جمهورية العراق
وزارة التربية
المديرية العامة للتعليم المهني

التدريب العملي

صناعي / كهرباء

الثالث

تأليف

د. المهندسة رشا بشار رشيد
م. م. المهندس مراد شحاذة محمود

أ. د. علوان محمد علوان
المهندس حازم خضير فرحان

الطبعة الاولى
1446 هـ - 2024 م

المصمم

م. م. وسام موفق محمد صالح

بسم الله الرحمن الرحيم

المقدمة

حرصاً منا على تحديث المناهج وتطويرها، رغبة منا في رفع مستوى طلبتنا الاعزاء لتحقيق الاهداف المرجوة من خريجي المدارس المهنية في اختصاص الكهرباء في المرحلة الثالثة ، ومن ضمنها اكسابهم المهارات الاساسية لمهنة الكهرباء واتقان استخدام العدد والادوات المستعملة في أعمال الكهرباء، واكتساب مهارة عمل التمديدات والتأسيسات الكهربائية بطريقة علمية دقيقة ولمختلف الدوائر الكهربائية، واستخدام اجهزة القياس بكفاية لقياس الكميات الكهربائية لأي دائرة كهربائية، وتأسيساً على ما تقدم مهدنا الى اعداد كتاب التدريب العملي للمرحلة الثالثة بمحتوى يتكامل مع مفردات كتاب التدريب العملي للمرحلة الاولى وكتاب التدريب العملي للمرحلة الثانية، كما تم اخراج الكتاب بطريقة مشوقة للطالب من حيث الصور والرسوم التوضيحية والالوان المناسبة.

نتمنى من الله عز وجل ان نكون قد وفقنا لجهدنا هذا، أملين من الاخوة مدرسي المادة ان يرفدونا بملاحظاتهم حول الكتاب والاخطاء التي قد ترد سهواً بعد تدريس الكتاب سنة دراسية كاملة، لغرض الاخذ بها في الطبعات اللاحقة ... مع شكرنا واعتزازنا.

المؤلفون

الأهداف التربوية للمنهج العملي للصف الثالث الصناعي باختصاص الكهرباء العام

التخصص	المادة	الصف	عدد الساعات الأسبوعية
الكهرباء	التدريب العملي	الثالث	١٤

أولا : الهدف المعرفي

١ـ التعرف على محركات الثلاثة أطوار وكيفية إعادة اللف.

٢ـ التعرف على المولدات الكهربائية ذات الثلاثة أطوار للقدرات المتوسطة والكبيرة .

٣ـ التعرف على المحولات الكهربائية الكبيرة ذات الثلاثة أطوار وطرق صيانتها.

٤ـ التعرف على استعمال اجهزة قياس سرعة المحركات الكهربائية.

٥ـ التعرف على انواع المفاتيح واجهزة الحماية المستخدمة في دوائر السيطرة لتشغيل المحركات الكهربائية.

٦ـ التعرف على الموصلات الهوائية واجهزة التحكم عن بعد وأجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC) المستخدمة في دوائر السيطرة لتشغيل المحركات الكهربائية.

٧ـ التعرف على أساليب تحويل مصادر الطاقة عند انقطاعها والمحافظة على صحة ربطها.

٨ـ التعرف على نظريات تحليل الدوائر الكهربائية.

ثانيا : الهدف المهاري

١ـ اكتساب الخبرة والمهارة لصيانة المكائن الكهربائية والمحولات والمولدات في المصانع والورش والمباني.

٢ـ اكتساب المهارة في تنفيذ أعمال تشغيل المحركات الكهربائية لكافة أنواع المكائن .

٣ـاكتساب المهارة للعمل بدوائر السيطرة الكهربائية.

٤- اكتساب المهارة للعمل بأجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC) .

٥- اكتساب المهارة على ضبط وتحويل مصادر الطاقة الكهربائية.

ثالثاً : الهدف الوجداني

١- تنمية روح العمل الجماعي.

٢- استخدام المعلومات الفنية في تشخيص واصلاح الأعطال للأجهزة والمكائن المألوفة في المصانع والمباني.

٣- اكتساب الطالب الثقة في الاعتماد على النفس في صيانة الأجهزة وتشغيل المكائن بصورة عامة.

٤- تهيئة الطالب للعمل اليدوي ومجابهة الصعوبات وحلها.

مفردات منهج التدريب العملي للصف الثالث كهرباء

(فهرست المواضيع)

ت	الأسبوع	تفاصيل المفردات الواجب تطبيقها	الصفحة
١	الأول + الثاني + الثالث + الرابع	التدريب على إعادة لف المحركات ذات الثلاثة أطوار.	١٠
٢	الخامس	التدريب على فتح وتجميع وصيانة المولد ثلاثي الطور(منزلي أو صناعي).	٦٧
٣	السادس	التدريب على ربط وصيانة محولات القدرة ذات الثلاثة أطوار.	٩٦
٤	السابع	التدريب على استعمال أجهزة قياس السرعة:- أ- الألكترونية. ب- الميكانيكية. ج- الضوئية.	١١٧ ١٢١ ١٢٢ ١٢٣
٥	الثامن	التدريب على :- ١- أنواع المفاتيح المستخدمة في دوائر السيطرة لتشغيل المحركات الكهربائية. ٢- أجهزة الحماية المستخدمة في دوائر السيطرة الكهربائية (الحرارية والمغناطيسية).	١٢٦ ١٣١
٦	التاسع	١-التدريب على فتح وتجميع وصيانة الموصل الهوائي. ٢-التدريب على ربط وتشغيل الموصلات الهوائية. ٣-التدريب على ربط وتشغيل الموصلات الهوائية من عدة مواقع (يتم التشغيل بدون حمل).	١٤٤ ١٤٨ ١٥٦
٧	العاشر + الحادي عشر	١-التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق مفتاح قاطع دورة ميكانيكي يدوي. ٢-التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق مفتاح قاطع دورة ذو حماية حرارية ومغناطيسية.	١٦١ ١٦٦
٨	الثاني عشر	التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق موصل هوائي وأزرار تشغيل (On - Off).	١٧٢
٩	الثالث عشر	١-التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عاكس دوران عن طريق مفتاح ميكانيكي يدوي.	١٨٢

١٠	الرابع عشر	٢-التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عاكس دوران عن طريق الموصلات الهوائية وأزرار التشغيل.	١٨٧
١١	الخامس عشر + السادس عشر	١- التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار (ستار – دلتا) عن طريق مفتاح ميكانيكي يدوي . ٢- التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار(ستار – دلتا) عن طريق الموصلات الهوائية وأزرار التشغيل.	١٩٥ ٢٠٤
١٢	السابع عشر + الثامن عشر + التاسع عشر	١- التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد . ٢- التدريب على ربط و تشغيل محرك ثلاثة اطوار عاكس دوران عن طريق جهاز التحكم عن بعد. ٣- التدريب على ربط و تشغيل محرك ثلاثة اطوار بالاضافة الى ربط و تشغيل محرك ثلاثة اطوار عاكس دوران عن طريق جهاز التحكمعن بعد.	٢١٣ ٢١٩ ٢٢٢
١٣	العشرون	التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)	٢٢٦
١٤	الواحد والعشرون + الثاني والعشرون + الثالث والعشرون + الرابع والعشرون	١-التدريب على استعمال :- أ- جهاز مبين تتابع الأطوار. ب- ربط رلي منع انعكاس الأطوار. ٢-التدريب على ربط مفتاح تحويل بين الشبكة والمولدة:- أ- اليدوي (MTS). ب- الآلي (ATS). ٣ - التدريب على ربط وتصميم منظومة الحماية للدور والمباني السكنية. أ - منظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي. ب - منظومة الحماية المركزية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي.	٢٤١ ٢٤٨ ٢٥٣ ٢٥٥ ٢٥٨ ٢٧٠ ٢٧١ ٢٧٧
١٥	الخامس والعشرون + السادس والعشرون	١- التدريب على ربط وتحليل الدوائر الكهربائية بأستخدام نظرية ثيفنن. ٢- التدريب على ربط وتحليل الدوائر الكهربائية بأستخدام نظرية نورتن.	٢٨٤ ٢٩١

تعليمات للمدرب

لا يخفى على أحد الجهود المبذولة من قبل المدربين وتعاون بيانات الطبية التي أوصلتهم إلى هذه المرحلة الثالثة وهي الأخيرة قبل إنهائهم المنهاج المقرر لتهياتهم كفنيين مؤهلين لاستلام زمام الأمور في الإعمار والإدامة لمجمل المشاريع الكهربائية.

ادت اللجان المختصة واجباتها بتوزيع مفردات المنهاج الكامل لهذا الغرض على ثلاث مراحل، بالأحرى ثلاث سنين دراسية :

المرحلة الأولى : هيات الطالب للعمل اليدوي وتمت فيه روح العمل الجماعي ، وأكسبته الخبرة والمهارة لاستخدام العدد المناسبة لشتى أنواع العمل . وفتحت أمامه الأبواب للدخول ووضع الخطوات الأولى للوصول إلى معترك الحياة العملية التخصصية في مجال العلوم الكهربائية العامة.

المرحلة الثانية : أكسبته الخبرة والمهارة لممارسة مهنة الكهرباء دون التعرض لمخاطرها، وهيأته للتنفيذ أو الإشراف على التنفيذ للمشاريع الكهربائية في المباني وباستخدام المعلومات الفنية في تشخيص وإصلاح الأعطال للأجهزة الكهربائية المألوفة في الحياة اليومية العملية ، ومجابهة الصعوبات وحلها.

بقى لدينا التعاون لإيصال ما تبقى من رسالتنا إلى أبنائنا الطلبة بعد أن وزع على شكل مفردات تمت ترجمتها إلى واقع عملي مفضل لتدريبهم وإغنائهم بالمعلومات التي تم جمعها من خبرات طويلة عملية وعلمية وتعليمية ، ليحصل من خلالها على خلفية أساسية فنية وعلمية لممارسة الحياة العملية في مجال الأعمال الكهربائية، بما يمكنه من إثبات جدارته ليكون عنصرا حيويا للمشاركة في مجالات التنفيذ أو الإشراف بموجب القواعد العلمية النظامية المقتبسة من الأنظمة الدولية المعروفة في هذا المجال، لإستخدامها في تنفيذ الأعمال الكهربائية في المصانع والورش والمباني وعلى جميع الأصعدة الإعتيادية والأوتوماتيكية والالكترونية المدمجة والمبرمجة ،

ليتخرج ويكون مستعدا كفني ماهر باختصاص (الكهرباء العام).

سلكت اللجنة المكلفة بإعداد هذا الكتاب ذات النهج لكتاب السنة الماضية للمرحلة الثانية ، في التطبيق والتطوير والسرد والتوضيح للمفردات المعدة والمخصصة ، وكذلك تنفيذ التمارين العملية من قبل الطلبة بإشراف المدرب.

تم كذلك تفصيلها بكافة مستلزماتها سواء من العدد المطلوبة أو الأجهزة والمواد المراد استعمالها لتنفيذها ، والتي على أساسها تتم تهيئة المواد والأجهزة والعدد قبل البدء بالتطبيق.

وبالوقت نفسه لإعداد قوائم الإحتياجات المخزنية السنوية للمستلزمات المطلوبة من قبل الجهات المختصة.

وبالأسلوب نفسه أخذت اللجنة بنظر الإعتبار احتمال تعذر توفير بعض المستلزمات التي قد تعيق تطبيق التمارين العملية لأي سبب كان، فقامت بسرد المواضيع من جوانبها العملية البحتة ودعمها بالمخططات والصور الحية لغرض توضيحها من قبل المدرب ، وتكليفهم بالواجبات الصفية والبيئية ومناقشتهم بمضمونها من خلال الأسئلة التي وضعناها في نهاية كل موضوع لغرض التقويم والإغناء بإستيعاب التطبيق.

كما تؤكد على الالتزام بالمدد الزمنية المخصصة لكل موضوع ، ولا ضرر في التقديم والتأخير بالمواضيع وحسب إمكانية القسم وتوزيع مجاميع الطلبة على المدربين. وأخيرا نؤكد رجائنا لإخواننا المدربين والمختصين المطلعين على محتوى هذا الكتاب بإبداء آرائهم ومقترحاتهم ونقدهم الإيجابي البناء لتقويمه وتطويره. فبحمد الله وعونه ومن علمنا وهيأنا لتقديم ما قدر لنا من إعداده لهذا الجهد المتواضع.

نسأله تعالى الموفقية لمن شارك فيه والنجاح لأبنائنا الطلبة ليكونوا عنصرا فعالا في بناء الوطن والذات.

لجنة التأليف

التدريب على إعادة لف المحركات
ذات الثلاثة أطوار

محركات الثلاثة أطوار الحثية تعمل على التيار المتناوب ، تختلف أحجامها كثيراً وكذلك قدرتها حيث تتراوح قدرتها فيما بين كسور الحصان وعدة مئات من الأحصنة ، وان من المعتاد أن تقاس قدرة المحركات بالحصان لأنها قدرة ميكانيكية (دوران شفت) بعزم معين علماً بأن

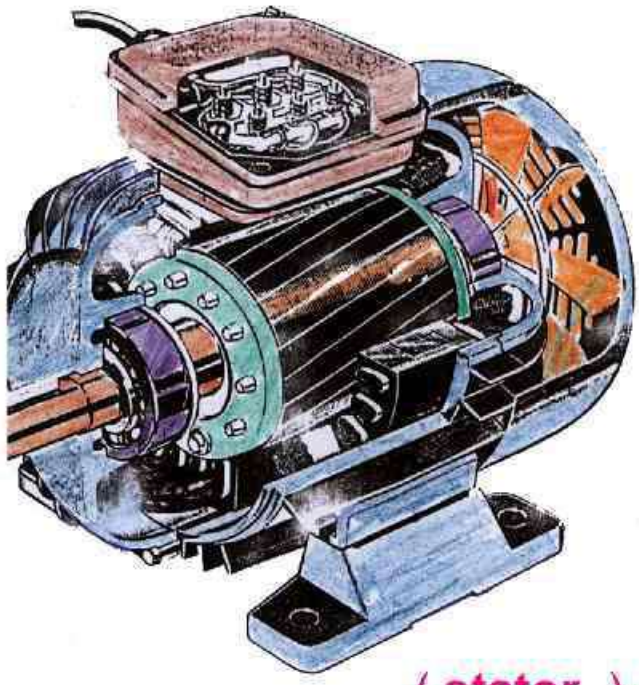
١حصان = ٧٤٦واط	1 HP = 746 W

وهذه المحركات لها خاصية ثبوت السرعة الى حد كبير وكفائتها أكبر من محركات الطور الواحد وكذلك عزم دورانها الابتدائي يكون عالي وهي لا تحتاج إلى وسائل مساعدة لتدويرها كالتي موجودة في محركات الطور الواحد حيث أن الأطوار الثلاثة متفاوتة (منشطرة) فيما بينها بزاوية (١٢٠°) .

وكذلك يمكن أن تصمم بحيث تختلف خواص عزم الدوران فيها ، فمنها تمتلك عزم دوران إبتدائي مرتفع ، ويمتلك بعضها عزم دوران إبتدائي منخفض ، ويصمم بعضها بحيث يسحب تياراً ابتدائياً معتدلاً ، وبعضها الآخر يسحب تياراً ابتدائياً كبيراً ، ويمكن تغيير اتجاه دورانها بسهولة ، ويتم ربطها حسب متطلبات عمل المحرك على شكل مثلث (دلتا) أو نجمة (ستار) وتربط بشبكة ذات ثلاثة أطوار.

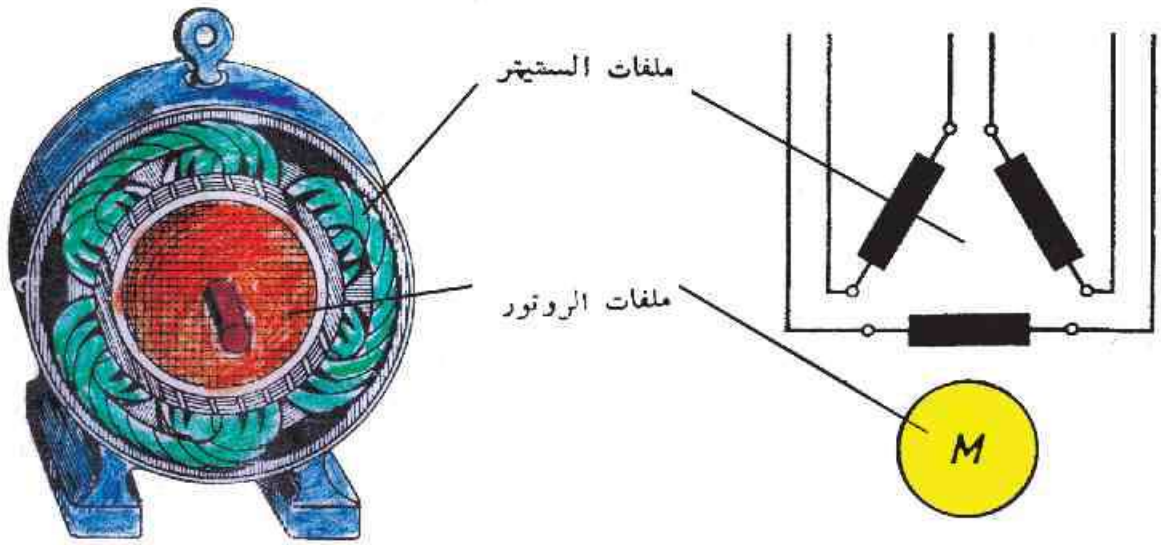
وتستعمل محركات الثلاثة أطوار في الرافعات والمضخات الكبيرة لضخ المياه ، وفي إدارة مكائن الورش ، واستعمالات أخرى عديدة. على الصفحة الآتية نماذج منها :

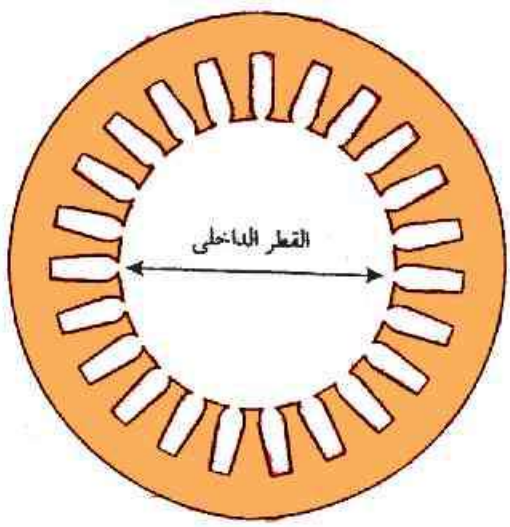
تركيب المحرك الثلاثي الأطوار



١-الجزء الثابت (stator)

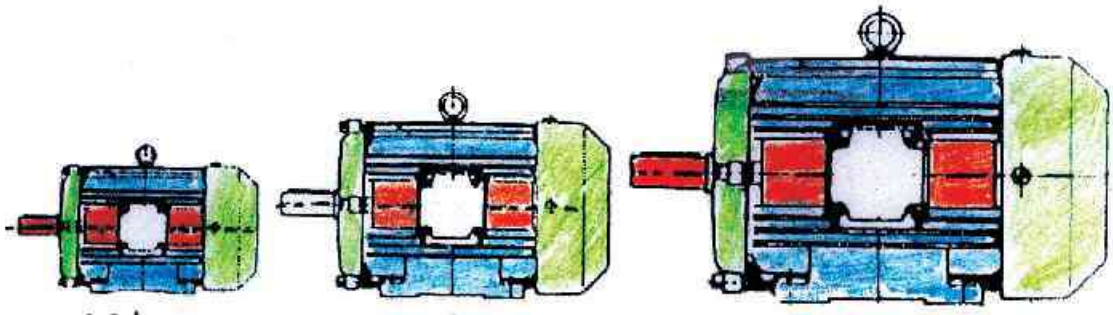
يتكون من إطار من الصلب وقلب حديدي عبارة عن صفائح أو رقائق معدنية ذات سبيكة خاصة لها قدرة عالية على التمغنط وتكون مضغوطة ومعزولة فيما بينها لتفادي إرتفاع درجة الحرارة. وهذا الجزء يشبه تركيب الجزء الثابت في محركات الطور الواحد أي أنه يحتوي على مجاري توضع فيها الملفات بعد عزلها وهو يحتوي على ثلاثة ملفات بين كل ملف وآخر زاوية (١٢٠°) وتكوّن ثلاث دوائر كهربائية مستقلة تسمى بالأطوار.





مقطع عرضي يوضح شريحة من صفائح القلب الحديدي

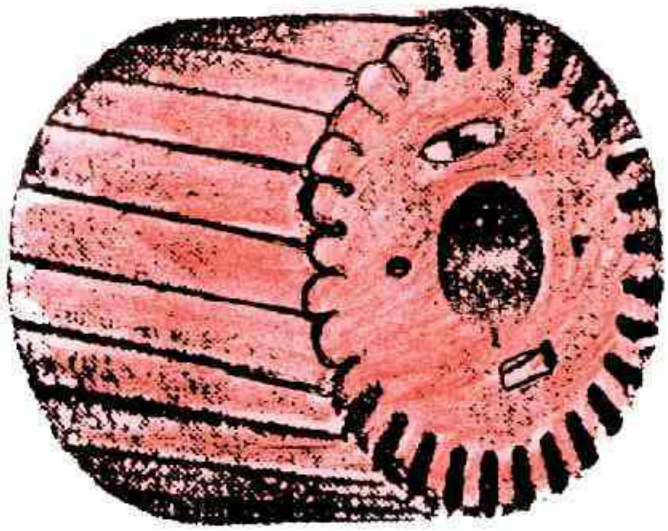
يختلف حجم المحركات الثلاثية الأطوار حسب عدد الأقطاب فيها إذا كانت بالقدرة نفسها.

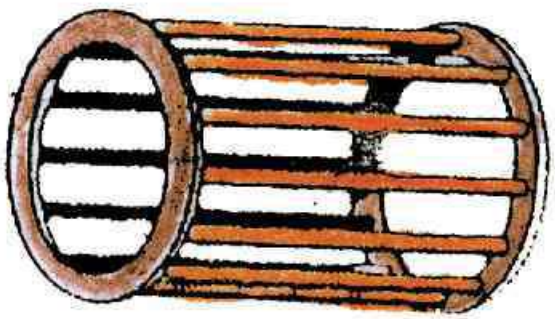


ولهذا لا يمكن تصميم محرك أو إعادة لفه بعدد أقطاب يختلف عن عدد أقطابه الأصلية.

فمثلاً لو كان هناك محرك (٤) أقطاب وعند إعادة لفه صُمم على (٢) قطب فانه سيعمل على سرعة (٢) قطب ولكن سترتفع درجة حرارته عند التحميل ، وكذلك العكس.

٢- الجزء الدوار (Rotor)





يشبه تركيب الجزء الدوار لمحركات الطور الواحد حيث يتكون من قلب حديدي وهو عبارة عن صفائح أو رقائق بسبيكة أقل تكلفة من سبيكة الجزء الثابت وتكون مضغوطة ومعزولة فيما بينها وهو من نوع القفص السنجابي (squirrel cage) .

ويوجد نوع آخر يسمى بمحركات الحلقات الانزلاقية الذي يكون فيه الجزء الدوار يحتوي على ثلاثة ملفات كما في الجزء الثابت.

وسيتم توضيحه بالتفصيل لاحقاً . . . .

محرك حلقات إنزلاقية

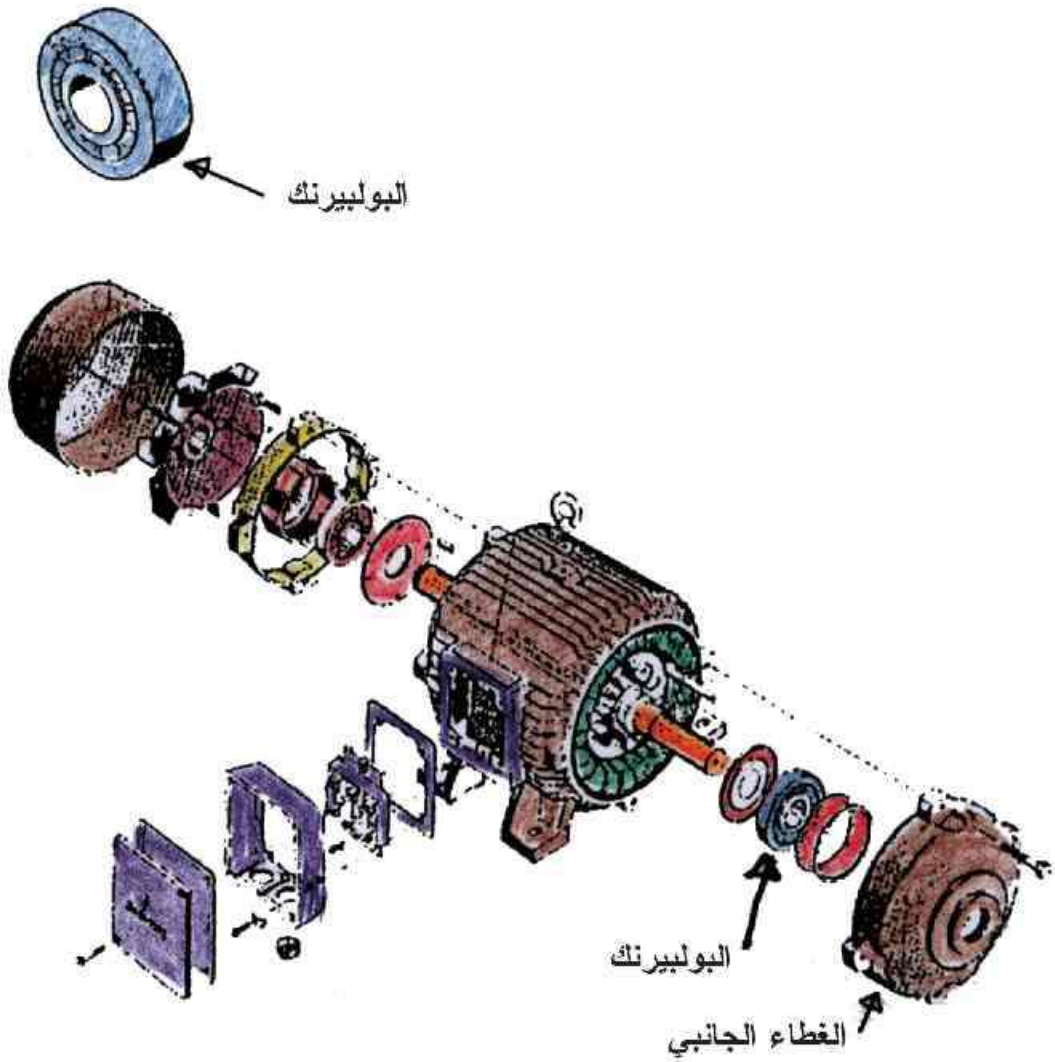
بصورة عامة يجب أن يكون طول المجرى للجزء الدوار مساوياً لطول المجرى للجزء الثابت لتبقى قدرة المحرك ثابتة كما مصمم عليه.

ويكون قطر الجزء الدوار أقل بقليل من قطر الجزء الثابت وكلما كان الفراغ بين الجزء الثابت والدوار كبيراً ارتفعت الحرارة وقلّت كفاءة المحرك لأن مقاومة الهواء تصبح عالية تجاه خطوط المجال المغناطيسي .

بعض المحركات ذات القدرات العالية تسحب تيار بدءٍ عالٍ والذي قد يؤثر على لحام الملفات المقصورة ويؤدي إلى فك نقطة اللحام مما يجعل قدرة المحرك تقل ويسحب تياراً أعلى وترتفع حرارة الجزء الدوار ولا يستطيع الدوران بأقصى حمل.

٣- الأغطية الجانبية :-

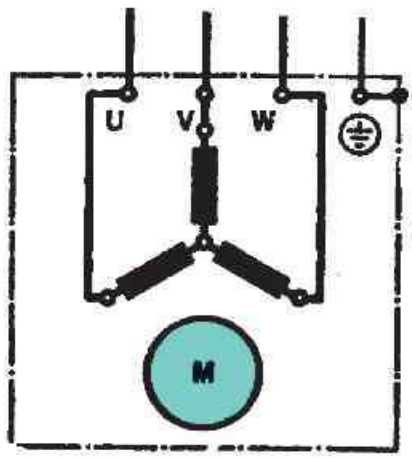
يربط الغطاءان الجانبان مع إطار الجزء الثابت من الجانبين بواسطة (براغي ربط) وهي تحمل محور الجزء الدوار بواسطة بولبرنات.



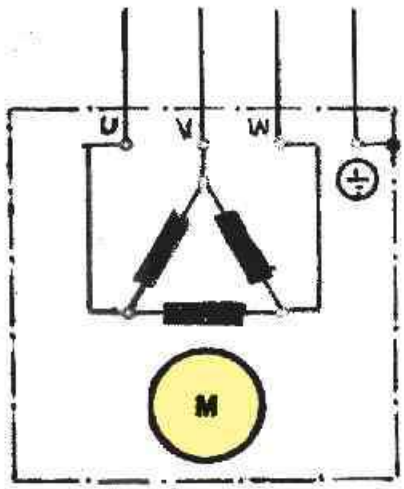
شكل يوضح أجزاء المحرك

لا يحتوي محرك الثلاثة أطوار على مفتاح طرد مركزي وملفات مساعدة ومكثف.

وتربط نهايات الملفات الخارجية (٦أطراف) نجمة (ستار) أو مثلث (دلتا) حسب قدرة المحرك.



توصيلة الستار أو النجمة



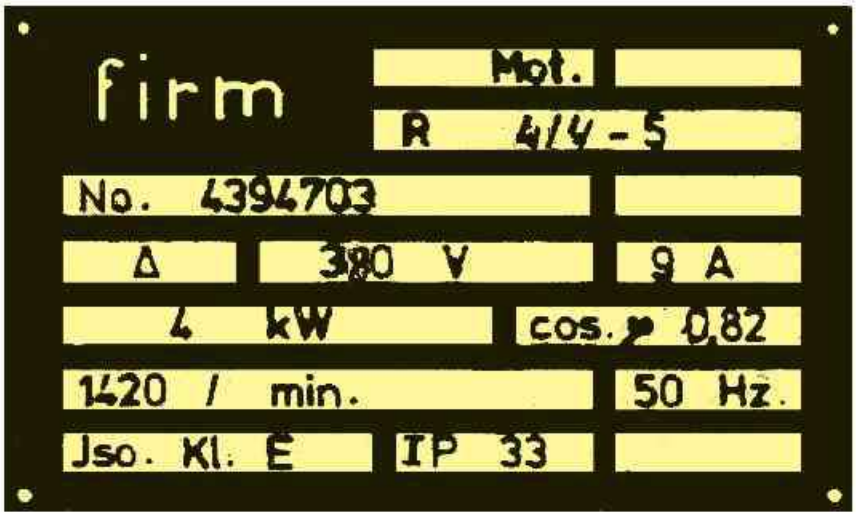
توصيلة الدلتا أو المثلث

يتم ربط النجمة (الستار) بربط نهايات الأطوار الثلاثة بنقطة مشتركة.

ويتم ربط المثلث (الدلتا) بربط نهاية الطور الأول مع بداية الطور الثاني ونهاية الثاني مع بداية الثالث ونهاية الثالث مع بداية الأول.

ولأجل أن يعمل المحرك بصورة صحيحة يجب أن يتفق الضغط المسلط عليه مع الضغط المسجل على لوحة التسمية فعندما يسلط على المحرك ضغط أعلى من المقرر ترتفع درجة حرارته ومن جرّاء ذلك يمكن أن تتلف عوازل الملفات وترتفع قيمة التيار.

وعندما يشتغل المحرك على ضغط أقل من الضغط الاسمي نلاحظ أن سرعته تنخفض ويرتفع التيار المسحوب، وكذلك تزداد درجة الحرارة وتتلف عوازل الملفات، لذا يجب التقيد بالضغط الذي يعمل عليه المحرك والمثبت على لوحة التسمية.



لوحة التسمية للمحرك

أهم البيانات التي تكتب على لوحة التسمية للمحرك

Model – Type – Tipo	موديل
Volt فولت	ستار ⅄
AMP أمبير	دلتا △
Cycle – HZ – P/S – CY – HERTZ	ذبذبة
KW – P	القدرة
HP – CV – PS	القدرة الميكانيكية حصان
RPM – TPM – U/min – UPM – GIRI	السرعة
POLI – POLE	الأقطاب
PH – PHASE	فيز (طور)
CLASS – INS – CL – ISOL – INSUL	درجة العزل
IP	درجة أحكام الغلق (درجة الحماية)
C – MF – UF – CON	سعة المكثف
VC	فولت المكثف
RATING.CON – DUTY CONT – SERVIZIO CONT	خدمة مستمرة
WHIGHT Kg	الوزن
DATE	التاريخ
COS φ - cos ϕ	معامل القدرة
BEARING	رقم المسند (البولبرنك)

CLASS درجة العزل	Y	A	E	B	F	H
TEMP درجة الحرارة	90°	105°	120°	130°	155°	180°

جدول درجات العزل وأقصى حرارة لتحملها

وقد تم ذكر تفاصيل درجات العزل في كتاب الصف الثاني

أي محرك عند بدء تشغيله يحتاج الى طاقة أعلى لبدأ حركته من السكون إلى الدوران ونتيجة ذلك عند بدء دورانه يسحب تياراً أعلى من التيار الذي يسحبه أثناء الدوران .

وكلما ارتفعت قدرة المحرك تضاعفت قيمة تيار البدء ، وتحسب مساحة مقطع السلك الذي سيلف به المحرك على أساس قيمة التيار الذي يدور به المحرك وليس قيمة تيار البدء والتي تصل بعض الأحيان إلى أكثر من سبعة أضعاف.

ولذلك في المحركات ذات القدرات العالية توجد عدة طرق لبدء تشغيلها حتى لا يبدأ بكل قدرته وبالتالي يسحب تياراً أعلى بكثير من الذي يتحمله السلك.

ومن أكثر هذه الطرق هي بدء المحرك ستار ثم دلتا وسيتم توضيح ذلك بالتفصيل لاحقاً.

العوامل المؤثرة على قدرة المحرك :

١- زيادة أو نقصان عدد اللفات يتناسب عكسياً.

٢- زيادة أو نقصان في مساحة المقطع يتناسب طردياً.

٣- إرتفاع وإنخفاض تردد الشبكة يتناسب عكسياً.

٤- زيادة أو نقصان عدد الأقطاب يتناسب عكسياً.

٥- عند تغيير عدد الأطوار التي يعمل عليها المحرك يتناسب طردياً.

ومن المعلوم ان مساحة مقطع السلك يتناسب طردياً مع التيار.
وعدد اللفات يتناسب طردياً مع فرق الجهد.

ملاحظة :-

أي تغيير في قيمة القدرة المصمم عليها المحرك تؤدي الى ارتفاع درجة حرارته.

والعوامل التي ذكرت في النقاط أعلاه تؤخذ بنظر الإعتبار من قبل الشركة المنتجة عند تصميم المحرك.

تمرين عملي (١)

تفكيك محرك ثلاثة أطوار للتعرف على اجزاءه والتعرف على المواد الضرورية المطلوبة لانجاز عملية اللف.

المستلزمات المطلوبة :-

العدد المطلوبة :-

١- بلايس.

٢ سيت سباين.

٣- در نفيس عدل ومربع.

٤- ماكنة لف يدوية.

المواد والأجهزة المطلوبة :-

١- أنواع من المحركات أو ستيترات مفتوحة جاهزة خالية من الملفات.

٢- أنواع مختلفة من الورق العازل .

٣- أنواع وأحجام مختلفة من السليف.

٤- أنواع مختلفة من الخوابير .

٥- أنواع مختلفة من أسلاك اللف.

٦- أنواع مختلفة من خيوط البندجة.

٧- كاوية مع صولدر .

ملاحظات تابعة للتمرين العملي (١) :-

١- يتم فتح محرك للتعرف على الجزء الخاص باللف (ستيتر) .

٢- عرض أنواع مختلفة من الستيترات لتعريف الطالب بأشكال المجاري وعددها.

٣- عمل نماذج (من قبل المدرب) لأنواع من العوازل الورقية وتهيئتها لأغراض اللف.

٤- عرض أنواع مختلفة من أسلاك اللف.

٥- مشاهدة ماكنة اللف الألية واسلوب عملها لتجهيز الملفات المطلوبة للف.

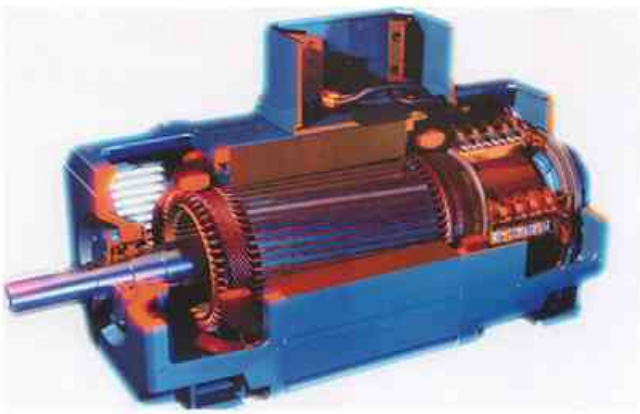
٦- فيما لو لم تتوفر الماكنة الالية يتم عرض اسلوب عمل القالب الخشبي لعمل الملفات.

٧- التعرف على أنواع مختلفة من عوازل الأسلاك (السليف) الاعتيادية والمقاومة للحرارة والرطوبة وغيرها.

٨- مشاهدة أنواع مختلفة من خيوط وأشرطة البندجة.

٩- مشاهدة الورنيش.

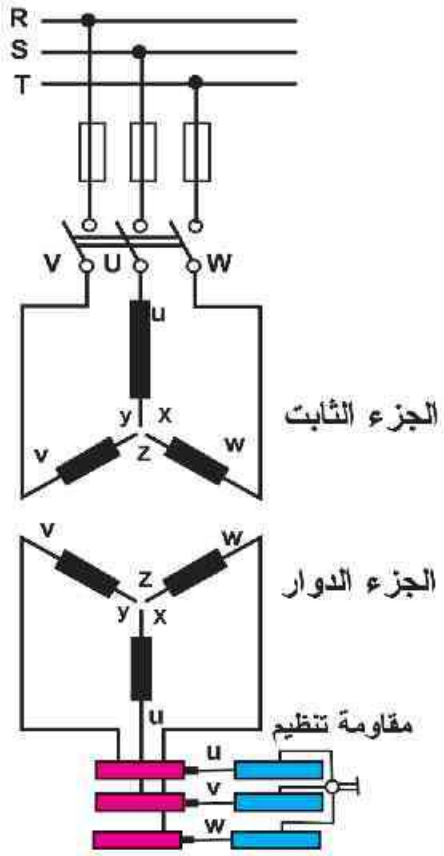
محركات الحلقات الإنزلاقية
Slip-Ring-Motors



وهي محركات ذات قدرات عالية ، يحتوي الجزء الدوار فيها على مجاري توضع فيها ثلاثة ملفات – كما ذكرنا سابقاً – وهذه الملفات متصلة فيما بينها على شكل ستار أي ان نهاياتها تتصل بنقطة مشتركة والبدايات لكل طور توصل إلى حلقة إنزلاقية تنزلق عليها فرشة كاربونية ومنها الى ثلاث مقاومات خارجية توصل بالتوالي والتي تسمى بمقاومات بدء الحركة.

حلقات إنزلاقية

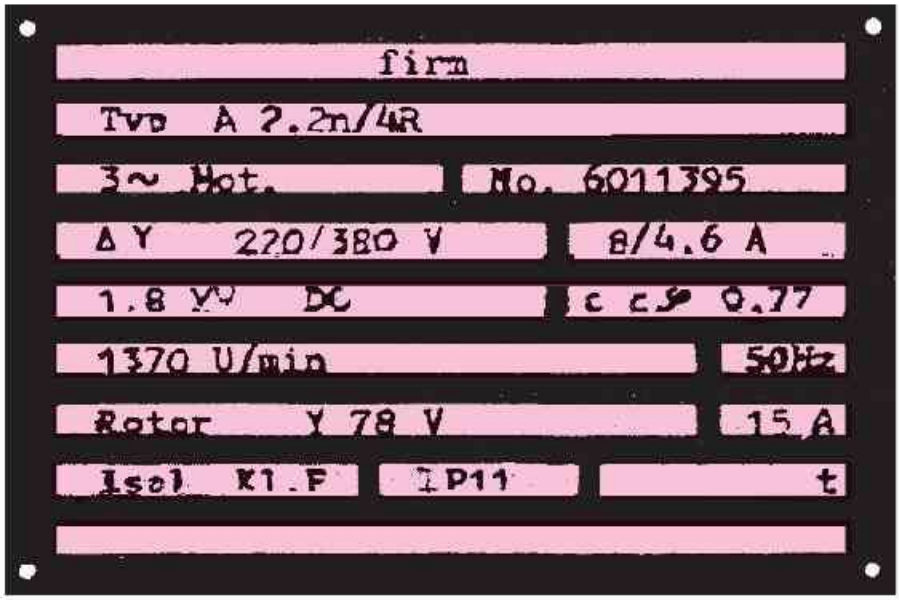
المخطط الآتي يوضح كيفية توصيل ملفات الجزء الثابت والجزء الدوار



وفائدة مقاومات بدء الحركة هي لتقليل تيار البدء العالي في لحظة تشغيل المحرك ويجب أن تكون قيمة المقاومة عالية لكي يمر تيار قليل الى المحرك ومن ثم تغير قيمتها يدوياً أو آلياً تبعاً لتغير سرعة المحرك.

مقاومات بدء الحركة

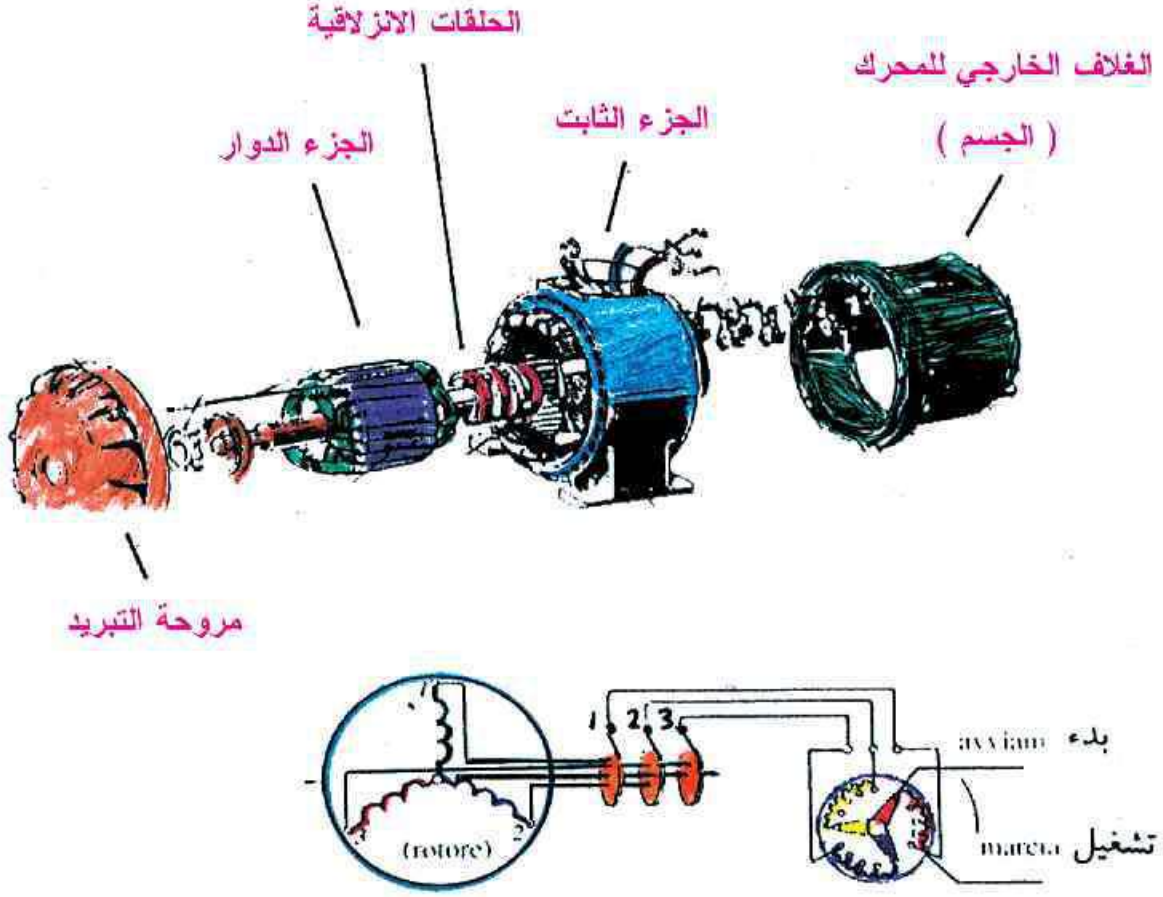
في حالة توقف المحرك (عدم دورانه) يعمل الجزء الثابت والدوار معاً كمحول والضغط المتولد في هذه الحالة يسمى بضغط التوقف للروتور وتعطى قيمته في لوحة التسمية كما مبين في اللوحة الآتية بقيمة (Rotor Y 78V)



واذا اشتغل المحرك بدون المقاومات الخارجية (مقاومات البدء) عندها ستقصر ملفات الجزء الدوار وبهذا يعمل المحرك كالمحرك ذو القفص السنجابي حيث يثير الضغط المتولد في الروتور تياراً كهربائياً وبدوره يولد مجالاً مغناطيسياً وينتج عنه مع المجال المغناطيسي للجزء الثابت عزم دوران ولهذا سميت هذه (بالمحركات الحثية ذات الحلقات الانزلاقية) .

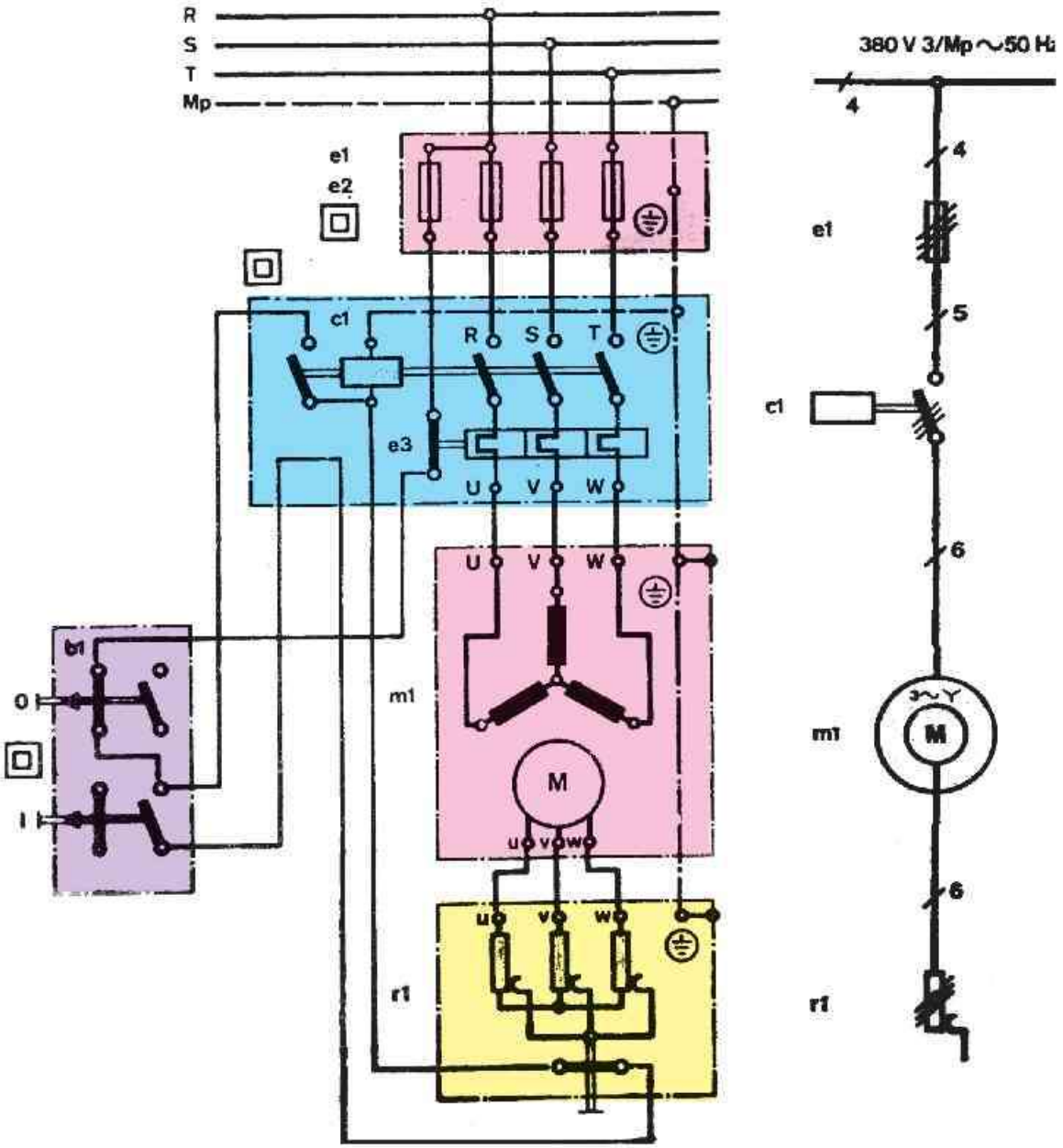
في هذه الحالة سيسحب المحرك تياراً عالياً ويدور ببطء شديد .
ويتلف لهذا يجب ربط المقاومات قبل التشغيل سميت هذه المحركات :
(المحركات الحثية ذات الحلقات الانزلاقية).

يستعمل هذا النوع من المحركات عند الحاجة الى قدرات عالية مثل مضخات المياه الكبيرة والرافعات والخباطات وغيرها .



أجزاء المحرك ذو الحلقات الإنزلاقية

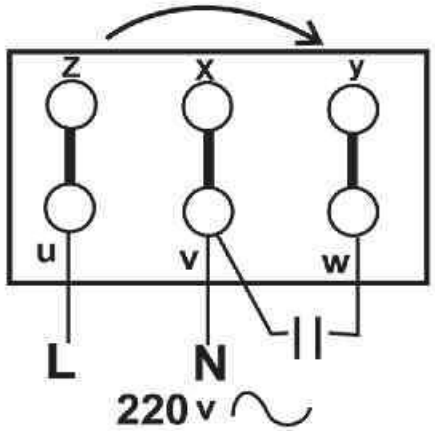
الشكل الآتي يوضح محرك ثلاثة أطوار ذو حلقات إنزلاقية موصل الى مصدر ثلاثي الاطوار عبر قاطع دورة .



كيفية تشغيل محرك ثلاثة أطوار
على طور واحد

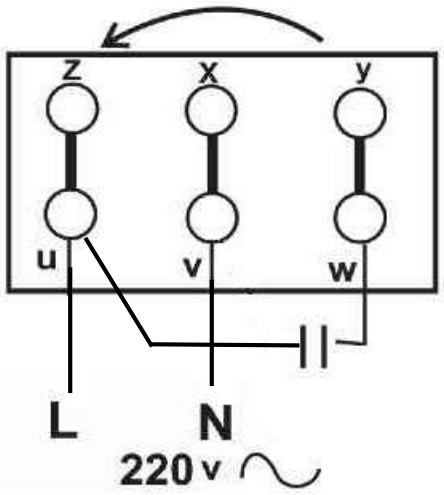
من الممكن تشغيل محركات الثلاثة اطوار والتي لا تتعدى قدرتها (٣) كيلوواط أو اكثر قليلاً وتحويلها إلى محركات طور واحد وذلك بربط مكثف .

وتتم العملية بتوصيل طرفي المصدر للطور الواحد مع أي طرفين من الأطراف الثلاثة ، والطرف الثالث يوصل مع طرف من أطراف المكثف والطرف الثاني للمكثف يوصل مع أي طرف من طرفي مصدر التيار ، والشكل الآتي يوضح الربط :-



ولعكس اتجاه الدوران للمحرك

يوصل الطرف الثاني للمكثف بالطرف الثاني من أطراف مصدر الطور الواحد ، كما في الشكل الآتي :-



تمرين عملي (٢)

المطلوب تنفيذ عملية إزالة الملفات التالفة من الجزء الثابت لمحرك ثلاثة أطوار ، وقياس أنواع وأحجام مختلفة من أسلاك اللف مع وبدون العازل (الورنيش) .

المستلزمات المطلوبة :-

العُدد المطلوبة :-

١- سيت درنفيس .

٢- سيت سباين .

٣- بلايس .

٤- كتر .

٥- لاوية .

٦- منشار حديد .

٧- مطرقة صغيرة .

٨- فرن تسخين ان وجد .

المواد والاجهزة المطلوبة :-

١- محرك ثلاثة أطوار سب المتوفر .

٢- مايكروميتر وقالب (S.W.G).

٣- لهيب نار صغير مناسب لإزالة عازل أسلاك اللف.

٤- أنواع وأحجام مختلفة من أسلاك اللف.

ملاحظـــــة :-

يتم تحديد الرقم القياسي للسلك (S.W.G) على مرحلتين :-

١- قياس قطر السلك بواسطة المايكروميتر للحصول على القطر والاستعانة بالجدول الآتي الخاص بتحويل القيم الى الرقم القياسي (S.W.G).

٢- تحديد الرقم القياسي للسلك (S.W.G) مباشرة بواسطة القالب الخاص.

جدول تحويل أقطار أسلاك اللف الى
الأرقام القياسية standerd - wire -Gage (S.W.G)

الرقم القياسي للف S.W.G	قطر السلك بالملم
46	0.060 mm
44	0.080 mm
42	0.1 mm
40	0.125 mm
38	0.150 mm
36	0.2 mm
34	0.236 mm
32	0.280 mm
30	0.315 mm
28	0.375 mm
26	0.450 mm
24	0.568 mm
22	0.710 mm
20	0.900 mm
18	1.250 mm
16	1.6 mm
14	2 mm

لف محركات الثلاثة أطوار

تتم عملية إعادة لف المحرك الثلاثي الأطوار بالخطوات الآتية :

١- **أخذ المعلومات :-** تدوين المعلومات الآتية :-

أ- المعلومات المسجلة على لوحة التسمية.

ب- عدد المجاري.

جـ- عدد الملفات.

د- نوع التوصيل.

هـ- عدد اللفات في كل ملف.

و- قياس قطر أسلاك الملفات القديمة او الرقم القياسي (S.W.G).

ز- خطوة اللف.

ح- نوع العازل.

٢- إزالة الملفات :-

يجب رفع الخوابير التي تقفل المجاري ثم اخراج الملفات كل على حدة.

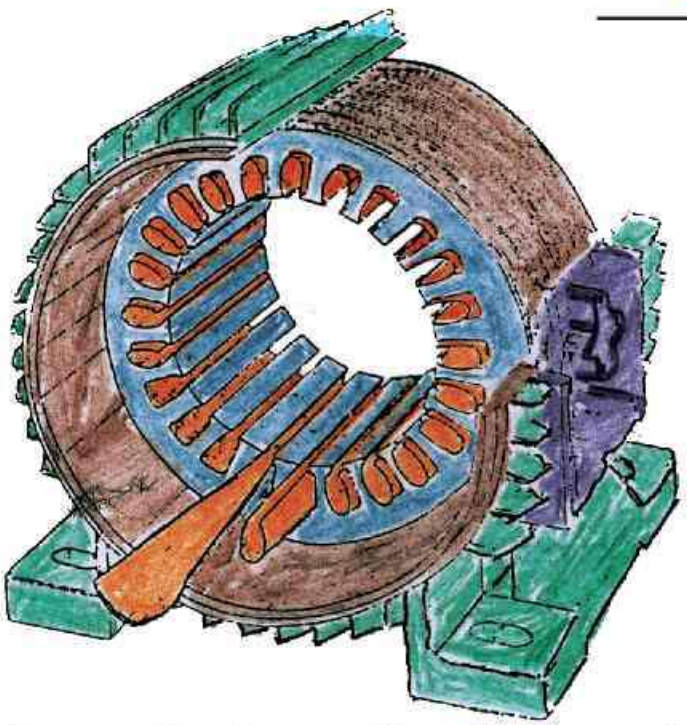
وقد تكون الملفات صلبة نتيجة تحميصها فأنه يصبح من اللازم قطعها من جهة ثم سحبها من الجهة الثانية.

ومن الممكن تسخينها في الفرن لفترة الى أن تلين المادة العازلة مما يُسهّل عملية إزالتها.

ولا يجوز حرقها لأن ذلك يؤدي الى تلف العوازل بين صفائح القلب الحديدي.

ويجب الإحتفاظ بأحَد الملفات لكي نحصل منه على مقاسات الملفات الجديدة ، من حيث العدد والنوع وخطوة اللف ومن المهم جداً قياس الحيز الجانبي الظاهر للملفات (جبهة الملفات) ومن الجانبين قبل رفعها من المجاري - هذه المسافة يجب تسجيلها وملاحظة ان الملفات الجديدة لا تمتد خارج مسافة أكبر منها لكي لا تلامس الأغطية الجانبية وتؤدي إلى تلامس الملفات مع جسم المحرك وتسرب تياراً كهربائياً اليه.

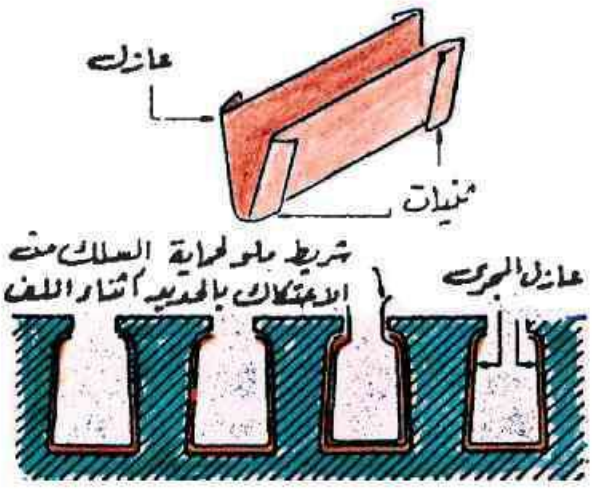
٣- عزل المجاري :-



عند استبدال العازل في مجاري الجزء الثابت يستعمل عازل مناسب لأن عزل السلك بطبقة الورنيش لا تكفي لعزل الملفات عن جسم المحرك ويتحدد نوع الورق العـــازل وسمكه تبعاً لقدرة

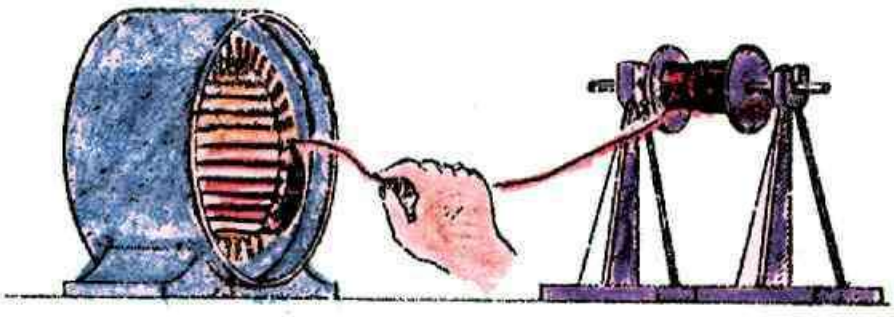
المحرك والضغط الكهربائي الذي سيعمل عليه ، فكلما زادت قيمة العزل بين الملفات وبعضها وبينها وبين الجسم كلما زادت كفاءة المحرك وطال عمر تشغيله.

عند وضع العازل داخل المجرى يراعى أن يكون أطول منها بـــ (١سم) من الجهتين ويطوى من الجانبين بمقدار (٠,٥) سم لكي لا ينزلق العازل وتمس حافة المجرى اسلاك اللف اما بالنسبة للحافتين الطويلتين للمجرى فتكون بزيادة العرض للعازل . الغرض منه عدم خدش الملف أثناء إدخاله في المجرى .



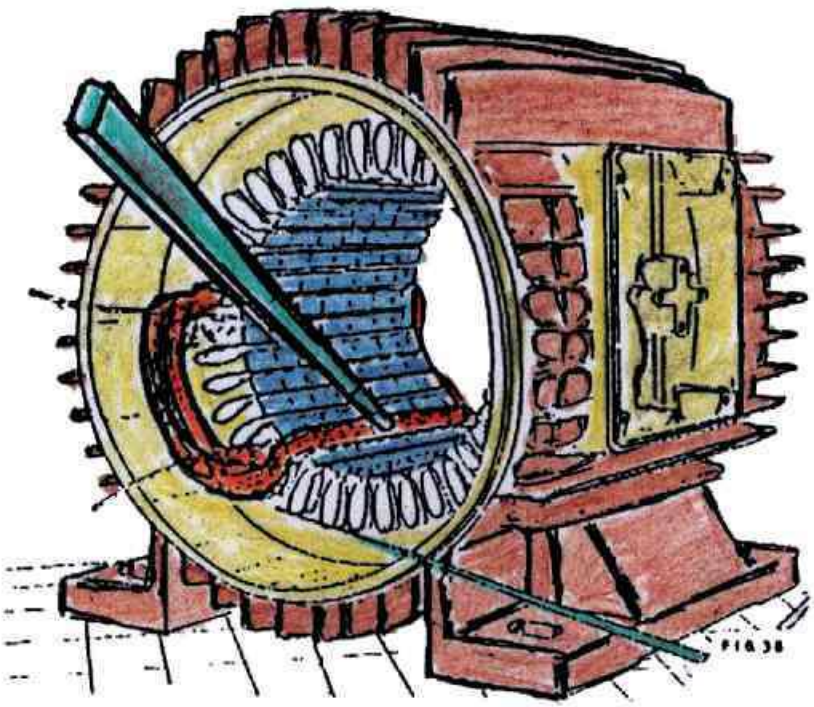
٤- لف الملفات :-

ويكون اللف يدوي أو بواسطة ماكنة خاصة.



والسلك المستخدم عادة في اللف هو سلك نحاسي معزول بطبقة من الورنيش وقيمة السلك الجيد تكون في درجة نقاوة النحاس فكلما زادت نقاوته زادت مرونته وقابلية توصيله للتيار فيتحمل تياراً اعلى يزيد من سهولة اللف ودرجة الحرارة التي تتحملها طبقة الورنيش فتوجد أسلاك تتحمل حتى (١٨٠ف ويرمز لها بـــ (class - H)

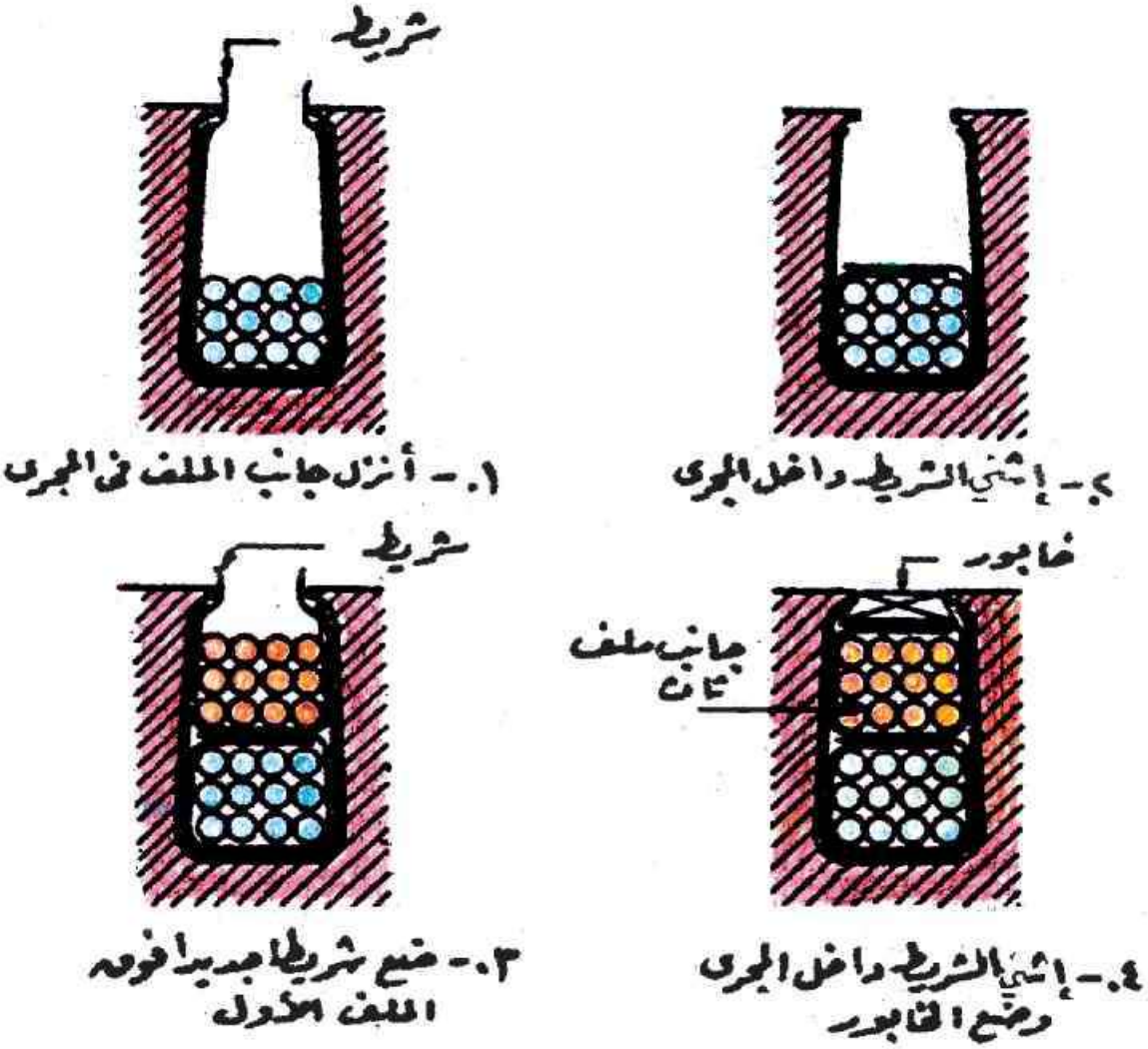
٥- وضع الملفات في المجاري :-



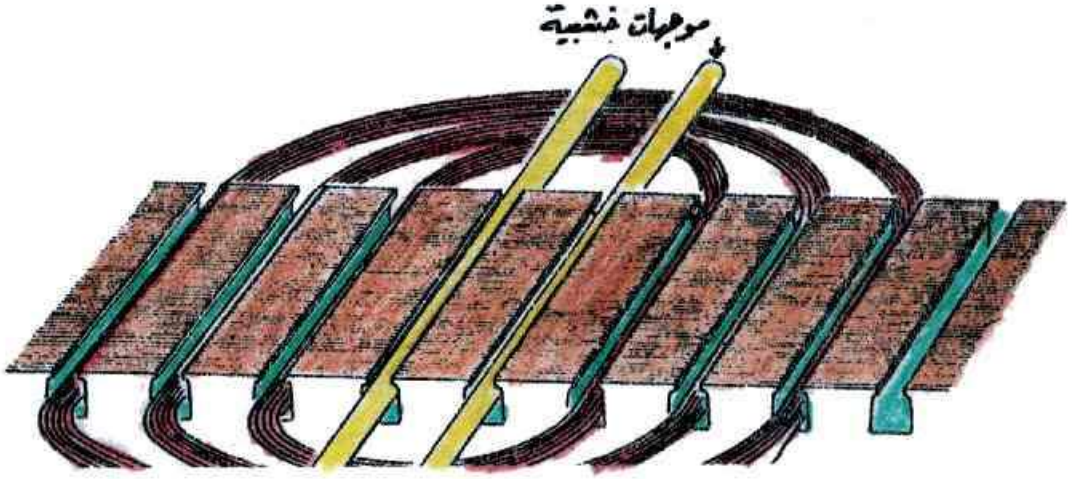
تُنزَّل الملفات في المجاري بعد التأكد من انها قد وُضعت بداخل العازل. تُطوى زيادة الحافتين الطوليّة للمجرى وتُغطى بخابور خشبي أو ورقي سميك لتفادي خروج الملفات من المجرى نتيجة الإهتزازات ويتناسب سمك وعرض وطول الخابور ونوعه مع وضع الملفات في المجرى لتكون في النهاية ثابتة.

تُعدَّل جبهتي الملفات ويوضع عازل من الورق بين مجموعات الملفات للأطوار ضمن الجبهتين لمنع حدوث قصر بينهما.

الشكل الآتي يوضح خطوات تنزيل ملفين في مجرى واحد :-



المخطط أعلاه يوضح طريقة لف مجموعة واحدة تحتوي على ثلاثة ملفات.



كيفية تنزيل الملفات في مجاري الجزء الثابت

ثم تُلف الجبهة الخلفية (بندجة) بالشريط العازل .

ثم نأتي الى التوصيلات كما يأتي :-

أ- تحديد عدد المجموعات لكل طور ، حيث :-

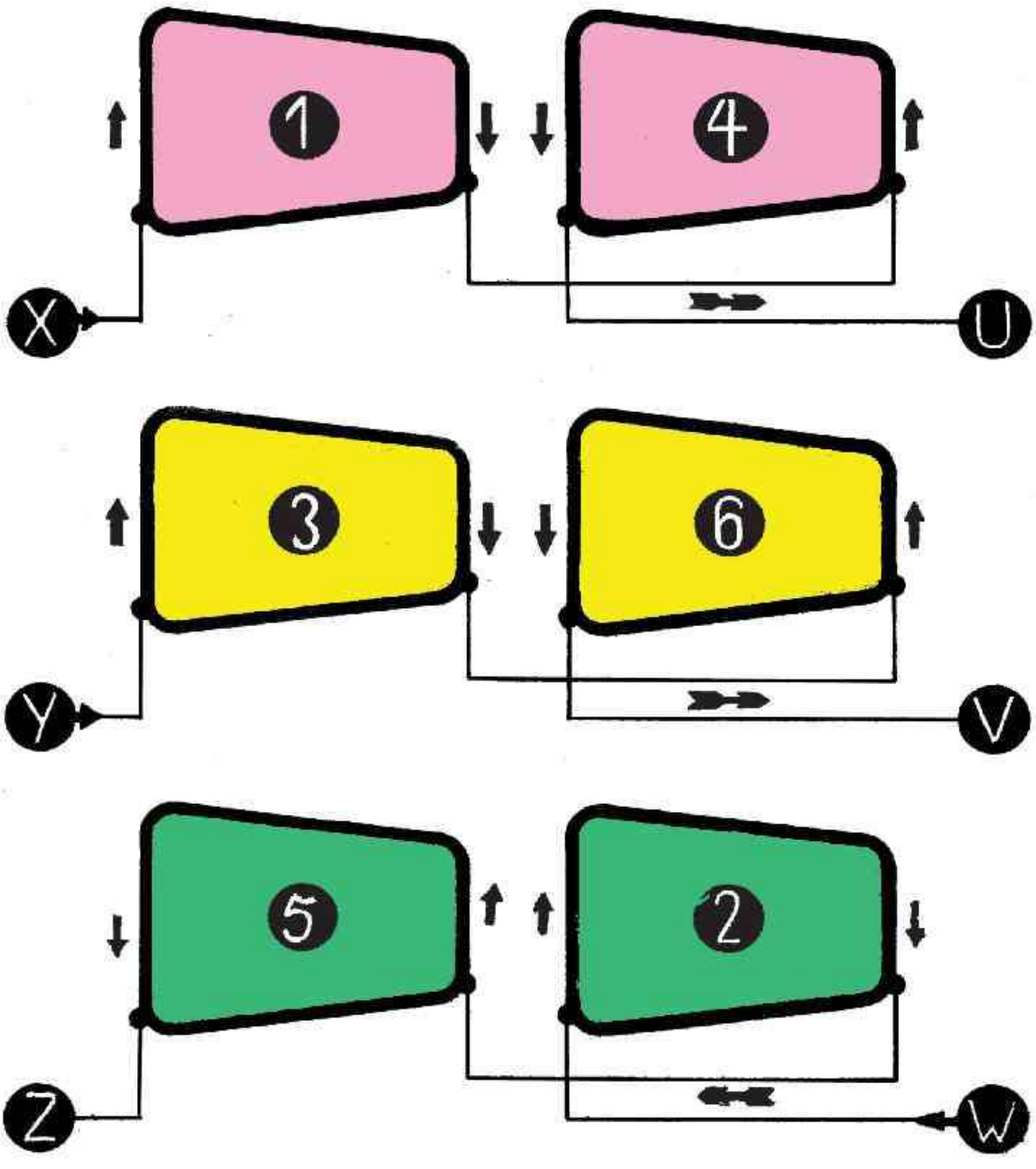
$$\text{عدد المجموعات لكل طور} = \frac{\text{عدد المجموعات الكلية}}{\text{عدد الاطوار}} = \frac{mc}{m}$$

وبهذا نكون قد وضعنا هذه المجموعات في ترتيب خاص يكون وضع الملفات الكلية بزاوية (١٢٠°) كهربائية بين الأطوار الثلاثة.

ب- إجراء التوصيلات الداخلية لمجموعات الأطوار على أساس دخول التيار في المجموعة الاولى باتجاه معاكس لدخوله في المجموعة الثانية .

المخطط الآتي يوضح توصيل المجموعات :-

طريقة توصيل مجموعات الأطوار الثلاثة
بصورة مبسطة يوضح فيها إتجاه التيار



جـ- توصيل أسلاك مرنة وبندجة الجبهة الأمامية (المحتوية على أطراف أسلاك اللف).

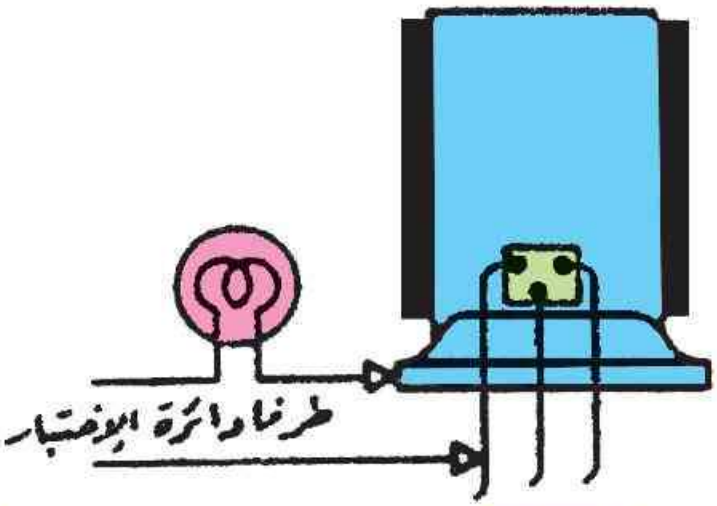
٦- إجراء الإختبارات الأولية :-

يجب إجراء بعض التجارب على المحرك الثلاثي الاطوار بعد لفه أو إصلاحه وذلك للتحري عن وجود أخطاء أو عيوب مثل التماس الأرضي ، الفتحات في التوصيلات (رداءة ربط اطراف الملفات مع بعضها) ، القصر (الشورت) .

