة لجهة خروج
الأسلاك وربط الملفات.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١٢- صل مجموعتي كل طور على التوالي بالاتجاه نفسه، والحجم من منتصف المجموعتين سلكاً ثم اعزله بالمكرونة.</p> <p>١٣- اعزل بين المجموعات من جهة خروج الأسلاك واربطها، مراعيًا إخراج الأطراف الستة، وألا يكون اتصال بينها وبين جسم المحرك.</p> <p>١٤- اعزل الملفات بالورنيش، ثم دعها مدّة تجف.</p> <p>١٥- اكتب تقريراً مفصلاً عن جميع العمليات التي نفذتها.</p>
<h3>التقييم</h3> <p>١- ترجم معلومات لوحة مواصفات المحرك إلى المصطلحات الفنية المناسبة باللغة العربية.</p> <p>٢- لأي السرعتين يكون التيار والقدرة هما الأكبر؟</p>	

تمارين الممارسة العملية

- ٢- ارسم رسماً دائرياً ملفات العضو الساكن في آلة تيار متناوب، حسب المعلومات الآتية:
- عدد الأقطار (٣).
 - نوع اللف متسلسل ذو طبقتين.
 - عدد المجاري (٣٦).
 - عدد الأقطاب (٤/٢) ملفوف بطريقة دالندر.



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	فككت المحرّك بالطريقة الصحيحة.			
٢	رسمت ملفات المحرّك رسمًا دائريًا على نحو صحيح.			
٣	دوّنت بيانات الملفات.			
٤	قصصت الملفات من الجهة المعاكسة لخروج الأسلاك.			
٥	طردت الملفات كليًا باستخدام سنيك الطرد.			
٦	دوّنت معلومات الملفات جميعها على النحو الصحيح.			
٧	نظفت المجاري من بقايا الورق العازل.			
٨	أعدت عزل مجاري المحرّك.			
٩	عملت الشبلونة المناسبة.			
١٠	أسقطت ملفات الطور الأول في المجاري على نحو وترتيب صحيحين.			
١١	أسقطت ملفات الطور الثاني في المجاري على نحو وترتيب صحيحين.			
١٢	أسقطت ملفات الطور الثالث في المجاري بالشكل والترتيب الصحيح.			
١٣	عزلت ملفات الاطوار عن بعضها من الجهة المخالفة لجهة خروج الأسلاك.			
١٤	ربطت ملفات المحرّك من الجهة المعاكسة لجهة خروج الأسلاك.			
١٥	وصلت مجموعتي كل طور على التوالي بالاتجاه نفسه، ولحمت من منتصف المجموعتين سلكًا، ثم عزلته بالمكرونة.			
١٦	عزلت بين المجموعات من جهة خروج الأسلاك، وربطتها ثم أخرجت الأطراف الستة.			
١٧	عزلت الملفات بالورنيش، ثم تركتها مدّة لتجفّ.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

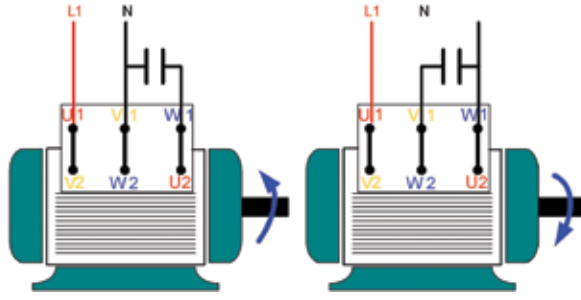
- تشغيل المحرّكات ثلاثية الطور ذات القدرات الصغيرة على فولتية الطور الواحد ٢٢٠ فولط.
- اختيار المواسع المناسب لقدرة المحرّك.
- تعكس اتجاه دوران المحرّك.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك ثلاثي الطور. ● موسعات مختلفة السعة. ● جهاز أفوميتر. ● قطاعة وزرادية. ● مفكات عادية ومُصلّبة. ● صندوق عدّة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مفرد ١,٥ مم.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
<p>الشكل (١)</p>	<ol style="list-style-type: none"> ١- صل أطراف المواسع مع أطراف المحرّك لتوصيلة النجمة، الشكل (١). ٢- صل المحرّك بمصدر ٢٢٠ فولط، تحت إشراف معلّمك، وشغله، وقس التيار، ثم اعكس اتجاه دورانه. ٣- افصل التيار الكهربائي عن دائرة المحرّك الكهربائي. ٤- أعد وصل نهاية أطراف المحرّك بشكل مثلث، وصل أطراف المواسع معه، الشكل (٢). ٥- أعد وصل المحرّك بمصدر ٢٢٠ فولط، تحت إشراف معلّمك، وشغله، وقس التيار، واعكس اتجاه دورانه.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٦- افصل مصدر التيار الكهربائي عن دائرة المحرك الكهربائي.
- ٧- اكتب، في دفتر التقدير العملي تقريرًا مفصلاً عن جميع العمليات التي نفذتها.

التقييم

- ما الفائدة العملية لتحويل محرّكات ثلاثية الطور للعمل على طور واحد؟
- قارن بين تشغيل المحرك في حالتي الطور الواحد والثلاثة أطوار، من حيث:
 - سرعة الدوران.
 - التيار المسحوب.
 - القدرة الكهربائية.

تمارين الممارسة العملية

- احضر محرّكًا ثلاثي الطور موصولًا وصلًا مثلثيًا، وعن طريق لوحة المعلومات، اختر قيمة المواسع المناسب، ثم نفذ ما يأتي:
 - وصل المكثف مع أطراف المحرك، ثم قس تياره وقدرته على فرق جهد ٢٢٠ فولط.
 - اعكس اتجاه دوران المحرك.
 - قارن بين قيمة التيار والقدرة في حالتي التشغيل: ثلاثة أطوار، وطور واحد.
 - اكتب تقريرًا مفصلاً عن الخطوات السابقة.
 - احسب سعة المواسع المناسب لربطه مع المحرّكات ثلاثية الطور؛ لكي تعمل كمحرّكات أحادية الطور، موضّحًا كيفية توصيل المواسع، وعكس اتجاه دوران المحرك بالرسم:
 - محرك قدرته 0.2 HP.
 - محرك قدرته 0.3HP.
 - محرك قدرته 1HP.

التقويم الذاتي

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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

الوحدّة الثالثة

آلات التيار المباشّر

DC Machines



● ما استخدامات محرّكات التيار المباشر؟

● ما الذي يميّز محرّكات التيار المباشر عن محرّكات التيار المتناوب؟

درست سابقاً أن التيار المباشر تيار ثابت القيمة والاتجاه. ومن المعروف أن محرّكات التيار المباشر تغذى من بطاريات أو مولّدات التيار المباشر، أو من مصادر التغذية التي تحوّل التيار من نوع (AC-DC). وسندرس في هذه الوحدة مبدأ عمل محرّكات التيار المباشر ومولّدات التيار المباشر وخواصّها وتطبيقاتها وطرائق تشغيلها.

يُتوقَّع منك بعد دراسة هذه الوحدة أن :

- تتعرّف مكوّنات آلة التيار المباشر.
- تتعرّف أنواع آلات التيار المباشر وخواصّها واستخداماتها.
- تتعرّف طرائق تشغيل محرّكات التيار المباشر، وعكس اتجاه دورانها.
- تتعرّف أعطال آلات التيار المباشر وأسبابها.
- تتعرّف مكوّنات المحرّك العام واستخداماته وخواصّه.
- تتعرّف طرائق تشغيل المحرّك العام، وكيفية عكس اتجاه دورانه.
- تتعرّف طرائق التحكم في سرعة المحرّك العام.
- تتعرّف مبدأ عمل محرّك الخطوة.
- تميّز أنواع محرّكات الخطوة.
- تفكّ آلة تيار مباشر، وتعيد تجميعها.
- تشخّص أعطال آلات التيار المباشر.
- تصلح أعطال آلات التيار المباشر.
- تشغل آلات التيار المباشر بعد إصلاحها، وتجري الفحوصات اللازمة عليها.
- تفكّ المحرّك العام، ثمّ تعيد تجميع أجزائه.
- تميّز أعطال المحرّك العام وأسبابها.
- تشخّص أعطال المحرّك العام.
- تعيد لف ملفات المحرّك العام.
- تشغل المحرّك العام، وتجري الفحوصات اللازمة.
- تطبّق تعليمات الصّحة والسلامة المهنية.

مبدأ عمل آلة التيار المباشر وتركيبها

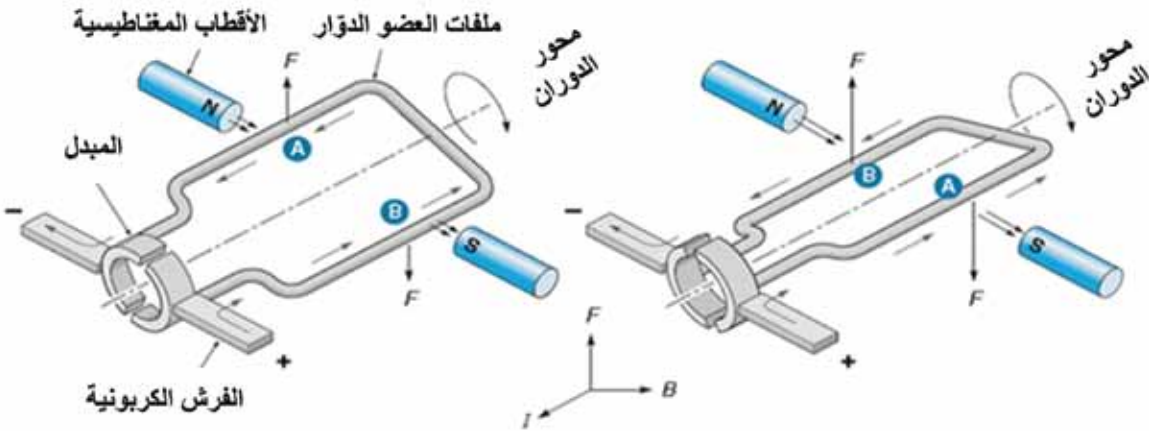
تُعدّ آلة التيار المباشر (Dc Machines) من الآلات التي يمكن أن تعمل في نمطين؛ نظام مولّد للطاقة الكهربائية، ومحرك كهربائي، كما في الشكل (٣-١).



الشكل (٣ - ١): عمل آلة التيار المباشر.

١- مبدأ عمل آلة التيار المباشر

أ - عمل آلة التيار المباشر كمحرك (Motor) الشكل (٣ - ٢): عندما يسري تيار كهربائي خلال ملف ضمن مجال مغناطيسي، تؤثر في الملف قوة ميكانيكية نتيجة تولّد مجال مغناطيسي في الملف من جهة، ووجود المجال المغناطيسي الأصلي من جهة أخرى، فإذا كان الملف في وضع سهل الحركة فإنه يدور بسرعة معينة.



الشكل (٣ - ٢): مبدأ عمل محرك التيار المباشر.

ب - عمل آلة التيار المباشر كمولد (Generator): عند دوران ملف داخل مجال مغناطيسي، تتولد في الملف قوة دافعة كهربائية (ق د ك)؛ نتيجة تقطيع موصلات الملف لخطوط المجال المغناطيسي. يحدث تحويل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية عندما يتحرك العضو الدوّار للمولد بواسطة آلات الديزل أو الآلات البخارية أو التوربينات البخارية أو المائية، داخل مجال مغناطيسي.

٢- تركيب آلة التيار المباشر

تتكون آلة التيار المباشر من الأجزاء الآتية:

أ - العضو الساكن (Stator): هو العضو الذي يمثل الدارة المغناطيسية ولا يتحرك؛ حيث إنه يوفر مجالاً مغناطيسياً يدور داخله العضو الدوار. ويحتوي العضو الساكن على أقطاب مغناطيسية دائمة تتركب على هيكل (Yoke)، للآلات ذات القدرات الصغيرة أو أقطاب كهرومغناطيسية للآلات ذات القدرات العالية. تتضمن هذه الأقطاب ملفات



نحاسية معزولة، توضع في مجاري القلب المعدني المصنوع من رقائق فولاذية مرصوفة ومعزولة عن بعضها؛ للعمل على تقليل المفايد الحرارية بسبب التيارات الدوامية (Eddy Current)، ويتم تثبيت هذه الأقطاب بالهيكل الرئيس (Frame) للآلة، كما هو مبين في الشكل (٣-٣).

الشكل (٣ - ٣): هيكل المحرك.

ومن الجدير ذكره أن الهيكل الرئيس للمحرك جزء من الدائرة المغناطيسية للمحرك. ب- العضو الدوّار - المنتج - (Armature): هو عنصر الحركة في محرّكات التيار المباشر، ويصنع من الصُّلب على شكل رقائق (Laminations) معزولة، وذلك لتقليل المفايد المؤدية لفقد جزء من قدرة الآلة على شكل حرارة، التي يمكن أن تسبب في تلف المادة العازلة لملفات المنتج، ومن ثم تلف ملفات المنتج.



يركّب المنتج على عمود الإدارة، كما هو مبين في الشكل (٣-٤)، ويوجد على طول القلب المعدني مجاري (شقوق) توزّع فيها ملفات نحاسية معزولة لتولّد فيها القوة الدافعة الكهربائية.

الشكل (٣-٤): العضو الدوّار.

ج- المبدل (Commutator): المبدل مجموعة من القطع النحاسية المعزولة عن بعضها بطبقة من المايكا، يركّب - كما هو موضح في الشكل (٣-٥) - مع عمود



الإدارة، وتربط نهايات ملفات المنتج وتلحم بالقطع النحاسية للمبدل.

يستخدم عادة نابض داخل حامل الفرش الكربونية ليضغط على الفرش، ويعطي تلامساً جيداً بينها وبين قطع المبدل.

الشكل (٣-٥): المبدل.

د - مكوّنات إضافية: هناك بعض القطع الميكانيكية التي لا تقل أهمية عن الأجزاء السابقة، وهي من غير وضعها في مكانها لا تدور الآلة على نحو سلس مثل كراسي المحاور (Bearings)، الشكل (٣-٦)، التي تكون مثبتة على قاعدة الهيكل الرئيس، كذلك هناك مروحة (Fan) التبريد التي تعمل على دفع الهواء إلى داخل الآلة، وتركّب عادة على محور عمود الإدارة.



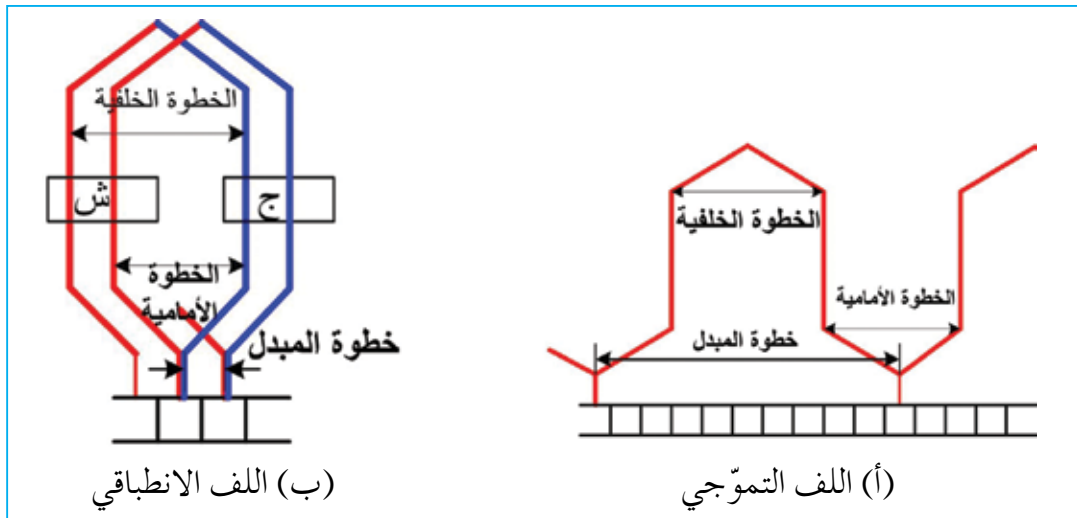
الشكل (٣-٦): كراسي المحور.
(Bearings).

هـ - ملفات المنتج (Armature Winding): تتولد قوة دافعة كهربائية (ق.د.ك) بملفات المنتج، من خلال الفرش الكربونية والمبدل الذي يحوّل التيار المتناوب إلى تيار مباشر. ومن الجدير بالذكر أنه يمكن لف ملفات المنتج بطرائق عدّة.

١ . اللف الانطباقي (Lap Winding): توصل نهايتا الملف مع قطعتي نحاس متجاورتين في المبدل.

٢ . اللف التموجي (Wave Winding): توصل نهايتا الملف مع قطعتي نحاس متباعدين في المبدل.

والشكل (٣-٧ أ-ب) طريقة اللف الانطباقي واللف التموجي.



الشكل (٣ - ٧): طريقتا لف ملفات منتج آلة التيار المباشر.

القوة الدافعة الكهربائية والسرعة في آلات التيار المباشر

(The Dc Machine Electromotive Force and speed)

درست سابقاً أنه إذا قطع موصل فيضاً مغناطيسياً، فإنه يتولد في هذا الموصل قوة دافعة كهربائية، تعتمد على سرعة عملية القطع. ففي آلات التيار المباشر تقطع الموصلات النحاسية فيض الأقطاب في حالة دوران المنتج، وتتولد (ق د ك - emf) في الموصلات. فإذا دار المنتج دورة واحدة، فإن أي موصل يكون قد قطع الفيض المغناطيسي لجميع الأقطاب. ويتم التعبير عن العلاقة بين القوة الدافعة الكهربائية والفيض المغناطيسي وسرعة دوران المنتج بما يأتي:

$$E = \frac{\Phi \cdot p \cdot n}{60} \dots\dots\dots(3-1)$$

حيث

E : القوة الدافعة الكهربائية المتولدة (العكسية) / موصل (فولط)

 Φ : الفيض المغناطيسي لكل قطب (الويبر)

p : عدد الأقطاب

n : سرعة دوران المنتج (دورة/ دقيقة)

فإذا كان عدد الموصلات الكلية (z) وعدد دارات التوازي (a)، فإن عدد الموصلات التي على

التوالي لكل دائرة في المنتج = z / a

من خلال هذه المعطيات، يمكن حساب القوة الدافعة الكهربائية لمنتج آلة التيار المباشر، وذلك

حسب العلاقة الآتية:

$$E = \frac{\Phi \cdot p \cdot n}{60} \times \frac{Z}{A} \dots\dots\dots(3-2)$$

علماً بأن عدد دارات التوازي تتبع طريقة اللف، فإذا كان اللف تموجياً فإن (a) دائماً = 2، وإذا

كان انطباقياً فإن (a) = عدد الأقطاب.

