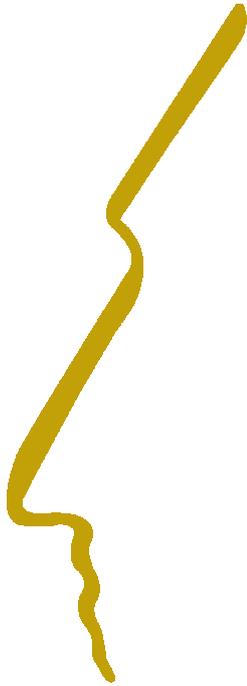




## National Academy for Science & Skills

Engineering Square Industrial Park, North Extensions of Industrial  
Zones, 6<sup>th</sup> of October City, Giza, Egypt  
Phone: +(202) 38642064 Fax: +(202) 38642064  
E-Mail: info@nassacademy.com Web: www.nassacademy.com



# 3112 Classic Control

Electrical Systems Program



School of BUILDING  
CONSTRUCTION  
TECHNOLOGY



---

# Handouts

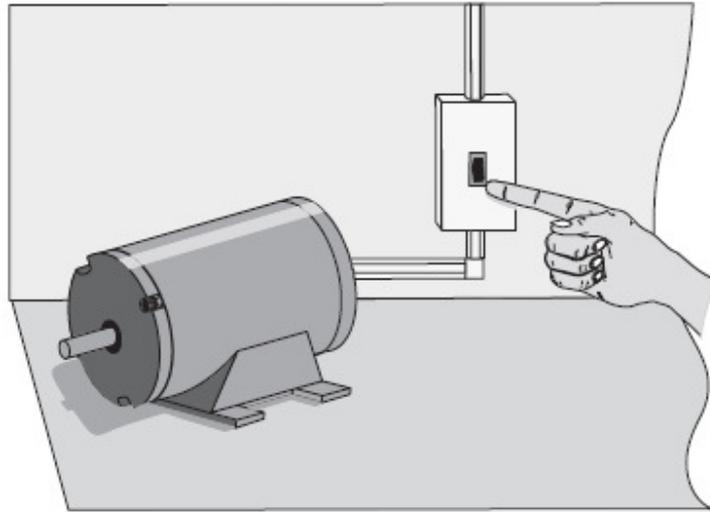
## قائمة المحتويات

٤	١. المفاهيم والرموز الخاصة بمبادئ التحكم .....
٤	١.١ مكونات انظمة التحكم .....
٥	١.١.١ مثال على نقاط التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي .....
٦	١.١.٢ مثال على نقاط التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي .....
٧	٢. رموز المفاتيح .....
٧	٢.١ مثال على مفاتيح التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي .....
٧	٢.٢ مثال على مفاتيح التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي .....
٩	٣. رموز أزرار التحكم .....
٩	٣.١ مثال على أزرار التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي .....
٩	٣.٢ مثال على أزرار التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي .....
١١	٤. رموز الملفات .....
١١	٤.١ امثلة على الملفات ونقاط التحكم .....
١٢	٤.٢ رمز الاوفرلود ريلاي .....
١٢	٤.٣ رموز الاضاءة .....
١٣	٤.٤ رموز أخرى .....
١٧	٥. أجهزة التحكم .....
١٧	٥.١ التحكم ثنائي التوصيل .....
١٧	٥.١.١ ازرار التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي .....
١٨	٥.١.٢ ازرار التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي .....
١٩	٥.١.٣ استخدام ازرار التحكم في الدوائر .....
٢٠	٥.٢ التحكم ثلاثي التوصيل .....
٢١	٦. مفاتيح الاختيار .....
٢١	٦.١ مفتاح الاختيار ثنائي الوضع .....
٢١	٦.١.١ جدول وضعيات التشغيل لنقاط التحكم .....
٢٢	٦.٢ مفتاح الاختيار ثلاثي الأوضاع .....
٢٣	٧. الكونتاكطورات المغناطيسية .....
٢٣	٧.١ نظرية عمل الكونتاكطور .....
٢٦	٨. ترانسفورمر طاقة التحكم .....
٢٧	٨.١ أساسيات الاختيار .....
٢٩	٩. مفاتيح الحد .....
٢٩	٩.١ المكونات الرئيسية .....
٣٠	١٠. حساسات الاقتراب الحثية .....
٣٠	١٠.١ نظرية التشغيل .....
٣٠	١٠.٢ الملف الكهرومغناطيسي والهدف المعدني .....
٣١	١٠.٣ الاجهزة التي تعمل على التيار المستمر .....
٣٢	١٠.٤ توصيل المخارج .....
٣٣	١٠.٥ التغطية للحماية .....
٣٣	١٠.٥.١ الحساسات الحثية المغطاة .....
٣٤	١٠.٥.٢ الحساسات الحثية الغير مغطاة .....
٣٥	١١. حساسات الاقتراب التي تعمل بالمكثفات .....
٣٥	١١.١ نظرية التشغيل .....
٣٦	١١.٢ الهدف المتعارف عليه وثابت العزل الكهربائي .....