أ- بالنسبة الى إختبار التماس الأرضي :-

تستعمل دائرة مصباح الإختبار كما في الشكل الآتي : -

وذلك بتوصيل أحد طرفي الاختبار الى إطار المحرك وطرف الإختبار الآخر مع أحد أطراف المحرك .

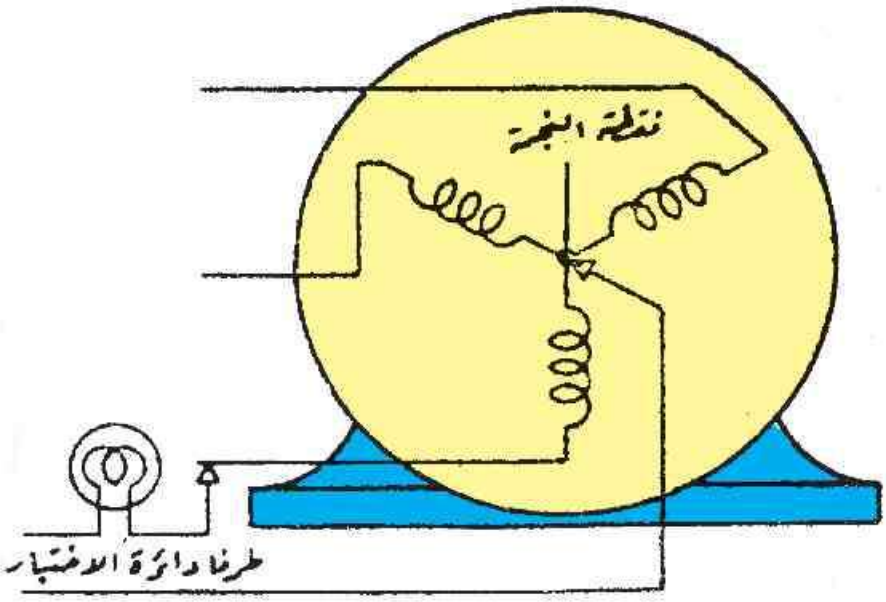


فاذا اضاء المصباح يكون أحد الملفات متماساً مع الأرض وللقيام بالإختبار على أكمل وجه تُجرى هذه العملية مع كل طرف من أطراف المحرك.

ويمكن إجراء هذه العملية بواسطة جهاز قياس العوازل .

ب- الدوائر المفتوحة (رداءة الربط) :-

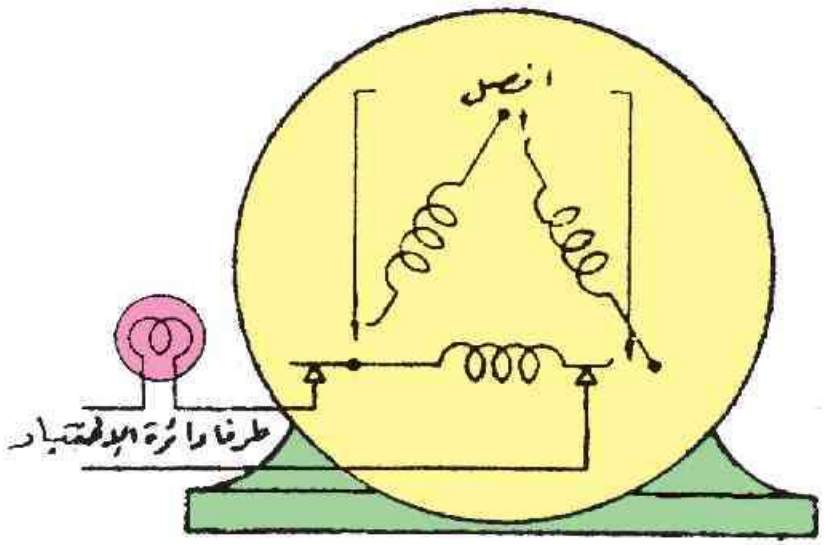
يكون السبب في رداءة ربط أطراف الملفات مع بعضها هو عدم اكتمال الدائرة الكهربائية للملفات (كأنما هناك قطع في الملف) ولتحديد المكان المعني نتبع الطريقة الآتية :-



يستعمل مصباح الإختبار لتعيين الطور المفتوح فإذا كان المحرك موصّل نجمة (ستار)، نضع أحد طرفي الإختبار عند نقطة النجمة ونضع طرف الإختبار الآخر بالتتابع عند كل طرف من الأطوار الثلاثة الباقية للأطوار ، كما في الشكل أعلاه .

ويجب أن يضيء المصباح للدلالة على سلامة الطور مما يدل على عدم وجود قطع أو نقطة ربط رديئة.

وإذا كان المحرك موصّل دلتا (مثلث) فتكون العملية هي فصل الأطوار ونختبر كل طور على حدة كما مبين في الشكل أدناه: -



وسوف لا يضيء المصباح عند إختبار الطور المفتوح يعني يوجد فيه قطع.

وكذلك يمكن معرفة وجود قصر بين ملفات الأطوار الثلاثة أو بين الملفات والجسم بواسطة جهاز قياس العوازل بدل المصباح (الميكر).

جـ- القصر (الشورت) :-

يمكن معرفة إذا كان المحرك مقصوراً وذلك بتوصيل المحرك إلى جهاز قياس التيار أي يوصل كل طور الى الجهاز ويجب أن يكون التيار متساوياً في الأطوار الثلاثة فإذا كانت القراءة في أحد الأطوار أعلى منها في الطورين الآخرين دلّ ذلك على أن الطور مقصور.

ويمكن معرفة ذلك بإستعمال جهاز قياس المقاومات الصغيرة ويجب أن يكون دقيق القراءة لصغر قيمة مقاومة الملفات عادة.

٧- الورنشة والتجفيف :-

يوضع الورنيش السائل فوق الملفات بعد الإنتهاء من عملية اللف بالكامل والغرض الأساس منه أن يجعل الملفات جميعها كتلة واحدة متماسكة فلا يمكن لأي سلك أن يجد مكاناً للحركة ، كما انه يزيد من قيمة العزل.

ويوضع الورنيش بحيث تتشبع الملفات من الجهتين وخاصة داخل المجاري ويجب أن يُترك المحرك مفتوحاً لكي يجف الورنيش (١٢ساعة على الأقل) ويعتمد على نوع الورنيش ، حيث هناك أنواع من الورنيش يجب تسخينه بفرن خاص بعد الورنشة ، ومنها لا يحتاج الى تسخين حيث يجف من تلقاء نفسه

٨- تنظيف المجاري :-

تنظف المجاري وجسم المحرك الداخلي من بقايا الورنيش المترسبة لكي لا تعيق حركة الجزء الدوار.

٩- تجميع اجزاء المحرك .

١٠- إجراء الإختبارات النهائية وتشغيل المحرك لفترة زمنية قصيرة وملاحظة قيمة التيار المسحوب فان أي خطأٍ في التوصيل أو خطأٍ في تحديد البدايات يؤدي الى أن يسحب تياراً أعلى من الطبيعي ولن يصل الى سرعته الطبيعية وبالنتيجة سيتلف.

طرق لف محركات الثلاثة أطوار (ذات القفص السنجابي)
squirrel – cage – motor

١- اللف بطبقة واحدة في المجرى وبملفات ذات قوالب متساوية ومختلفة وهي طريقة المجموعات المستقلة ويتم تنفيذ هذه الطريقة حسب خطوة معينة.

٢- اللف بطبقة واحدة وبقوالب لف متساوية التدرج وتسمى هذه الطريقة بالمجموعات المتداخلة.

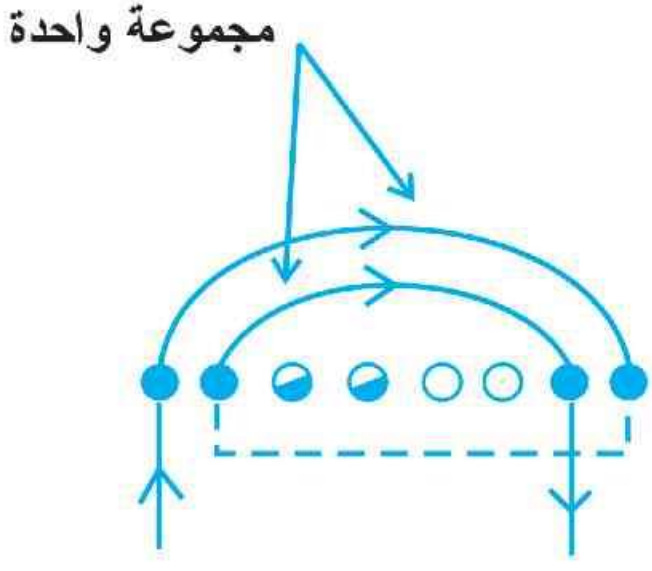
٣- طريقة اللف بطبقتين وهي متساوية التدرج ومختلفة وتسمى بطريقة السلّة.

طريقـــة اللف :-

في محركات الثلاثة أطوار يوجد عدد معين من المجموعات من الملفات.

والمجموعة الواحدة هي عبارة عن عدد من الملفات المتجاورة المتصلة فيما بينها بالتوالي.

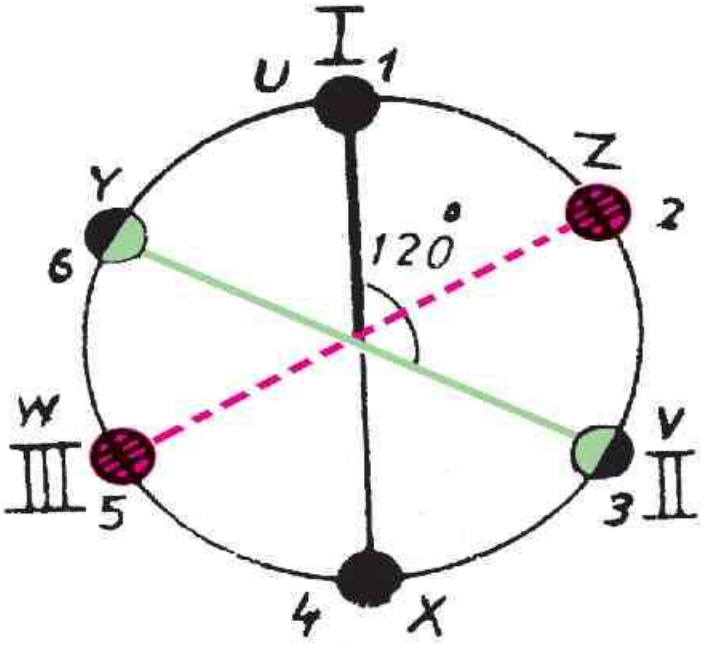
وعادة تلف المجموعة بما تحتويه من أي عدد ملفات بالسلك نفسه بدون لحام ويراعى اتجاه التيار بحيث يكون بالاتجاه نفسه.



شكل يوضح مجموعة واحدة من الملفات متكونة من ملفين

ولا يمكن تسمية المجموعة قطب في محركات الثلاثة أطوار لأن المجموعة هي جزء من قطب وجزء من طور ويجب أن نحصل على (٦) مجاميع كأقل عدد لمحرك ثلاثي الأطوار أي أن كلّ طور يحتوي على مجموعتين من الملفات.

كما موضح في الرسم الآتي:-



تكون الزاوية بين كلّ من (١ ، ٣ ، ٥) تساوي (١٢٠°) ، وهي تمثل بدايات المجموعات وهي بدايات الأطوار الثلاثة (u , v , w) .

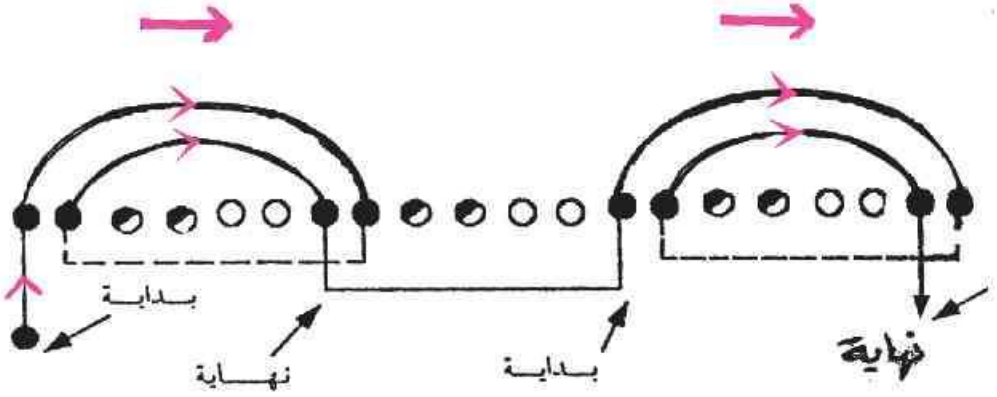
والزاوية بين كلّ من(٢ ، ٤ ، ٦) تساوي أيضاً (١٢٠°) وهي تمثل نهايات المجموعات وهي نهايات الأطوار الثلاثة (X , Y , Z) .

تتصل جميع المجموعات للطور الواحد معاً ،

ويكون التوصيل بينهم :-

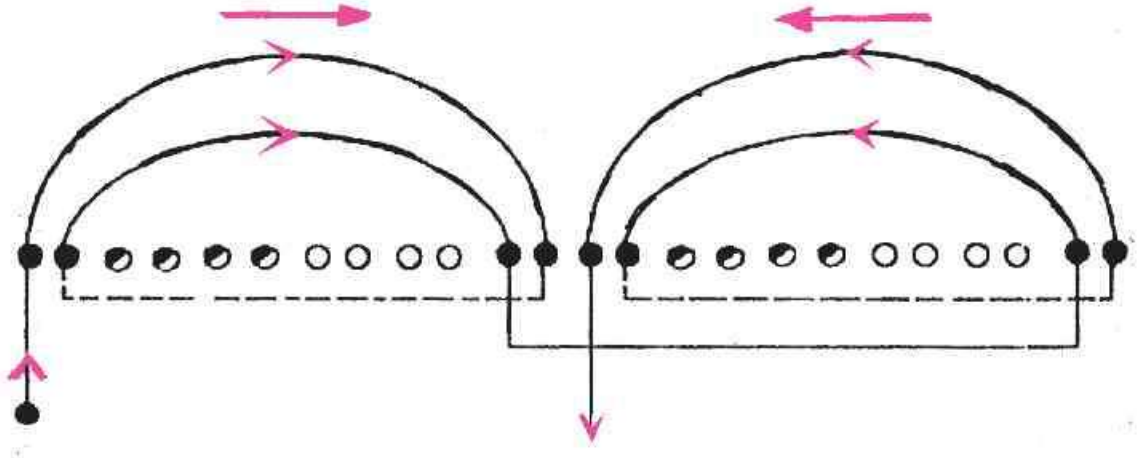
١- نهاية مع بداية إذا كانت مجموعات الطور الواحد غير متجاورة والتيار يسير بإتجاه واحد وعدد الأقطاب يساوي ضعف عدد المجموعات .

كما في الشكل الآتي :-



عدد الأقطاب يساوي ضعف عدد المجموعات أي (٤) أقطاب .

٢- يكون التوصيل نهاية مع نهاية إذا كانت مجموعات الطور الواحد متجاورة ، والتيار يسير بإتجاه معاكس ، وعدد الأقطاب يساوي عدد المجموعات.



عدد الأقطاب يساوي عدد المجموعات أي (٢) قطب

- وكمل قلنا سابقاً :-

أي خطأٍ في التوصيل أو خطأٍ في تحديد البدايات يؤدي إلى ان يسحب المحرك تياراً أعلى من الطبيعي ولن يصل الى سرعته الطبيعية وبالنتيجة سيتلف .

قانون البدايات :-

* بداية الطور الأول **u** يبدأ من أي طرف
* بداية الطور الثاني **v** يبدأ من المجموعة الثالثة
* بداية الطور الثالث **w** يبدأ من المجموعة الخامسة

ملاحظـــة :-

في حالة المجموعات غير المتجاورة من الممكن أن يبدأ الطور الثاني (**v**) من المجموعة الثانية.

ويبدأ الطور الثالث (**w**) من المجموعة الثالثة.

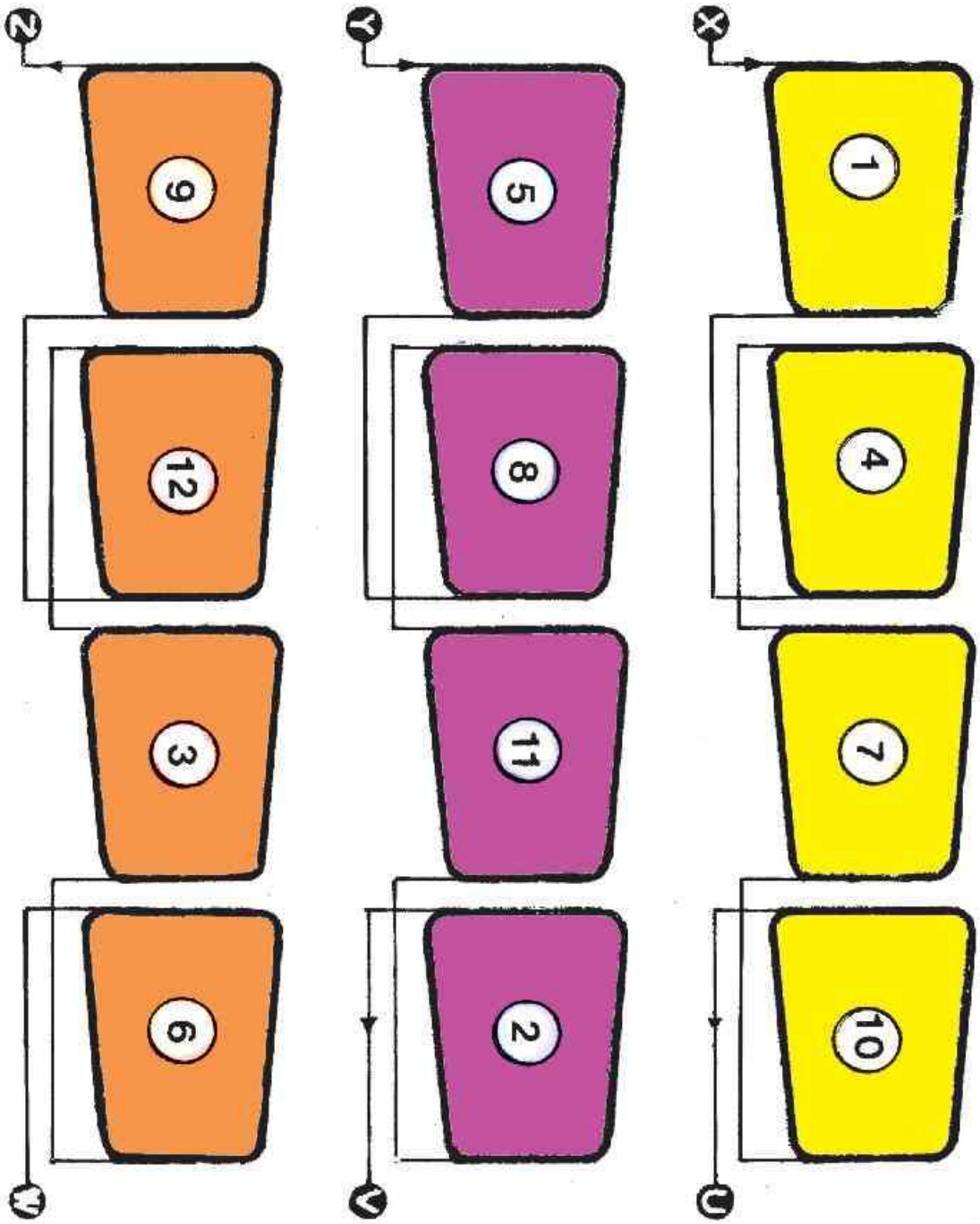
ولا يوجد فرق في تبديل طور وطور آخر ولذلك نجد في بعض الدوائر بداية الطور الثاني (**w**) بدلاً من (**v**) ولن يحدث خطأ في هذا . وكذلك إذا حدث تبديل بين النهايات.

ويبقى القانون العام (قانون البدايات) يمكن تطبيقه في كل حالة إذا كانت المجموعات متجاورة أو غير متجاورة.

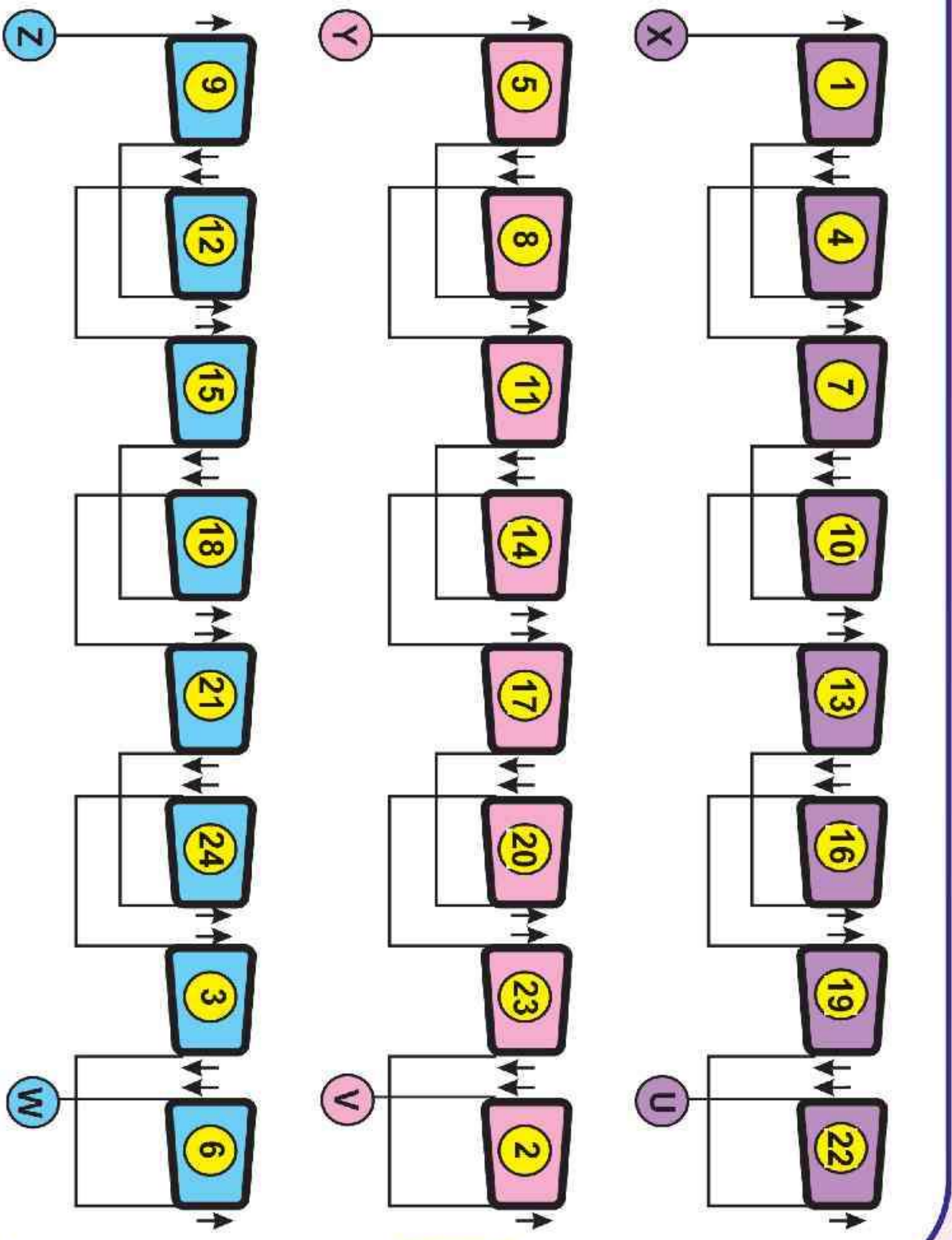
أمثلة تبين كيفية ربط مجموعات الأطوار

(٤) أقطاب ، ٤مجموعات لكل طور على التوالي .

الملفات متساوية أو مختلفة ، لجميع خطوات اللف ولمختلف عدد المجاري .



(٨) أقطاب ، ٨ مجموعات لكل طور على التوالي الملفات متساوية أو مختلفة ، لجميع خطوات اللف ولمختلف عدد المجاري.



اما بالنسبة الى خطوة اللف النهائية :-

فقد تكون خطوة كاملة (Full – pitch) وتحسب من ناتج خطوة اللف الاولية +١

وتطبق هذه الحالة عندما تكون قوالب اللف متساوية .

وقد تكون خطوة اللف مقصرة (short - pitch) في هذه الحالة تحسب – عندما يضرب ناتج خطوة اللف الاولية (× ٨, .) وبعد عملية الضرب تصحح الكسور العشرية بأن يحذف إذا كان أقل من (٥, ٠) و تصحح إلى الواحد الصحيح إذا كانت أكثر من (٥, ٠) ويضاف للناتج بعد التصحيح أو التعديل (١) .

مثال :- لو فرضنا ان الخطوة الأولية للف = ٩

∴ ٩ × ٨ = ٢ ر٧ (يهمل ٢ ر٠) ويصبح الرقم هو (٧)

∴ الناتج = ٧ + ١ = ٨

∴ خطوة اللف النهائية = ١ – ٨

مثال آخر :- لو كانت الخطوة الأولية للف = ٦

∴ ٦ × ٨ ر٠ = ٨ ر ٤ تصبح بعد التعديل = ٥

∴ الناتج = ٥ + ١ = ٦

∴ خطوة اللف النهائية = ١ – ٦

وتطبق هذه الحالة (short – pitch) عندما تكون قوالب اللف مختلفة التدرج.

قوانين طريقة المجموعات المستقلة

١- عدد المجموعات الكلية = عدد الأقطاب × عدد الأطوار / ٢

1- $$mc = \frac{m \times 2p}{2}$$

٢- عدد ملفات المجموعة الواحدة = عدد المجاري الكلية / عدد الأقطاب × عدد الأطوار

2- $$q = \frac{N}{m \times 2p}$$

٣- الخطوة الأولية للف = عدد المجاري الكلية / عدد الأقطاب

3- $$Y = \frac{N}{2p}$$

حيث أن

mc = تمثل عدد المجموعات الكلية للمحرك

m = تمثل عدد الأطوار

2p = تمثل عدد الأقطاب

q = تمثل عدد ملفات المجموعة الواحدة

N = تمثل عدد المجاري الكلية

Y = تمثل الخطوة الأولية للف

اما الخطوة النهائية للف أما تكون :

١- خطوة كاملة.

٢ - خطوة مقصرة .

وقد تم شرح الطريقتين سابقاً .

ملاحظة :-

إذا كانت السرعة معلومة (السرعة الفعلية) للمحرك بدل عدد الأقطاب فنطبق قانون السرعة لإيجاد عدد الأقطاب

$$N = \frac{60 - F}{P}$$

وتكون دائماً السرعة الفعلية (المثبتة على لوحة التسمية) (n) أقل من السرعة التوافقية (Ns) بسبب الإنزلاق فيمكن تقريب السرعة الى السرعة التوافقية.

فمثلاً : إذا كان مكتوب على لوحة التسمية للمحرك سرعة (٢٩٠٠دورة / دقيقة أو ٢٨٥٠ دورة / دقيقة) فيمكن إعتبار السرعة التوافقية (٣٠٠٠) دورة / دقيقة .

وهذا الجدول يوضح عدد الأقطاب والسرعة والتردد.

جدول السرعة

عدد الأقطاب	HZ	سرعة المجال (Ns)	سرعة الروتور (n)
٢	٥٠	٣٠٠٠	٢٩٠٠
٤	٥٠	١٥٠٠	١٤٢٠
٦	٥٠	١٠٠٠	٩١٠
٨	٥٠	٧٥٠	٦٨٠
١٠	٥٠	٦٠٠	٥٢٠

مثال محلول (نظري حسابي)

محرك ثلاثة أطوار يحتوي الجزء الثابت فيه على (٢٤) مجرى ويدور بسرعة (١٤٥٠) دورة / دقيقة ، يراد لفه بطريقة المجموعات المستقلة (طبقة واحدة) وبقوالب لف مختلفة التدرج ، علماً بأن تردد المصدر (٥٠) هرتز.

المطلوب : إجراء العمليات الحسابية الضرورية لذلك.

الحـــل :-

بما ان السرعة الفعلية (١٤٥٠ دورة / دقيقة) إذاً تكون السرعة التوافقية (Ns= ١٥٠٠ دورة / دقيقة) ولإيجاد عدد الأقطاب نطبق قانون السرعة – كما ذكرنا سابقاً –

$$\therefore Ns = \frac{60 \cdot F}{P}$$

$$1500 = \frac{60 \times 50}{P}$$

$$P = \frac{60 \times 50}{1500} = \frac{3000}{1500} = 2 \quad \text{زوج}$$

∴ عدد الأقطاب = ٤

$$\therefore 1 - Mc = \frac{m \cdot 2P}{2} = \frac{3 \times 4}{2} = 6 \quad \text{عدد المجموعات الكلية}$$

$$2 - q = \frac{N}{m \cdot 2P} = \frac{24}{3 \times 4} = 2 \quad \text{ملف (عدد الملفات لكل مجموعة)}$$

$$3 - y = \frac{N}{2P} = \frac{24}{4} = 6 \quad \text{الخطوة الاولية للف}$$

خطوة مقصرة للف $= 6 \times 0.8 = 4.8 \simeq 5$

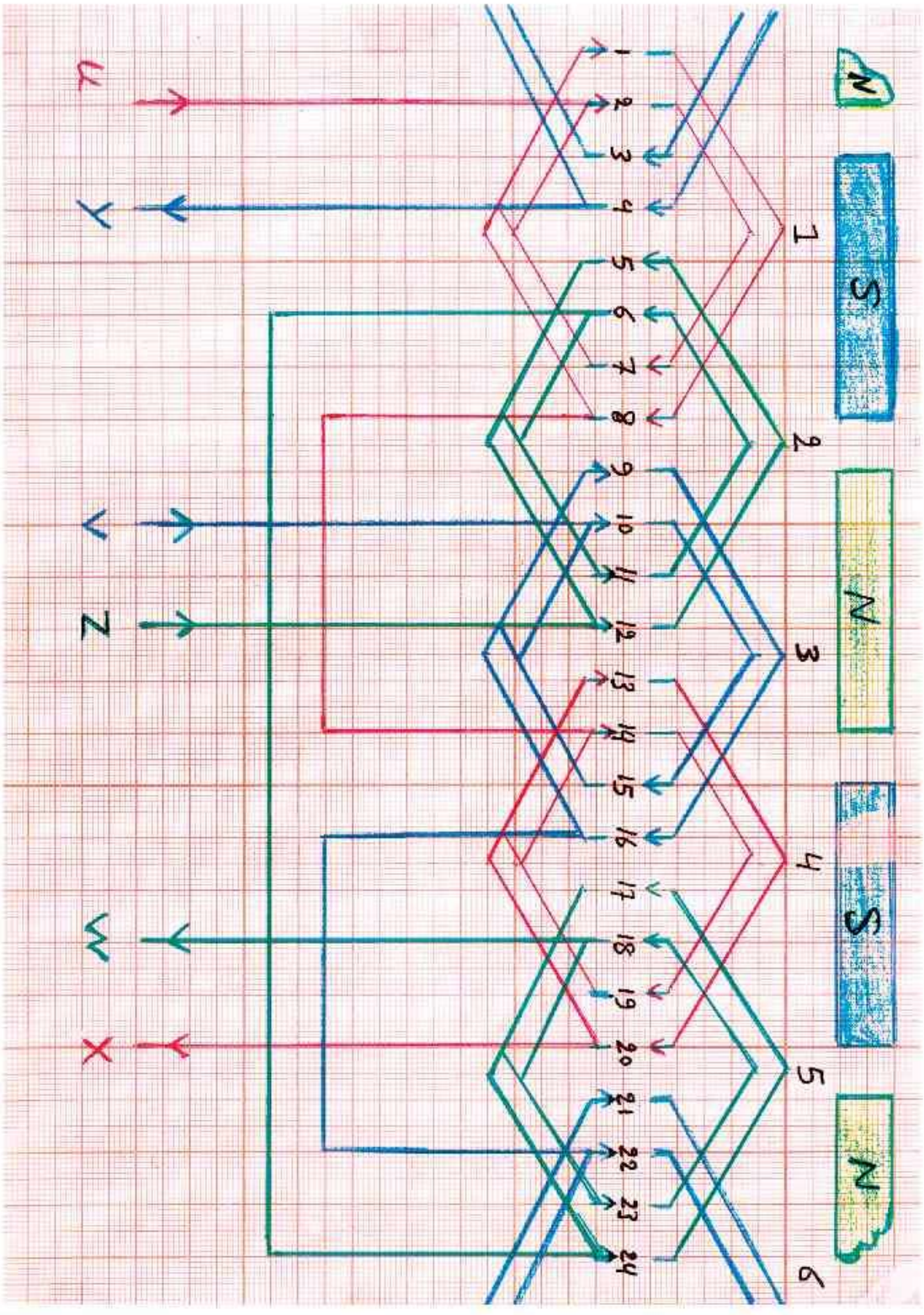
∴ الخطوة النهائية $= 5 + 1 = 6$

∴ خطوة الملف الصغير $= 6 - 1$

خطوة الملف الكبير $= 8 - 1$

اللف بطريقة المجموعات المستقلة – قوالب مختلفة

بما ان المجموعات غير متجاورة للطور الواحد يكون التوصيل نهاية مع بداية



مثال محلول ٢ (نظري حسابي)

اعد التمرين السابق نفسه ولكن بقوالب لف متساوية التدرج.

الحـــل :-

بعد تطبيق قانون السرعة استخرجنا عدد الأقطاب = ٤

عدد المجموعات الكلية $Mc = \frac{m \cdot 2P}{2} = \frac{3 \times 4}{2} = 6$ ∴

ملف $q = \frac{N}{m \cdot 2P} = \frac{24}{3 \times 4} = 2$

(عدد الملفات لكل مجموعة)

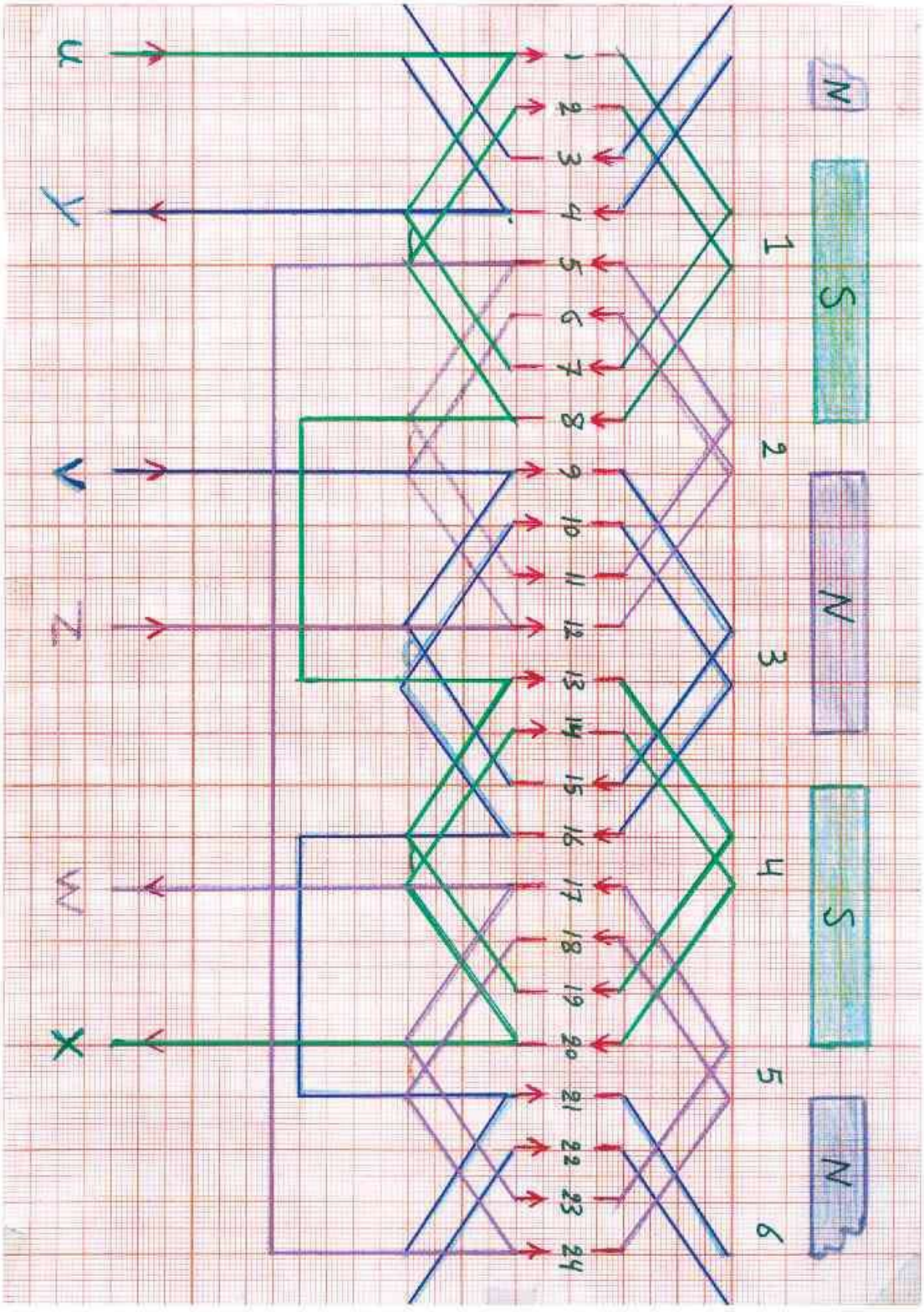
الخطوة الاولية للف $y = \frac{N}{2P} = \frac{24}{4} = 6$

الخطوة الكاملة للف $= 6 + 1 = 7$

(Full - pitch)

∴ الخطوة النهائية للف $= 1 - 7$

اللف بطريقة المجموعات المستقلة – قوالب متساوية



تمرين عملي (٣) :-

المطلوب تنفيذ إعادة لف محرك ثلاثة اطوار طبقة واحدة وبقوالب لف مختلفة التدرج ، وحسب المتوفر.

المستلزمات المطلوبة :-

١- العُدد المطلوبة :-

١- محرك ثلاثة اطوار يكفي الجزء الثابت فقط (stator).

٢- كتر.

٣- بلايس.

٤- مقص.

٥- فرشاة.

٦- سكين لتنظيف الزوائد من الورنيش.

٧- كاوية لحام مع صولدر.

٢- المواد المطلوبة :-

١- ورق بريسبان.

٢- خيوط بندجة.

٣- أسلاك لف.

٤- ورنيش.

٥- سليف عازل.

طريقة المجموعات المتداخلة

تتميز هذه الطريقة بأن الملفات تكون ملفوفة بقوالب لف متساوية وانها تتداخل مع بعضها وان كل مجرى من مجاري الجزء الثابت يحتوي على طبقة واحدة من الملفات.

قوانين المجموعات المتداخلة

١- عدد المجموعات الكلية = عدد الأقطاب × عدد الأطوار

1 - $mc = m \times {}_2P$

٢- عدد ملفات المجموعة الواحدة = $\frac{\text{عدد المجاري الكلية}}{\text{٢ عدد المجموعات} \times}$

2 - $q = \frac{N}{2 \times mc}$

٣- الخطوة الأولية للف = $\frac{\text{عدد المجاري الكلية}}{\text{عدد الأقطاب}}$

3 - $y = \frac{N}{{}_2P}$

اما الخطوة التنفيذية للف فقد تكون خطوة كاملة أو خطوة مقصرة.

مثال محلول (نظري حسابي)

محرك ثلاثي الأطوار يحتوي على (٢٤) مجرى و (٤) أقطاب يراد لفه بطريقة اللف المتداخل وبخطوة لف مقصرة.

الحـــل :-

عدد المجموعات الكلية

1 - $mc = m \times {}_2P = 3 \times 4 = 12$

2 - $q = \frac{N}{2 \times mc} = \frac{24}{2 \times 12} = \frac{24}{24} = 1$

أي أن عدد ملفات المجموعة الواحدة = ١ملف

∴ $q =$ (١) ملف

3 - $y = \frac{N}{{}_2P} = \frac{24}{4} = 6$

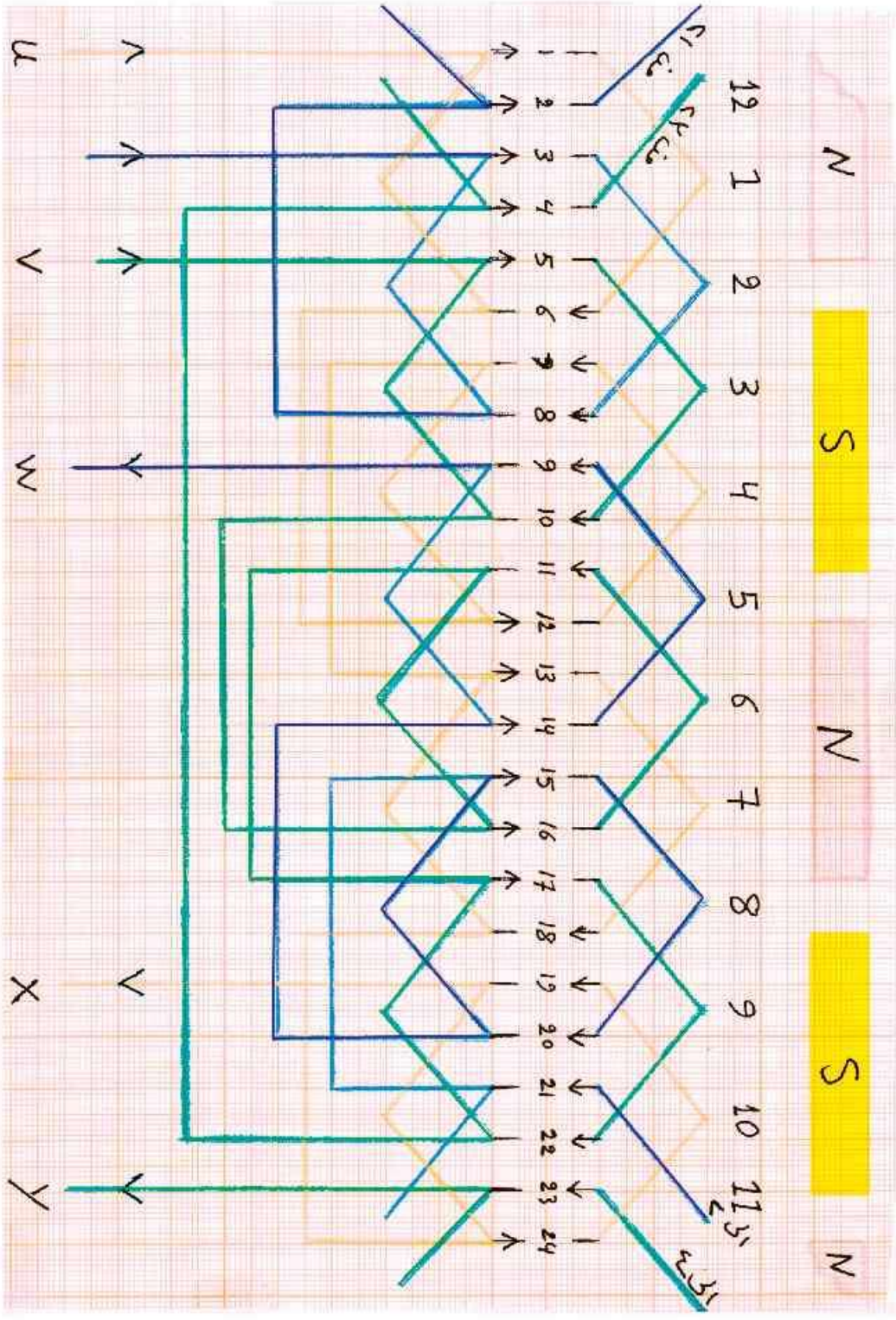
خطوة اللف المقصرة $= 6 \times 0.8 = 4.8 \simeq 5$

∴ الخطوة النهائية $= 5 + 1 = 6$

∴ خطوة اللف النهائية $= 1 - 6$

اللف بطريقة المتداخل وبخطوة مقصرة

بما أن المجموعات متجاورة ، فيكون الربط نهاية مع نهاية



تمرين عملي (٤)

المطلوب تنفيذ إعادة لف محرك ثلاثة أطوار طبقة واحدة وبقوالب لف متساوية التدرج ، وحسب المتوفر.

المستلزمات المطلوبة :-

١- العُدد المطلوبة :-

١- محرك ثلاثة أطوار يكفي الجزء الثابت فقط (stator).

٢- كتر.

٣- بلايس.

٤- مقص.

٥- فرشاة.

٦- سكين لتنظيف الزوائد من الورنيش.

٧- كاوية لحام مع صولدر.

٢- المواد المطلوبة :-

١- ورق بريسبان.

٢- خيوط بندجة.

٣- أسلاك لف.

٤- سليف عازل.

٥- ورنيش.

الجدول الآتي يوضح تيار الحمل الكامل لمحركات الثلاثة أطوار (٣٨٠) فولت

القـدرة بالحصـان HP	التيـار (I) (A)
١/٢	١ر٣
٣/٤	١ر٤
١	١ر٧
١ ١/٢	٢ر٤
٢	٣
٣	٤ر٥
٥	٧ر٥
٧ ١/٢	١١
١٠	١٤
١٥	١٩
٢٠	٢٦
٢٥	٣٢
٣٠	٣٩
٤٠	٥١
٥٠	٦٣
٦٠	٧٥
٧٥	٩٠
١٠٠	١٢٣
١٢٥	١٥٥
١٥٠	١٨٠
٢٠٠	٢٤٠

على الرغم من أنه من المستحسن إعادة لف المحرك بمقاس السلك نفسه الذي كان مستخدماً في الملفات الأصلية ، فقد تدعو الحاجة في بعض الأحيان إلى إستعمال مقاس آخر (أحياناً يكون البديل سلكين إثنين من مقاس آخر) الجدول الآتي يبين مقاسات الأسلاك المتكافئة (البديلة) .

المقاسات المتكافئة للأسلاك (البديلة)

أسلاك لايمكن الحصول عليها	استخدام
رقم ١٠	اثنين رقم ١٣
رقم ١١	اثنين رقم ١٤
رقم ١٢	اثنين رقم ١٥
رقم ١٣	اثنين رقم ١٦
رقم ١٤	اثنين رقم ١٧
رقم ١٥	اثنين رقم ١٨
رقم ١٦	اثنين رقم ١٩
رقم ١٧	اثنين رقم ٢٠
رقم ١٨	اثنين رقم ٢١
رقم ١٩	اثنين رقم ٢٢
رقم ٢٠	اثنين رقم ٢٣
رقم ٢١	اثنين رقم ٢٤
رقم ٢٢	اثنين رقم ٢٥
رقم ٢٣	اثنين رقم ٢٦
رقم ٢٤	اثنين رقم ٢٧
رقم ٢٥	اثنين رقم ٢٨

أسئلة حول موضوع (إعادة لف المحركات)

س ١: بماذا تمتاز محركات الثلاثة أطوار؟ واين تستعمل؟

س ٢: ما هي أجزاء المحرك ثلاثي الأطوار؟ عدّدها.

س ٣: ما هي أنواع الجزء الدوار في المحركات الحثية الثلاثية الأطوار؟

س ٤: لماذا يجب أن يكون قطر الجزء الدوار أصغر بقليل من قطر الجزء الثابت؟ إشرح ذلك.

س ٥: لماذا يجب أن يكون لحام الملفات المقصورة بشكل جيد؟ وما هي النتائج التي تؤثر على المحرك؟

س ٦: ما هي طرق ربط أطراف الملفات؟ وكيف يتم الربط؟ إشرحها مع الرسم.

س ٧: ماذا يحصل عند تسليط ضغط على المحرك أعلى من المقرر ، وكذلك عند تسليط ضغط أقل؟

س ٨: لماذا يتم تشغيل محركات الثلاثة أطوار ذات القفص السنجابي على شكل ستار ثم دلتا؟

س ٩: ما هي العوامل المؤثرة على قدرة المحرك؟

س ١٠: هل يمكن تشغيل محرك على ضغط (٣٨٠) فولت والضغط المسجل على لوحة التسمية (٢٢٠) فولت؟ مع بيان السبب.

س ١١: هل يمكن إعادة لف محرك (٢) قطب وتشغيله على أساس (٤) أقطاب ؟ اذكر السبب.

س ١٢: هل يمكن تشغيل محرك ثلاثي الأطوار على شكل طور واحد ؟ وكيف يتم ذلك ؟ مع الرسم ؟

س ١٣: ما المقصود بمحرك الحلقات الإنزلاقية؟ واين يستعمل؟

س ١٤: ما فائدة مقاومات بدء الحركة؟ وكيف توصل مع الجزء الدوار؟

س ١٥: ماذا يحدث إذا اشتغل محرك الحلقات الإنزلاقية بدون ربط المقاومات الخارجية؟

س ١٦: ما هي المعلومات التي تدوّن عند البدء باعادة لف محرك ثلاثي الاطوار؟

س ١٧: كيف يكون ترتيب المجموعات في محركات الثلاثة اطوار؟ مع رسم المخطط.

س ١٨: ما هي خطوات إعادة لف محرك ثلاثة اطوار؟ عددها.

س ١٩: لماذا يجب عزل المجاري جيداً قبل إجراء عملية اللف.

س ٢٠: ما هي خواص السلك المستخدم في اللف.

س ٢١: ما هي الاختبارات الأولية التي تُجرى على المحرك بعد إصلاحه أو إعادة لفه؟ عددها واشرح واحدة منها.

س ٢٢: كم طريقة يمكن بها إعادة لف محرك ثلاثي الاطوار؟

س ٢٣: ما هي عملية الورنشة للملفات؟ وما فائدة الورنيش.

س ٢٤: كيف توصل المجموعات للطور الواحد إذا كانت متجاورة؟ مع الرسم.

س ٢٥: كيف توصل المجموعات للطور الواحد إذا كانت غير متجاورة؟ مع الرسم.

التدريب على فتح وتجميع وصيانة المولد ثلاثي الطور (منزلي أو صناعي)

تعرفنا في السنة الماضية على مولد الطور الواحد المنزلي ولاحظنا اسلوب تشغيله وإدارته وتوليده وعلمنا أنه يتكون من جزئين أساسيين (المحرك الميكانيكي) و(رأس التوليد الكهربائي) وأخذنا بنظر الاعتبار أنه يولد شبكة طور واحد مما يعني أن ملفاته الكهربائية تكوّن دائرة كهربائية واحدة تمثل ملف واحد يخرج منها طرفين إثنين فقط (N و L) تزودنا في الغالب بضغط كهربائي مقداره (220v) يتم من خلاله تشغيل الأجهزة المنزلية بصورة عامة وبحدود قد تكون محصورة بقدرات كهربائية صغيرة نوعاً ما، لذلك سبق وأن ذكرنا وقتها أنها قد لا تفي بالغرض المطلوب في المعامل والمصانع التي تحتاج عادة الى قدرات كهربائية عالية.

فضلاً عن أن تلك المصانع تحتوي بالتأكيد على مكائن ومحركات لا تعمل إلّا بشبكة ثلاثة أطوار.

لذا لا بد من القاء نظرة علمية وعملية على المولدات الكهربائية الأكبر حجماً والتي قد تصل قدرتها الى حدود مليوني واط (2MW) أو أكثر التي يمكن الاستفادة منها لتشغيل أحمال ضخمة

سواء كانت بيوتاً سكنية ضمن مناطق سكنية معينة أو قد تكون معاملَ أو مصانعَ أو فنادقَ أو أية بنايات تحتاج الى تيارات عالية لسد إحتياجاتها من تلك الأحمال الكهربائية.

من جانب آخر تعلمنا في دروس الكهرباء ومواضيع القدرة الكهربائية وشبكات الطور الواحد والثلاثة أطوار ، أننا يمكن أن نحصل على قدرات بثلاثة أضعاف من مولد بحجم معين فيما لو تم تصميمه مرة ليولد طور واحد ومرة أخرى ليولد ثلاثة أطوار ، يعني يصمم الجزء الثابت لرأس التوليد الكهربائي ليستوعب ثلاثة ملفات تعطينا ثلاثة دوائر كهربائية (N و L_1) و (N و L_2) و (N و L_3) . يعني تخرج من المولدة ستة أطراف يتم ربط هذه الأطراف فيما بينها حسب الطرق التي تعلمناها ، وبالذات يفترض أن يكون الربط على طريقة النجمة (Srat) الذي يعطينا عادة أربعة أطراف ، ثلاثة منها رئيسية (L_1 ، L_2 ، L_3) والخط الرابع يكون محايد (N) أو ما تسمى النقطة الوسيطة (Mp).

الضغط الكهربائي بين أي من الخطوط الرئيسية الثلاثة فيما بينها هو (380 V) . والتي تمثل شبكة ثلاثية الطور لإمكانية تشغيل المكائن والمحركات التي يكون عملها حصرياً بثلاثة خطوط رئيسية (ثلاثية الطور) . (L1 , L2 , L3) أو تسمى (R , S , T).

في الوقت نفسه يمكن أن نأخذ أحد الخطوط الرئيسة مع الخط المحايد المشترك ليعطينا ضغط كهربائي هو (220 V) التي تمثل شبكة طور واحد.

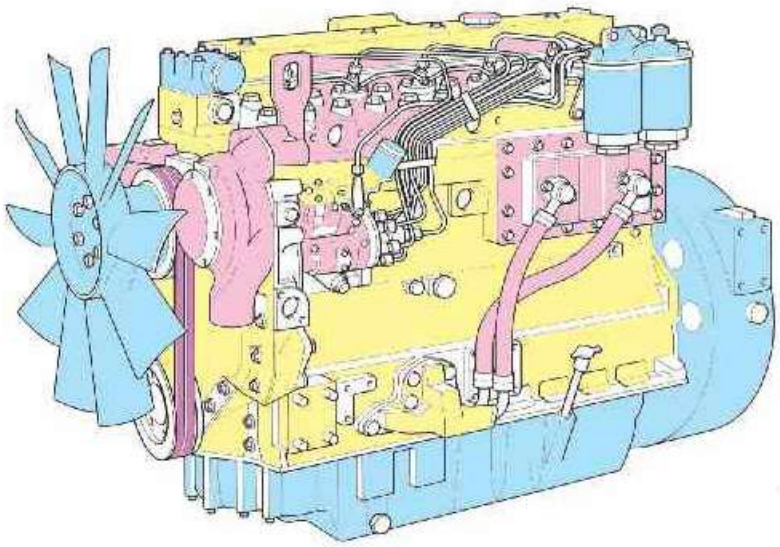
يعني نحصل من المولدة ثلاثية الطور على ثلاثة شبكات ذات طور واحد (N و L1) , (N , L2) و (N ,L 3) أو تسمى) (R , Mp)و (S , Mp)و (T , Mp)

فمثلاً لو كانت مولدة كهربائية ثلاثية الطور بقدرة معينة تشغّل حصراً محركات ثلاثة أطوار يقاس تيارها المسحوب في كل من الخطوط الرئيسية بمقدار (50 A). هذا يعني أننا نستطيع أن نوزع كل من خطوطها الرئيسية مع آخر محايد الى منزل معين ، يعني نستطيع أن نزود ثلاثة منازل سكنية من المولدة نفسها بتيار كهربائي قدره (٥٠) أمبير على شكل شبكة طور واحد لكل منزل يعني نحصل بالإجمال على (١٥٠) أمبير.

الفكرة الأساسية لعمل وتوليد كل من المولدة الصغيرة المنزلية ذات الطور الواحد والمولدة الصناعية الكبيرة ذات الثلاثة أطوار هي ذات الفكرة ، فكما ذكرنا أن كل منها يحتوي على محرك

الفرق بينهما هو الحجم طبعاً ، لذلك يستوجب أكثر ضبطاً وإتقاناً ، وإذا أخذنا بنظر الاعتبار التطورات الحاصلة في الإكتشافات والإبتكارات العلمية والعملية الحديثة نلاحظ أن كل من جزئي مولدة الثلاثة أطوار الضخمة لها مستلزماتها التي تؤمن سلامة عمل أكثر إتقاناً مع وسائل حماية أكبر لديمومة عملها لأطول ساعات عمل ممكنة مع أطول عمر مع كفاءة أكثر في الأداء.

محرك مولدة الثلاثة أطوار الميكانيكي أو تسمى الماكنة (Eenign)

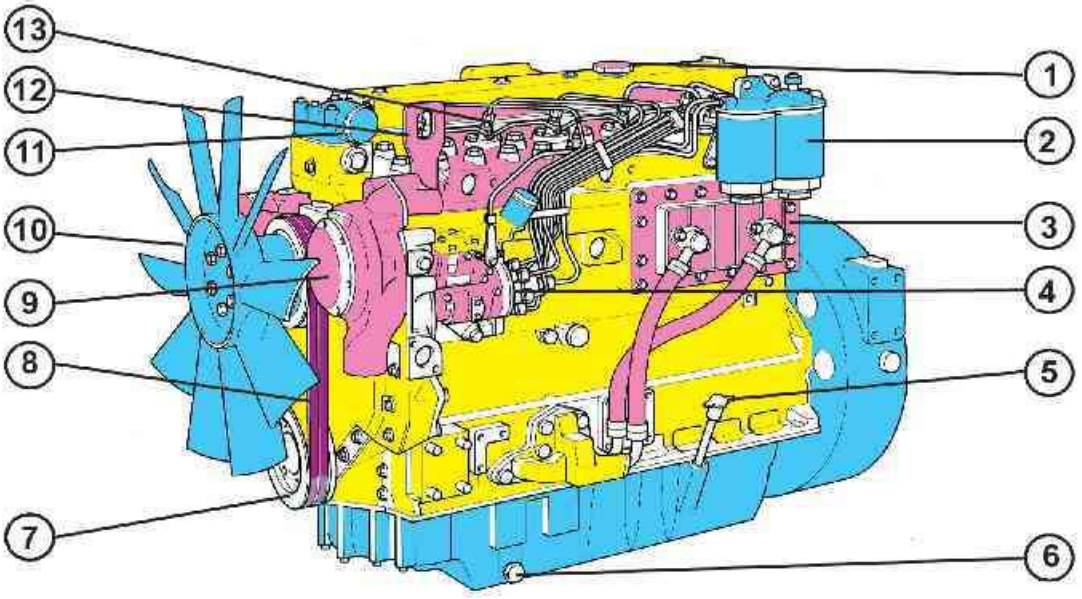


سبق أن ذكرنا كذلك في السنة الماضية أن أسلوب عمل المحرك الميكانيكي للمولدة هو من إختصاص مهندسي وفنيي الميكانيك وإذا ما حدث شيء ما من خطأ ميكانيكي يصعب علينا إصلاحه، فلا ضير أن نلجأ الى الشخص الميكانيكي المختص الذي نسميه في السوق (الفيتر) لإصلاحه، ولكن لا بأس أن تكون لدينا الرغبة والطموح والإستعداد للإلمام ولو بالأمور المهمة والبسيطة في الوقت نفسه لإصلاحها بأيدينا دون اللجوء الى الغير، إختصاراً للوقت وإقتصاداً بالنفقات.

مثل ذلك صاحب السيارة الخصوصية أو سيارة الشـــحن الضخمة التي يضطر سائقها الى حيازة عُدّة تفي بالغرض لإصلاح الأعطال المهمة الممكنة عندما تتوقف شاحنته في طرق خارجية ليواصل مسيره نحو هدفه.

فأصلاً محرك مولدة الثلاثة أطوار كمحرك سيارة الحمل تقريباً وحسب حجم المولدة طبعاً.

مكونات إحدى جوانب محرك مولدة ثلاثة أطوار (Engine)



١- غطاء المحرك لمليء الزيت.

٢- فلتر الكاز.

٣- مبرّد الزيت.

٤- مضخة الكاز.

٥- مقياس مستوى الزيت.

٦- صامولة تفريغ الزيت.

٧- بوللي الكرنك شفت. (pulley)

٨- قايش المحرك.

٩- مضخة الماء (ووتر بمب) .

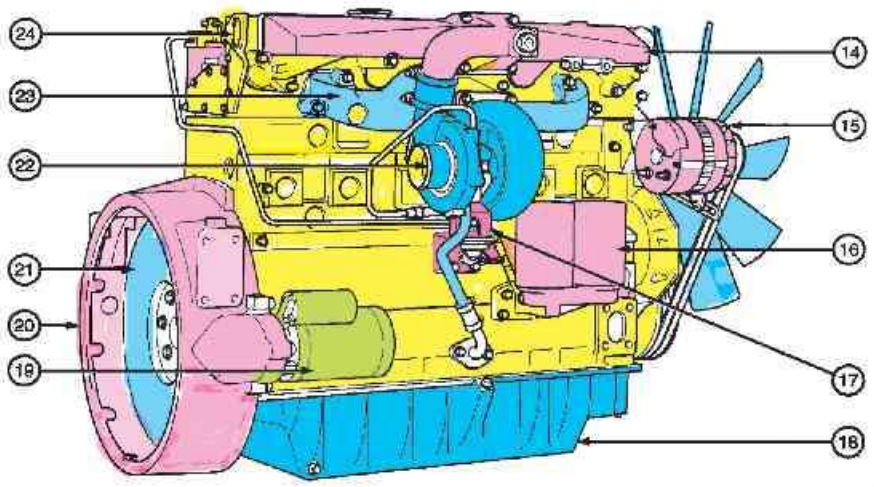
١٠- مروحة التبريد.

١١- مَخرَج الماء الذي يذهب للراديتر.

١٢- البراكيت الأمامي لرفع المحرك بالكرين.

١٣- النوزلات.

مكونات الجهة الثانية لمحرك مولدة ثلاثة أطوار (Engine)



١٤- غطاء المحرك (الكوَر).

١٥- الدابنمو.

١٦- فلتر الزيت.

١٧- الفيت بمب.

١٨- وعاء حاوي الزيت (الكيْس).

١٩- السلف (الستارتر).

٢٠- غطاء الفلاي ويل .

٢١- الدولاب الطائر (الفلاي ويل).

٢٢- جهاز التوربو.

٢٣- مجمع العادم.

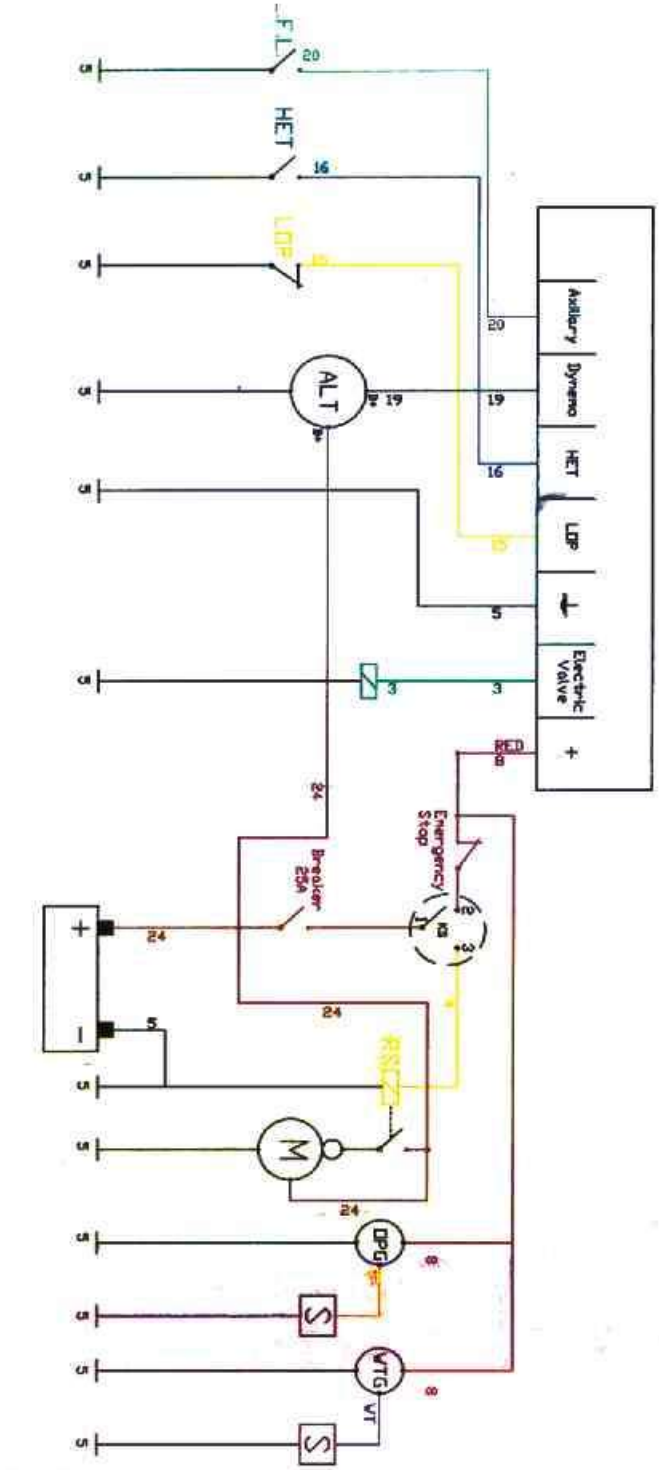
٢٤- البراكيت الخلفي لرفع المحرك بالكرين.

هناك أجزاء كهربائية مهمة للسيطرة على عمل المحرك بالشكل المطلوب من أجهزة قياس وتأشير ، مثل مقياس ضخ الزيت (OPG) ومقياس درجة حرارة المحرك (WTG) التي يجب متابعتها بإستمرار ضمن القياسات الطبيعية لعمل المحرك الإعتيادي.

وهناك مجسات (حساسات) لإعطاء الإيعازات الى دائرة كهربائية معينة لتقطع مرور الكاز الى المحرك كي يتوقف عن العمل في حال وجود عطل معين مثل جوزة الدهن (LOP) وجوزة الحماوة (HET) وكذلك هناك مجس آخر لقياس مستوى الكاز المتوفر الكافي لتشغيل المحرك يسمى الطوافة (L.F.L).

وفيما يأتي المخطط الكهربائي لعمل المقاييس والمجسات الضرورية لديمومة عمل المحرك بالشكل الطبيعي المطلوب.

مخطط توصيل المقاييس الضرورية والمجسات (الجوزات)



علماً أن الرموز المبينة في المخطط أعلاه تعني المسميات الآتية :-

L.F.L – Low Fuel Level	جوزة مستوى انخفاض الكاز
HET – High Edge Temperature	جوزة الحماوة
LOP – Low Oil Pressure	جوزة الدهن
OPG – Oil Pressure Gage	مقياس ضغط الدهن
WTG – Water Temperature Gage	مقياس الحماوة
M – Motor Starter	السلف (الستارتر)
ALT – Alternator	الدايتمو
Electric Valve	الصمام الكهربائي للكاز
Emergency Stop	مفتاح الوقوف الإضطراري

تنظيم دوران المحرك

من المعروف أن تردد الضغط المتولد له علاقة بعدد دورات المحرك في الدقيقة الواحدة وبموجب القانون الآتي :-

$$n = \frac{60 \cdot f}{P}$$

علماً أن :-

p – هي عدد أزواج الأقطاب المغناطيسية للمولدة وتكون عادة ثابتة محددة في تصميمها من الشركة المنتجة.

f – تردد الشبكة المتولدة (Hz) أو ذبذبة في الثانية.

n – دوران المحرك الذي يدير المولدة الذي يقاس بالدورة في الدقيقة الواحدة – RPM.

(Revolution Per Minute)

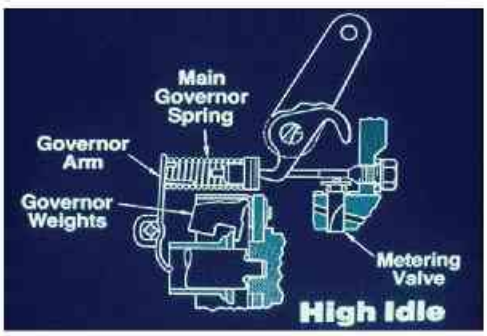
نلاحظ أن الوحدات القياسية الموجودة في القانون والقابلة للتغير حسب ظروف المولدة وطبيعة عملها هي التردد (f) ودورانها (n) فهذه يمكن السيطرة عليها والتحكم بها ، ونلاحظ أن التناسب بينهما طردياً ، فكلما زادت عدد دورات المحرك زاد تردد الضغط والتيار المتولد ، وبدوره يزيد من تردد الشبكة التي تغذي أجهزة الحمل العاملة عليها ، ومن المعروف أن التردد بالذات يجب أن يكون ثابتاً تماماً وليس مسموح بزيادته أو نقصانه ولا بذبذبة واحدة.

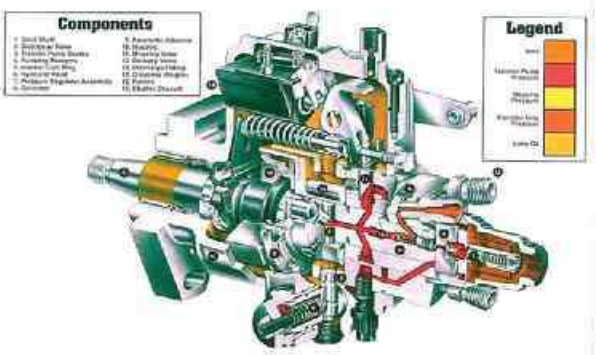
معنى ذلك يجب أن يكون دوران المحرك ثابتاً بعدد معين في كل دقيقة ، فمثلاً إذا كان رأس التوليد مصمم بأربعة أقطاب مغناطيسية يجب أن يكون دوران المحرك بـــ (١٥٠٠) دورة في الدقيقة الواحدة ، وبدون زيادة او نقصان.

وزيادة للعلم نود أن نذكر أنه عند دوران المحرك وأداء المولدة عملها وتزويد الأحمال بالتيار الكهربائي وعند تشغيل أجهزة إضافية على الحمل يعني زيادة التيار المسحوب سنلاحظ إنخفاض دوران المحرك نتيجة إرتفاع الفيض المغناطيسي المعاكس في ملفات التوليد الذي يؤثر على عزم دوران الجزء الدوار ، مما يتطلب ضخ مادة إحتراق أكثر (كاز) لزيادة عدد الدورات وتعويض ذلك الانخفاض وإستقرار تردد الضغط المتولد بثبوته على (٥٠) ذبذبة في الثانية.

لذلك هناك جهاز خاص يقـــوم بهذا العمـــل يسمى (الحاكم) (**Governer**) نوضحه فيما يأتي :-

جهاز منظم السرعة والتردد (Governer) .

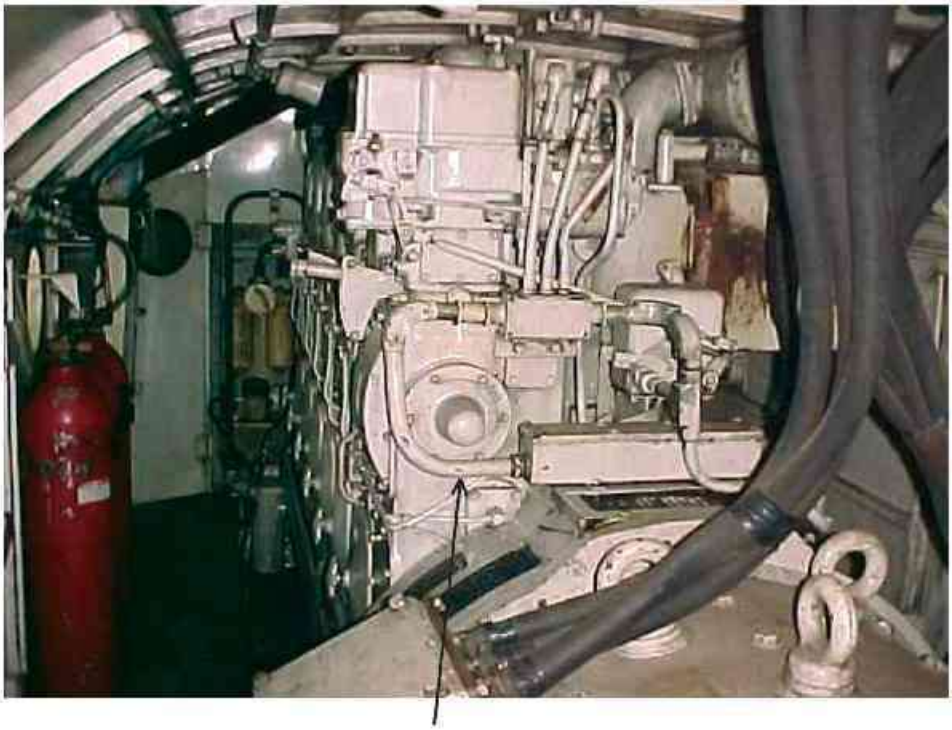




هناك أجهزة كوفرنر ميكانيكية تتأثر بإنخفاض دوران المحرك وتفتح صمام لزيادة الكاز وبدوره يزيد عدد دورات المحرك ليجعله ثابتاً ومستقراً على (١٥٠٠) دورة بالدقيقة ، وفي بعض المولدات الحديثة يكون هذا الجهاز عبارة عن منظومة متكاملة من جهاز ميكانيكي ودائرة الكترونية مع توابعهما لتنظيم ذلك الأداء.