ونظراً إلى أن p و a و z ثوابت تحدد نوع الآلة ولا تتغير إلا بتغييرها، فإن المعادلة (3-2) يمكن

كتابتها على النحو الآتي:

$$E = k \cdot \Phi \cdot n \dots\dots\dots(3-3)$$

حيث k ثابت الآلة، ويساوي

$$K = \frac{Z.p}{60.a}$$

وفي حالة المحرك، فإن:

$$E = V - I_a.R_a \dots\dots\dots(3-4)$$

حيث V : فولتية المصدر

I_a : تيار المنتج

R_a : مقاومة المنتج

وبتعويض قيمة E من المعادلة (3-3) في المعادلة (3-4)، حيث يمكن إعادة كتابة المعادلة بدلالة n :

$$k.\phi .n = V - I_a \times R_a$$

$$n = \frac{V - I_a R_a}{k.\phi} \dots\dots\dots(3-5)$$

وتسمى العلاقة السابقة بمعادلة سرعة المحرك،

ولأن $I_a.R_a$ كمية صغيرة نسبياً (بحدود 3 - 6٪ من فولتية المصدر)، فيمكن تقريب المعادلة (3-5) على الشكل الآتي:

$$n = \frac{V}{k.\phi} \dots\dots\dots(3-6)$$

تلاحظ من المعادلة الأخيرة أن سرعة المحرك تتناسب طردياً مع فولتية المصدر، وعكسياً مع الفيض المغناطيسي للأقطاب.

سؤال ما المتغيرات المؤثرة في سرعة محرك التيار المباشر؟

سؤال

منتج آلة تيار مباشر عدد موصلاته الكلية (٦١٢) موصل، ويدور بسرعة (٩٠٠) دورة/دقيقة. إذا كان المنتج ملفوفاً لفاً تموجياً، وله أربعة أقطاب، والفيض المغناطيسي لكل قطب (٢٥) ميلي ويبر، فاحسب (ق د ك) المتولدة.

الحل

بما أن اللف لفّ تموجي، فإن عدد دارات التوازي (a) = ٢.

$$E = \frac{\phi \cdot p \cdot n}{60} \times \frac{Z}{A}$$

$$= \frac{0.025 \times 900 \times 4}{60} \times \frac{612}{2}$$

$$= 459 \text{ V}$$

النشاط (١-٣)

أعد حل المثال السابق، ثم احسب (ق.د.ك)، بناء على أن اللف من النوع الانطباقي.

رد فعل المنتج

(Armature Reaction)

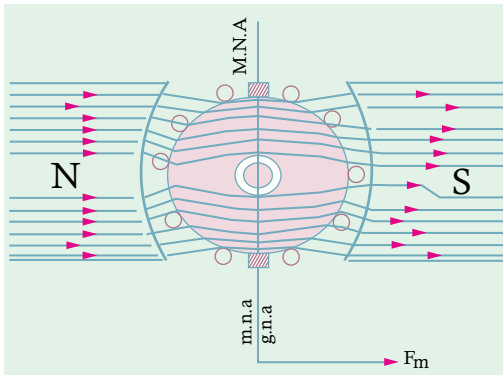
تشا

عند إيصال حمل كهربائي بمولد أو حمل ميكانيكي بمحرك تيار مباشر، فإن تياراً يسري خلال ملفات المنتج. وهذا يؤدي من ثم إلى تكوين مجال مغناطيسي، يؤثر في المجال المغناطيسي الناتج من ملفات الأقطاب، وهذا يعمل على إضعاف المجال المغناطيسي الرئيس، ويؤدي إلى تشويبهه. ويعرف رد فعل المنتج بأنه تأثير المجال المغناطيسي الناتج من سريان التيار في ملفات المنتج على توزيع الفيض المغناطيسي الناتج من الأقطاب الرئيسية لآلة التيار المباشر.

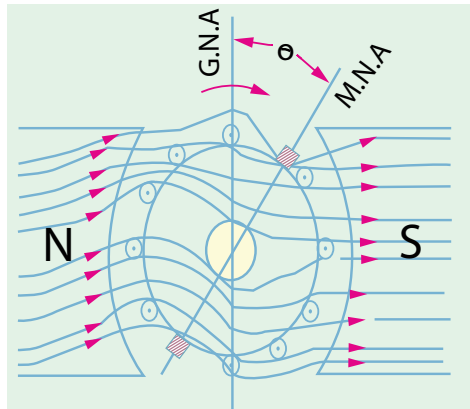
يوضح الشكل (٣-٨-أ-ب-ج) تأثير رد فعل المنتج في آلة تيار مباشر ذات قطبين؛ حيث نجد أن الفرش الكربونية موضوعة على محور التعادل المغناطيسي (Magnetic Neutral Axis) وهو المحور الذي لا

تتولد عنده ق د ك في موصلات المنتج؛ وذلك لأن الموصلات تكون موازية لخطوط المجال المغناطيسي. فعندما لا يسري تيار في ملفات المنتج، يكون المجال المغناطيسي الناتج من ملفات الأقطاب فقط، كما يوضح الشكل (٣-٨-أ).

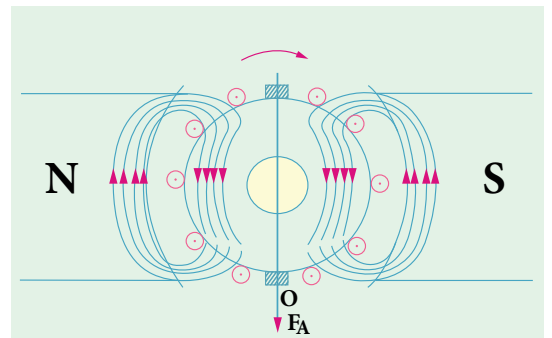
يبين الشكل (٣-٨-ب) المجال المغناطيسي الناتج عند سريان التيار في ملفات المنتج، من غير وجود تيار في ملفات الأقطاب. أما الشكل (٣-٨-ج) فيمثل محصلة المجالين؛ أي المجال المغناطيسي للأقطاب ومجال المنتج. نلاحظ أن الفيض المغناطيسي في المنتج لم يعد منتظماً أو متماثلاً حول محور القطب، وإنما أصبح مشوّهاً.



الشكل (٣-٨-أ): المجال المغناطيسي لملفات الأقطاب فقط.



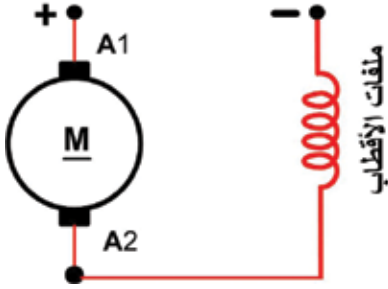
الشكل (٣-٨-ب): المجال المغناطيسي المحصل عند وجود مجال ملفات الأقطاب وسريان تيار في المنتج.



الشكل (٣-٨-ج): المجال المغناطيسي بسبب سريان تيار في ملفات المنتج.

أنواع محرّكات التيار المباشر

١- محرّك التوالي (DC Series Motor)

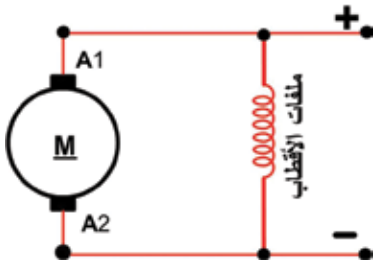


توصل ملفات أقطاب المحرّك على التوالي مع ملفات المنتج؛ وبذا فإن التيار الساري في المنتج هو نفسه التيار الذي يسري في ملفات الأقطاب. الشكل (٣-٩).

تعتمد قيمة الفيض المغناطيسي (Φ) على قيمة تيار المنتج، فكلما زاد التيار زاد الفيض المغناطيسي، ومن ثمّ انخفضت السرعة حتى تصل إلى نقطة التشبع المغناطيسي، ويقصد بها تلك النقطة التي إذا زاد فيها التيار يصاحبه زيادة قليلة جداً في الفيض المغناطيسي؛ أي تصبح الزيادة في (Φ) أقل من الزيادة في التيار.

الشكل (٣ - ٩): محرّك التوالي.

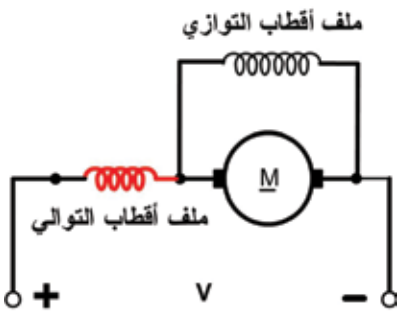
٢- محرّك التوازي (D.C Shunt Motor)



تكون ملفات الأقطاب في هذا المحرك موصولة على التوازي مع ملفات المنتج. الشكل (٣-١٠)؛ حيث يبقى الفيض المغناطيسي ثابتاً مهماً تغيّر تيار المنتج. وبما أن فولتية المصدر ثابتة، فإن التغيّر في السرعة يكون قليلاً.

الشكل (٣ - ١٠): محرّك التوازي.

٣- المحرّك المركب (D.C Compound Motor)



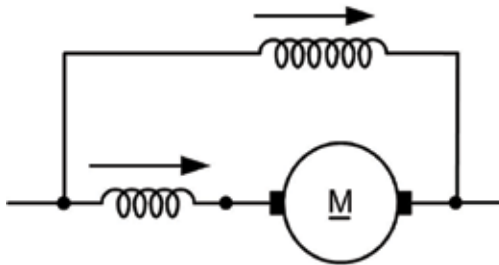
يمتلك هذا المحرّك مزايا محرّك التوالي والتوازي؛ حيث توصل ملفات أقطاب التوالي والتوازي معاً بطريقة معينة. ويبيّن الشكل (٣-١١) أحد أنواع المحرّكات المركبة، الذي يمكن تصنيفه حسب طريقة توصيل ملفات التوالي والتوازي مع ملفات المنتج كما يأتي:

الشكل (٣ - ١١): محرّك مركب.

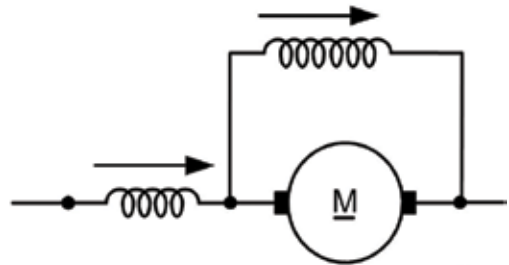
أ - المحرك المركب التراكمي (Cumulative Motor): في هذا النوع، يكون اتجاه التيار في ملفات التوالي بنفس اتجاهه في ملفات التوازي، وفي هذه الحالة يساعد المجال الناتج من ملفات التوالي المجال الناتج من ملفات التوازي ويضاف إليه.

ب- المحرك المركب الفرقي (Differential Motor): في هذا النوع من المحركات، يكون اتجاه التيار في ملفات التوالي عكس اتجاهه في ملفات التوازي؛ وبذا فإن المجال الناتج من ملفات التوالي يعاكس المجال الناتج من ملفات التوازي. ويمكن أن يكون المحرك المركب:

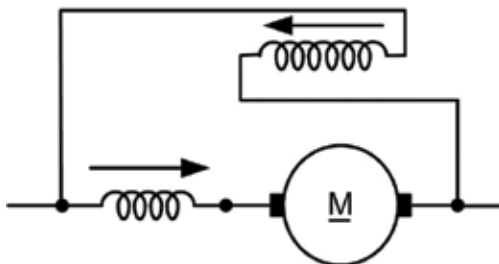
- ١ . مركباً طويلاً: وفيه توصل ملفات التوالي مباشرة مع فرش المنتج .
 - ٢ . مركباً قصيراً: وفيه توصل ملفات التوازي مباشرة مع فرش المنتج.
- وتبعاً لهذا التصنيف، يمكن تقسيم المحركات المركبة إلى أربعة أنواع:
- ١ . محرك تراكمي قصير الشكل (٣-١٢-أ).
 - ٢ . محرك تراكمي طويل الشكل (٣-١٢-ب).
 - ٣ . محرك فرقي قصير الشكل (٣-١٢-ج).
 - ٤ . محرك فرقي طويل الشكل (٣-١٢-د).



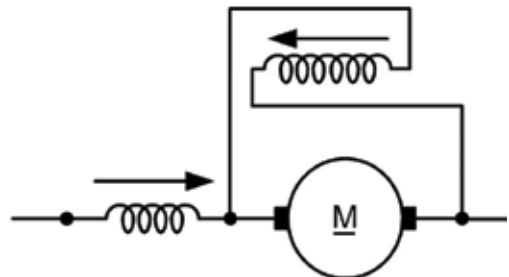
(ب) محرك تراكمي طويل



(أ) محرك تراكمي قصير



(د) محرك فرقي طويل



(ج) محرك فرقي قصير

الشكل (٣-١٢): تصنيف المحركات المركبة.

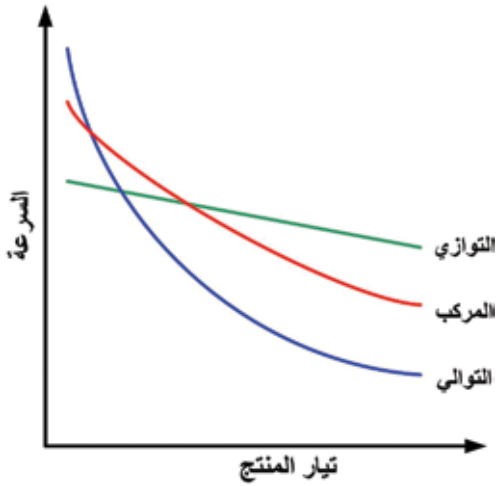
خواصّ محرّكات التيار المباشر

(DC Motors Characteristic)

١- السرعة، وتيار المنتج

درست سابقًا أن السرعة تتناسب طرديًا مع الفولطية المغذية وعكسيًا مع فيض الإثارة المغناطيسي. في هذا السياق، فإن الشكل (٣-١٣) يبيّن العلاقة ما بين السرعة وتيار المنتج لكل نوع من أنواع محرّكات التيار المباشر.

أ - محرك التوازي: مهما تغيّر تيار المنتج يبقى الفيض المغناطيسي (Φ) ثابتًا. وبثبات فولطية المصدر، فإن التغيّر في سرعة العضو الدوّار مع تغيّر الحمل يكون قليلًا كما هو مبين في منحنى الخواصّ، الشكل (٣-١٣).



الشكل (٣-١٣): علاقة السرعة - تيار المنتج.

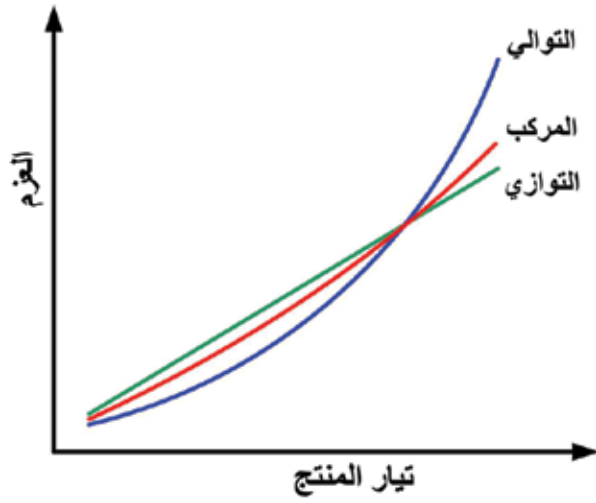
ب - محرك التوالي: بما أن تيار المنتج هو نفسه تيار الأقطاب، فإن الزيادة في تيار المنتج يقابلها زيادة في الفيض المغناطيسي، ومن ثمّ انخفاض في السرعة تبعًا لذلك حتى تصل إلى نقطة التشبع المغناطيسي؛ حيث تصبح الزيادة في (Φ) أقل من الزيادة في التيار. ويبيّن الشكل (٣-١٣) خواصّ السرعة وتيار المنتج في محرك التوالي.

ج - المحرك المركّب: وهو محرك يجمع بين خواصّ محرّكي التوالي والتوازي، كما يظهر في الشكل (٣-١٣).

٢- الخاصية الكهربائية (Electric Characteristic)

وهي العلاقة بين العزم الكهرومغناطيسي وتيار المنتج؛ حيث إن العزم يتناسب طرديًا مع تيار المنتج والفيض المغناطيسي. وفي ما يأتي توضيح للعلاقة بين مختلف أنواع محرّكات التيار المباشر:

أ - محرك التوازي: في هذا المحرك، يتناسب العزم طرديًا مع التيار؛ بسبب ثبات الفيض المغناطيسي (Φ)، كما يظهر في الشكل (٣-١٤).



الشكل (١٤-٣): علاقة العزم بتيار محرك التيار المباشر.

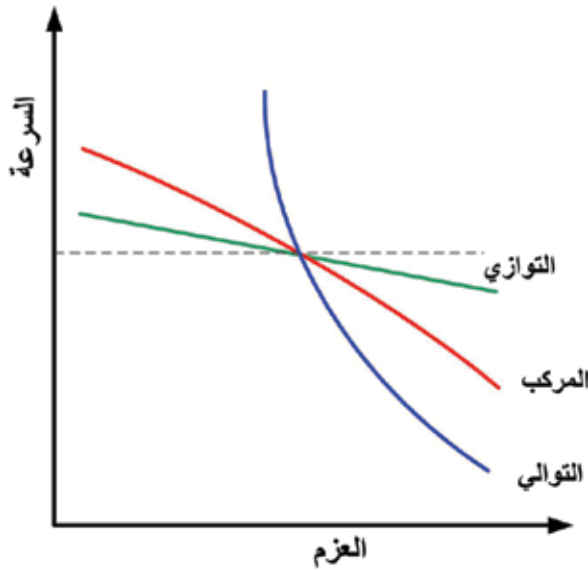
ب- محرك التوالي: وفيه يتناسب الفيض المغناطيسي طردياً مع التيار، ومن ثم فإن العزم يتناسب طردياً مع مربع التيار، والشكل (١٤-٣) يوضح العلاقة.

ج- المحرك المركب: وتكون فيه خواص العزم وسطاً بين خواص محركي التوالي والتوازي، والشكل (١٤-٣) يوضح ذلك.

٣ - الخاصية الميكانيكية (Mechanical Characteristic)

وهي العلاقة بين سرعة المحرك والعزم؛ حيث إن العزم يتناسب طردياً مع تيار المنتج. ويبيّن الشكل (١٥-٣) العلاقة التي تربط السرعة مع العزم، لكل من محركات: التوالي، والتوازي، والمركب.

تعدّ الخاصية الميكانيكية من الخواص المهمة جداً للمحركات على نحو عام؛ حيث يتبين من خلالها مدى تغيير السرعة مع تغيير الحمل.



الشكل (١٥-٣): علاقة السرعة - العزم.

يُلاحظ من الشكل (١٥-٣) أن تغيير سرعة محرك التوازي تنخفض قليلاً مع زيادة عزم الحمل، بينما تنخفض كثيراً في محرك التوالي. أما المحرك المركب، فتتخفض فيه السرعة على نحو متوسط، وهذه تُعدّ ميزة لهذا النوع من المحركات.

بعد دراسة خواصّ محرّكات التيار المباشر، نستنتج ما يأتي :

١ - أنه يمكن استخدام محرّك التوازي في المجالات التي تتطلب سرعة ثابتة على الرغم من تغيّر الحمل، بينما لا يمكن استخدامه للأحمال التي تحتاج إلى عزم بدء عالٍ، مثل المفارز وآلات النسيج.

٢ - يتميّز محرّك التوازي بعزم بدء عالٍ؛ فهو يستخدم لبدء تشغيل السيارة، والقطار الكهربائي، والروافع. ومن الجدير بالذكر أنه يستخدم وهو موصل بالحمل، وذلك حتى لا تصل سرعته إلى حدّ خطر .