الأجزاء الرئيسية لمنظومة الكفرنر الحديثة :-

١- وحدة السيطرة الالكترونية	Electronic Control Unit (ECU)
٢- الصمام الخانق	Throttle Actuator (TA)
٣- طقم تسليك متكامل	Complete Wiring Harness (CWH)
٤- لوحة سيطرة	Control Panel (CP)
٥- متحسس التردد	Frequency Sensor (FS)



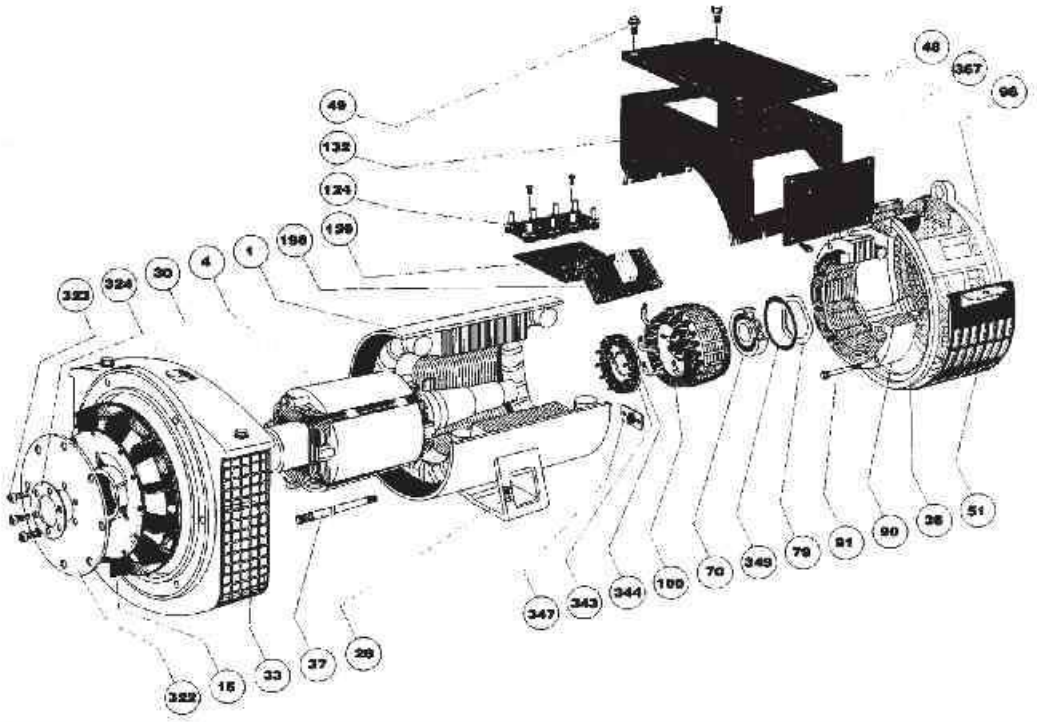
صورة تبين موقع الكوفرنر في ماكنة المولدة

رأس التوليد Alternator

كما يتضح لنا من دروس العلوم الصناعية أن رأس التوليد هذا عبارة عن مولدة تيار متناوب ثلاثة أطوار ذات الأقطاب الداخلية ، يعني أن الأقطاب المغناطيسية الثابتة تكون في الجزء الدوار (الروتور – Rotor) الذي يتغذى من مصدر تيار مستمر خارجي ، عادة يكون من مولد صغير مستقل مثبت على محور الدوران نفسه للمولدة ذاتها ويسمى المغذي (Excitor) ليدور معه ويولد التيار المستمر ليغذي الأقطاب المغناطيسية الرئيسية مباشرة.

الجزء الثابت لرأس التوليد يسمى الستيتر (Stator) يحتوي على الملفات الرئيسية التي تتكون كما ذكرنا سابقاً ، من ثلاثة ملفات متباعدة فيما بينها بزاوية قدرها (١٢٠) درجة ، لتوزّع على إمتداد محيط الجزء الثابت لتولد ثلاثة دوائر كهربائية تسمى ثلاثة أطوار.

شكل يوضح أجزاء رأس التوليد (Alternator)



No.	Nbr.	Description	No.	Nbr.	Description
1	1	Stator assembly	98	3	Corner plate
4	1	Rotor assembly	100	1	Exciter armature
15	1	Fan	120	1	Terminal plate support (AREP)
28	1	Earth terminal	124	1	Terminal plate
30	1	DE flange	132	1	Terminal box
33	1	Air outlet grille	198	1	Regulator (AVR)
36	1	N.D.E. bracket	322	1	Coupling disc
37	4	Tie rod	323	6	Fixing screw
48	1	Terminal box lid	324	1	Clamping washer
49	20	Terminal box fixing screw	343	1	Direct diode assembly
51	1	Air intake grille	344	1	Reverse diode assembly
70	1	NDE bearing	347	1	Surge suppressor
79	1	Preloading wavy washer	367	2	Inspection door
90	1	Wound exciter field	349	1	O ring seal
91	4	Field fixing screw			

مسميات أجزاء رأس التوليد حسب أرقامها المؤشرة أزاءها في الشكل السابق

رقم الجزء	إسمه أو نوعه
١	مجموعة أجزاء الجزء الثابت الذي يحتوي على ملفات التوليد.
٤	مجموعة أجزاء الجزء الدوار الذي يحتوي على ملفات الأقطاب المغناطيسية الثابتة الرئيسية.
١٥	مروحة التبريد
٢٨	نقطة ربط التأريض.
٣٠	غطاء حصر هواء التبريد
٣٣	شباك طرد الهواء الساخن.
٣٦	الإطار الخلفي لتثبيت أجزاء رأس التوليد.
٣٧	براغي الشد لتثبيت أجزاء رأس التوليد.
٤٨	غطاء صندوق لوحة الربط.
٤٩	براغي تثبيت صندوق نقاط الربط.
٥١	شباك سحب الهواء.
٧٠	كرسي تثبيت الجزء الدوار (البولبرنك).
٧٩	سبرنك واشر.
٩٠	ملفات المجال المغناطيسي الثابتة للمغذي (مولد التيار المستمر الداخلي).
٩١	براغي تثبيت الملفات الثابتة للمغذي.
٩٨	بليتة لتثبيت شباك سحب الهواء.
١٠٠	آرمبجر المغذي (مولد التيار المستمر) لتغذية الأقطاب المغناطيسية الثابتة الرئيسية الخاصة بالتوليد.
١٢٠	بليتة لتثبيت نقاط الربط.
١٢٤	نقاط الربط لملفات التوليد.

رقم الجزء	إسمه أو نوعه
١٣٢	صندوق حفظ ووقاية نقاط الربط الرئيسية.
١٩٨	منظم الفولتية الآلي (AVR).
٣٢٢	قاعدة الكوبلن.
٣٢٣	براغي تثبيت.
٣٢٤	واشر تثبيت قاعدة الكوبلن.
٣٤٣	موحدات مولد التغذية للأقطاب.
٣٤٤	الموحدات المعكوسة لمولد التغذية للأقطاب.
٣٤٧	مثبت.
٣٦٧	غطاء للفحص.
٣٤٩	واشر.

الشبكة الكهربائية المتولدة في مولدة الثلاثة أطوار

الضغط الكهربائي المتولد في رأس التوليد يجب أن يراقب ، عند إرتفاعه أو إنخفاضه وذلك من خلال جهاز قياس ضغط (فولتمتر) يكون عادة ذو مجال أكبر من الضغط الإسمي ، فإذا كانت المولدة تولد (٣٨٠) فولت فيكون عادة جهاز قياس الضغط ذو مجال قياس (٥٠٠) فولت.

يستعمل لذلك جهاز قياس فولتمتر واحد يرتبط بمفتاح متعدد الخيارات لإمكانية مراقبة الضغوط بين جميع الخطوط الرئيسية وكذلك بين كل خط رئيسي والسلك المحايد.

فهو يقيس بين الخطوط (L2 ،L1) و (L3 ،L1) و (L3 ،L2).

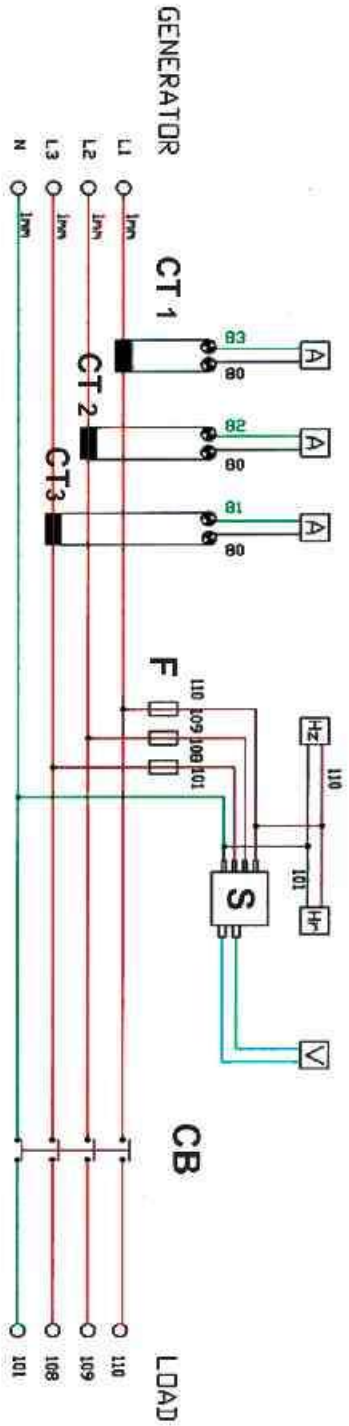
المفروض أن تؤشر قيمة ضغط كهربائي ما بين (٣٨٠- ٤٠٠) فولت ، وكذلك (N ،L1) و (N ،L2) و (N ،L3) المفروض أن تؤشر قيمة ضغط كهربائي ما بين (٢٢٠- ٢٣٠) فولت .

ثم هناك جهاز قياس لمراقبة تردد الضغط الكهربائي المتولد من خلال جهاز قياس الذبذبة (Hz).

فضلاً عن ذلك يجب أن تكون هناك مراقبة للتيار الكهربائي المسحوب للأحمال لمراقبة تحمل المولدة ضمن القدرة المصممة عليها وذلك يتم من خلال ثلاثة أجهزة لقياس التيار تكون عادة مربوطة من خلال محولات للتيار (CT) لكل خط من الخطوط الرئيسية الثلاثة.

ومن الطبيعي أن يكون هناك قاطع رئيسي ذو ثلاثة أطوار يفضل أن يكون ذو حماية حرارية ومغناطيسية لقطع دائرة الحمل في أي طارئ قد يحدث بسبب عطب معين في المولدة.

مخطط ربط أجهزة القياس والمراقبة للطاقة المسحوبة من المولدة ذات الثلاثة أطوار



مسميات الرموز المثبتة في مخطط ربط أجهزة القياس والمراقبة للطاقة الكهربائية المسحوبة من المولدة ذات الثلاثة أطوار.

الخطوط الرئيسية للضغط المتولد من المولدة	L1 , L2 , L3
الخط المحايد للضغط المتولد من المولدة	N
أجهزة قياس التيار المسحوب من الأطوار الثلاثة للمولدة (أمبير متر)	A1 , A2 , A3
محولات التيار لأجهزة قياس التيار	CT1 , CT2 , CT3 – Current Transformer
جهاز قياس التردد	HZ
جهاز عدّاد ساعات عمل المولدة	Hr
جهاز قياس الضغط (فولتمتر)	V
مفتاح متعدد الخيارات	S
فيوزات لحماية أجهزة القياس	F
قاطع دورة	CB

تغيّر الضغط المتولد

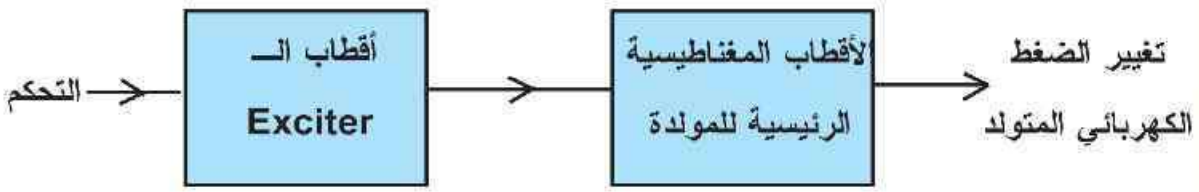
الضغط المتولد في ملفات الجزء الثابت لرأس التوليد للمولدة هو الضغط الكهربائي الذي نحصل عليه لتشغيل الأحمال (Loads) .

هذا الضغط يتأثر بالزيادة والنقصان حسب مقدار الفيض المغناطيسي للأقطاب المغناطيسية الرئيسية ، حيث يكون التناسب طردياً.

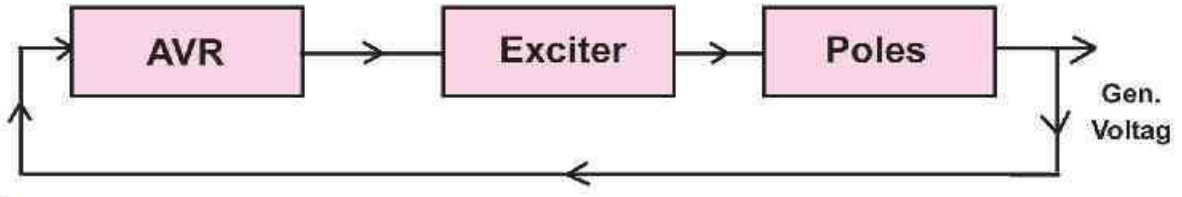
فإذا ما إزداد تيار ملفات الأقطاب المغناطيسية ، يزداد الفيض المغناطيسي ، وبذلك يزداد الضغط المتولد ، والعكس صحيح.

لذلك نستطيع التحكم بمقدار الضغط الكهربائي المتولد عن طريق التحكم بالتيار المغذي للأقطاب المغناطيسية الرئيسية ، ومن الطبيعي أن التيار المستمر الذي يغذي الأقطاب المغناطيسية نحصل عليه من المصدر الخارجي الذي هو عبارة عن مولد صغير يدور مع الجزء الدوار يسمى المغذي (Exciter).

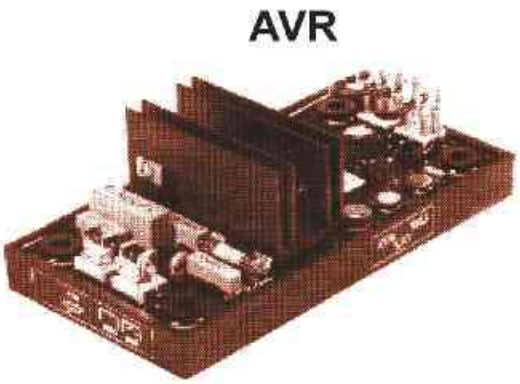
إذاً عندما نتحكم بتيار أقطاب الـ (Exciter) سنتحكم بتيار أقطاب المولدة الرئيسية ، وبذلك بالضغط المتولد في رأس التوليد للمولدة.

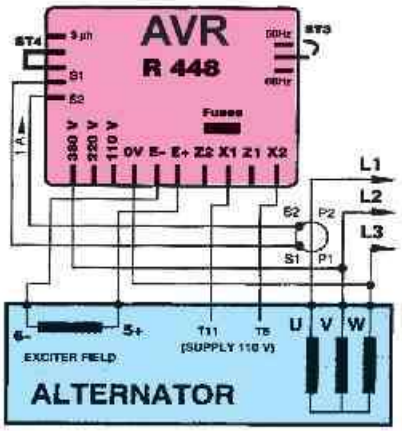


هذا التحكم يتم بواسطة جهاز يسمى (AVR) يتحسس بتغير الضغط المتولد ويتحكم أوتوماتيكياً بتغذية أقطاب الـ (Exciter) لينظم الضغط المتولد ويجعله ثابتاً وكما يأتي:-



Automatic Voltage Regulator (AVR) جهاز التنظيم الآلي





كما ذكرنا يعمل جهاز التنظيم الآلي (AVR) على ثبوت الضغط الكهربائي المتولد في المولدة وكذلك التردد (Hz) أوتوماتيكياً ، ويحتوي على منظمات يمكن التحكم بها عند تذبذب الضغط الكهربائي المتولد أو ترددة.

والشكل الآتي يبين ذلك مع طريقة ربطه في المولدة :-

الأخطاء الشائعة في رأس التوليد للمولدة ذات الثلاثة أطوار

الخطأ	التشخيص
١- تلف البولبرنك مما يحدث ارتفاعاً في درجة الحرارة في الجزء الدوار أو الأغطية الجانبية. وأحياناً يظهر عليه لون أزرق أو تشحيمه يتغير الى اللون الاسود. أو جرشة قوية في البولبرن.	يستبدل البولبرن.
٢- درجة حرارة جسم رأس التوليد عالية.	١- التأكد من سلامة شباك التهوية وقد يصل هواء ساخن الى شباك الدخول. ٢- التأكد من عدم زيادة الضغط المتولد عن ١٠٥% من الضغط الإسمي أثناء ربط الحمل. ٣- رأس التوليد محمل أكثر من طاقته.
٣- إهتزاز رأس التوليد.	التأكد من سلامة الكوبلن.
٤- صوت طنين وإهتزاز قويين. (قد يكون نتيجة صدمة قوية برأس التوليد).	١- التأكد من عدم وجود قصر كهربائي. ٢- التأكد من صلاحية الكوبلن. ٣- التأكد من سلامة الشفت. ٤- التأكد من كسر المروحة أو إرتخائها من الشفت. ٥- التأكد من سلامة الدايودات والـ AVR

الخطأ	التشخيص
٥- لا توجد فولتية على طرفي المولدة عند فصل الحمل عنها.	١- إحتمال فقدان المغناطيسية المتخلفة. يتم ربط بطارية جديدة على طرفي (E2 , E1) التي هي طرفي الـ (Exciter) لمدة (٣) ثواني. ٢- التأكد من صلاحية الـ (AVR). ٣- إحتمال وجود قطع في ملفات الأقطاب المغناطيسية الرئيسية. ٤- إحتمال وجود قطع في ملفات أقطاب المغذي الـ (Exciter).
٦- الفولتية على طرفي المولدة لا تصل الحد المقرر (القيمة الإسمية).	١- إفحص التوصيل الراجع من الضغط المتولد الى الـ (AVR). ٢- التأكد من سلامة الدايودات. ٣- التأكد من عدم وجود قصر في الآرميجر.
٧- الضغط المتولد منخفض جداً (بعد التأكد من دوران المحرك سرعته النظامية).	١- التأكد من صلاحية وسلامة الـ (AVR). ٢- قصر في ملفات الأقطاب المغناطيسية الرئيسية. ٣- قصر في الدايودات. ٤- قصر في ملفات أقطاب المغذي (Exciter).

الخطأ	التشخيص
٨- الضغط المتولد عالي جداً.	١- يتم تنظيم المنظم الخاص بالفولتية في الـ(AVR) . ٢- إحتمال تلف الـ(AVR) .
٩- الضغط المتولد يتذبذب إرتفاعاً وإنخفاضاً.	١- التأكد بتنظيم المنظم الخاص بالإستقرار (Stability). ٢- التأكد من إستقرار السرعة. ٣- التأكد من سلامة توصيل نقاط الربط. ٤- التأكد من إحتمال تلف الـ(AVR).
١٠- الضغط المتولد جيد في حالة عدم ربط الحمل بينما عند ربط الحمل بالمولدة ينخفض كثيراً جداً.	١- يتم تشغيل المولدة بدون حمل والتأكد من قيمة الضغط الواصل من (E- , E +) على الـ(AVR). ٢- التأكد من سرعة المحرك. ٣- التأكد من سلامة الدايودات. ٤- التأكد من عدم وجود قصر في الأقطاب المغناطيسية الرئيسية. ٥- التأكد من سلامة آرميجر الـ Exciter.

الصيانة الوقائية الضرورية (صيانة المحرك الميكانيكي أو الماكنة) الدورية
Preventive maintenance Periods

يفترض أن يتم الإطلاع على تعليمات الشركة المنتجة وإتباعها.

وعندما تعطى فترة مجال لصيانة معينة كحد أدنى و أعلى ، مثلاً يقول فحص كمية الماء في الراديتر يتم ما بين (٢٠- ٤٠) ساعة عمل ، فيفضل أن يؤخذ الحد الأدنى المعطى وهو (٢٠) ساعة. ويفضل أن يتم التأكد من عدم وجود تسرب أو تراخي في أي من براغي الشد أو صامولات الفتحات أو الجوزات في كل عملية صيانة.

الجدول الآتي يحتوي على حقول (A ، B ، C ، D ، E) مؤشر أزاءها بعلامة (×) للصيانة المطلوبة ، حيث يعني كل حقل فترة معينة ضرورية ، لإجراء تلك الصيانة مبينة كما يأتي :-

A- الصيانة الأولى بعد إستعمال المولدة ما بين (٢٠- ٤٠) ساعة عمل

B- كل يوم أو كل (٨) ساعات عمل

C- كل ستة أشهر أو كل (٢٠٠) ساعة عمل

D- كل (١٢) شهر أو كل (٤٠٠) ساعة عمل

E- كل (٢٠٠٠) ساعة عمل

ت	نوع الصيانة	E	D	C	B	A
١	التأكد من كمية سائل التبريد (الماء).				×	×
٢	فحص تركيز سائل التبريد ، إذا كان مانعاً للانجماد فيجب أن يستبدل على سنتين.		×			
٣	فحص قوة شد القايش.			×		×
٤	تنظيف غرفة الترسبات ومصفاة الفيول بمب.		×			
٥	التأكد من عدم وجود ماء في بداية مصفاة الكاز. أما إذا كان مصدر الكاز متسخ فيكون قبل هذه المدة.			×		
٦	تبديل المستلزمات لمصفاة الكاز.		×			
٧	التأكد من صلاحية النوزلات.	×				
٨	التأكد من منظم السرعة.					×
٩	فحص كمية الزيت (الدهن) .				×	
١٠	التأكد من قوة ضخ الزيت على جهاز قياس ضغط الزيت.				×	×
١١	تبديل الزيت (الدهن).		×			×

ت	نوع الصيانة	E	D	C	B	A
١٢	تبديل علبة مصفاة الدهن (الفلتر) .		X			X
١٣	تنظيف منظومة التنفيس. مع تنظيف منظف الهواء أو إفراغ فلتر الهواء من الغبار.	X				
١٤	التنظيف من الغبار بصورة دقيقة.				X	X
١٥	التنظيف الإعتيادي من الأتربة.			X		
١٦	تنظيف أو تبديل فلتر الهواء إذا لم يستوجب فترة قبل هذه.		X			
١٧	التأكد من نظافة منظومة التوربو.	X				
١٨	تنظيف فلتر الهواء للكومبرسر.			X		
١٩	التأكد من سلامة عمل الكومبرسر والعادم.	X				
٢٠	التأكد من سلامة عمل كل من الداينمو والسلف.	X				

تمرين عملي :

١- المطلوب تنفيذ خطوات إجراءات الصيانة الضرورية الدورية لمولدة ثلاثة أطوار.

٢- فتح غطاء رأس التوليد ومعاينة منظم الفولتية الأوتوماتيكي (AVR) وبقية نقاط الربط المعنية بالإهتمام والفحص.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين:

العُدد المطلوبة :-

١- سيت درنفيسات عدلة.

٢- سيت درنفيسات مربعة.

٣- سيت سباين.

٤- آلة فتح الفلاتر.

٥- فرشة صبغ.

المواد والأجهزة المطلوبة :-

١- مولدة ثلاثة أطوار بالحجم والنوع المتوفر.

٢- قطع قماش للتنظيف.

٣- مادة تنظيف سائلة كأن يكون بنزين.

٤- جهاز نفخ الهواء (بلاور) لتنظيف الأتربة.

أسئلة حول موضوع (مولدة الثلاثة أطوار)

س ١: متى نضطر الى استعمال مولدة ثلاثة أطوار بدل الطور الواحد؟

س ٢: كيف يكون ربط ملفات التوليد الثلاثة في مولدة الثلاثة أطوار؟

هل يكون على شكل نجمة (ستار) أم مثلث (دلتا)؟ ولماذا؟

س ٣: ما الفرق في تصميم محرك المولدة إذا كانت طور واحد أو ثلاثة أطوار؟

س ٤: ما هي أهم المقاييس التابعة للمحرك الميكانيكي (الماكنة) ؟

س ٥: ما هي أهم المتحسسات (الجوزات) الواجب توفرها في المحرك الميكانيكي؟

س ٦: ما هو العامل الذي يتحكم في تردد الضغط الكهربائي المتولد؟

س ٧: ما هو جهاز منظم السرعة والتردد (Governer)؟

س ٨: ما هي الأجزاء الرئيسية التي تتكون منها منظومة جهاز منظم السرعة (الكوفرنر) ؟

س ٩: ماذا تعني لك كلمتي (Engine) و (Alternator) ؟

س ١٠: مم تتغذى الأقطاب المغناطيسية الثابتة لمولدة الثلاثة أطوار؟

س ١١: ما هو المغذي (Exciter) ؟

س ١٢: ما هي أجهزة القياس الكهربائية المهمة الواجب تثبيتها في لوحة سيطرة مولدة الثلاثة أطوار؟

س ١٣: ما هو جهاز التنظيم الآلي للضغط (AVR)؟

س ١٤: ما هي ظواهر إستهلاك البولبرنك؟

س ١٥: ما هي أسباب زيادة درجة حرارة رأس التوليد عن وضعها الطبيعي؟

س ١٦: ماذا يعني لك الكوبلن؟

س ١٧: ما هو إحتمال الخطأ أو العطل عندما لا يوجد ضغط كهربائي على طرفي المولدة أثناء عدم ربط الحمل؟

س ١٨: ما هو إحتمال الخطأ أو العطل عندما نلاحظ أن الضغط الكهربائي المتولد عالي جداً.

س ١٩: ما هو إحتمال الخطأ أو العطل عندما يتذبذب الضغط الكهربائي المتولد ، صعوداً ونزولاً؟

س٢٠:إذا كان الضغط الكهربائي المتولد جيد في حالة عدم الحمل ، بينما عند ربط الحمل ينخفض كثيراً ، فما الأسباب المحتملة؟

س ٢١: ما هي أهم إجراءات الصيانة اليومية لماكنة المولدة (Engine) ؟

س ٢٢: ما هي المدة الواجب تبديل الدهن فيها؟

س ٢٣: ما هي المدة الواجب تبديل فلتر الدهن فيها؟

س ٢٤: ما هي المدة الواجب تبديل فلتر الهواء فيها؟

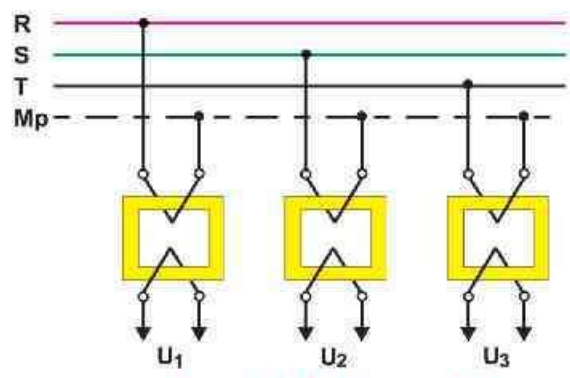
س ٢٥: ما هي المدة الواجب فحص وضبط سلامة عمل كل من الداينمو والسلف؟

التدريب على ربط وصيانة محولات القدرة ذات الثلاثة أطوار

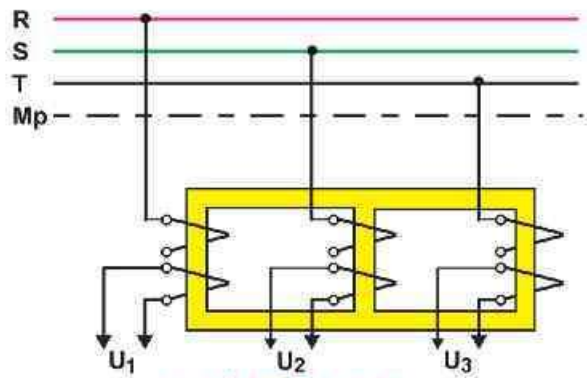
مجموعة من المحولات الكهربائية

درسنا في الصف الثاني محولات الطور الواحد (ذات القدرة الصغيرة). والآن سندرس محولات الثلاثة أطوار (Three Phase Transformers) وهي بالحقيقة مكونة من ثلاث محولات ذات طور واحد متماثلة ، ويتم جمعها في محول واحد للإستفادة منها من الناحية الإقتصادية والفنية.

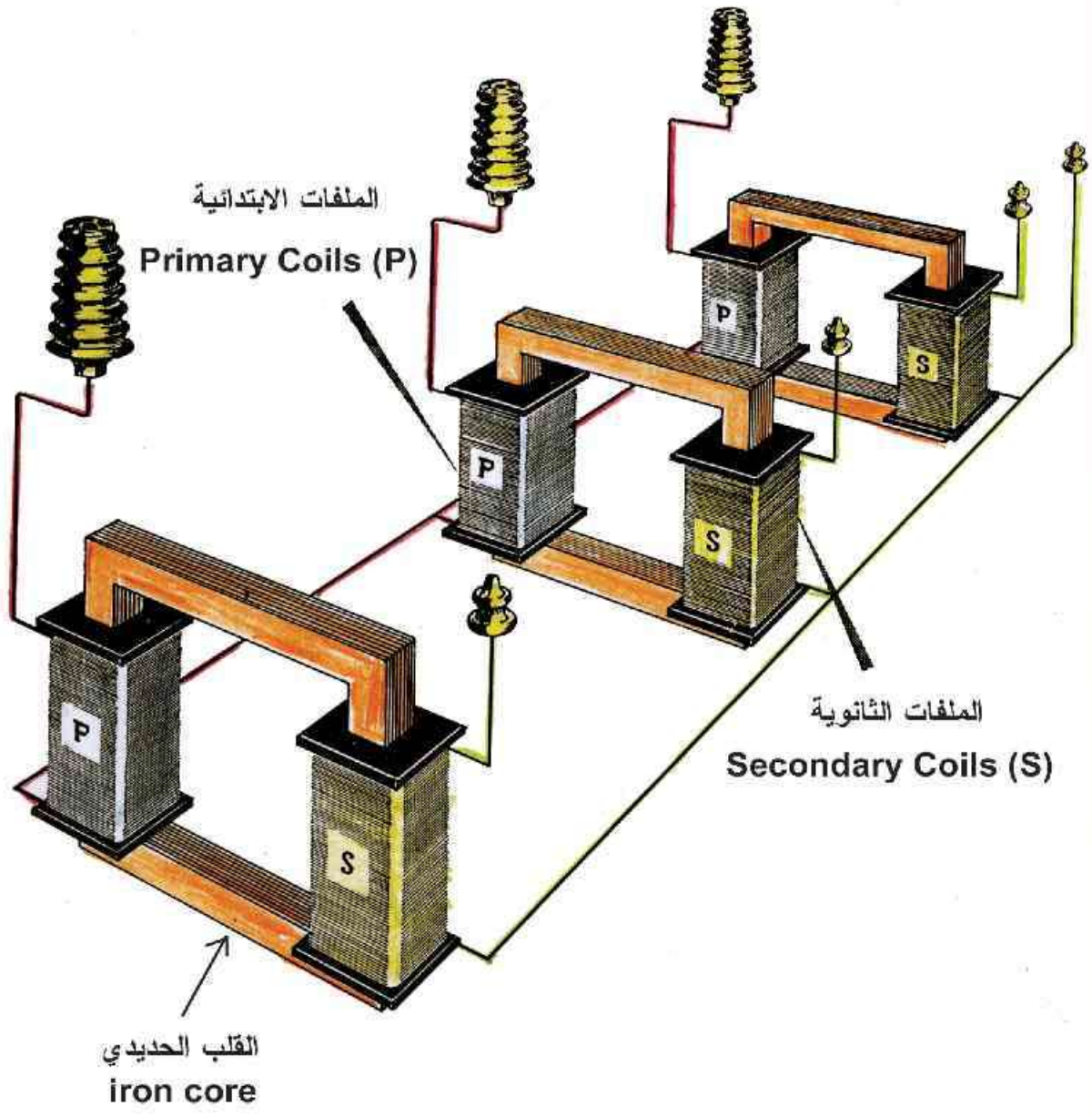
وتعمل بالنظرية السابقة نفسها لمحولات الطور الواحد حيث تدخل القدرة الكهربائية الى الملفات الابتدائية (الثلاثة) وتؤخذ كقدرة خارجة من الملفات الثانوية وبتأثير المجال المغناطيسي المتغير نتيجة سريانه في القلب الحديدي وقطعه للملفات الثانوية بعد فقدان قسم من القدرة الكهربائية الداخلة ، بسبب المفاقيد الحديدية والنحاسية الحاصلة في المحول ، وتكون ملفات المحول الإبتدائية والثانوية معزولة فيما بينها وبين القلب الحديدي(iron core)



ثلاث محولات ذات طور واحد

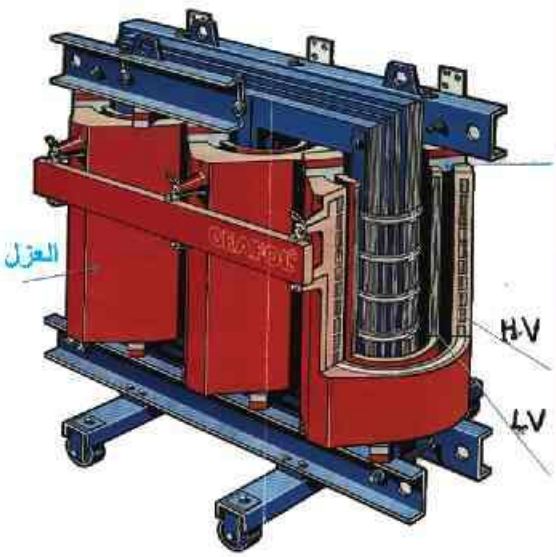


محولة ذات ثلاثة أطوار


الملفات الابتدائية
Primary Coils (P)
P
S
P
S
P
S
الملفات الثانوية
Secondary Coils (S)
القلب الحديدي
iron core

نقاط توصيل الضغط العالي H.T
ملفات الضغط العالي
نقاط توصيل الضغط الواطئ L.T
ملفات الضغط الواطئ
القلب الحديدي
خزان المحول

تكون ملفات الضغط الواطئ (الثانوي) وبحدود (٤٠٠) فولت في الداخل بعد القلب الحديدي وفوقها ملفات الضغط العالي(الإبتدائي) بحدود (١١ ٠٠٠) فولت .



يبين الشكل وضع الملفات الابتدائية والثانوية

(Low Voltage) L . V الضغط الواطئ

(High Voltage) H . V الضغط العالي

بالامكان تنظيم الضغط الثانوي الواصل الى الحمل الذي هو بحدود (٣٨٠) فولت الذي يتأثر بتغير الحمل وذلك بتغير عدد لفات الملف الإبتدائي (جبهة الضغط العالي) وبحدود ٤% من عدد اللفات بواسطة مفتاح متعدد الإختيارات لتحديد عدد اللفات ويكون موقعه فوق غطاء الخزان العلوي الخارجي وكما موضح في الشكل الآتي :-

عتلة يدوية دوارة لتنظيم الضغط

قفل خاص بفني الصيانة

نسبة التنظيم

لغرض إجراء عملية تنظيم الضغط الثانوي لكلا الحالتين (رفع او خفض) تتبع الخطوات الآتية :-

١- قياس الضغط الثانوي عند وجود الحمل.

٢- فصل الحمل عن المحولة وقياس الضغط الثانوي.

٣- تنظيم الضغط وقياسه حسب ما مطلوب.

٤- إعادة ربط الحمل وقياس الضغط النهائي المطلوب.

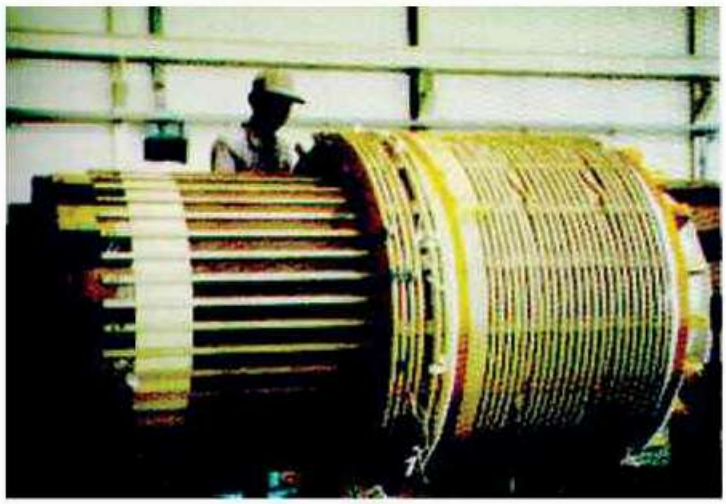
توضع الملفات (الإبتدائية والثانوية) في خزان مملوء بالزيت الذي يكون بمواصفات خاصة ، باعتباره كعازل جيد ولتبريد الملفات عند ارتفاع حرارتها عند الاشتغال.

ماكنة لف ملفات محولات الضغط العالي

خزان المحول والملفات والعوازل المستعملة

تختلف محولات الثلاثة أطوار عن الطور الواحد بانها تستعمل تحت ضغوط عالية وعالية جداً من (11 kv ولغاية 400 kv أو أكثر والذي يسمى بالضغط الفائق).

وكلما زاد الجهد الكهربائي زادت الحاجة إلى استعمال مواد عازلة ذات متانة جيدة ومقاومة أعلى.



مصنع لصنع المحولات ذات القدرات العالية

تقاس المحولات الكهربائية بوحدة الكيلو فولت امبير (KVA) وليس بوحدة الكيلو واط (KW) لان الخسائر التي تحدث في المحولات مستقلة عن عامل القدرة (cos ø) والاحمال التي سيتم توصيلها بالمحولات الكهربائية لاتكون معروفة أبداً للشركة المصنعة في وقت تصميم المحولات.

محولة كهربائية ثلاثية الاطوار

ان الإقتصاد في نقل القدرة الكهربائية عبر مسافات طويلة يتطلب استخدام ضغوط عالية لخفض التيار لان القدرة عالية جداً لتلبية متطلبات الإستهلاك للطاقة الكهربائية (من دور سكنية بجميع مستلزماتها الكهربائية ومصانع ودوائر وانارة الشوارع وغيرها).

التي تحتاج الى تيار عالٍ يستدعي استعمال أسلاك غليظة جداً يصعب حملها على أعمدة فضلاً عن كلفتها العالية.

لذا يتم تقليل قيمة التيار وحجم السلك والكلفة ، برفع الضغط الكهربائي .

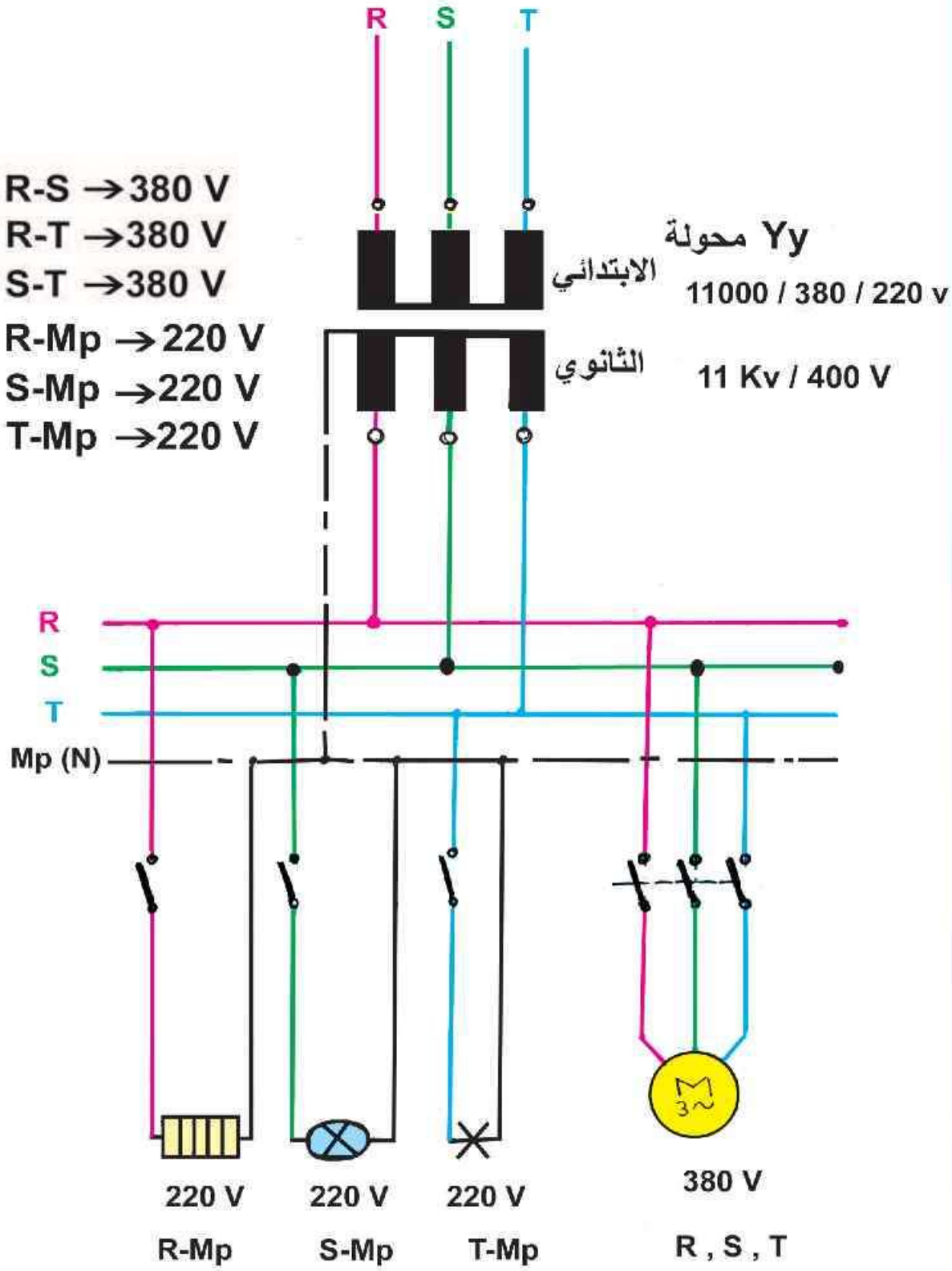
محطة ثانوية Sub Station

لاننا نأخذ بنظر الإعتبار المسافات الطويلة التي تصل الى مئات أو آلاف الكيلومترات لنقل الطاقة الكهربائية بين المدن واحيانا بين الدول.

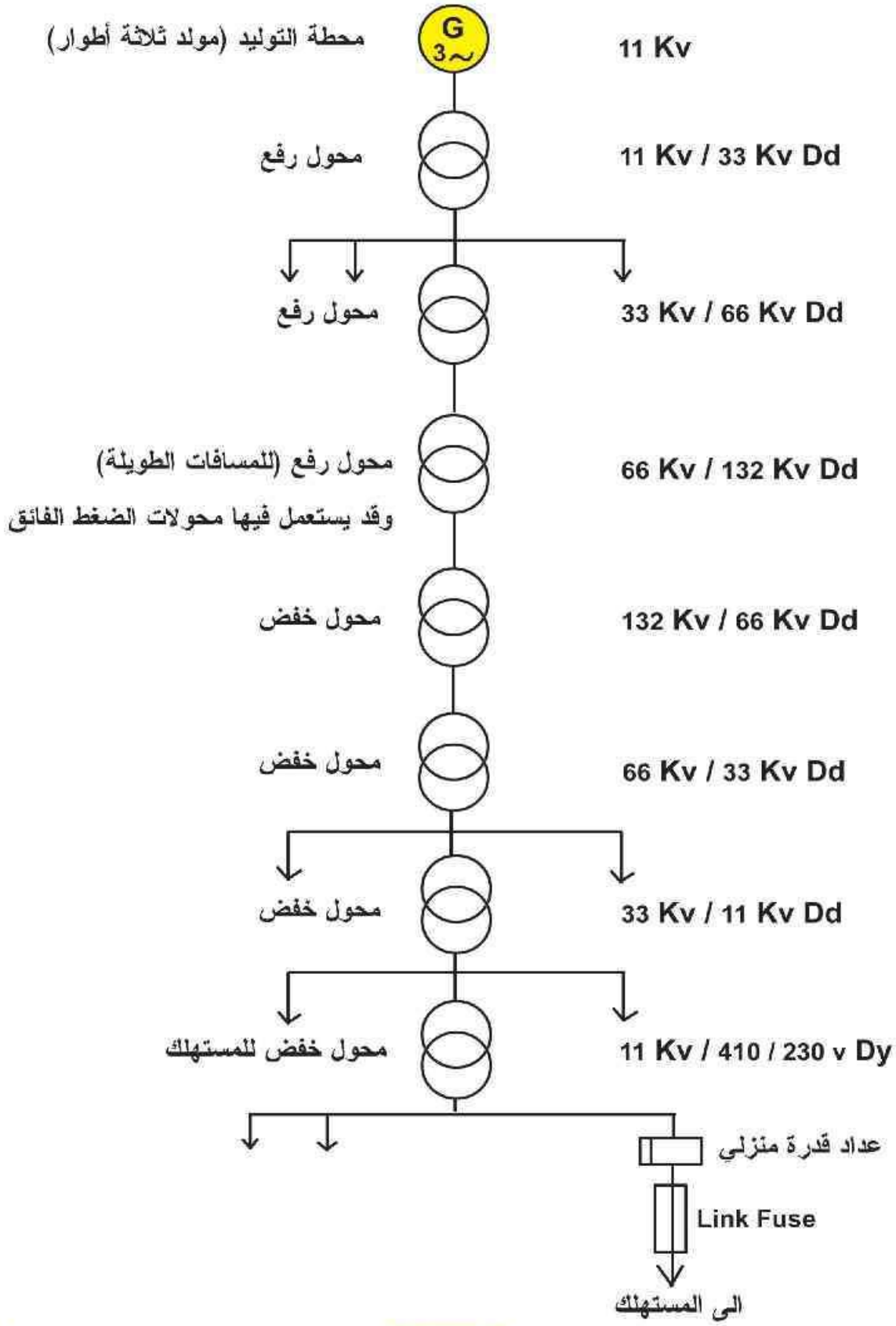
وعمل المحولة هنا لرفع الضغط مع تقليل التيار لان القدرة الداخلة (S1) تساوي القدرة الخارجة (S2) ($S1=S2=I.V$) وكذلك لتقليل الفقدان في الجهد الكهربائي خلال نقل الطاقة الكهربائية.

فكلما زادت المسافة تطلّب زيادة الضغط حيث يصل عبر المسافات البعيدة إلى (400 kV) الذي يسمى بالضغط الفائق بينما المحطات الثانوية للمسافات ما بين محطة التوليد والمستهلك تتراوح بين (11 kV) الى (33 kV) ثم (66 kV) ثم (132 kV) بالقيم نفسها تنخفض لتصل الى المستهلك بـــ (380 V و 220 V).

لنقل الطاقة الكهربائية عبر المسافات الطويلة تحتاج إلى ثلاثة خطوط فقط بدون السلك المحايد. اما المحولات التي توصل الطاقة إلى المستهلك فتحتاج الى النقطة المحايدة (MP) للإستفادة منها للحصول على ضغط ذو طور واحد (220 V) الذي يؤخذ من احد الخطوط الرئيسية (R,S,T) والسلك المحايد (MP) ، فتكون المحولة المستعملة من نوع (دلتا / ستار) (Dy) أو ستار / ستار (Yy) ، الحالة التي تستوجب أن يكون الملف الثانوي دائما على شكل نجمة (ستار) حيث تكون أطراف الملف الإبتدائي (R,S,T) وأطراف الملف الثانوي (R,S,T,MP) وكما موضح في المخطط الكهربائي الآتي :

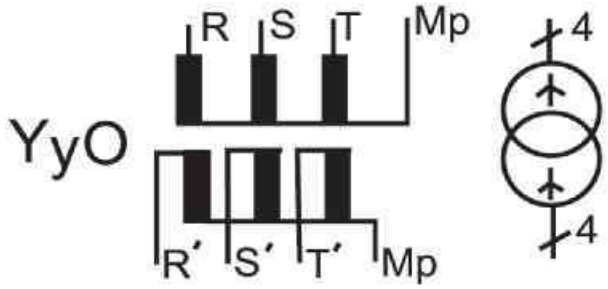

R S T
R-S →380 V
R-T →380 V
S-T →380 V
R-Mp →220 V
S-Mp →220 V
T-Mp →220 V
Yy محولة
الابتدائي
11000 / 380 / 220 v
الثانوي
11 Kv / 400 V
R
S
T
Mp (N)
220 V
220 V
220 V
380 V
R-Mp
S-Mp
T-Mp
R , S , T

مخطط يبين مراحل استعمال المحولات وتوزيعها في نقل القدرة الكهربائية

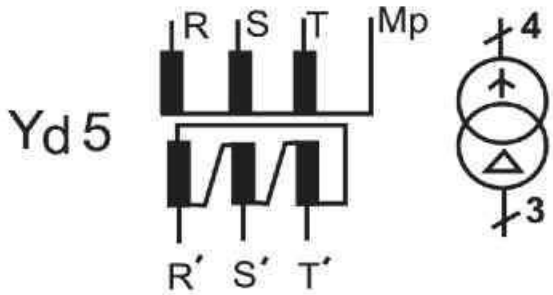


طرق ربط المحولات واستعمالاتها

١- ستار / ستار (**Yy**) يوصل الملف الإبتدائي على شكل نجمة (ستار) (**Star**) ومن هذا النوع (**Yyo**) التي تعتبر محولات توزيع صغيرة وذات حمل متوازن وتكون رخيصة الثمن ولا تصنع لقدرات أكثر من (٢كيلوفولت امبير) وتمثل بالشكل الآتي :

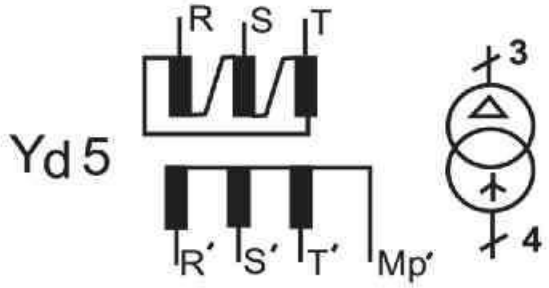


٢- ستار / دلتا (**Yd**) يوصل الملف الإبتدائي على شكل نجمة والثانوي على شكل مثلث (دلتا) ومن هذا النوع (**Yd5**) التي تعتبر محولات ذات قدرة عالية وتستعمل في خطوط نقل الطاقة الكهربائية ذات الضغط العالي وللمسافات البعيدة وتمثل بالشكل الآتي :

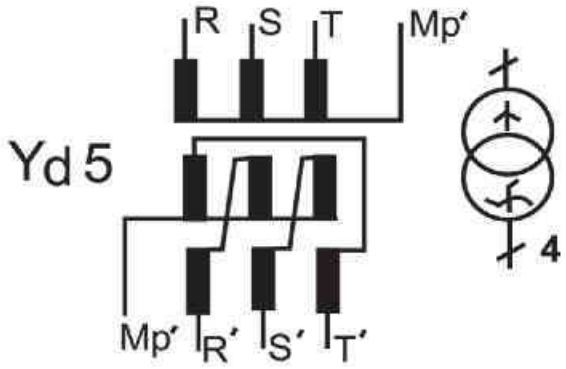


٣- دلتا / ستار (**Dy**) يوصل الملف الإبتدائي على شكل مثلث (دلتا) والثانوي على شكل نجمة (ستار) ومن هذا النوع (**Dy5**) الذي يعتبر من المحولات المرتفعة الثمن وتصنع لقدرات

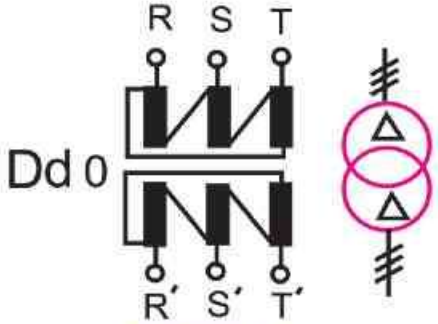
أكثر من (25) كيلوفولت امبير وتكون قليلة التأثر في حالة اختلاف الأحمال على الأطوار الثلاثة وتتمثل بالرسم الآتي :



٤- ستار / زكزاك (Yz) توصيله المتعرج (الزكزاك) تختلف عن بقية المحولات ، يكون الملف الابتدائي موصل على شكل نجمة والثانوي يتكون من نصفين موضوعين على عمودين مختلفين النصف الأول يربط على شكل ستار وبدوره مع النصف الثاني بشكل متعرج ومن هذا النواع (Yz5) التي تعتبر أيضاً من المحـولات ذات الكلفـة العالية وتصنع لقدرات لا تزيـد عـن (250) كيلوفولت امبير ، وهي لا تتأثر باختلاف الأحمال وتمثل بالشكل أدناه.

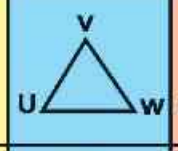
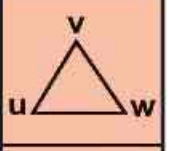
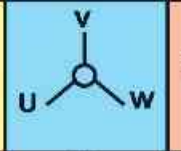
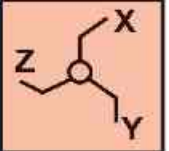
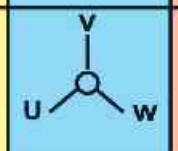
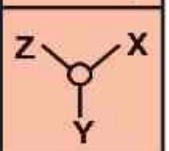
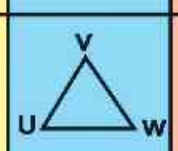
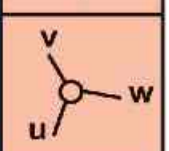


٥- دلتا / دلتا (Dd) يوصل الملف الابتدائي على شكل مثلث (دلتا) (Delta) والثانوي أيضاً مثلث ومن هذا النواع (Dd5) الذي يتميز بالكلفة العالية لذا يكون قليل الإستعمال وفي حالات خاصة.



المحولات الثلاثية الطور تقسم إلى أربعة مجموعات حسب زاوية إنحراف الملف الثانوي عن الإبتدائي التي هي (11, 6 , 5 , 0) تمثل الزاوية التي ينحرف بها الملف حيث يضرب الرقم × ٣٠ليعطينا زاوية الانحراف التي تقلل من المضاعفات الهارمونية والتي تؤدي الى إرتفاع درجات الحرارة في المحول ويرمز للمحولات بحرفين الأول كبير يمثل نوع ربط الملفات الابتدائية والثاني صغير يمثل نوع ربط الملفات الثانوية ثم الرقم الذي بجانبهما يدل على مقدار زاوية الإنحراف .

بعض أنواع توصيل ملفات المحولات

زاوية الانحراف	الرمز	الابتدائي	الثانوي
0	Dd 0		
5	Yz 5		
6	Yy 6		
11	Dd 11		

مثال (Yz5) :-

Y - الحرف الأول الكبير يمثل نوع ربط الملف الابتدائي في هذه الحالة نجمة

Z - الحرف الثاني صغير يمثل نوع ربط الملف الثانوي في هذه الحالة متعرج

5- تمثل المجموعة الثانية الدالة على زاوية انحراف الملف الثانوي عن الابتدائي عندما يضرب × ٣٠ يعني (٥ × ٣٠ = ١٥٠°) إذن في هذه الحالة يكون الملف الثانوي منحرف عن الابتدائي بزاوية قدرها ١٥٠°.

لزيادة القدرة يتم ربط المحولات مع بعضها على التوازي باتباع الشروط المبينة في ادناه :-

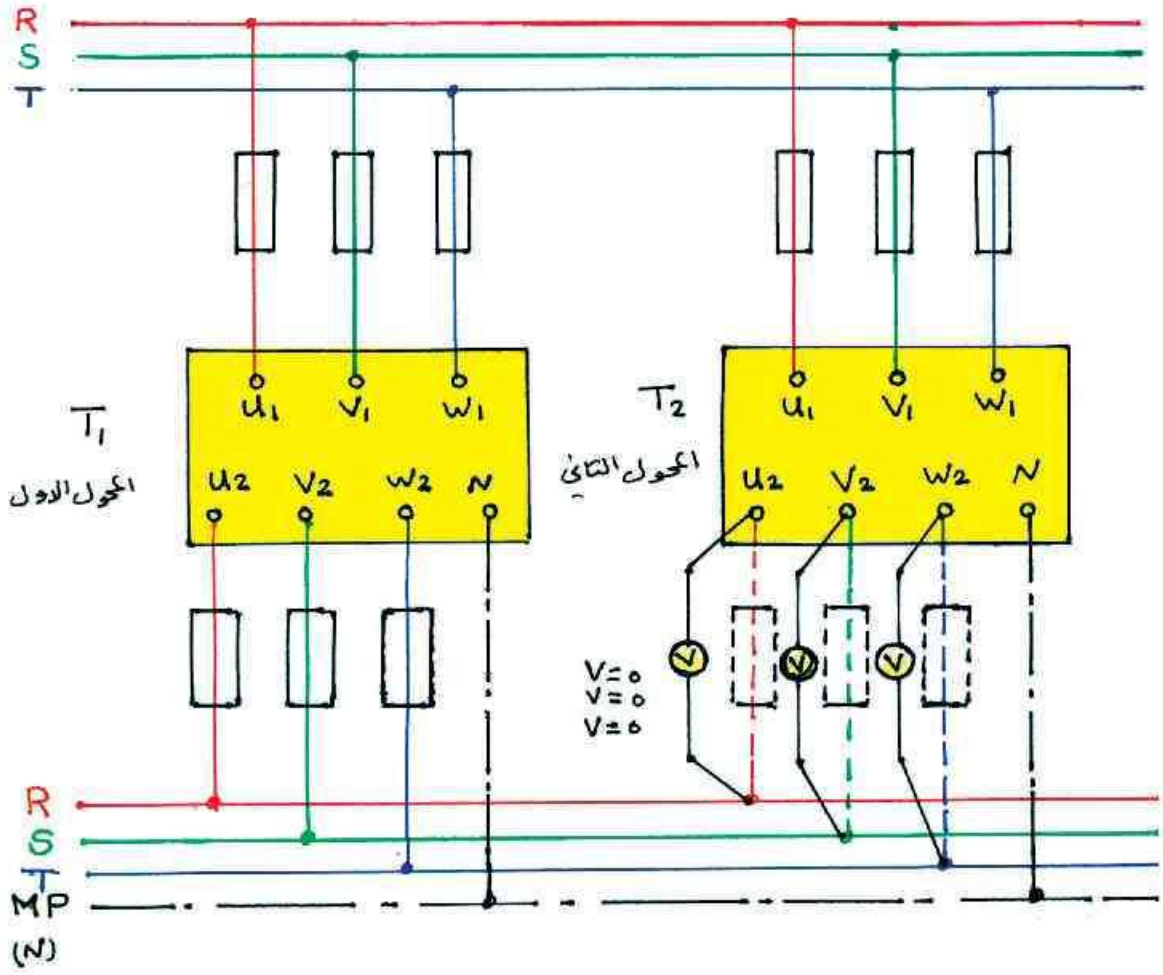
١- ان تكون الضغوط الابتدائية والثانوية لكل منهما متساوية.

٢- ان تكون الأطراف متماثلة ، ويمكن فحصها بواسطة جهاز (الفولت ميتر) يؤخذ طرف من المحول الأول وطرف من المحول الثاني فإذا كان مقدار الضغط بينهما يساوي (صفراً) يعني ان المحولتين متماثلتان.

٣- تكون نسبة التحويل متساوية لكل منهما.

٤- ان يكون جهد القُصر لكل منهما متساوٍ (مثبت على لوحة التسمية).

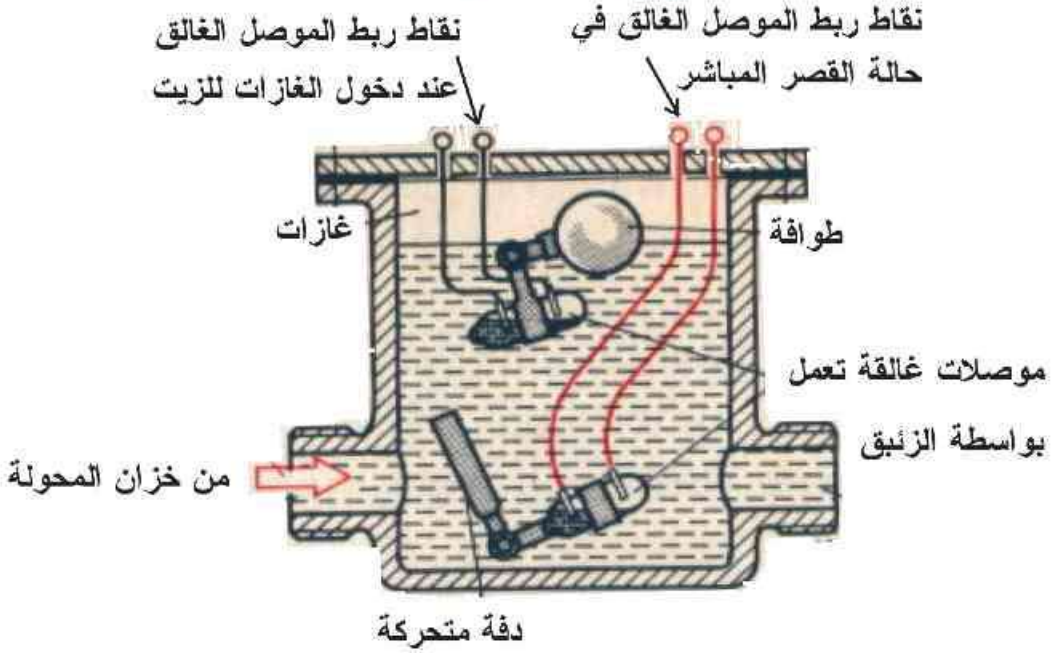
٥- أن يكون توصيل المحولتين من مجموعات التوصيل الأربعة نفسها.



رلي (بوخهولتس) Buchholz Relay

عبارة عن جهاز مثبت داخل إنبوب امرار الزيت بين المحول وعلبة التمدد ، يحتوي في داخله على موصلات مساعده تعطي إشارات وايعازات عن طريق نقاط ربط خارجية إلى مصابيح إشارة ومفاتيح اوتوماتيكية لفصل المصدر عن المحولة في حالة حدوث عطب معين لتفادي تلف المحولة الذي قد يؤدي الى انفجارها نتيجة إرتفاع درجة الحرارة أكثر من الحد المقرر.

رلي (بوخهولتس)



التركيب الداخلي لرلي (بوخهولتس)

محتويات الرلي :-

١- طوافة خاصة تتأثر بزيادة الغازات الموجودة في الخزان وتغير لزوجته وكذلك إنخفاض مستوى الزيت.

٢- بوابة متحركة تتأثر بزيادة ضغط ضخ الزيت نتيجة الإرتفاع العالي في درجة الحرارة.

رلي (بوخهولتس)

الأخطاء الممكن حدوثها في المحولة التي يعمل من جرّائها رلي (بوخهولتس) على فصل المصدر وقطع التيار الكهربائي عنها :-

١- قصر في صفائح القلب.

٢- تلف عوازل القلب والملفات والعوازل الخزفية داخل الخزان وغيرها.

٣- إرتفاع حرارة الملفات جرّاء زيادة الحمل.

٤- رداءة نقاط الربط.

٥- قصر بين الأطوار.

٦- تسرب أرضي.

٧- إنخفاض مستوى الزيت.

٨- دخول هواء الى منظومة الزيت.

الحالات التي يتأثر الرلي من خلالها ويعمل على إيصال الإشارات :-

١- تغير حالة لزوجة الزيت نتيجة دخول الغازات.

٢- إنخفاض مستوى الزيت نتيجة التسرب.

٣- زيادة ضغط ضخ الزيت نتيجة التمدد المفاجئ.

رلي بوخهولتس

صيانة محولات الثلاثة أطوار

١- ملاحظة وجود كمية الرطوبة في الزيت من خلال الزجاجة الشفّافة التي تحتوي على مادة السليكات ذات (لون أزرق) فعند وجود كمية من الرطوبة داخل الزيت يتغير لونها إلى (الأحمر البني) فإذا كانت نسبة الرطوبة عالية جداً تفرغ محتويات المحول من الزيت ويستبدل بزيت جديد ذات مواصفات خاصة والموضحة كما يأتي :-

أ- مقاومة العزل : كلما كان الزيت خالياً من الرطوبة كان استعماله أفضل للضغوط العالية.

ب- السيولة أو الكثافة : كلما كانت سيولـــة الزيت أكثر (الكثافة أقل) كلما كـــان أكثر نقلاً للحرارة.

جـ - أن يكون خالياً من الشوائب.

د- يجب أن تكون النسبة المئوية لتبخر الزيت أقل ما يمكن.

هـ- درجة اشتعال الزيت يجب أن تكون عالية.

و- يكون صالحاً للاستعمال كلما كانت حرارته النوعية عالية.

أهم خاصية للزيت هي مقاومة العزل أو ما يسمى (بضغط التفريغ) الذي يكون بحدود (٢٠ كيلوفولت / ملم) ضغط التفريغ للزيت يهبط بصورة مفاجئة بسبب الرطوبة أو المواد الغريبـــة العالقة فيه.

وتزداد قابليته لإمتصاص الرطوبة بارتفاع درجة الحرارة.

٢- عدم زيادة الحمل والذي يؤدي الى سريان تيار في ملفات المحول أكبر من التيار الإسمي مما يؤدي الى ارتفاع درجة الحرارة وتلف ملفات المحول لهذا يتطلب وضع أجهزة وقاية في المحولات لفصل المحول عن الشبكة بصورة سريعة قبل تلفه مثلاً استعمال رلي بوخهولتس.

الأخطاء الممكن حدوثها في المحول :

١- تسرب رطوبة إلى الزيت.

٢- حدوث تماس بين الملفات ذاتها.

٣- حدوث تماس بين الملفات وجسم المحول.

معالجة الأخطاء الممكنة أعلاه :

١- بالنسبة الى الزيت :-

أ- يلاحظ لون السليكات ، عند وجود الرطوبة يتغير لونها إلى الأحمر البني.

ب- يقاس ضغط التفريغ في الزيت بواسطة جهاز فحص ضغط التفريغ (Oil dielectric tester).

جـ- قياس لزوجة الزيت (الكثافة) بواسطة الجهاز الخاص (Viscometer).

٢- تقاس مقاومة الملفات للتأكد من سلامتها من عدم وجود تماس ، وذلك بواسطة أوميتر الكتروني دقيق لقياس المقاومات الصغيرة.

٣- يتم التأكد من عدم وجود تماس بين الملفات وجسم المحول ، وذلك بواسطة جهاز قياس العوازل (الميكر).

تمرين عملي

المطلوب : فتح محول ثلاثة أطوار ومشاهدة الأجزاء الداخلية للمحول وتحديد كل من الملف الابتدائي والثانوي والتأكد من سلامة المحولة من الأخطاء الممكن حدوثها :-

١- سلامة الزيت.

٢- سلامة الملفات.

٣- سلامة عزل الملفات عن جسم المحولة.

٤- فحص اداء بوخهولتس رلي.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :

أ- العُدد المطلوبة :

١- سيت درنفيسات عدلة ومربعة.

٢- سيت سباين.

٣- بلايس.

ب- المواد والأجهزة المطلوبة :-

١- محولة ثلاثة أطوار 11 KV / 400 V .

٢- جهاز فحص ضغط التفريغ في الزيت. (Oil dielectric tester)

٣- جهاز اوميتر الكتروني دقيق خاص لقياس المقاومات الصغيرة.

٤- جهاز قياس العوازل (ميكر) .

٥- جهاز آيفومتر اعتيادي.

٦- جهاز فحص لزوجة الزيت (Viscometer) .

٧- كمية مناسبة من زيت المحولات لغرض فحص ضغط التفريغ فيه ولزوجته.

جهاز فحص لزوجة الزيت
(Viscometer)

جهاز فحص ضغط التفريغ في الزيت
(Oil dielectric tester)

أسئلة حول صيانة محولات القدرة

س ١: بماذا تختلف محولات الطور الواحد عن الثلاثة أطوار ؟

س ٢: كيف يتم ربط المحولات ذات الثلاثة أطوار (محولات القدرة) ، التي بواسطتها تغذي المنازل والمعامل؟ وما هي الضغوط المستعملة ؟

س ٣: ماذا نعني بمحول Dy5 ، Yy0 ؟ واين تستعمل ؟

س ٤: كيف يتم صيانة المحولات ذات الثلاثة أطوار ؟

س ٥: ما هي الضغوط العالية المستعملة والمطلوب رفعها وخفضها من محطة التوليد وصولاً الى المستهلك ؟

س ٦: ما المقصود برلي (بوخهولتس) ؟ وما الفائدة منه ؟

س ٧: ما هي محتويات رلي بوخهولتس ؟

س ٨: عدد الأخطاء الممكن حدوثها في المحولة .

س ٩: ما هي الحالات التي يتأثر من خلالها رلي بوخهولتس ؟

س١٠ : لماذا تقاس المحولات الكهربائية بوحدة الكيلو فولت امبير وليس بوحدة الكيلو واط ؟

التدريب على استعمال اجهزة قياس السرعة

(الالكترونية – الميكانيكية – الضوئية)

قبل الدخول في طرق استعمال أجهزة قياس السرعة لابد من القاء نظرة على أساليب تنظيم سرعة المحركات والعوامل المؤثرة فيها ليتسنى تحديدها وقياسها ضمن الاجهزة الخاصة بذلك.

عملياً لا يمكن تنظيم سرعة المحرك بالطرق الإعتيادية التي تعلمناها سابقاً بتشغيلها مباشرة على الشبكة كون ان سرعته تتحدد بعدد الأقطاب وتردد الشبكة ، كما في القانون الآتي :-

$$\text{عدد دورات المجال المغناطيسي} = \frac{60 \times \text{التردد}}{\text{عدد أزواج الاقطاب}}$$

$$Ns = \frac{60 \times F}{P}$$

حيث ان **Ns** تمثل سرعة دوران المجال المغناطيسي الحاصل في الجزء الثابت وهي ليست السرعة الفعلية (n) المثبتة عادة على لوحة التسمية للمحرك ، لذلك يمكن القول اننا نستطيع التحكم بسرعة دوران المحرك بالسيطرة على أحد العوامل الآتية :-

١- عن طريق تنظيم التردد ويتم ذلك بواسطة أجهزة خاصة.

٢- عن طريق تغيير عدد الأقطاب المغناطيسية بواسطة مفاتيح خاصة سنأتي على ذكرها مع الدوائر الكهربائية الخاصة بها.

٣- عن طريق وضع تروس مسننة (دشالي) تزيد أو تقلل السرعة حسب قطر ومحيط التروس المستعملة ، فاذا كان محيط الكبير مثلاً خمسة أضعاف محيط الصغير تتغير السرعة بنسبة (1: 5) و (5: 1) وهكذا ، ومثال ذلك مثرمة اللحم والمثقب الكهربائي والمخرطة والمصاعد الكهربائية وما شابه ذلك .

٤- هناك محركات خاصة في تصميمها يتم من خلالها السيطرة على السرعة بتغيير الضغط الواصل الى المحرك كأن يكون ربط مقاومات متغيرة قبله وطرق أخرى.

تغيير قيمة التردد في المحركات

يجب أن يعمل أي محرك بقيمة الضغط والتردد نفسها التي تمّ حسابها في تصميم المحرك فإذا كان المحرك مصمم للتشغيل على (380 فولت / 50 هيرتز) وتم تشغيله بالضغط نفسه ولكن بتردد (60 هيرتز) ، في هذه الحالة سيعمل المحرك بقدرة اقل وبالنتيجة إذا تم تحميله بحمل كامل سيؤدي الى إرتفاع درجة الحرارة وتلف المحرك ، مع ملاحظة ان سرعة المحرك سترتفع تبعاً لقانون السرعة :-

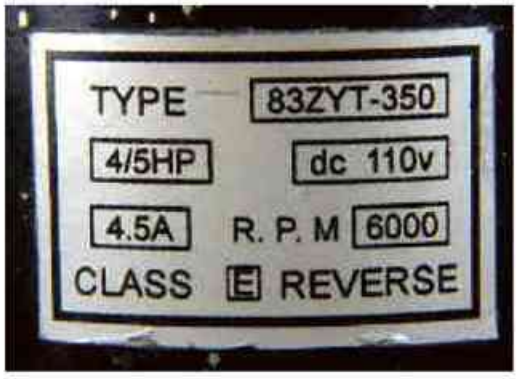
$$Ns = \frac{60 \times F}{P}$$

فمثلاً إذا كان المحرك (٢) قطب في حالة تشغيله على (50) هيرتز تكون سرعته (3000) دورة / دقيقة ، اما إذا اشتغل على تردد (60) هيرتز فستكون سرعته (3600) دورة / دقيقة .

والعكس صحيح أيضاً فاذا كان المحرك مصمماً على (380 فولت / 60 هيرتز) وتم تشغيله على (380 فولت / 50 هيرتز) سترتفع قدرته وترتفع أيضاً درجة حرارته ويؤدي كذلك الى إنخفاض سرعته من (3600) دورة / دقيقة الى (3000) دورة / دقيقة والى تلف ملفاته.

تغيير السرعة بالتحكم في قيمة التردد

ويتم ذلك باستعمال جهاز (Speed – Control) وهو يتحكم الكترونياً في قيمة التردد ، ويمكن بواسطته رفع قيمة التردد ويبقى المحرك يعمل بالكفاءة نفسها ودون إرتفاع في درجة حرارته وهو يتحكم أيضاً في الضغط بحيث كلما زاد التردد يزداد معه الجهد لكي تبقى القدرة ثابتة وكلما انخفض التردد ينخفض الجهد بنسب محددة تجعل عمل المحرك بكفاءته الطبيعية في كل السرعات.



الآن نريد أن نحدد بالضبط مقدار السرعة الفعلية التي هي أصلاً تهمنا عملياً لأن اداء الماكنة يعتمد على سرعة المحرك ولضمان الأداء الصحيح والإنتاج الجيد علينا في حالات كهذه استعمال أجهزة خاصة لتحديد السرعة الفعلية لمحور الدوران وهذه الأجهزة تختلف فيما بينها بالتركيب واسلوب العمل ودقة القياس.

نماذج مختلفة من أجهزة قياس السرعة

(٢) أجهزة قياس السرعة

أ - الأجهزة الالكترونية الرقمية :-

تحتوي على محور دوران ينتهي بقطعة مطاطية يمكن استبدالها باشكال مختلفة تكون مناسبة لملامستها محور دوران المحرك المراد قياس سرعته ، يعمل هذا المقياس على توليد ق.د.ك في داخله لتظهر النتيجة على شكل أرقام تمثل عدد دورات المحرك في الدقيقة الواحدة.

ب- الأجهزة الميكانيكية :-

شكلها الخارجي وطريقة ملامستها للمحرك الذي يراد قياس سرعته تكون مشابهة لذلك الالكتروني الرقمي ولكن تركيبها الداخلي يكون بطريقة ميكانيكية وتظهر النتيجة بشكل مؤشر كمؤشر أجهزة قياس الضغط أو التيار ليقف عند الرقم المناسب لعدد الدورات في الدقيقة الواحدة. ومنها ما يظهر نتائجه على شاشة رقمية.

ج- الأجهزة الضوئية :-

عبارة عن جهاز باعث ضوئي مشابه (للتورج لايت) يرسل اشعاعات منها أشعة فلورية وأخرى تبعث أشعة تحت الحمراء وتكون متذبذبة ويمكن التحكم بذبذبتها بالثانية والدقيقة.

تلصق قطعة صغيرة من شريط ورقي على جانب من محور دوران المحرك المراد قياس سرعته أثناء توقفه ثم تشغيله ليدور بالسرعة المراد قياسها ويوجه الإشعاع الضوني على ذلك الشريط ، فعندما نرى قطعة الشريط اللاصق وكأنها واقفة لا تتحرك (بسبب توافق سرعة ظهور الشريط مع تردد انبعاث الضوء) عندها نلاحظ مقدار التذبذب الإشعاعي الذي يدل على سرعة دوران ذلك المحرك المراد قياس سرعته.

الجهاز نفسه يمكن استعماله للحالتين الالكترونية بواسطة القطعة المطاطية الملامسة للمحور وبالوقت نفسه يمكن استعماله ضوئياً

هذه المروحة تدور عند تسليط الإشعاع عليها تبدو وكأنها واقفة وذلك لتوافق دورانها مع تردد الإشعاع

تمرين عملي

المطلوب ربط وتشغيل محرك وقياس سرعته ، بواسطة كل من أجهزة قياس السرعة الالكترونية والميكانيكية والضوئية

المستلزمات المطلوبة :-

العُدد المطلوبة :-

١- كتر.

٢- بلايس.

٣- درنفيس عدل.

٤- درنفيس مربع.

٥- قاشطة.

٦- لاوية.

٧- مخصف.

٨- مطرقة صغيرة.

٩- مسطرة قياس أو فيتة.

المـــــواد :

١- جهاز قياس السرعة الكتروني أو ذو مؤشر.

٢- جهاز قياس السرعة ضوئي.

٣- جهاز قياس السرعة ميكانيكي.

٤- أسلاك للتوصيل.

٥- محرك (حسب المتوفر).

٦- مفتاح سيركت بريكر لحماية المحرك عند تشغيله.

٧- براغي لتثبيت الأجهزة.

أسئلة عن موضوع أجهزة قياس سرعة المحركات

س ١: ما هي العوامل المؤثرة على السرعة؟ وما هو قانون السرعة؟

س ٢: لديك محرك مسجل عليه (380 فولت / 50 هيرتز) وتم تشغيله بالضغط نفسه ولكن بتردد (60 هيرتز) فماذا يحدث؟

س ٣: ما هي الأجهزة المتاحة لتغيير السرعة مع تغيير التردد؟

س ٤: كيف يعمل الجهاز الالكتروني الرقمي لقياس سرعة المحركات؟

س ٥: ما هو أساس عمل الجهاز الميكانيكي لقياس سرعة المحركات؟

س ٦: اشرح تركيب وعمل الجهاز الضوئي لقياس سرعة المحركات.

١- التدريب على أنواع المفاتيح المستخدمة في دوائر السيطرة لتشغيل المحركات الكهربائية

تستعمل عدة أنواع من المفاتيح لتوصيل الدائرة الكهربائية وكذلك للحماية والسيطرة على المحركات وهي على نوعين :-

١- مفاتيح توصيل يدوية : **Manul Switches**

وتستخدم لتوصيل وفصل الدورات الكهربائية إذ لا تحتوي على أي نوع من الحماية.

٢- مفاتيح توصيل ذات حماية ذاتية مختلفة

Automatic – Switches – Or – Motor Protective Switches

وتستخدم لحماية الاجهزة من زيادة الحمل أو القصر أو أي عطل في الجهاز أو الدائرة الكهربائية أو الموصلات المغذية للحمل.

(١) أنواع المفاتيح المستخدمة في دوائر السيطرة لتشغيل المحركات الكهربائية

١- مفاتيح قاطعة الدورة الثلاثية الأقطاب :- وتشمل

أ- مفتاح رئيسي Triple – Pole Master – On – Off Switches

ويستعمل لفتح وغلق دوائر المكائن الكهربائية وتشمل عدة محركات ودوائر مختلفة .

ب- قاطع دورة Triple – Pole On – Off Switches

يستعمل لفتح وغلق دائرة معينة ضمن عدة دوائر ويأتي بعد المفتاح الرئيسي ويقطع عادة لحد (٣٠) كيلو واط وتحت ضغط (٥٠٠) فولت.

٢- مفتاح عاكس ثلاثي الأقطاب Triple – Pole reversing Switches

ويستخدم لتشغيل المحرك وتغيير اتجاه دورانه لحد (٣٠ كيلو واط) وتحت ضغط (٥٠٠) فولت.

٣- مفتاح تحويل ثلاثي

Triple – Pole system selection Switches (change – over)

ويستخدم لتوصيل احدى التغذيتين الى جهاز الاستهلاك أو لتوصيل احد جهازي الاستهلاك الى المصدر الكهربائي .

٤- مفتاح ستار - دلتا Star – Delta switches

تستخدم لتشغيل محركات الثلاثة أطوار على شكل ستار ثم دلتا ويستعمل هذا النوع من المفاتيح التي تزيد قدرتها على (٥,٥) كيلو واط أي أكثر من (١٠) امبير وذلك لتلافي ازدياد تيار بدء الاشتغال الذي قد يصل الى (٧) أضعاف التيار الإسمي.

٥- مفتاح ستار - دلتا عاكس Reversing Star – Delta switches

ويستخدم لتشغيل محركات الثلاثة اطوار(ستار ثم دلتا) وتغيير اتجاه دورانه.

٦- مفتاح مغير الأقطاب Pole – changing switches

يستخدم في تغيير السرعة بتغيير عدد الأقطاب بنسبة (١: ٢) مثلاً من (٤) أقطاب الى قطبين أو بنسب أخرى.

٧- مفتاح مغير أقطاب عاكس Reversing pole changing switches

يستخدم لتغيير السرعة بتغيير عدد الأقطاب كما في المفتاح السابق فضلاً عن تغيير اتجاه دورانه.

(٢) أجهزة الحماية المستخدمة في دوائر السيطرة الكهربائية (الحرارية والمغناطيسية)

مفاتيح الحماية الذاتية Automatic Circuit Breakers

لحماية المحرك أو الدائرة بشكل عام من حالات زيادة الحمل أو دوائر القصر (الشورت) يمكن أن يزود المحرك أو الدائرة بجهاز يعمل على فصل المحرك آلياً عن مصدر التيار دون أن يلحق ضرر بالدائرة ويمكن توفير هذه الحماية بواسطة المفاتيح الآتية :-

١- مفتاح حماية ذو فصل حراري Thermo – Breaker

(القاطع الحراري)

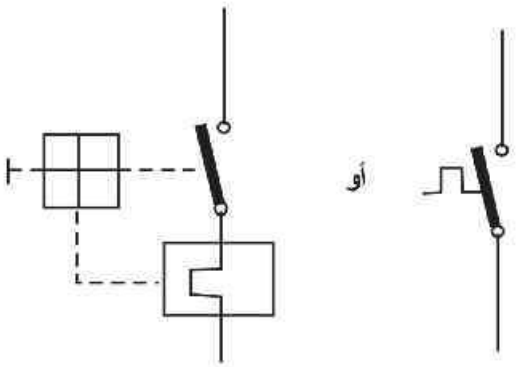
المكائن الكهربائية التي تعمل على تحويل الطاقة الكهربائية الى طاقة ميكانيكية يحصل فيها أحياناً حمل ميكانيكي أكثر من طاقتها الإعتيادية المصممة عليها ، فذلك يعمل على سحب تيار كهربائي أكبر من الإعتيادي المثبت على لوحة التسمية للماكنة ، ذلك الازدياد في التيار الكهربائي سيعمل على إتلاف كل من الملفات أو العوازل لذلك يستوجب قطع الدائرة الكهربائية في مثل هذه الحالة من الخلل ريثما يتم معرفة مسبباته وإصلاحه ومن ثم إعادة توصيله للمصدر ،

فواصل حرارية Bi - Metal

بدون مفتاح

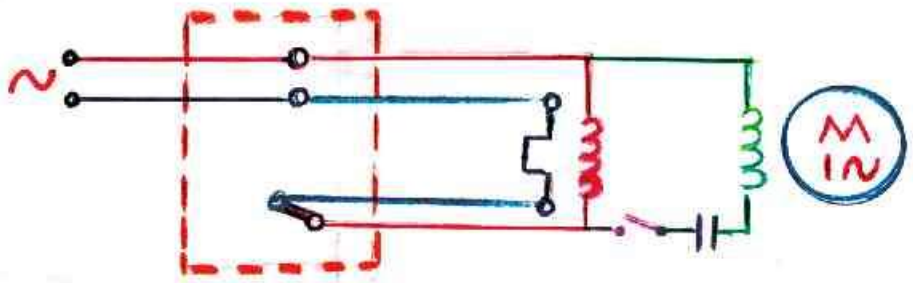
يستعمل لذلك مفتاح يعمل على أساس حراري الذي يتكون من شريطين من المعدن ملتصقان معاً (Bi - metal)

ويسمى بالرلي ويرمز له



ولكل معدن منهما معامل تمدد طولي يختلف عن الآخر وعندما يسخن شريط الإزدواج فأنه يتقوس لأن شريط المعدن السفلي أصبح أطول من الشريط العلوي وبذلك يفصل نقاط التوصيل بعد اكتمال حالة التمدد.

بعض من هذه الأنواع تستعمل لحماية ملفات الحركة من زيادة درجة الحرارة المسموح بها وذلك بوضعها فوق الملف ملاصقة له (داخل المحرك) ، ليخرج طرفي الثنائي كبقية أطراف الملفات الى لوحة الربط وتربط بالتوالي مع الخط الرئيسي ففي حالة إرتفاع درجة حرارة الملف السموح به وفصل الثنائي تقطع الدائرة الكهربائية برمتها ، كما موضحة في الشكل الآتي :

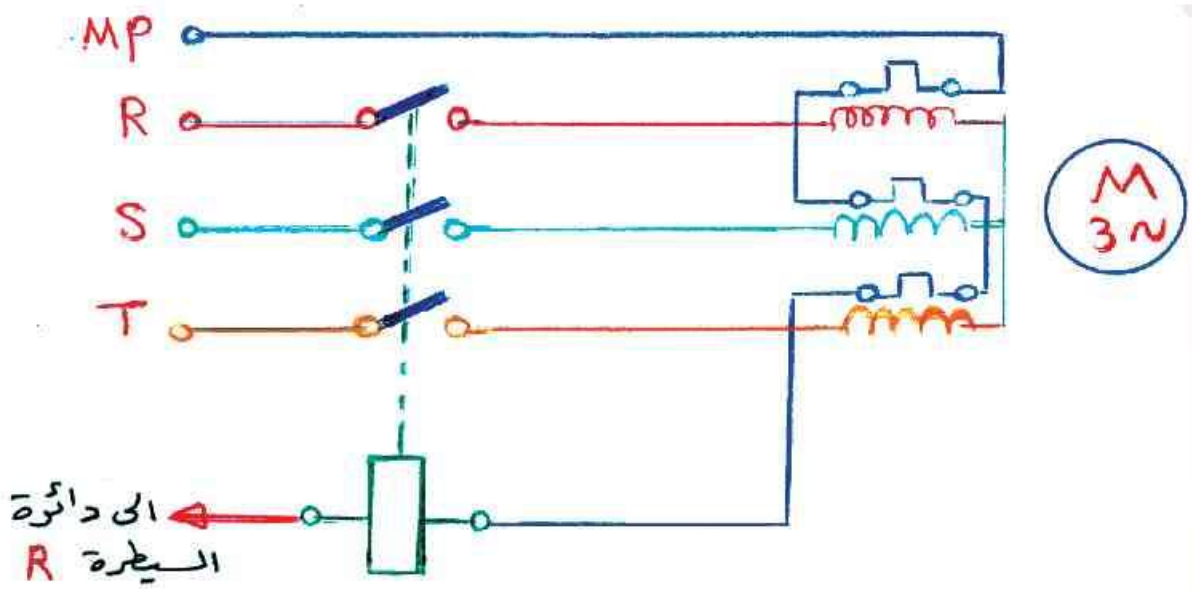


اما في محركات الثلاثة أطوار ولوجود ثلاثة خطوط رئيسية تغذي ثلاث مجموعات من الملفات فتوضع ثلاث ثنائيات حرارية كل واحدة فوق إحدى مجموعات الملفات بشكل ملاصق (لكل طور) تربط هذه الثنائيات مع بعضها بالتوالي لتخرج منها طرفين فقط الى لوحة الربط ، يتم عن طريقها ربط وتشغيل ملف الكونتكتر الرئيسي الخاص بتشغيل وإيقاف المحرك.

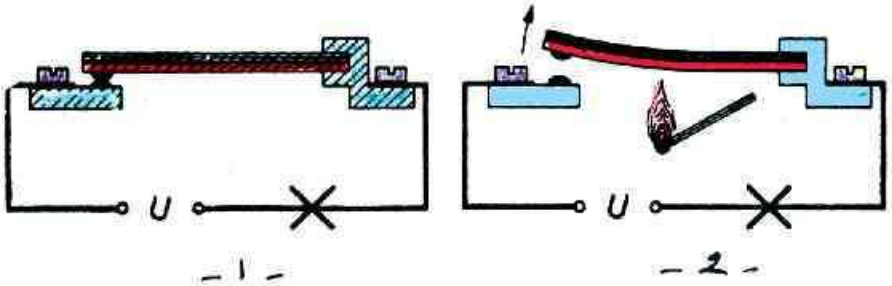
وعند إرتفاع درجة حرارة أي من ملفات المحرك وفصل أي من الثنائيات الثلاثة سيتم قطـــع

التيار الكهربائي عن ملف الكونتكتر الذي بدوره سيقطع الأطوار الثلاثة الرئيسية عن المحرك ويتوقف عن الدوران.

كما موضح في الشكل الآتي:



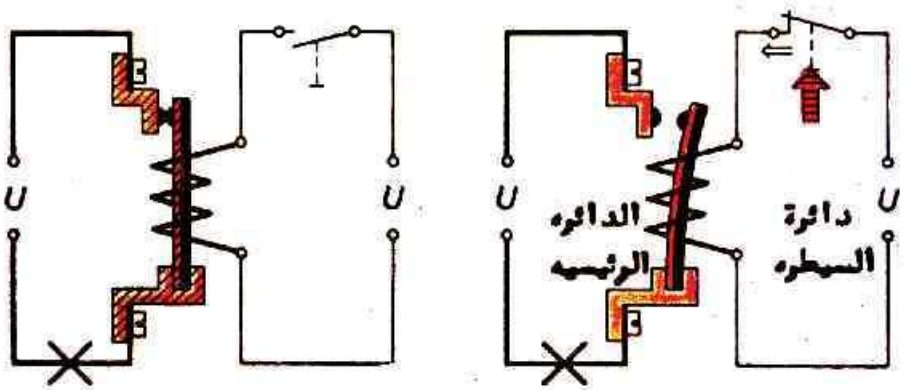
المخطط الآتي يوضح حالة ثنائي المعدن في حالته الطبيعية وحالة بعد التسخين :-



-١-　　-٢-

ثنائي المعدن منحني بسبب الحرارة المسلطة عليه لذلك تنقطع الدائرة الكهربائية والمصباح ينطفئ	ثنائي المعدن في حالته الطبيعية ويقوم بتوصيل الدائرة الكهربائية لذلك يتوهج المصباح

وتسخَّن وحدة الإزدواج المعدني عادةً بوضع مقاومة حرارية حوله وتوصل على التوالي مع الدائرة الكهربائية فعند مرور تيار أكثر من التيار المسموح به بسبب زيادة الحمل فان المقاومة الحرارية سوف تسخن وتنتقل الحرارة الى شريطي المعدن.

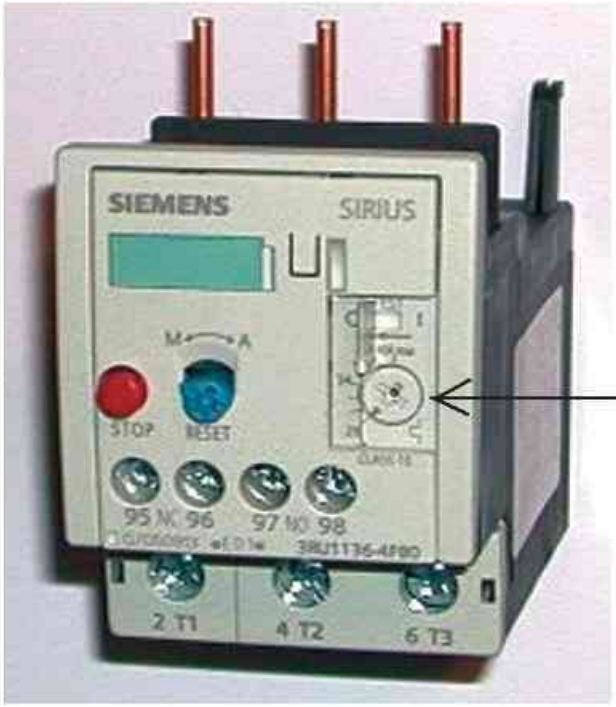


-١-　　-٢-

ويوجد فيه قرص صغير للتحكم ومؤشر عليه قيمة التيار الواجب فصله ، ويمكن أن ينظم حسب الحدود المطلوبة ولهذا توجد براغي تنظيم خاصة بذلك ، ويوقَّت بموجب قدرة ذلك المحرك المربوط.

إذ أن زيادة التيار المار في الملفات نتيجة تحميل أكثر من قدرته الإسمية يمكن أن يؤدي الى تلف الملفات نتيجة تلف العوازل.

ويستعمل هذا المفتاح لحماية المحركات من زيادة الحمل ولهذا يربط قبل المحرك مباشرة ويُعد عمله بطيئاً في الفصل نسبة الى حالة القصر.



قرص التحكم بالتيار المطلوب

٢- مفتاح حماية ذو فصل كهرومغناطيسي (القاطع المغناطيسي)

Electromagnetic – breaker

في حالة حدوث شورت (قصر) في الدائرة الكهربائية المعروف ان قيمة التيار ترتفع الى قيمة كبيرة جداً (ما لا نهاية حسب قانون

اوم $I = \frac{V}{R}$

فان قيمة المقاومة تصبح صفر لذلك تكون قيمة التيار ما لا نهاية).

لذلك ان بقيت الدائرة الكهربائية المعطوبة مقصورة لفترة معينة من الزمن سترتفع حالاً الحرارة الى درجات عالية جداً بحيث تتلف جميع العوازل وانصهار جميع الموصلات والأسلاك الكهربائية مما قد يؤدي الى حدوث حريق في المنشأة أو المبنى.

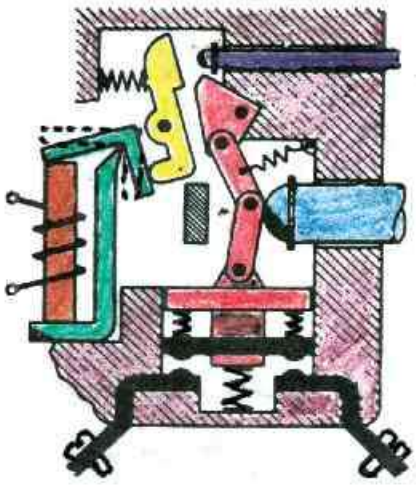
لذلك يستوجب في لحظة حدوث القصر قطع الدائرة الكهربائية حالاً وفي فترة أجزاء من الثانية وريثما يتم معرفة المسببات وإصلاح العطل.

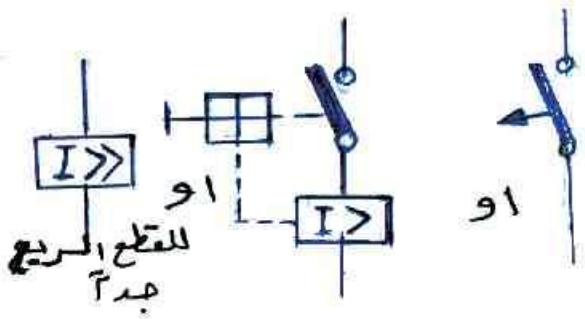
وعليه يستعمل مفتاح مغناطيسي يعمل على قطع الدائرة الكهربائية في الحال ولهذا يسمى هذا القاطع بالقاطع السريع لأنه يحمي جميع النواقل والأجهزة الكهربائية من حالات القصر (الشورت) التي يصل فيها التيار الى قيم عالية جداً بغض النظر عن قدرة المحرك.

ويكون هذا المفتاح مصمماً بحيث يفصل عند إرتفاع قيمة التيار من (٨- ١٦) مرة لتيار المفتاح الإسمي.

ويتكون هذا المفتاح من جزأين أساسيين أو من قطعتين احدهما ثابتة يوضع حولها ملف ويكون الملف مصنوع من سلك غليظ ويوصل على التوالي مع الخط الرئيسي ، والقطعة الثانية متحركة وتتصل بعتلات ميكانيكية تعمل على فصل نقاط توصيل الدائرة الكهربائية.

ويرمز له بالرمز :-





فعند زيادة تيار الدائرة الى الحد غير المسموح به يتولد مجال مغناطيسي كبير يؤدي الى جذب القطعة المتحركة وتحرّك معها العتلات الميكانيكية لفصل نقاط التوصيل ، ويفصل بذلك المحرك عن مصدر التغذية وتبقى الدائرة الكهربائية مفصولة الى أن يُعاد توصيلها.

وفي حالة حدوث القصر وارتفاع قيمة التيار يمكن أن يتكون قوس كهربائي (شرارة) بالرغم من كون نقاط التوصيل مفتوحة ولتفادي تلف هذا المفتاح من ذلك القوس تربط قبله مصهرات إعتيادية.

٣- القاطع المركب Compound – breaker

Electrothermo – magnetic – breaker

يستعمل هذا النوع من المفاتيح لتوصيل المحركات الكهربائية بمصادر الطاقة الكهربائية وذلك لحمايتها من حالتي الحمل الزائد والقصر (الشورت).

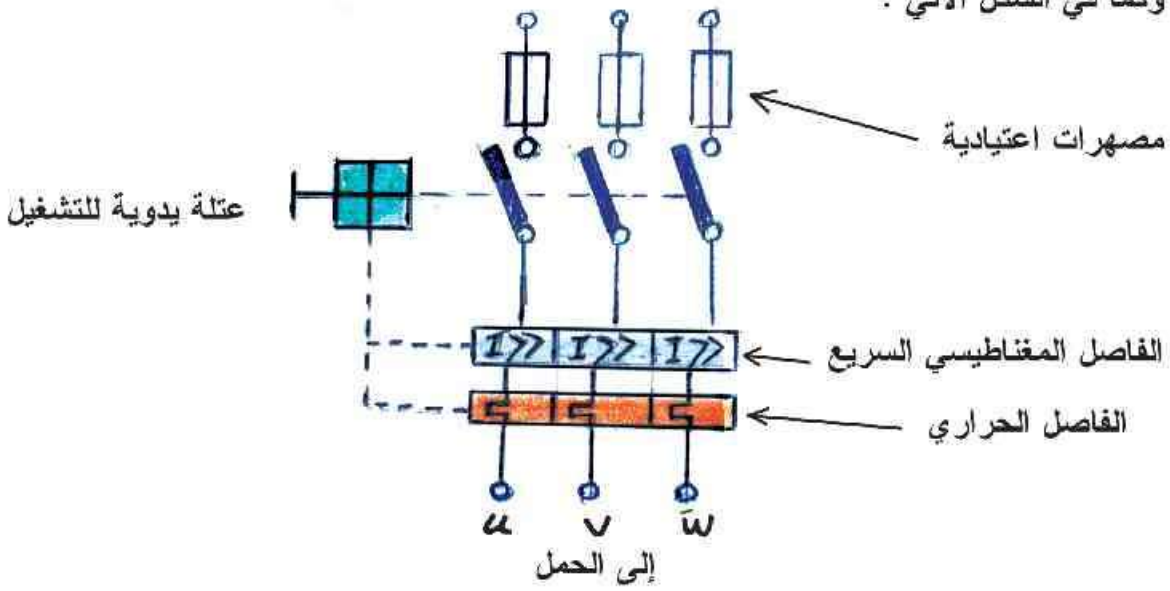
حيث انه يحتوي على فاصل حراري (بايمتل) يفصل في حالة زيادة الحمل على المحرك والذي يتم تنظيمه عادة حسب التيار الإسمي للمحرك.

ويحتوي كذلك على فاصل كهرومغناطيسي والذي يكون مصمماً في تنظيمه على الفصل في حالة تجاوز قيمة التيار بشكل سريع في حالة القصر .

ويثبت عادة على المفاتيح الرئيسية قيمة تيار القصر (Is) الذي يتحمله المفتاح في حالة حدوث القصر ، فمثلاً (20 KA) او (50 KA) وغيرها.

للحصول على حماية أكثر من التأثيرات السلبية للقصر يفضل أحياناً ربط مصهرات إعتيادية قبل المفتاح الاوتوماتيكي.

وكما في الشكل الآتي :



أنواع مختلفة من المفاتيح المستعملة

في الدوائر الكهربائية

تمرين عملي

المطلوب فتح مفتاح حماية حراري مغناطيسي ومشاهدة أجزائه ثم تجميعه مرة ثانية.

وكذلك مشاهدة بعض أنواع المفاتيح المستخدمة في دوائر السيطرة (المتوفرة).

المستلزمات المطلوبة :

المواد المطلوبة :-

١- مفتاح حماية حراري مغناطيسي.

٢- بعض أنواع المفاتيح المستخدمة في السيطرة.

العُدد المطلوبة :-

١- درنفيس عدل.

٢- درنفيس مربع.

٣- بلايس.

اسئلة حول موضوع

(المفاتيح وأجهزة الحماية المستخدمة في دوائر السيطرة الكهربائية)

س ١- ما هي انواع المفاتيح المستعملة لتوصيل الدائرة الكهربائية ؟

س ٢- عدد أنواع المفاتيح اليدوية لتشغيل وفصل الدوائر الكهربائية .

س ٣- ماهو استعمال كل من المفاتيح التالية ؟

أ - مفتاح عاكس ثلاثي الأقطاب .

ب - مفتاح ستار / دلتا .

ج- مفتاح مغير أقطاب عاكس .

س ٤- هل يمكن تشغيل المحركات الكهربائية بصورة مباشرة مع المصدر ؟

س ٥- عدد أنواع مفاتيح الحماية الذاتية ؟ ولأي غرض تستعمل ؟

س ٦- ماهي مكونات مفتاح الحماية الحراري ؟ ولأي غرض يستعمل ؟

س ٧- ماهو مبدأ عمل مفتاح الحماية الحراري ؟ وماذا يرمز له ؟

س ٨- ما فائدة المقاومة الحرارية المربوطة على التوالي مع الدائرة لكهربائية في القاطع الحراري ؟

س ٩- ما ضرورة وجود قرص التنظيم في المفتاح الحراري ؟

س ١٠- ماهي مكونات مفتاح الحماية المغناطيسي ؟ وماذا يرمز له ؟

س ١١- ماهو مجال استعمال القاطع المغناطيسي ؟ ولماذا تربط مصهرات اعتيادية قبله ؟

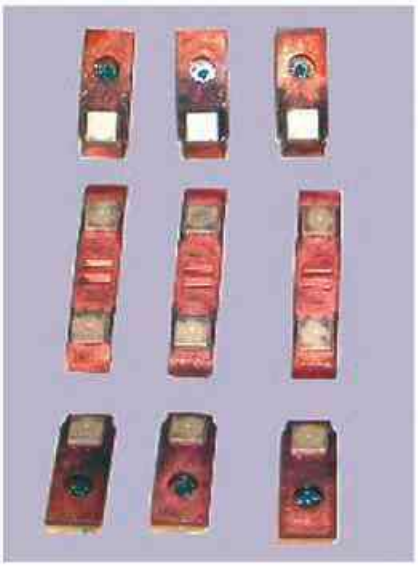
س ١٢- ارسم الرمز المستعمل للقاطع المركب مع ذكر استعماله.

(١) التدريب على فتح وتجميع وصيانة الموصل الهوائي

مجموعة من الموصلات الهوائية

يتكون الموصل الهوائي من نقاط توصيل تسمى (كونتاكات) contact تتصل بعتلة تتأثر بالمجال المغناطيسي للملف حيث يتم توصيل وفصل الدائرة الكهربائية من خلالها . ويحتوي الموّصل الهوائي بالأساس على ملف (coil) في داخله قلب حديدي مثبت بنابض عند ايصال التيار الكهربائي إليه يعمل على سحب القلب الحديدي بتأثير ق.د.م وبدوره يسحب عتلة خاصة تحرك (الكونتاكات) نقاط التوصيل فإذا كانت مفتوحة تغلق نسميها غالق (No) واذا كانت مغلوقه تفتح نسميها بالفاتح (Nc).

موصلات كهربائية



بعض أجزاء الموصّل الهوائي (كونتاكات)

الآن بعد أن تعرفناعلى أجزاء ومكونات الموّصل الهوائي (air contactor) باستطاعتنا فتحه وملاحظة ما تم توضيحه ثم إعادة تجميعه لغرض الفحص والصيانة .

تجري العملية على مرحلتين :-

المرحلة الاولى : فحص الملف يتم بواسطة جهاز قياس المقاومة (الاوميتر) ويكون على ثلاث خطوات :-

١- أحيانا يكون مكتوب على الملف قيمة مقاومته فعليه عند الفحص يجب أن يؤشر جهاز الاوميتر القيمة نفسها المثبتة على الملف مما يدل على سلامة لملف .

٢- إذا أشر جهاز الاوميتر مقاومة مالا نهاية (&) ذلك يدل على أن هنالك قطع في الملف ، مما يدل على عدم صلاحيته فيجب إستبداله .

٣- إذا أشر جهاز الاوميتر مقاومة قيمتها (صفر) يعني ان هناك قصر (شورت) في الملف ، مما يدل على تلفه وعدم صلاحيته يجب استبداله .

المرحلة الثانية : فحص نقاط التوصيل (الكونتاكات) وتكون على خطوتين :-

١- فحص نقاط التوصيل الغالقة (NO) التي تكون عادة مفتوحة فالمفروض أن تكون مفصولة نهائياً في حالة عدم إشتغال الموّصل الهوائي عندها يتم فحصها بوضعها الطبيعي بوسطة الاوميتر ، بحيث يجب أن يؤشر مقاومة عالية جداً (مفتاح إختيار جهاز الاوميتر على أعلى قيمة) . مثلاً (Range M Ω) . فالمفروض أن يؤشر مالا نهاية (∞) واذاأشر جهاز الاوميتر أي قراءة أخرى يعني هذا ان نقاط الوصيل هذه رديئة غير صالحة للإستعمال .

نضغط على الموّصل الهوائي لتغيير حالة (الكونتاكات) (وكأنما الموصّل الهوائي تم تشغيله كهرومغناطيسياً).

عندها تفحص ذات (الكونتاكات) بالاوميتر بـــ (Ω Range 10) الواطيء . فالمفروض أن تؤشر القراءة (صفر) وتكون في حالة توصيل جيدة يعني هذا ان نقاط التوصيل صالحة.

٢- فحص نقاط التوصيل الفاتحة (NC) التي تكون عادة مغلقة فالمفروض أن يكون توصيلها جيداً في حالة عدم اشتغال الموصّل الهوائي عندها يتم فحصها بوضعها الطبيعي بواسطة الاوميتر بحيث يجب أن يؤشر مقاومة قيمتها (صفر) (يوضع مفتاح إختيار جهاز الاوميتر على أدنى قيمة Ω Range).

نضغط على الموصّل الهوائي لتغيير حالة (الكونتاكات) (وكأنما الموصل الهوائي تم تشغيله كهرومغناطيسياً) عندها تفحص ذات(الكونتاكات) بالاوميتر(المدرج العالي Ω Range M) فالمفروض أن تكون في حالة فصل أو عزل يعني هذا ان نقاط التوصيل جيدة وصالحة.

صيانة نقاط التوصيل (الكونتاكات)

بعد إجراء الفحوصات ضمن الخطوتين السابقتين إذا لوحظ من جرّاء تأشير جهاز الاوميتر أي خطأ فقد يكون من جرّاء الاستعمال الكثير وقد تكون (بلاتينات) نقاط التوصيل متآكلة عندها يمكن أن يفتح إن أمكن وتلاحظ تلك الظاهرة في حالة التأكد من وجود التآكل تُهمل نهائياً ولا يسمح بسقلها بأي شكل من الأشكال (سواء باستعمال ورق سقل أو مبرد) اما إذا كان مجرد كاربون أو غبار أو أي إتساخ معين ممكن إزالته فيتم على الشكل الآتي :

أ- بالنسبة لنقاط التوصيل الغالقة (NO) توضع ورقة عادية أو قطعة قماش ناعمة بين (بلاتينات) نقطتي التوصيل ويضغط على الموصّل الهوائي كحالة تشغيل وتمرر الورقة أو قطعة القماش لغرض التنظيف.

ب- بالنسبة لنقاط التوصيل الفاتحة (NC) تعاد العملية السابقة نفسها لغرض التنظيف ولكن دون الضغط على الموصّل الهوائي لأن (بلاتينات) نقطتي التوصيل هي أصلاً منطبقة بدون تشغيل الموصّل الهوائي (الكونتكتر)

نقاط التوصيل الفاتحة (NC)

نقاط التوصيل الغالقة (NO)

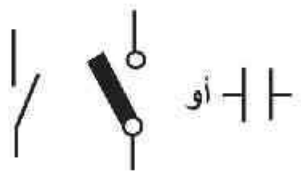
مجموعة من نقاط التوصيل (الكونتاكات).

(٢) التدريب على ربط وتشغيل الموصّلات الهوائية

في أغلب المنشآت الكهربائية الحديثة تستعمل الموصّلات الهوائية كمفاتيح لقطع وتوصيل الدائرة الكهربائية لاستعمالات الانارة والحرارة والمحركات ... الخ.

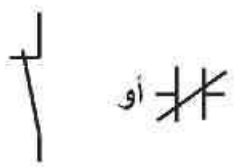
ويمكن السيطرة على عملها من مسافات بعيدة حيث يتم ذلك بواسطة توصيل دائمي أو على شكل نبضات فتستعمل لذلك قواطع دوّارة أو أزرار (بوش) لغلق دائرة الملف المغناطيسي .

فيما يأتي نقاط التوصيل المستعملة في الموصلات الهوائية لغرض تنفيذ دوائر السيطرة تكون على الشكل الآتي :



يسمى غالق (closer) أو (No)

(Nomaly open) يعني عادة مفتوح وبالتشغيل يغلق



يسمى فاتح (opener) أو (Nc)

(Normaly close) يعني عادة مغلق وبالتشغيل يفتح

هذه نقاط التوصيل التي تم التعرف عليها مسبقاً تمثل الحالة الطبيعية عندما يكون الكونتكتر في حالته الإعتيادية بدون تشغيل (بدون توصيل الكهرباء إليه).

وعندما يتم تشغيل الكونتكتر (Contactor) سواء بالقوة الكهرومغناطيسية يعني توصيله بالكهرباء أو يدوياً بالضغط عليه ، عندها ستتحول حالة نقاط التوصيل (الكونتاكات) فالمفتوح يغلق والمغلوق يفتح لهذا سُمّي المفتوح غالق لأنه سيُغلق بعد التشغيل وكذلك سُمّي المغلوق فاتح لأن بعد التشغيل يُفتح.

تكون نقاط التوصيل على نوعين :-

١- نقاط رئيسية (**Main Contacts**) تكون عادة مفتوحة (**NO**) دائماً بعدد (٣) تتحمل تيار الحمل مهما كان حجمه وستقوم بمهمة ربط وتشغيل الحمل في دائرة القوة فتسمى) النقاط الرئيسية (والتي تعوض عن مفتاح قاطع دورة رئيسي لتشغيل محرك مثلاً.

٢- نقاط مساعدة (**Auxilary Contacts**) يكون عددها حسب الحاجة وتركيبها بسيط لأن التيـــار الذي يمر خلالها مجرد أجزاء من الامبير لتشغيـــل ملفـــات الكونتكتـــرات أو رليات (Realys) اخرى تابعة للدائرة الكهربائية المعنية ، فمنها تكون غالقة (**NO**) ومنها تكون فاتحة (**NC**).

أسلوب عمل أو اشتغال الكونتكتر

عندما يغذى الملف بتيار السيطرة تتكون فيه قوة دافعة كهرومغناطيسية ويسحب القلب الحديدي الذي بدوره يشغّل ويحول نقاط التوصيل من حالة إلى حالة أخرى وعند إنقطاع تيار السيطرة عن الملف ستزول القوة الدافعة الكهرومغناطيسية للموصّل الهوائي (يسقط) ويرجع إلى حالته الطبيعية أو الإعتيادية بتأثير النوابض الحلزونية الموجودة داخل الموصّل الهوائي بالوقت الذي يعمل فيه الملف المغناطيسي كمستهلك لدائرة تيار السيطرة يعمل في الوقت نفسه كمفتاح رئيسي لتشغيل الحمل في دائرة القوة عن طريق الموصّلات الرئيسية.

تعمل موصلات الكونتكتر على تشغيل دائرتين كهربائيتين كالآتي :-

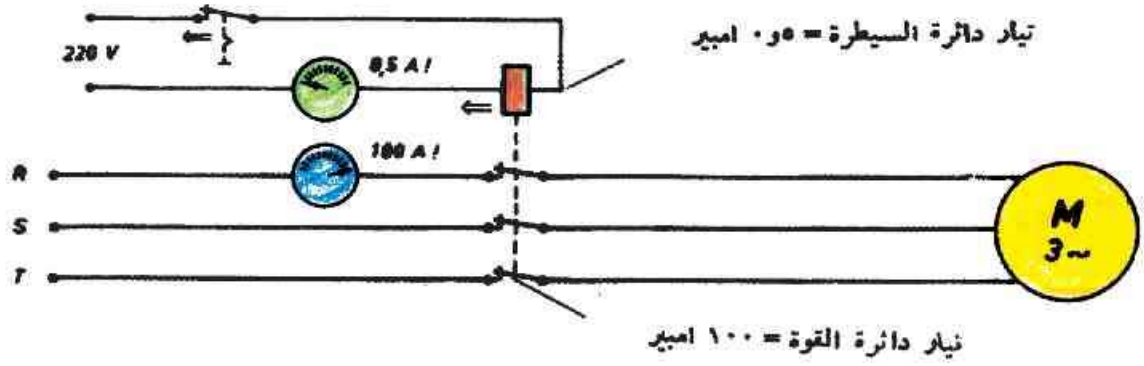
١- دائرة السيطرة : مهمتها توصيل وقطع التيار الكهربائي عن ملفات الكونتكترات والرليات في دائرة السيطرة المعنية ، تقوم بذلك الموصّلات المساعدة (Auxilary).

٢- دائرة القوة : مهمتها توصيل وقطع التيار الكهربائي عن الحمل تقوم بذلك الموصّلات الرئيسية (Main) نلاحظ مما ورد ان كل من النقاط الرئيسية والمساعدة بالأحرى دائرتي السيطرة والقوة معزولة كهربائياً وليس هناك أي إتصال بينهما.

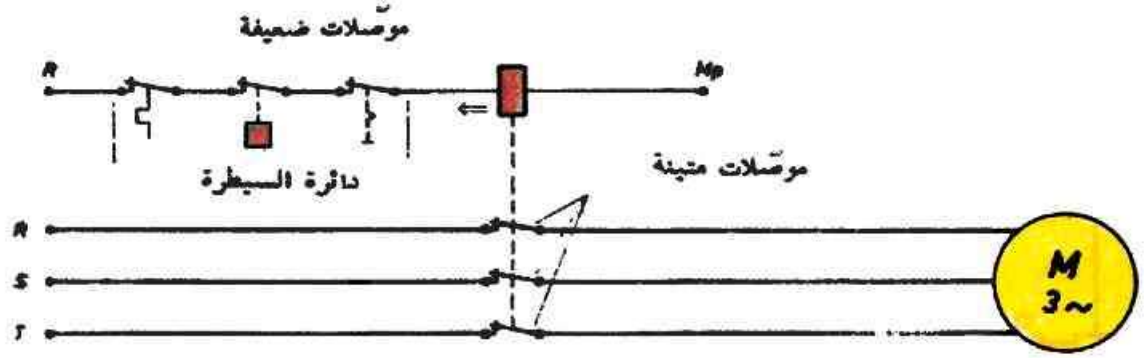
فالرئيسية تعتمد على ضغط الحمل الذي تقوم بتشغيله مثلاً (٢٢٠، ٣٨٠فولت).

أما المساعدة تعتمد على ضغط تشغيل ملفات الكونتكترات التي تقوم بتشغيلها أو فصلها وتكون حسب تصميم ملف الكونتكتر والذي يكون على الأغلب (١٢، ٢٤، ٤٠، ٦٠، ١١٠ ، ٢٢٠، ٣٨٠فولت) والنوع كذلك مستمر أو متغير ، وذلك يثبّت عادة بشكل واضح على ملف الكونتكتر سواء قيمة الضغط الذي يعمل عليه أو نوعه (D.C) أو (A.C)

المبدأ الاساس لعمل الموصل الهوائي هو أن دائرة السيطرة تسحب تياراً قليلاً جداً نسبة الى التيار العالي الذي تسحبه دائرة القوة (الدائرة الرئيسية).



جميع أجزاء وعناصر التوصيل ، التي تؤثر على غلق وفتح الدائرة الرئيسية موجودة في دائرة السيطرة .



وبما أننا نحتاج الى استمرارية التوصيل وأن يبقى الملف ممغنطاً كي يسحب العتلة الخاصة بغلق الموصّلات الرئيسية لدائرة القوة ، لذلك وجب بناء نقاط توصيل مساعدة داخل الموصّل الهوائي تابعة لدائرة السيطرة ، فضلاً عن النقاط الرئيسية وتكون حسب الحاجة نقاط غالقة ونقاط فاتحة. يمكن استعمال النقاط الغالقة لتغذية الملف بالتيار بصورة دائمية واستعمال النقاط الفاتحة لقطع التيار عن دائرة الملف المغناطيسي.

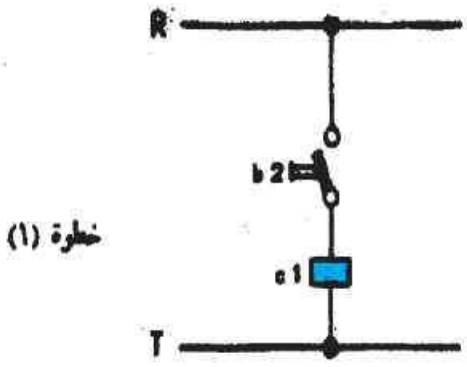
ملاحظة :-

كل موصّل هوائي يجب أن يلائم المحرك المستعمل له. ولإختيار ذلك الموصّل يجب أن يراعى فية تكرار عدد مرات فصل وايصال المحرك عن القوة الكهربائية اي (تيار البدء وتيار الفصل).

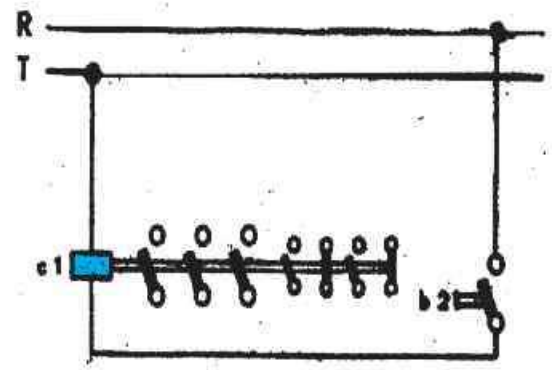
المخططات الآتية ستوضح لنا طريقة اشتغال ملف الكونتكتر وعمل موصّلاته كما يجب .

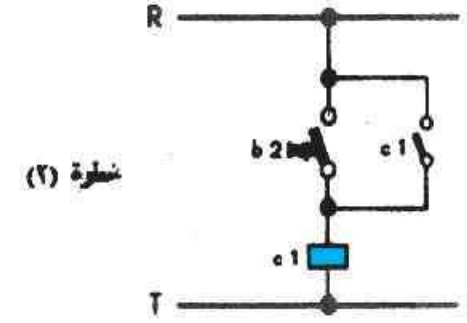
بواسطة زر (بوش) يسمى(on). والخطوات التي ستوضح لنا كيف سيبقى الكونتكتر موصّل حتى عند رفع اليد عن (البوش) وكذلك كيف نوقف عمل الكونتكتر وإعادته إلى حالته الإعتيادية بواسطة (بوش) آخر يسمى - off.

دائرة السيطرة بجميع خطواتها ابتداءً من استعمال قاطع دورة إعتيادي (سويچ) حتى استعمال زرين (بوش) غالق وفاتح :-

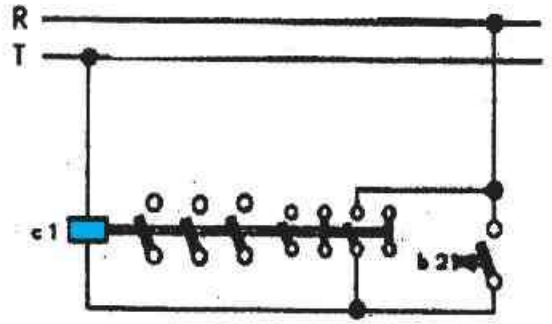


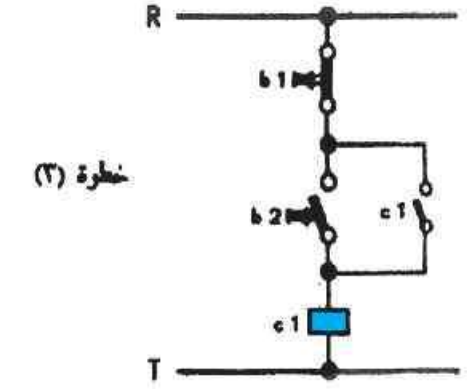
خطوة (١)



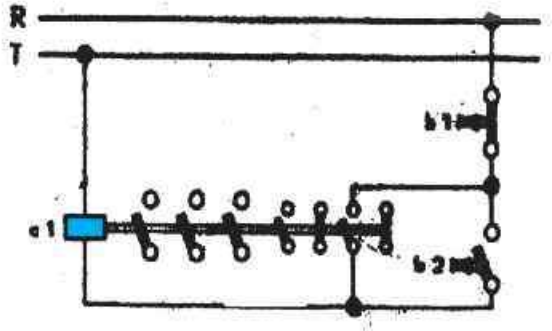


خطوة (٢)





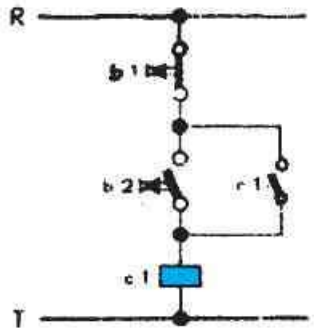
خطوة (٣)



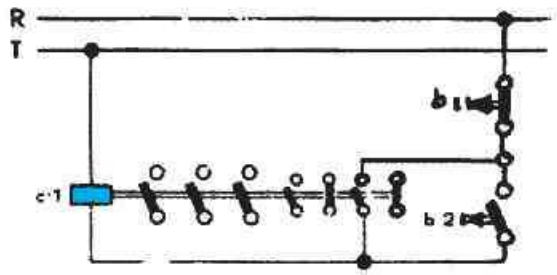
توصيلة سريان التيار

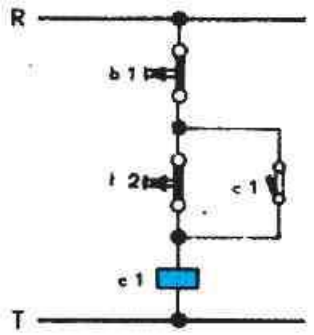
التوصيلة الكاملة

خطوات عمل دائرة السيطرة بواسطة زرين (بوشين) إبتداءً من عملها بقاطع الدورة اليدوي:-

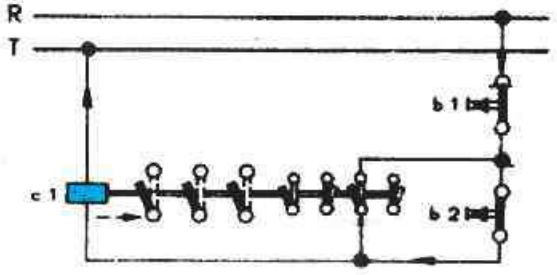


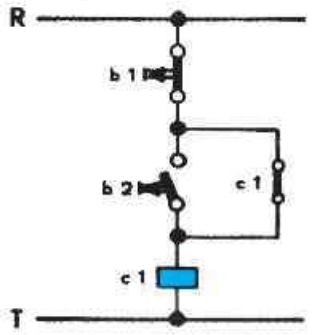
مفتوحة (off)



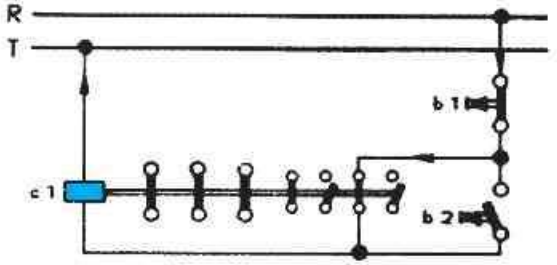


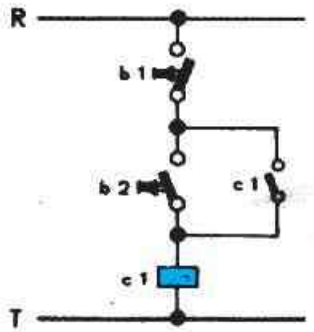
مغلقة (on)



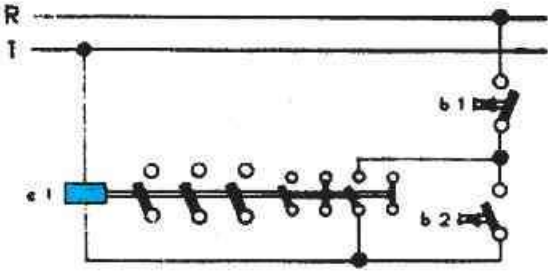


مغلقة (on)





مفتوحة (off)



توصيلة سريان التيار

التوصيلة الكاملة

الفرق بين الموصل الهوائي (الكونتكتر) والريلي:

هناك عدة فروقات رئيسية بين الموصل الهوائي والريلي اهمها :-

١. الموصل الهوائي يصمم للاحمال ذات الجهد العالي والتيار العالي مثل المحركات ذات ثلاثة اطوار والاحمال العالية، بينما الريلي يصمم لأحمال ذات الجهد المنخفض والتيار المنخفض، مثل دوائر التحكم والأجهزة الإلكترونية الصغيرة.

٢. قدرة الموصل الهوائي تكون اعلى من قدرة الريلي بحيث يجب ان يتحمل الحمل المطلوب بينما الريلي ينظم عملية الفتح والغلق ولايتحمل القدرات العالية التي يتحملها الموصل الهوائي

٣. يستخدم الموصل الهوائي في تطبيقات الثلاثة اطوار وتطبيقات احادية الطور بينما الريلي يستخدم فقط في تطبيقات احادية الطور.

والشكل التالي يوضح الفرق بين الموصل الهوائي (الكونتكتر) والريلي:-

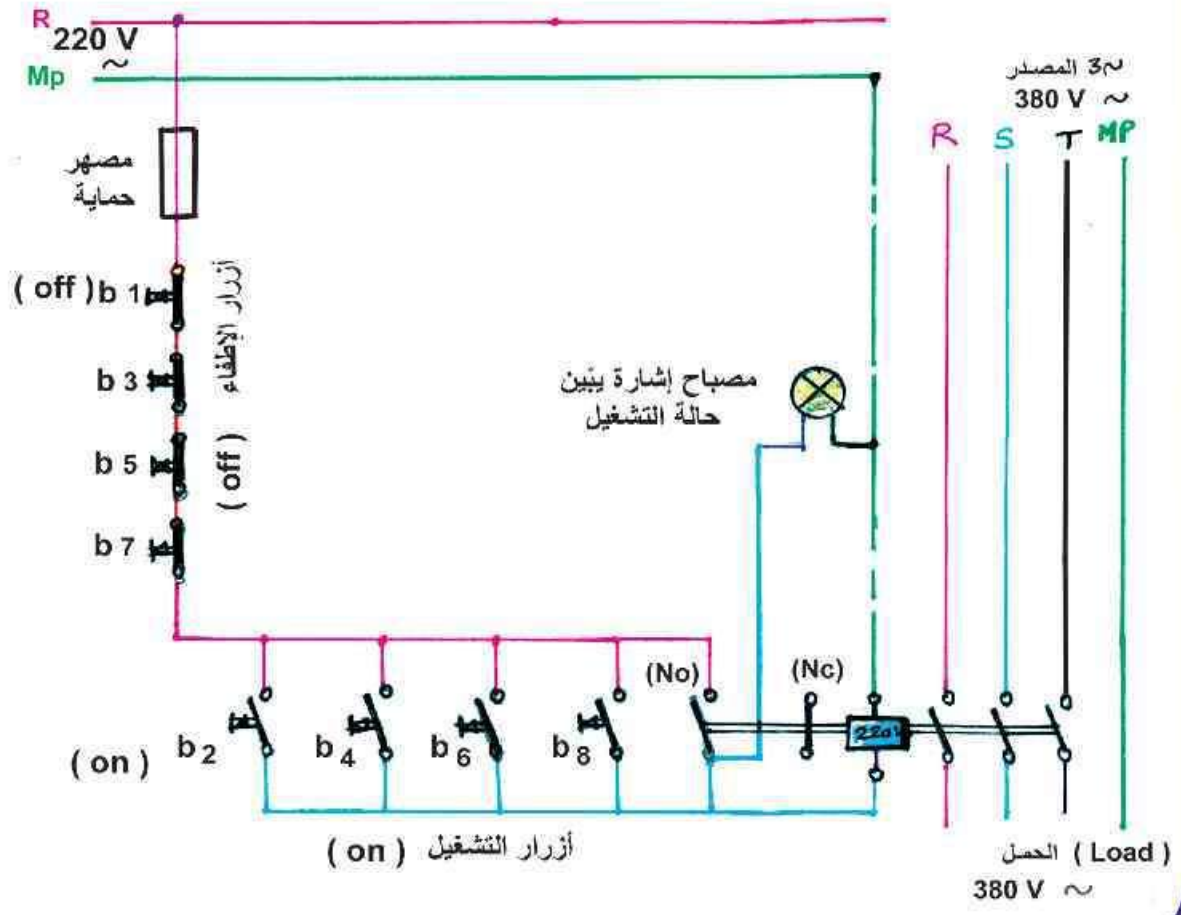
CONTACTOR

RELAY

(٣) التدريب على ربط وتشغيل الموصّلات الهوائية من عدة مواقع

(يتم التشغيل بدون حمل)

يمكن تشغيل المحركات الكهربائية بواسطة الموصّل الهوائي من أكثر من موقع (مكان) يلاحظ في الرســم الكهربــائي ادناه بأن الازرار (البوش) (b2,b4,b6,b8) هي بوشات (on) لتشغيل المحرك من أربعة مواقع وتوصّل دائما على التوازي لاختيار أي واحد منها لتمرير التيار إلى الملف فزيادة عدد أماكن التشغيل يعني زيادة عدد الأزرار على التوازي ، اما أزار إطفاء المحرك (b1,b3,b5,b7)(off) فتوّصل فيما بينها على التوالي لإمكانية قطع التيار من أي واحد منها وأيضا يكون عددها مساوٍ لعدد المواقع وحسب الحاجة . وفي الرسم الكهربائي ادناه يبيّن تشغيل المحرك من أربعة مواقع وإطفاءه أيضا من أربعة مواقع .



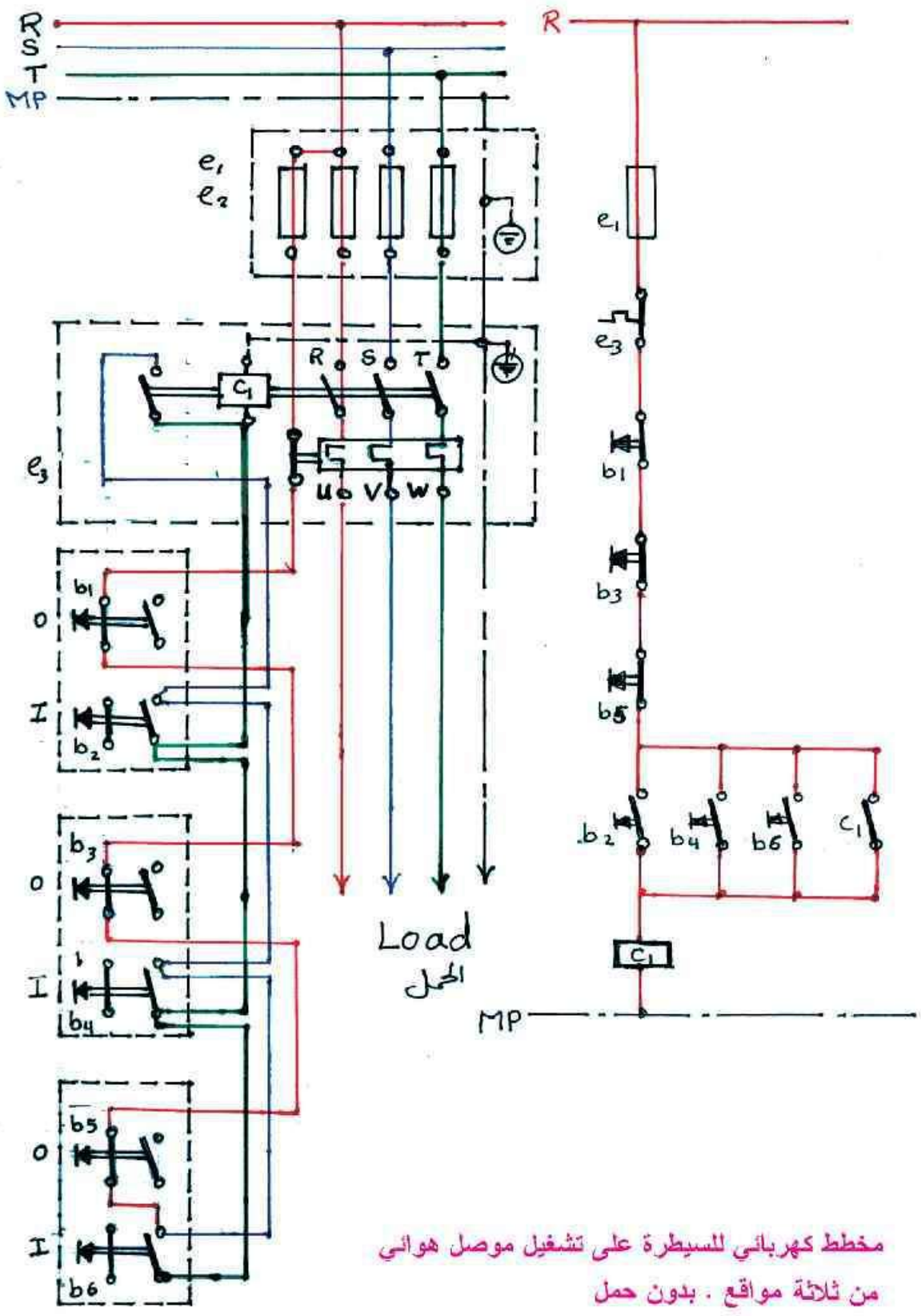
في الدائرة الكهربائية الآتية تشغيل وإطفاء موّصل هوائي (كونتكتر) من ثلاثة مواقع .

تمثل الحروف (e1,e2) مصهرات لحماية الحمل (فيما لو تم ربطه)من حالة القصر (S.C) وأما (e3) هو توصيل حراري يحمي الحمل في حالة زيادة التيار عن حده المقرر والحرف (C1) يمثل ملف الكونتكتر والذي يعمل في هذه الدائرة على (220) فولت والأزرار (البوش) (b1,b3,b5) تمثل أزرار الإطفاء (off) والمربوطة على التوالي مع دائرة الملف .

والأزرار (b2,b4,b6) تمثل أزرار التشغيل (on) والمربوطة على التوازي مع الموّصل المساعد (Auxilary) الغالق الخاص بتوصيل التيار الكهربائي للملف .

الرسم ادناه يمثل موّصل هوائي مع (Over Load) (اوفر لود) لحماية الحمل في حالة زيادة التيار عن الحد المقرر :-

موصّل هوائي مع (اوفر لود)



مخطط كهربائي للسيطرة على تشغيل موصل هوائي
من ثلاثة مواقع . بدون حمل

تمرين عملي :

المطلوب تنفيذ تشغيل موّصل هوائي بدون حمل على مرحلتين:-

أ – تشغيله من مكان واحد Off, On

ب – إضافة Off, On آخر من مكان آخر ليصبح تشغيله من مكانيين(Off_1 , On_1) و (Off_2 , On_2).

الأجهزة والمواد المطلوبة :

١ – موّصل هوائي بحيث يحتوي على الأقل على غالق واحد (No)

٢ – أزرار (Off, On) أو أن تكون على شكل مجموعتين متكاملة بحيث تحتوي كل مجموعة على (Off_1 , On_1)

٣ – مصهر (فيوز) (٢ – ٥) أمبير .

٤ – لوحة خشبيه ٦٠×٦٠ سم .

٥ – أسلاك توصيل

٦ – براغي لتثبيت الأجهزة والمستلزمات .

العُدد المستعملة :

١ – درنفيس عدل

٢ – درنفيس مربع

٣ – قاطعة (كتر)

٤ – بلايس

٥ – لاوية

٦ – قاشطة

٧ – مخصف

٨ – مطرقة ٢٠٠غم

٩ – مسطرة قياس أو فيتة

اسئلة حول موضوع (صيانة وربط وتشغيل الموّصلات الهوائية)

س١- مم يتكون الموّصل الهوائي ؟

س٢- كيف يمكن صيانة الموّصل الهوائي ؟

س٣- ماذا يُقصد بنقاط التوصيل المساعدة (auxiliary Contacts) ؟

س٤- ما هو المبدأ الاساسي لعمل الموّصل الهوائي ؟

س٥- ما هو ال (Nc) وما هو ال (No) وما وظيفة كل منهما ؟

س٦- كيف يتم ربط أزرار تشغيل المحركات (On) مع بعضها في دائرة السيطرة عندما يُراد تشغيل المحرك من أكثر من مكان ؟

س٧- كيف يتم ربط أزرار الايقاف (Off) مع بعضها في دائرة السيطرة عندما يُراد إيقاف المحرك من أكثر من مكان ؟

س٨- ماهو الفرق بين الموصل الهوائي والريلي؟

(١) التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق مفتاح قاطع دورة ميكانيكي يدوي .

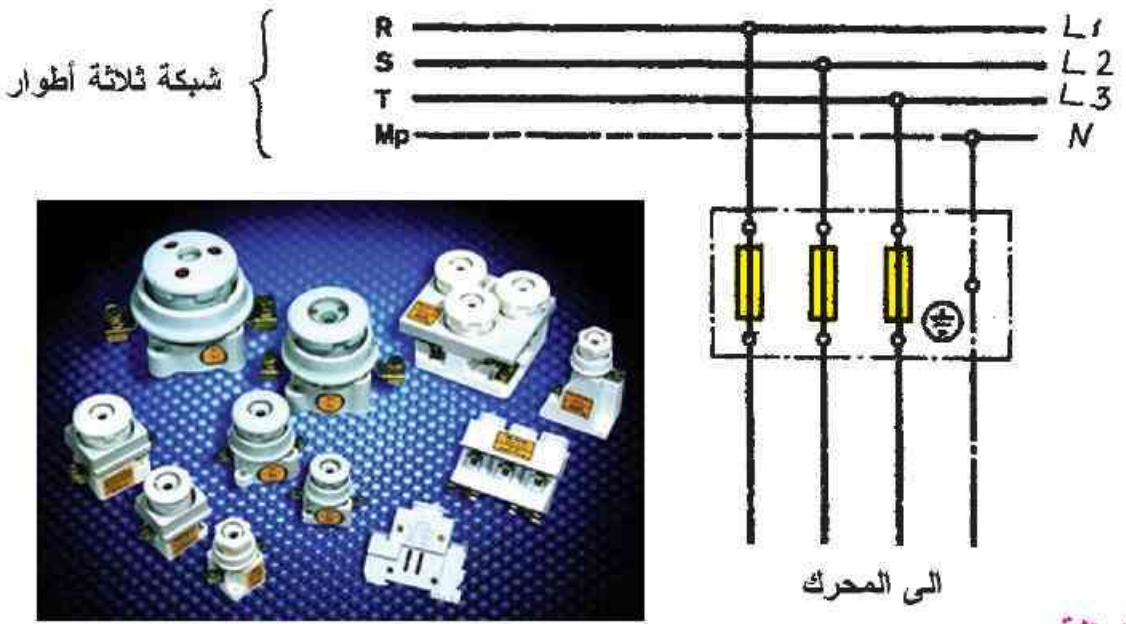
يتم تشغيل المحرك وإيقافه بواسطة مفتاح إعتيادي يدوي يعمل بمرحلة واحدة فقط لتحريكه من الوضع الساكن وضـــع الايقاف (O) أو ما يسمى وضع (Off) إلى وضع التشغيل (I) أو ما يُسمى وضع (ON) .

حيث تعمل نقاط الربط الموّصلة بالمحرك والتي تسُمى (U V W) .

إلى نقاط ربط الشبكة التي تسمى (R S T) أو (L_3 , L_2, L_1) .

في هذه الحالة لا نحتاج إلى نقطة الخط المحايد (Mp) أو (N) .

يتم ربط فيوزات اعتيادية بين الشبكة والمحرك بعدد ثلاثة وبواقع واحد لكل طور .



ملاحظة :

بالإمكان إستعمال هذا المفتاح كقاطع دورة لأغراض الإنارة والتدفئة أو التبريد فضلا عن تشغيل المحركات والمكائن الكهربائية بصورة عامة .

حجم المصهر في التأسيسات الكهربائية اخترناه بحجم معين مناسب ،لحماية أسلاك التأسيس وعوازلها من التلف .

أما في المحركات فيجب أن يُراعى عدم عطب وتلف المحرك من جَراء زيادة تحميله . فالزيادة في الحمل ولأي سبب كان تؤدي الى زيادة التيار المسحوب عن القيمة المصمم عليها والمثبتة عادة على لوحة التسمية . ذلك يؤدي الى تسخين ملفات وتلف عوازلها ثم تلف المحرك كلياً . لذا يجب التقيد بإختيار حجم المصَهر لحماية المحركات الكهربائية .

ومن المعروف ، وكما تعلمنا في السنة الماضية أن أحجام المصَهرات متفق عليها دولياً وبأحجام معينة ، مثلاً (٢، ٤، ٦، ١٠، ١٦، ٢٠، ٢٥، ٣٥، ٥٠، ٦٣، ٨٠، ١٠٠ ، ١٢٥، ١٦٠، ٢٠٠، ٢٢٥، ٢٥٠، ٣٠٠) أمبير .

فإذا كان المحرك يسحب تياراً إسمياً مقداره ما بين رقمين من الأرقام أعلاه ، فيتم إختيار الحجم الذي يليه . وإذا كان تيار المحرك قريباً الى القيمة التي تليه في حجم المصهر ، فيفضل أن يعبر الى القيمة الثانية .

فمثلاً محرك يسحب (٤٣) أمبير ، يتم إختيار المصهر بحجم (٦٣) أمبير . ومحرك آخر يسحب تيار قدره (٥) أمبير ، يتم إختيار مصهر بحجم (١٠) أمبير .

وللتقيد أكثر بإختيار المصهر المناسب ، يتبع الجدول المخصص لذلك ، المبين في الصفحة الآتية :-

علماً أن المصهرات الاعتيادية تتلف وتستبدل بعد الفصل عند حدوث زيادة في التيار عن الحد المقرر .

NGT00

NGT1

NGT3

جدول أحجام المصّهرات المستعملة لحماية المحركات ثلاثية الأطوار .

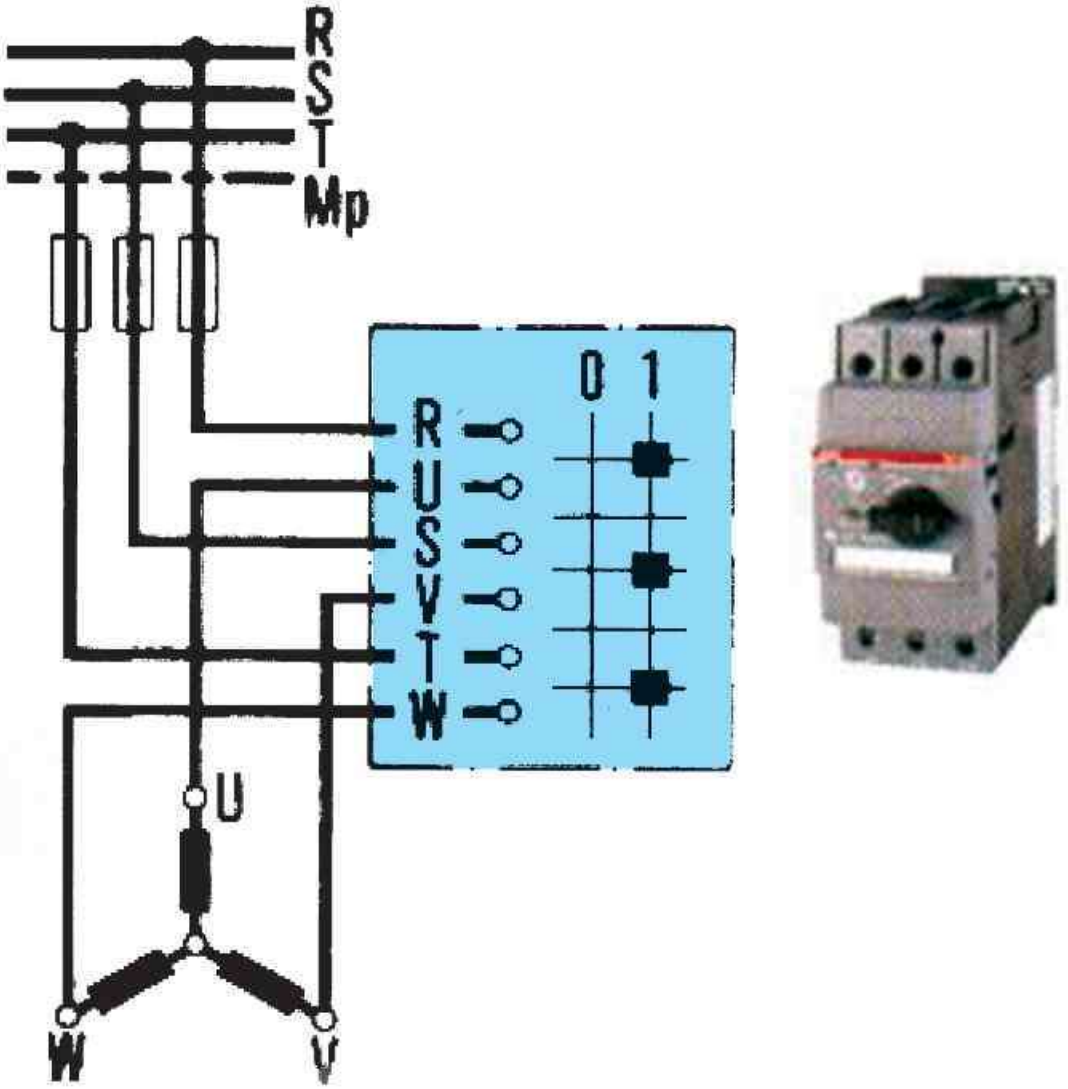
وحسب قدرة الحرك المثبته عادة على لوحة التسمية

القدرة الاسمية Kw	cos φ	الكفـــــاءة
٠ر٢	٠ر٦٩	٠ر٦٠
٠ر٣٣	٠ر٧١	٠ر٦٤
٠ر٥	٠ر٧٥	٠ر٦٩
٠ر٨	٠ر٧٨	٠ر٧٤
١ر١	٠ر٨٣	٠ر٧٨
١ر٥	٠ر٨٣	٠ر٧٩
٢ر٢	٠ر٨٣	٠ر٨٠
٣ر٠	٠ر٨٤	٠ر٨٢
٤ر٠	٠ر٨٥	٠ر٨٤
٥ر٥	٠ر٨٥	٠ر٨٥
٧ر٥	٠ر٨٥	٠ر٨٦
١١	٠ر٨٦	٠ر٨٧
١٥	٠ر٨٧	٠ر٨٧
٢٢	٠ر٨٨	٠ر٨٧
٣٠	٠ر٨٨	٠ر٨٧
٤٠	٠ر٨٨	٠ر٨٨
٥٠	٠ر٨٨	٠ر٨٨
٦٤	٠ر٨٨	٠ر٨٩
٨٠	٠ر٨٨	٠ر٩٠
١٠٠	٠ر٨٨	٠ر٩١
١٢٥	٠ر٨٨	٠ر٩١
١٦٠	٠ر٨٨	٠ر٩٢
٢٠٠	٠ر٨٩	٠ر٩٢
٢٥٠	٠ر٨٩	٠ر٩٢

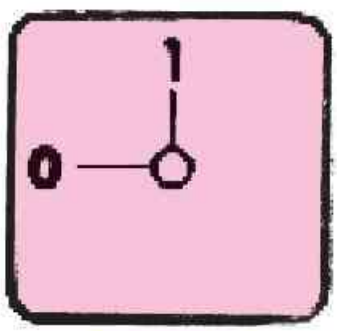
٣٨٠ فولت		
التيار الاسمي A	حجم المصهّر	
	توصيل مباشر A	Y Δ A
٠ر٧	٢	٢
١ر١	٢	٢
١ر٤	٢	٢
٢ر١	٤	٤
٢ر٦	٤	٤
٣ر٥	٦	٤
٥ر٠	١٠	٦
٦ر٦	١٠	١٠
٨ر٥	١٦	١٠
١١ر٥	٢٠	١٦
١٥ر٥	٢٥	٢٠
٢٢	٣٥	٢٥
٣٠	٥٠	٣٥
٤٤	٦٣	٥٠
٦٠	٨٠	٦٣
٧٩	١٠٠	٨٠
٩٩	١٢٥	١٠٠
١٢٥	١٦٠	١٢٥
١٥٥	٢٠٠	١٦٠
١٦٠	٢٠٠	٢٠٠
٢٤٠	٢٦٠	٢٦٠
٣٠٠	٣٥٠	٣٥٠
٣٧٠	٤٣٠	٤٣٠
٤٦٥	٦٠٠	٦٠٠

أحجام المصّهرات أعلاه تمثل الحالات التي تعمل بها المحركات بالتبريد بالهواء الاعتيادي ، داخلياً وخارجياً ، ثلاثية الطور ذات القفص السنجابي تدور بسرعة ١٥٠٠دورة / الدقيقة .

التوصيلة الكاملة لتشغيل محرك ثلاثة أطوار
عن طريق مفتاح قاطع دورة ميكانيكي يدوي



أدناه شكل المفتاح قاطع الدورة الميكانيكي اليدوي ذو المرحلة الواحدة (I-O) أو (ON - OFF).



تمرين عملي (١)

المطلوب توصيل وتشغيل محرك ثلاثة أطوار بواسطة مفتاح قاطع دورة إعتيادي ومصّهرات إعتيادية للحماية .

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :-

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم

العُدد والأجهزة المطلوبة :-

١- محرك ثلاثة أطوار بالقدرة المتوفرة .

٢- مصّهرات إعتيادية مناسبة

٣- كتر

٤- بلايس

٥- لاوية

٦- درنفيس عدل قياس (٣، ٥، ٨) ملم

٧- درنفيس مربع بأحجام مختلفة

٨- قاشطة

٩- مخصف

١٠- مسطرة قياس أو فيتة

المواد المطلوبة :-

١- أسلاك توصيل بحجم مناسب لقدرة المحرك .

٢- براغي مناسبة لتثبيت كل من المصهرات وقاطع الدورة .

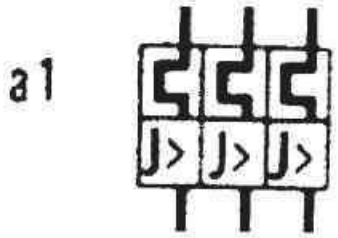
ملآحظة :-

يتم تثبيت كل من المصّهرات وقاطع الدورة على اللوحة الخشبية ، أما المحرك فإذا كان صغير الحجم فيثبت على لوحة ثابتة مماثلة وإذا كان كبيراً يثبت على منضدة العمل أو على الأرض .