٣ - يستخدم المحرّك المركّب، حسب الحمل؛ حيث إنه يمتلك خصائص محرّكي التوازي والتوازي معاً، فنجد أن:

أ - المحرّك المركّب التراكمي: يمكن استخدام هذا المحرّك في الأحمال التي تتطلب عزمًا عاليًا. علمًا بأن تشغيله يتمّ من غير حمل، كما هي الحال في الآلات القطع والثقب.

ب- المحرّك المركّب الفرقي : محدود الاستخدام، إلا في بعض مختبرات البحوث؛ لأنه إذا انخفض الحمل عن المقرر، فإن سرعته تزداد، وقد تصل إلى حدّ خطر.

مولدات التيار المباشر

(DC Generators)

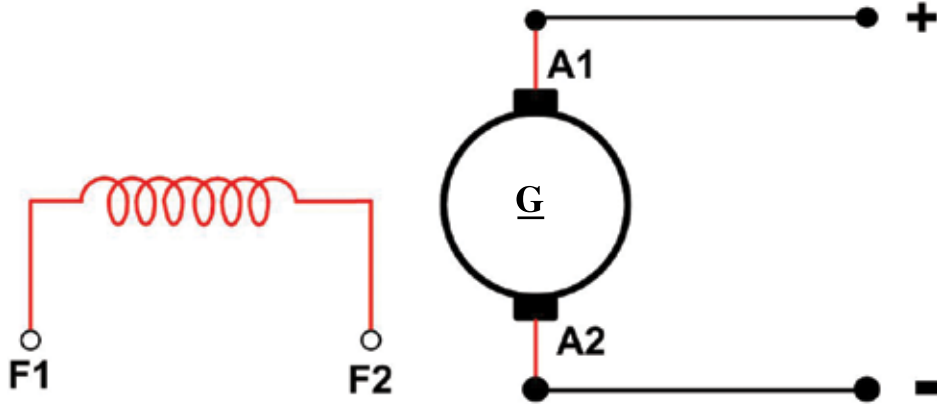
سادسًا

المولد الكهربائي: هو آلة تحوّل الطاقة الميكانيكية إلى طاقة كهربائية بوساطة التأثير الكهرومغناطيسي في الموصلات التي بالمنتج.

١- أنواع المولدات

يمكن تقسيم مولدات التيار المباشر تبعًا لطريقة توليد الفيض المغناطيسي في الأقطاب إلى ما يأتي:

أ - مولدات ذات تغذية منفصلة (Separately Excited Generator): يبيّن الشكل (٣-١٦) الدارة الكهربائية لمولد ذي تغذية منفصلة؛ حيث تتم تغذية ملف الأقطاب بتيار مباشر من مصدر كهربائي خارجي، من مثل: بطارية أو مولد آخر للتيار المباشر، ويحصل المولد على الطاقة الميكانيكية لحركته من محرّك متصل معه ميكانيكيًا.



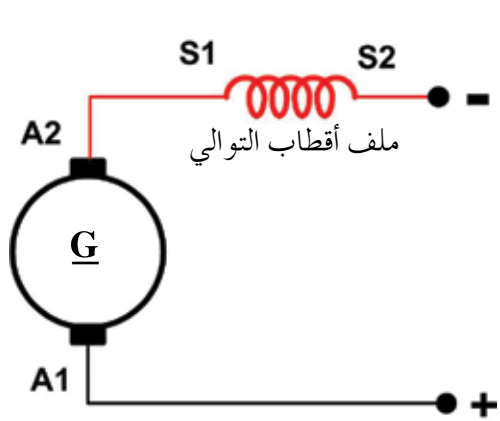
الشكل (٣-١٦): مولد ذو تغذية منفصلة.

ب- مولدات التهيج الذاتية (Self Excited Generator): تستخدم هذه المولدات جزءًا من التيار المتولّد في المنتج لتغذية ملفات الأقطاب، ويعتمد مبدأ عملها على أنه عندما يكون المولد ساكنًا تكون هناك مغناطيسية متبقية في قلب الأقطاب، فإذا دار المنتج تقطع موصلاته الفيض الضعيف للمغناطيسية المتبقية فتتولّد (ق.د.ك) صغيرة تتراوح بين (٢-١٠) فولط، فيسري تيار ضعيف في ملفات الأقطاب يقوي مغناطيسية

الأقطاب فتتولد (ق.د.ك) أقوى من السابق، فيزداد التيار في ملفات الأقطاب ومن ثم تزداد (ق.د.ك) المتولدة وهكذا حتى تتشبع الأقطاب.

وهناك ثلاثة أنواع عامة من مولدات التغذية الذاتية للتيار المباشر، صنفت حسب طريقة توصيل ملفات الأقطاب، هي:

أ - مولد التوالي (DC Series Generator): تتكون ملفات الأقطاب في هذا المولد

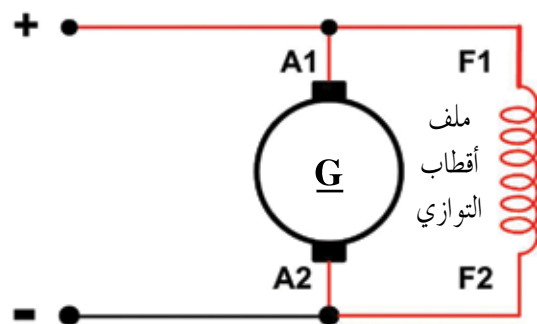


من عدد قليل من لفات مصنوعة من أسلاك مساحة مقطعها كبيرة ومقاومتها قليلة لتحمل تيار الحمل، وتوصل على التوالي مع المنتج والحمل، كما هو مبين في الشكل (١٧-٣).

الشكل (١٧-٣): مولد التوالي.

ب - مولد التوازي (D.C Shunt Generator): تتكون ملفات الأقطاب في مولد

التوازي من عدد كبير من لفات موصل نحاسي رفيع معزول، توصل أطرافها مع الفرش الكربونية مشكلة دائرة توازي مع المنتج والدائرة الخارجية، كما هو مبين في الشكل (١٨-٣). وتكون مقاومة



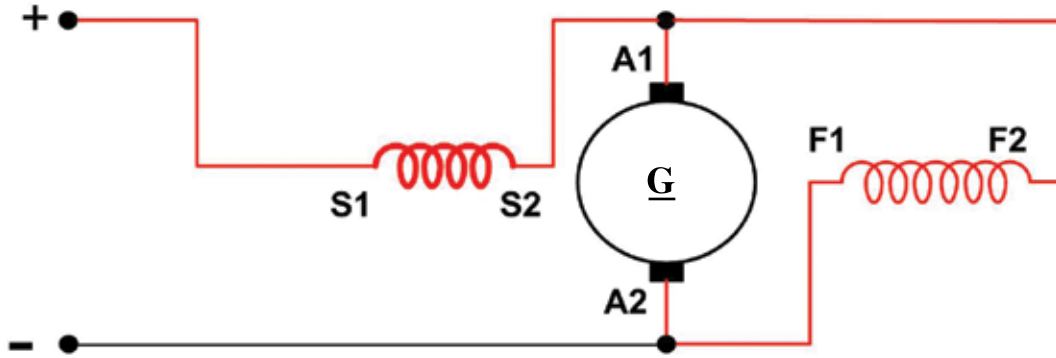
ملفات الأقطاب كبيرة إذا ما قورنت بمقاومة المنتج أو الحمل ، لذلك فإن تيار الأقطاب يكون صغيراً نسبياً حتى في المولدات الكبيرة؛ إذ يصل إلى ٥٪ من التيار الكلي المتولد في المنتج.

الشكل (١٨-٣): مولد التوازي.

ج- المولّد المركّب (D.C Compound Generator): يحتوي هذا المولّد على مجموعتين من ملفات الأقطاب: الأولى موصولة على التوالي مع المنتج، ويكون عددها قليلاً جداً وموصلاتها سميكة. والثانية موصولة على التوازي مع المنتج، وتكون لفاتها كثيرة العدد وموصلاتها رفيعة، وهي التي تعمل على تعويض الفولطية المفقودة. أما عمل ملفات التوالي، فهو إعطاء معظم الفيض المغناطيسي بسبب تيار الحمل ومقاومة دائرة المنتج، لذلك يمكن اختيار مجموعتي الملفات بحيث تعطيان فولطية ثابتة تحت أحمال مختلفة.

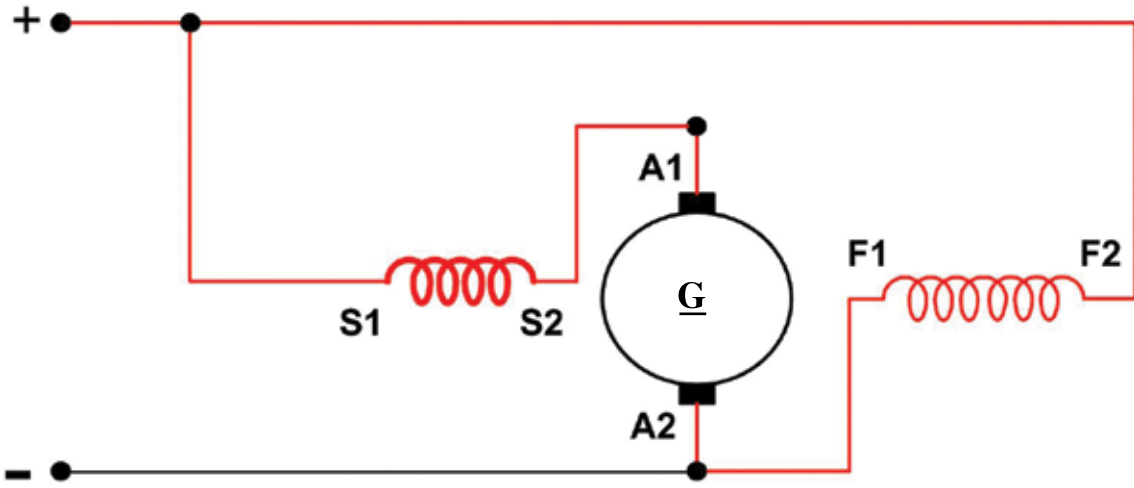
وهناك نوعان للمولّد المركّب حسب طريقة توصيل مجموعتي الملفات مع المنتج، هما:

١. مولّد مركّب قصير (Short Compound Generator): يوصل طرفا ملفات التوالي مع فرش المنتج، كما توصل ملفات التوالي مع الحمل على التوالي، كما هو مبين في الشكل (٣ - ١٩).



الشكل (٣ - ١٩): مولّد مركّب قصير.

٢. مولّد مركّب طويل (Long Compound Generator): توصل ملفات التوالي مع المنتج على التوالي، كما توصل ملفات التوالي على التوازي مع المنتج وملفات التوالي، كما هو مبين في الشكل (٣ - ٢٠).

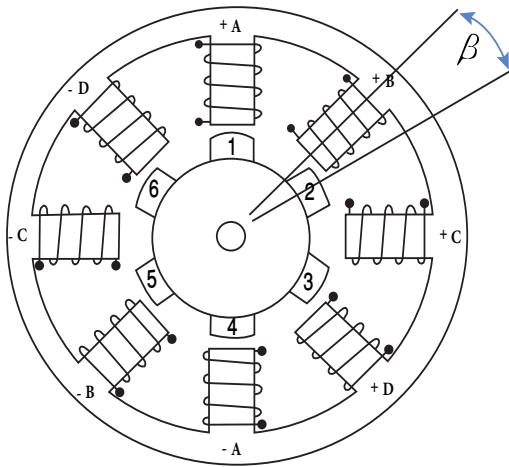


الشكل (٣ - ٢٠): مولّد مرّكب طويل.

- ويقسم المولّد المرّكب حسب الأثر المغناطيسي في ملفات الأقطاب إلى:
- أ - مولّد مرّكب تراكمي: توصل مجموعتا الملفات بحيث يكون الأثر المغناطيسي للتيار في ملف التوالي مساعداً للمغناطيسية المتولّدة في ملفات التوازي.
- ب - مولّد مرّكب فرقي: يمكن توصيل مجموعتي الملفات بحيث يكون الأثر المغناطيسي للتيار في ملفات التوالي معاكساً للمغناطيسية المتولّدة في ملفات التوازي.

محركات الخطوة (Stepper Motors)

سمي محرك الخطوة بهذا الاسم لأنه لا يدور باستمرار مثل محركات التيار المباشر، بل على نحو خطوي بزوايا محددة حسب إشارة التحكم المستلمة من الحاكمت (Controller). تستخدم محركات الخطوة في الحواسيب والطابعات والراسمات والروبوت، على نحو عام في أنظمة القيادة الرقمية.



الشكل (٣-٢١): زاوية الخطوة (β).

- زاوية الخطوة (Step Angle): وهي الزاوية التي يدورها المحرك لكل نبضة تحكم، ويرمز لها بالرمز β ، ويمكن لها أن تصل لقيمة صغيرة ($0,72^\circ$)، أو كبيرة (90°)، لكن أكثر الزوايا استخداماً هي: $1,8^\circ - 2,5^\circ - 7,5^\circ - 15^\circ$.

والشكل (٣-٢١) يوضح زاوية الخطوة:

ويمكن حساب زاوية الخطوة بمعرفة عدد أقطاب (أسنان) العضو الدوار (Nr)، وعدد أقطاب العضو الساكن (Ns)، من المعادلة الآتية:

$$\beta = \frac{Ns - Nr}{Ns \cdot Nr} \times 360^\circ \dots \dots \dots (3-7)$$

بالنسبة إلى الشكل (٣-٢١)، تكون زاوية الخطوة

$$\beta = \frac{8 - 6}{8 \times 6} \times 360 = 15^\circ$$

- التوافق (Resolution): وهي عدد الخطوات اللازمة حتى يدور عمود دوران المحرك دورة واحدة.

$$\text{Resolution} = \frac{360}{\beta}$$

حسب الشكل السابق، نحتاج لإتمام دورة واحدة إلى ٢٤ خطوة.

١- أنواع محرّكات الخطوة

أ- محرّكات الخطوة ذات الممانعة المغناطيسية المتغيرة (Variable Reluctance Stepper motor):
يتكون العضو الساكن من أقطاب على شكل ملفات، أما العضو الدوّار فلا يوجد فيه ملفات، ويتكون من مادة حديدية مغناطيسية. والشكل (٣-٢٢/أ) يبيّن العضو الساكن، بينما يبيّن الشكل (٣-٢٢-ب) العضو الدوّار لهذا النوع من المحرّكات.



(ب) العضو الدوّار.



(أ) العضو الساكن.

الشكل (٣-٢٢): محرّك الخطوة ذو الممانعة المغناطيسية المتغيرة.

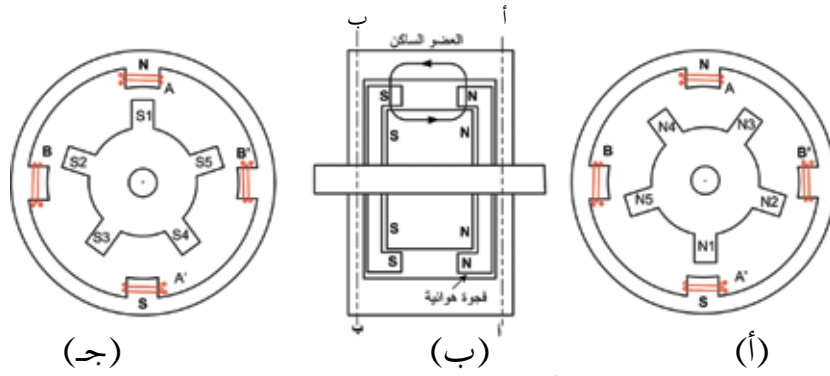
ب- محرّك الخطوة ذو المغناطيس الدائم

(Permanent Magnet stepper motor): يتكوّن العضو الدوّار في هذا النوع من المحرّكات من أقطاب مغناطيسية دائمة، أمّا العضو الساكن فيتكون من ملفات تشكل الأقطاب. ويبيّن الشكل (٣-٢٣) تركيب هذه النوع من المحرّكات.



الشكل (٣-٢٣): محرّك الخطوة ذو المغناطيس الدائم.

ج- محرّكات الخطوة الهجينة (Hybrid stepper motor): يُشبه محرّك الخطوة ذو المغناطيس الدائم، لكنّ عضوه الدوّار يحتوي على مجموعة أقطاب شمالية في جزئه الأمامي، أما جزؤه الخلفي فيحتوي على أقطاب جنوبية. ويبيّن الشكل (٣-٢٤-أ) مقطعاً جانبياً عند (أ-أ)، كما يبيّن العضو الدوّار ذا الأقطاب الشمالية، بينما يبيّن الشكل (٣-٢٤-ب) مقطعاً أمامياً بين المغناطيس الدائم، متصلاً مع العضو الدوّار، أمّا الشكل (٣-٢٤-ج) فيبيّن مقطعاً جانبياً عند (ب-ب) ويبيّن العضو الدوّار ذا الأقطاب الجنوبية.

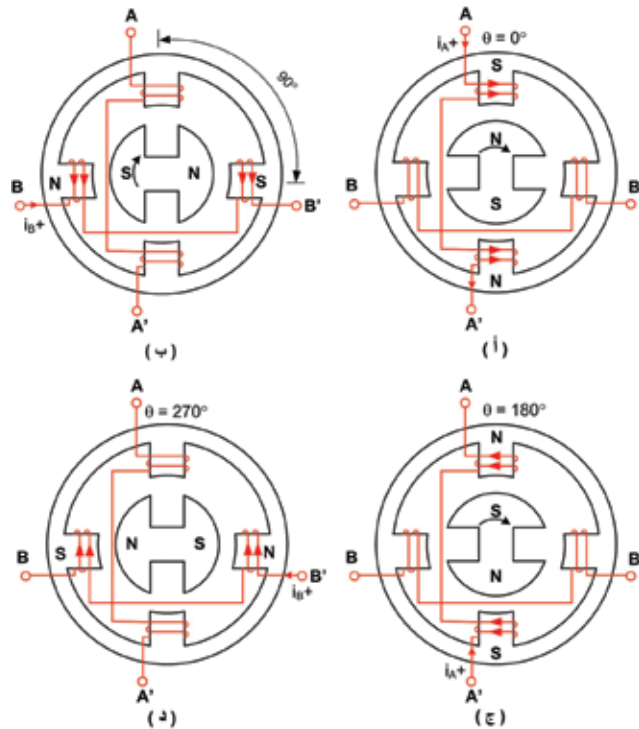


الشكل (٣-٢٤): محرّك الخطوة الهجين.

٢- مبدأ عمل محرّك الخطوة

يبيّن الشكل (٣-٢٥) محرّك خطوة بمغناطيس دائم. عند سريان تيار كهربائي في الطور (A) كما يوضّح الشكل، سيتشكل في الملفين قطبان: جنوبي، وشمالي (A-A). وهذا يؤدي إلى جذب أقطاب العضو الدوّار، كما في الشكل (٣-٢٥/أ). وعند فصل التيار عن الملفين (A-A) وتوصيل التيار الكهربائي بالمفّلين (B-B)، كما يوضّح الشكل (٣-٢٥/ب)، سيتولّد قطبان: جنوبي وشمالي، وسيحدث تجاذب بين أقطاب العضو الساكن والعضو الدوّار كما يبيّن الشكل (٣-٢٥/ب) وسيدور العضو الدوّار (٩٠°).

وبعكس اتجاه سريان التيار الكهربائي في الملفين (A-A)، كما في الشكل (٣-٢٥/ج)، سيدور العضو الدوّار (١٨٠°)، وبعكسه في الملفين (B-B)، كما في الشكل (٣-٢٥/د)، سيدور العضو الدوّار بزاوية (٢٧٠°).



الشكل (٣-٢٥): مبدأ عمل محرّك الخطوة.

يسمى تشغيل القطبين A أو B تشغيلاً بالخطوة الكاملة، فكما لاحظت فإن كل درجة يتحركها العضو الدوّار في الأشكال السابقة تساوي ٩٠°، أما عند تشغيل كلا القطبين A وB فسيتحرك العضو الدوّار بمقدار نصف الخطوة الكاملة؛ أي ٤٥°.

إن سريان التيار من الطرف A (+) إلى الطرف A (-) أو عكس قطبية الملف سيؤدي إلى تغيير اتجاه حركة العضو الدوّار. والجدول الآتي (٣-١) يبين مقدار الحركة بالدرجات حسب قطبية الملفات أو عددها.

الجدول (٣-١): زاوية دوران العضو الدوّار حسب توصيلات الملفات، واتجاه سريان التيار.

تشغيل طور أو طورين بالتناوب		
A	B	β
+	0	0
+	+	45
0	+	90
-	+	135
-	0	180
-	-	225
0	-	270
+	-	315
+	0	0

تشغيل طورين معاً		
A	B	β
+	+	45
-	+	135
-	-	225
+	-	315
+	+	45

تشغيل طور واحد		
A	B	β
+	0	0°
.	+	90°
-	0	180°
.	-	270°
+	0	0°

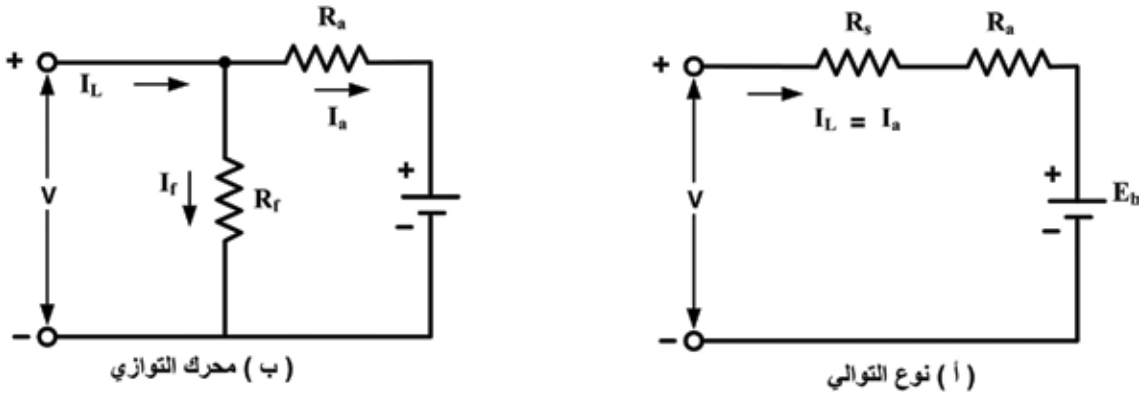
ملاحظة: (الجدول للإطلاع فقط)

طرائق بدء محرّكات التيار المباشر وإيقافها

ثامناً

تستخدم لبدء تشغيل المحرّكات الكهربائية، ومنها محرّكات التيار المباشر، طرائق عدّة؛ وذلك لتقليل تيار البدء الذي قد يصل إلى أضعاف تيار الحمل الاسمي للمحرّك. ولا بدّ أنك تتساءل عن سبب ارتفاع تيار البدء. ولتعرف ذلك وفهمه، سندرس الدارة المكافئة لمحرّك التيار المباشر نوع التوالي والتوازي.

يوضّح الشكل (٣-٢٧) الدارة المكافئة لمحرّك التيار المباشر نوع التوالي؛ حيث تمثل ملفات الأقطاب وملفات المنتج بمقاومات R_s و R_a على التوالي.



الشكل (٣-٢٧): الدارة المكافئة لمحرّك التيار المباشر.

تلحظ من الشكل أن تيار المنتج (I_a) يساوي تيار الأقطاب (I_s)، وفي الوقت نفسه يساوي تيار الحمل (I_L). كما أنّ القوة الدافعة العكسية المتولّدة في موصلات المنتج (E) ناتجة من دوران الموصلات داخل المجال المغناطيسي حسب قانون فارادي، ويتحدّد اتجاهها حسب مبدأ لنز. وحسب قانون كيرشوف للفلوطية للدارة الكهربائية في الشكل (٣-٢٧)، فإنّ:

$$V = I_a (R_s + R_a) + E \dots \dots \dots (3-8)$$

وبإعادة ترتيب المعادلة (٣-٨) السابقة:

$$I_a = \frac{V-E}{R_s+R_a} \dots \dots \dots (3-9)$$

عند لحظة بدء التشغيل تكون سرعة المحرك صفرًا؛ وبذا فإن قيمة القوة الدافعة العكسية (E) تساوي صفرًا، ويكون تيار بدء التشغيل (Is)

$$I_s = \frac{V}{R_s + R_a} \dots \dots \dots (3-10)$$

حيث إن:

Is: تيار بدء التشغيل.

وتلاحظ من المعادلة (3-10) أن تيار البدء يتناسب عكسيًا مع قيمة مقاومات الدارة؛ أي سيقبل تيار البدء بزيادة قيمة المقاومة، وسنشرح هذه الطريقة في ما بعد بتوصيل مقاومة بادئة تشغيل على التوالي مع ملفات المنتج وملفات الأقطاب لهذا النوع من المحركات. يوضح الشكل (3-27/ب) الدائرة المكافئة لمحرك التيار المباشر نوع التوازي؛ حيث تمثل ملفات الأقطاب وملفات المنتج بمقاومات (Rf و Ra) على الترتيب. وحسب قوانين كيرشوف للتيار والفولطية، فإن تيار الحمل (IL) يساوي:

$$I_L = I_f + I_a \dots \dots \dots (3-11)$$

وحسب خصائص دارة التوازي فإن:

$$V = I_f \cdot R_f$$

وأيضًا

$$V = I_a R_a + E \dots \dots \dots (3-12)$$

وبإعادة ترتيب المعادلة (3-12)

$$I_a = \frac{V - E}{R_a} \dots \dots \dots (3-13)$$

عند لحظة بدء التشغيل تكون سرعة المحرك صفرًا، وبذا فإن قيمة القوة الدافعة العكسية (E) تساوي صفرًا، ويكون تيار بدء التشغيل (Is).

$$I_s = \frac{V}{R_a} \dots \dots \dots (3-14)$$

تلاحظ أن تيار البدء سيكون كبيرًا جدًا إذا كانت قيمة مقاومة المنتج صغيرة.

١ - بادئ تشغيل محرّكات التوازي (DC Shunt Motor Starter)

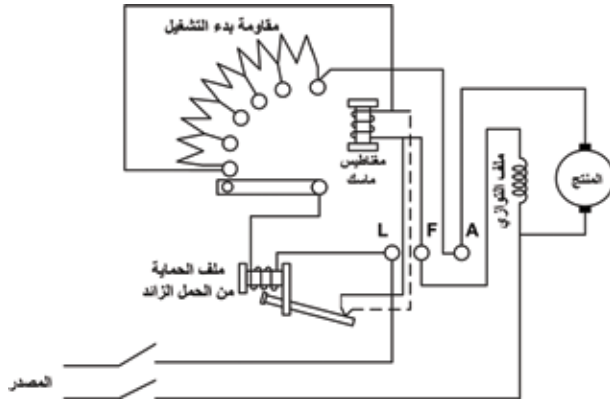
عند بدء إقلاع محرّك التوازي سيسحب المنتج تيارًا كبيرًا جدًا قد يصل إلى ٢٠ ضعفًا من تيار الحمل الاسمي، وهذا قد يؤدي إلى إتلاف ملفات المحرّك. وسبب كبر هذا التيار أنه عند بدء التشغيل تكون سرعة المحرّك صفرًا، والقوة الدافعة العكسية (Back EMF) تساوي صفرًا حسب المعادلة (٣-١٤) التي مرّت بك سابقًا

عند تصميم المحرّك، يراعى أن تكون مقاومة المنتج صغيرة؛ بهدف تقليل المفاقيد النحاسية في ملفاته ولرفع كفاءته من جهة ثانية. ومن الطرائق المستخدمة لتقليل تيار البدء وصل مقاومة متغيرة على التوالي مع ملفات المنتج، التي تسمى أيضًا مقاومة بدء التشغيل، ويكون تيار البدء المسحوب مساويًا:

$$I_s = \frac{V}{R_s + R'} \dots \dots \dots (3-15)$$

حيث R' مقاومة بدء التشغيل

في الطريقة الأولى، يتم إدخال مقاومة بدء التشغيل كاملة في البداية، ثم يتم إخراجها يدويًا على نحو تدريجي منذ بداية التشغيل حتى وصول سرعة المحرّك إلى سرعته الاسمية عند اللاحمل، كما يوضّح الشكل (٣-٢٨).



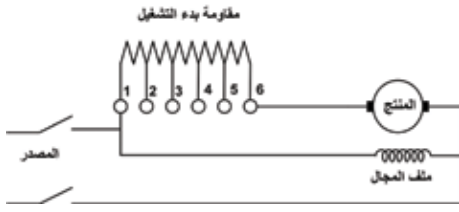
يوضّح الشكل السابق تركيب بادئ التشغيل باستخدام ذراع المقاومة. علمًا بأنّ كلّ مقاومة بدء التشغيل تكون في البداية في دائرة المنتج، ومع تغيير أوضاع ذراع المقاومة يتم إخراجها من الدارة الكهربائية.

الشكل (٣-٢٨): مقاومة بدء التشغيل.

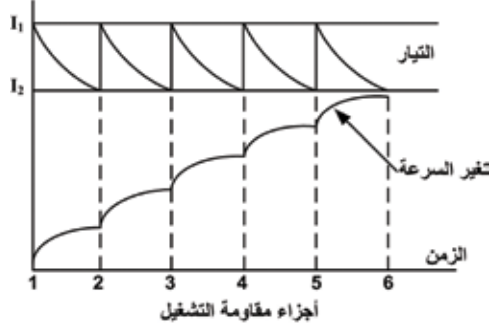
يلحظ في الشكل (٣-٢٨) أيضًا وجود

مغناطيس ماسك (Holding Coil) لحماية المحرّك، يعمل على إفلات الذراع عند حدوث فتح في دائرة ملفات الأقطاب أو ضعف التيار فيها، مؤديًا إلى فتح دائرة المصدر.

وفي الطريقة الثانية، يتم وصل مقاومة بدء التشغيل وخروجها تدريجيًا باستخدام المفاتيح المغناطيسية ومرحلات التأخير الزمني (آليًا)، كما يوضّح الشكل (٣-٢٩).



الشكل (٣-٢٩): أجزاء مقاومة البدء التي توصل مع المفاتيح المغناطيسية.



الشكل (٣-٣٠): تغيرات تيار المنتج والسرعة خلال فترة بدء التشغيل.

ويوضح الشكل (٣-٣٠) تغيير تيار المنتج في فترة بدء التشغيل مع تغيير قيمة مقاومة البدء، وتغيير السرعة مع تغيير قيمة المقاومة حتى الوصول إلى حالة الاستقرار وخروج المقاومة من الدارة الكهربائية للمحرك.

٢- إيقاف المحرك

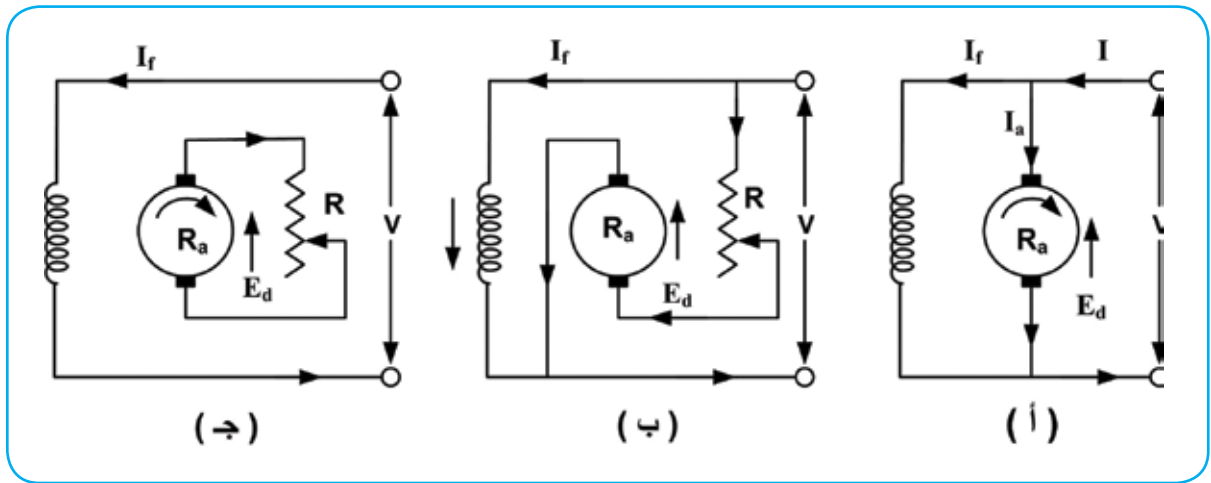
عند إطفاء المحرك بفصل فولتية المصدر عنه، سيبدأ بالتباطؤ وتناقص سرعته إلى أن تصل إلى الصفر، ويسمى الزمن اللازم حتى يتوقف المحرك تمامًا بزمن الإيقاف، الذي قد يصل إلى ٢٠ ثانية أو أقل، ويعتمد ذلك على عزم القصور الذاتي للمنتج، والمفايد الداخلية.

ولإيقاف المحرك على نحو سريع يستخدم عزم كبح عالٍ، ومن الطرائق المستخدمة:

أ - إيقاف على نحو عادي من غير إضافة أية مقاومة، وتحتاج هذه الطريقة إلى وقت حتى يتم عملية الإيقاف التام، الشكل (٣-٣١/أ).

ب - عكس أطراف ملفات المنتج بعد فصل مصدر الفولتية عن المحرك، وإضافة مقاومة متغيرة توصل بالتوالي مع المنتج، فينتج عزم كبح عالٍ ثم إن عكس أطراف المنتج سيؤدي إلى عكس اتجاه الدوران عن الاتجاه الأصلي، مما يبطئ من دوران المنتج على نحو كبير، والشكل (٣-٣١/ب) يوضح هذه الطريقة.

ج - الكبح الديناميكي: وتعتمد هذه الطريقة على فصل التيار الكهربائي عن المحرك، وفصل أطراف المنتج ووصل مقاومة كبح صغيرة على طرفيه للاستفادة من القوة الدافعة العكسية في المنتج E، وسريان التيار إلى المقاومة، والوصول السريع إلى قيمة الصفر للقوة الدافعة الكهربائية المتولدة، كما يوضح الشكل (٣-٣١/ج).



الشكل (٣-٣١): طرائق إيقاف محرك التيار المباشر.

طرائق تنظيم سرعة محرّكات التيار المباشر

يعرف تنظيم السرعة بأنه التغيّر في سرعة المحرّك، بحيث يتم تخفيض حمله من الحمل الاسمي إلى الصفر، وتعطى بالعلاقة الآتية:

$$\text{تنظيم السرعة \%} = \frac{\text{N.L speed-F.L speed}}{\text{F.L speed}}$$

حيث :

N.L speed : سرعة المحرّك في حالة اللاحمل

F.L speed : سرعة المحرّك في حالة الحمل الاسمي

ومن دراستك السابقة معادلة السرعة للمحرّك (3-5)

$$n = \frac{V - I_a R_a}{k \phi} \dots \dots \dots (3-5)$$

تلحظ أن سرعة المحرّك تزيد بزيادة فولتية المصدر، كما تزيد بنقصان تيار تغذية ملفات الأقطاب. ويمكن تلخيص طرائق التحكم في سرعة المحرّك (n) في الآتي:

– تغيير مقاومة دائرة المنتج.

– تغيير مجال الأقطاب ϕ بتغيير تيار الإثارة.

– تغيير فولتية المصدر.

وفي ما يأتي شرح لهذه الطرائق:

١- التحكم في سرعة محرّكات التيار المباشر من نوع التوازي،

ويتم ذلك بالطرائق الآتية:

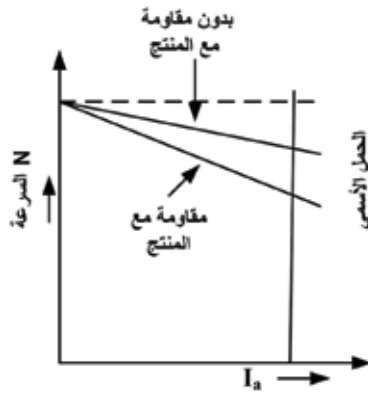
أ- تغيير السرعة بواسطة تغيير مقاومة دائرة المنتج: يبين الشكل (3-32) التحكم في سرعة محرّك

تيار مباشر نوع توازي باستخدام مقاومة متغيّرة (R') توصل على التوالي مع المنتج،

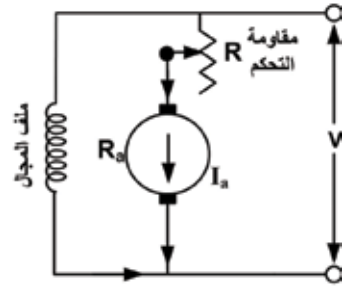
وفي هذه الطريقة يمكن إنقاص سرعة المحرّك فقط. ومن العلاقة السابقة، فإن أي زيادة

في المقاومة المتغيّرة سيؤدّي إلى زيادة الفقد في الفولتية؛ حيث ($V - I_a(R_a + R')$ ،

وبانخفاض الفولتية فإن السرعة ستقل مع ثبات الفيض المغناطيسي لملفات الأقطاب.