(٢) التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق مفتاح قاطع دورة ذو حماية حرارية ومغناطيسية .

هناك مصَهرات أوتوماتيكية ذات حماية حرارية ومغناطيسية تعوض عن المصَهرات الاعتيادية بحيث لا تستبدل عند حدوث عطب في الدائرة الكهربائية .

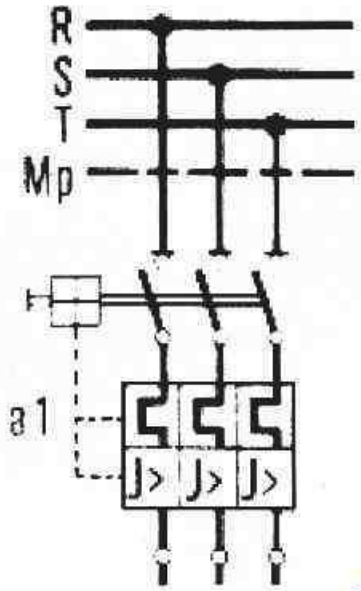
وإنما يعاد توصيلها بتحريك عتلة يدوية معينة مبينة في الشكل الآتي :-



تكون هذه الحماية الحرارية والمغناطيسية عادة مرتبطة آلياً مع قاطع ذو ثلاثة أقطاب ليكون بمجموع مكوناته معوضاً عن كل من المضّهرات وقاطع الدورة الميكانيكي اليدوي ذو المرحلة الواحدة .

يستعمل قاطع حماية المحرك الأوتوماتيكي ذات الحماية الحرارية والمغناطيسية الذي يُسمى (MCB) Miniature Circuit Breaker لتشغيل المحرك ذو الثلاثة أطوار وإيقافه (0– 1) أو (OFF – ON) فضلاً عن حمايته من زيادة التيار عند زيادة الحمل عن الحد المقرر وحماية الدائرة من التماس المباشر (Short Circuit)

ويكون على الشكل الآتي :-



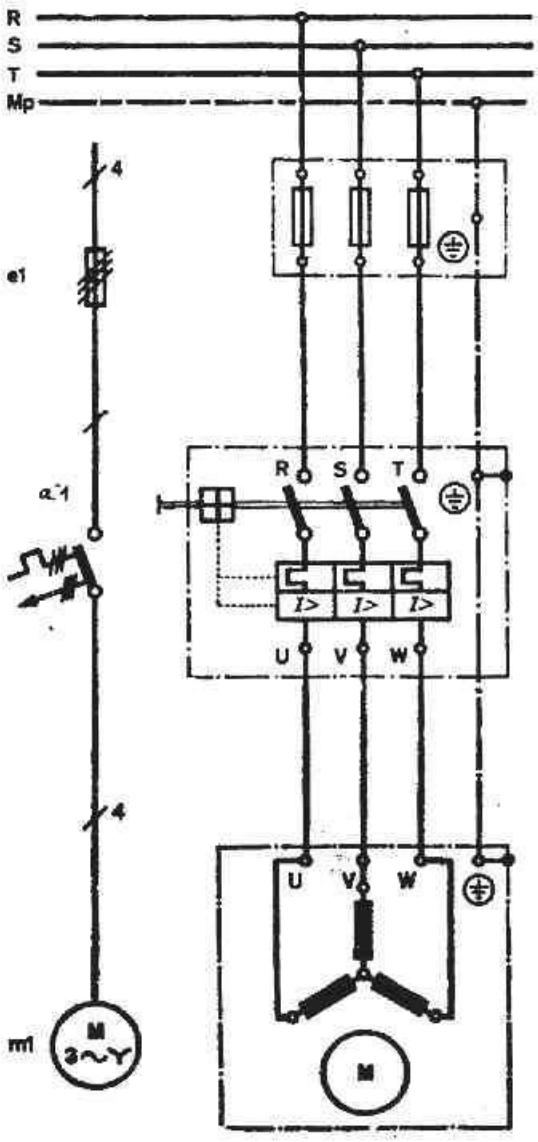
أحياناً تربط في الدائرة الكهربائية لتشغيل المحرك مصّهرات اعتيادية مباشرة بعد الشبكة الرئيسية ذات الثلاثة أطوار ، ومنها الى القاطع الاوتوماتيكي(M C B) ثم الى المحرك ، لتوفير الأمان بشكل أكبر لكل من المحرك والموصّلات فضلاً عن حماية الشخص العامل في المنظومة وذلك بتأريض كل من جسم المصّهرات والمفتاح الأوتوماتيكي إذا كان تغليفها من مادة موصّلة ، وكذلك جسم المحرك .

العامل الآخر لإستعمال المصّهرات الإعتيادية الإضافية هو عندما يكون تيار القصر أعلى من قيمة القطع المسموح بها للقاطع الأوتوماتيكي والمثبتة عادة في الكتلوك المرفق معه الذي يُسمى (Short Current) مختصر – I sh

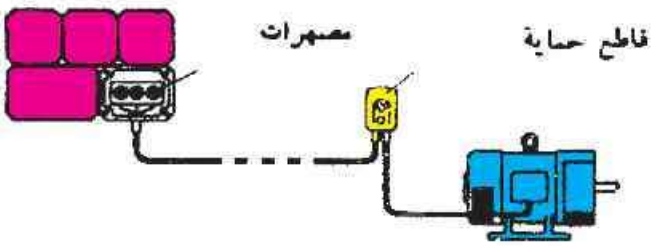
e

a

m



هناك مفاتيح أوتوماتيكية تحتوي على فصل حراري فقط ، في هذه الحالة يجب ربط مصَهرات اعتيادية بين الشبكة والقاطع الحراري لتعوض عن الفصل المغناطيسي للحماية من القصر .



المصّهرات المربوطة في الدائرة تحمي المحرك والأسلاك من القصر .

التوصيل الحراري الثلاثي الأقطاب يحمى المحرك من زيادة الحمل .

ملاحظة :

١- عناصر الوقاية (المصهرات) عند استعمالها للحماية ضد القصر يجب أن تربط في البداية أي في لوحة التوزيع وذلك كي تحمي جميع النواقل .

٢- عناصر الوقاية (المصهرات) عند استعمالها للحماية ضد زيادة الحمل . بالإمكان ربطها في أي مكان من النواقل قبل المحرك .

٣- التوصيل الحراري يجب أن ينظم على قيمة التيار الأسمي للمحرك .

تمرين عملي (٢)

المطلو ب توصيل وتشغيل محرك ثلاثة أطوار بواسطة مفتاح قاطع دورة ذو حماية حرارية ومغناطيسية (قاطع حماية المحرك الأوتوماتيكي) (M C B)

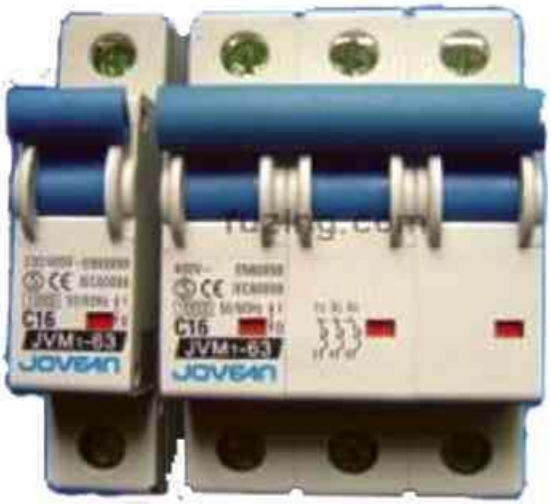
Miniature Circuit Breaker

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين : ينفذ التمرين على لوحة خشبية ٦٠ × ٦٠سم

العُدد والأجهزة المطلوبة :

١- محرك ثلاثة أطوار بالقدرة المتاحة

٢- قاطع حماية المحرك الأوتوماتيكي ذو حماية حرارية ومغناطيسية بحجم مناسب لقدرة المحرك.



٣- كتر

٤- بلايس

٥- لاوية

٦-درنفيس عدل (٣، ٥، ٨) ملم

٧- درنفيس مربع بأحجام مختلفة

٨- قاشطة

٩- مخصف

١٠- مسطرة قياس أو فيتة

المواد المطلوبة :- ١- أسلاك توصيل بحجم مناسب لقدرة المحرك

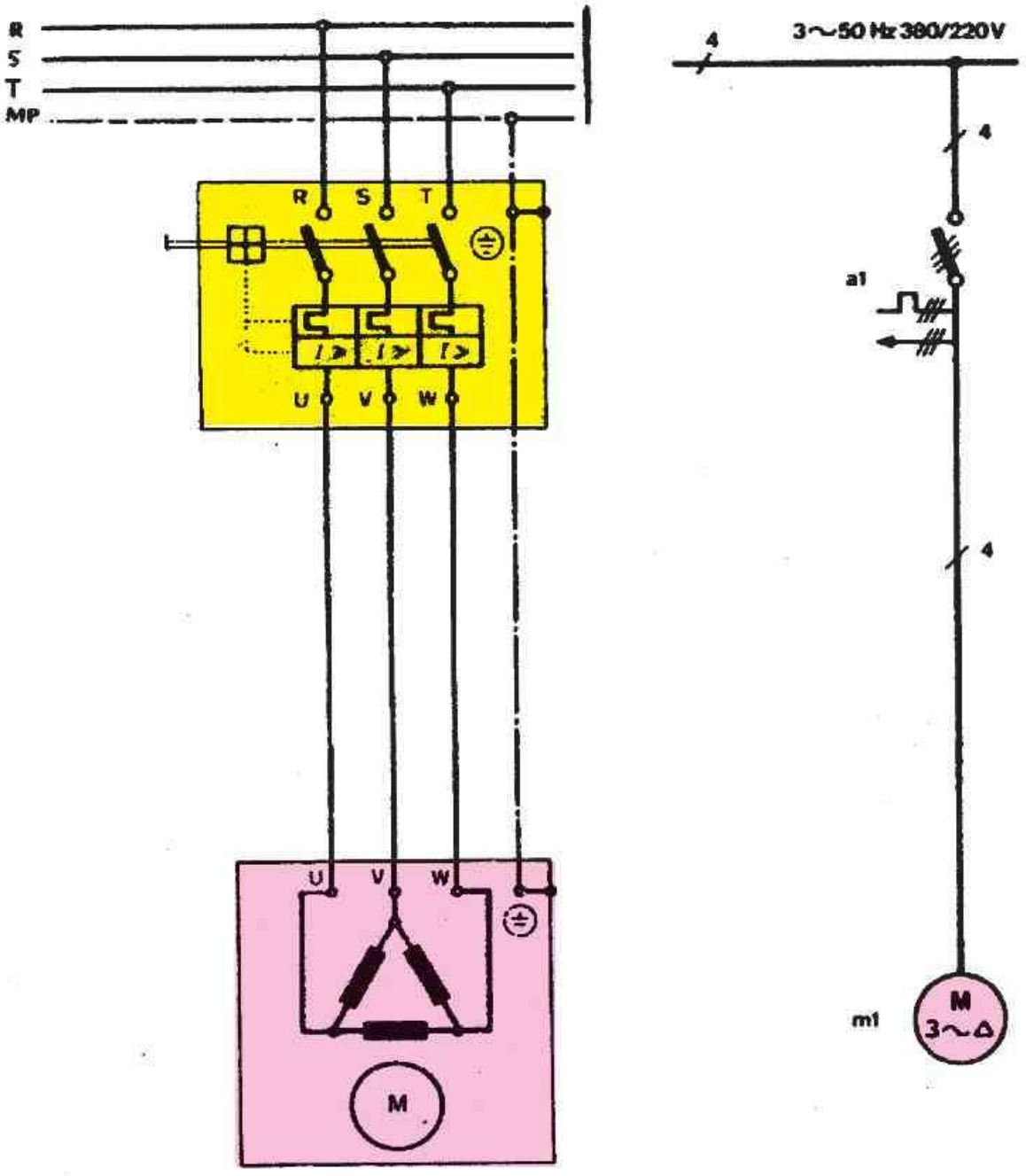
٢- براغي مناسبة لتثبيت كل من المصّهرات وقاطع الدورة

ملاحظة :-

١- يتم تثبيت كل من المصّهرات وقاطع الدورة على اللوحة الخشبية ، أما المحرك فإذا كان صغير الحجم فيثبت على لوحة ثانية مماثلة وإذا كان كبيراً فيثبت على منضدة العمل أو على الأرض.

٢- ينفذ التمرين بموجب الخارطة الآتية على أن لا يتم التقيد بتشغيل المحرك على شكل دلتا أو ستار ، بل يتم التصرف حسب نوع المحرك المستعمل .

مخطط تنفيذ تمرين تشغيل المحرك ثلاثي الأطوار بواسطة مفتاح قاطع حماية المحرك الأوتوماتيكي بالحماية الحرارية والمغناطيسية .



أسئلة حول موضوع (تشغيل المحرك بواسطة مفتاح يدوي)

س ١- ما فائدة كل من الحماية الحرارية (أوفرلود) والفيوزات الإعتيادية المستعملة مع مفتاح توصيل القوة الدافعة الكهربائية للمحركات التي تعمل بالمفتاح اليدوي ؟

س ٢- ما عدد مراحل تحريك المفتاح الإعتيادي اليدوي لتشغيل محرك ثلاثة أطوار ؟

س ٣- ماذا يعني لك مواضع المفتاح اليدوي (I) و (O) ؟

س ٤- كيف يتم إختيار حجم المصهر لدائرة تشغيل المحرك ؟

س ٥- كم عدد المصهرات الواجب ربطها في دائرة كهربائية لتشغيل محرك ثلاثة أطوار؟

س ٦- ما فائدة الحماية المغناطيسية في دائرة تشغيل محرك ثلاثة أطوار ؟

س ٧- هل من الواجب والضروري ربط فيوزات اعتيادية في دائرة تشغيل محرك ثلاثة أطوار ثم ربط قاطع ذو حماية حرارية ومغناطيسية فيها ؟

س ٨- لتشغيل محرك ثلاثة أطوار يستخدم أحياناً قاطع ذو حماية حرارية فقط ، هل يكفي هذا ؟ علل ذلك .

التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق موصّل هوائي وأزرار تشغيل (on – off).

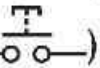
بعض المكائن الكهربائية يستوجب تشغيل محركاتها بسرعة وخفة وسهولة متناهية ، حيث إستعمال كل من المفتاح اليدوي أو حتى المفتاح الأوتوماتيكي التي درسناها في الموضوع السابق قد يأخذ بعض الوقت عند تشغيله أو إيقافه.

فإستعمال أزرار تشغيل (بوش) (Push Button) يؤدي الغرض المطلوب.

فبمجرد لمسة خفيفة وسريعة على (زر) يمكن أن يبدأ المحرك بالدوران وكذا يمكن أن يتوقف عن الدوران.

لذلك نحتاج الى نوعين من الأزرار أحدهما للتشغيل يكتب عليه (On) أو (I) عادة يكون لونه أخضر ، والآخر للإيقاف يكتب عليه (Off) أو (O) عادة يكون لونه أحمر.

في الحقيقة يجب التمييز بينهما بهذه العلامات التي ذكرناها كي لا نتوهم وتختلط علينا أمور التشغيل والإيقاف ، فقد يؤدي ذلك الإختلاف الى كارثة ، حيث يستوجب أحياناً إيقاف ماكنة معينة في لحظة معينة لدرء خطر معين عن الشخص العامل عليها.

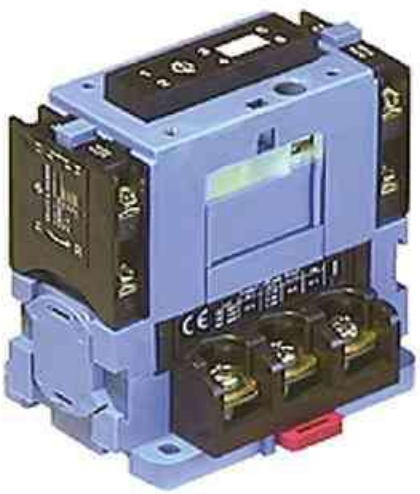
فالتركيب الخارجي ومظهر البوشين متشابهة كلياً ، بينما تركيبها الداخلي مختلف ، فكل واحدة منها تؤدي عمل معين ، فبوش التشغيل (On) يكون عادة من النوع الغالق (NO) الذي يكون في وضعه الطبيعي مفتوح وعندما نضغط عليه يغلق ويمرر التيار الكهربائي ()

بينما يكون بوش الإيقاف (Off) من النوع الفاتح (NC) الذي يكون في وضعه الطبيعي مغلق ويمرر التيار الكهربائي ، وعندما نضغط عليه يفتح ويقطع مرور ذلك التيار (ـــ ـــ).

ومن الطبيعي أن كل منهما يعمل بنابض لولبي ليعود الى وضعه الطبيعي قبل الضغط ، حال رفع اليد عنه.

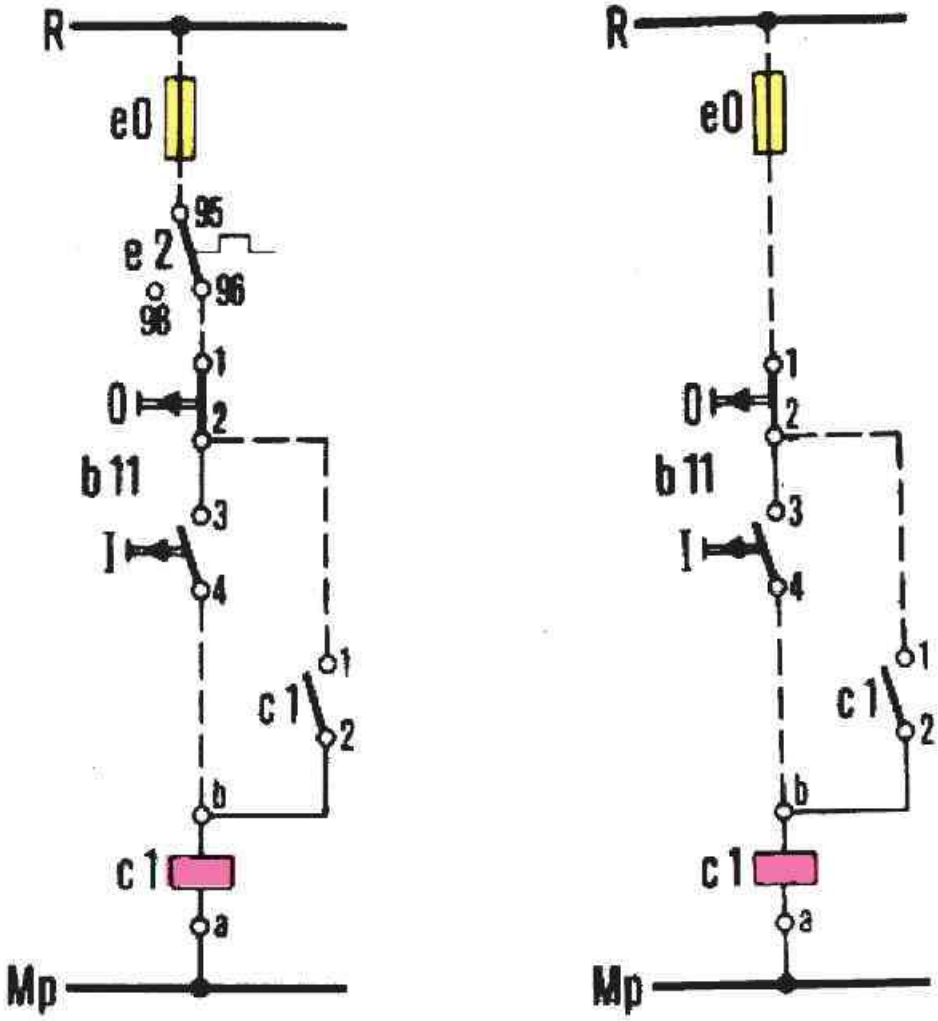
بالإمكان أن نستعمل هذه الظاهرة العملية لإيصال التيار الكهربائي الى ملف مغناطيسي لموصّل هوائي (كونتكتر) بدوره يقوم بدور المفتاح الرئيسي ثلاثي الأقطاب لتشغيل محرك كهربائي ثلاثي الأطوار وكذلك الطور الواحد ، أو أي جهاز كهربائي مهما يكون أداء عمله سواءً تدفئة أو تبريد أو إنارة وأي عمل آخر لأي جهاز يعمل بالتيار الكهربائي ، فكما ذكرنا في بداية الموضوع ، بلمسة واحدة يتم التشغيل وبلمسة أخرى يتم الإيقاف السريع.

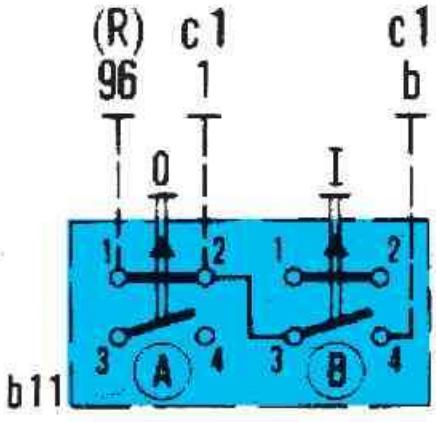
فضلاً عمّا تعلمناه في موضوع سابق لكيفية عمل وإشتغال وترتيب الموصّل الهوائي (Air Contactor).



المخططات الآتية تبين عمل توصيلة سريان التيار التي تسمى دائرة السيطرة (Controll Circuit) لعمل ملف الكونتكتر لتشغيل الموصّلات للدائرة الكهربائية الرئيسية التي تسمى (Power Circuit) لتشغيل وإيقاف المحرك.

دائرة السيطرة (Control Circuit).

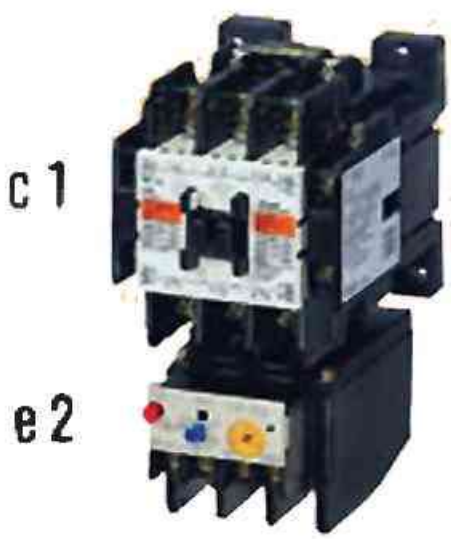


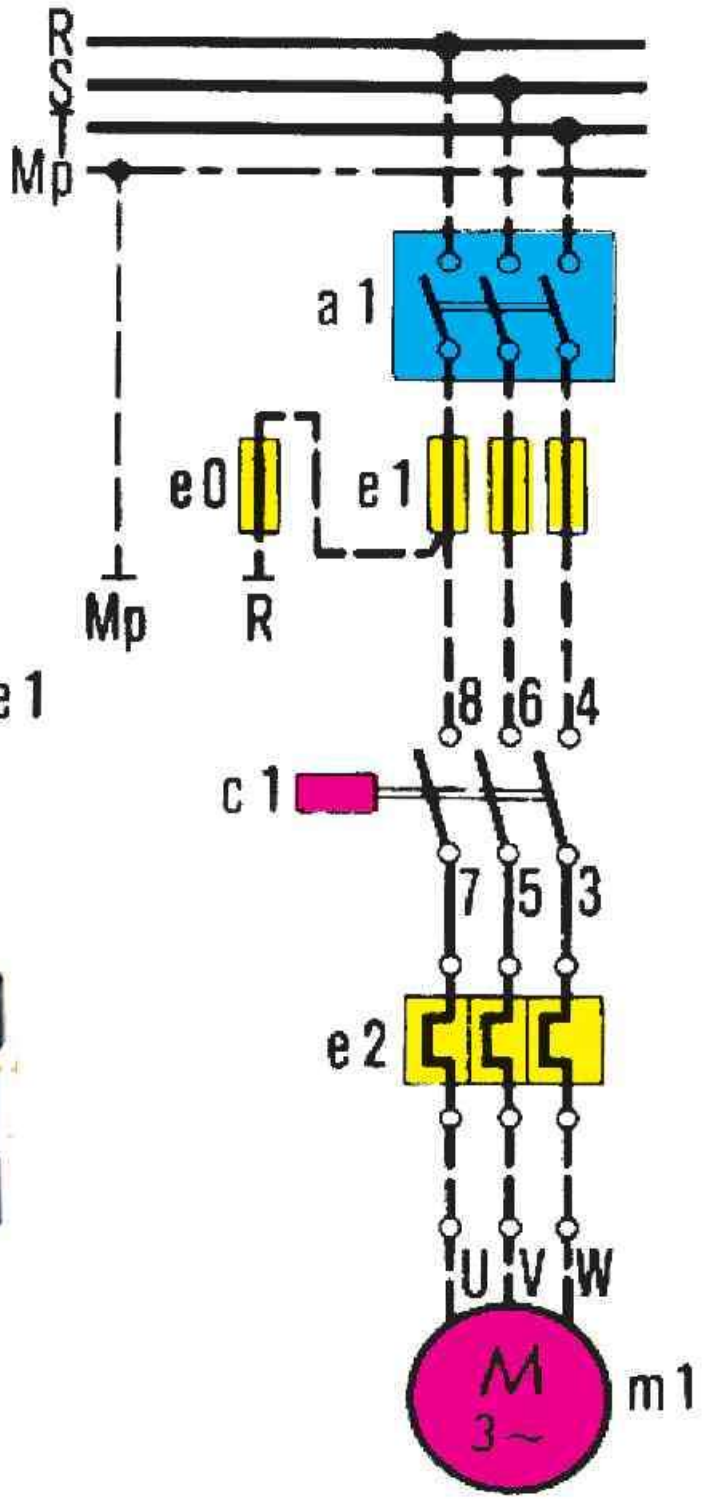


تشغيل I = ON

إيقاف O = OFF

دائرة القوة (Power Circuit)





(e2) ثنائي المعدن يعمل عند زيادة التيار عن الحد المقرر له وينحني ، وبدوره يشغّل نقاط التوصيل التابعة له في دائرة السيطرة ، فيفتح النقاط (96- 95)ويقطع التيار عن ملف الكونتكتر (C1) ويفصل الموصلات الرئيسية عن المحرك في دائرة القوة ليتوقف عن الدوران.

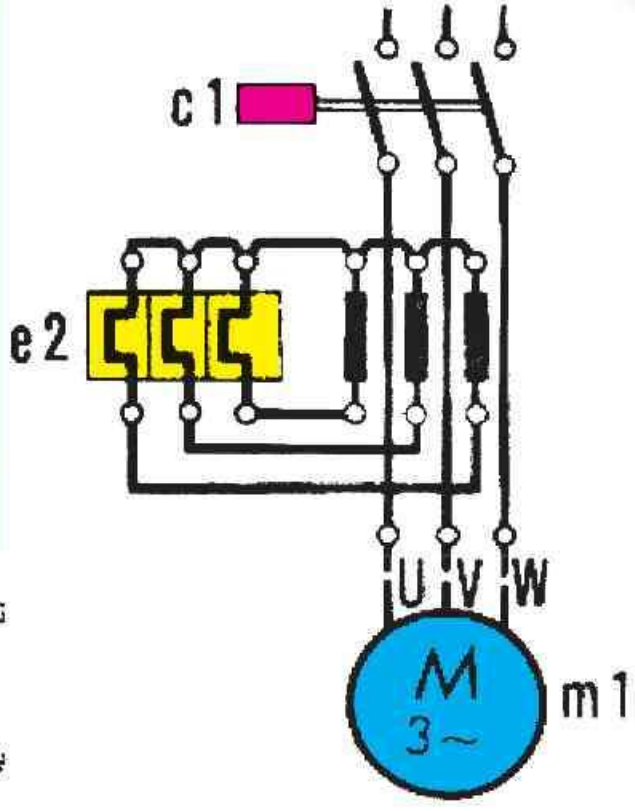
بالوقت نفسه يوصل النقاط (98- 97)التي يمكن أن توهج مصباح سيطرة ليعطينا إشارة على أن المحرك متوقف.

ملاحظة :

١- الخط الرئيسي (R) الذي يغذي دائرة السيطرة يؤخذ من الشبكة بعد المفتـــاح اليدوي الرئيسي (a1) وكذلك المصهّرات الرئيسية (e1) وعبر مصهّر صغير (e0).

٢- عندما يكون المحرك كبير ويسحب تياراً كهربائياً عالياً يستوجب فيه أن تكون قطع ثنائي المعدن كبيرة ، فبالإمكان إستعمال محولات تيار تخفض التيار الى قيم صغيرة ، نستعمل خلالها قطع ثنائي معدن إعتيادية صغيرة الحجم تؤدي الغرض نفسه ، كما في الشكل أدناه :

نموذج لمحول تيار Current (CT) Transformer يستعمل ثلاثة منه بواقع واحد لكل طور من الأطوار الثلاثة.



أسلوب عمل التوصيلة :-

١- مرحلة التشغيل (ON)

بعد تشغيل القاطع اليدوي (a1) ووضعه في حالة (ON) يصبح بالإمكان إيصال التيار الكهربائي الى ملف الكونتكتر (C1) عن طريق الضغط على زر التشغيل اليدوي (I) أو (ON) ، حيث يعمل الملف على تحريك جميع الموصلات الموجودة في الكونتكتر (C1) ويغير حالتها. فالغالق (NO) يغلق والفاتح (NC) يفتح ، لذلك يستمر مرور التيار عن طريق الغالق المساعد (C1) عبر نقاطه (1-2) الى الملف حتى عند رفع اليد عن زر التشغيل اليدوي ، حيث يستمر بتغذية الملف بالتيار الكهربائي.

٢- مرحلة الإيقاف (OFF)

عند الضغط على زر الإيقاف اليدوي (O) أو (OFF) حيث يقطع التيار الكهربائي عن ملف الكونتكتر وعندها ترجع جميع موصلات الكونتكتر الرئيسية 3-4 و 5-6 و 7-8 ، ويتوقف المحرك عن الدوران ، وكذلك يعود الموصّل المساعد (1-2) الى حالته الطبيعية ويقطع التيار الكهربائي عن ملف الكونتكتر.

وما عدا إيقاف المحرك بواسطة زر الإيقاف (O) بالإمكان إجراء العمل نفسه عن طريق القاطع اليدوي الرئيسي (a1) الذي بدوره يقطع الشبكة مباشرة عن المحرك فضلاً عن قطع التيار عن دائرة السيطرة ، الذي كان يتغذى بالتيار الكهربائي عن طـريق كل من المصـهرات (e1) و (e0) ، من بعد ذلك المفتاح الرئيسي اليدوي (a1).

مصابيح الإشارة للدلالة على إشتغال ووقوف المحرك عن الدوران

بالإمكان إستعمال مصباحين صغيرين بلونين مختلفين ، يتوهج أحدهما ليعطي إشارة على حالة المحرك إشتغال أو وقوف.

عادة يستعمل مصباح إشارة بلون أخضر لحالة إشتغال المحرك (ON) ومصباح إشارة آخر بلون أحمر لحالة وقوف المحرك عن الدوران (OFF).

من الطبيعي وكما تعلمنا في التأسيسات الكهربائية – أن المصابيح بطرفين ، يصل أحدهما دائماً بالنقطة المحايدة (Mp) ، وحالما نعطي للنقطة الثانية خط رئيسي (R) يتوهج ، وعندما نفصله ينطفئ.

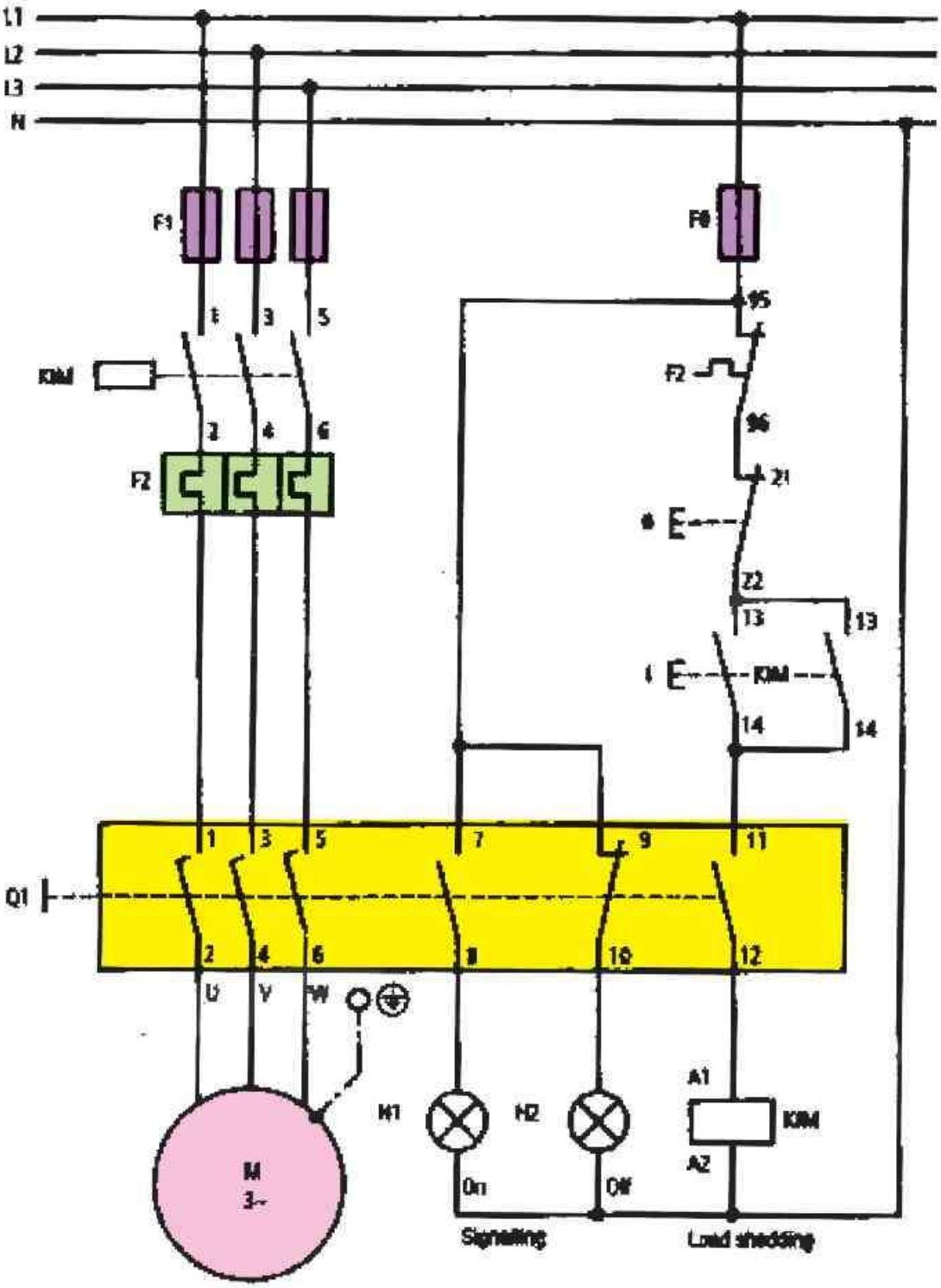
لذا نستعمل موصلات مساعدة أخرى من الكونتكتر الذي يشغل المحـــرك ، أحدهما غالـــق (NO) ليتوهج عن طريق مصباح إشارة التشغيل الأخضر ، عندما يعمل الكونتكتر . وآخر فاتح (NC) ليكون مصباح إشارة الايقاف الأحمر متوهج عند حالة عدم إشتغال الكونتكتر ، بينما ينقطع عنه التيار وينطفئ عند إشتغال الكونتكتر ووقوف المحرك عن الدوران.

نلاحظ في المخطط الآتي لتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق موصّل هوائي وأزرار تشغيل (ON-OFF). فضلاً عن مفتاح يدوي Q 1 لاغراض الصيانة يؤمن حالتي الأطفاء والتشغيل

وجود مصباحين إشارة H1 لحالة الـــ (ON) يأخذ التيار الكهربائي عن طريق الموصّل المساعد الغالق(NO) (7-8).

والمصباح الآخر (H2) لحالة الـــ (OFF) الذي يأخذ التيار الكهربائي عن طريق الموصّل المساعد الفاتح (NC) (9-10).

مخطط تشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق موصّل هوائي وأزرار تشغيل ومصابيح إشارة لحالتي التشغيل والإيقاف(ON-OFF) بواسطة مفتاح يدوي للصيانة (Q1)



تمرين عملي

المطلوب ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق موصل هوائي وأزرار تشغيل (ON - OFF).

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :

يتم تنفيذ التمرين على لوحة خشبية قياس ٦٠ × ٦٠سم

العُدد المطلوبة :

١- كتر.

٢- بلايس.

٣- لاوية.

٤- قاشطة.

٥- درنفيسات عدل قياس (٣، ٥، ٨ ملم).

٦- درنفيسات مربعة صغير ومتوسط.

٧- مخصف.

٨-مطرقة وزن (٢٠٠) غم.

٩- مسطرة قياس أو فيتة.

المواد والأجهزة المطلوبة :

١- محرك ثلاثة أطوار بقدرة متاحة.

٢- كونتكتر بتيار مناسب لقدرة المحرك. ذو موصّلات رئيسية عدد - ٣- غالقة وموصّلات مساعدة غالقة عدد - ٢- وموصّل مساعد فاتح عدد - ١-.

٣- أوفرلود (ثنائي معدن حراري) ثلاثة أطوار مع موصّل مساعد (96-95).

٤- مصابيح إشارة عدد(٢) أحمر وأخضر.

٥- بوش بتن عدد (٢) ، واحد غالق (ON) وواحد فاتح - OFF.

٦- فيوزات عادية عدد (٣) مناسبة لقدرة المحرك. وآخر (٢) أمبير لدائرة السيطرة.

٧- أسلاك (٥، ١) ملم^{2} لدائرة السيطرة.

٨- أسلاك بحجم مناسب لقدرة المحرك.

٩- براغي لتثبيت مستلزمات التمرين.

أسئلة حول موضوع (تشغيل المحرك بواسطة الموصّل الهوائي وأزرار التشغيل)

س١- عندما نضغط على زر التشغيل (ON) يمسك الكونتكتر ، وعندما نرفـــع يدنا عن الزر يبقى الكونتكتر ماسك ، كيف؟

س٢- ما فائدة الحماية الحرارية (أوفرلود) في دائرة تشغيل المحركات بواسطة الكونتكترات؟ وما عدد موصلاته؟ وما وظيفة كل منها؟

س٣- ماذا تعني لك نقاط التوصيل (96 - 95) ؟

س٤- لتشغيل محرك ثلاثة أطوار يكفي مفتاح يدوي إعتيادي. لماذا إذاً نعوض عن ذلك بإستخدام كونتكتر وملحقاته؟

س٥- كيف نميز كل من أزرار التشغيل والإيقاف لتشغيل محرك بواسطة الكونتكتر؟

س٦- ماذا يقصد بكل من دائرة القوة والسيطرة؟

س٧- متى نضطر لاستخدام محول تيار (CT) في دائرة حماية المحرك؟

س٨- ما الألوان المألوف إستعمالها لمصابيح إشارة التشغيل والإيقاف؟

س٩- ما نوع الموصّـــلات المساعدة المستخدمة في كونتكتر تشغيل المحرك عند إستخـــدام مصباحي إشارة للتشغيل والإيقاف؟

(١) التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عاكس دوران عن طريق مفتاح ميكانيكي يدوي

من المعروف أن محركات الثلاثة أطوار تتميز بسهولة عكس اتجاه دورانها وذلك بتغيير مكان ربط أي خطين من الخطوط الثلاثة المغذية أو الواصلة من الشبكة إلى نقاط ربط المحرك (الواحد بدل الآخر).

نقاط ربط الشبكة وعلى الترتيب هي (R,S,T) أو (L١،L٢،L٣) توصل الى نقاط ربط المحرك (بعد مرورها بالمصهّرات) وعلى الترتيب نفسه (u,v,w) يعني :-

الدوران باتجاه عقرب الساعة

R ⟶ u

S ⟶ v

T ⟶ w

فيدور المحرك بإتجاه معين مثلاً على اليمين.

كثير من المكائن الكهربائية التي تعمل بمحرك ثلاثة أطوار تحتاج فيها الى عكس إتجاه الدوران ، مرة الى اليمين ومرة الى اليسار ، مثل المخرطة (التورنة) و(الفريزة) وغير ذلك من المكائن.

كما ذكرنا يتم ذلك بتبديل موصَلين الواحد بدل الآخر مثل :-

الدوران عكس اتجاه عقرب الساعة

R ⟶ v

S ⟶ u

} تتبدل

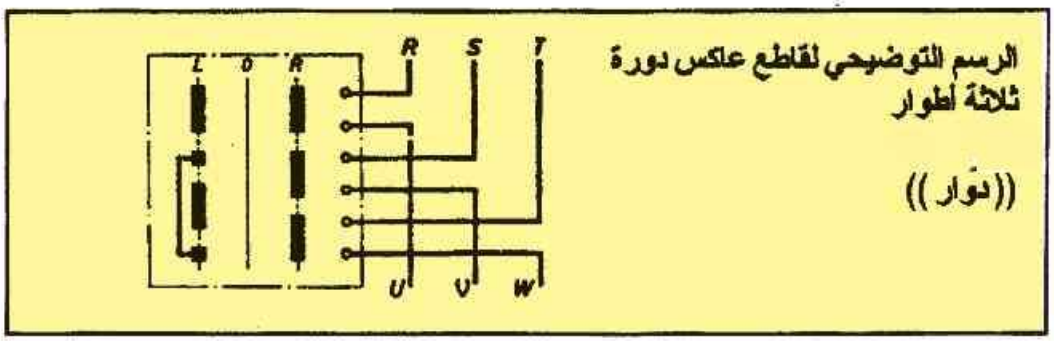
T ⟶ w يبقى على حاله

بالإمكان إجراء ذلك العمل بواسطة مفتاح يدوي يعمل بمرحلتين للتوصيل ، بدأ من مرحلة السكون ، المرحلة التي يكون فيها المحرك ساكن لا يدور ، يعني في حالة (OFF) أو (O) ، ثم تبدأ أول مرحلة للتشغيل وهي دورانه بإتجاه اليمين وهي المرحلة (١) أو (R-Right)، ثم المرحلة الثانية للتشغيل وهي المرحلة (٢) أو (L-Left) ، التي يكون فيها إتجاه الدوران بعكس الأولى يعني على اليسار.

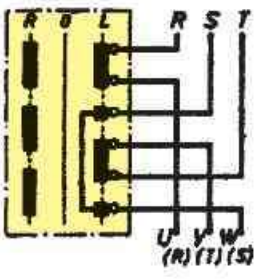
وضعية السكون (O) يجب أن تكون في المنتصف كي لا يتم الإنتقال من مرحلة دوران اليمين مباشرة الى مرحلة دوران اليسار ، لأنه في هذه الحالة سيسحب المحرك تياراً عالياً جداً ، قد يتلف ملفاته وعوازله وقد يؤثر ميكانيكياً على عمله أو عمل الماكنة التي يشغلها.

قاطع دورة دوّار

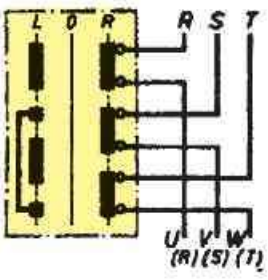
الرسوم التوضيحية الآتية تبين التركيب والتوصيل الداخلي للمفتاح الدوار في جميع حالات عمله :-



اتجاه الدوران
(يسـار)

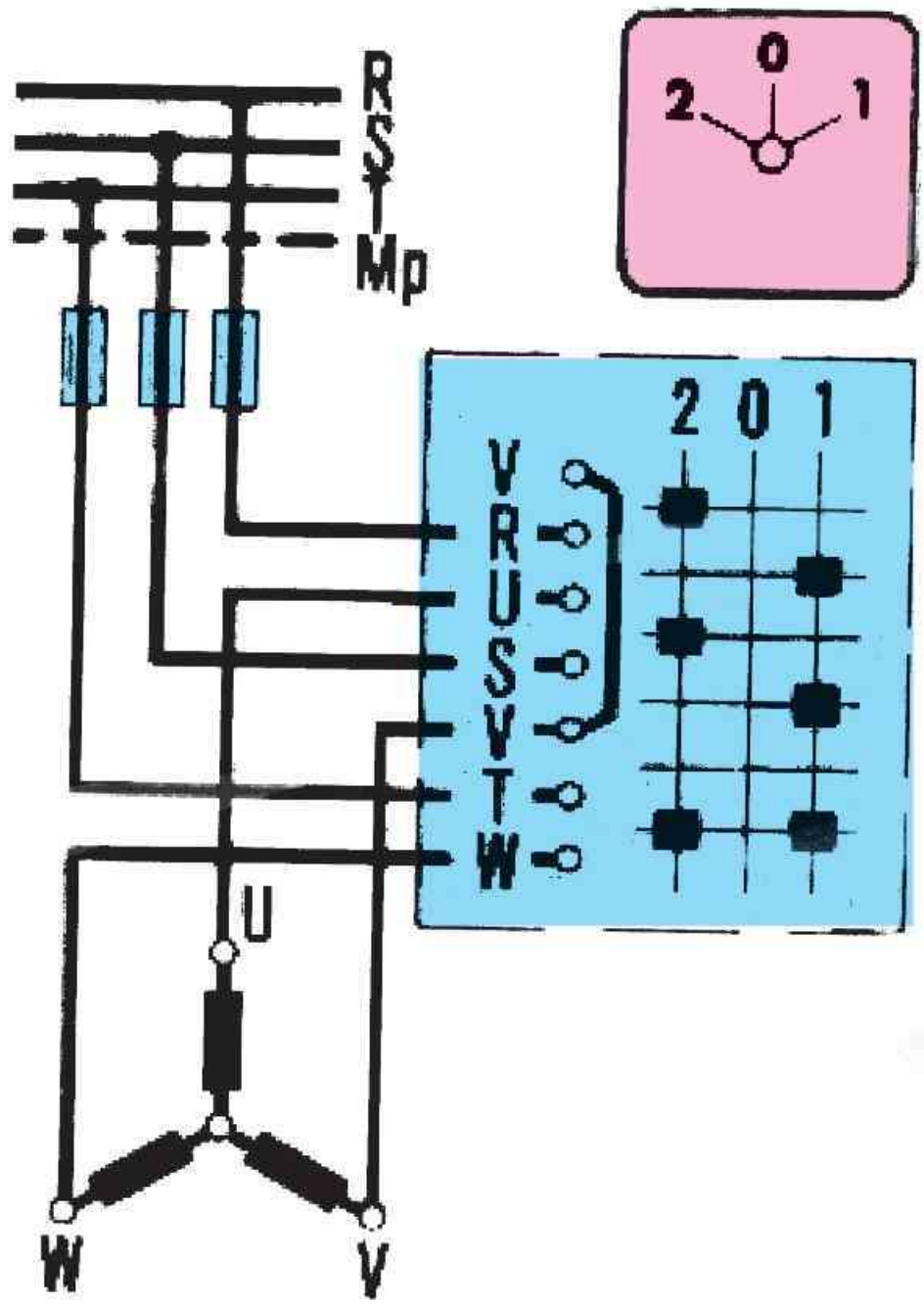


اتجاه الدوران
(يمـين)



الشكل الآتي يبين مخطط توصيل المفتاح عاكس الدوران بشبكة ثلاثة أطوار لتشغيل محرك ثلاثي الطور.

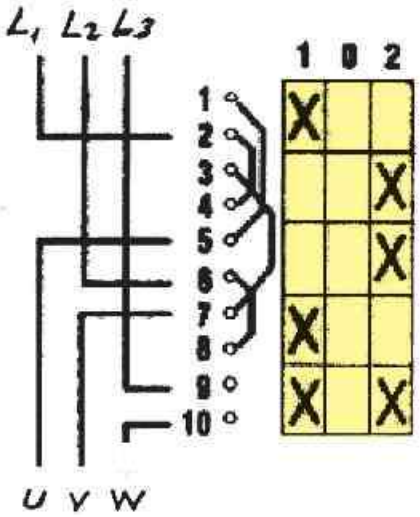
مع واجهة المفتاح التي تبين وضع مقبض المفتاح (اليدة) على أي من المراحل التي يتم إختيارها

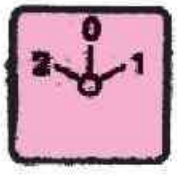


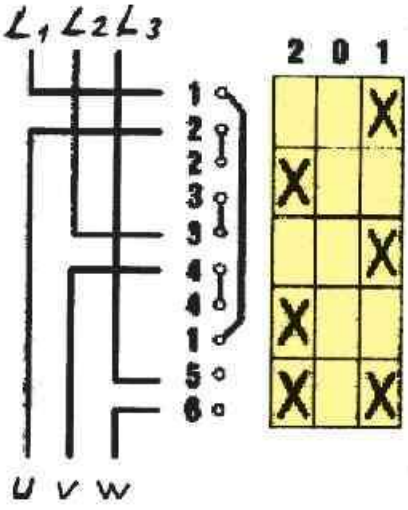
مفاتيح عاكسة دوران المحركات ثلاثية الطور

المخططات الآتية تبين أنواع أخرى من المفاتيح لعكس إتجاه دوران محركات الثلاثة أطوار ، فالأول يكون فيه الإنتقال الى مرحلة التشغيل والدوران بإتجاه اليمين بتحريك المقبض اليدوي بإتجاه اليسار .

أما المفتاح الثاني فيكون فيه الإنتقال الى مرحلة التشغيل والدوران بإتجاه اليمين بتحريك المقبض اليدوي بإتجاه اليمين .







ملاحظة :

إتجاه دوران المحرك الى اليمين يقصد به الدوران بإتجاه عقارب الساعة أما دورانه إلى اليسار فيقصد به الدوران بعكس اتجاه عقارب الساعة.

تمرين عملي (١)

المطلوب تنفيذ ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عاكس دوران عن طريق مفتاح ميكانيكي يدوي (دوّار).

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :

تنفيذ هذا التمرين على لوحة خشبية قياس ٦٠ × ٦٠ سم وبموجب المخططات التي تعلمناها في موضوعنا بهذا الخصوص.

العُدد المطلوبة :-

١- كتر.

٢- بلايس.

٣- لاوية.

٤- قاشطة.

٥- درنفيسات عدل قياس (٣ ، ٥ ، ٨) ملم.

٦- درنفيسات مربعة صغير ومتوسط.

٧- مخصف.

٨- مطرقة وزن (٢٠٠) غم.

٩- مسطرة قياس أو فيتة.

المواد والأجهزة المطلوبة :-

١- محرك ثلاثة أطوار بقدرة المتوفر منها.

٢- مفتاح عاكس دوران ميكانيكي يدوي ثلاثة أطوار المتوفر منه ، قلاّب أو دوّار.

٣- مصهّرات عدد (٣) مناسبة لقدرة المحرك.

٤- أسلاك توصيل.

٥- براغي تثبيت الأجهزة.

(٢) التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عاكس دوران عن طريق الموّصلات الهوائية وأزرار التشغيل .

كما تعلمنا في مواضيع سابقة أنه بالإمكان الاستعاضة عن المفتاح الميكانيكي اليدوي بالكونتكترات وأزرار التشغيل (ON) و (OFF) .

وبذلك سنتحاج هنا الى ثلاثة أزرار ، واحد منها للايقاف (O) .

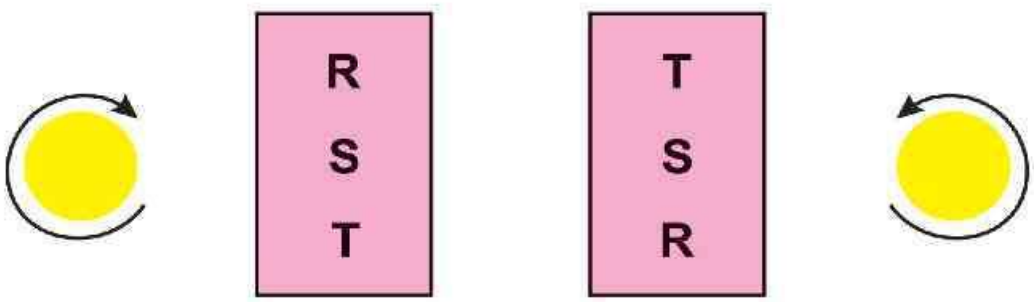
وأثنين للتشغيل أحدهما نسميه (I) أو (1) أو (R- Right) .

يعني يمين . والآخر (II) أو (2) أو (L-left) يعني يسار .

وسنحتاج هنا الى كونتكترات عدد إثنان يكونان على التوازي لأن كليهما يوصل مصدر القوة الدافعة الكهربائية الى المحرك بثلاثة أطواره ، هذا فيما يخص دائرة القوة .

لكن ترتيب دخول الأطوار أو خروجها من الكونتكترات يجب أن يختلف في أحدهما عن الآخر ، بحيث يكون في أحدهما (R) ثم (S) ثم (T) .

والآخر يجب أن يكون مثلاً (T) ثم (s) ثم (R) .



بذلك عندما يتم تشغيل الكونتكتر الأول (C_1) سيدور المحرك بإتجاه عقارب الساعة ، وعندما يتم تشغيل الكونتكتر الثاني (C_2) سيدور بعكس إتجـــاه عقارب الساعة .

وكما تعلمنا في المفتاح الميكانيكي اليدوي ، عندما يعمل المحرك ويراد عكس إتجاه دورانه يجب أن يمر المفتاح الى نقطة الايقاف (O) بين المرحلتين وليس من المهم أن يقف المحرك تماماً عن الدوران ، بل المهم أن تنخفض عدد دوراته وتُزال عنه القوة الكهرومغناطيسية .

والشئ نفسه يجري على التشغيل بواسطة الكونتكترات ، حيث يفترض الأنتقال من مرحلة التشغيل بإتجاه معين الى مرحلة الاتجاه المعاكس أن يمر حتماً بنقطة الإيقاف (O) .

لأجل أن لا يتم التحويل بين الاتجاهين مباشرة دون المرور بمرحلة ال (O) يتم حماية كل ملف من أي من الكونتكترين بواسطة نقاط توصيل مساعدة فاتح (NC) من الكونتكتر الآخر ، بحيث لا يمكن بأي حال من الأحوال أن يصل تيار كهربائي الى الملف الآخر مادام الأول يعمل .

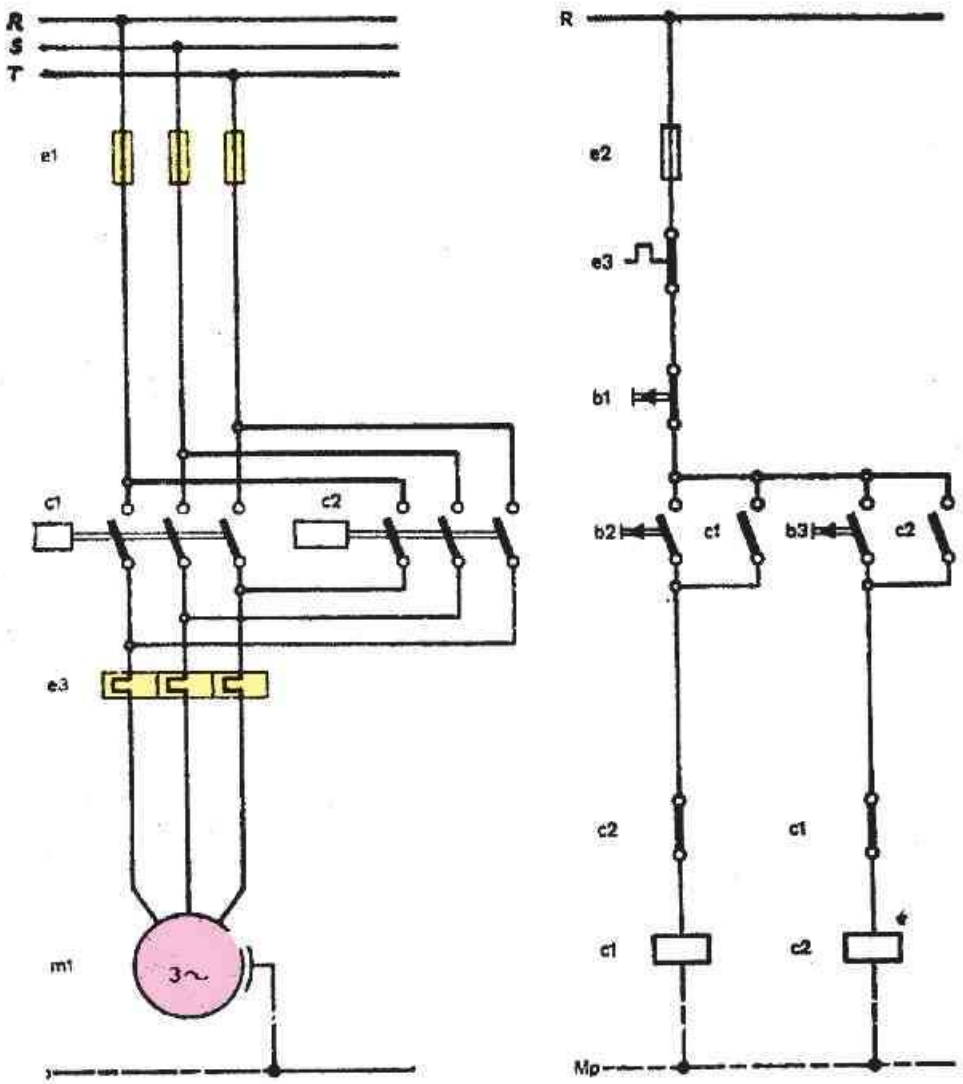
كونتكتران اثنان لتنفيذ التوصيلة الكهربائية ، ليس من الضرورة أن يثبتا متلاصقان ، يعتمدا في الأداء على الربط الكهربائي .

Reversing Combination Contactors

كونتكتران اثنان لتنفيذ التوصيلة الكهربائية ، يجب أن يكونا متلاصقين لأن بينهما ربط ميكانيكي لا يسمح لهما أن يعملان (ينسحبان) سوية .

فعندما يعمل أحدها يمنع الآخر من الإنسحاب حتى لو كان بدفعه باليد .

مخطط تشغيل محرك ثلاثة أطوار أوتوماتيكياً بواسطة الكونتكترات وأزرار التشغيل والإيقاف ($ON_1 - OFF - ON_2$) أو (R– OFF – L) عاكس دوران .

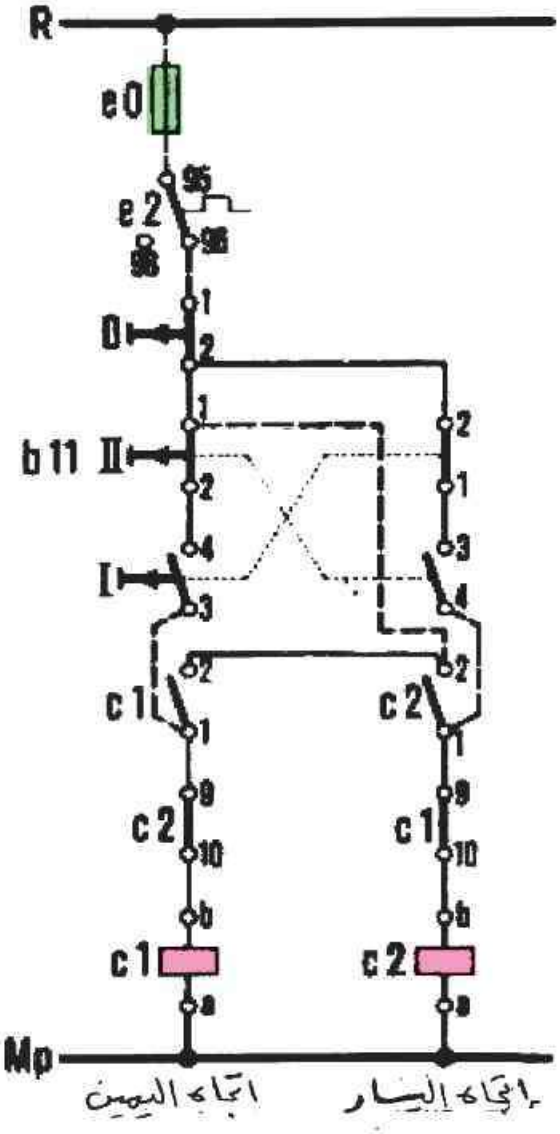


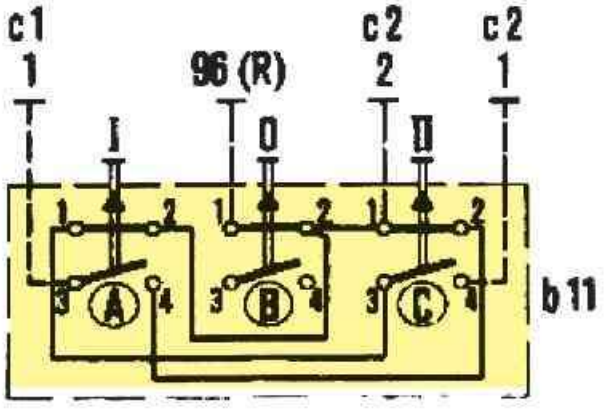
هذه التوصيلة تفي بالغرض المطلوب فيما لو تتبعنا مسير التيار فيها الذي لايسمح أن يعمل الكونتكتران سويةً . ولكن تم الأخذ بنظر الاعتبار لإحتمال أن لا تؤدي الموصّلات المساعدة الفاتحة (NC) عملها لحماية الملفين لكي لا يعملان سويةً ، مما يدعو الى ما لا يحمد عقباه نتيجة القصر الذي قد يحدث .

لذلك تم تطوير المخطط بحيث يبّعد هذا الإحتمال نهائياً .

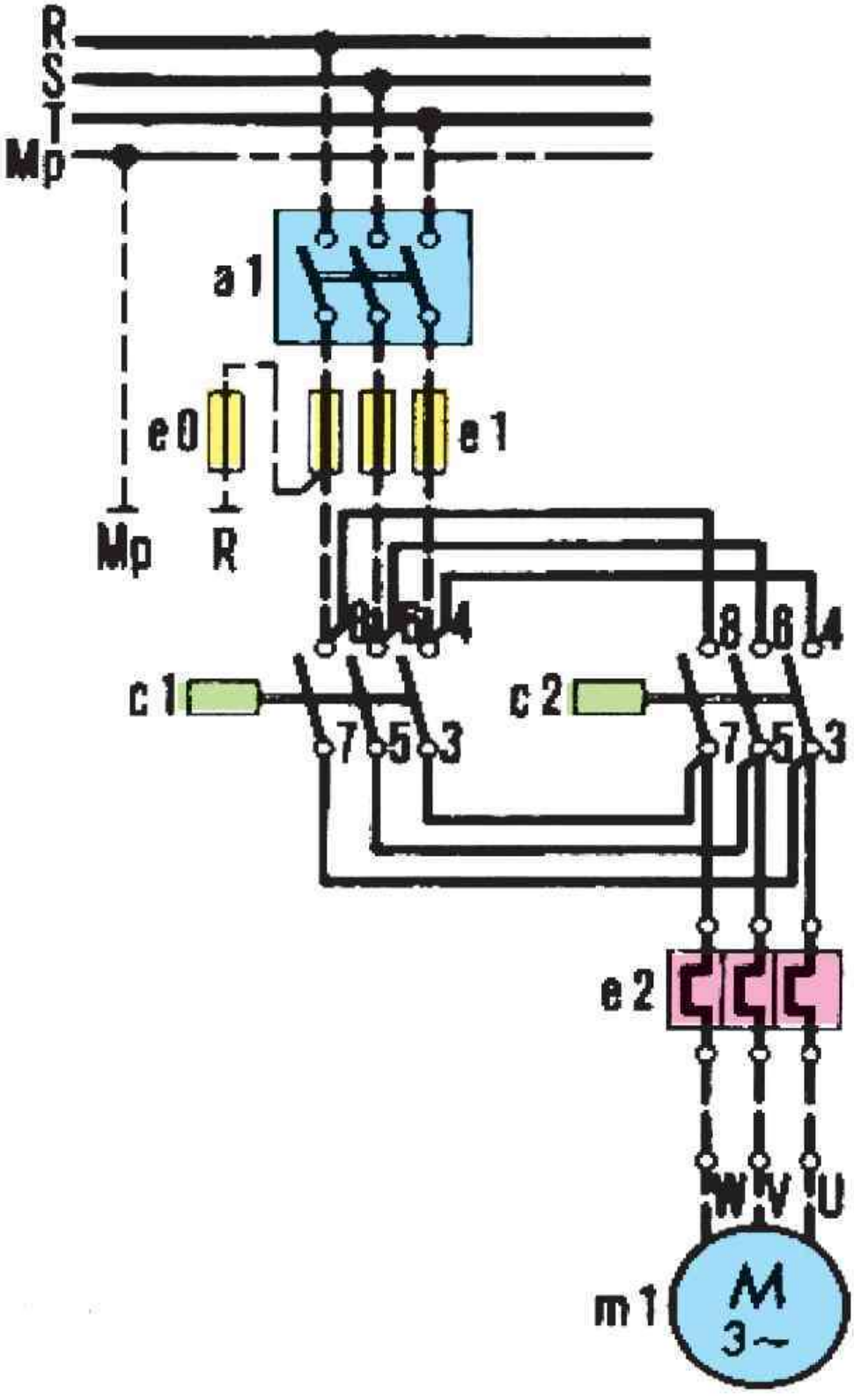
وسنلاحظ ذلك على المخطط الآتي فيما لو تتبعناه بدقة وإمعان .

دائرة السيطرة (Control) لتشغيل محرك ثلاثة أطوار بإتجاهين .





دائرة القوة (Power) لتشغيل محرك ثلاثة أطوار بإتجاهين .



إسلوب عمل التوصيلة

عند الضغـــط على بوش التشغيل الأول (I) يصـــل تيار كهربائي الى ملف الكونتكـــتر (C) فيدور المحرك بإتجاه اليمين ويبقى يدور رغم رفع اليد عن بوش التشغيل (I) لأن التيار يكمل سريانه عبر الموصّل المساعد الغالق (NO) (1 - 2 / C1) وبوش الايقاف (O) . في هذه الأثناء يحجب الموصّل المساعد الفاتح (NC) (10 - 9 / C1) مرور التيار الى ملف الكونتكتر (C 2) ويجعله غير قادر على العمل .

الآن عند الضغط على بوش التشغيل الثاني (II) سينقطع التيار عن الملف (C١) ويوصل الى ملف الكونتكتر الثاني (C 2) فيدور المحرك بإتجاه اليسار . وهكذا يتم إختيار أي من الاتجاهين بمجرد الضغط على أي بوش مطلوب لأي إتجاه كان.

لكن – كما ذكرنا سابقاً – أنه عندما يراد تغيير إتجاه الدوران يجب أولاً الضغط على بوش الايقاف (O) قبل الضغط على البوش الآخر لتغيير إتجاه دورانه.

أما إذا صادف أن تم الانتقال من بوش التشغيل (I) مباشرة إلى بوش التشغيل (II) قبل إيقافه بالبوش (O) فسيؤدي ذلك الى تحميل المحرك أكثر من طاقته ويسحب تياراً عالياً جداً يؤدي الى تسخين ثنائي المعدن (الحماية الحرارية)(e_2) ويفتح الموصّل المساعد (NC) (96 - 95 / e_2) ويقطع التيار الكهربائي عن دائرة السيطرة مما يبطل عمل الكونتكترات وتنفصل الموصّلات الرئيسية لدائرة القوة لكل من الكونتكترين (C 2،C 1) ويتوقف المحرك عن الدوران نهائياً.

ملاحظة :-

بالإمكان إضافة مصابيح إشارة تعمل عن طريق موصّلات مساعدة غالقة (NO) لكل من الكونتكترين لتشير الى أي منهما يعمل. وبدوره يبين إتجاه دوران المحرك.

تمرين عملي (٢)

المطلوب ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار يعمل بإتجاهين عن طريق موصّلات هوائية وأزرار تشغيل وإيقاف ($ON_1 - OFF - ON_2$) أو (R – OFF – L) أو (2 – O – 1) لعكس إتجاه الدوران.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :-

يتم تنفيذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم

العُدد المطلوبة :-

١- كتر.
٢- بلايس.
٣- لاوية.
٤- قاشطة.
٥- مخصف.
٦- مطرقة وزن (٢٠٠) غم.
٧- مسطرة قياس أو فيتة.
٨- درنفيس عدل عدد (٣) قياس (٣ ، ٥ ، ٨) ملم.
٩- درنفيس مربع عدد (٢) صغير ومتوسط.

المواد والأجهزة المطلوبة :-

١- محرك ثلاثة أطوار بقدرة المتوفر منها.
٢- كونتكترات عدد (٢) بتيار مناسب لقدرة المحرك ، كل منهما يحتوي على موصلات رئيسية عدد (٣) غالقة ، وموصّلين مساعدة ، أحدهما غالق (NO) والآخر فاتح (NC). وإذا أريد إضافة مصباح إشارة فيضاف موصّل مساعد آخر (NO).
٣- أوفرلود (حماية حرارية) ثلاثة أطوار مع موصّل مساعد (٩٦-٩٥-٩٨).
٤- أزرار تشغيل عدد (٣) كل منها يحتوي على غالق وفاتح ، أو أن تكون الثلاثة بتركيبة واحدة مخصصة لهذا الغرض.
٥- فيوزات عدد (٣) مناسبة لقدرة المحرك وآخر حجم (٢) أمبير لدائرة السيطرة.
٦- أسلاك حجم (١,٥) ملم٢ لدائرة السيطرة.
٧- أسلاك بحجم مناسب لقدرة المحرك.
٨- براغي لتثبيت مستلزمات التمرين.

أسئلة حول موضوع (تشغيل محرك ثلاثة أطوار بإتجاهين) :

س١- في حالة استعمال المفتاح اليدوي لعكس اتجاه دوران المحرك ثلاثي الأطوار. هل يمكن الإنتقال من أي إتجاه الى الاتجاه الآخر مباشرة؟ ولماذا؟

س٢- في حالة تشغيل المحرك ثلاثي الأطوار عاكس الدوران بواسطة الكونتكترات. هل يمكن الإنتقال من إتجاه معين الى الإتجاه الآخر؟ كيف ولماذا؟

س٣- كم زر (Push Button) نحتاج لتشغيل محرك ثلاثة أطوار عاكس دوران؟ وما وظيفة كل منها؟

س٤- كم كونتكتر نحتاج لتشغيل محرك ثلاثة أطوار عاكس دوران بواسطة الأزرار؟ وما عمل كل منها؟

س٥- كيف يتم حماية كونتكترات دائرة عاكس الدورة أن لا تعمل سوية كي لا تحدث قصر (Short Circuit)؟

س٦- المفتاح اليدوي لعكس اتجاه دوران محرك الثلاثة أطوار ، كم مرحلة ينتقل؟

س٧- ماذا يعمل المفتاح اليدوي الإعتيادي لعكس إتجاه الدوران لمحرك الثلاثة أطوار؟

س٨- المفتاح اليدوي لعكس إتجاه الدوران لدائرة تشغيل المحرك ذو الثلاثة أطوار باتجاهين يكون على مراحل (2 - 0 - 1). هل يمكن أن تكون مراحله على نحو (2 , 1 ,O)؟ لماذا؟

س٩- ما هو عمل الموصل المساعد للأوفرلود (NC) (96 - 95 /OL)؟

س١٠- كيف يتم ربط مصابيح الإشارة في دائرة السيطرة لتشغيل المحرك ذو الثلاثة أطوار بإتجاهين؟

(١) التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار (ستار – دلتا) عن طريق مفتاح ميكانيكي يدوي

من المعروف أن محركات الثلاثة أطوار تتكون عادةً من ثلاثة ملفات لكل منها بداية ونهاية يعني تخرج ستة أطراف :-

البدايات حسب تسلسلها :

U

V

W

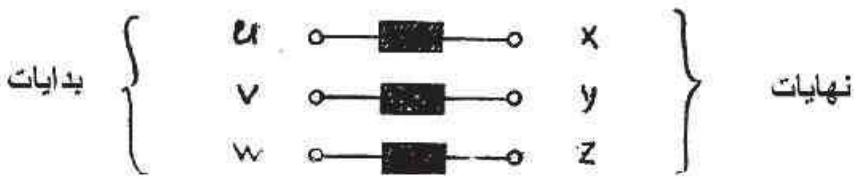
النهايات حسب تسلسلها :

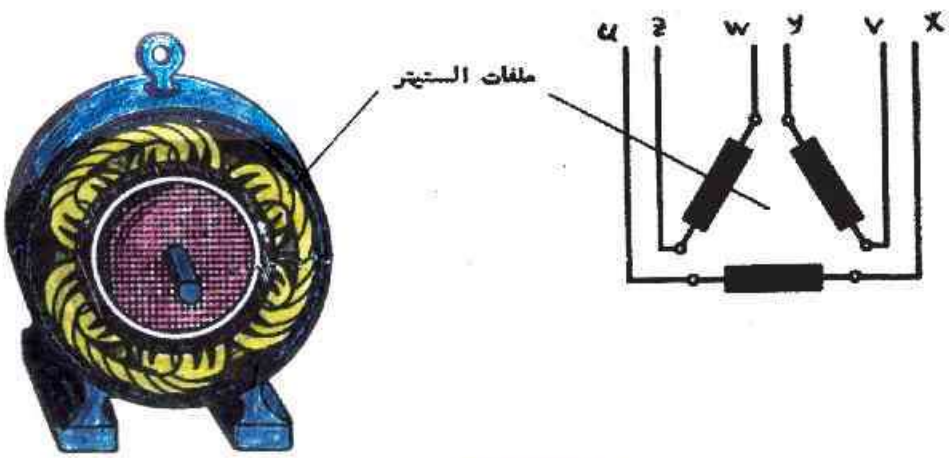
X

Y

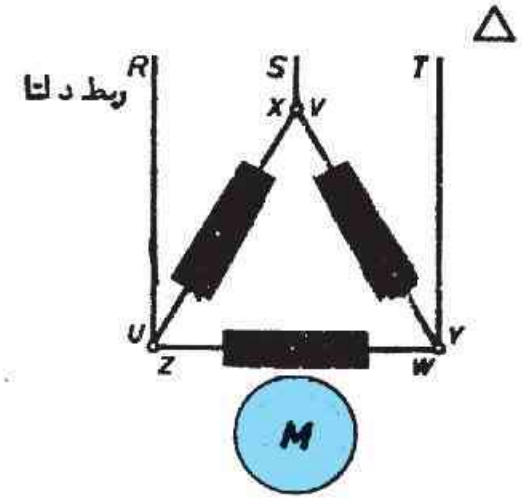
Z

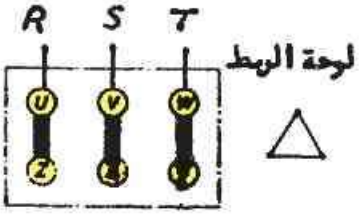
الملفات تكون على الشكل الآتي :

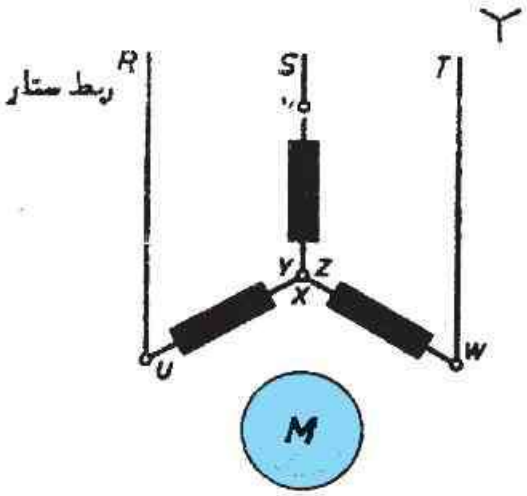


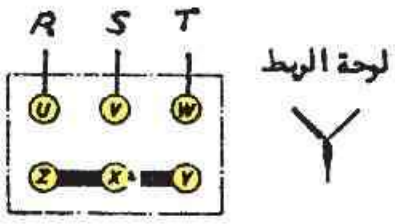


يتم ربط الملفات فيما بينها إما على شكل نجمة (ستار) أو مثلث (دلتا) لتخرج في كل الأحوال ثلاثة أطراف ، توصل الى الشبكة ذات الثلاثة أطوار (R,S,T) أو (L١،L٢،L٣).