(ب) منحى الخواص (تيار المنتج- السرعة) بوجود المقاومة ومن غير وجودها



(أ) التحكم في سرعة المحرك، بتوصيل مقاومة على التوالي مع ملف المنتج

لكن، من عيوب هذه الطريقة:

- ١ . تؤدي المقاومة المتغيرة إلى مفايد كهربائية كبيرة.
- ٢ . أي تغير في عزم الحمل سيؤدي إلى تغيير السرعة، لذلك فهي غير مناسبة مع التغيرات السريعة للأحمال.
- ٣ . السرعة التي نحصل عليها باستخدام هذه الطريقة أقل من السرعة العادية للمحرك. ويمكن حساب قيمة المقاومة المتغيرة من العلاقة الآتية:

$$\frac{E_1}{E_2} = \frac{\phi_1}{\phi_2} \times \frac{N_1}{N_2} \dots\dots\dots(3-16)$$

حيث:

E_1 و ϕ_1 و N_1 : قيمة القوة الدافعة الكهربائية والفيض المغناطيسي للأقطاب وسرعة دوران المنتج على الترتيب في الحالة الأولى، قبل إضافة مقاومة مع المنتج.
 E_2 و ϕ_2 و N_2 : قيمة القوة الدافعة الكهربائية والفيض المغناطيسي للأقطاب وسرعة دوران المنتج على الترتيب في الحالة الثانية، بعد إضافة مقاومة مع المنتج.
 وبما أن الفيض المغناطيسي ثابت في الأقطاب، فإن العلاقة (٣-١٦) تصبح

$$\frac{N_1}{N_2} = \frac{E_1}{E_2} \dots\dots\dots(3-17)$$

وتحسب قيمة E_1 و E_2 من العلاقات الآتية:

$$E_1 = V - I_a R_a$$

$$E_2 = V - I_a (R_a + R') \dots\dots\dots(3-18)$$

محرك توازي يعمل على فولتية 200 فولط، وسرعته 1000 RPM، وتيار المنتج 17.5A ومقاومة المنتج 0.4Ω . احسب قيمة المقاومة المتغيرة اللازم توصيلها على التوالي مع دائرة المنتج لخفض السرعة إلى 600 RPM. عند السرعة الأولى ($N_1 = 1000 \text{ rpm}$)

$$\begin{aligned} E_1 &= V - I_a R_a \\ &= 200 - (17.5 \times 0.4) \\ &= 193 \text{ V} \end{aligned}$$

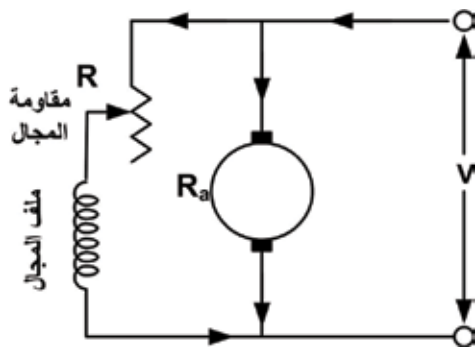
ونستخدم العلاقة (٣-١٧) لأن الفيض ثابت ونعوّض القيم المعطاة ومنها نجد E_2

$$\begin{aligned} \frac{N_1}{N_2} &= \frac{E_1}{E_2} \\ \frac{1000}{600} &= \frac{193}{E_2} \Rightarrow E_2 = 115.8 \text{ V} \end{aligned}$$

وباستخدام العلاقة (٣-١٨) نعوض القيم المعلومة، ونحسب قيمة المقاومة المطلوب وصلها على التوالي مع دائرة المنتج

$$\begin{aligned} E_2 &= V - I_a (R_a + R') \\ 115.8 &= 200 - 17.5 (0.4 + R') \\ 17.5(0.4 + R') &= 200 - 115.8 \\ (0.4 + R') &= \frac{200 - 115.8}{17.5} \\ R' &= 4.4 \Omega \end{aligned}$$

ب - تغيير السرعة بواسطة تغيير مجال الأقطاب (\emptyset): نلاحظ من معادلة السرعة (٣-٥) أنه كلما زاد الفيض المغناطيسي للأقطاب قلت سرعة المحرك. ويتم تغيير الفيض المغناطيسي للأقطاب بإضافة مقاومة متغيرة على التوالي مع ملفات الأقطاب. والشكل (٣-٣٣) يبين طريقة التوصيل، التي من عيوبها أن السرعة الناتجة أعلى من السرعة المراد إعطاؤها.



إن زيادة المقاومة الموصولة مع ملفات أقطاب التوازي سيقفل تيار تغذية الأقطاب، ومن ثم سينقص الفيض المغناطيسي للأقطاب، وتزداد السرعة، حسب المعادلة (3-5).

الشكل (3-33): التحكم في سرعة توصيل مقاومة على التوالي مع ملفات الأقطاب.

المثال (3-3)

محرك توازي يعمل على فولتية 230 فولط، وسرعته 800 RPM و تيار المنتج 50A. جد قيمة المقاومة اللازم إضافتها على التوالي مع ملفات الأقطاب لتصبح سرعته 1000RPM و تيار منتجه 80A، إذا علمت أن مقاومة المنتج 0.15Ω ومقاومة ملفات الأقطاب 250Ω ، على فرض أن الفيض الناتج من ملفات الأقطاب يتناسب مع تيار الأقطاب ومع إهمال المفاتيح الميكانيكية.

في الحالة الأولى وقبل إضافة المقاومة مع ملفات الأقطاب، نجد E_{b1} ، ثم نحسب E_{b2} للحالة الثانية

$$E_{b1} = V - I_a R_a$$

$$= 230 - (50 \times 0.15) = 222.5V$$

$$E_{b2} = 230 - (80 \times 0.15) = 218V$$

ثم نجد تيار الأقطاب في الحالة الأولى

$$I_{f1} = \frac{V}{R_1} = \frac{230}{250} = 0.92A$$

حيث يتناسب الفيض طردياً مع تيار الأقطاب وعليه، فإن

$$\frac{\Phi_1}{\Phi_2} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} \dots \dots \dots (3-19)$$

وبتعويض المعادلة (٣-١٩) في المعادلة (٣-١٦)

$$\frac{E_{p1}}{E_{p2}} = \frac{I_{f1}}{I_{f2}} \times \frac{N_1}{N_2}$$

$$\frac{I_{f1}}{I_{f2}} = \frac{E_{p1}}{E_{p2}} \times \frac{N_2}{N_1} \dots\dots\dots(3-20)$$

وبتعويض القيم المعطاة في المعادلة السابقة (٣-٢٠) وترتيب المعادلة لإيجاد I_{f2}

$$\frac{0.92}{I_{f2}} = \frac{222.5}{218} \times \frac{1000}{800}$$

$$I_{f2} = \frac{0.92 \times 222.5 \times 800}{218 \times 1000}$$

$$= 0.72A$$

وبحساب I_{f2} وتعويض القيمة في المعادلة الآتية، نحسب قيمة المقاومة R'

$$I_{f2} = \frac{V}{(R_f + R')}$$

$$0.72 = \frac{230}{(250 + R')}$$

$$(250 + R') \times 0.72 = 230$$

$$250 + R' = \frac{230}{0.72}$$

$$R' = 319.4 - 250$$

$$= 69.4 \Omega$$

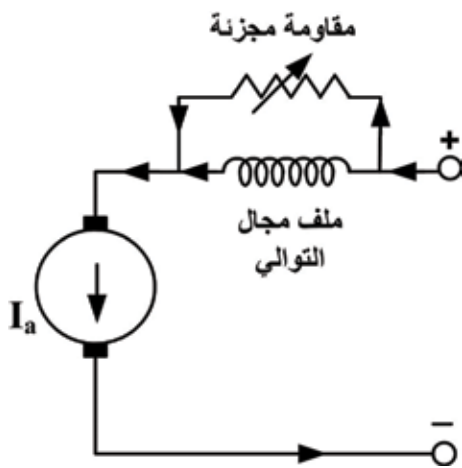
ج - تغيّر السرعة بتغيير الفولطية: تعتمد سرعة محرّك التيار المباشر على مقدار فولطية التغذية؛ لذا نلاحظ أن أي نقصان بفولطية المصدر سيؤدي إلى نقصان سرعة دوران المحرّك. ويتم التحكم في الفولطية بوساطة مقاومة متغيرة توصل على التوالي مع المحرك؛ وبذا فإنه كلما زادت المقاومة قلت الفولطية المغذية للمحرّك، ثم نقصت سرعة المحرك. أمّا عيوب هذه الطريقة، فمنها وجود مفايد في القدرة الكهربائية تظهر على شكل حرارة في المقاومة.

ومن طرائق التحكم في فولطية المصدر استخدام مفاتيح القدرة الإلكترونية كالترانزستور والثايروستورات. والجدير بالذكر أن هذه الطريقة لا تسبّب مفايد إضافية في المحرّك، وهي أدقّ من الطرائق السابقة التي تستخدم فيها المقاومات التي يُتحكّم فيها يدويًا.

ويمكن استخدام أكثر من طريقة للتحكّم في سرعة المحرّك، مثل: التحكم في مجال الأقطاب، والتحكّم في فولطية المصدر الموصولة مع أطراف المحرك معًا.

٢- التحكم في سرعة محرّكات التوالي

أ- طريقة التحكم في المجال

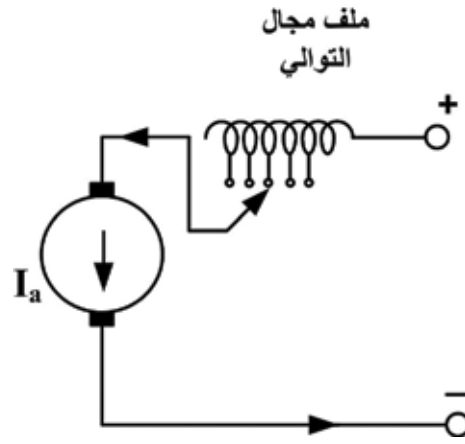


١ . توصيل مقاومة مجزئة للمجال (Field Divertors) توصل على التوازي مع ملف التوالي: كما في الشكل (٣-٣٤) وبتغيير قيمة المقاومة يمكن خفض الفيض المغناطيسي، ومن ثمّ رفع سرعة المحرّك.

٢ . طريقة التحكم في تفريع ملف الأقطاب (Tapped Field Control): يكون ملف

التوالي في هذه الطريقة مقسّمًا على مجموعة الشكّل (٣-٣٤): توصيل مقاومة مجزئة لأجزاء، بحيث يمكن اختيار ملف القطب كاملاً للمجال.

أو جزء منه، وهذا يؤدي إلى الحصول على فيض مغناطيسي كامل من ملف الأقطاب أو أجزاء منه عن طريق مفتاح متعدد الأوضاع، والشكّل (٣-٣٥) يوضّح هذه الطريقة.



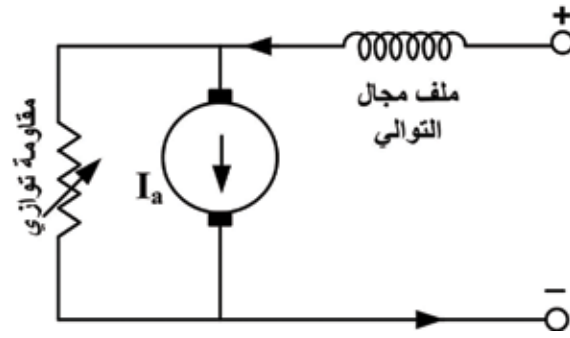
الشكل (٣-٣٥): التحكم في سرعة محرّك التوازي بطريقة تفريع ملف الأقطاب.

٣ . طريقة وصل مقاومة على التوازي مع المنتج: وفي هذه الطريقة نحصل على سرعة أقل من السرعة العادية؛ إذ يزداد الفيض المغناطيسي (Φ) بزيادة تيار المنتج للمحافظة على ثبات العزم؛ لأن العزم يتناسب مع حاصل ضرب الفيض المغناطيسي بتيار المنتج.

$$T_a \propto I_a \times \Phi$$

حيث إن $T_a =$ العزم

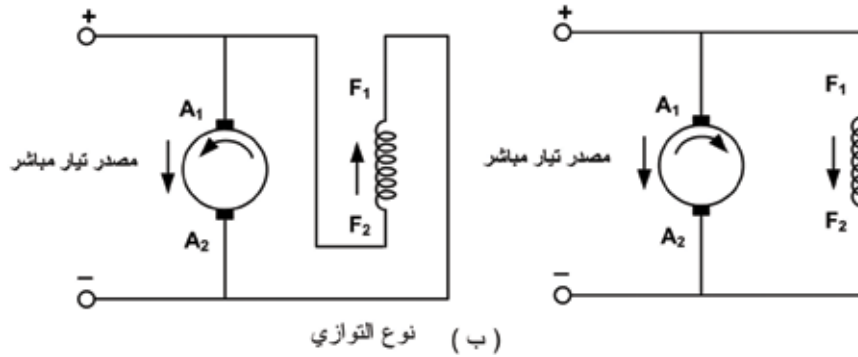
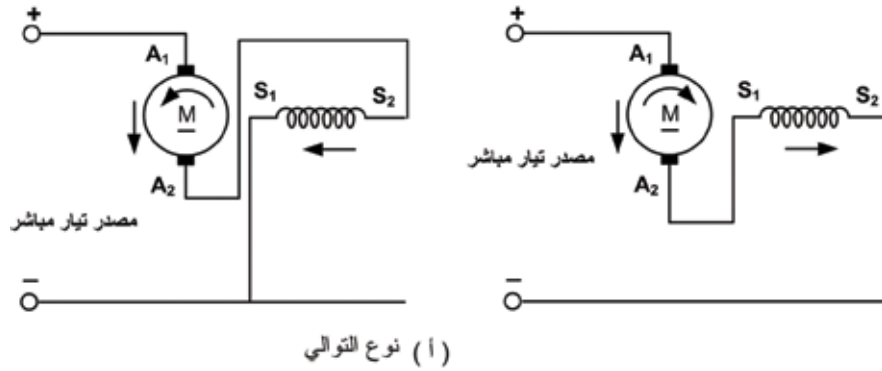
وبدأ، يزداد التيار المسحوب من المصدر. الشكل (٣-٣٦) يوضح هذه الطريقة.



الشكل (٣-٣٦): توصيل مقاومة على التوازي مع المنتج؛ للتحكم في سرعة محرّك التوازي.

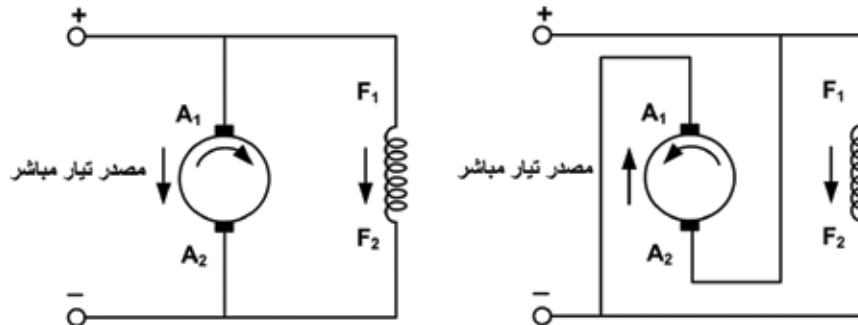
عكس دوران محرّكات التيار المباشر

يمكن تغيير اتجاه دوران محرّك التيار المباشر بتغيير قطبية ملفات الأقطاب لمحرّكات التوالي أو التوازي، كما يوضح الشكل (٣-٣٧)، وهذا يؤدي إلى تغيير اتجاه التيار في ملفات المجال. أما المحرّك المركّب، فيتم فيه عكس أطراف ملفات المجال (التوالي والتوازي).



الشكل (٣-٣٧): عكس دوران محرّك التيار المباشر.

كما يمكن عكس دوران المحرّك عن طريق تغيير أطراف المنتج، كما يبيّن الشكل (٣-٣٨)، أما إذا تم تبديل أطراف المصدر فإن اتجاه دوران المحرّك لا ينعكس؛ لأن تيار المجال وتيار المنتج تم عكسهما، ونتيجة لذلك فإن القوة المؤثرة في موصلات المنتج تبقى في الاتجاه السابق نفسه.



الشكل (٣-٣٨): عكس دوران محرّك التوازي عن طريق تبديل أطراف ملفات المنتج.

المفاقيد في آلات التيار المباشر (Dc Machine Losses)

حادى
عشر

تقسم المفاقيد في محرّكات التيار المباشر إلى:

١ - المفاقيد النحاسية (Copper Losses)

وتسمّى أيضًا بالمفاقيد الحرارية، والمفاقيد النحاسية في المنتج تساوي $(I_a^2 R_a)$ بينما تساوي في الأقطاب $(I_f^2 R_f)$.

٢ - المفاقيد الحديدية (Iron Losses)

وتسمّى أيضًا بالمفاقيد المغناطيسية، وهي المفاقيد التي تنتج في القلب الحديدي للمنتج نتيجة وجود هذا القلب داخل المجال المغناطيسي، وسريان تيار دوامي (Eddy Current) بداخله، وينتج منها مفاقيد تتناسب طرديًا مع مربع تردّد المجال المغناطيسي المتولّد في المنتج، الذي يعتمد على سرعة دوران المنتج، ومربع كثافة المجال المغناطيسي. ولتقليل هذه المفاقيد، يصنع القلب الحديدي من شرائح حديدية رقيقة معزولة بعضها عن بعض بمادة الورنيش.

ومن المفاقيد الحديدية الأخرى ما يسمّى بالمفاقيد الهستيرية (Hysteresis Losses)، وهي المغناطيسية المتبقية في الحديد نتيجة مرور مجالات مغناطيسية في القلب الحديدي، وتتناسب مع سرعة المنتج ومربع كثافة التدفق المغناطيسي.

تكون المفاقيد الحديدية ثابتة القيمة، وخصوصًا في محرّكات التوازي والمركّب؛ لأن تيار المجال ثابت القيمة. علمًا بأن هذه المفاقيد تعادل (٢٠ - ٣٠٪) من المفاقيد الكلية.

٣ - المفاقيد الميكانيكية (Mechanical Losses)

وهي المفاقيد بسبب الحركة؛ أي مفاقيد الاحتكاك ما بين المبدل والفرش الكربونية، وتتناسب مع سرعة الآلة، ومفاقيد الهواء الناتجة من مقاومة الهواء لدوران الآلة. علمًا بأن هذه المفاقيد قليلة وتعادل (١٠ - ٢٠٪) من المفاقيد الكلية.

٤ - المفاقد الشاردة (Stray Losses)

وهي مفاقد متفرقة، وتعادل تقريبًا ١٪ من القدرة الكلية الخارجة للمحرك، وعادةً تهمل هذه المفاقد الشاردة.

ولحساب فاعلية المحرك، نستخدم المعادلة الآتية:

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

$$\eta \% = \frac{P_{\text{in}} - P_{\text{total losses}}}{P_{\text{in}}} \times 100\%$$

حيث

Efficiency (η) : الفاعلية

P_{out} : القدرة الخارجة (واط)

P_{in} : القدرة الداخلة للمحرك (واط)

$P_{\text{total losses}}$: مجموع المفاقد (واط)

المثال (٣ - ٤)

محرك تيار مباشر نوع توازي، تم توصيله مع مصدر فولطية مباشره 250 فولط. إذا علمت أن مقاومة المنتج (0.1Ω) ومقاومة ملفات الأقطاب (125Ω) وأنه يسحب تيارًا مقداره (25A)، فاحسب فاعلية المحرك إذا كانت المفاقد الميكانيكية تساوي (810W).
لمحرك التوازي

$$I = I_f + I_a$$

$$I_f = \frac{V}{R_f} = \frac{250}{125} = 2A$$

$$25 = 2 + I_a$$

$$I_a = 25 - 2$$

$$= 23 A$$

لكن تيار تغذية الأقطاب (I_f)

بالتعويض في المعادلة السابقة

المفاقد الكهربائية للمنتج = $(I_a^2 \times R_a)$

$$= (23)^2 \times 0.1$$

$$= 53 \text{ w}$$

المفاقد الكهربائية لملفات الأقطاب = $(I_f^2 \times R_f)$

$$= (2)^2 \times 125$$

$$= 500 \text{ w}$$

$$500 + 53 = 553 \text{ w}$$

مجموع المفاقد الكهربائية

القدرة الداخلة = $V \times I$

$$P_{in} = 250 \times 25 = 6250 \text{ w}$$

مجموع المفاقد الكلية = المفاقد الكهربائية + المفاقد الميكانيكية

$$P_{total \text{ losses}} = 553 + 810 = 1363 \text{ w}$$

فاعلية المحرك:

$$\eta \% = \frac{P_{in} - P_{total \text{ losses}}}{P_{in}} \times 100\%$$

$$= \frac{6250 - 1363}{6250} \times 100\%$$

$$\eta = 78.2\%$$

أعطال آلات التيار المباشر وكيفية إصلاحها (Troubleshooting And Maintenance Dc Machine)

تحتاج آلات التيار المباشر إلى الصيانة الدورية المستمرة، والجدول الآتي يعرض أهم أعطالها وأسبابها وطرائق إصلاحها.

العطل	الأسباب المحتملة	إجراءات الإصلاح
المحرك لا يبدأ دورانه	<ul style="list-style-type: none"> - احتراق المصهر. - اتساخ الفرش أو ارتخاء نابض الفرش، مما يؤدي إلى عدم اتصال الفرش بالمبدل. - فتح في ملفات الأقطاب. - قصر في ملفات الأقطاب. - تآكل في كراسي المحور. - تلامس حامل الفرش مع جسم الآلة. - زيادة الحمل. - قصر في المبدل. 	<ul style="list-style-type: none"> - بدل المصهر. - نظف جيدا، وتأكد من حرية حركتها وتبديل النابض عند اللزوم. - صل دائرة الملف المفتوح. - استبدل الملف التالف. - استبدل كراسي محور المحرك. - افصل التلامس وإذا تعذر ببديل الحامل. - صل المحرك مع الحمل المناسب، أو استبدل المحرك بآخر مناسب للحمل. - نظف بين نحاسات المبدل المقصورة.
حدوث شرارة في أثناء الدوران	<ul style="list-style-type: none"> - عدم التلامس الجيد بين الفرش والمبدل. - اتساخ المبدل. - فتح في بعض ملفات المبدل. - خطأ في قطبية أقطاب التوحيد. - قصر في الملفات. - قصر مع جسم الآلة. - عكس توصيل طرفي ملفات المنتج. - عدم وجود الفرش في الوضع السليم (وضع التعادل). 	<ul style="list-style-type: none"> - اضبط التلامس. - نظف جيدا وبالطريقة المناسبة. - أعد لف المنتج. - راجع التوصيل وإعادةه للتوصيل الصحيح. - صل الأقطاب بالطريقة المناسبة. - صل القصر، وإذا تعذر فبدل الملفات. - اضبط التوصيل. - اضبط وضع الفرش الكربونية. - اضبط الوضع السليم. - صل على نحو صحيح.

<ul style="list-style-type: none"> - بدل كراسي المحور. - الفرش الكربونية توضع في الوضع السليم. - نظف بحرص مستخدماً ورق الصنفرة . 	<ul style="list-style-type: none"> - تأكل كراسي المحور. - وجود قضبان عالية ومنخفضة. - خشونة سطح المبدل. 	<p>الآلة تدور، وتصدر في أثناء ذلك ضجيجاً عالياً</p>
<ul style="list-style-type: none"> - بدل الملفات. - يزال القصر. - بدل كراسي المحور. - صل الملفات بالطريقة المناسبة. - اضبط وضع الفرش. - قلل الحمل ، أو أعد ضبط شد السيور إن وُجدت. - تحرّى عن سبب خطأ الفولطية، ثمّ أصلحه. 	<ul style="list-style-type: none"> - قصر ملفات الأقطاب. - قصر في المبدل. - تأكل كراسي المحور. - فتح في ملفات المنتج. - الفرش الكربونية ليست في الوضع السليم. - زيادة الحمل. - خطأ في قيمة فولطية المنبع. 	<p>الآلة تدور ببطء</p>
<ul style="list-style-type: none"> - صل الملفات بالطريقة الصحيحة. - حمّل قبل التشغيل. - بدل الملفات. - أفصل التلامس، وإذا تعذر ذلك فبدل الملفات. 	<ul style="list-style-type: none"> - فتح في دائرة ملفات التوازي. - دوران آلة التوالي من غير حمل. - قصر في ملفات المجال. - تلامس بين الملفات وجسم المحرّك. 	<p>زيادة سرعة الآلة عن السرعة الاسمية له</p>
<ul style="list-style-type: none"> - قلل الحمل، أو اضبط شد قشاطر نقل الحركة. إن وُجد. - بدل كراسي المحور. - بدل الملفات. - اضبط وضع الفرش. 	<ul style="list-style-type: none"> - زيادة الحمل. - تأكل كراسي المحور. - قصر في الملفات. - زيادة ضغط الفرش أكثر من اللازم. 	<p>زيادة حرارة المحرّك في أثناء الدوران</p>

المحرّك العام (Universal Motor)

في بعض الأجهزة الكهربائية المنزلية أجهزة قابلة للحمل وأخرى صغيرة، مثل: خلاطات الطعام، والمكنسة الكهربائية، ومجففات الشعر، وآلة الحلاقة، والمقده الكهربائي المحمول، وآلات الخياطة الكهربائية. هذه الأجهزة جميعها تستخدم محرّكاً يسمّى بالمحرّك العام. ويعرف المحرّك العام بالمحرّك الذي يعمل بالتيار المباشر أو التيار المتناوب، وهو يشبه في تركيبه محرّك التيار المباشر نوع التوالي. يمتاز المحرّك العام بعزم بدءٍ عالٍ. ويعمل وهو موصول مع الحمل؛ حيث قد يصل إلى سرعات عالية جداً وخطيرة عند عمله من غير حمل. يصنع المحرّك العام بقدرات أقل من حصان واحد، وعلى نحو عام أقل من ٥٠٠ واط، وبفولطية من (٣٠ - ٢٥٠) فولط، وعزم بدء (٣-٤) مرات من عزم الحمل الكامل.

١- أنواع المحرّكات العامة

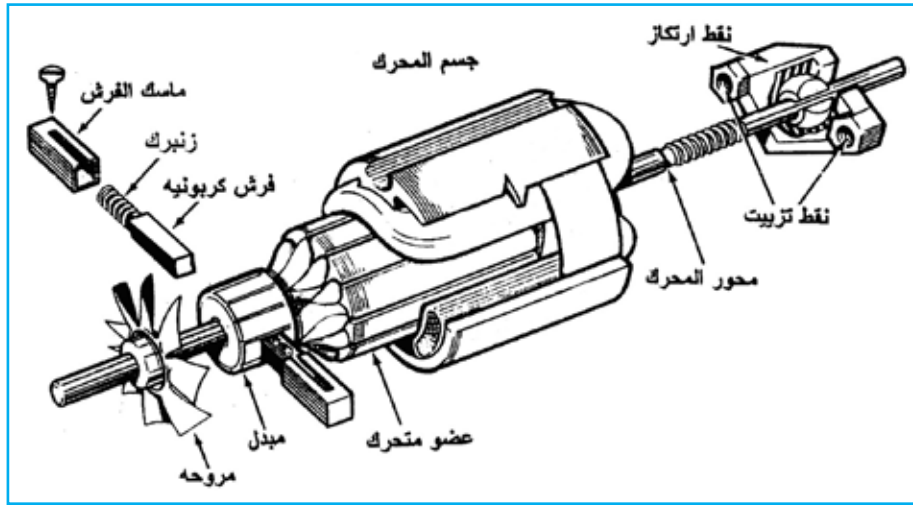
أ - محرّك من غير أقطاب تعويض (Non-Compensated Type) يكون القلب الحديدي للأقطاب الرئيسة ذا أقطاب بارزة؛ حيث تتركب ملفات الأقطاب حوله، وهو



الشكل (٣-٣٩): القلب الحديدي ذو الأقطاب البارزة.

مصنوع من شرائح رقيقة من الحديد المغناطيسي معزولة بالورنيش بعضها عن بعض لتقليل المفاقيد الحديدية عند عمل المحرّك على التيار المتناوب، والشكل (٣-٣٩) يبيّن القلب الحديدي ذا الأقطاب البارزة. أما العضو الدوّار ويسمّى بالمنتج، فهو شبيه بالمنتج في محرّكات التيار المباشر، ويحتوي على المبدل (Commutator) الذي يستخدم للمحرّكات منخفضة القدرة.

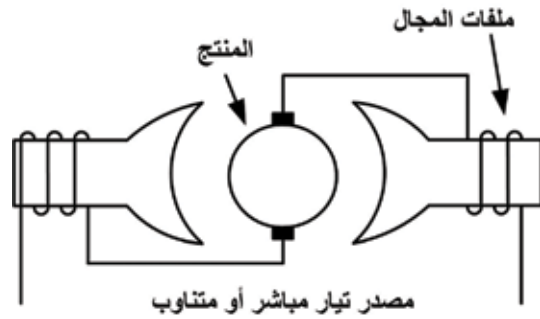
ويبيّن الشكلان (٣-٤٠) و(٣-٤١) أجزاء المحرك العام، بينما يبيّن الشكل (٣-٤٢) التوصيل الكهربائي الداخلي للمحرّك العام.



الشكل (٣-٤٠): مكونات المحرك العام ذي الأقطاب البارزة.

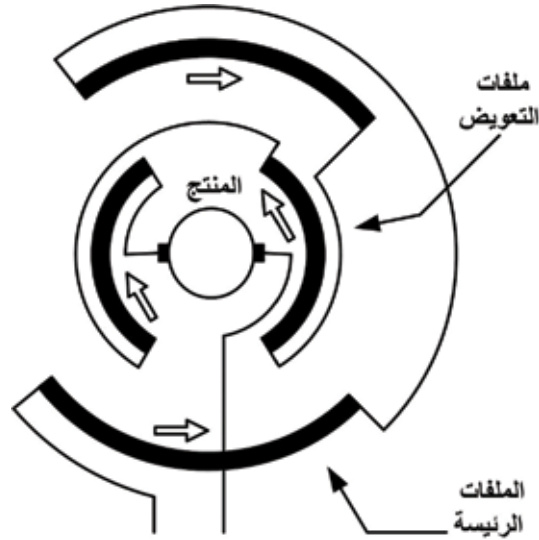


الشكل (٣-٤١): صورة تبين أجزاء المحرك العام.



الشكل (٣-٤٢): المخطط الكهربائي للتوصيل الداخلي للمحرك العام.

ب - محرّك بأقطاب تعويض (Compensated Type): يشبه العضو الساكن للمحرّك العام العضو الساكن للمحرّكات الحثية أحادية الطور ذات الطور المشطور، ويتكوّن من مجموعتين من الملفات: ملفات الأقطاب الرئيسة وملفات الأقطاب التعويضية،



وتكون بينهما زاوية كهربائية تساوي 90° . يوضّح الشكل (٣-٤٣) توصيل الملفات التعويضية مع ملفات الأقطاب. علمًا بأنّ الأقطاب التعويضية تستخدم لتقليل الشرر الذي ينتج بين الفرش والمبدل، وخاصة عند عمله على التيار المتناوب. وتوجد هذه الأقطاب في المحرّكات عالية القدرات.

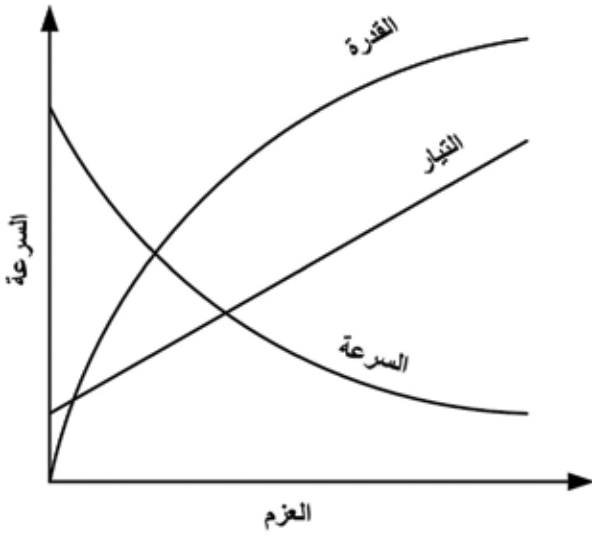
الشكل (٣-٤٣): محرّك عام بأقطاب تعويضية.

٢- مبدأ العمل

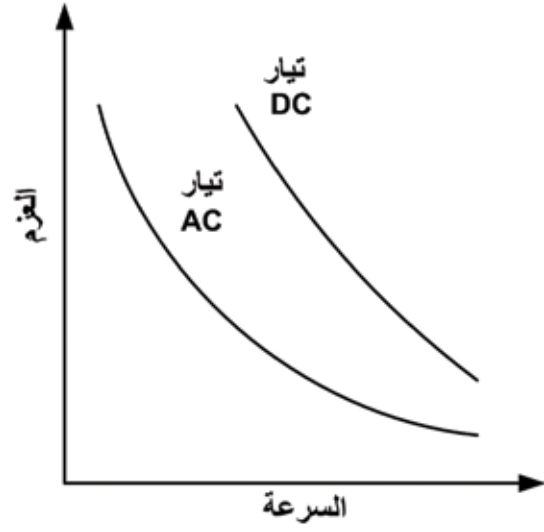
يعتمد مبدأ عمل المحرّك العام على القوى المتولّدة ما بين المجالين المغناطيسيين الناتجين من ملفات الأقطاب الرئيسة وملفات المنتج مولّدة عزم دوران يدير المنتج، وهو يشبه مبدأ عمل محرّك التيار المباشر نوع التوالي.

٣- خصائص السرعة / الحمل

يُظهر الشكل (٣-٤٤ أ) أن سرعة المحرّك عند عمله على التيار المتناوب أقل منها عند عمله على التيار المباشر. ويلحظ منه أن السرعة عالية جدًا عند حالة اللاحمل؛ إذ قد تصل في بعض الأحيان إلى $(20,000 \text{ د/د})$ ، وهو ذو عزم بدء عالٍ شبيه بمحرّك التيار المباشر نوع التوالي، وتقل سرعته بزيادة الحمل. والشكل (٣-٤٤ ب) يظهر بعض خصائص المحرّك العام.



(ب) الخصائص العامة للمحرك العام.

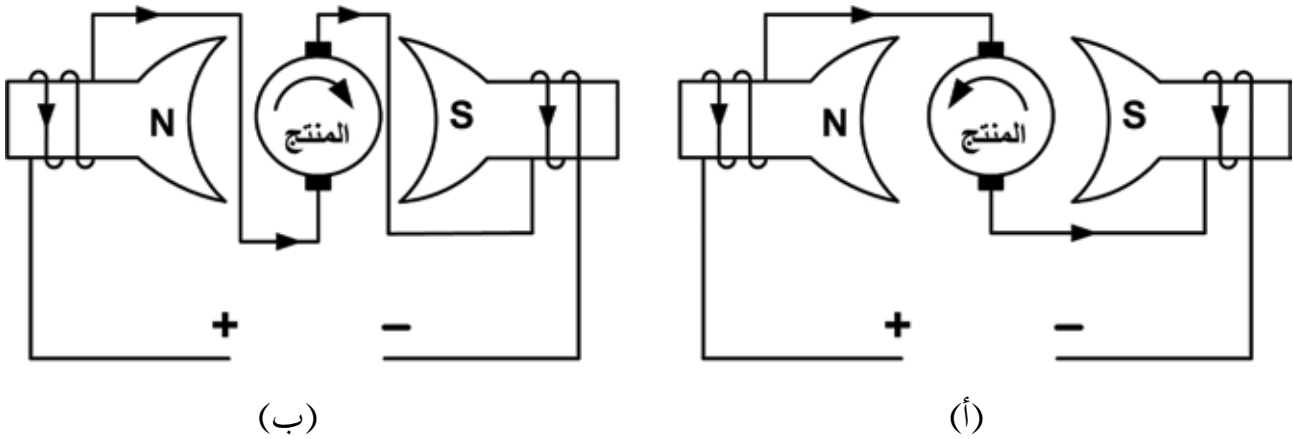


(أ) خصائص السرعة - العزم لمحرك عام يعمل على تيار (AC/DC).

الشكل (٣-٤): منحنيات خصائص المحرك العام.

٤- عكس دوران المحرك العام

يعكس اتجاه دوران المحرك العام بعكس اتجاه التيار الذي يسري في المنتج أو ملفات الأقطاب. والشائع استخدامه تغيير موقع الأسلاك على حوامل الفرش (Brush holders). ويوضح الشكل (٣-٥) طريقة عكس اتجاه دوران المحرك العام.

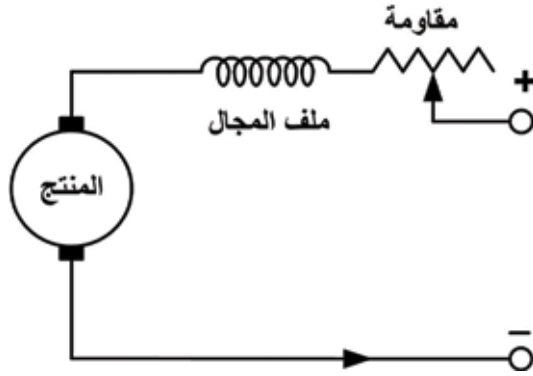


الشكل (٣-٥): عكس اتجاه دوران المحرك العام.

٥- طرق التحكم في سرعة المحرك العام

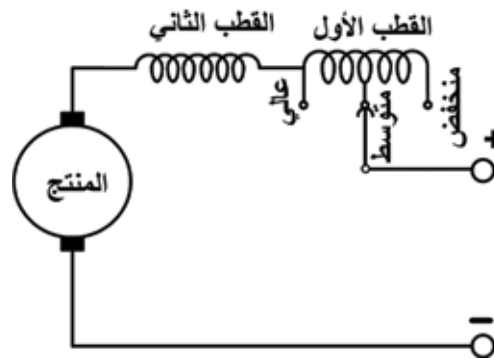
من الطرائق المستخدمة للتحكم في سرعة المحرك العام وتنظيمها ما يأتي:

أ - طريقة المقاومة: يوضح الشكل (٣-٤٦) مقاومة مضبوطة توصل على التوالي مع المحرك، وتستخدم هذه الطريقة في التحكم في آلة الخياطة المنزلية عن طريقة بدالة قدم، وتلاحظ أن السرعة تقل كلما زادت قيمة المقاومة.



الشكل (٣-٤٦): التحكم في سرعة المحرك العام عن طريقة مقاومة مضبوطة.

ب- طريقة تفريع المجال (Tapping-Field Method): يوضح الشكل (٣-٤٧) هذه الطريقة؛ حيث إن أحد ملفات الأقطاب يحتوي على مجموعة من التفريعات لتجزئة ملف الأقطاب. علمًا بأن هذه الطريقة تتحكم في السرعة عن طريق تغيير المجال الرئيس.



الشكل (٣-٤٧): طريقة التحكم في سرعة المحرك العام بواسطة تفريع ملفات الأقطاب.