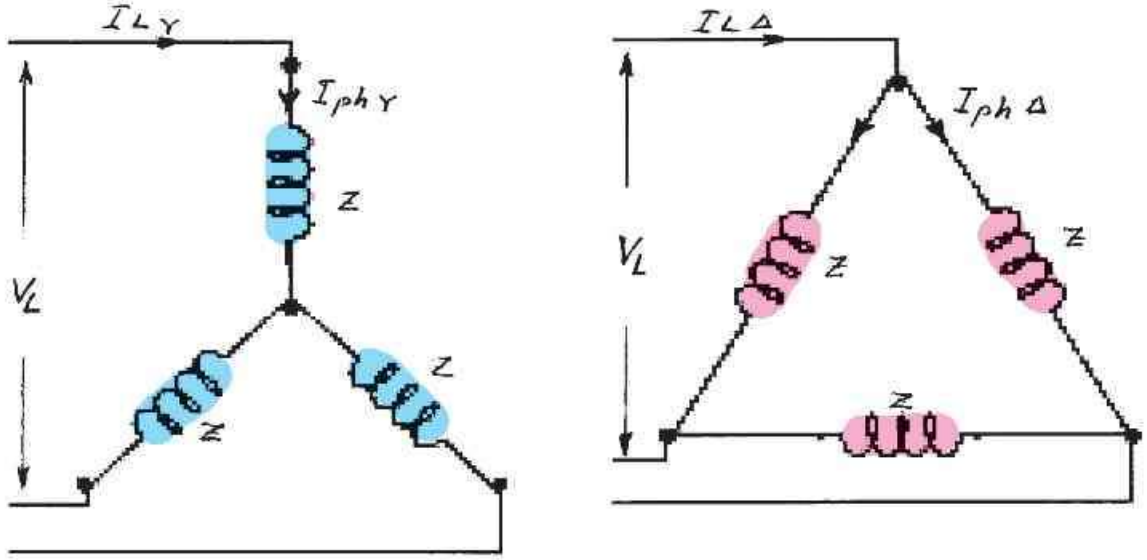




التيار الذي يسحبه المحرك في حالة الربط دلتا (مثلث) يبلغ ثلاثة أضعاف التيار الذي يسحبه في حالة الربط ستار (نجمة).

وهذا يعني أن قدرة المحرك ستتضاعف الى ثلاثة أضعاف ، إذا ربطت أولاً ملفات المحرك على شكل (ستار) ثم بعد ذلك (دلتا).

لإثبات أن التيار المسحوب من المحرك في حالة الدلتا يساوي ثلاثة أضعاف التيار المسحوب في حالة الستار. $I_{L\Delta}=3I_{LY}$



علماً أن :-

V_L - ضغط الخط (Line Voltage) وهو ضغط الشبكة وهو نفسه لكلتا حالتي الربط .

I_{LY} - تيار الخط للربط ستار (Star Line Current).

I_{phY} - تيار الطور وهو تيار الملف الواحد للربط ستار (Star Phase Current).

$I_{L\Delta}$ - تيار الخط للربط دلتا (Delta Line Current).

$I_{ph\Delta}$ - تيار الطور وهو تيار الملف الواحد للربط دلتا (Delta Phase Current).

ومن المعروف أن عامل الفرق بين كل من ضغط وتيار الخط والطور في كل من حالتي الربط ستار ودلتا هو ($\sqrt{3}$).

ففي الدلتا يكون الضغط ذاته (متساوياً)، ضغط الشبكة (الخط) وضغط الطور الواحد. بينما التيار يكون ($I_{L\Delta} = \sqrt{3} \cdot I_{ph\Delta}$).

أما في الستار فيكون التيار متساوي في كل من الخط والطور يعني التيار الكلي الذي يسحبه المحرك من الشبكة هو التيار نفسه الذي يمر في الملف الواحد.

بينما الضغط المسلط على الملف الواحد (الطور) يكون أقل من ضغط الشبكة($V_L = \sqrt{3} \cdot V_{phY}$)

أما (Z) تمثل ممانعة الملف وهي في كلا حالتي الربط نفسها وهي ثابتة لا تتغير. ونعرف أصلاً حسب قانون أوم أن التيار = الضـــغط / المقاومـــة

$$I = \frac{V}{Z}$$

ففي حالة الربط ستار (Y) :

$$V_L = \sqrt{3} \cdot \frac{V_{ph}}{I_{LY} \cdot Z}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_L = \sqrt{3} \cdot I_{LY} \cdot Z} \qquad (1)$$

وفي حالة الربط دلتا (△) :

$$I_{L\Delta} = \sqrt{3} \; \frac{I_{ph\,\Delta}}{\frac{V_L}{Z}}$$

$$\Rightarrow \boxed{I_{L\Delta} = \sqrt{3} \cdot \frac{V_L}{Z}} \qquad (2)$$

وبتعويض المعادلة الأولى في الثانية :

$$I_{L\Delta} = \sqrt{3} \cdot \frac{\sqrt{3}\; I_{LY}\; Z}{Z} \quad (\sqrt{3} = 3,\ \frac{Z}{Z} = 1)$$

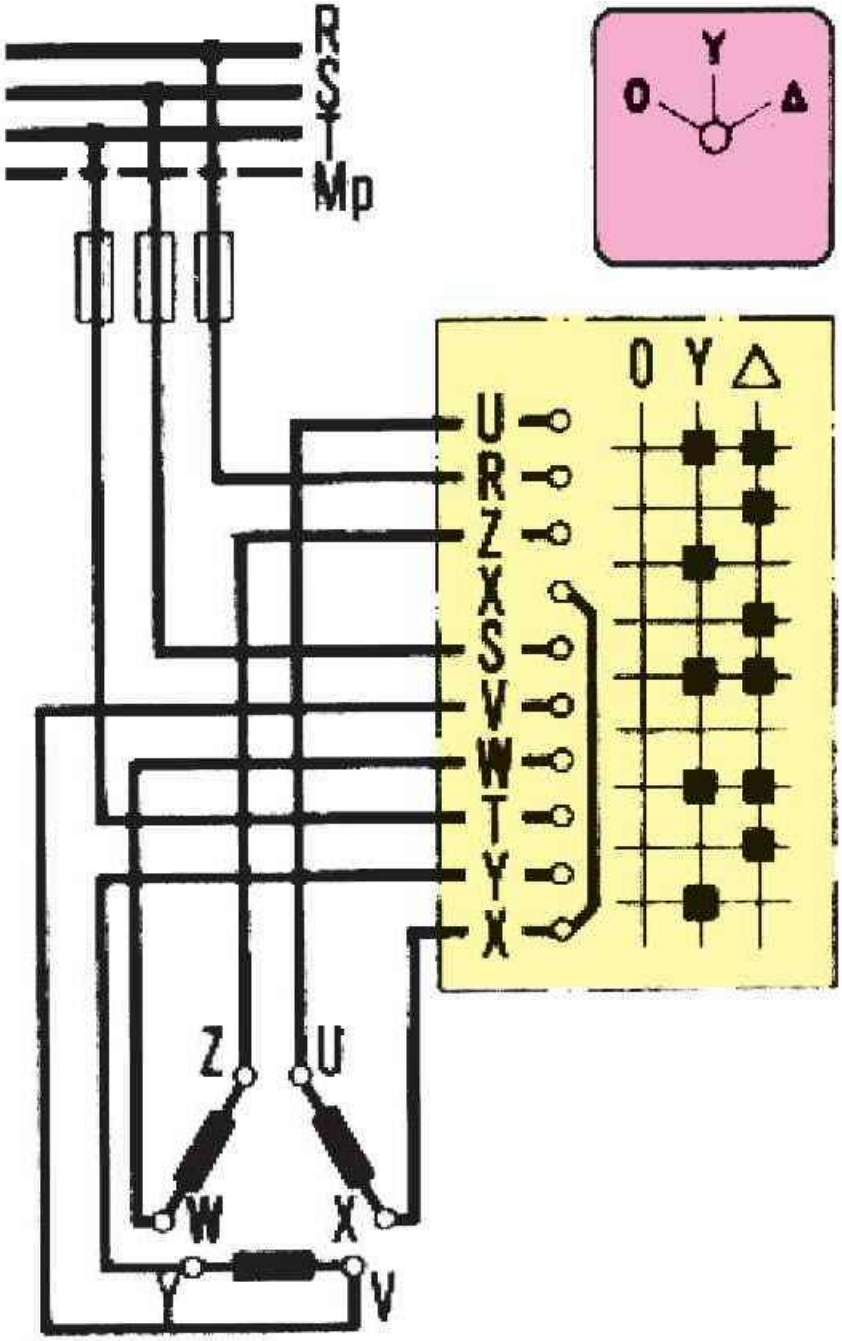
$$\Rightarrow \boxed{I_{L\Delta} = 3 \cdot I_{LY}}$$

(و . هـ . م)

المحركات التأثيرية ذات القفص السنجابي (Squirrel cage indvction motor) بصورة عامة سواءً كان ربطها ستار أو دلتا ، تسحب تياراً في بداية تشغيلها يُسمى تيار البدء (Starting Current) يكون مقداره حوالي سبعة أضعاف التيار الإسمي للمحرك (name Current) ، بذلك نلاحظ أنه فيما لو إشتغل المحرك بدايةً على شكل دلتا ، فإنه سيسحب تياراً عالياً جداً نسبة إلى تياره الإسمي الذي يسحبه عند تحميله الحمل المقرر له في تصميمه. لذلك يسمح بتوصيل المحركات التي يفترض تشغيلها مباشرة على الربط (دلتا) فقط لحد قدرة (5,5) كيلو وات ، يعني تسحب تياراً بحدود (10) أمبيرات ، وما زاد على ذلك من قدرة للمحرك فيربط في البداية على شكل (ستار) ، لكي ينخفض تيار البدء إلى الـ ($\frac{1}{3}$) ، وبعد أن يدور المحرك وينخفض تيار البدء هذا ، يتم تحويل الربط الى الحالة المطلوبة (دلتا) ليستقر إشتغاله حسب ما مقرر له أن يعمل.

ذلك يتم بواسطة مفتاح خاص له مرحلتان يبدأ من وضع الإيقاف (O) ثم ينتقل في المرحلة الأولى إلى وضع ستار (Y) ثم بعد برهة من الزمن المرحلة الثانية دلتا (△).

التصميم والتكوين الداخلي لهذا المفتاح موضح في الشكل الآتي فضلاً عن جميع نقاط ربطه من الشبكة والى المحرك والبالغة (9) نقاط ، (3) منها الى الشبكة (R,S,T) أو (L١،L٢،L٣) و(6) أخرى الى أطراف ملفات المحرك (البدايات والنهايات) ، فالبدايات (u,v,w) والنهايات (x,y,z) ، لكل ملف بدايته ونهايته فالأول (u – x) والثاني (v – y) والثالث (w – z).


R
S
T
Mp
O
Y
Δ
O Y Δ
U
R
Z
X
S
V
W
T
Y
X
Z
U
W
X
Y
V

وهنا نود أن نوضح لماذا نستعمل هذا النوع من المفاتيح التي هي أكثر تعقيداً من ناحية الكلفة والتنفيذ العملي لتشغيل المحرك ، كبديل عن قاطع الدورة الإعتيادي (ON – OFF).

بالأحرى لماذا لا نسمح للتيار الكهربائي بالإرتفاع الى الحد الذي نوهنا عنه في بداية موضوعنا هذا :-

---

التيار العالي له مردودات سلبية على كل من المحرك بعوازله وملفاته والمصهّرات ومفتاح التشغيل وغير ذلك.

لذا يثبت على لوحة التسمية للمحرك مقدار التيار الواجب سحبه أثناء تحميله الحمل الكامل المُصمم عليه ولا يتعداه ، ويُسمى هذا التيار بالتيار الإسمي (Name Current).

أما إذا زاد تحميل المحرك عن حده المقرر فسيسحب تياراً أكبر.

زيادة التيار عن الحد المقرر يمكن أن يكون كذلك جرّاء إزدياد ضغط الشبكة الذي يجب أن يكون كذلك متفقاً مع الضغط المثبت على لوحة التسمية.

ويسمح بتغير الضغط الإسمي بنسبة ($\pm 5\%$) فقط ، وضمن هذه الحدود يجب أن يعطي المحرك كامل قدرته المُصمم عليها والمثبتة عادة على لوحة التسمية.

تأثير زيادة ونقصان ضغط المصدر على المحرك :-

١- زيادة الضغط

عندما يزداد الضغط يقل معامل القدرة($\cos\varphi$)وتزداد الكثافة المغناطيسية في القلب الحديدي الى أن تصل حد الإشباع فتتحول الطاقة الزائدة الى حرارة والتي تؤدي الى تلف عوازل الملفات. فترتفع قيمة التيار بشكل متصاعد.

٢- إنخفاض الضغط

عندما يشتغل المحرك على ضغط أقل من الضغط الإسمي مع بقاءه على الحمل نفسه ، فستنخفض سرعته ويرتفع كذلك التيار المسحوب ، وتزداد الحرارة طبعاً.

معامل القدرة (cosφ) وتأثيره على المحرك :

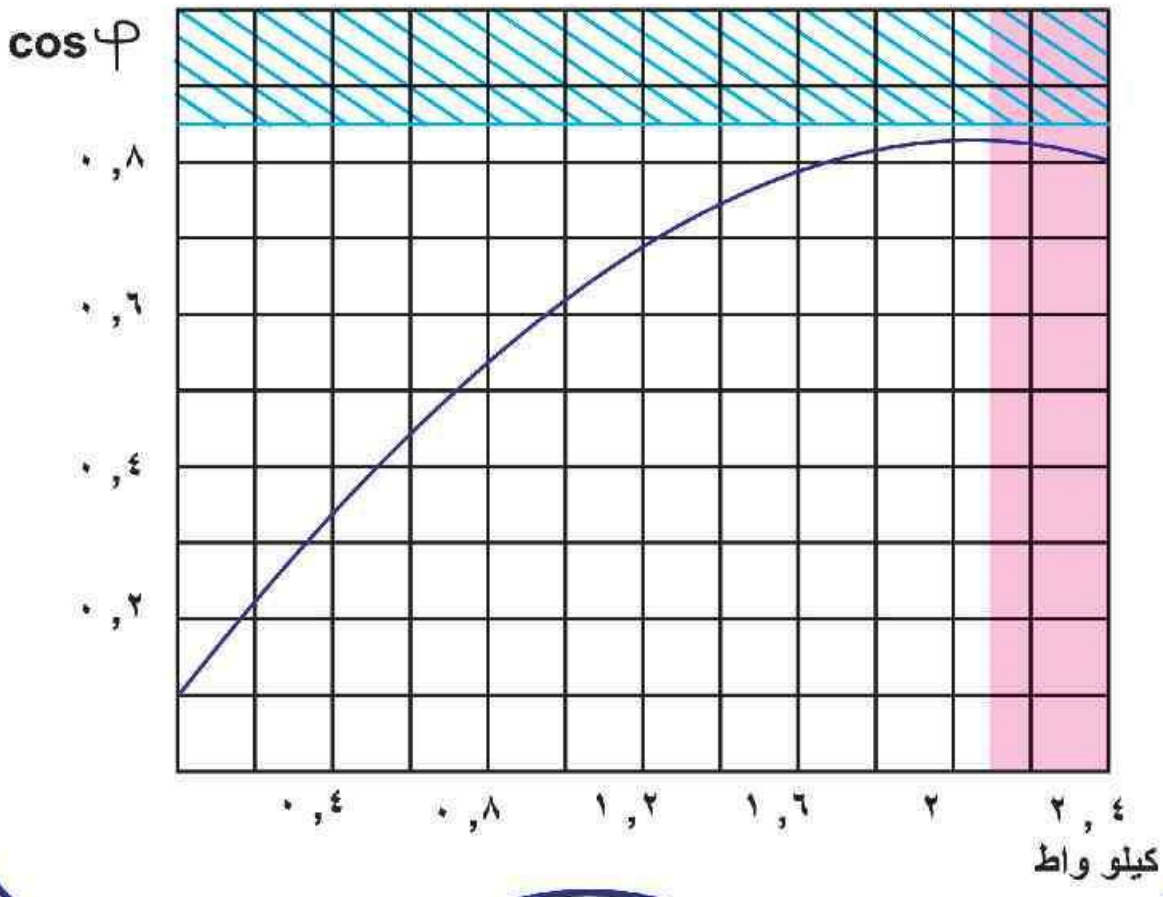
بالنسبة لمعامل القدرة (cosφ) فإن قيمته متعلقة بمقدار تحميل المحرك ، لذا يمكن إجراء تجربة لإحتساب قيم الـــ (cosφ) وذلك بفرملة المحرك ، حيث يمكن الحصول على أحمال مختلفة :-

ففي حالة اللاحمل يكون معامل القدرة (cosφ) صغير جداً حيث يقع ما بين (0,1 – 0,2) بسبب سريان تيار اللا حمل فقط.

حيث يكون التيار الحقيقي قليل جداً.

أما عند تحميل المحرك فيكبر معامل القدرة (cosφ) حيث يصل عند وصول الحمل الإسمي إلى قيمته العظمى.

وفي أدناه يوضح لنا الخط البياني ، علاقة معامل القدرة (cosφ) بالقدرة الحقيقية المعطاة (P) لمحرك ثلاثة أطوار قدرته (1 . 2) كيلو واط.



تمرين عملي (١)

المطلوب ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار (ستار – دلتا) عن طريق مفتاح ميكانيكي يدوي

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم

وبموجب المخططات التي تناولناها في موضوعنا بهذا الخصوص.

العُدد المطلوبة :

١- كتر.

٢- بلايس.

٣- قاشطة.

٤- لاوية.

٥- درنفيسات عدل قياس (٣ ، ٥ ، ٨) ملم.

٦- درنفيسات مربعة عدد (٢) صغير ومتوسط.

٧- مخصف.

٨- مطرقة وزن (٢٠٠) غم.

٩- مسطرة قياس أو فيتة.

المواد والأجهزة المطلوبة :

١- محرك ثلاثة أطوار نوع (دلتا) ٣٨٠ فولت بقدرة المتوفر منها.

٢- مفتاح (ستار – دلتا) ميكانيكي يدوي ، المتوفر منه قلاّب أو دوّار.

٣- مصهرات عدد (٣) مناسبة لقدرة المحرك.

٤- أسلاك توصيل.

٥- براغي تثبيت الأجهزة.

(٢) التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار (ستار – دلتا) عن طريق الموصّلات الهوائية وأزرار التشغيل

إستعملنا المفتاح اليدوي الميكانيكي (ستار – دلتا) لتشغيل محرك ثلاثة أطوار.

الآن نستعمل أزرار تشغيل تؤدي العمل بمجرد لمسة خفيفة على (ON) أو (OFF) لتعوض عن مراحل الإنتقال الميكانيكية الالية ، لتشغيل المحرك آليا ً عن طريق كونتكترات على شكل (Y) ثم بواسطة رلي توقيت زمني (Time Relay) يحول تشغيل المحرك آلياً من حالة الستار إلى حالة الدلتا (△).

لتنفيذ ذلك سنحتاج إلى ثلاثة كونتكترات فضلاً عن رلي توقيت زمني .

كيف سنعوض عن مراحل المفتاح اليدوي؟

سنحتاج الى الكونتكترات (الأول) لتوصيل الأطوار الثلاثة لشبكة الكهرباء الرئيسية الى بدايات ملفات المحرك (u ⟵ R) و (v ⟵ S) و (w ⟵ T) ، وفي الوقت نفسه سنحتاج الى الكونتـــكتر (الثاني) الذي سيعمل في الوقت نفسه مع الأول لربط نهايات ملفات المحرك سوية (x + y + z) ليتم إستكمال ربط المحرك على شكل ستار (Y).

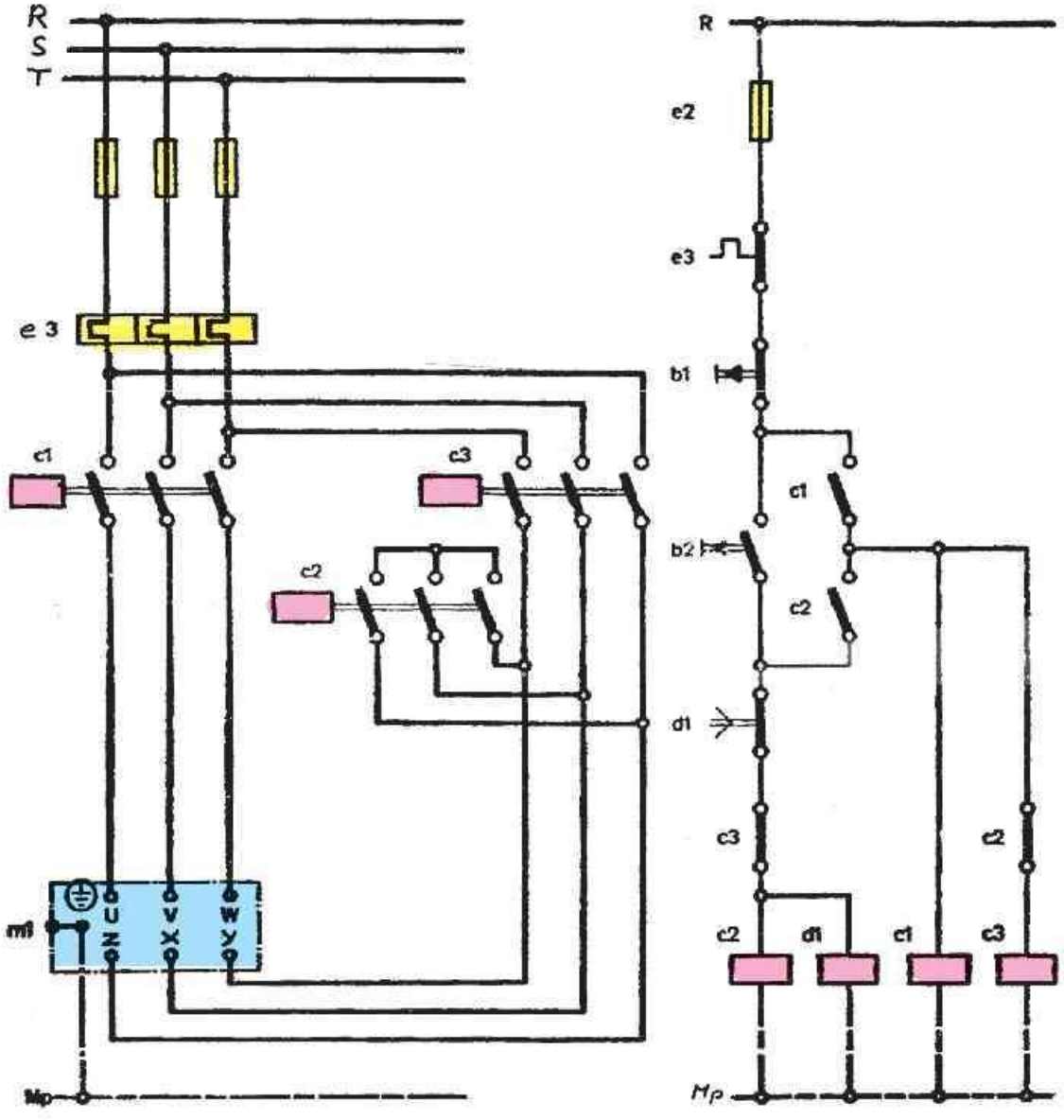
في هذه الأثناء سيبدأ (رلي التوقيت الزمني) (Time Relay) بالعمل كساعة توقيت زمنية ليفصل بعد فترة زمنية مناسبة ، الكونتكتر الثاني ليفتح نهايات الملفات ، وفي الوقت نفسه يشغل الكونتكتر (الثالث) ، ليربط كل من تلك النهايات مع بداية الملف الآخر (u + z) و (v + x) و (w + y).

هذا مع بقاء الكونتكتر الأول موصّلاً للبدايات مع المصدر ، ليعمل المحرك على شكل دلتا.

يمكن إيقاف المحرك حينها بالضغط على زر الإيقاف (O) ليقطع التيار عن جميع الكونتكترات ، وتفصل موصّلاتها الرئيسية ويقف المحرك.

المخطط الآتي يوضح تسلسل الخطوات العملية لتشغيل المحرك ثلاثي الأطوار على شكل ستار ثم دلتا أوتوماتيكياً ، بواسطة الكونتكترات ورلي التوقيت الزمني.

بمجرد الضغط على زر التشغيل (ON) ثم إيقافه بمجرد الضغط على زرالإيقاف (OFF).

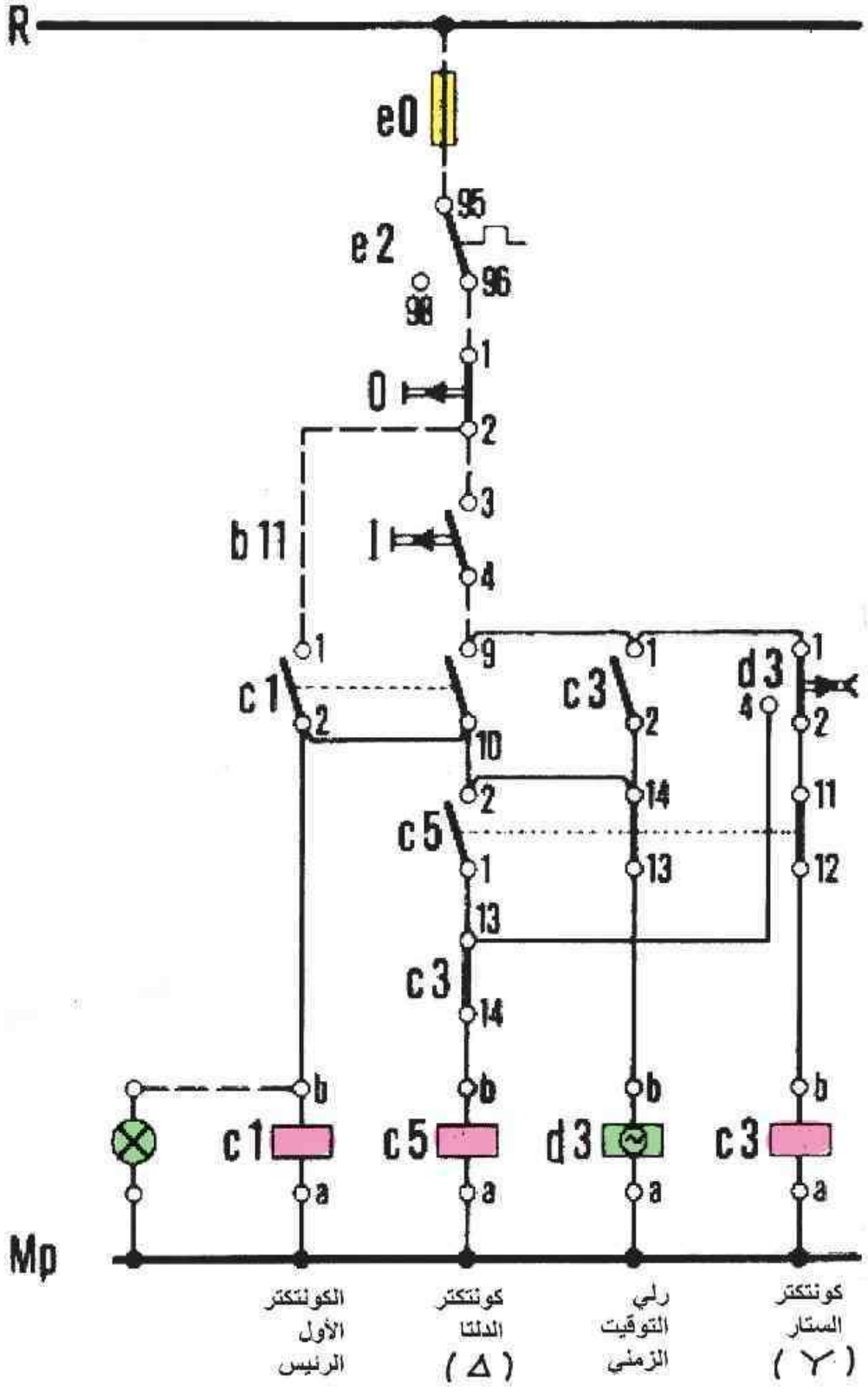


أما المخطط الآتي فيُعد أكثر تطوراً بعد الأخذ بنظر الإعتبار كل الإحتمالات التي يمكن أن تعمل فيها التوصيلة بكل دقة وأكثر أمان.

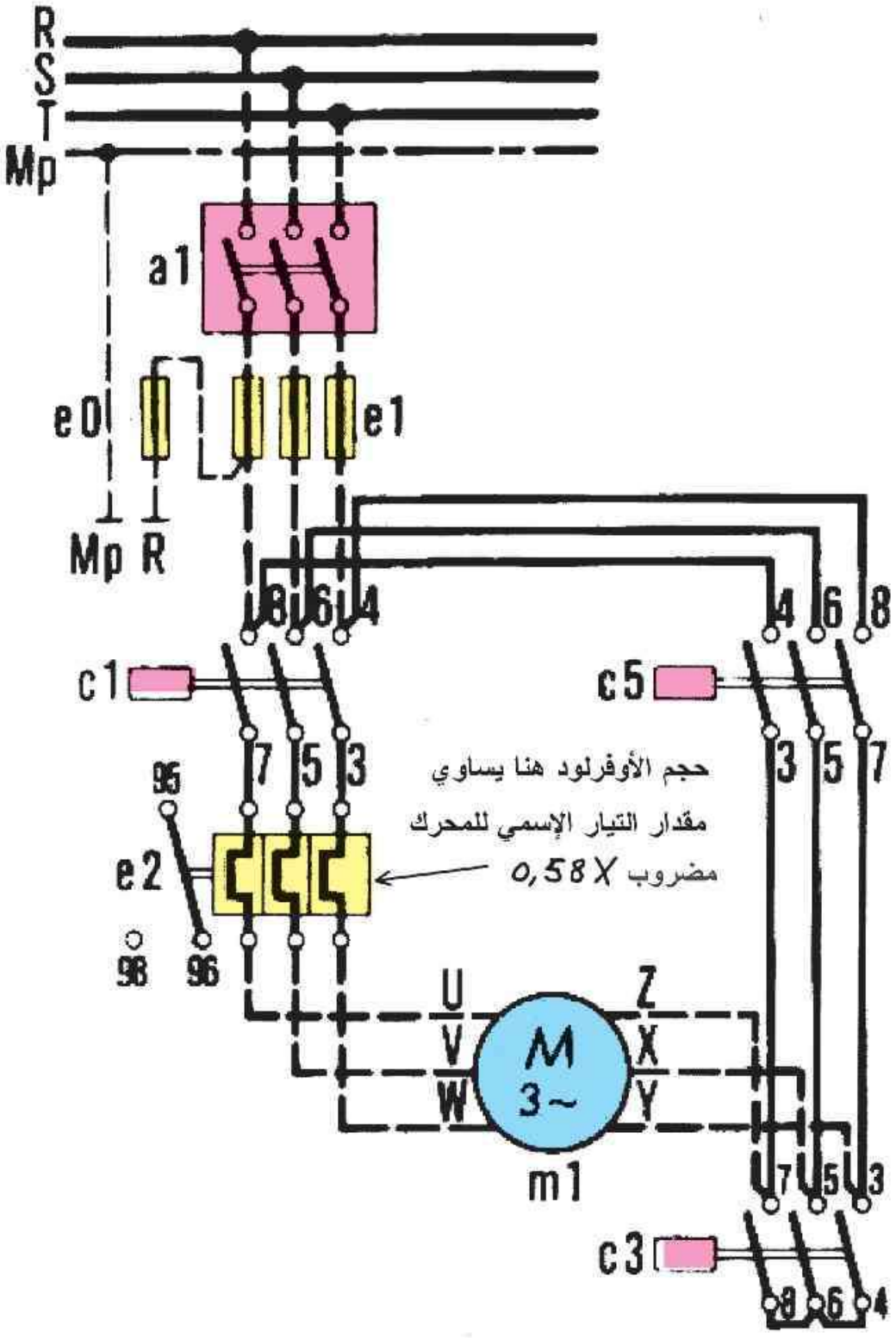
مع إضافة إشارة للدلالة على إشتغال المحرك (حالة الـــ ON).

وسنوضح بالتفصيل أسلوب عمل هذا المخطط بعد تتبعه والامعان فيه جيداً.

دائرة السيطرة (Control) لتشغيل محرك ثلاثة أطوار (ستار – دلتا).



دائرة القوة (Power) لتشغيل محرك ثلاثة أطوار (ستار – دلتا).



إسلوب عمل التوصيلة :

بالضغط على زر التشغيل (I) يعمل الكونتكتر (C_3) ، الذي يعمل غالقه (1 - 2) على إيصال التيار الكهربائي الى الكوتكتر الرئيسي (C_1) ، الذي بدوره يوصل القوة الدافعة الكهربائية إلى المحرك (m_1) ويربط ملفاته على شكل ستار (Y).

الكونتكتر (C_1) سيغذي نفسه عبر غالقه (1 - 2) وعبر فاتح زر الإيقاف (O) ، ويبقى مسحوباً ، وكذلك يغذي ملف الكونتكتر (C_3) ، تزامناً مع الكونتكتر (C_1) يصل تيار كهربائي إلى ملف (رلي التوقيت الزمني) (d_3) ،الذي بدوره وبعد التوقيت المنظم عليه يعمل على قطع التيار الكهربائي عبر فاتحه (1 - 2) عن الكونتكتر (C_3).

كونتكتر الستار (C_3) يفصل ويغلق فاتحه (14 - 13) ليهيء إيصال التيار الكهربائي إلى ملف كونتكتر الدلتا (C_5).

بالوقت ذاته الذي يفتح فيه (2 - 1 /d_3) يأخذ وقتاً يتراوح بين (٨٠ – ١٠٠) ملي ثانية ليغلق (4 - 1 /d٣) ويعمل على إيصال التيار الكهربائي عبر (14 - 13 /C_3) إلى ملف الكونتكتر (C_5).

كونتكتر الدلتا (C_5) ينحسب ويحول تشغيل المحرك (m_1) من حالة الستار الى حالة الدلتا ، ويبقى مسحوباً بتغذية ذاته عن طريق غالقه (2 - 1 /C_5).

بالوقت ذاته يقطع الفاتح (14 - 13 /C_5) التيار الكهربائي عن رلي التوقيت (d_3) وكذلك يقطع الفاتح (12 - 11 /C_5) التيار عن الكونتكتر (C_3).

الآن يبقى فقط الكونتكتران (C_1) و (C_5) موصّلة ، ويعمل المحـــرك على الربـــط دلتا (Δ).

أي تحويل أو تشغيل آخر لحالة الستار (Y) لا يمكن أثناء إشتغال المحرك على الدلتا ، ما لم يتم الضغط على زر الإيقاف (O) أو قطع التيار الكهربائي عن دائرة السيطرة ، عن طريق فاتح الحماية الحرارية (96 - 95 /e_2) للعودة مجدداً الى الخطوة الأولى بتشغيل التوصيلة برمتها بواسطة زر التشغيل (I).

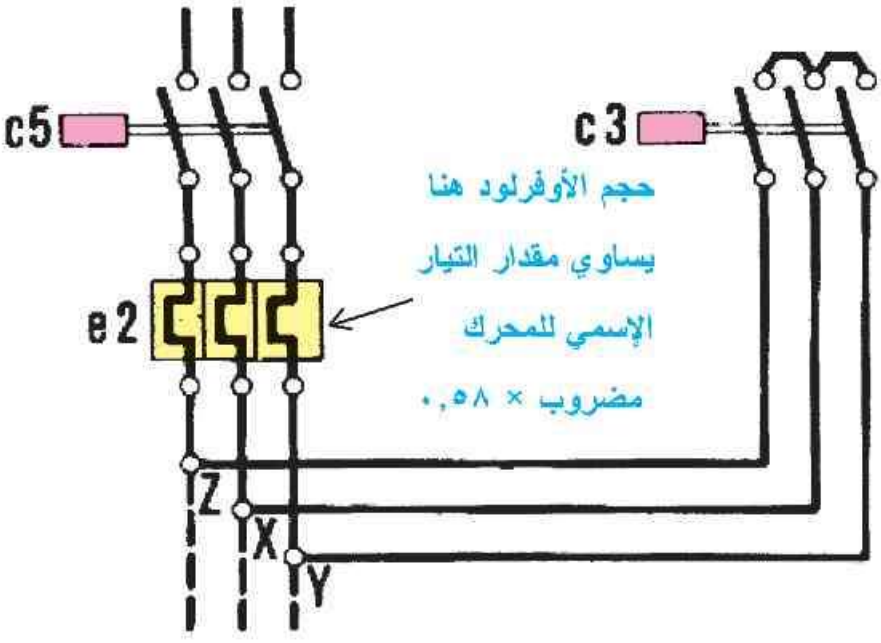
ثنائي المعدن الخاص بالحماية الحرارية الرئيسي(Over Load) ذو الثلاثة أقطاب الذي يتأثر بزيادة التيار عن حده المقرر ، يسخن ويفصل فاتحه (96 - 95) التيار الكهربائي عن دائرة السيطرة ليوقف عمل جميع الكونتكترات ويتوقف المحرك مباشرة عن الدوران.

من المعروف في دوائر المحركات بصورة عامة ، أن يمر عبر الأوفرلود (OL) تيار المحرك (بأقطابه الثلاثة) مباشرة بعد المصهّرات والقاطع الرئيسي اليدوي للشبكة الكهربائية ويكون حجمه وتحمله للتيار مطابقاً الى تيار المحرك الإسمي كي يفصل حال زيادته عن حده المقرر المسموح به لتشغيل المحرك بحمله الكامل دون أي ضرر يصيبه.

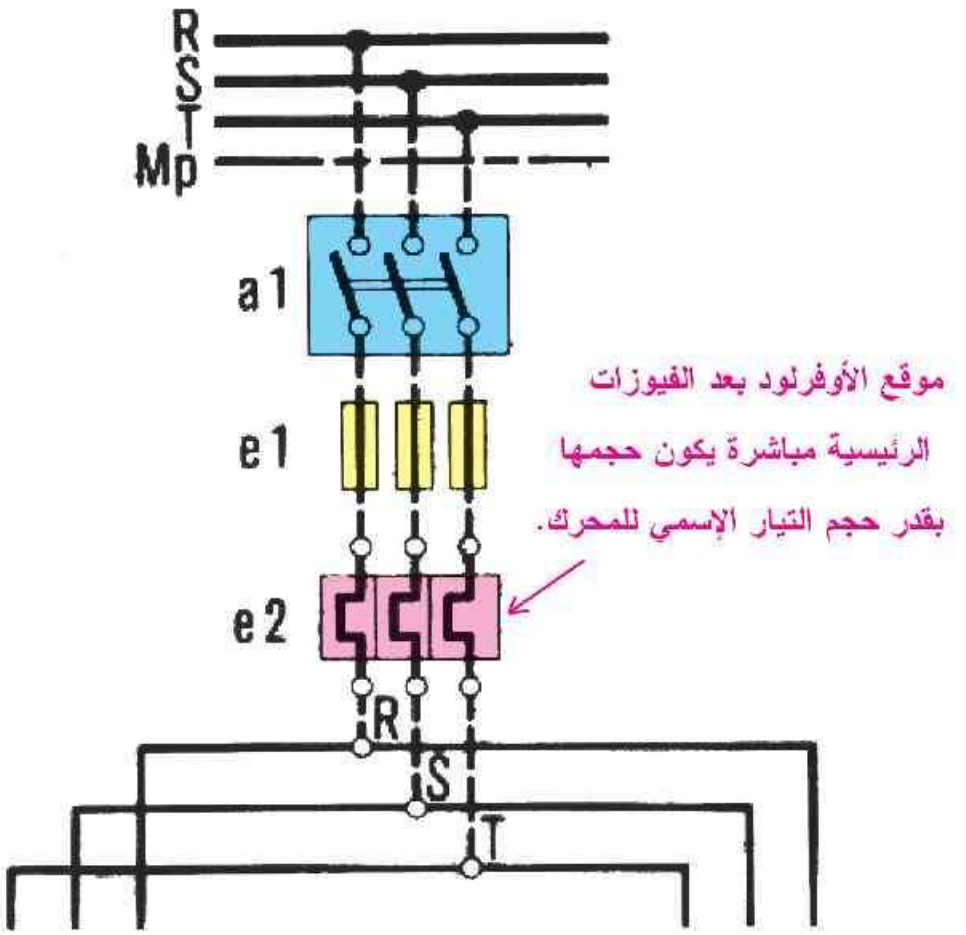
أما إذا تم ربط هذه الحماية الحرارية (OL) بعد الكونتكتر الرئيسي قبل بداية ملفات المحرك (u v w) فيكون حجمها بمقدار (٠,٥٨ × التيار الإسمي للمحرك).

وكما موضح في الأشكال الآتية :-

١- مخطط يبين موضع الحماية الحرارية (e2) (OL) الذي يكون فيه بحجم ٠,٥٨ من مقدار التيار الإسمي للمحرك



٢- مخطط يبين موضع الحماية الحرارية (e_2) (OL) التي يكون فيها بحجم مساوٍ لمقدار التيار الإسمي للمحرك.



موقع الأوفرلود بعد الفيوزات الرئيسية مباشرة يكون حجمها بقدر حجم التيار الإسمي للمحرك.

تمرين عملي (٢)

المطلوب ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار يعمل (ستار – دلتا) عن طريق موصّلات هوائية وأزرار تشغيل وإيقاف (ON – OFF).

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :

يتم تنفيذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠×٦٠) سم.

العُدد المطلوبة :

١- كتر. ٢- بلايس.

٣- لاوية. ٤- قاشطة.

٥- مخصف.

٦- مطرقة وزن (٢٠٠) غم.

٧- مسطرة قياس أو فيتة.

٨- درنفيس عدل عدد (٣) قياس (٣ ، ٥ ، ٨) ملم.

٩- درنفيس مربع عدد (٢) صغير ومتوسط.

المواد والأجهزة المطلوبة :

١- محرك ثلاثة أطوار نوع (دلتا) (٣٨٠) فولت بقدرة المتوفر منها.

٢- كونتكترات عدد (٣) بتيار مناسب لقدرة المحرك. كل منها يحتوي على موصّلات رئيسية عدد (٣) غالقة و (٤) موصّلات مساعدة ، (٢) منها غالقة (NO) و (٢) فاتحة (NC).

٣- مصباح إشارة واحد (لون أخضر) لبيان وضع حالة التشغيل.

٤- أوفر لود (حماية حرارية) (OL) ثلاثة أطوار بحجم (٠,٥٨) من التيار الإسمي للمحرك ، مع موصّل مساعد (96 - 95 - 98).

٥- أزرار تشغيل عدد (٢) واحد غالق وآخر فاتح أو أن يكونا بتركيبة واحدة مخصصة لهذا الغرض.

٦- فيوزات عدد (٣) مناسبة لقدرة المحرك وآخر (٢) أمبير لدائرة السيطرة.

٧- أسلاك حجم (١,٥) ملم٢ لدائرة السيطرة.

٨- أسلاك بحجم مناسب لقدرة المحرك.

٩- براغي لتثبيت مستلزمات التمرين.

أسئلة حول تشغيل محركات الثلاثة أطوار (ستار – دلتا).

س١ – كم تبلغ نسبة حجم التيار الكهربائي الذي يسحبه المحرك إذا تم تشغيله مرة على شكل ستار وأخرى على شكل دلتا؟

س٢ – برهن أن التيار الذي يسحبه المحرك المربوط على شكل دلتا ثلاثة أضعاف حالة الربط على شكل ستار؟

س٣ – ما تأثير زيادة وإنخفاض ضغط المصدر على المحرك الكهربائي؟

س٤ – ما هي النسبة المسموح بها لزيادة ونقصان ضغط المصدر لتشغيل المحرك الكهربائي؟

س٥ – كم عدد الكونتكترات والرليات في توصيلة الستار دلتا وما وظيفة كل منها؟

س٦ – أين يمكن أن تربط الحماية الحرارية (OL) في دائرة تشغيل المحركات (ستار – دلتا) وما حجمه المستعمل؟

س٧ – ما فائدة رلي التوقيت الزمني (Time Relay) في دائرة تشغيل المحرك (ستار – دلتا) بواسطة الكونتكترات؟

س٨ – كيف يكون معامل القدرة للمحرك الكهربائي عندما يعمل بدون حمل؟ ومتى يكون معامل القدرة في قيمته العظمى؟

س٩ – لماذا ومتى يستعمل مفتاح (ستار – دلتا) لتشغيل المحرك الكهربائي ثلاثي الطور؟

١) التدريب على ربط و تشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد.

بسبب التقدم التكنولوجي والتطورات والابتكارات العلمية والعملية الحاصلة في سوق العمل ولتوفير الوقت والجهد والكلفة لذا اقتضى استخدام احد هذه الطرق الحديثة في تشغيل واطفاء المحركات الكهربائية ثلاثية اطوار وهي طريقة استخدام جهاز التحكم عن بعد (الريموت كنترول) ولاتقتصر هذه الطريقة على تشغيل المحركات الكهربائية بل ممكن استخدامها على اي حمل كهربائي مثل الأنارة المنزلية والاجهزة الكهربائية.

يمكن أستثمار وتطوير العمل بأضافة أحمال كهربائية عالية مثل اجهزة التدفئة والتبريد او أي حمل كهربائي وذلك عن طريق أضافة كونتكرات وريليات للدائرة الكهربائية ليتناسب مع قدرة الحمل حيث يمكن تشغيلة عن طريق التحكم عن بعد فقط أو عن طريق تشغيله بأستخدام ازرار التشغيل والايقاف او الاثنان معا.

الية العمل:

جهاز التحكم :- هو جهاز لاسلكي يتحكم بأربعة أحمال كهربائية او اكثر سواء كانت مصابيح او محركات كهربائية او اي حمل كهربائي يعمل الملف على ٢٢٠ فولت يتم التحكم به عن طريق الريموت كنترول والذي يعمل على البطارية، كما موضح بالاشكال التالية:

جهاز التحكم عن بعد ذو اربعة احمال

جهاز التحكم عن بعد ذو ستة احمال

تشغيل محرك كهربائي احادي الطور بأستخدام جهاز التحكم عن بعد

والجدول ادناه يوضح مواصفات عمل جهاز التحكم عن بعد ذو اربعة احمال:

الفولتية	**٢٢٠ فولت**
التردد	**٦٠/٥٠ هيرتز**
المسافة	**اكثر من ٢٠ متر**
تحكم عن بعد	**اربعة احمال**

مميزات جهاز التحكم عن بعد:

١. توفير الوقت والجهد.

٢. أقل كلفة.

٣. موفر للطاقة.

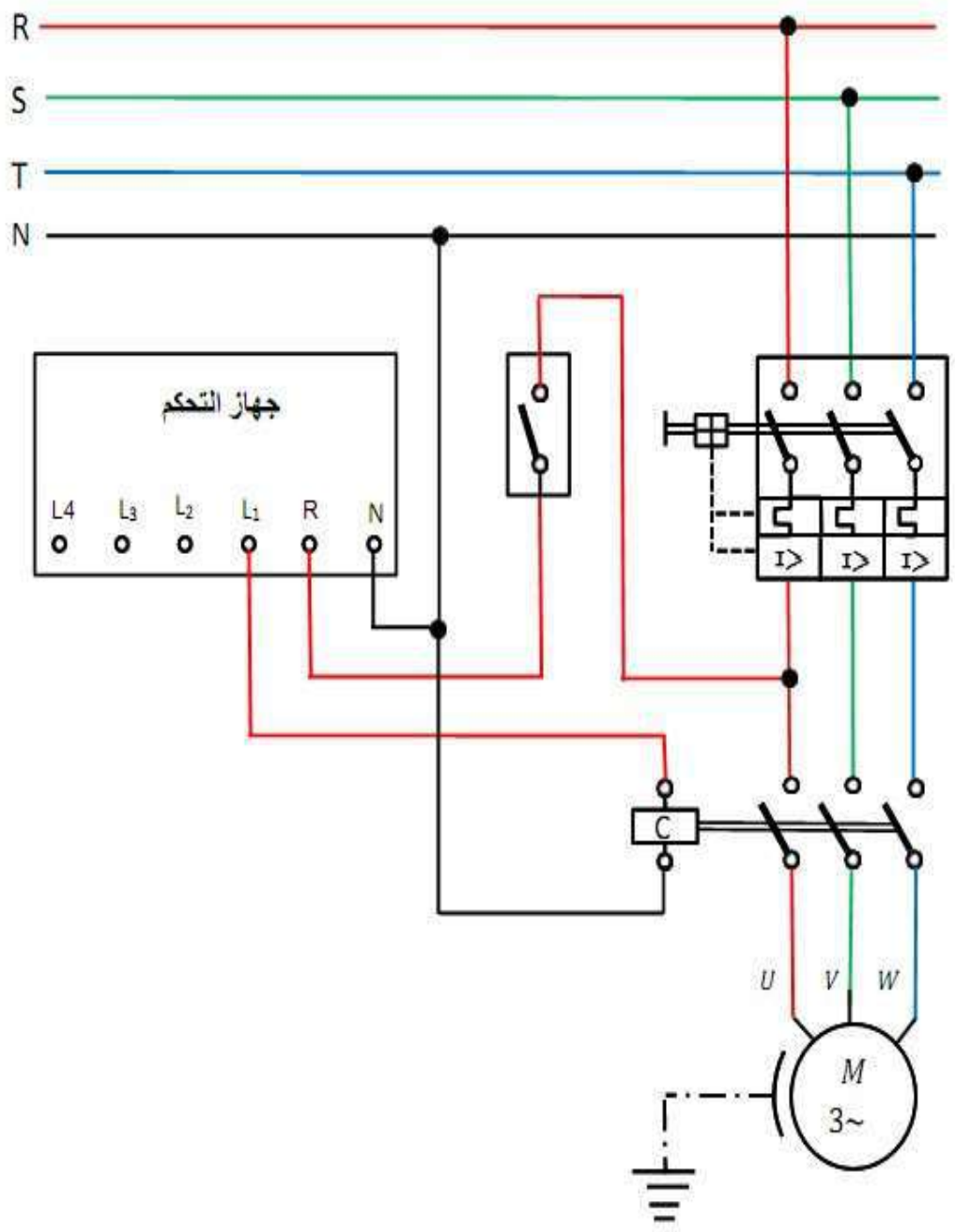
٤. صغر حجمه.

٥. لايتأثر بالعوائق والجدران عند تشغيل واطفاء الاحمال الكهربائية.

الشكل التالي يبين تشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد:

تشغيل محرك ثلاثة اطوار بأستخدام جهاز التحكم عن بعد

المخطط الاتي يبين الدائرة العملية لتشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد:



الدائرة العملية لتشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد

تمرين عملي (١)

المطلوب توصيل وتشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين:-

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم.

العدد المطلوبة:-

١- درنفيسات عدل ومربعة مختلفة القياسات.

٢- كتر وبلايس ولاوية وقاشطة.

٣- مطرقة ومسطرة قياس.

المواد والاجهزة المطلوبة :-

١- محرك ثلاثة اطواربقدرة المتوفر منها.

٢- جهاز التحكم عن بعد.

٣- كونتكتر بتيار مناسب لقدرة المحرك.

٤- قاطع دورة رئيسي حراري مغناطيسي ثلاثي الاطوارلحماية المحرك من حالتي الحمل الزائد والقصر.

٥- قاطع دورة فرعي احادي الطور.

٦- اسلاك للتوصيل والربط مع براغي لثبيت الاجهزة.

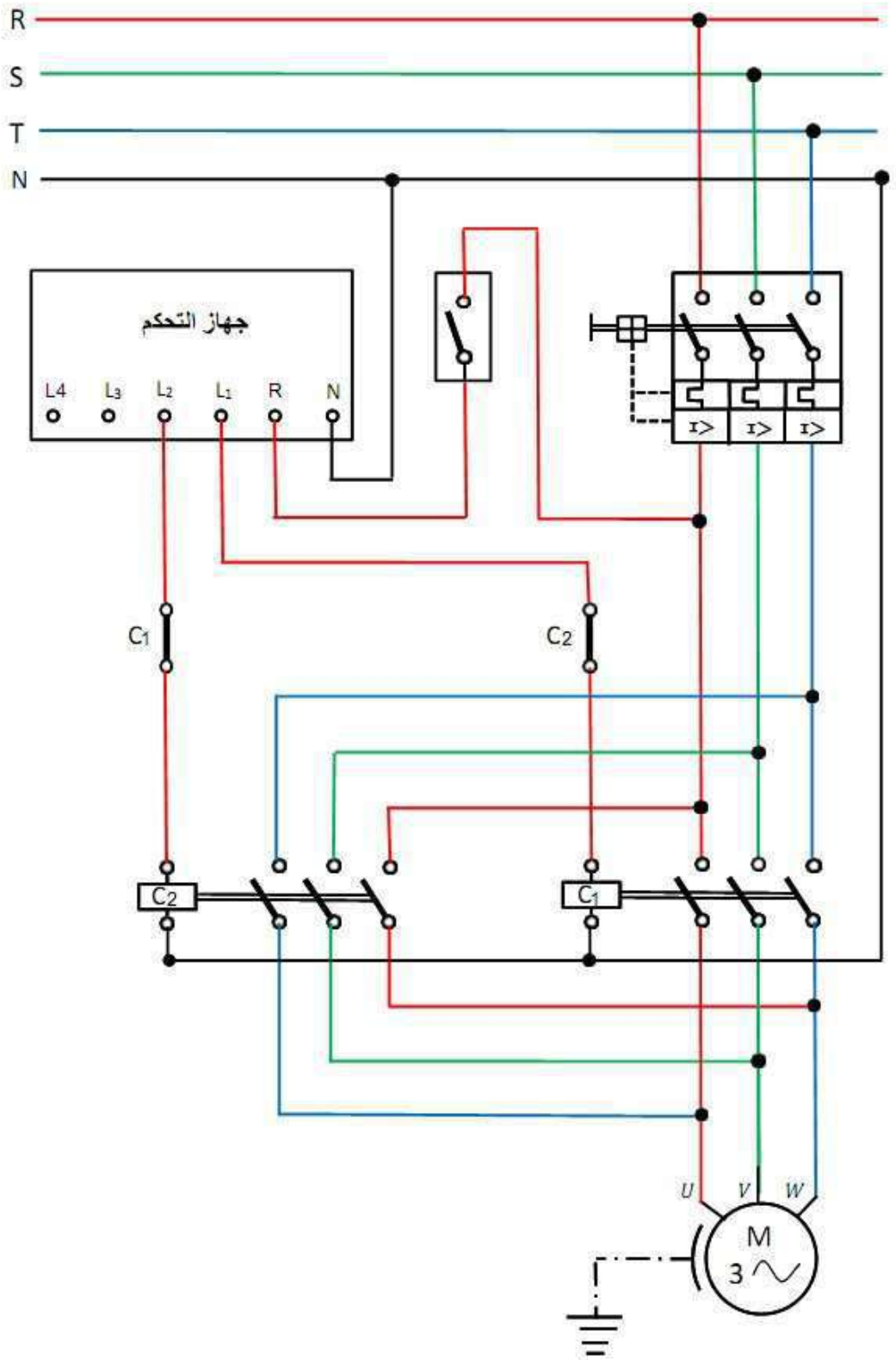
٢) التدريب على ربط و تشغيل محرك ثلاثة اطوار عاكس دوران عن طريق جهاز التحكم عن بعد.

استعملنا جهاز التحكم عن بعد لتشغيل محرك حثي ثلاثي الأطوار.

الان نستعمل هذا الجهاز في تشغيل محرك حثي ثلاثي الأطوار عاكس دوران، كما موضح بالشكل التالي:

تشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد لعكس اتجاه الدوران

المخطط الاتي يبين الدائرة العملية لتشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد لعكس اتجاه الدوران.



الدائرة العملية لتشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد لعكس اتجاه الدوران

تمرين عملي (٢)

المطلوب توصيل وتشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد لعكس اتجاه الدوران.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين:-

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم.

العدد المطلوبة:-

١- درنفيسات عدل ومربعة مختلفة القياسات.

٢- كتر وبلايس ولاوية وقاشطة.

٣- مطرقة ومسطرة قياس.

المواد والاجهزة المطلوبة :-

١ محرك ثلاثة اطوار.

٢- جهاز التحكم عن بعد.

٣- كونتكترات عدد (٢) بتيار مناسب لقدرة المحرك.

٤- قاطع دورة رئيسي حراري مغناطيسي ثلاثي الاطوارلحماية المحرك من حالتي الحمل الزائد والقصر.

٥- قاطع دورة فرعي احادي الطور.

٦- اسلاك للتوصيل والربط مع براغي لثبيت الاجهزة.

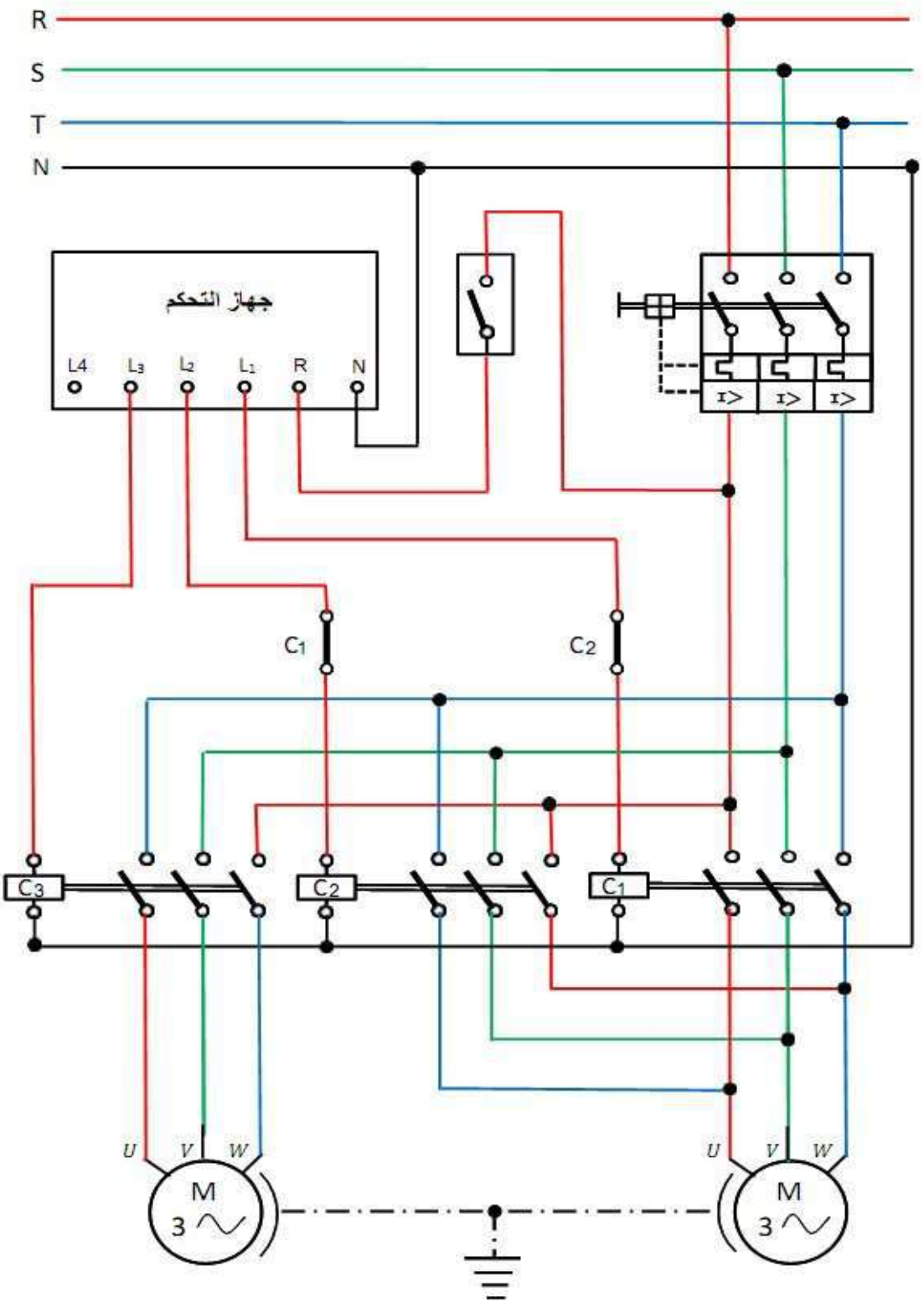
٣) التدريب على ربط و تشغيل محرك ثلاثة اطوار بالاضافة الى ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوارعاكس دوران عن طريق جهاز التحكم عن بعد.

استعملنا جهاز التحكم عن بعد لتشغيل محرك حثي ثلاثي الأطوار، ومن ثم استعملنا جهاز التحكم عن بعد مرة اخرى في تشغيل محرك حثي ثلاثي الأطوار عاكس دوران.

الان نستعمل جهاز التحكم عن بعد ذو اربعة احمال في تشغيل محرك ثلاثة أطوار بالاضافة الى تشغيل محرك ثلاثة أطوار عاكس دوران، كما موضح بالشكل التالي:

تشغيل محرك ثلاثة اطوار بالاضافة الى تشغيل محرك ثلاثة اطوار لعكس اتجاه الدوران عن طريق جهاز التحكم عن بعد ذو اربعة احمال

المخطط الاتي يبين الدائرة العملية لتشغيل محرك ثلاثة اطوار بالاضافة الى تشغيل محرك ثلاثة اطوار لعكس اتجاه الدوران عن طريق جهاز التحكم عن بعد ذو اربعة احمال.



الدائرة العملية لتشغيل محرك ثلاثة اطوار و تشغيل محرك ثلاثة اطوار لعكس اتجاه الدوران عن طريق جهاز التحكم عن بعد

تمرين عملي (٣)

المطلوب توصيل وتشغيل محرك ثلاثة اطوار بالاضافة الى تشغيل محرك ثلاثة اطوار لعكس اتجاه الدوران عن طريق جهاز التحكم عن بعد ذو اربعة احمال.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين:-

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم.

العدد المطلوبة:-

١- درنفيسات عدل ومربعة مختلفة القياسات.

٢- كتر وبلايس ولاوية وقاشطة.

٣- مطرقة ومسطرة قياس.

المواد والاجهزة المطلوبة :-

١ محرك ثلاثة اطوار عدد (٢).

٢- جهاز التحكم عن بعد.

٣- كونتكترات عدد (٣) بتيار مناسب لقدرة المحرك.

٤- قاطع دورة رئيسي حراري مغناطيسي ثلاثي الاطوارلحماية المحرك من حالتي الحمل الزائد والقصر.

٥- قاطع دورة فرعي احادي الطور.

٦- اسلاك للتوصيل والربط مع براغي لثبيت الاجهزة.

اسئلة حول موضوع تشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد.

س١- ما المقصود بجهاز التحكم عن بعد؟

س٢- كيف يمكن اضافة احمال عالية الى جهاز التحكم عن بعد؟

س٣- ماهي مميزات جهاز التحكم عن بعد؟

س٤- ماهي المسافة التي يؤمنها جهاز التحكم عن بعد لتشغيل واطفاء الاحمال الكهربائية؟

س٥- ارسم الدائرة العملية لتشغيل محرك ثلاثة اطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد؟

التدريب على ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)

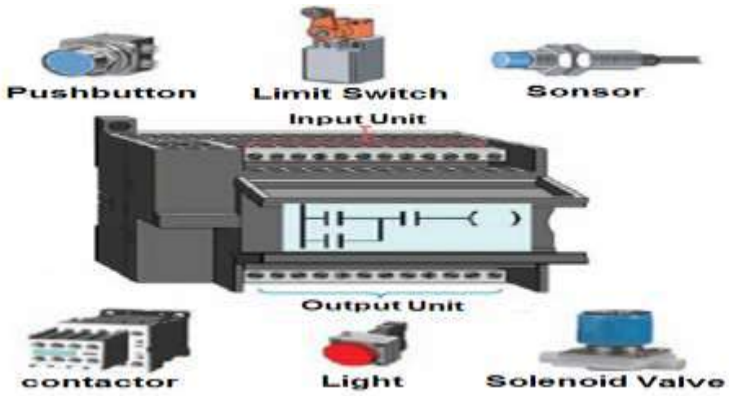
أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (Programmable Logic Controllers):

لقد قادت الثورة الصناعية في أواخر ستينيات القرن الماضي إلى دفع عجلة التقدم في مجال استخدام وتطوير أنظمة التحكم الآلي للمكائن والمعدات الصناعية. فقد قامت شركة (ألن برادلي) عام ١٩٦٩ وبطلب من شركة (جنرال موتور) بتصنيع أول جهاز تحكم منطقي قابل للبرمجة (PLC) وهو جهاز يشبه في عمله دماغ الإنسان ولكن له القابلية على العمل (24) ساعة متواصلة وبدون أخطاء ويعطي أكثر مرونة في التعامل مع تنفيذ عملية التحكم للنظام المراد من اجله من حيث السرعة وتقليل الجهد والدقة العالية في تنفيذ الأوامر والمهام المطلوبة وقد أدى ظهوره إلى الاستغناء عن أنظمة التحكم الآلي التي تعتمد على المرحلات الكهربائية والتي قد تصل أعدادها إلى المئات في ماكنة واحدة وقد يؤدي توقف أحدى هذه المرحلات إلى توقف النظام بكامله بالإضافة إلى تعدد التوصيلات السلكية وبالتالي تكون عملية أصلاح أي عطل تحتاج إلى وقت طويل لصعوبة الوصول إلى الجزء العاطل.

جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC):

هو عبارة عن جهاز الكتروني رقمي يستخدم للتحكم في المكائن والآلات يحتوي على ذاكرة قابلة للبرمجة لخزن الأوامر الخاصة بتنفيذ عمليات التحكم المطلوبة من خلال برنامج مكتوب مخصص لهذه الغاية وتتم عملية التحكم المراد تنفيذها عن طريق إصدار أوامر التشغيل والإيقاف عن طريق وحدة المعالجة المركزية (CPU) إلى أجهزة الإخراج (الأحمال) التي قد تكون (مصابيح ، مرحلات ، صمامات ، محركات) عن طريق وحدة الإخراج (Output Unit) و بما يتفق مع الإشارات الرقمية أو التماثلية الداخلة إلى وحدة الإدخال (Input Unit) من خلال أجهزة الإدخال التي قد تكون (مفاتيح ، متحسسات ، محددات) وبذلك يتم تنفيذ عملية التحكم المنطقية التي قد تكون تسلسلية (Sequence) أو قد تكون توقيتية (Timing) أو قد تكون تعدادية (Counting) أو قد تكون حسابية (Arithmetic).

الشكل ادناه يوضح جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة مع اجهزة الادخال والاخراج .



شكل يبين جهاز PLC مع اجهزة الادخال والاخراج

مميزات أستخدام اجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC):

١- إلغاء التكاليف العالية بتقليل استخدام المرحلات الكهربائية وبالتالي الاستغناء عن الكثير من التوصيلات السلكية وذلك لاحتواء أجهزة (PLC) على عدد كبير من العناصر الخاصة المستخدمة في تشغيل دوائر التحكم مثل المرحلات (Relays) المؤقتات الزمنية (Timers) والعدادات (Counters) والمقارنات (Comparators).

٢- سهولة تعديل وتغير عمل دائرة التحكم الخاصة بالماكنة أو الآلة وذلك بتغير برنامج التحكم المخزن في ذاكرة جهاز (PLC) فقط دون الحاجة إلى تغير أسلاك التوصيل.

٣- تصمم المداخل والمخارج للجهاز معزولة عن المعالج الدقيق مما يساعد ذلك على تقليل الأعطال.

٤- أمكانية اختبار برنامج التحكم قبل نقله من وحدة البرمجة إلى جهاز (PLC) وذلك للتأكد من صلاحيته قبل توصيل جهاز (PLC) إلى الماكنة.

٥- تتوفر في أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC) نظام دقيق لتحليل الأخطاء وعرضها على الشاشة الرقمية الخاصة بالجهاز.

٦- يعمل جهاز (PLC) على تحسين كفاءة النظام.

والشكل الاتي يوضح لوحة التحكم بأستخدام نظام (PLC) وبأستخدام نظام الريلي.

لوحة تحكم تعمل بنظام plc

لوحة تحكم تعمل بنظام Relay

المكونات الاساسية لاجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC).

اولاً: المكونات المادية (Hardware):

يتكون جهاز (PLC) من مجموعة من المكونات المادية وهي:

١- وحدة المعالجة المركزية (Central Processing Unit).

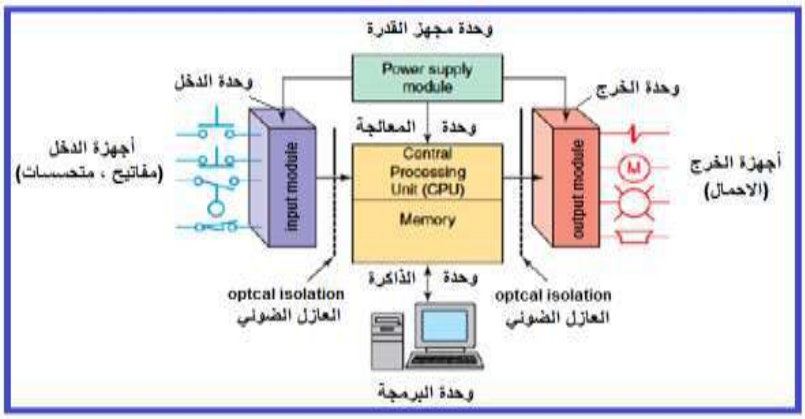
٢- وحدات الإدخال والإخراج (Input/Output Module).

٣- وحدة الذاكرة (Memory Unit).

٤- وحدة مجهز القدرة (Power Supply Unit).

٥- وحدة البرمجة (Programming Unit).

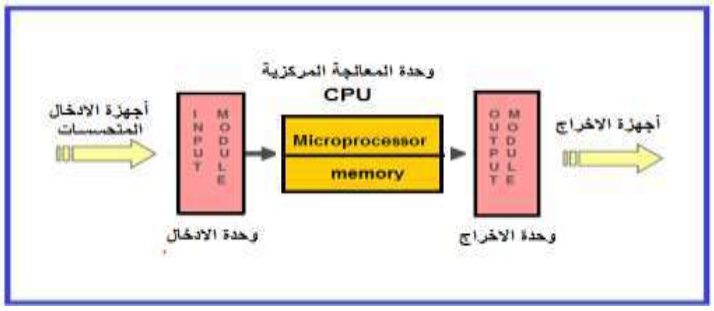
والشكل الاتي يوضح المخطط الكتلوي لمكونات المادية لجهاز (PLC).



مخطط كتلوي يمثل المكونات المادية لجهاز (PLC)

١- وحدة المعالجة المركزية Central Processing Unit (CPU):

تعد وحدة المعالجة المركزية العقل المسئول عن انجاز العمليات الرياضية والمنطقية فهي تحتوي على المعالج الدقيق (Microprocessor) الذي يقوم باستلام ومعالجة البيانات المرسلة من وحدة الإدخال واتخاذ القرارات المنطقية لتنفيذ عمليات التحكم المطلوبة وفقاً للبرنامج المخزن في الذاكرة (Memory) ثم إرسال أوامر التحكم كإشارات فعل لوحدة الإخراج كما موضح في الشكل الاتي:



الشكل يبين عمل وحدة المعالجة المركزية (CPU)

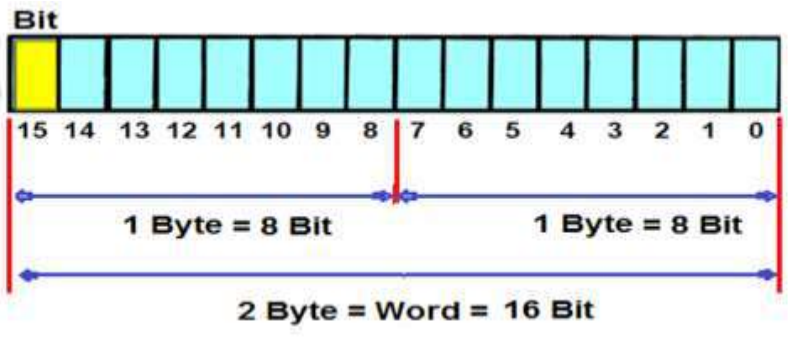
٢- وحدات الإدخال والاخراج (Input/Output Module):

وحدة الإدخال: يتم من خلال هذه الوحدة تحويل الجهد المستمر (24 vdc) المجهز عبر أجهزة الإدخال الرقمية والتماثلية مثل (متحسسات ، مفاتيح تشغيل أو إطفاء) إلى أشارة منطقية (0 أو1) لكي يمكن التعامل معها من قبل وحدة المعالجة المركزية (CPU).

وحدة ألإخراج: تقوم هذه الوحدة باستلام الإشارة المنطقية المرسلة من وحدة المعالجة (CPU) وتحويلها إلى جهد مستمر يمكن استخدامه في تشغيل المرحلات (Relay) الموصلة إلى وحدة الإخراج والتي يمكن من خلال تلامساتها تمرير الجهود الخاصة بتشغيل الأحمال باختلاف أنواعها مثل (محركات ، مصابيح ، صمامات ، مرحلات....)