أسئلة الوحدة

- ١ - اختر رمز الإجابة الصحيحة في كل فقرة من الفقرات الآتية:
- (١) يمكن التحكم في سرعة محرّكات التيار المباشر بتغيير:
- أ- الأطوار ب- الموصلات ج- الأقطاب د- مقاومة دائرة المنتج.
- (٢) العنصر الذي يحوّل التيار المتناوب الى تيار مباشر في الآت التيار المباشر:
- أ- العضو الدوّار ب- العضو الساكن ج- المبدل د- الفرش الكربونية.
- (٣) يتم عكس اتجاه دوران المحرّك العام:
- أ - بعكس أطراف تغذية المحرّك ب- بقلب المنتج
- ج- بعكس أقطاب التعويض د - بعكس أسلاك الفرش الكربونية
- (٤) تستخدم الأقطاب التعويضية في المحرّك العام لتقليل:
- أ- الشرر ب- تيار البدء
- ج- فولتية الأقطاب د- سرعة المحرّك
- (٥) تُسمّى العلاقة بين السرعة والعزم الكهرومغناطيسي في محرّكات التيار المباشر بالخاصية:
- أ- الكهربائية ب- الميكانيكية ج- الطردية د- كهروميكانيكية
- ٢ - ما النتائج المتوقعة لكلّ من الأعطال الآتية في محرّكات التيار المباشر:
- أ - تلامس حامل الفرش مع جسم الآلة؟
- ب- تآكل كراسي المحور؟
- ج- قصر في المبدل؟
- ٣ - وضح بالرسم الأجزاء الرئيسة لآلة التيار المباشر.

٤ - آلة تيار مباشر ذات أربعة أقطاب، يحتوي المنتج فيها على (١٤٤) مجرى، وفي كل منها ثلاثة موصلات. إذا دار المنتج بسرعة (١٢٠٠) د/د داخل المجال المغناطيسي الرئيس الذي مقداره (٠,٠٢٥) ويبر لكل قطب، فاحسب القوة الدافعة الكهربائية المتولدة، إذا كان نوع اللف انطباقياً .

٥ - ما وظيفة المبدل في آلة التيار المباشر؟ وممّ يتركّب؟

٦ - ما المقصود بردّ فعل المنتج؟ وضح ذلك بالرسم.

٧ - وضح بالرسم طرائق تنظيم سرعة محرّك التيار المباشر.

٨ - بيّن استخدامات كلّ من محرّك: التوالي، والتوازي، والمركّب.

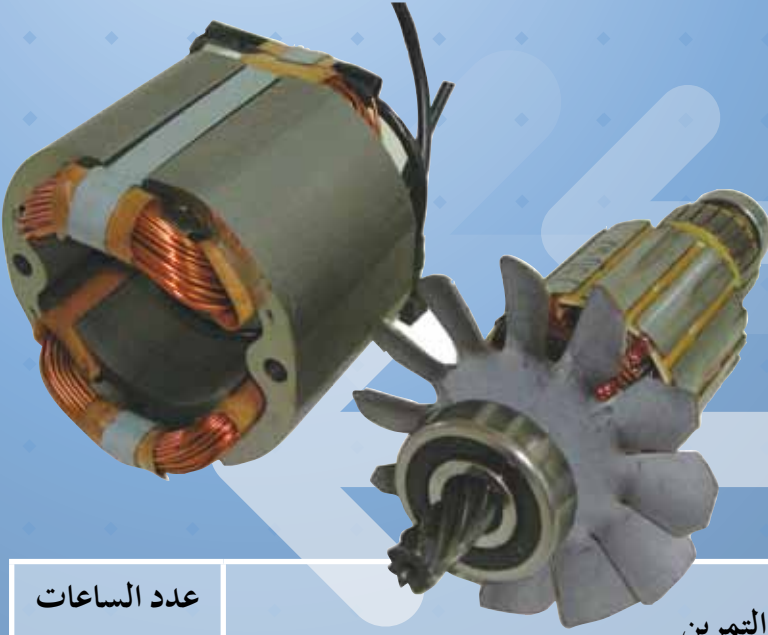
٩ - مستعيناً بالرسم، بيّن كيف يمكن إيقاف محرّك التيار المباشر كهربائياً.

الوحدّة الثالثة

التدريب العملي

آلات التيار المباشر

DC Machines



عدد الساعات المقترح	اسم التمرين
٧ ساعات	فك محرّك تيار مباشر، وإعادة تجميعه
٧ ساعات	تشخيص أعطال محرّكات التيار المباشر، وصيانتها
٧ ساعات	توصيل دائرة بدء الحركة لمحرّك تيار مباشر نوع تواز، باستخدام مقاومة بدء
٧ ساعات	حساب كفاءة محرّك التيار المباشر نوع توازي (Swinburne Test)
٧ ساعات	فك المحرّك العام، وإعادة تجميعه
٧ ساعات	إعادة لف أقطاب المحرّك العام
٧ ساعات	فك الفرش الكربونية لمحرّك التيار المباشر، وتركيبها
٧ ساعات	فحص المحرّك العام، وصيانتته
٥٦ ساعة	المجموع

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

- تتعرّف أجزاء محرّك التيار المباشر.
- تفسّر لوحة المعلومات لمحرّك التيار المباشر.
- تفك محرّك تيار مباشر.
- تعيد تجميع أجزاء محرّك التيار المباشر، ومكوّناته.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك تيار مباشر. ● مفكات عادية وأخرى مصلّبة. ● طقما مفاتيح: شق، ورنج . ● طقم مفاتيح سداسية . ● مطرقة بلاستيكية. ● شاكوش معدني . ● بريصة سحب . ● سنبك نقطة. ● ملزمة حديد. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١)</p>	<p>١- ضع علامة على جسم المحرّك باستخدام سنبك النقطة، وأخرى على الغطاءين الجانبيين حتى تساعدك في عملية تجميع المحرّك.</p> <p>٢- ابدأ بفك الأغطية الجانبية المربوطة مع الهيكل، مستخدمًا العدد اليدوية المناسبة لذلك.</p> <p>٣- انزع الفرش الكربونية من مكانها (حوامل الفرش)، وذلك بالضغط على الزنبرك الموجود فوقها باستخدام مفك عادي، ثم اسحب الفرش، كما في الشكل (١).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢)

خطوات العمل والنقاط الحاکمة

- ٤ - مستخدماً مطرقة البلاستيك، اضرب على الغطاءين الجانبيين حتى يتم تحرير العضو الدوّار (عضو الإنتاج).
- ٥ - أخرج العضو الدوّار من مكانه وعاینه، الشكل (٢).
- ٦ - ابدأ بتجميع المحرّك، وذلك بتركيب العضو الدوّار داخل العضو الساكن حتى يرتكز في مكانه الصحيح.
- ٧ - أدخل الأغطية الجانبية للآلة مع المحور حتى تتطابق العلامات التي وضعتها قبل عملية الفك، ثم شدّ البراغي على نحو جيد.
- ٨ - أعد تركيب الفرش الكربونية في مكانها، واضغط الزمبرك على الفرش الكربونية حتى تثبت على نحو جيد.
- ٩ - صل نهايات أطراف التوصيل الخاصة بالمحرّك.
- ١٠ - اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريراً مفصلاً يتضمّن العمليات التي نفذتها .

التقييم

- ١ - صنف الأجزاء التي تمثل الدارة الكهربائية والأجزاء التي تمثل الدارة المغناطيسية في محرّك التيار المباشر.
- ٢ - ما وظيفة الأجزاء الآتية في آلة التيار المباشر:
 - أ - العضو الدوّار (عضو الإنتاج)؟
 - ب - الفرش الكربونية؟
 - ج - ملفات الأقطاب؟
 - د - المبدل (COMUTATOR)؟
- ٣ - ما اسم الأداة المناسبة لفك أحد كراسي المحور لمحرّك التيار المباشر؟

- فك مولّد تيار مباشر من أي نوع، وتعرّف أجزاءه، ثم أعد تجميعه.
- فسّر لوحة المعلومات الموجودة على لوحة محرّك (D.C).
- اعكس اتجاه دوران محرّك التيار المستمر (D.C).

التقويم الذاتي

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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

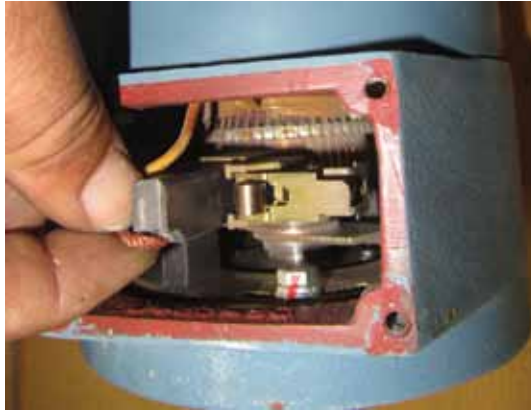
- تشخّص دارات القصر والدارات المفتوحة في منتج آلة تيار مباشر.
- تشخّص الدارات المفتوحة، ودارات القصر، والتماس الأرضي في ملفات الأقطاب.
- تشخّص الفرش الكربونية، وتستبدلها.
- تحدّد أعطال آلات التيار المباشر.

مستلزمات تنفيذ التمرين

المواد	الأدوات والتجهيزات
	<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك تيار مباشر. ● مسطرة معدنية. ● مصباح كهربائي. ● جهاز أفوميتر. ● مصدر فولتية مباشرة (0-30 v). ● صندوق عدّة.
خطوات العمل، والنقاط الحاكمة	الرسوم التوضيحية
<p>أولاً: فحص الفرش الكربونية</p> <p>١- فحص توصيل الفرش الكربونية إلى المنتج :</p> <p>أ - فك أغطية الفرش الكربونية. الشكل (١).</p> <p>ب- صل أحد أطراف جهاز القياس الأومميتر بسلك الفرشة الكربونية، والطرف الثاني بالنحاسة القريبة من نهاية الفرشة الكربونية المتصلة بالمنتج. إذا تحرّك المؤشر، فإن ذلك يدلّ على وجود اتصال بين الفرشة الكربونية الأولى والمنتج.</p>	 <p>الشكل (١)</p>



الشكل (٢)



الشكل (٣)



الشكل (٤)

ج- أعد فحص الفرشة الثانية، ثم سجل ملحوظاتك، الشكل (٢).

٢- فحص جودة نابض الفرشة (الزمبرك)
أ - فك الفرشة الكربونية، وتأكد من أن نابضها محافظ على مرونته؛ أي ليس مرتخيًا، الشكل (٣).

ب- استبدل النابض التالف بآخر مناسب.

٣- فحص حركة الفرشة الكربونية:

أ - حرّك الفرشة الكربونية داخل مجراها، وتأكد من أن حركتها مرنة، وأيضًا عدم وجود أية عوائق تعيق هذه الحركة داخل مجراها بسهولة.

ب- نظف مجاري الفرش الكربونية من الأوساخ.

ثانيًا : فحص مبدل آلة تيار مباشر

١- فحص التماس بين أجزاء المبدل وعمود المحور:

أ- استخدم مصباحًا ومصدر فولطية تيار مباشر، ثم

صل طرف المصباح بأحد نحاسات المبدل،

وصل الطرف الثاني المحور مباشرة، كما في

الشكل (٤). إذا أضاء المصباح عند إحدى

نحاسات المبدل، فتكون هذه النحاسة

متصلة مع العمود، أما إذا لم يضيء، فإن ذلك

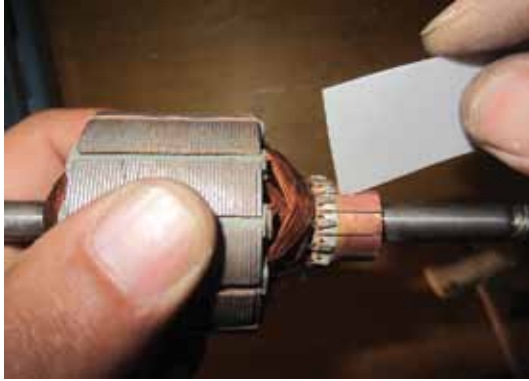
يدل على أن المبدل صالح.

ب- أكمل فحص التماس بين باقي نحاسات المبدل

وعمود المحور، ثم سجل ملحوظاتك.



الشكل (٥)



الشكل (٦)



الشكل (٧)

٢- فحص التوصيل بين نحاسات المبدل:

أ - استخدم مصباحاً ومصدر فولطية تيار مباشرة،
صِل طرف المصباح بأحد نحاسات المبدل
وصل الطرف الثاني بالنحاسية المجاورة.
إذا أضاء المصباح على نحو طبيعي فإن
ذلك يدلّ على وجود تماس بين النحاسيتين
المتجاورتين؛ لأن الجهد الواقع عليه يكون
جهد المصدر بسبب القصر، الشكل (٤).
ب- أكمل فحص التماس بين باقي نحاسات
المبدل، ثمّ سجل ملحوظاتك.
ج- افصل التماس بين النحاسات المتصلة إن
وُجد، الشكل (٦).

٣- فحص القصر بين ملفات المنتج:

أ - ضع المنتج المراد فحصه على الزوام الكهربائي.
ب- صِل الزوام بمصدر الفولطية المتناوبة،
الشكل (٧).

ج- ضع نصلة منشار يدوي على المجرى العلوي،
إذا لم تهتز النصلة، فإن ذلك يدلّ على عدم
وجود قصر بين الملفات، الشكل (٨).

د - حرّك المنتج لتصبح هناك مجار جديدة في
الأعلى، اختبر بقية الملفات بالطريقة نفسها،
ثمّ سجل ملحوظاتك.

٤- فحص استمرارية توصيل ملفات المنتج:

أ - ضع المنتج على الزوام كهربائي.



الشكل (٨)

ب- صل الزوام بمصدر الفولطية التيار المتناوبة.
ج- باستخدام سلك نحاسي، اقصر كل نحاستين متجاورتين على المبدل. يدل ظهور شرارة في أثناء عملية الفحص على أن الملف سليم وليس به قطع.

د- أدر المنتج لفحص بقية النحاسات، ثم سجل ملحوظاتك.

ثالثاً : فحص ملفات الأقطاب

١ - فحص التماس بين ملفات الأقطاب وهيكل المحرك:
أ- صل أطراف جهاز الأومميتر بين نهايات ملفات الأقطاب وهيكل المحرك. إذا لم يتحرك المؤشر، فإن ذلك يعني عدم وجود تماس بين ملفات الأقطاب والهيكل الحديدي للآلة.

٢ - فحص دارات القصر في ملفات أقطاب آلة التيار المباشر:

أ- افصل أطراف ملفات الأقطاب لآلة التيار المباشر.
ب- صل أطراف جهاز الأومميتر بين كل طرفين من أطراف ملفات الأقطاب، ثم سجل قيمة المقاومة لكل ملف.

ج- كرر الخطوة السابقة لبقية أطراف ملفات الأقطاب، ثم سجل قيمة المقاومة لكل ملف.

د- اكتب في دفتر التدريب العملي، تقريراً مفصلاً عن الأعمال التي نفذتها.

التقييم

- ١ - ما أسباب عدم الاتصال الجيد بين الفرش الكربونية والمبدل؟
- ٢ - كيف تستطيع تحديد بروز أحد نحاسات المبدل وصيانة هذه النحاسة؟ وكيف تصونها؟
- ٣ - ما الذي يؤدي إليه استبدال الفرش الكربونية للمحرك بفرش كربونية ذات صناعة رديئة؟

تمارين الممارسة العملية

- افحص التماس الأرضي لدارة محرك تيار مباشر مركب.

التقويم الذاتي

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	فحصت توصيل الفرش الكربونية إلى المنتج، وعملت الصيانة اللازمة.			
٢	فحصت جودة نابض الفرشة (الزمبرك) ، وأجريت الصيانة اللازمة.			
٣	تأكدت من سهولة حركة الفرشة الكربونية، وأجريت الصيانة اللازمة.			
٤	فحصت منتج آلة تيار مباشر، وأجريت الصيانة اللازمة.			
٥	فحصت القصر بين ملفات المنتج، وأجريت الصيانة اللازمة.			
٦	فحصت استمرارية توصيل ملفات المنتج، وأجريت الصيانة اللازمة.			
٧	فحصت ملفات الأقطاب، وأجريت الصيانة اللازمة.			

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- توصيل مقاومة بدء الحركة لمحركات التيار المباشر ٣ نقاط.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز أميتر DC (0-20A). ● جهاز أفوميتر. ● مقاومة بدء حركة ٣ نقاط (125W, 0.8 A). ● محرك تيار مباشر (220 v). ● تاكوميتر (0- 3000 RPM). 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل مختلفة.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة										
<p>الشكل (١): الدارة الكهربائية.</p>	<p>١- صل الدارة الكهربائية، كما في الشكل (١)</p> <p>٢- تأكد من وضعية مفتاح مقاومة البدء على الوضع الأولي.</p> <p>٣- بإشراف المعلم، صل الدارة بمصدر الفولطية، ثم شغل المفتاح الرئيس، وابدأ بوضع مفتاح المقاومة على الوضع (١) ثم سجل قراءات الأجهزة المبينة في الشكل (تيار المنتج، و تيار المجال، والتيار الرئيس، وفولطية المصدر) في الجدول (١)</p> <p>٤- قس سرعة المحرك باستخدام جهاز التاكوميتر.</p> <p>الجدول (١).</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>V</th> <th>I</th> <th>Ia</th> <th>If</th> <th>RPM</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	V	I	Ia	If	RPM					
V	I	Ia	If	RPM							

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>٥- صل المقاومة على الوضع (٢)، ثم سجل قيم التيارات والسرعة في الجدول (١)</p> <p>٦- أعد توصيل المقاومة على الوضعيات الأخرى، مسجلاً قيم التيارات والسرعة في كل خطوة.</p> <p>٧- افصل الدارة الكهربائية من مصدر الفولطية.</p> <p>٨- اكتب في دفتر التدريب العملي، تقريراً مفصلاً عن الأعمال التي نفذتها.</p>

تمارين الممارسة العملية

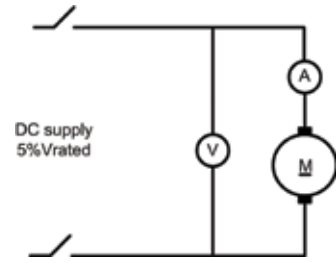
- أعد التجربة السابقة، مع عكس أطراف توصيل نقاط توصيل ملفات المجال، ثم شغل الدائرة الكهربائية كما في الخطوات السابقة . ماذا تلاحظ؟

نشاط

- صل ملفات المجال، كما في الشكل (٢)، ثم سجل قراءة الفولطيمتر والأميتر .
- صل أطراف المنتج، كما في الشكل (٣)، ثم سجل قراءة الفولطيمتر والأميتر .

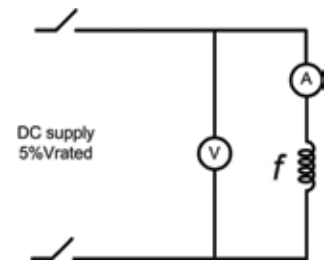
$$R_a = V/I$$

$$= \dots\dots\dots \Omega$$



$$R_f = V/I$$

$$= \dots\dots\dots \Omega$$



علل

- سبب حساب قيمة المقاومة بهذه التجربة، وعدم اعتماد الأوميتر في قياس كلتا المقاومتين.