٣- وحدة الذاكرة (Memory):

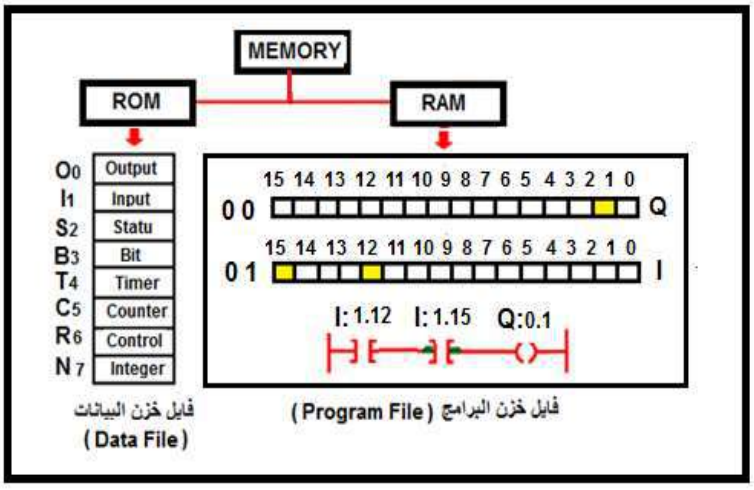
هي عبارة عن مكان لتخزين البيانات والمعلومات وتختلف سعة الخزن للذاكرة من جهاز لأخر وتقاس بالكيلوبايت (Kbyte) حيث (1K = 1024 Unit) وهذا بسبب النظام الثنائي المستخدم في أجهزة الحاسوب وأجهزة (PLC) ولان (2^{10}=1024) وبمعنى أخر يمكن إن يكون لدينا (1024 Bit) أو (1024 Byte) أو (1024 Word) حيث كل (Byte) يتكون من ثمانية بت (Bit) وكل (2Byte) تساوي (Word) وكل (2Word) تساوي (D word) وكل بت هو موقع في الذاكرة يمكن أن يخزن الرقم الثنائي (0 أو 1) وكما موضح في الشكل أدناه:



انواع الذاكرة المستخدمة في اجهزة (PLC):

١ـ ذاكرة القراءة فقط (Read Only Memory): هي ذاكرة تسمى (ROM) تستخدم للقراءة فقط ولا يمكن الكتابة عليها أي أن البرامج والبيانات المخزنة عليها لا يمكن تعديلها أو مسحها مثل برامج نظام التشغيل لجهاز (PLC) والبيانات الثابتة المستخدمة في عمليات المعالجة وهي وحدة خزن دائمة أي إن البرامج والبيانات المخزنة فيها لا تفقد منها بانقطاع الطاقة الكهربائية عنها.

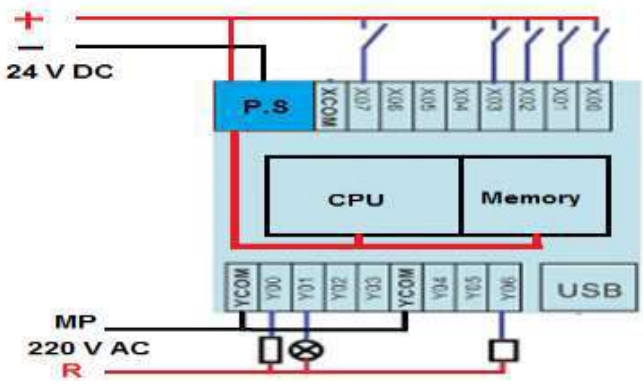
٢ـ ذاكرة الوصول العشوائي (Random Access Memory): هي ذاكرة تسمى (RAM) تستخدم للقراءة والكتابة إي إن البرامج والبيانات المخزنة عليها يمكن تعديلها أو مسحها مثل برنامج (المخطط السلمي) المخزن عليها يمكن مسحه وتحميل برنامج جديد مكانه. وهي وحدة خزن مؤقتة تعمل على تخزين برنامج المستخدم وبعض البيانات وتكون البرامج والبيانات المخزنة فيها معرضة للفقد منها عند انقطاع الطاقة الكهربائية عنها ولذلك يتم توصيلها إلى بطارية لتجنب فقدها في حالة انقطاع الطاقة الرئيسية المغذية لها والشكل أدناه يبين كيفية حفظ البيانات والبرامج في الذاكرة (ROM وRAM) .



الشكل يبين كيفية حفظ البيانات والبرامج في كل من الذاكرة (ROM وRAM)

٤ـ وحدة مجهز القدرة (Power Supply):

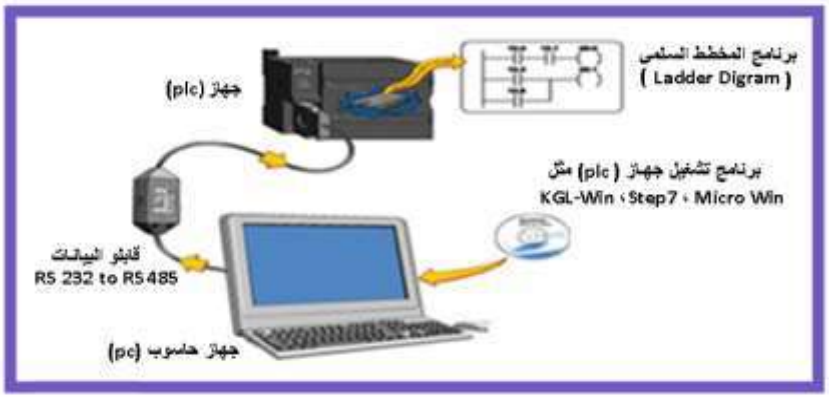
تقوم وحدة مجهز القدرة بتحويل فرق الجهد المتناوب إلى مستمر لتغذية الوحدات المادية لجهاز (PLC) وكذلك يستخدم لتغذية أجهزة الإدخال كما موضح في الشكل أدناه:



الشكل يبين عمل مجهز القدرة في جهاز (PLC)

٥- وحدة البرمجة (Programming Unit):

يتم من خلال وحدة البرمجة كتابة برنامج التحكم المطلوب واختباره ومن ثم نقله إلى ذاكرة جهاز (PLC) ويمكن أن تكون وحدة البرمجة جهاز برمجة خاص أو جهاز حاسوب شخصي كما في الشكل أدناه الذي يبين توصيل جهاز حاسوب مع جهاز (PLC) عن طريق قابلو البيانات.



الشكل يمثل توصيل جهاز حاسوب مع جهاز (PLC)

ثانياً: البرمجيات (Software):

يوجد نوعين من البرامج التي يتم تخزينها في وحدة الذاكرة الخاصة بأجهزة (PLC) وهي:

١- برنامج نظام التشغيل (Operating System):

وهو البرنامج الذي تصممه الشركة المصنعة للجهاز ويتم تخزينه في الذاكره الدائمة (ROM) ويبدا عمله عند بدء توصيل الطاقة الكهربائية لجهاز (PLC) إذ يبدا بعمل تنفيذ خطوات التهيئة الخاصة بعمل الجهاز واجراء دورة المسح (Scan cycle) الخاصة بتنفيذ برنامج التحكم ويكون هذا البرنامج غير قابل للمسح أوالتعديل او النقل من قبل المستخدم.

دورة المسح لجهاز PLC (Scan Cycle):

تنفذ وحدة (PLC) عملية مسح دوري (Scan Cycle) مستمر للبرنامج تبدأ عند توصيل مصدر التغذية إي عندما يكون الجهاز في وضع التشغيل (Run) ومن خلال المخطط الكتلي نلاحظ إن هذه العملية تمر بعدة خطوات وهي:

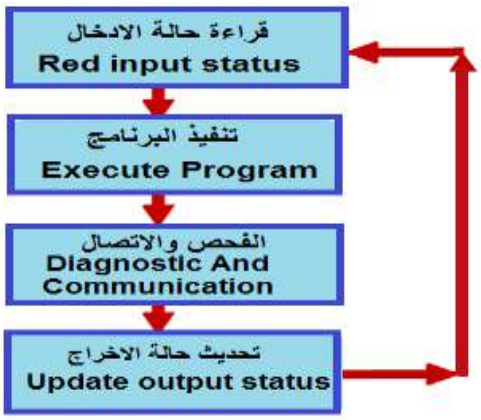
١- قراءة حالة الإدخال: حيث يقوم جهاز (PLC) بقراءة حالة الإدخالات (المفاتيح، المتحسسات، وأزرار تشغيل وإطفاء) وذلك لتحديد ما إذا كانت في وضعية (On أو Off) ثم تقوم بتخزين البيانات في الذاكرة لاستخدامها في الخطوة التالية.

٢- تنفيذ البرنامج: حيث يقوم جهاز (PLC) بتنفيذ البرنامج بعد تحديد حالة الإدخال وقراءة أوامر البرنامج المترتبة على كل حالة من حالات كل إدخال ومن ثم تخزين نتائج التنفيذ لاستخدامها في الخطوة التالية.

٣- الفحص والاتصال: حيث يقوم جهاز (PLC) بالفحص والاتصال للمكونات الداخلية التي يعمل بها نظام التشغيل.

٤- تحديث حالة الإخراج: حيث يقوم جهاز (PLC) بتحديث حالات الإخراج وفقاً لأوامر البرنامج الصادرة في الخطوة الثانية.

بعد الانتهاء من الخطوة الرابعة يقوم جهاز (PLC) بالرجوع للخطوة الأولى لتعيد نفس الخطوات بصورة متكررة ومستمرة والشكل يمثل المخطط الكتلوي لخطوات عملية المسح التي تنفذها وحدة (PLC) , كما موضح في الشكل ادناه:



الشكل يمثل مخطط كتلوي لتنفيذ خطوات عملية المسح التي ينفذها جهاز (PLC)

زمن دورة المسح لجهاز (PLC):

يعرف زمن المسح لدورة واحدة على أنه الزمن الذي يستغرقهُ (PLC) لتنفيذ الخطوات الأربع المذكورة سابقاً، وهذا الزمن يستغرق أجزاء من الملي لثانية وإن زمن المسح لدورة واحدة يعتمد على عدة عوامل هي :

١- حجم البرنامج.

٢- عدد عمليات الإدخال والإخراج المستخدمة.

٣ - حجم متطلبات الاتصال المطلوبة.

٢- برنامج المستخدم (User Program):

إن البرنامج الخاص بعملية التحكم المراد تنفيذها بواسطة جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC) لا يتم شـراءه مع الجهاز وإنما يتم كتابته من قبل الفني أو المهندس المختص وبإحدى الطرق الخاصـة بكتابة برامج التحكم لأجهزة (PLC) عن طريق وحدة البرمجة والتي ممكن إن تكون جهاز برمجة خاص أو حاسـوب ويتم نقل البرنامج وتخزينه في الذاكرة المؤقته (RAM) لجهاز (PLC) عن طريق قابلو البيانات ويكون هذا البرنامج قابل للمسـح والتعديل او النقل من قبل المستخدم ويتم استخدام ثلاث طرق شائعة في كتابة برنامج المستخدم هي:

كتابة برنامج التحكم الخاص بجهاز (PLC):

تبدأ عملية كتابة برنامج التحكم الخاص بجهاز (PLC) بتحديد دراسة النظام المراد التحكم فيه وتحليله من خلال تحديد نقاط الإدخال (مفاتيح، أزرار تشغيل أو إطفاء، متحسسات)، كما يتم تحديد نقاط الإخراج (مرحلات، مؤقتات، عدادات). ثم ترقيم هذه النقاط بما يتناسب مع وحدة الإدخال والإخراج المستخدمة، ثم نبدأ بتحديد طريقة البرمجة المناسبة، وتوجد ثلاث طرق لكتابة برامج التحكم المستخدمة في جهاز (PLC) وهي:

1-المخطط السلمي (Ladder Diagram) واختصارها (LAD) وهي الطريقة الأكثر استخداما وذلك لبساطتها وقربها لمخططات دوائر التحكم التقليدي (أنظمة المرحلات).

2- مخطط البوابات المنطقية (Function Block Diagram) واختصارها (FBD).

3- قائمة الإجراءات (Statement List) واختصارها (STL).

طريقة المخطط السلمي (Ladder Diagram) (LAD):

تمتازهذه الطريقة بسهولتها واعتمادها في الكتابة على رموز مشابهه الى رموز مخططات دوائر المرحلات المستخدمة في دوائر التحكم الكهربائية التقليدية مع اختلاف أساسي حيث ترسم بشكل أفقي ويسمى الخطآن العموديان بخطي القدرة ويمثلان توصيلات ألتغذية ولتشابه الرموز المستخدمة فيها مع رموز التحكم في دوائر السيطرة مما سهل استخدامها من قبل الفنيين والمهندسين. وكما مبين في الجدول أدناه:

الرمز في المخطط السلمي		الرمز في الدائرة الكهربائية		وصف الرمز
مسمى الرمز	شكل الرمز	مسمى الرمز	شكل الرمز	
I		S , NO		مفتاح او ضاغط توصيل
I		S , NC		مفتاح او ضاغط فصل
Q		M , H , K		مرحل او مصباح او محرك

جدول يبين كيفية الربط بين رموز الدائرة الكهربائية ورموز المخطط السلمي

وتسمى بالمخطط السلمي لكونها عبارة عن مجموعة من الخطوات المتتالية بمعنى أن تتم خطوة بعد خطوة أي تتم الخطوة الأولى واستنادا عليها تتم الخطوة الثانية وهكذا حتى نهاية البرنامج تماماً كالحركة على درجات السلم (Rung). وكما مبين في الخطوات التالية:

خطوات كتابة برنامج التحكم بلغة المخطط السلمي (LAD):

١- إن الخطيين الرئيسيين في المخطط يمثلان خطي القدرة وتتصل بينهما الدوائر ويكون سريان القدرة من الخط الراسي الأيسر ثم يمر عبر الخط الرأسي الأيمن وعندها يسمى درجه (Rung).

٢- كل درجة (Rung) تمثل عملية واحدة من عملية التحكم ويقرا المخطط السلمي من السطر الأول من اليسار إلى اليمين ومن ثم ينتقل إلى السطر الثاني إي من الأعلى إلى الأسفل ويبدأ أيضا من اليسار إلى اليمين ويستمر هكذا حتى نهاية البرنامج وتسمى هذه العملية بدورة المسح (Scan Cycle).

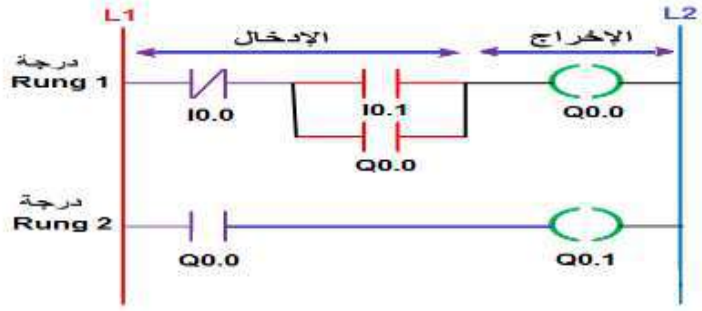
٣- كل درجة (Rung) أو سطر من السلم يجب أن تبدأ بإدخال أو أكثر وتنتهي بإخراج واحد على الأقل.

٤- يرمز للإدخال والإخراج في المخطط السلمي بعدة رموز حسب الشركة المنتجة لجهاز (PLC).

٥- عند سريان التيار من اليسار إلى اليمين ويجب أن تكون الحالة المنطقية للعناصر في المسار بين العمودين (1) أي (True) وبالتالي يتم تفعيل الإخراج. وفي حالة وجود الحالة المنطقية للعناصر في المسار بين العمودين (0) أي (False) فان التيار لن يمر من اليسار إلى اليمين وبذلك لن يتم تفعيل الإخراج.

٦- الدرجة الأخيرة من السلم تمثل نهاية البرنامج ومن ثم تتكرر عملية المسح من البداية.

وكما موضح في الشكل أدناه الذي يمثل برنامج تحكم مكتوب بخطوات متسلسلة باستخدام لغة المخطط السلمي (LAD).



الشكل يمثل برنامج تحكم مكتوب بلغة المخطط السلمي (LAD)

عملية العنونة الخاصة بعناصر الدخل والخرج لبرنامج التحكم المكتوب بلغة المخطط السلمي (LAD) والذي يتم حفظه في ذاكرة جهاز (PLC):

يجب التعرف على أساليب العنونة قبل التطرق إلى الدوال الأساسية والمتقدمة لما تمثله هذه العملية من أهمية قصوى في بناء برنامج التحكم باستخدام إحدى الطرق الثلاث والذي يتم تخزينه في ذاكرة جهاز (PLC) على شكل بيانات رقمية (0 أو1) في وحدات خزن خاصة. وتحتاج عملية الوصول من قبل وحدة المعالجة الدقيقة إلى هذه البيانات إلى:

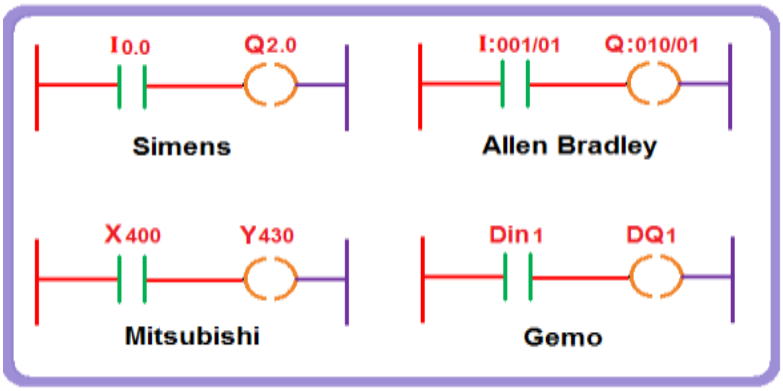
١- عنوان معرف لكل عنصر من عناصر الإدخال والإخراج:

يستخدم غالبا الرمز (I) لتمثيل عناصر الدخل كمفاتيح التشغيل والإطفاء والمتحسسات والرمز (Q) لتمثيل عناصر الخرج كالأحمال وهناك بعض الشركات مثل شركة (Mitsubishi) وشركة (Toshiba) تستخدم الرمز (X) لتمثيل عناصر الدخل والرمز (Y) لتمثيل عناصر الخرج.

٢- الموقع في الذاكرة:

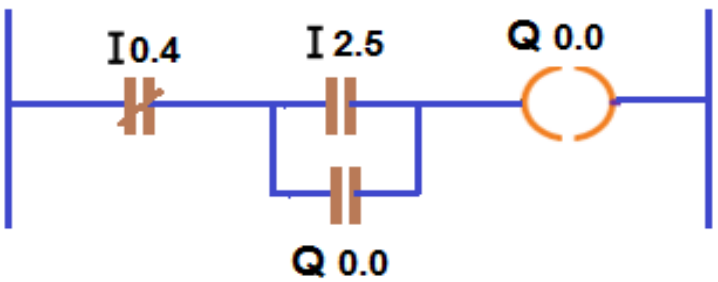
لكل عنصر من عناصر الإدخال والإخراج رقم خاص به. وتتم عملية الترقيم بواسطة استخدام الأنظمة العددية (Numerical System) مثل النظام (الثنائي، العشري ، الثماني ، الستة عشري ،.....). ولكل شركة من الشركات المصنعة نظام ترميز خاص بها وكما في الشكل أدناه

يوضح كيفية كتابة رموز المخطط السلمي (Ladder diagram) لمجموعة من الشركات المصنعة لجهاز (PLC).

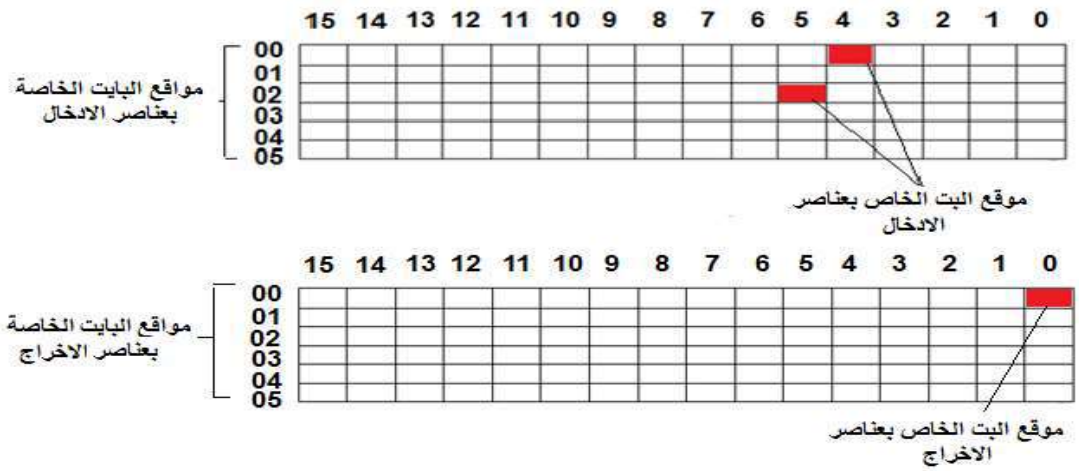


شكل يبين كيفية كتابة رموز المخطط السلمي لعدة شركات مصنعة لأجهزة (PLC)

مثال: قم بتحديد مواقع الخزن في الذاكرة لعناصر الدخل والخرج لبرنامج التحكم أدناه والمكتوب بلغة المخطط السلمي (LAD).



الحل:

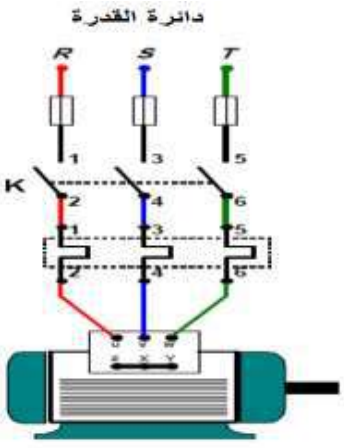


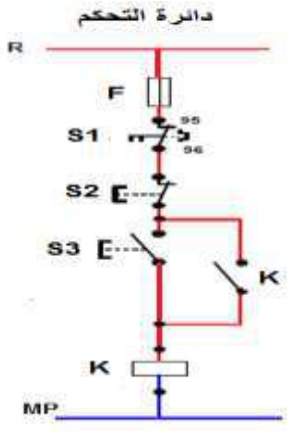
تمرين عملي:

المطلوب تنفيذ ربط وتشغيل محرك كهربائي ثلاثي الاطوار بواسطة جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين:-

المطلوب تنفيذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ x ٦٠) سم وبموجب المخطط في الشكل أدناه والذي يمثل دائرة التحكم والقدرة لتشغيل وإطفاء محرك ثلاثة أطوار مع الحماية الحرارية.





شرح الدائرة:

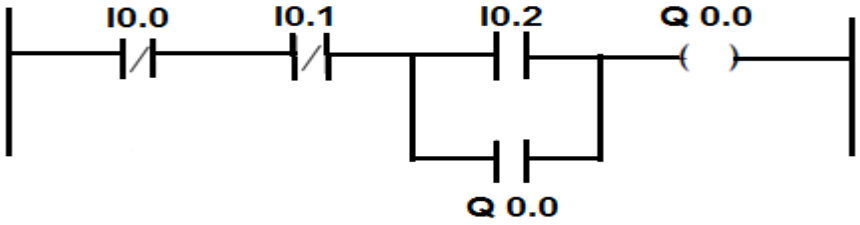
من المخطط الخاص بالدائرة نلاحظ إن تشغيل المحرك يتم بالضغط على المفتاح S3 واعتماد المفتاح S2 كمفتاح فصل والمفتاح S1 يمثل مفتاح مرحل الحماية الحرارية.

خطوات العمل:

١- تحويل رموز الدائرة الكهربائية إلى رموز دائرة المخطط السلمي:

رمز المخطط السلمي	رمز دائرة التحكم
I0.0	S1
I0.1	S2
I0.2	S3
Q0.0	K

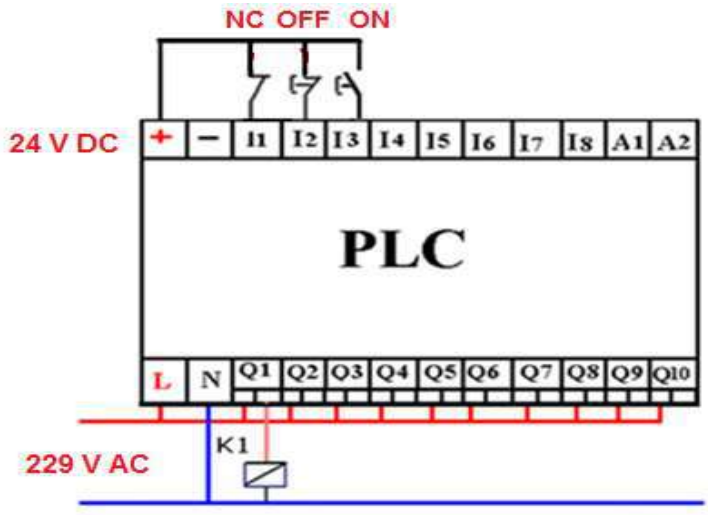
٢- تحويل دائرة التحكم الكهربائية إلى دائرة المخطط السلمي (LAD).



٣- رسم دائرة المخطط السلمي في جهاز الحاسوب بواسطة برنامج المستخدم الخاص بجهاز (PLC).

٤- تحويل دائرة المخطط السلمي بعد اختبارها من جهاز الحاسوب إلى جهاز (PLC) بعد توصيل قابلو المعلومات.

٥- توصيل أجهزة الإدخال والإخراج إلى جهاز (PLC) حيث يتم توصيل مفتاح التشغيل (ON) إلى نقطة التوصيل (I3) ومفتاح الإطفاء (OFF) إلى نقطة التوصيل (I2) وملامس مغلق طبيعياً لعنصر الحماية من الحمل الزائد (NC) إلى نقطة التوصيل (I1) في وحدة الإدخال وتوصيل طرف ملف الموصل الهوائي إلى نقطة التوصيل (Q1) في وحدة الإخراج وكما موضح في الشكل أدناه:



٦- توصيل مصدر التغذية الثلاثي الأطوار والمحرك الكهربائي إلى الموصل الهوائي.

٧- تشغيل المحرك من خلال الضغط على مفتاح التشغيل (ON).

العدد المطلوبة :-

١- كتر.

٢- بلايس.

٣- لاوية.

٤- قاشطة.

٥- مخصف.

٦- مطرقة وزن (٢٠٠) غم.

٧- مسطرة قياس أو فيتة.

٨- درنفيسات عدلة عدد ثلاثة قياس (٣ x ٥ x ٨) ملم.

المواد والاجهزة المطلوبة:-

١- جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC).

٢- كونتكتر وأزرار التشغيل المطلوبة بموجب جهاز التحكم المنطقي المستعمل.

٣- محرك ثلاثة أطوار مناسب لعمل جهاز التحكم المنطقي (PLC).

٤- أسلاك توصيل.

٥- براغي تثبيت.

٦- مصهرات بعدد وحجم مناسبين لتشغيل المحرك.

٧- أوفرلود (حماية حرارية) مناسبة لتشغيل المحرك.

أسئلة حول موضوع ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)

س١/ ما هو جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC)؟

س٢/ عدد أهم مميزات أجهزة التحكم المنطقي القابلة للبرمجة (PLC).

س٣/ عدد المكونات المادية لجهاز (PLC).

س٤/ ما هي انواع البرامج التي يتم تخزينها في وحدة الذاكرة الخاصة بأجهزة (PLC)؟ عددها مع الشرح.

س٥/ عدد الطرق لكتابة برامج التحكم المستخدمة في جهاز (PLC).

س٦/ ما هي وحدة الإدخال والإخراج في جهاز (PLC)؟

س٧/ عدد مع الرسم خطوات دورة المسح (Scan Cycle) التي ينفذها جهاز (PLC).

س٨/ ماهي العوامل التي يعتمد عليها زمن دورة المسح لجهاز (PLC)؟

(١) التدريب على إستعمال جهاز مبين تتابع الأطوار ورلي منع إنعكاس الأطوار

Load
Meters

أ – جهاز مبين تتابع الأطوار :

تعلمنا في السنة الماضية ضمن التأسيسات الكهربائية إسلوب توزيع خطوط الشبكة الكهربائية على مجمل أجهزة الإستهلاك الكهربائية ، ولاحظنا أنه يتوجب أحيانا إستعمال صندوق توزيع معين لتدخل إليه الخطوط الرئيسية (R , Mp) أو تسمى (L , N) التي يمثل فيها (R) أو (L) الخط الرئيسي (الحار) .

و الـ (Mp) أو (N) الخط المحايد (البارد) .

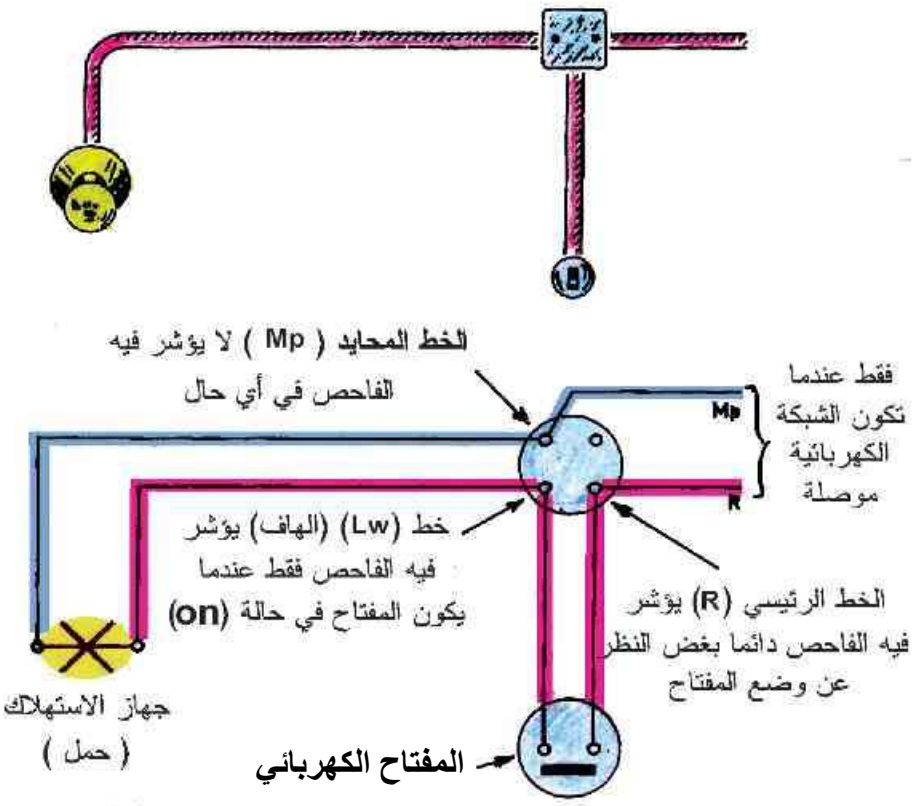
لتوزع منه تفرعات متعددة الى عدة جهات أو أجهزة كهربائية . ومن المألوف أن يحدث خطأ معين يراد إصلاحه أو قد لا يوجد خطأ بل يراد التوسع بمد خط جديد لجهة أو جهاز يراد تشغيله بالقرب من صندوق التوزيع . فبعد فتح غطاءه نلاحظ أسلاك كثيرة يصعب تتبعها بالعين المجردة،لاسيما إن كان نوع التأسيس غير ظاهري (دفن) .

عندها يبدأ الفحص لأجل التشخيص . فنستعمل الفاحص لإعتيادي أو ما يسمى درنفيس الفحص (Tester) الذي يؤشر لنا فقط الأسلاك التي فيها قوة دافعة كهربائية (فولتية) ، حيث يتوهج مصباح إشارة الفاحص .

لتمييز الخطوط الرئيسية في أي صندوق توزيع يجب إطفاء جميع مفاتيح الانارة وبقية أجهزة الاستهلاك التابعة لذلك الصندوق .

يعني جعلها في حالة (OFF) ، لأنه لو لم نطفيء المفاتيح ستؤشر عندنا بعض الأسلاك كأنما هي رئيسية (يعني يتوهج الفاحص) .

لكنه في الحقيقة ليس برئيسي ، بل هو (Lamp Wire) (LW) الذي يُسمى في السوق المحلية ال (هاف) ، كما نلاحظ ذلك في التوصيلة الآتية :-



أما الخط المحايد(البارد) فيمكن تمييزه كذلك بواسطة الفاحص ، وبالامكان إستبدال إصبع اليد لملامسة قمة الفاحص بواير إضافي يوصل بين المحايد ومكان ملامسة الإصبع ، مع وضع رأس الفاحص على الخط الرئيس (الحار) ليتوهج مصباحه . والطريقة الأخرى لفحص البارد هي بواسطة مصباح سيار . فبعد أن نتأكد من وجود الحار بواسطة درنفيس الفحص يتم فحص البارد بواسطة المصباح السيار بملامسة طرفيه بين ذلك الحار وأي من بقية الأسلاك المراد فحصها كبارد (عندها يفترض أن يتوهج ا لمصباح) .

يسمى هذا بالفاحص المزدوج (Double tester) .

نماذج من الفواحص (Testers)

فواحص مختلفة مفردة ومزدوجة

فاحص مفرد الكتروني ذو الإشارة

فاحص مفرد الكتروني رقمي

فاحص مزدوج (١٢) فولت
لفحص كهرباء السيارة

فاحص مزدوج يعين قيمة الضغط
ما بين (صفر – ٤٠٠) فولت .

أحياناً تستعمل شبكة ثلاثة أطوار في التأسيسات الكهربائية ليوزع كل طور الى جهة معينة من المبنى ، عندها نجد في الصندوق الرئيسي ثلاثة خطوط رئيسية ولتمييزها يفي بالغرض الدرنفيس الفاحص الإعتيادي ، حيث يتوهج عند وضعه على أي منها ولا يهمنا في هذه الحالة ترتيب الأطوار ، يعني الخطوط الرئيسية الثلاثة (R , S , T) أو تسمى (L_1 ، L_2 ، L_3) . ما يهمنا هو توزيع الاحمال بشكل يقارب الى التساوي بينها .

أما إذا إستعملنا شبكة الثلاثة أطوار بخطوطها الثلاثة لتشغيل ماكنة معينة تدار بواسطة محرك ثلاثة أطوار ، يتعين إتجاه دورانه بإتجاه معين ثابت ، إما يميناً أو يساراً ، عندها يستوجب التمييز في ربط الخطوط الرئيسية الثلاثة حسب تسلسلها الذي هي عليه قبل الفحص .

لأننا تعلمنا في مواضيع سابقة أن أي محرك من محركات الثلاثة أطوار عندما يستبدل خطين فقط من خطوط الشبكة الثلاثة الواصلة إليه ينعكس إتجاه دورانه .

فعند ما يراد العمل بصندوق توزيع رئيسي أو بورد رئيسي تمت تغذيته من مصدر شبكة ثلاثة أطوار ويغذي ورشة عمل او مصنع بكامله تعمل فيه عدة مكائن بمحركاتها على ثلاثة أطوار . في هذه الحالة أن أي خطأ قد يحدث في تسلسل ربط الأطوار الثلاثة سيؤدي الى دوران جميع المحركات على الإتجاه المعاكس وقد يؤدي ذلك إلى تعطل أو تلف كثير من تلك المكائن .

للأسباب المذكورة ولهذا الغرض هناك جهاز خاص للتمييز بين كل من الخطوط الرئيسية الثلاثة . وقبل أن نتعرف على هذا الجهاز وأسلوب عمله وإستعماله وأداءه التطبيقي . علينا أن نعيد الى ذاكرتنا ما هي هذه الخطوط الرئيسية الثلاثة الـ (R) و (S) و (T) وما الفرق بينهما :-

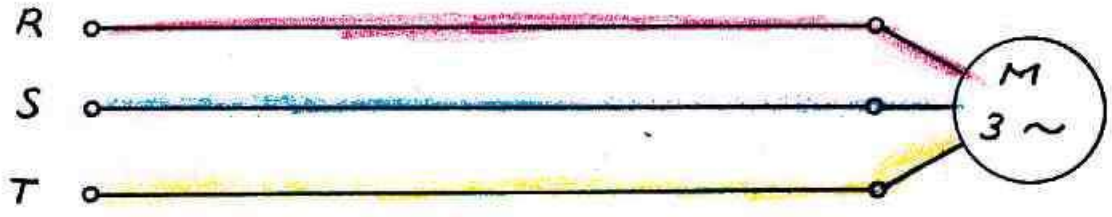
الحالة الاولى :

كما ذكرنا أنه في حالة تشغيل أي جهاز طور واحد على شبكة ثلاثة أطوار ، نأخذ أي من الخطوط الرئيسية الثلاثة (R , S , T) مع الخط المحايد (MP) .

ولا يهمنا في هذه الحالة إن كان الرئيسي هو (R) أو (S) أو (T) كما في الشكل الآتي :-

الحالة الثانية :-

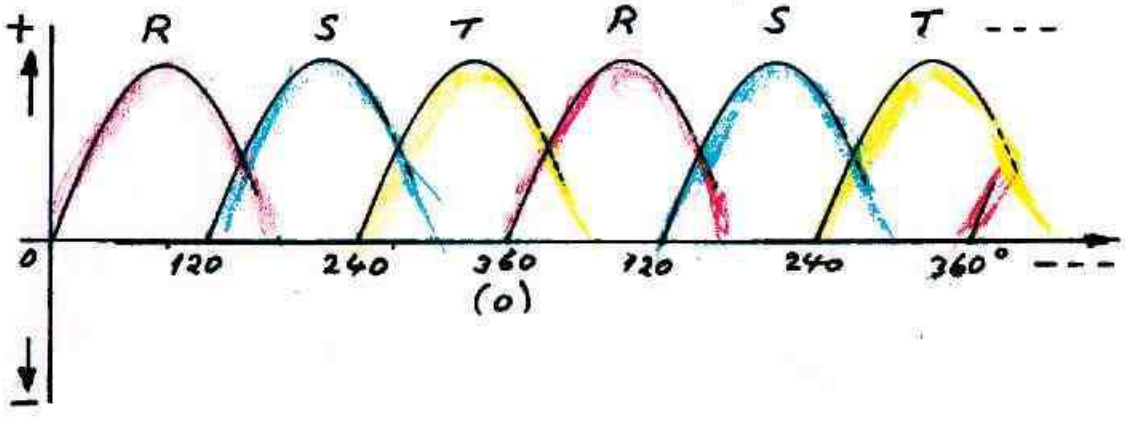
عند تشغيل محرك ثلاثة أطوار ، علينا توصيل جميع الخطوط الرئيسية لشبكة الثلاثة أطوار بنقاط ربط المحرك (وبدون سلك محايد) ، وكما في الشكل أدناه :-



في هذه الحالة يهمنا أن يكون التسلسل (R –S–T) أو (T–R–S) أو غير ذلك .

لماذا ؟

المحرك يدور عندما يتكون مجال مغناطيسي دَوار في الجزء الثابت ، وإتجاه دوران محور الجزء الدوار للمحرك يعتمد على إتجاه دوران ذلك المجال المغناطيسي في الجزء الثالث ، الذي بدوره يعتمد على وقت قمة وزاوية التردد لكل طور لأن كل من الأطوار الثلاثة منحرف بزاوية (١٢٠) درجة عن الطور الآخر :-



فعندما نختار أي من الترددات لأي من الأطوار تجد أن هناك تردد يسبقه بـــ (١٢٠) درجة ، وآخر يلحقه بـــ ١٢٠) درجة .

وهذا ما سيحدده جهازنا الذي نحن بصدده في موضوعنا هذا ، ألا وهو جهاز مبين الأطوار (Phase Finder) .

فعندما نختار أحد الأطوار الثلاثة كتحديد للفحص ، ثم نختار أحد الإثنين الباقيين ، يؤشر عندنا عما إذا كان تردد هذا الثاني قبل أو بعد تردد الأول ، وهكذا الثالث .

بهذه الطريقة يمكن أن نتوصل إلى التسلسل الصحيح للأطوار الثلاثة . ومدى صحة ربطها في صندوق التوزيع الرئيسي أو البورد الرئيسي أو نقاط ربط المحرك ذو الثلاثة أطوار .

أحياناً يتطلب إيصال محرك إلى مصدر ثلاثة أطوار يكون بعيداً عن البورد الرئيسي ويراد معرفة تطابق تسلسل أطوار هذا المصدر مع أطوار البورد الرئيسي ، فيستعمل لذلك جهاز يعمل بالبث اللاسلكي ، يعني يحتوي على مُرسل ومستقبل .

هذه فكرة عمل الجهاز ومن الطبيعي أن هناك مواصفات مختلفة لكثير من الأجهزة وحسب الشركة المنتجة وإمتيازات الجهاز وكلفته وغيرها .

الشكل الآتي يبين لنا أحدها :-

والشكل الآتي يبين جهاز مبين الأطوار بتصميم مبسط يظهر مصباحا إشارة . يتوهج أحدهما ليبين إتجاه دوران تردد المصدر ثلاثي الطور ، ويبين عما هو بإتجاه (R → S → T) أم بعكس إثنين منها ليكون بإتجاه (S→R→T) ونلاحظ أن له ثلاثة مجسات فحص للنقاط الثلاث لمصدر الثلاثة أطوار :-

(ب) رلي منع إنعكاس الأطوار :

لاحظنا أهمية تسلسل ترتيب ربط الأطوار الثلاثة وبالأخص في المحركات الكهربائية ، التي تعمل على الثلاثة أطوار .

ولاحظنا كذلك التأثيرات الجانبية الخطرة التي قدتحدث فيما لو إنعكست الأطوار ، وإنعكس إتجاه دوران المحرك ، مما قد يتلف الماكنة التي تعمل بذلك المحرك ، أو قد يتلف إنتاجها ، أو حتى من المحتمل أن يحدث خطراً على الأشخاص وحسب طبيعة عمل تلك الماكنة أو ذلك الجهاز .

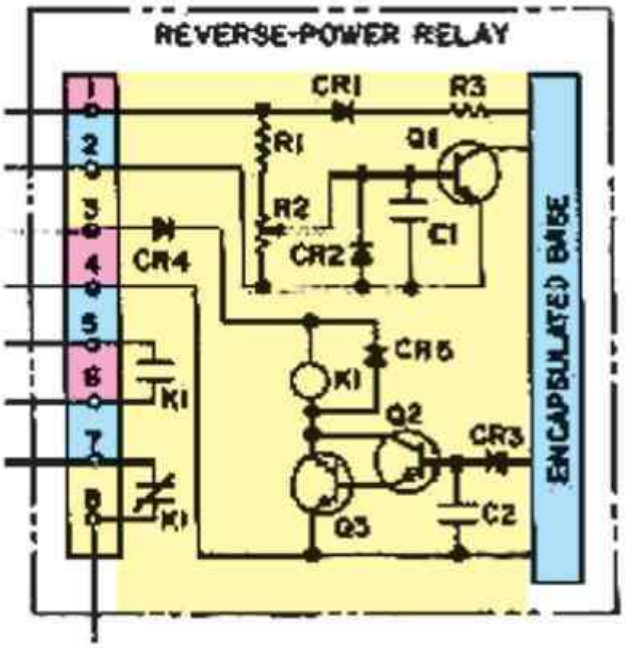
فمثلاً مصعد كهربائي فيما لو إنعكست أطواره ، قد يحدث شيئاً غير مرغوب فيه ، بصعوده بدل نزوله أو العكس . وحتى باب المصعد الأوتوماتيكي الذي يعمل بمحرك ثلاثة أطوار ، فيما لو إنعكست أطواره سيقوم بغلقه بدل إيعاز الفتح وكذلك العكس ، فحتماً ستحدث أمور غير مرغوب فيها .

ولتلافي كل تلك الأخطاء ، وفيما لو حدث أن إنعكست الأطوار بأي شكل من الأشكال ولأي سبب كان . فالمفروض أن يفصل مصدر الثلاثةأطوار المغذي لتلك المنشأة الكهربائيةالتي حدث فيها ذلك التبديل أو الانعكاس بالأطوار ، ريثما يتم إصلاحها ثم إعادتها حسب تسلسل الترتيب الأول الذي كانت تعمل عليه وكما يجب .

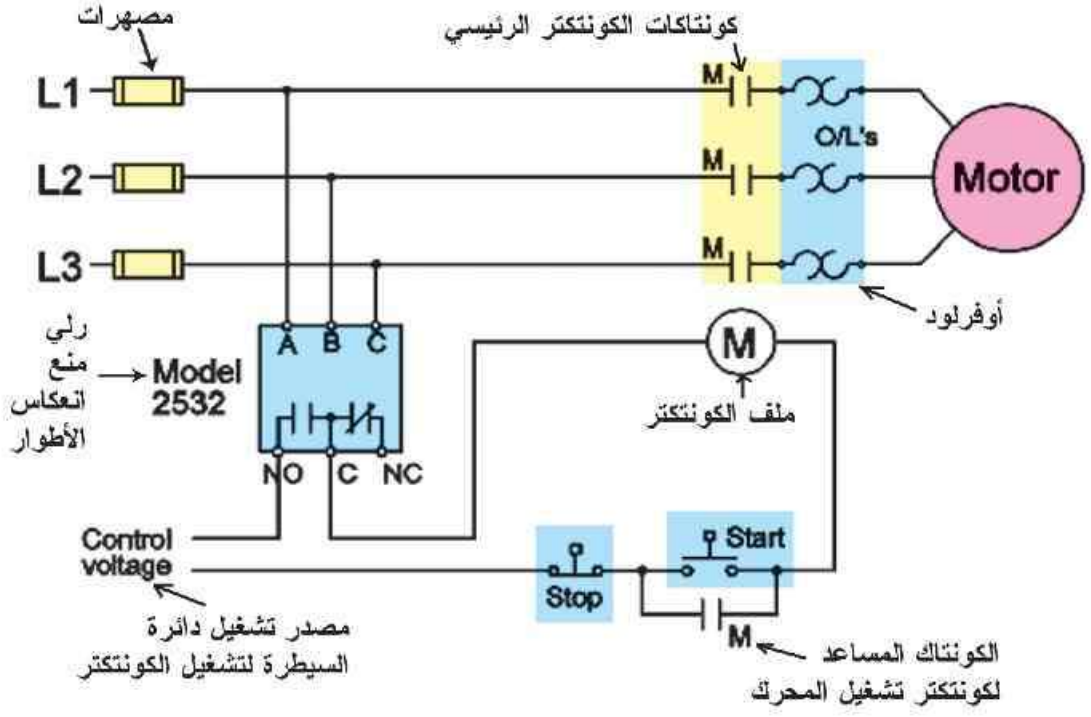
لذلك يتوفر في الأسواق جهاز يسمى رلي منع إنعكاس الأطوار يقوم بهذا العمل .

يحتوي في داخله على دائرة الكترونية توصل عن طريق نقاط ربط خارجية إلى شبكة الثلاثة أطوار الداخلة الى المنشأة الكهربائية المعينة وبموجب ذات الترتيب المطلوب العمل به .

المخطط الآتي يمثل الدائرة الالكترونية الداخلية لجهاز منع إنعكاس الأطوار



أما المخطط الآتي فيمثل أسلوب وأداء رلي منع إنعكاس الأطوار في دائرة كهربائية لتشغيل محرك ثلاثة أطوار للحفاظ على أتجاه دورانه كما هو مطلوب .



عندما يصل تيار شبكة الثلاثة أطوار الى الرلي ، تعمل الدائرة الالكترونية مباشرة بإعطاء إيعاز الى موصّل مساعد غالق (NO) داخل الرلي ليغلق ، وعن طريق نقاط ربط خارجية توصل التيار الكهربائي الى ملف كونتكتر رئيسي ليعمل على ربط شبكة الثلاثة أطوار لتغذية المحرك الكهربائي ليبدأ الدوران ، وعندما يصادف أن ينعكس أي طورين من الأطوار الثلاثة للشبكة تتحسس الدائرة الالكترونية وتعطي إيعازاً الى غالقها (NO) (المغلوق أثناء العمل) ليفتح ويقطع التيار الكهربائي عن الكونتكتر الرئيسي ليسقط ويقطع شبكة الثلاثة أطوار الرئيسية عن المنشأة المعنية (في دائرتنا هذه المحرك هو المعني) .

رلي منع إنعكاس الأطوار له وظيفة أخرى عدا منع إنعكاس الأطوار وهي إذا قُطع أحد الأطوار وبقي طورين فقط فستتحسس دائرته الألكترونية كذلك وتقطع الشبكة الرئيسيةعن المنشأة الكهربائية المعنية (الحمل) .

رلي منع إنعكاس الأطوار يحتوي على موصل مساعد آخر فاتح (NC) يمكن أن يربط عن طريقه مصباح إشارة . فأثناء عمل الرلي الإعتيادي وإشتغال المحرك يكون مصباح الإشارة مطفأ (غير متوهج) ، أما إذا تحسس الرلي بالإخطاء التي نوهنا عنها ، ففي الوقت نفسه الذي يتوقف فيه المحرك عن الدوران ، يعود هذا الفاتح الى الإغلاق ويتوهج مصباح الإشارة ليشير الى وجود خطأ وتوقف المحرك عن الدوران .

بذلك يتم فحص الشبكة ومعالجة الخطأ فيها ليعود المحرك للعمل كما يجب .

هناك رلي من نوع آخر يعمل على فصل الشبكة في حالة زيادة أو نقصان الضغط الكهربائي المسموح به والذي يسمى (رلي مراقبة الضغط) (Over Under Voltage) يختصر (OUV) فيما يأتي نبين بعض من أشكاله :-

وهناك أنواع كثيرة ومختلفة التصميم من الرليات لمراقبة الضغط الكهربائي فمنها مصممة لمراقبة الضغط لدائرة الطور الواحد ومنها لمراقبة دائرة الثلاثة أطوار ، ومنها التي تحتوي على شاشة رقمية ظاهرة على الواجهة الأمامية لعرض قيمة الضغط الكهربائي الذي تعمل به الدائرة الكهربائية المربوطة في ذلك الوقت.

ومنها تحتوي على منظمات معينة لإختيار نسبة الزيادة أو النقصان المسموح بها فما زاد أو نقص عن الحد المنظم عليه يعمل على فصل الدائرة الكهربائية ، ووقت الفصل وأمور أخرى تذكر عادة في ورقة التعليمات المرفقة في علبته عند الشراء.

ثم هناك نوع آخر من الرليات يعمل على فصل الشبكة في حالة زيادة أو نقصان التردد المسموح به والذي يسمى (رلي مراقبة التردد)

(Over Under Frequency)

يختصر (OUF)

تمرين عملي (١)

المطلوب تنفيذ ربط وتشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق (قاطع حماية المحرك) ذو حماية مغناطيسية وحرارية و (رلي منع إنعكاس الأطوار) وإستعمال (جهاز مبين تتابع الأطوار) ثم عمل أخطاء متعمدة كعكس طورين الواحد بدل الآخر وملاحظة كيفية عمل الرلي وفحص تتابع الأطوار مجدداً ثم خطأ آخر بفصل أحد الأطوار وملاحظة فصل الرلي مجدداً.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :-

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس ٦٠ × ٦٠ سم

العُدد المطلوبة :-

١- درنفيس عدل قياس (٣ ، ٥ ، ٨) ملم.

٢- درنفيسات مربعة.

٣- بلايس.

٤- لاوية.

٥- كتر.

٦- قاشطة.

٧- مخصف.

٨- مطرقة صغيرة (٢٠٠) غم.

٩- مسطرة قياس أو فيتة.

المواد والأجهزة المطلوبة :-

١- محرك ثلاثة أطوار بقدرة مناسبة.

٢- قاطع حماية المحرك ثلاثة أطوار ذو حماية مغناطيسية وحرارية (MPS).
(Motor Protctive Switch)

٣- رلي منع إنعكاس الأطوار (RPR) (Reverse Phase Relay) .

٤- جهاز مبين تتابع الأطوار (PF) (Phase Finder)

٥- أسلاك للتوصيل والربط بأحجام وأطوال مناسبة.

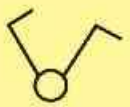
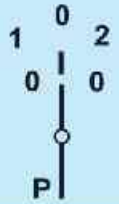
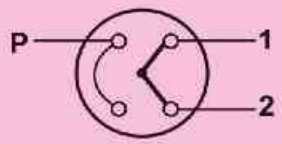
٦- براغي للتثبيت.

(٢) التدريب على ربط مفتاح تحويل بين الشبكة والمولدة.

اليدوي Manual Transfer Switch (MTS)

والآلي Automatic Transfer Switch (ATS)

يسمى كذلك (جنج أوفر) Change Over وهو ذات أداء مفتاح المجموعات الذي تعلمناه في التأسيسات الكهربائية في السنة الماضية والذي رمزه كما يأتي :-

المختصر	سريان التيار	الكامل
		

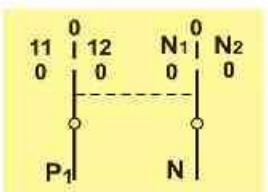
إذاً هو عبارة عن مفتاح لمجموعتين (1) و (2) فضلاً عن نقطة وسطية للايقاف (O) أو (OFF) . هذا بالطبع قطب واحد ، يعني يستعمل لطور واحد . لذلك يسمى مفتاح مبدل (Change Over) لأنه يوصل التيار الكهربائي لأحد طريقين أو أن يقطع المصدر عن كلا الطريقين.

على هذا الأساس يوجد منه بقطبين أو ثلاثة أقطاب وحتى بأربعة أقطاب.

مفتاح مبدل بقطبين

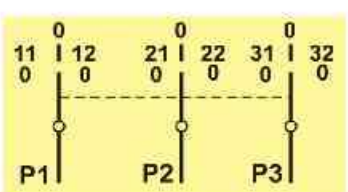
يستعمل لتبديل شبكة

طور واحد مع السلك المحايد



مفتاح مبدل ثلاثة أقطاب

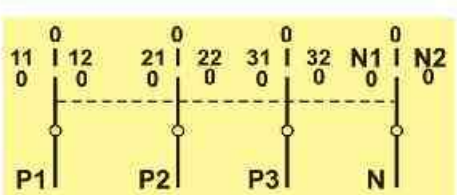
يستعمل لتبديل شبكة ثلاثة أطوار



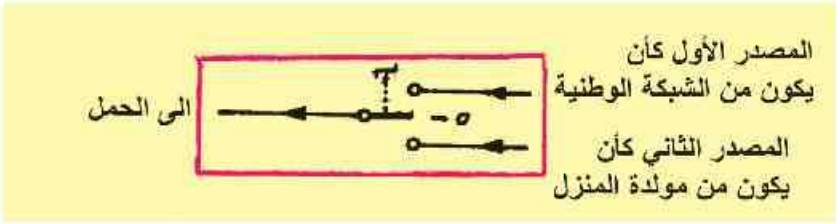
مفتاح مبدل أربعة أقطاب

يستعمل لتبديل شبكة ثلاثة

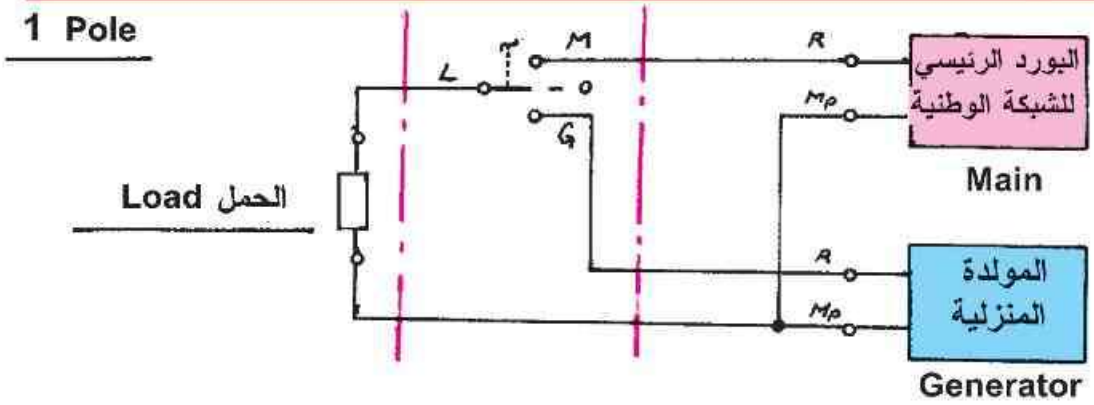
أطوار مع السلك المحايد



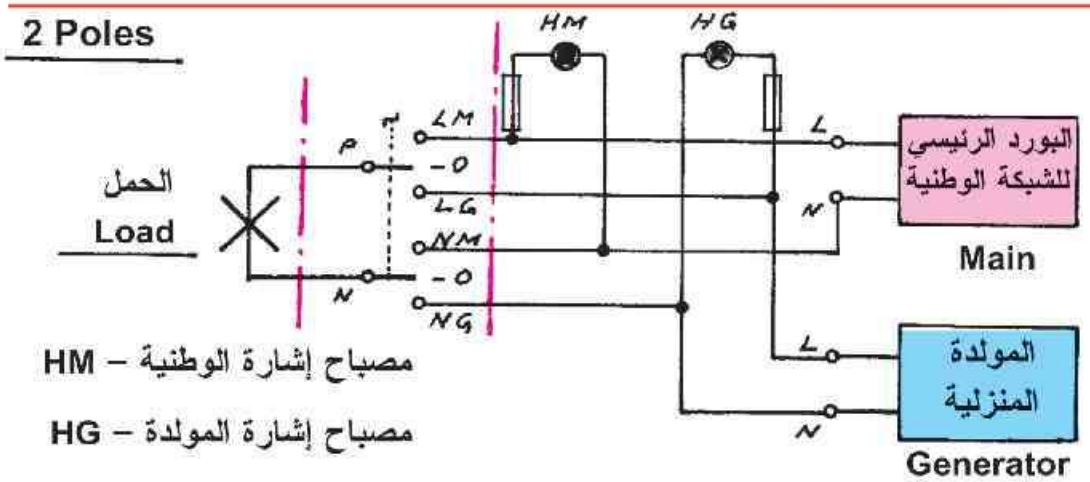
إذاً مثلما نستعمله ليزود التيار الكهربائي لمجموعتين من الأحمال يمكن أن نستعمله لإستلام أي مصدرين للتيار لتزويد حمل كهربائي وكما مبين في المخطط الآتي :-



١- مفتاح مبدل بقطب واحد Transfer Switch or Change Over Switch



٢- مفتاح مبدل بقطبين Transfer Switch or Change Over Switch

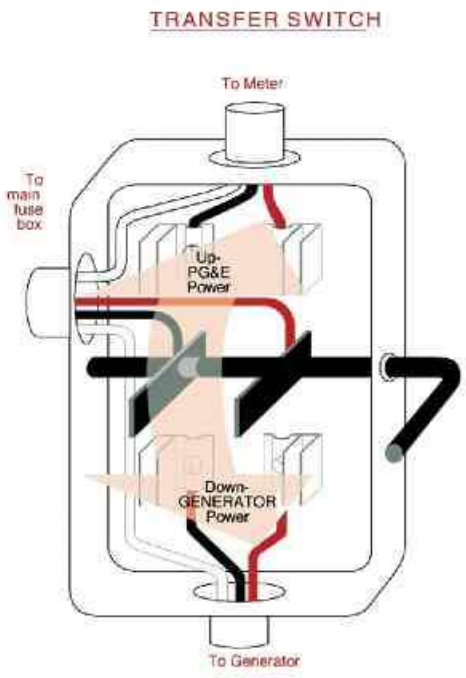


هذه فكرة عمل مفتاح التحويل بين الشبكة والمولدة ويوجد منه إعتيادي يعمل باليد يسمى (Manual) ويوجد منه كذلك آلي يعمل ذاتياً على تزويد الحمل بالتيار الكهربائي حال إنقطاع أحد المصدرين ويُسمى (Automatic).

أ- التدريب على ربط مفتاح تحويل بين الشبكة والمولدة من النواع اليدوي أو يُسمى الإعتيادي (MTS) Manual Transfer Switch

في أغلب الأحيان يتطلب تزويد الحمل بالتيار الكهربائي بإستمرار . فعندما يحدث إنقطاع في الشبكة الوطنية تضطر الى تشغيل مولدة محلية تقوم كذلك بتزويد الحمل بالطاقة الكهربائية المطلوبة تعويضاً عن ذلك الإنقطاع.

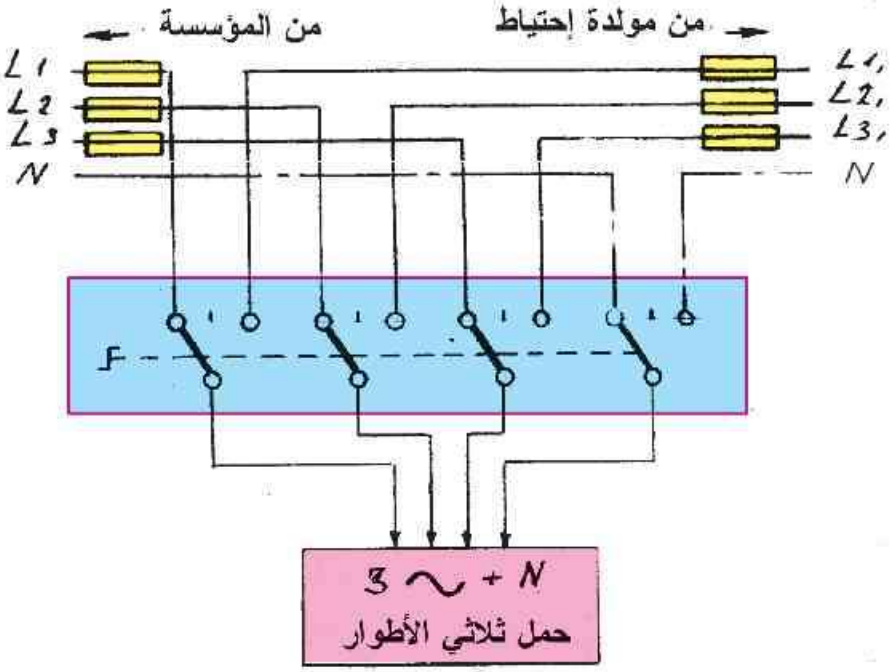
فالحمل واحد والمصدران مختلفان ، فإذا إستعملنا مفاتيح إعتيادية توصل كل من المصدرين بطاقتها الى الحمل سيحدث أحياناً خطأ ، ولو يستغرق لحظات بأن يربط الاثنين سوية مع الحمل.



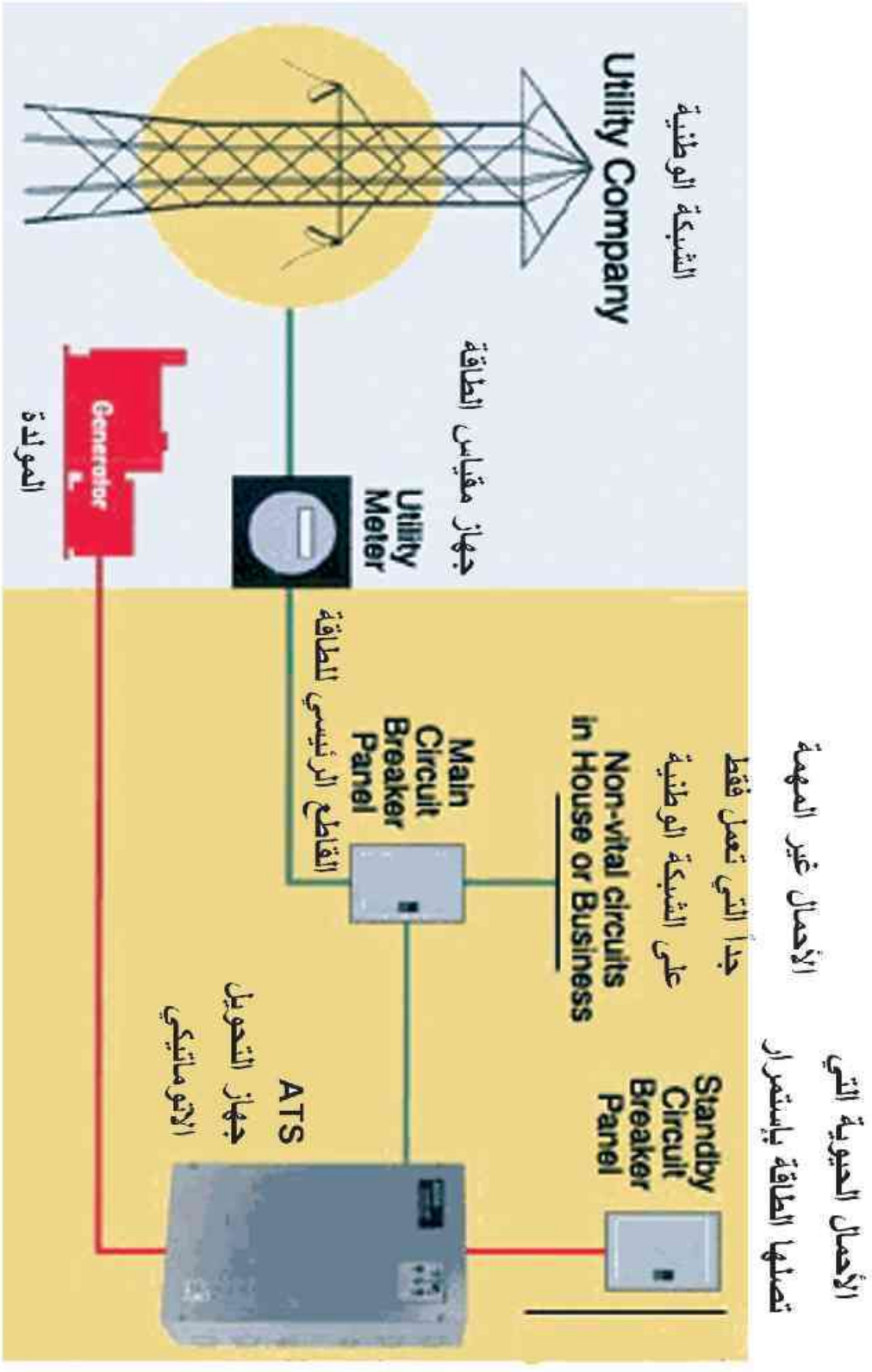
هذا بالتأكيد غير مسموح به مطلقاً ، لتأثيره السلبي على كل من الشبكة والمولدة . لذلك يستعمل مفتاح خاص الذي نوهنا عنه في مقدمة موضوعنا هذا ، المفتاح الذي لا يسمح مطلقاً بربط المصدرين معاً وإنما يتم إختيار أحدهما لربطه بالحمل أو بالإمكان فصل المصدرين عنه . سنتناول في توضيحنا الآتي مفتاح محول أو مبدل ثلاثة أطوار الذي يستعمل عادة للأحمال التي تعمل على شبكة الثلاثة أطوار . ومن الطبيعي أن الفكرة هي ذاتها فيما لو تطلب الأمر لإستعمال مفتاح التبديل ذو الطور الواحد.

نلاحظ الشكل أعلاه الذي يمثل مفتاح تحويل إعتيادي يدوي ويلاحظ مكتوب عليه أن له حالتين (ON). أحدهما (ON LINE) يعني ربط الخط الرئيسي (الشبكة الوطنية) بالحمل والآخر (ON AUX) يعني ربط مصدر خارجي أو ثانوي ويقصد به مولدة لربطها بالحمل . أما الموقع المتوسط بينهما فهو حالة الإطفاء (OFF) حيث يمكن الإنتقال اليه من أي من موقعي الـ (ON).

الشكل الآتي يبين مخطط عمل مفتاح تحويل إعتيادي يدوي ذو أربعة أقطاب لتشغيل أي جهاز يعمل بثلاثة أطوار فضلاً عن إمكانية تشغيل أجهزة تعمل على الطور الواحد لوجود الخط المحايد (N) . يستلم المفتاح الطاقة الكهربائية من أحد مصدرين مختلفين مثلاً أحدهما يكون من الشبكة الوطنية والمصدر الثاني من مولدة ثلاثة أطوار كمصدر إحتياطي في حالة إنقطاع شبكة الكهرباء الوطنية لأي سبب كان وكما موضح في أدناه :-



(ب) التدريب على ربط مفتاح تحويل بين الشبكة والمولدة من النوع الآلي أو يسمى الاوتوماتيكي (ATS) Automatic Transfer Switch



عند إنقطاع تيار الشبكة الوطنية بالإمكان تشغيل مولدة محلية وتحويل ربط الحمل من الوطنية الى المولدة . وإذا كان مفتاح التحويل يدوي فسيستغرق بعض الوقت لإشتغال الأحمال على الطاقة الكهربائية وأدائها الغرض المطلوب.

خاصة إذا كان الشخص المكلف بالقيام بذلك بعيداً عن مكان التحويل ، أو أصلاً غير موجود لأي سبب كان.

ولأجل أن يستمر عمل الأحمال كما يجب وبدون تأخير ، نلجأ لإستخدام الإسلوب الآلي أو ما يُسمى الأوتوماتيكي ، بإستعمال الكونتكترات لتلبية هذا الواجب أو الأداء بتحويل ربط الأحمال من الشبكة الوطنية إلى المولدة المحلية أو العكس . وبدون أي مس يدوي لأي شخص ، وسيستغرق وقت التحويل مجرد لحظات فقط قد لا تذكر بل نسميها طرفة عين (رمشة).

تسمى هذه المجموعة للكونتكترات وما يتبعها من مستلزمات (مفتاح التحويل الآلي) Automatic Transfer Switch تختصر (ATS).

تتكون الدائرة الكهربائية اللازمة لهذا الغرض أساساً من كونتكترين إثنين ، يجب مراعاة تحمل موصلاتها الرئيسية حجم التيار الكهربائي الكامل للحمل.

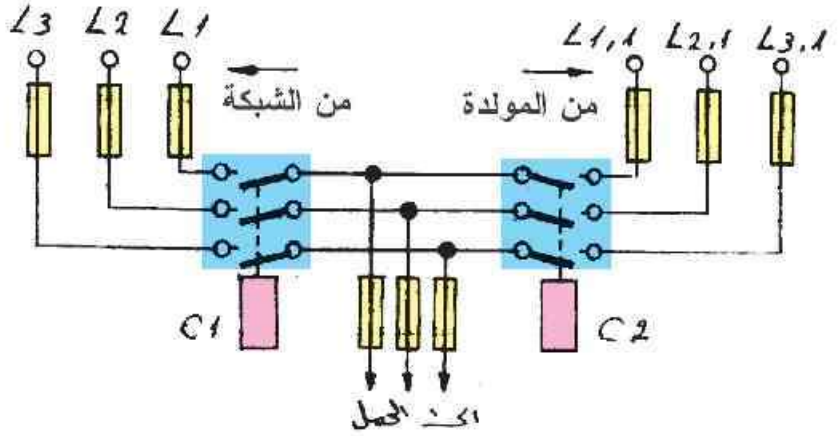
ملاحظة :-

أغلب الأحيان تحتوي المولدة على تشغيل آلي (أوتوماتيكي) حيث تبدأ بالاشتغال والتوليد حال إنقطاع الشبكة الوطنية وبإيعاز من الـ (ATS).

ثم في بعض الأحيان وفي حالات خاصة يستوجب إستمرار عمل الأحمال بدون أي إنقطاع ولا حتى الرمشة التي نوهنا عنها أثناء فترة التحويل . في هذه الحالة يستوجب ربط جهاز (Uninterruptible Power Suply) (UPS) بالتوازي مع الحمل ليقوم بتزويد الحمل بالطاقة أثناء التحويل . فضلاً عن فيما لو حصل أي عطل بتأخير تشغيل المولدة.

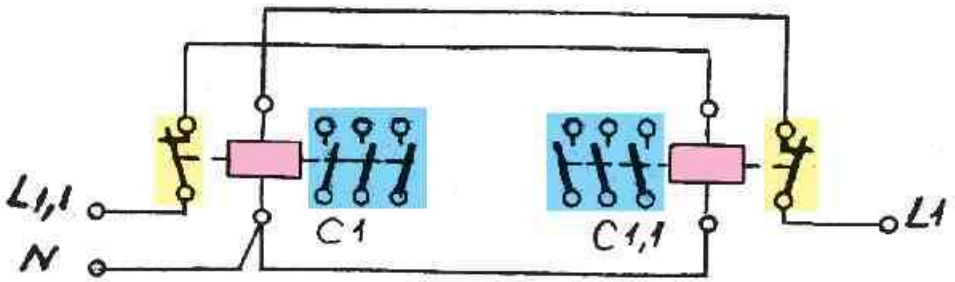
(هذا اذا كانت الأحمال مهمة جداً الذي يتطلب استمرار عملها بدون اي انقطاع)

* وبالإمكان إستعمال مفاتيح مغناطيسية (كونتكترات) لربط أي من المصدرين بالحمل كما في الشكل الآتي :-



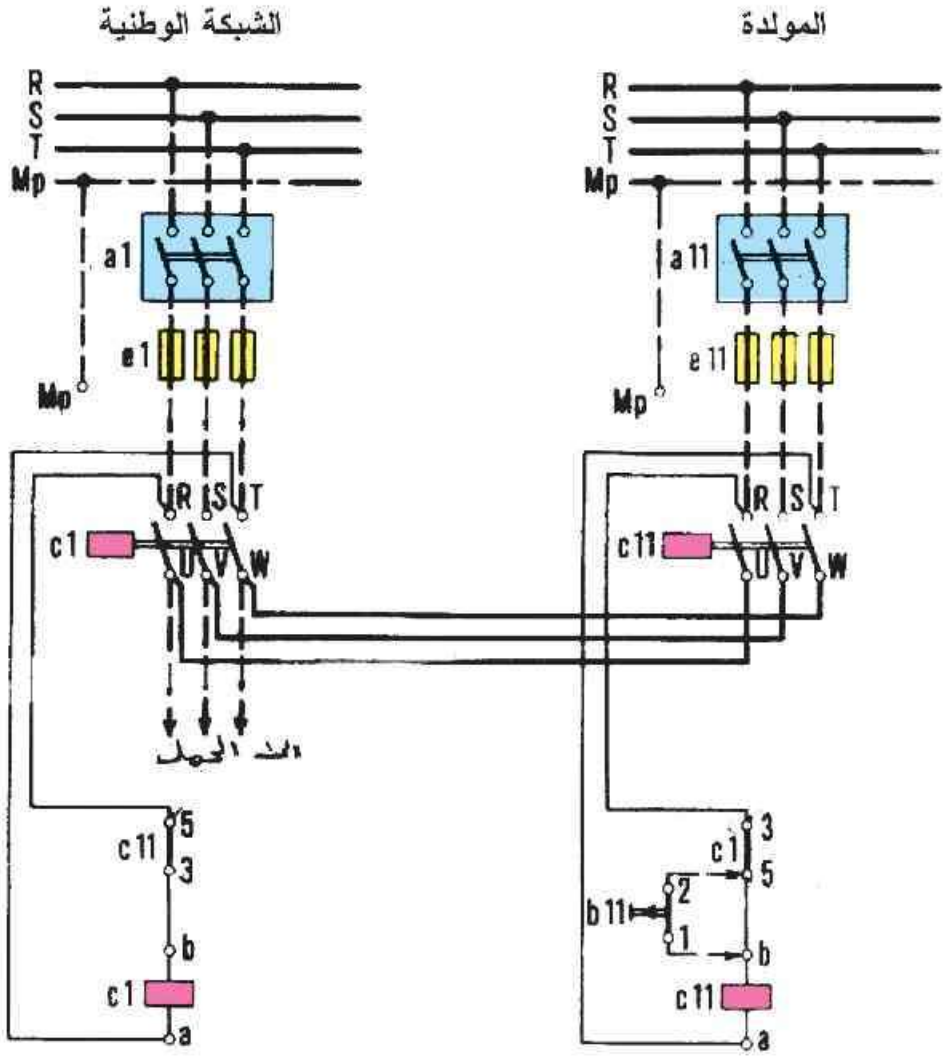
في هذه الحالة يجب تأمين إشتغال أحد الكونتكترين فقط وعدم السماح مطلقاً بربط الإثنين سويةً في أي حال من الأحوال.

* لذلك يستعمل إسلوب إشتغال دائرة السيطرة لعمل ملفات الكونتكترات بحيث دائرة أي منهما تعمل فقط عندما يكون الثاني متوقف ، يعني عمل أحد الملفين عن طريق فاتح الكونتكتر الثاني كما في دائرة السيطرة الآتية :-



وعلى الصفحة الآتية سنتناول المخطط الكامل لإمكانية إشتغال هذين الكونتكترين لإجراء عملية التحويل الذاتية (الأوتوماتيكية) بين كل من المصدرين الشبكة الوطنية أو المولدة وإيصاله الى الحمل.

مخطط تسليك وعمل مفتاح التحويل الآلي (ATS).



ملاحظات حول المخطط :-

١- ملفات الكونتكترين تعمل على (٣٨٠) فولت ، لذلك وصلت الى خطين رئيسيين (R,T) فلو كانت تعمل على (٢٢٠) فولت فستربط جهة الـ (a) من ملفي الكونتكترين بالـ (Mp) بدل الـ (T).

٢- بالإمكان إستعمال مفتاح قاطع دورة رئيسي أوتوماتيكي (مغناطيسي) كبديل لكل من القاطعين الرئيسيين (a1) و (a 11) وكذلك الفيوزات الإعتيادية (e1) و (e 11).

٣- يفضل إستعمال الكونتكترين من نوع المزدوج بتركيبة واحدة محمية ميكانيكياً بعدم العمل سويةً ، بحيث عندما ينسحب أحدهما يقفل الثاني ولا يسمح له بالعمل حتى لو تمت محاولة تشغيله ودفعه باليد ، ما لم يسقط الأول.

فيعمل أحدهما فقط ولا يعملان سويةً، لتلافي القصر (شورت).

صورة تمثل مفتاح التحويل الآلي مثبت الى جانب مولدة لتزويد البناية المعينة بالطاقة الكهربائية بدون إنقطاع

أسلوب عمل التوصيلة لمخطط مفتاح التحويل الآلي (A T S)

القاطع الرئيسي (a 1) هو الذي يوصل أولاً . يصل تيار الى الكونتكتر (C 1) وينسحب ، بهذا سيكون الحمل مرتبط بالشبكة الوطنية عن طريق الموصلات للكونتكتر (C 1) .

الآن يوصل القاطع الرئيسي (a 11) ليكون مهيأ لربط المولدة (فيما لو إنقطعت الشبكة الوطنية) .

نتيجة عمل الكونتكتر (C 1) يفتح الفاتح (5 - 3 / C 1) ويمنع مرور التيار الكهربائي الى الكونتكتر (C 11) مالم تنقطع الشبكة الوطنية .

أما إذا إنقطعت سيسقط الكونتكتر (C 1) وبه يغلق الفاتح (5 - 3 / C 1) ويوصل التيار الكهربائي الى ملف الكونتكتر (C 11) . وبهذا سيكون الحمل مرتبط بالمولدة عن طريق الموصلات الرئيسية للكونتكتر (C 11) . الفاتح (5 - 3 /C 11) يمنع مرور التيار الكهربائي عن ملف الكونتكتر (C 1) .

التحويل من المولدة الى الشبكة الوطنية لايمكن أن يتحقق ذاتياً بل فقط عندما يتم فصل المفتاح الرئيسي (a 11) الخاص بالمولدة .

ملاحظة :-

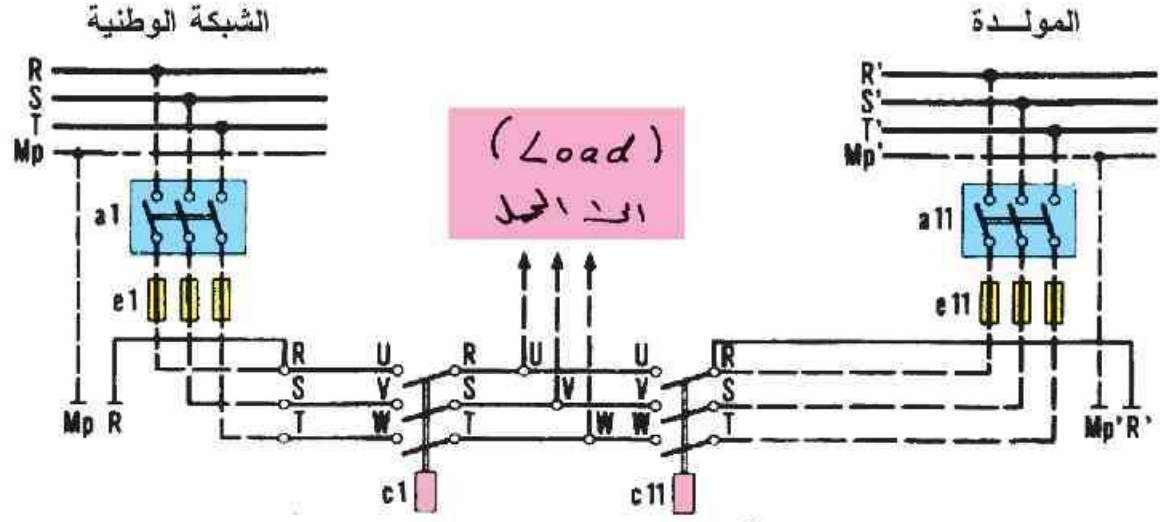
بالإمكان إضافة زر خاص (بوش بتن فاتح NC) (b 11) بعد رفع السلك الموصل بين (b /C 11) و (5 / C 1) وربط طرفي البوش بدله للتعويض عن فصل المفتاح الرئيسي للمولدة (a 11) ، في حالة عودة الشبكة الوطنية وإيقاف المولدة .

ولغرض إستعمال مخطط أكثر حماية وأمناً من المخطط السابق ، يمكن أن يتم بإستعمال رلي مراقبة الضغط (OUV) ولأجل أن يكون التحويل بين كل من الشبكة والمولدة آلياً وليس بالضرورة فصل المولدة بواسطة القاطع الرئيسي (a 11) أو زر الإيقاف (b 11) عند عودة الشبكة .

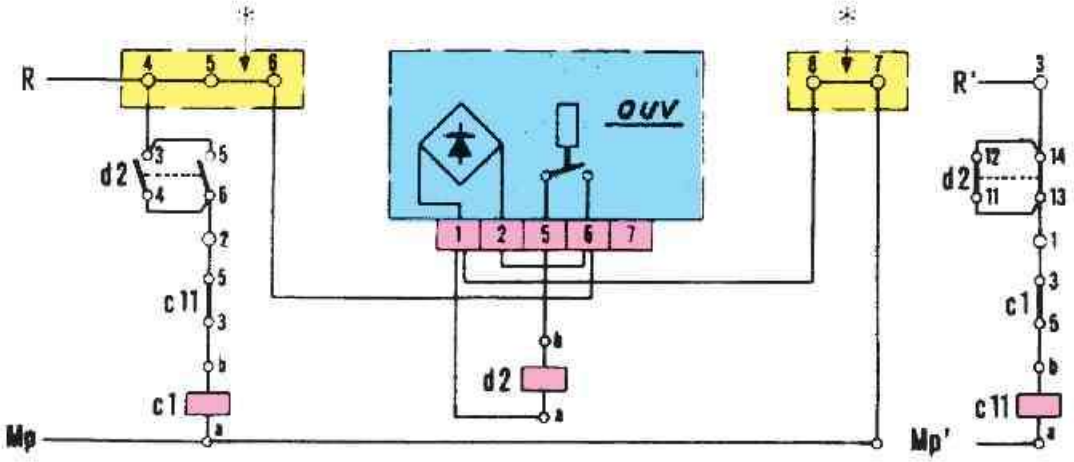
نعرض المخطط الآتي على الصفحة التالية :-

مخطط تسليك وعمل مفتاح التحويل الآلي (ATS) مع رلي مراقبة الضغط (OUV)

دائرة القوة (Power)



دائرة تحكم (control)



ملاحظات حول المخطط :

١) بالإمكان إستعمال مفتاح قاطع دورة رئيسي أوتوماتيكي (مغناطيسي) بدل كل من القاطعين الرئيسين (a1) و (a11) وكذلك الفيوزات الاعتيادية (e1) و (e11) .

٢) أسلاك التوصيل التي أزالها الإشارة (⇕) يتم إبعادها في حالة إستعمال محول مناسب لضغط ملف رلي مراقبة الضغط (OUV) إذاكان لا يعمل على (٢٢٠) فولت ، ليربط ملفه الإبتدائي على النقاط (5) و (7) والثانوي على النقاط (6) و (8) .

٣) يفضل استعمال الكونتكترين الرئيسين من النوع المزدوج بتركيبة واحدة محمية ميكانيكياً بعدم العمل سويةً .

٤) الموصّلات المساعدة للكونتكتر المساعد يمكن أن يكتفي بواحد فقط بدل من إثنين تربط على التوازي . يعني يمكن أن يكون واحد فقط غالق (NO) وواحد فاتح (NC) .

أسلوب عمل التوصيلة لمخطط مفتاح التحويل الآلي (ATS) مع رلي مراقبة الضغط (ouv).

في البداية يتم توصيل القاطع (a1) ثم من بعده القاطع (a 11) . سيصل تيار كهربائي إلى رلي مراقبة الضغط (ouv) من الشبكة الوطنية وسيعمل وينسحب وحالاً يغلق موصله المساعد (6 - 5) ويوصل تياراً كهربائياً الى الكونتكتر المساعد (d2) وينسحب ، بذلك ستعمل الفواتح (14 - 13 , 12 - 11 / d 2) على منع مرور التيار الكهربائي إلى ملف الكونتكتر (c 11) من المولدة (فيما لو كانت تعمل).

في الوقت نفسه ستغلق الغوالق (6 - 5 , 4 - 3 /d2) وتمرر التيار الكهربائي إلى ملف الكونتكتر (c1) . ينسحب الكونتكتر (c1) ويعمل عبر موصلاته الرئيسية على تزويد الأحمال بالطاقة الكهربائية من الشبكة الوطنية.

ملف الكونتكتر (c 11) سيحمى (لا يصله تيار) ولا يعمل عن طريق فتح الفاتح (5 - 3/c1) كي لا يعمل سويةً مع الكونتكتر (c1) فيما لو كانت المولدة تعمل الى جانب الشبكة الوطنية. الآن فيما لو إنقطعت الشبكة الوطنية أو إذا إنخفض ضغطها أو إذا زاد أكثر من القيمة الإعتيادية المنظم عليه الرلي (ouv) ، بهذا سينقطع التيار الكهربائي عن الكونتكتر المساعد(d2) ويسقط ، وبهذا سينقطع التيار عن الكونتكتر (c1) بواسطة الغالقين (6 - 5 , 4 - 3 / d2) ويسقط لذا سيمر تيار كهربائي الى ملف الكونتكتر (c 11) عن طريق الفواتح(14 - 13 , 12 - 11 / d2) وكذلك (5 - 3/c1).

وسينسحب ويعمل الكونتكتر (c11) عبر موصلاته الرئيسية على تزويد الأحمال بالطاقة الكهربائية من المولدة.

التحول من المولدة الى الشبكة الوطنية يجري ذاتياً (أوتوماتيكياً) وذلك عن طريق رلي مراقبة الضغط ، حيث يقطع ثانيةً التيار عن الكونتكتر (c11) ويوصل الكونتكتر (c1) فيقطع تزويد الحمل من المولدة . ويغذى من الشبكة الوطنية.

الملحقات المطلوبة لمفتاح التحويل (ATS) :-

١- رلي مراقبة الضغط (ouv).

٢- مصابيح إشارة.

٣- أجهزة قياس مثبتة بشكل يمكن قراءتها دون فتح الباب.

أجهزة القياس المطلوبة :-

١- أجهزة لقياس التيار لكل طور من الأطوار الثلاثة.

٢- جهاز قياس الضغط للمولدة.

٣- جهاز قياس التردد للمولدة.

٤- جهاز عداد ساعات عمل المولدة.

مواصفات إضافية :

يفضل إستخدام مفتاح تحويل إعتيادي (MTS) كإحتياط للآلي (ATS) . حيث يؤسس الإثنين معاً ليكون الإعتيادي كإحتياط ثابت بدل الالي في حالة حدوث أي عطل فيه ، ذلك لغرض ديمومة عمل التحويل وإستمرار الأحمال بأدائها حسب ما مطلوب.

وبعض المفاتيح تعمل على أن تكون عند تحويلها من المولدة الى الشبكة الوطنية أن تبقي المولدة تستمر بالعمل بحدود الخمس دقائق وهي مفصولة عن الحمل لغرض تبريدها قبل وقوفها.

تمرين عملي (٢)

المطلوب تنفيذ تسليك وربط مفتاح التحويل الأوتوماتيكي (ATS)

مع رلي مراقبة الضغط (ouv).

وبموجب المخطط الذي تناولناه وتم شرحه وأسلوب عمله في هذا الموضوع.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين :-

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم.

العُدد المطلوبة :-

١- درنفيسات عدل ومربعة مختلفة القياسات.

٢- كتر وبلايس ولاوية وقاشطة ومخصف.

٣- مطرقة (٢٠٠) غم ومسطرة قياس.

المواد والأجهزة المطلوبة :

١- كونتكتران رئيسيان عدد (٢) ويفضل أن تكون بتركيبة واحد مزدوجة محمية ميكانيكياً بعدم العمل سويةً . يحتوي كل منها على ثلاثة موصّلات رئيسية مناسبة لتيار الحمل المتوقع . مع موصّل مساعد فاتح (NC) واحد لكل منهما.

٢- رلي مراقبة الضغط (ouv).

٣- كونتكتر صغير مساعد يحتوي على موصّلات مساعدة فقط على الأقل واحد فاتح (NC) والثاني غالق (NO).

٤- قاطع رئيسي لحماية الحمل من القصر يمكن أن يكون إعتيادياً مع فيوزات إعتيادية أو يمكن أن يكون أوتوماتيكياً مغناطيسياً وعندها لا نحتاج الى الفيوزات الاعتيادية.

٥- أسلاك للتوصيل والربط مع براغي لتثبيت الأجهزة.

ملاحظة :

١- من الطبيعي أن دائـــرة السيـــطرة (Control) هي ذاتها إن كانت لـــكل من الشبكـــة الوطنية والمولدة ثلاثية الطور أو طور واحد . فذلك يعود إلى دائرة القوة (Power)

التي تكون منفصلة كهربائياً عن دائرة السيطرة . لذلك تستعمل الشبكة المتوفرة سواءً طوراً واحداً أو ثلاثة أطوار وكذلك المولدة . فبالإمكان إستعمال ثلاثة موصّلات رئيسية من الكونتكترات الرئيسية في حالة كون الشبكة ثلاثة أطوار أو إستعمال فقط موصلين إثنين عند ربط شبكة الطور الواحد ، ومنها الى الحمل.

٢- بالنسبة للحمل ليس من الضروري ربطه وإنما الغاية الأساسية من التمرين هي ملاحظة عمل الكونتكترين عند إنقطاع أي من الشبكة الوطنية أو المولدة . فإن لم تتوفر مولدة يمكن الإستعاضة بخط آخر من الشبكة.

في هذه الحالة ولغرض إجراء الفحص يتم قطع أحدهما وملاحظة عمل التمرين ثم إيصاله وقطع الآخر وملاحظة تبديله أو تحويله.

(٣) التدريب على ربط وتصميم منظومة الحماية للدور والمباني السكنية.

نظرا للظروف التي يمر بها بلدنا العزيز وخاصة في مجال الطاقة الكهربائية من كثرة الانقطاعات وتوفر البدائل في استخدام المولدات في توليد الطاقة الكهربائية والتردي الحاصل في الطاقة الكهربائية من ارتفاع الفولتية وانخفاضها، أضافة الى انقطاع احد الاطوار الرئيسية من الشبكة الوطنية واحيانا انقطاع اكثر من طور والى حين اصلاحها، لذلك تم عمل منظومة الحماية المركزية لحماية جميع الاجهزة المنزلية واجهزة التدفئة والتبريد والسخانات حيث يتم التحويل وبشكل تلقائي وحسب الاولوية والكفاءة لخطوط الشبكة الرئيسية وخط مولد الديزل ومولد المنزل.

تتضمن منظومة الحماية للدور والمباني السكنية على عدة انواع منها منظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي ومنظومة الحماية المركزية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي ذو امبيرية عالية وهذه المنظومة تعد من الطرق الحديثة المستخدمة في الوقت الحاضر بسبب توفير الوقت والجهد نظرا لسهولة ربطها وصيانتها ودقتها في اختيار الخط الاكفأ وحسب الاولوية.

ان الهدف الرئيسي من هذة المنظومة هي تهيئة الطالب للعمل اليدوي واكتساب المهارة للعمل في اجهزة السيطرة ومواكبة التقدم التكنولوجي والتطورات العلمية والعملية الحاصلة في سوق العمل.

أ ـ منظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي.

تعد منظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي من الطرق الحديثة للحماية حيث توفر هذه الطريقة الوقت والجهد وتستخدم في حماية الإنارة والاجهزة المنزلية للدور السكنية بسبب قلة تعقيدها ودقتها في اختيار الطور الاكفأ وحسب الاولوية اضافة الى قلة كلفتها حيث تم الاستغناء عن الكونتكترات والريليات واجهزة الحماية واجهزة قياس الفولتية والتيار ومصابيح الإشارة وتم اختصارها باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي ومبدا عمل هذا المفتاح هو اختيار الطور الاكفأ وحسب الاولوية بعد ان يتم فحص الفولتية الداخلة من ارتفاع وانخفاض في نفس المفتاح.

تتضمن هذه المنظومة خمسة خطوط لنقل الطاقة الكهربائية هي خطوط الشبكة الوطنية وخطي مولد الحي (الديزل) ومولد المنزل وتستخدم في حماية الاجهزة المنزلية والانارة.

تتكون المنظومة من الاجزاء الاتية:

١ . قاطع الدورة المغناطيسي ويتضمن:-

أ- قاطع دورة ثلاثي الاطوار ويمثل الحماية الرئيسية ضد زيادة التيار ويستخدم لتشغيل واطفاء المنظومة.

ب- قاطع دورة احادي الطور ويمثل الحماية الفرعية ضد زيادة التيار ويستخدم في تشغيل واطفاء إنارة واجهزة المنزل اضافة الى مولدي الحي (الديزل) ومولد المنزل.

٢. مفتاح الطور الالكتروني التلقائي الذي يقوم بحماية الاجهزة الكهربائية والانارة للمنزل ضد ارتفاع وانخفاض الفولتية وضد زيادة التيار واختيار الطور الأكفأ من خطوط نقل الطاقة الكهربائية وحسب الاولوية، بالاضافة لاحتوائه على اجهزة قياس الفولتية الخارجة لكل خط وجهازالتيار الخارج للخط الاكفأ.

مميزات منظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح التحويل الالكتروني التلقائي.

١. حماية رئيسية ضد زيادة التيار.

٢. حماية فرعية ضد زيادة التيار.

٣. تحويل تلقائي بين خطوط شبكة الوطنية (R,S,T) وخطي مولد الديزل والمنزل بالاعتماد على كفاءة الطور وحسب الاولوية بالإضافة الى مؤقت زمني للتحويل بين الخطوط.

٤. تتحمل المنظومة تيار يصل لغاية 63 A.

والاشكال التالية تبين مفتاح الطور الالكتروني التلقائي:

مفتاح الطور الالكتروني التلقائي-

مفتاح الطور الالكتروني التلقائي مع حماية ضد زيادة التيار

طريقة عمل التوصيلة :

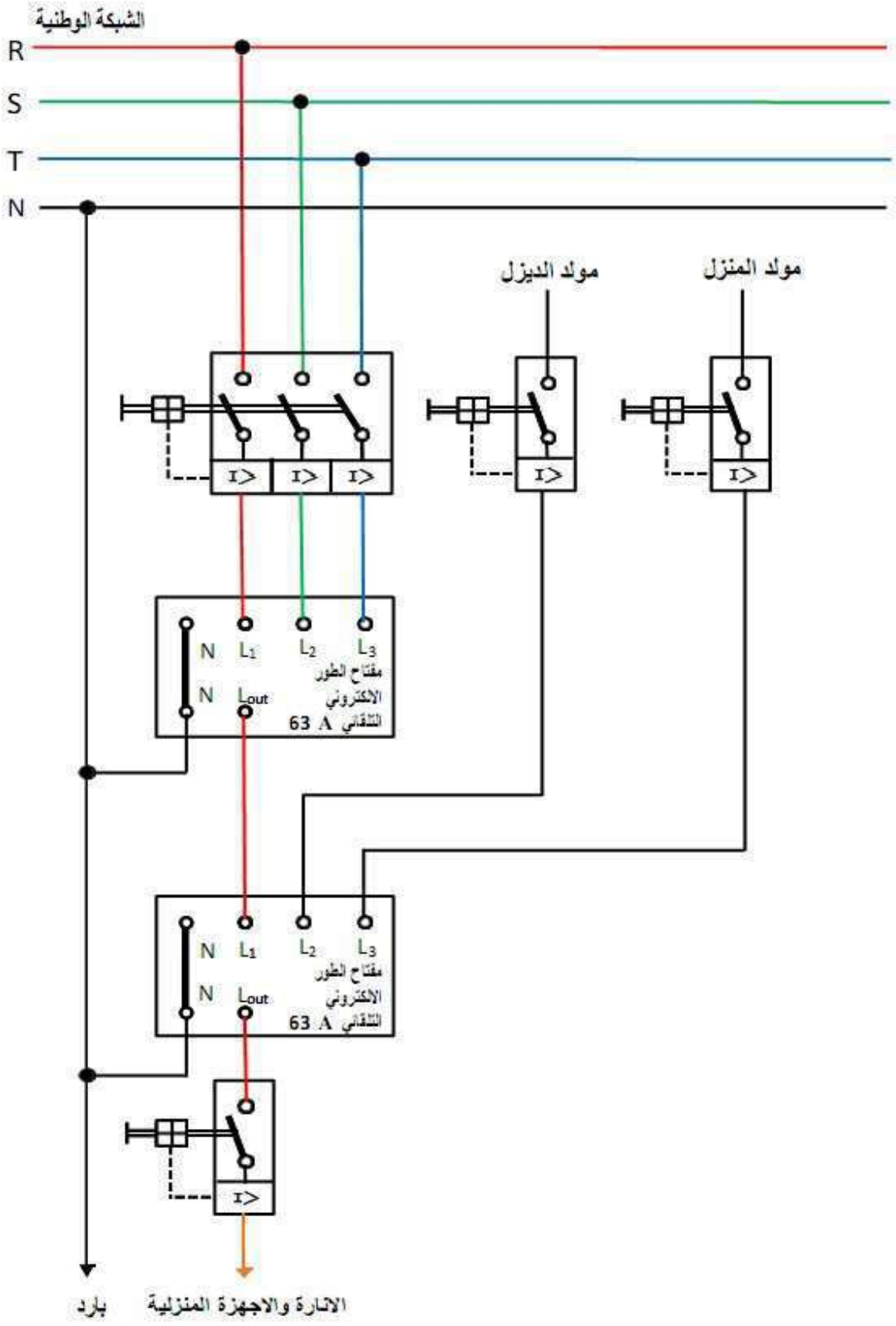
١. يتم توصيل خطوط الشبكة الرئيسية (الوطنية) الى قاطع الدورة المغناطيسي ثلاثي الاطوار والذي يمثل الحماية الرئيسية ضد زيادة التيار ويستخدم لتشغيل واطفاء منظومة الحماية، حيث يتم توصيل هذه الخطوط الى مفتاح الطور الالكتروني التلقائي الاول الذي يعمل على فحص الفولتية الداخلة من ارتفاع وانخفاض لكل طور ليتم اختيار الطور الانسب وحسب الاولوية (R,S,T) ليتم توصيل الطور الكفوء (الانسب) الى مفتاح الطور الالكتروني التلقائي الثاني بالاضافة الى توصيل خطي مولد الديزل والمنزل ليعمل المفتاح في هذه الحالة كمفتاح تحويل تلقائي بين هذه الخطوط بالاضافة الى الحماية ليتم توصيل الخط الخارج الى قاطع الدورة الفرعي الخاص بالإنارة والاجهزة المنزلية.

٢. في حالة انقطاع الفيز الاول (R) او كانت فولتيه ليست ضمن الحدود الطبيعية يتم الانتقال الى الفيز الثاني (S) وبنفس الطريقة في حالة انقطاع الفيز الثاني (S) او كانت فولتيه ليست ضمن الحدود الطبيعية يتم الانتقال الى الفيز الثالث (T) وفي حالة عودة توصيل الفيز الاول (R) او عودة فولتيه ضمن الحدود الطبيعية يتم التحويل الى الفيز الاول (R) وهكذا.

الشكل التالي يبين الدائرة العملية لمنظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي:

منظومة الحماية الاعتيادية

المخطط التالي يبين الدائرة العملية لمنظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي:



الدائرة العملية لمنظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي.

تمرين عملي (٣)

المطلوب تنفيذ تسليك وربط منظومة الحماية الاعتيادية بواسطة مفتاح الطور الالكتروني التلقائي لحماية الانارة والاجهزة المنزلية.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين:-

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم.

العدد المطلوبة:-

١- درنفيسات عدل ومربعة مختلفة القياسات.

٢- كتر وبلايس ولاوية وقاشطة.

٣- مطرقة ومسطرة قياس.

المواد والاجهزة المطلوبة :-

١- مفتاح الطور الالكتروني التلقائي عدد (٢) ذو امبيرية 63A.

٢- قاطع دورة رئيسي مغناطيسي ثلاثي الاطوارلحماية الحمل من التيار الزائد بالإضافة الى تشغيل واطفاء المنظومة .

٣- قاطع دورة فرعي احادي الطور عدد (٣) ضد زيادة التيار يستخدم في تشغيل واطفاء الإنارة والاجهزة المنزلية بالاضافة الى تشغيل واطفاء مولد المنزل والديزل.

٤- اسلاك للتوصيل والربط مع براغي لثبيت الاجهزة.

ب- منظومة الحماية المركزية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي.

تعد منظومة الحماية المركزية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي من افضل الطرق السابقة في حماية جميع الاحمال الكهربائية للدور والمباني السكنية بسبب قلة تعقيدها ودقتها في اختيار الطور الانسب (الكفوء) وحسب الاولوية اضافة الى قلة كلفتها حيث تم الاستغناء عن الكونتكترات والريليات واجهزة الحماية واجهزة قياس الفولتية الخارجة والتيار وتم اختصارها باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي ومبدا عمل هذا المفتاح هو اختيار الطور الاكفأ وحسب الاولوية بعد ان يتم فحص الفولتية الداخلة من ارتفاع وانخفاض في نفس المفتاح.

تتضمن هذه المنظومة خمسة خطوط لنقل الطاقة الكهربائية هي خطوط الشبكة الوطنية وخطي مولد الديزل (الحي) ومولد المنزل وتستخدم في حماية جميع الاحمال الكهربائية للمباني السكنية مثل الاجهزة المنزلية واجهزة التدفئة والتبريد والسخانات بالاضافة الى الإنارة.

تتكون هذه المنظومة من الاجزاء الاتية:

١ . قاطع الدورة المغناطيسي ويتضمن:-

أ- قاطع دورة ثلاثي الاطوار ويمثل الحماية الرئيسية ضد زيادة التيار ويستخدم لتشغيل واطفاء المنظومة.

ب- قاطع دورة احادي الطور ويمثل الحماية الفرعية ضد زيادة التيار ويستخدم في تشغيل واطفاء إنارة واجهزة المنزل واجهزة التدفئة والتبريد.

٢. مفتاح الطور الالكتروني التلقائي الذي يقوم بحماية جميع الاحمال الكهربائية ضد ارتفاع وانخفاض الفولتية وضد زيادة التيار واختيار الطور الأكفأ من خطوط نقل الطاقة الكهربائية وحسب الاولوية، بالاضافة لاحتوائه على اجهزة قياس الفولتية الخارجة لكل خط وجهازالتيار الخارج للخط الاكفأ.

مميزات منظومة الحماية المركزية باستخدام مفتاح التحويل الالكتروني التلقائي.

١. حماية رئيسية ضد زيادة التيار.

٢. حماية فرعية ضد زيادة التيار.

٣. تحويل تلقائي بين خطوط شبكة الوطنية (R,S,T) وخطي مولدي الديزل والبيت.حسب كفاءة الطور وحسب الاولوية بالإضافة الى مؤقت زمني للتحويل بين الخطوط.

٤. تتحمل المنظومة تيار عالي تصل الى 100 A للاجهزة ذات الحمل العالي مثل اجهزة التدفئة والتبريد والسخانات و 63 A للإنارة والاجهزة المنزلية.

طريقة عمل التوصيلة :

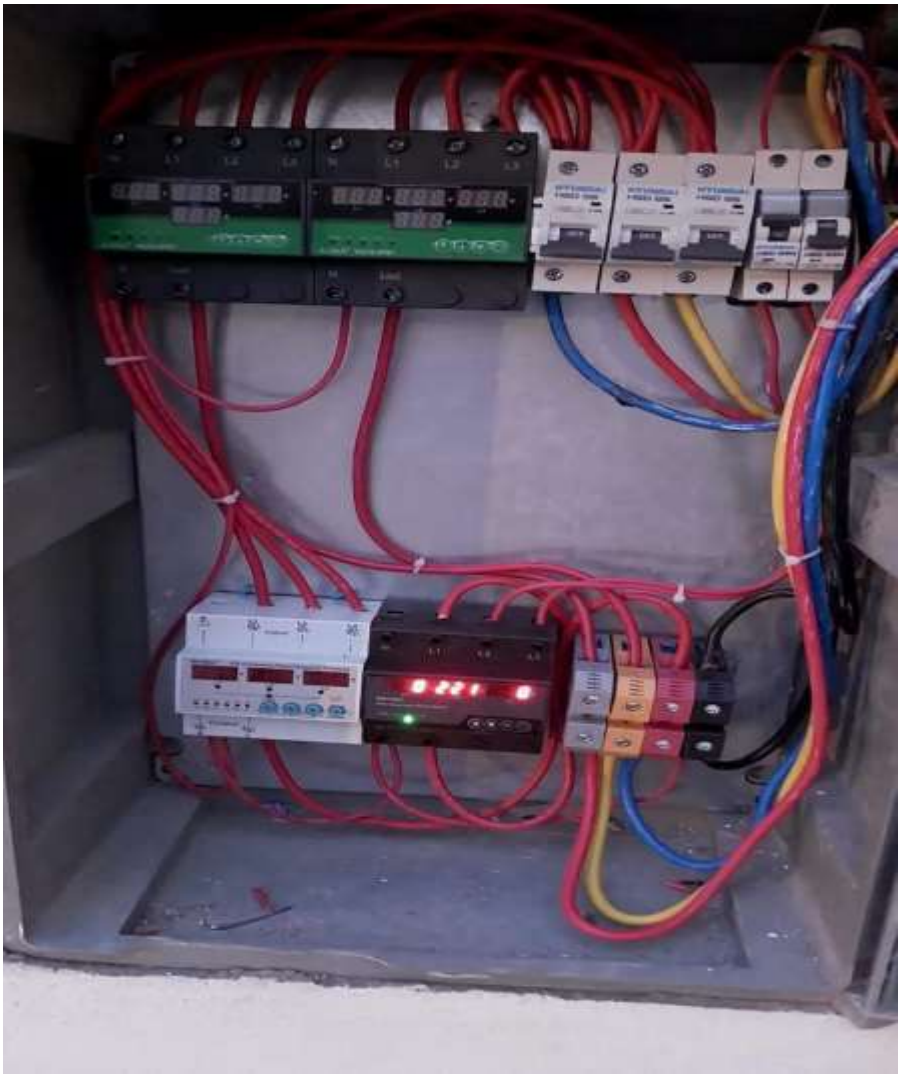
١. يتم توصيل خطوط الشبكة الرئيسية (الوطنية) الى قاطع الدورة المغناطيسي ثلاثي الاطوار ومن ثم يتم توصيل هذه الخطوط الى مفتاح الطور الالكتروني التلقائي الاول الذي يعمل على فحص الفولتية الداخلة من ارتفاع وانخفاض لكل طور ليتم اختيار الطور الانسب وحسب الاولوية (R,S,T) ليتم توصيل الطور الكفوء (الانسب) الى مفتاح الطور الالكتروني الثاني بالاضافة الى توصيل خطي مولد الديزل والمنزل ليعمل المفتاح في هذه الحالة كمفتاح تحويل تلقائي بين هذه الخطوط بالاضافة الى الحماية ليتم توصيل الخط الخارج الى قاطع الدورة الفرعي الخاص بالإنارة والاجهزة المنزلية.

٢. في حالة انقطاع الفيز الاول (R) او كانت فولتيه ليست ضمن الحدود الطبيعية يتم الانتقال الى الفيز الثاني (S) وبنفس الطريقة في حالة انقطاع الفيز الثاني (S) او كانت فولتيه ليست ضمن الحدود الطبيعية يتم الانتقال الى الفيز الثالث (T) وفي حالة عودة توصيل الفيز الاول (R) او عودة فولتيه ضمن الحدود الطبيعية يتم التحويل الى الفيز الاول (R) وهكذا.

٣. يتم توصيل خطوط الشبكة الرئيسية (الوطنية) الى قاطع الدورة المغناطيسي ثلاثي الاطوار ومن ثم توصيل هذه الخطوط الى مفتاح الطور الالكتروني التلقائي الثالث الذي يعمل على فحص الفولتية الداخلة من ارتفاع وانخفاض لكل طور ليتم اختيار الطور الانسب وحسب الاولوية (S,T,R) ليتم توصيل الطور الكفوء (الانسب) الى الخط الخارج الى قاطع الدورة الفرعي الخاص بأجهزة التدفئة والتبريد .

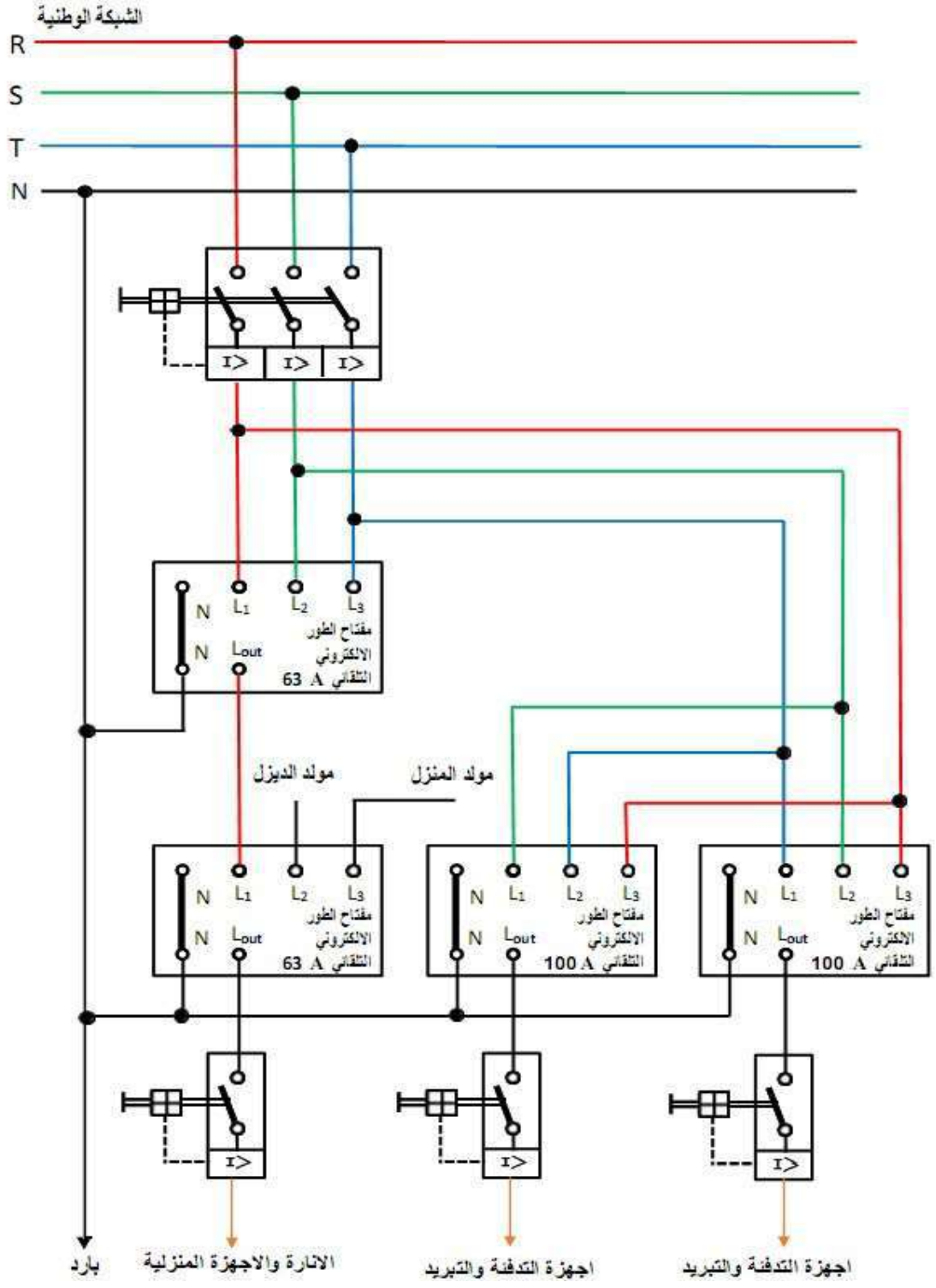
٤. يتم توصيل خطوط الشبكة الرئيسية (الوطنية) الى قاطع الدورة المغناطيسي ثلاثي الاطوار ومن ثم توصيل هذه الخطوط الى مفتاح الطور الالكتروني التلقائي الرابع الذي يعمل على فحص الفولتية الداخلة من ارتفاع وانخفاض لكل طور ليتم اختيار الطور الانسب وحسب الاولوية (T,S,R) ليتم توصيل الطور الاكفأ الى الخط الخارج الى قاطع الدورة الفرعي الخاص بأجهزة التدفئة والتبريد.

الشكل التالي يبين الدائرة العملية لمنظومة الحماية المركزية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي:



منظومة الحماية المركزية

المخطط التالي يبين الدائرة العملية لمنظومة الحماية المركزية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي:



منظومة الحماية المركزية

تمرين عملي (٤)

المطلوب تنفيذ تسليك وربط منظومة الحماية المركزية بواسطة مفتاح الطور الالكتروني التلقائي لحماية جميع الاحمال الكهربائية للمنزل.

المستلزمات المطلوبة لتنفيذ التمرين:-

ينفذ التمرين على لوحة خشبية قياس (٦٠ × ٦٠) سم.

العدد المطلوبة:-

١- درنفيسات عدل ومربعة مختلفة القياسات.

٢- كتر وبلايس ولاوية وقاشطة.

٣- مطرقة ومسطرة قياس.

المواد والاجهزة المطلوبة :-

١- مفتاح الطور الالكتروني التلقائي عدد (٤) اثنان منها ذو امبيرية 63A لحماية الانارة والاجهزة المنزلية والاخران ذو امبيرية 100A لحماية اجهزة التدفئة والتبريد.

٢- قاطع دورة رئيسي مغناطيسي ثلاثي الاطوارلحماية الحمل من التيار الزائد بالإضافة الى تشغيل واطفاء المنظومة.

٣- قاطع دورة فرعي احادي الطور عدد (٣) ضد زيادة التيار يستخدم في تشغيل واطفاء الإنارة والاجهزة المنزلية واجهزة التدفئة والتبريد.

٤- اسلاك للتوصيل والربط مع براغي لثبيت الاجهزة.

الفرق بين منظومة الحماية المركزية ومنظومة الحماية الاعتيادية بأستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي.

هناك عدة فروقات رئيسية بين المنظومة الحماية المركزية ومنظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي يمكن تلخيصها بعدة نقاط اهمها :-

١. منظومة الحماية المركزية تتحمل تيارعالي مقارنة بمنظومة الحماية الاعتيادية بسبب استخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي ذو أمبيرية عالية.

٢. منظومة الحماية المركزية تتضمن حماية مركزية لجميع الاحمال الكهربائية مثل اجهزة التدفئة والتبريد والسخانات اضافة الى الاجهزة المنزلية والانارة بينما منظومة الحماية الاعتيادية تتضمن حماية الاجهزة المنزلية والانارة فقط.

اسئلة حول مواضيع كل من جهازي مبين تتابع الاطوار ورلي منع انعكاس الاطوار ومفتاحي التحويل بين الشبكة والمولدة اليدوي والالي وتصميم منظومة الحماية للدور والمباني السكنية

س ١ ـ ما هو جهاز مبين تتابع الأطوار ؟

س ٢ ـ ما الفرق بين الفاحص الاعتيادي (Tester) ومبين تتابع الأطوار (Phase finder)؟

س ٣ ـ على أي نظرية يعمل جهاز مبين تتابع الأطوار؟

س ٤ ـ ما هو رلي مراقبة الضغط (Over Under Voltage)

س ٥ ـ ما هو مفتاح التحويل بين الشبكة والمولدة اليدوي الإعتيادي (MTS) ؟

س ٦ـ هل يمكن لمفتاح التحويل بين الشبكة والمولدة اليدوي أن يخطأ ويربط الشبكتين الوطنية والمولدة سوية؟ كيف؟

س٧ ـ ما هو مفتاح التحويل بين الشبكة والمولدة الآلي (ATS)؟

س ٨ ـ ما الذي يحمي من عدم عمل الكونتكترين معاً في مفتاح التحويل الآلي (ATS) ؟

س ٩ ـ ما الفرق بالأداء بين مفتاحي (MTS) و (ATS) ؟

س ١٠ ما فائدة رلي مراقبة الضغط (OUV) ؟

س ١١ ـ عند استعمال مفتاح التحويل الآلي (ATS) بدون رلي مراقبة الضغط . لماذا لا يتم التحويل من المولدة الى الشبكة الوطنية ذاتياً؟

س ١٢ ـ ما فائدة الزر (b11) الذي يتم ربطه عن طريق ملف الكونتكتر الخاص بالمولدة؟

س ١٣ ـ لماذا يفضل أن نستعمل كونتكترين مزدوجة بتركيبة واحدة محمية ميكانيكياً في مفتاح التحويل الأوتوماتيكي (ATS)؟

س ١٤ ـ ما هو رلي مراقبة التردد (OUF)؟

س ١٥ ـ ما هي الملحقات المطلوبة لمفتاح التحويل (ATS) ؟

س ١٦ ـ ما هي أجهزة القياس المطلوب توفرها في المولدة التي تربط مع مفتاح التحويل الآلي (ATS) ؟

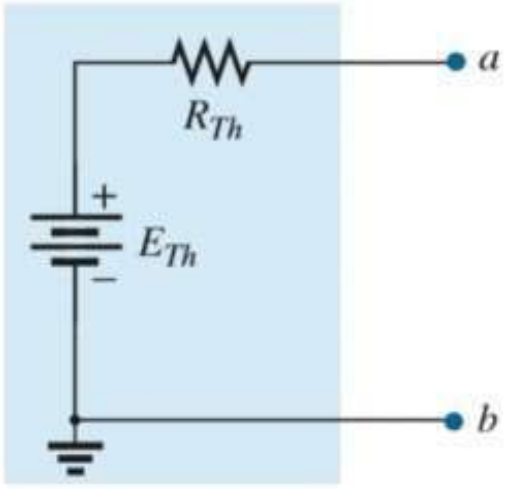
س ١٧ـ لماذا تترك المولدة تدور بعد فصل الحمل عنها ولفترة وجيزة من الزمن؟ وكم يدوم هذا الوقت ؟

س ١٨ ــ ما هو مبدأ عمل مفتاح الطور الالكتروني التلقائي ؟

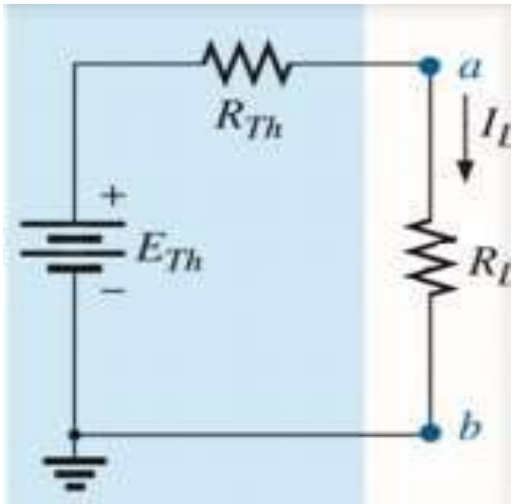
س ١٩ـ ما الفرق بين منظومة الحماية المركزية ومنظومة الحماية الاعتيادية باستخدام مفتاح الطور الالكتروني التلقائي؟

(١) التدريب على ربط وتحليل الدوائر الكهربائية باستخدام نظرية ثيفنن Thevinen's Theorem.

تعد نظرية ثيفنن من النظريات الهامة التي تستخدم في تحليل الدوائر الكهربائية لانها تبسط اي دائرة كهربائية مهما كانت معقدة الي دائرة مبسطة وتسمي بمكافئ ثيفنن هذه الدائرة تتكون من مصدر جهد E_{th} متصل علي التوالي مع مقاومة مكافئة R_{th} كما هو موضح بالشكل:



ويكون العنصر (المقاومة) R_L المراد ايجاد التيار فيه متصل علي التوالي مع R_{th} لتصبح الدائرة بسيطة كما هي موضحة بالشكل الاتي:



ويمكن ايجاد التيار I_L المار في المقاومة R_L وذلك باستخدام العلاقه التالية:

$$I_L = \frac{E_{th}}{R_{th} + R_L}$$

ان الهدف الرئيسي من التجربة هو التحقيق العملي لنظرية ثيفنن المستخدمة كوسيلة من وسائل تحليل وتبسيط الدوائر الكهربائية.

خطوات حل الجانب النظري:

١ـ نقطع الجزء من الدائرة المراد تحديد مكافئ ثيفنن له.

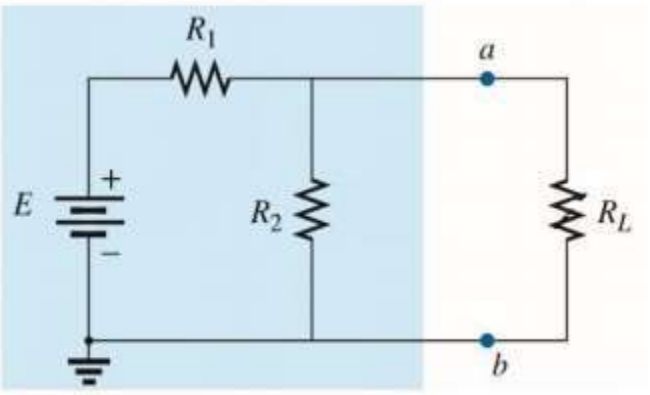
٢ـ نجد قيمة R_{th} بأستبدال جميع المصادر في الدائرة الكهربائية، حيث يستبدل مصدر الجهد بدائرة مغلقة (short circuit) ومصدر التيار بدائرة مفتوحة (open circuit) وبالتالي يمكن حساب مقاومة ثيفنن R_{th} ما بين النقطتين a , b.

٣ـ نحسب الجهد E_{th} وذلك بإرجاع جميع المصادر الى حالتها الاصلية ومن ثم يمكن ايجاد فرق الجهد ما بين النقطتين a , b وهو مايسمى E_{th} .

٤ـ نرسم دائرة ثيفنن المكافئة مع ارجاع الجزء المحذوف من الدائرة الاصلية.

تمرين عملي (١)

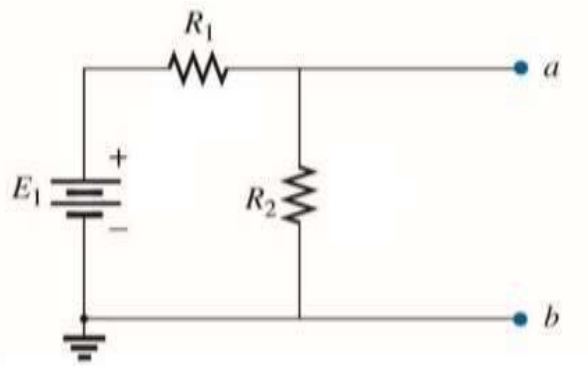
المطلوب حساب قيم كل من R_{th} و E_{th} و I_L مع رسم دائرة ثيفنن المكافئة للدائرة الكهربائية التالية:



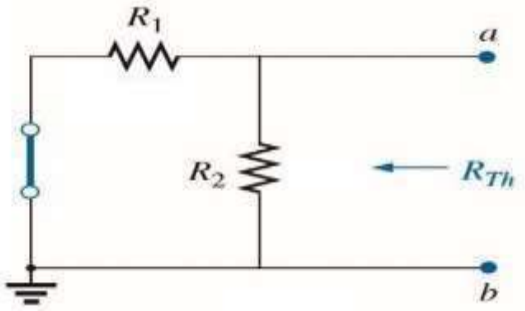
خطوات الجانب العملي:

١. اربط الدائرة المبينة في الشكل اعلاه.

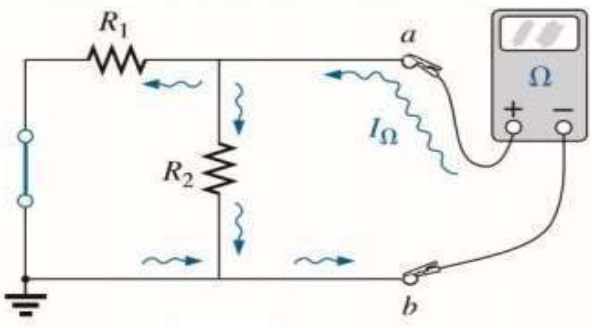
٢. استبدل مقاومة الحمل R_L بدائرة مفتوحة (open circuit). كما هو موضح بالشكل التالي:



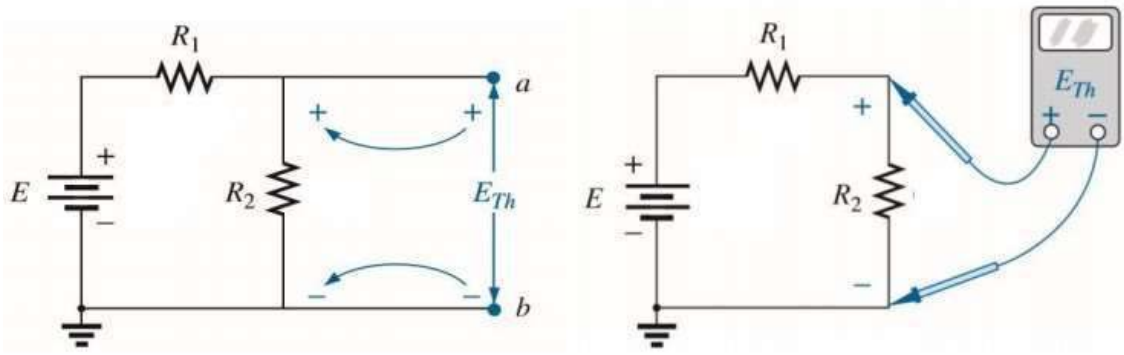
٣. استبدل المصدر بدائرة قصر (short circuit) وهو في حالة إطفاء (off) وذلك بتوصيل سلك ما بين طرفي المصدر.



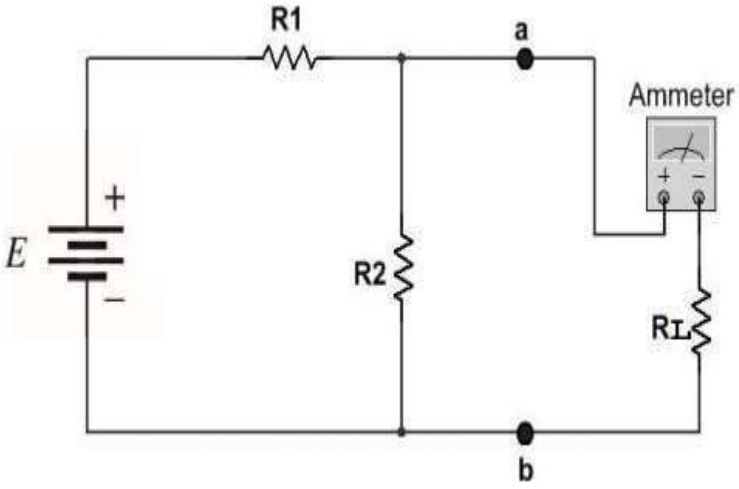
٣. قم بقياس قيمة المقاومة المكافئة للدائرة R_{th} ما بين النقطتين a , b وذلك بواسطة جهاز قياس المقاومة الاوميتر (Ohmmeter).



٤. ارفع دائرة القصر عن المصدر وسلط جهد معين منه على الدائرة وسجل فرق الجهد E_{th} بين النقطتين a , b بواسطة جهاز قياس الجهد المستمر (D.C) الفولتميتر (Voltmeter) .



٥. ارجع مقاومة الحمل R_L ما بين النقطتين a , b مع ربط جهاز قياس التيار (Ammeter) على التوالي مع الحمل لتسجيل التيار المار فيه I_L وذلك عند تثبيت نفس قيمة الجهد المسلط من المصدر في الخطوة السابقة.



٦. احسب نظريا قيم كل من R_{th} و E_{th} و I_L وذلك من معلومية قيم كل من المقاومات R_1 و R_2 و R_3 .

٧. قارن بين نتائجك العملية لقيم R_{th} و E_{th} و I_L مع حساباتك النظرية.

٨. ارسم دائرة ثيفنن المكافئة مع ارجاع مقاومة الحمل R_L من الدائرة الاصلية.

المواد والاجهزة المطلوبة:

١. مصدر جهد مستمر (D.C Power Supply) وحسب المتوفر .

٢. جهاز قياس التيار والجهد والمقاومة (Avo meter) وحسب المتوفر.

٣. مجموعة من المقاومات المتوفرة.

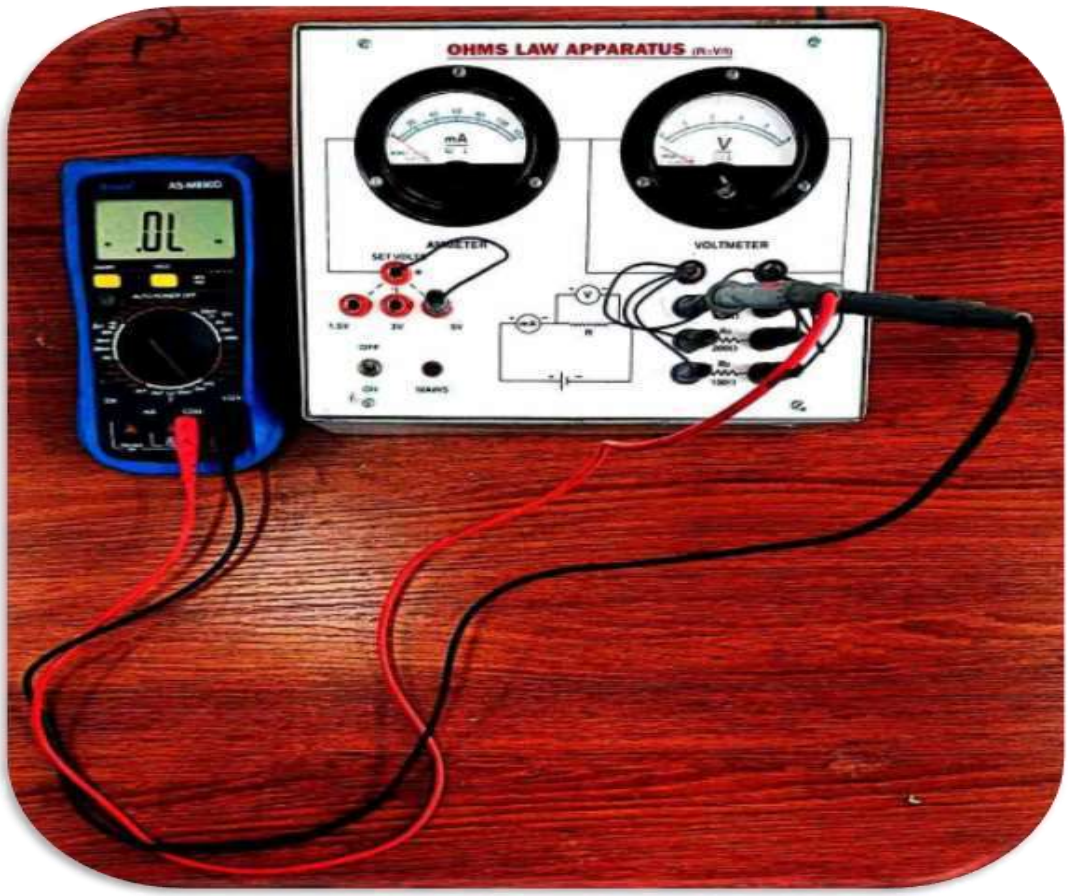
٤. اسلاك توصيل.

الاشكال التالية توضح المواد والاجهزة المطلوبة في التجربة العملية لنظرية ثيفنن:

مصدر جهد مستمر (D.C Power Supply)

جهاز قياس التيار والجهد والمقاومة (Avo meter)

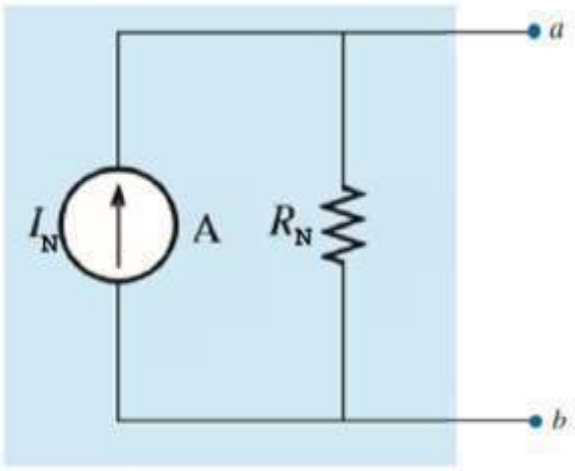
صندوق مقاومات



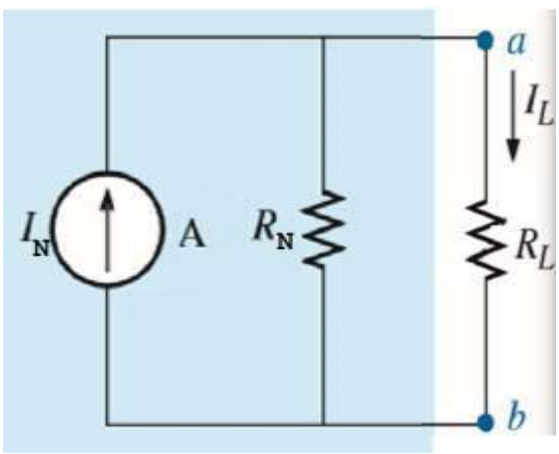
مجهز قدرة ومجموعة من المقاومات مع اسلاك توصيل وجهاز Avo meter

(٢) التدريب على ربط وتحليل الدوائر الكهربائية باستخدام نظرية نورتن Norton's Theorem.

تعد نظرية نورتن من النظريات الهامة التي تستخدم في تحليل الدوائر الكهربائية لانها تبسط اي دائرة كهربائية مهما كانت معقدة الي دائرة مبسطة وتسمي بمكافئ نورتن هذه الدائرة تتكون من مصدر تيار I_N متصل علي التوازي مع مقاومة مكافئة R_n كما هو موضح بالشكل:



ويكون العنصر (المقاومة) R_L المراد ايجاد التيار فيه متصل علي التوازي مع R_N لتصبح الدائرة بسيطة كما هي موضحة بالشكل الاتي:



ويمكن ايجاد التيار I_L المار في المقاومة R_L وذلك باستخدام قانون مجزئ التيار (CDR):

$$I_L = \frac{I_N R_N}{R_L + R_N}$$

ان الهدف الرئيسي من التجربة هو التحقيق العملي لنظرية نورتن المستخدمة كوسيلة من وسائل تحليل وتبسيط الدوائر الكهربائية.

خطوات حل الجانب النظري:

١- نقطع الجزء من الدائرة المراد تحديد مكافئ نورتن له.

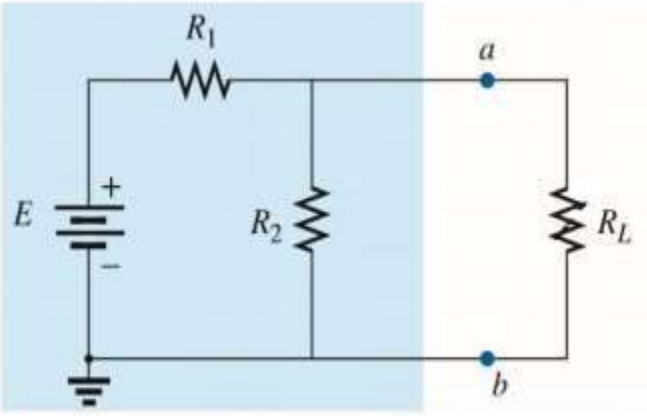
٢- نجد قيمة R_N بأستبدال جميع المصادر في الدائرة الكهربائية، حيث يستبدل مصدر الجهد بدائرة مغلقة (short circuit) ومصدر التيار بدائرة مفتوحة (open circuit) وبالتالي يمكن حساب مقاومة نورتن R_N ما بين النقطتين a , b.

٣- نحسب التيار I_N وذلك بإرجاع جميع المصادر الى حالتها الاصلية ومن ثم يمكن ايجاد التيار ما بين النقطتين a , b وهو مايسمى I_N .

٤- نرسم دائرة نورتن المكافئة مع ارجاع الجزء المحذوف من الدائرة الاصلية.

تمرين عملي (٢)

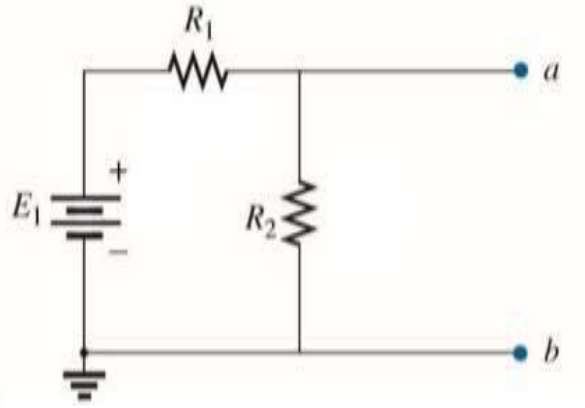
المطلوب حساب قيم كل من R_N و I_N و I_L مع رسم دائرة نورتن المكافئة للدائرة الكهربائية التالية:



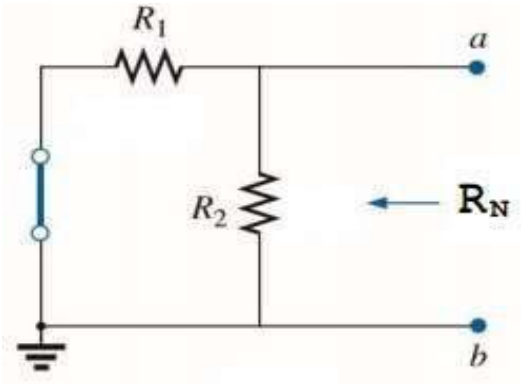
خطوات الجانب العملي:

١. اربط الدائرة المبينة في الشكل اعلاه.

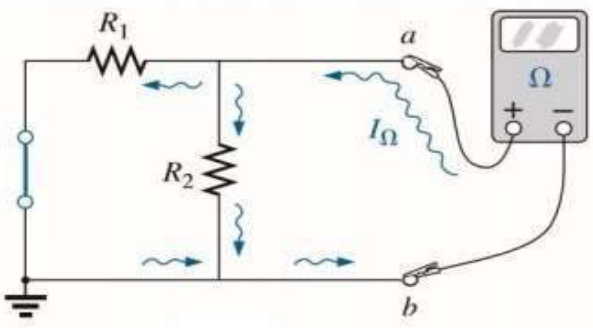
٢. استبدل مقاومة الحمل R_L بدائرة مفتوحة (open circuit). كما هو موضح بالشكل التالي:



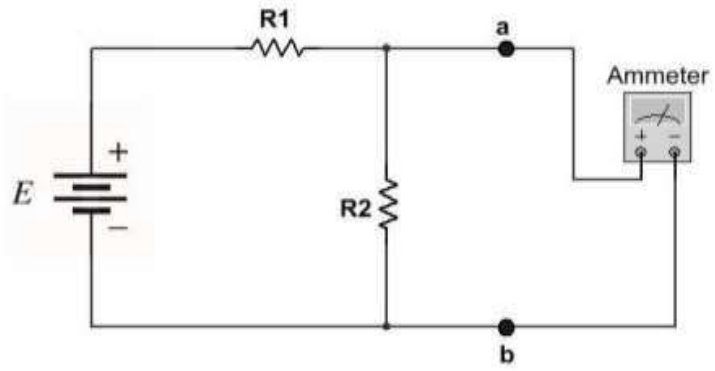
٣. استبدل المصدر بدائرة قصر (short circuit) وهو في حالة إطفاء (off) وذلك بتوصيل سلك ما بين طرفي المصدر.



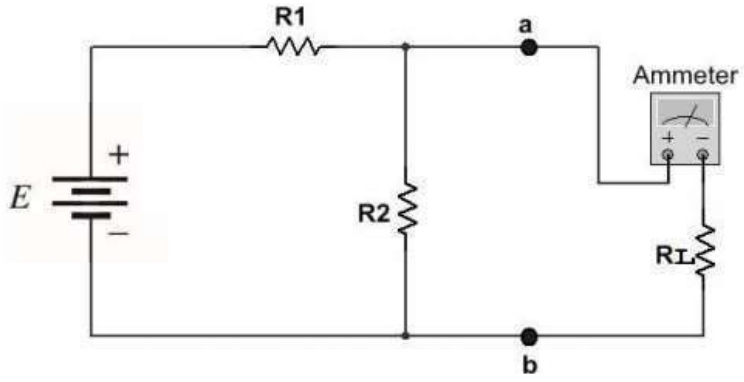
٣. قم بقياس قيمة المقاومة المكافئة للدائرة R_N ما بين النقطتين a , b وذلك بواسطة جهاز قياس المقاومة الاوميتر (Ohmmeter).



٤. ارفع دائرة القصر عن المصدر وسلط جهد معين منه على الدائرة وسجل التيار I_N بين النقطتين a , b بواسطة جهاز قياس التيار المستمر (D.C) الاميتر (Ammeter) .



٥. ارجع مقاومة الحمل R_L مابين النقطتين a , b مع ربط جهاز قياس التيار (Ammeter) على التوالي مع الحمل لتسجيل التيار المار فيه I_L وذلك عند تثبيت نفس قيمة الجهد المسلط من المصدر في الخطوة السابقة.



٦. احسب نظريا قيم كل من R_N و I_N وI_L وذلك من معلومية قيم كل من المقاومات R_1 و R_2 و R_3.

٧. قارن بين نتائجك العملية لقيم R_N و I_N وI_L مع حساباتك النظرية.

٨. ارسم دائرة نورتن المكافئة مع ارجاع مقاومة الحمل R_L من الدائرة الاصلية.

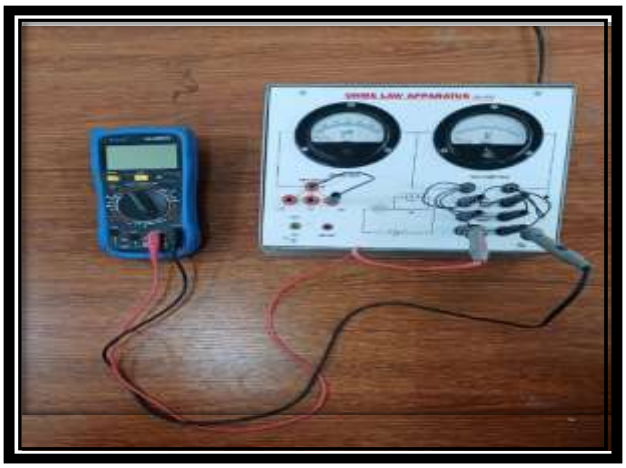
المواد والاجهزة المطلوبة:

١. مصدر جهد مستمر (D.C Power Supply) وحسب المتوفر.

٢. جهاز قياس التيار والجهد والمقاومة (Avo meter) وحسب المتوفر.

٣. مجموعة من المقاومات المتوفرة.

٤. اسلاك توصيل، كما موضح بالشكل التالي:



اسئلة حول موضوع التدريب على ربط وتحليل الدوائر الكهربائية:

س١- ما الهدف الرئيسي من تجربتي ثيفنن ونورتن؟

س٢- ارسم الدائرة المكافئة لنظرية ثيفنن؟

س٣- ماهي خطوات النظرية لحل نظرية ثيفنن؟

س٣- ارسم الدائرة المكافئة لنظرية نورتن؟

س٥- ماهي خطوات النظرية لحل نظرية نورتن؟

فهرست التمارين العملية الواجب تطبيقها ضمن منهج التدريب العملي للصف الثالث كهرباء وتوزيعها على أسابيع السنة الدراسية والمبينة تفاصيلها في الصفحات المؤشرة أزائها.

ت	الاسبوع	اسم التمرين الواجب تنفيذه عملياً	الصفحة
١	الأول	تفكيك محرك ثلاثة أطوار للتعرف على أجزاءه والتعرف على المواد الضرورية المطلوبة لانجاز عملية اللف.	٢٢
٢	الثاني	إزالة الملفات القديمة من محرك ثلاثة أطوار وقياس وتحديد أسلاك اللف .	٣٠
٣	الثالث	إعادة لف محرك ثلاثة أطوار بطبقة واحدة وقوالب لف مختلفة التدرج .	٥٨
٤	الرابع	إعادة لف محرك ثلاثة أطوار بطبقة واحدة وقوالب لف متساوية التدرج.	٦٢
٥	الخامس	إجراءات الصيانة الضرورية لمولدة ثلاثة أطوار.	٩٣
٦	السادس	إجراءات الصيانة لمحول الضغط العالي ثلاثة أطوار.	١١٥
٧	السابع	تشغيل محرك ثلاثة أطوار وقياس سرعته.	١٢٤
٨	الثامن	تفكيك مفتاح الحماية المغناطيسي ومشاهدة أجزاءه.	١٤٢
٩	التاسع	تشغيل وإيقاف موصل هوائي (كونتكتر) بدون حمل من عدة اماكن.	١٥٩
١٠	العاشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار بواسطة مفتاح إعتيادي.	١٦٥
١١	الحادي عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار بواسطة مفتاح أوتوماتيكي.	١٦٩
١٢	الثاني عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار بواسطة الكونتكتر.	١٨٠
١٣	الثالث عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار بواسطة مفتاح عاكس دوران ميكانيكي يدوي دوار.	١٨٦
١٤	الرابع عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار بواسطة الكونتكترات لعكس اتجاه الدوران.	١٩٣

ت	الاسبوع	اسم التمرين الواجب تنفيذه عملياً	الصفحة
١٥	الخامس عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار ستار – دلتا بواسطة مفتاح إعتيادي.	٢٠٣
١٦	السادس عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار ستار – دلتا بواسطة الكونتكترات.	٢١١
١٧	السابع عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد.	٢١٨
١٨	الثامن عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق جهاز التحكم عن بعد لعكس اتجاه الدوران.	٢٢١
١٩	التاسع عشر	تشغيل محرك ثلاثة أطوار بالاضافة الى تشغيل محرك ثلاثة أطوار لعكس اتجاه الدوران عن طريق جهاز التحكم عن بعد.	٢٢٤
٢٠	العشرون	تشغيل محرك ثلاثة أطوار بواسطة جهاز التحكم المنطقي القابل للبرمجة (PLC).	٢٣٧
٢١	الحادي والعشرون	تشغيل محرك ثلاثة أطوار عن طريق رلي منع انعكاس الاطوار مع استعمال جهاز مبين تتابع الاطوار.	٢٥٢
٢٢	الثاني والعشرون	تسليك وربط مفتاح التحويل الاوتوماتيكي (ATS).	٢٦٨
٢٣	الثالث والعشرون	تسليك وربط منظومة الحماية الاعتيادية بواسطة مفتاح الطور الالكتروني التلقائي.	٢٧٦
٢٤	الرابع والعشرون	تسليك وربط منظومة الحماية المركزية بواسطة مفتاح الطور الالكتروني التلقائي.	٢٨١
٢٥	الخامس والعشرون	حساب قيم كل من R_{th} و E_{th} و I_L مع رسم دائرة ثيفنن المكافئة.	٢٨٦
٢٦	السادس والعشرون	حساب قيم كل من R_N و I_N و I_L مع رسم دائرة نورتن المكافئة.	٢٩٣

فهرست الجداول المستعملة في الكتاب

ت	اسم الجدول	الصفحة
١	بيانات لوحة تسمية المحرك.	١٩
٢	درجات العوازل وتحملها للحرارة (Class).	١٩
٣	تحويل أقطار أسلاك اللف من الملم إلى الأرقام القياسية (SWG).	٣١
٤	سرعة المحركات بحسب عدد الأقطاب.	٥٣
٥	التيار المسحوب لمحركات الثلاثة أطوار حسب قدرتها.	٦٣
٦	مكونات المحرك الميكانيكي (Engine) المولدة الثلاثة أطوار.	٧١
٧	أجهزة المقاييس المهمة والمجسات الجوزات للمحرك الميكانيكي لمولدة الثلاثة أطوار.	٧٥
٨	مكونات رأس التوليد (Alternator) المولدة الثلاثة أطوار.	٧٩
٩	مكونات أجهزة قياس ومراقبة الطاقة الكهربائية لمولدة الثلاثة أطوار.	٨٤
١٠	الأخطاء الشائعة في رأس التوليد المولدة الثلاثة أطوار.	٨٧
١١	صيانة مولدات الثلاثة أطوار.	٩١
١٢	احجام المصهرات المستعملة لحماية المحركات ذات الثلاثة أطوار.	١٦٣
١٣	الخط البياني لعلاقة قدرة المحرك مع معامل القدرة.	٢٠٢

المصادر والمراجع

١ـ كتاب محركات ومولدات ومحولات التيار المتردد لسنة ١٩٩٩

تأليف وجيه جرجيس.

٢ـ كتاب تحليل الدوائر الكهربائية والالكترونية لسنة ٢٠٠٤

تأليف د. عبد القادر مصباح الأمين.

٣ـ كتاب التدريب العملي كهرباء للصف الثالث لسنة ٢٠٠٩

تأليف المهندس عبد الوهاب خليل ابراهيم والمهندس مهدي صالح الحمداني والمهندسة عامرة ماجد ثابت.

٤ـ صور منتقات من شبكة المعلومات العالمية (Internet).