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- إيجاد المفاهيم الحاسوبية والحديدية لمحرّك تيار مباشر نوع توازي.
- إيجاد كفاءة محرّك التيار المباشر نوع توازي من غير تحميل.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● جهاز أميتر Dc (0-20A). ● فولطميتير Dc (0-3000 V). ● مقاومة بدء حركة (٣) نقاط (0.8A, 1250 w). ● محرّك تيار مباشر (0.5kW, 220V). 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل مختلفة.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة												
<p>الشكل (١): الدارة الكهربائية.</p> <p>الجدول (١): قيم الأحمال.</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>V_o</th> <th>I_o</th> <th>I_{ao}</th> <th>I_{fa}</th> <th>R_a</th> <th>R_f</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	V_o	I_o	I_{ao}	I_{fa}	R_a	R_f							<ol style="list-style-type: none"> ١- صل الدارة الكهربائية بإشراف المعلم، كما في الشكل (١). ٢- تأكد من وضعية مفتاح مقاومة البدء على الوضع الأولي. ٣- شغل مفتاح الدائرة الرئيس، وابدأ بوضع مفتاح المقاومة على الوضع (١)، وتدرجيًا حرّك المفتاح حتى تصل إلى الوضع (٥). ٤- سجل تيار المنتج، وملفات المجال، وفولطية المصدر في الجدول (١). ٥- عدّ إلى نتائج التمرين السابق (٣-٣)، ثمّ انقل قيمة R_a، R_f إلى الجدول (١).
V_o	I_o	I_{ao}	I_{fa}	R_a	R_f								

الرسوم التوضيحية

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

٦- احسب القدرة الداخلة في حالة اللاحمل (P_{in0}) حسب القانون الآتي، ثم سجلها في الجدول (٢).

$$P_{in0} = V_0 \cdot I_0$$

٧- احسب المفايد النحاسية في ملفات المنتج حسب القانون، ثم سجلها في الجدول (٢).

$$P_{a0} = (I_{a0})^2 \cdot R_a$$

٨- احسب المفايد النحاسية في ملفات المجال حسب القانون، ثم سجلها في الجدول (٢).

$$P_{f0} = (I_{f0})^2 \cdot R_f$$

٩- احسب المفايد الحديدية (P_{iron}) من العلاقة الآتية، ثم سجلها في الجدول (٢).

$$P_{iron} = P_{in0} - P_{a0} - P_{f0}$$

الجدول (٢) حسابات اللاحمل.

الجدول (٢): حسابات اللاحمل.

P_{in0}	P_{a0}	P_{f0}	P_{iron}

التقييم

١- احسب كفاءة المحرك السابق إذا عمل على فولتية ٢٢٠ فولط، وكان تياره المقرر 20A، مع إهمال بقية المفايد.

مساعدة

٢- احسب القدرة الداخلة عند الحمل المقرر، والمفايد النحاسية للمنتج، وملفات المجال.

$$P_{out} = P_{in} - P_a - P_f - P_{iron}$$

$$I_f = \text{const.}$$

$$I_a = I - I_f$$



– أعد التجربة السابقة باختيار فولطية المصدر ١٠٠ فولط، ثم احسب المفاهيم النحاسية والحديدية.



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تعرّف أجزاء المحرّك العام ومكوّناته.
- تفك المحرّك العام، ثمّ تعيد تركيبه.
- تميّز ملفات الأقطاب من ملفات المنتج.
- تشغيل المحرّك العام.
- تعكس اتجاه دوران المحرّك.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرّك عام . ● مطرقة بلاستيكية. ● شاكوش حديدي. ● طقما مفاتيح شق، ورنج. ● مفكّان عادي، ومصلب. ● صندوق عدّة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● أسلاك توصيل ١,٥ مم.



الشكل (١)

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٥- اسحب الغطاء المثبت عليه حوامل الفرش الكربونية للخارج، كما في الشكل (١).
- ٦- اسحب الأقطاب للخارج.
- ٧- تعرّف مكّونات المحرّك العام، كما في الشكل (٢).
- ٨- أعد تجميع أجزاء المحرّك العام كما كانت، وتأكد من سهولة حركة العضو الدوّار، ثم جرّبه.
- ٩- اعكس اتجاه دوران المحرّك، ثمّ قس التيار في الحالتين، بإشراف المعلم.
- ١٠- اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريرًا مفصلاً عن الأعمال التي نفّذتها.

التقييم

- ١- كيف يتم عكس اتجاه دوران محرّك عام؟
- ٢- اذكر بعض استخدامات المحرّك العام.
- ٣- قارن بين سرعة المحرّك في حالة تشغيله على التيار المباشر والتيار المتناوب.
- ٤- ما سبب صناعة قلب العضو الساكن من صفائح الصلب المعزول؟
- ٥- ما أسباب ازدياد الشرر الناتج من الفرش الكربونية في أثناء الدوران؟



– أحضر خلاط طعام، وتعرّف مكوّناته.



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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تتعرّف بيانات ملفات الأقطاب، وتدوّنّها.
- تعيد لف ملفات أقطاب محرك عام.
- توصل ملفات الأقطاب وتختبرها في حالات فتح الدارة والقصر والتماس الأرضي.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك عام (العضو الساكن). ● ميكروميتر. ● جهاز قياس المقاومة. ● نصلة منشار. ● كاوي لحام قصدير. ● صندوق عدّة. 	<ul style="list-style-type: none"> ● سلك مورنش. ● ورق عزل. ● خوابير خشبية. ● شبر لف (خيط كتان). ● لحام قصدير. ● سلك مفرد ١,٥ مم.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١- فك المحرك العام، كما مر سابقًا؛ للكشف عن ملفات الأقطاب.</p> <p>٢- أخرج ملفات الأقطاب من مكانها، مستخدمًا العدد المناسبة.</p> <p>٣- سجل المعلومات اللازمة عن الملفات:</p> <p>أ - قطر السلك.</p> <p>ب- عدد اللفات.</p> <p>ج- اتساع اللف.</p> <p>د - أبعاد الورق العازل (سماكة، طول، عرض).</p>

الرسوم التوضيحية



الشكل (١)



الشكل (٢)



الشكل (٣)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

٤ - خذ شبلونة الملف القديم، كما في الشكل (١)، مراعيًا أن لا تكون كبيرة بحيث يلامس الملف الأغشية الجانبية، ولا صغيرة بحيث تجد صعوبة في إسقاط الملف مكانه.

٥ - أعد لف الملفات على ماكينة اللف وفقًا لعدد لفات ملف القطب القديم، كما في الشكل (٢).

٦ - اعزل ملفات الأقطاب المشكّلة على قالب اللف، بتغطيتها بشريط عازل.

٧ - ركب الملفات على قلب القطب، مستخدمًا خوابير خشبية أو بلاستيكية لتثبيتها، كما تعلمت سابقًا.

٨ - عرّ بدايات ملفات الأقطاب ونهاياتها بواسطة ورق الصنفرة.

٩ - صلّ نهايات ملفات الأقطاب على التوالي، بحيث تختلف قطبية كل قطبين متجاورين، كما في الشكل (٣).

١٠ - باستخدام جهاز قياس المقاومة، اختبر فحص الدارة المفتوحة (O.C) بين بداية ملفات الأقطاب ونهايتها.

١١ - مستخدمًا فرشاة دهان، اعزل ملفات الأقطاب بالورنيش، واركها حتى تجف.

١٢ - أعد تجميع المحرك العام.

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
	<p>١٣- شغل المحرّك، وقس التيار المسحوب، ثمّ قارنه مع التيار المسجل على لوحة البيانات.</p> <p>١٤- قس سرعة دوران المحرّك في أثناء الحمل ومن غير حمل.</p> <p>١٥- اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريراً مفصلاً عن جميع العمليات التي نفّذتها.</p>
التقييم	
<p>١- كيف تحدد الأقطاب بالمحرّك العام (أقطاب متعاقبة) مستخدماً البوصلة؟</p> <p>٢- بعد إعادة لف الملفات، اذكر بعض الأسباب المحتملة لعدم دوران المحرّك العام.</p> <p>٣- اذكر بعض الأسباب المؤدية إلى زيادة الشرر الناتج من الفرش الكربونية في أثناء الدوران.</p>	

تمارين الممارسة العملية

- نفّذ التمارين الآتية بشكل مجموعات، تحت إشراف المعلم:
- إعادة لف أقطاب محرّك عام (قطبين).
 - إعادة لف أقطاب محرّك عام (أربعة أقطاب).

التقويم الذاتي

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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

فك الفرش الكربونية لمحرك التيار المباشر، وتركيبها

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

- تتعرّف الفرش الكربونية؛ أنواعها ومواصفاتها.
- تستبدل الفرش الكربونية التالفة.
- تعيد تركيب الفرش الكربونية الجديدة.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● مفاتيح شق ورنج. ● محرّك تيار مباشر، أو مولّد تيار مباشر. ● فرش كربونية مختلفة الأنواع والحجوم. ● مفاتيح سداسية. ● مفكات عادية ومصلبة. ● زرادية بوز رفيع. ● صندوق عدّة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١)</p>	<ol style="list-style-type: none"> ١- فك محرّك التيار المباشر، كما تعلمت سابقًا. ٢- انزع الغطاء الظاهر للفرش الكربونية، مستخدمًا مفكًا مع زرادية بوز رفيع، كما في الشكل (١). ٣- فك الوصلات الكهربائية بين الفرش الكربونية وحواملها. ٤- اسحب الفرشة الكربونية من مكانها بطريقة سهلة ومتأنية. ٥- اقرأ المواصفات الفنية المكتوبة على الفرشة الكربونية القديمة ورقمها (إن وجدت) لشرائها. ٦- استبدل الفرشة الكربونية التالفة بأخرى سليمة، لها المواصفات نفسها والرقم القديم نفسه.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢)

خطوات العمل، والنقاط الحاكمة

- ٧- ثبت الفرشة الكربونية مكانها في حامل الفرش بإحكام.
- ٨- اضغط الزمبرك فوق الفرشة الكربونية، كما في الشكل (٢).
- ٩- ضع الغطاء الذي يثبت الزمبرك فوق الفرشة الكربونية.
- ١٠- تفقد سطح المبدل من ناحية تأكله وتراكم طبقة عازلة عليه.
- ١١- نظف سطح المبدل بوساطة ورق الصنفرة.

التقييم

- ١- ما وظيفة الفرش الكربونية في آلة التيار المباشر؟
- ٢- ما سبب تأكل الفرش الكربونية؟
- ٣- ما المواصفات الفنية لشراء الفرش الكربونية لمحرك التيار المباشر D.C.؟
- ٤- كيف تعالج بروز النحاسات على المبدل؟

تمارين الممارسة العملية

احضر مجموعة من الأجهزة الكهربائية، مثل الخلاط الكهربائي، المثقب اليدوي، الصاروخ الكهربائي، وتفقد الفرش الكربونية، ثم استبدل التالف منها.

التقويم الذاتي

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

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات

- احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

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

- تتفحص المحرك العام.
- تحدد أعطال المحرك العام، وتصلحها.

مستلزمات تنفيذ التمرين

الأدوات والتجهيزات	المواد
<ul style="list-style-type: none"> ● محرك عام. ● زوام كهربائي. ● مصباح كهربائي. ● مصدر فولطية تيار مباشر. ● صندوق عدّة. 	

الرسوم التوضيحية	خطوات العمل، والنقاط الحاكمة
 <p>الشكل (١)</p>	<ol style="list-style-type: none"> ١- افحص باستخدام جهاز الافوميتر كابل تغذية المحرك، الشكل (١). ٢- حرّك محور دوران العضو الدوار للتأكد من سهولة حركته، الشكل (٢). ٣- افحص، باستخدام جهاز الاومميتر الاتصال الكهربائي بين كلتي الفرشتين الكربونيتين؛ للتأكد من الاتصال الجيد بين الفرشتين: الأولى والثانية من خلال المبدل، الشكل (٣). ٤- فك الفرش الكربونية، الشكل (٤)، وتأكد من مدى صلاحيتها، واستبدالها عند اللزوم.

الرسوم التوضيحية



الشكل (٢)



الشكل (٣)



الشكل (٤)



الشكل (٥)

خطوات العمل، والنقاط الحاکمة

- ٥- تأكد من مرونة حركة الفرش الكربونية داخل مجراها، وتأكد أيضاً من أن النابض محافظ على مرونته. الشكل (٥) يبيّن مجاري الفرش الكربونية.
- ٦- افحص التماس بين نحاسات المبدل وعمود المحور، باستخدام مصباح ومصدر فولطية تيار مباشر.
- ٧- افحص التوصيل بين نحاسات المبدل، باستخدام مصباح ومصدر فولطية تيار مباشر.
- ٨- افحص التوصيل بين نحاسات المبدل، باستخدام مصباح ومصدر فولطية تيار مباشر.
- ٩- افحص القصر بين ملفات المنتج، باستخدام الزوام الكهربائي.
- ١٠- افحص استمرارية توصيل ملفات المنتج، باستخدام الزوام الكهربائي.
- ١١- افحص التماس بين ملفات الأقطاب وهيكل المحرّك.
- ١٢- افحص دارات القصر في ملفات أقطاب المحرّك العام.
- ١٣- أعد تجميع المحرّك.
- ١٤- اكتب، في دفتر التدريب العملي، تقريراً مفصلاً عن الأعمال التي نفذتها.

التقييم

– ما الأسباب المؤدية إلى صعوبة حركة الفرشة الكربونية داخل مجراها؟

– افحص محرِّكاً عام يستخدم في المكنسة الكهربائية.

التقويم الذاتي

الرقم	خطوات العمل	نعم	لا	ملحوظات
١	فحصت كابل تغذية المحرِّك.			
٢	فحصت حركة محور الدوران؛ للتأكد من سهولة حركته.			
٣	فحصت باستخدام الأومميتر الاتصال الكهربائي بين الفرش الكربونية.			
٤	فككت الفرش الكربونية، وتأكدت من صلاحيتها، واستبدلتها عند اللزوم.			
٥	تأكدت من مرونة حركة الفرش الكربونية داخل مجراها، وتأكدت من أن النابض محافظ على مرونته.			
٦	فحصت التماس بين نحاسات المبدل وعمود المحور باستخدام مصباح ومصدر فولطية تيار مباشر.			
٧	فحصت التوصيل بين نحاسات المبدل باستخدام مصباح ومصدر فولطية تيار مباشر.			
٨	فحصت التوصيل بين نحاسات المبدل باستخدام مصباح ومصدر فولطية تيار مباشر.			
٩	فحصت القصر بين ملفات المنتج باستخدام الزوام الكهربائي.			
١٠	فحصت استمرارية توصيل ملفات المنتج باستخدام الزوام الكهربائي.			
١١	فحصت التماس بين ملفات الأقطاب وهيكل المحرِّك.			
١٢	فحصت دارات القصر في ملفات أقطاب المحرِّك العام.			
١٣	كتبت تقريراً مفصلاً عن الأعمال التي نفذتها.			

– احتفظ بتقويم أدائك الذاتي في ملفك الخاص.

قائمة المصطلحات

Alternating Current	تيار متناوب
Armature	المنتج
Armature Reaction	رد فعل المنتج
Armature Winding	ملفات المنتج
Auxiliary Windings	ملفات بدء التشغيل
Bearings	كراسي التحميل
Cable	كابل
Capacitor	مواسع
Carbon Brush	فرشة كربونية
Commutator	المبدل
Compensated Type	أقطاب تعويض
Compound Motor	المحرك المركب
Copper Losses	المفاقد النحاسية
Core	قلب
Cumulative Motor	المحرك المركب التراكمي
Cylindrical Rotor	العضو الدوار الأسطواني
D.C Compound Generator	المولد المركب
D.C Shunt Generator	مولد التوازي
Damper winding	ملفات التخميد
DC Machine Losses	المفاقد في آلات التيار المباشر
DC Machines	آلات التيار المباشر
DC Series Generator	مولد التوالي
DC Shunt Motor Starter	بادئ تشغيل محركات التوازي
Differential Motor	المحرك المركب الفرقي
Direct Current	تيار مباشر
Dual voltage split phase motors	محرك أحادي الطور ذو جهدين
Eddy Currents	التيارات الدوامية
Electric Characteristic	الخاصية الكهربائية

Electrical Motor	محرك كهربائي
Electrical Switches	مفاتيح كهربائية
Electromotive Force	القوة الدافعة الكهربائية
Fuse	مصهر
Generator	مولد
Long Compound (Generator	مولد مركب طويل
Hybrid stepper motor	محركات الخطوة الهجينة
Hysteresis Losses	المفاقد الهستيرية
Induction Motors	المحركات الحثية
Iron Losses	المفاقد الحديدية
Lap Winding	اللف الانطباقي
Level	مستوى
Magnetic Breaker	قاطع مغناطيسي
Magnetic Neutral Axis	محور التعادل المغناطيسي
Mains	المصدر
Manual	يدوي
Mechanical Losses	المفاقد الميكانيكية
Mechanical Characteristic	الخاصية الميكانيكية
Multi speed Motor	متعدد السرعات
Non-Compensated Type	محرك من غير تعويض
Open Circuit	دائرة مفتوحة
Over Current	فرط التيار
Over Voltage	زيادة الفولطية
Over-Excitation	تحريض زائد
Permanent- capacitor Motor	المحرك ذو المواسع الدائم
Permanent Magnet	الأقطاب دائمة
Permanent Magnet stepper motor	محركات الخطوة ذات المغناطيس الدائم
Phase Failure Protection	حماية من انقطاع الطور
Pilot Lamp	مصباح إشارة

Polarity Test	فحص القطبية
Pressure	ضغط
Push button	ضاغط
Resolution	التوافق
Rotor	العضو الدوّار
Running Windings	ملفات التشغيل
Salient Pole	العضو الدوّار ذو الأقطاب البارزة
Self Excited Generator	مولّدات التهيج الذاتية
Separately Excited) (Generator	مولّدات ذات تغذية منفصلة
Series Motor	محرك التوالي
Shaded Pole Motor	المحرك ذو القطب المظلل
Short Compound Generator	مولّد مركّب قصير
Short Circuit	دائرة قصر
Shunt Motor	محرك التوازي
Slip Rings	حلقات انزلاق
Slipping	الانزلاق
Split-Phase Motor	محرك الطور المشطور
Squirrel Cage	القفص السنجابي
Squirrel Cage Motor	المحرك ذو القفص السنجابي
Stator	العضو الساكن
Step Angle	زاوية الخطوة
Stepper Motors	محركات الخطوة
Stray Losses	المفاقد الشاردة
Synchronous Compensator	المعوض التزامني
Synchronous Motors	المحركات التزامنية
Synchronous Speed	السرعة التزامنية
Tapped field control	طريقة التحكم في تفرّيع ملف الأقطاب
Tapping-Field Method	طريقة تفرّيع المجال
Thermal – Magnetic Breaker	قاطع حراري مغناطيسي

Thermal Breaker

Three Phase AC Motors

Under-Excitation

Universal Motor

Wave Winding

Wound - Rotor Motors

Yoke

قاطع حراري

محركات التيار المتناوب ثلاثية الطور

تخريض ناقص

المحرك العام

اللف التموجي

المحرك ذو العضو الدوار الملفوف

هيكل

قائمة المراجع

أولاً: المراجع العربية

– بني ياسين، محمد، والمعاني، منصور، الدارات الكهربائية، دار الأمل، إربد، ٢٠٠٢ م

ثانياً: المراجع الأجنبية

- 1- Allen Mottershead , Introduction To Electricity And Electronics,Cypress College.California, 1982.
- 2- B.R.Gupta,Vandana Singhal,Fundamentals of Electric Machines,Third Edition,New Age International Limited Publishers,Delhi,2005.
- 3- P.C SEN, Principles Of Electric Machines And Power Electronics, John Wiley and Sons, NewYork, 1997.
- 4- Stephen L.Herman,Electrical Studies for Trads,4th Edition.Delmar Publishers,USA,2010.
- 5- Theodor Wildi, Electric Machines Drivers And Power Systems, 5th Edition, 2002.

تم بحمد الله تعالى