٣٧	١١.٢ الاستشعار خلال فواصل
٣٧	١١.٣ التغطية للحماية
٣٨	١٢. الحماية من الأوفرلود
٣٨	١٢.١ التيار ودرجة الحرارة
٣٨	١٢.٢ القصر
٣٩	١٢.٣ الأوفرلود
٤٠	١٢.٣.١ الحماية ضد الأوفرلود
٤١	١٣. بادئ التشغيل
٤٢	١٣.١ مواصفات NEMA
٤٢	١٣.٢ بوادئ التشغيل عاكسة الحركة
٤٤	١٣.٣ بوادئ التشغيل ذات الأحمال العالية ثنائية السرعة
٤٥	١٣.٤ بدء التشغيل للجهد الكامل
٤٦	١٣.٥ بدء التشغيل بجهد أقل
٤٦	١٣.٥.١ بادئ التشغيل بجهد أقل
٤٧	١٣.٥.٢ بادئ التشغيل أجزاء الملفات بجهد أقل
٤٨	١٣.٥.٣ بوادئ التشغيل وإى دلنا

## ١. المفاهيم والرموز الخاصة بمبادئ التحكم:

بالإشارة إلى العمليات الصناعية المختلفة فإن كلمة " تحكم " هي مفهوم عام يشمل كل المكونات التي قد تمتد من مفتاح التشغيل وحتى أكثر الأنظمة تعقيدا  
يعتبر نظام التحكم يدوى التشغيل عندما يحتاج لتدخل من شخص ما ليقوم بفعل يؤدي لتشغيل الدائرة. فمثلا عندما يحتاج النظام لشخص ما ليضغط على مفتاح تشغيل الموتور (تشغيل/ ايقاف)



شكل ١ تشغيل/ ايقاف موتور

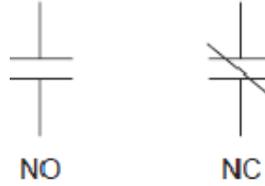
وبرغم من أن نظم التشغيل اليدوية منتشرة في عالم الصناعة إلا أن كثير من الماكينات يتم تشغيلها أوتوماتيكيا أو باستخدام نظام مختلط بين اليدوى والأوتوماتيكي. فمثلا قد يتم تشغيل ماكينة ما بشكل يدوى عن طريق مفتاح تشغيل مع امكانية ايقافها أوتوماتيكيا عند حدوث ظرف معين.

### ١.١ مكونات أنظمة التحكم:

مكونات أنظمة التحكم موجودة في الدوائر التي تتعلق بتشغيل المواتير وكذلك مختلف الأجهزة. هناك مكونات عديدة التي قد تستخدم للتشغيل/ الايقاف / الحماية / الاستشعار / المتابعة / التواصل.  
قبل أن ندرس مكونات أنظمة التحكم المختلفة يجب اولاً فهم بعض الرموز.  
العديد من الأجهزة تحتاج لنقاط تحكم في تدفق التيار الكهربى لبقية مكونات دائرة التحكم. نقطة التحكم قد تكون:

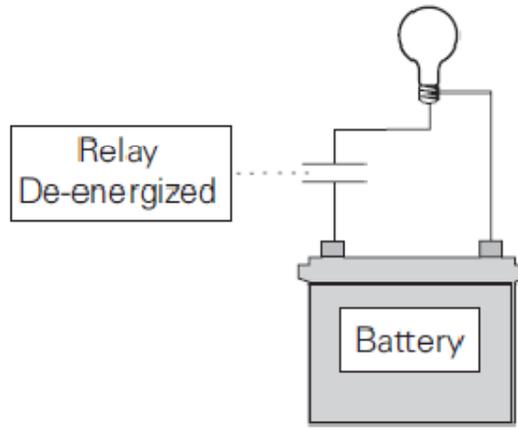
- ١- مفتوحة: حالة تمنع مرور التيار الكهربى
- ٢- مغلقة: حالة تسمح بمرور التيار الكهربى

مخططات التحكم لا تظهر الحركة الديناميكية (من مفتوح إلى مغلق والعكس) ولكن تظهر نقطة التحكم في وضعها الطبيعي بدون تأثيرات (مفتوحة NO أو مغلقة NC)



شكل ٢ الوضع الطبيعي (مفتوح/ مغلق)

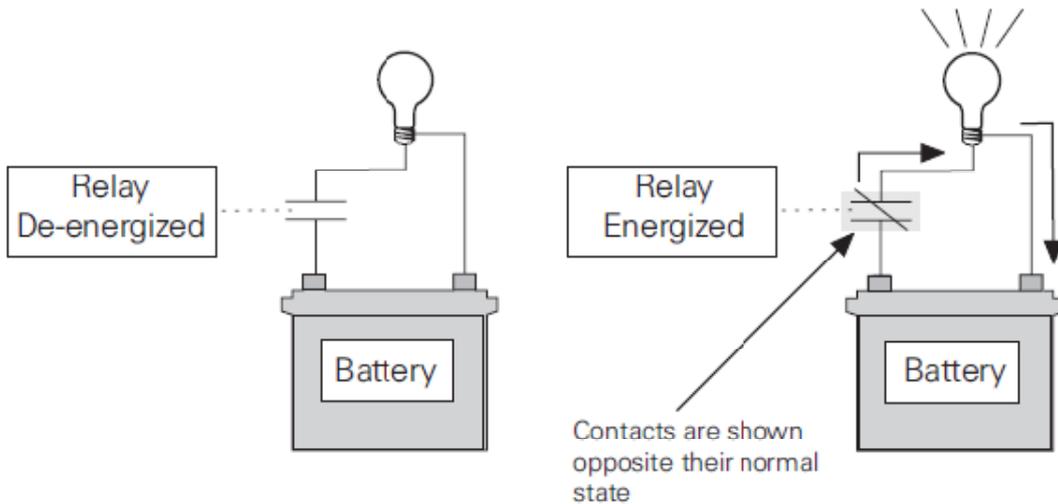
كمثال على الوضع الطبيعي ( Normal state ) ( بدون أي تأثيرات ): في الصورة التالية نقاط التحكم هي جزء من الريلاي. عندما لا يكون هناك تيار في ملف الريلاي، تكون نقاط التحكم مفتوحة وبهذا لا يمر تيار إلى اللمبة.



شكل ٣ لا يمر تيار إلى اللمبة

### ١.١.١ مثال على نقاط التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي:

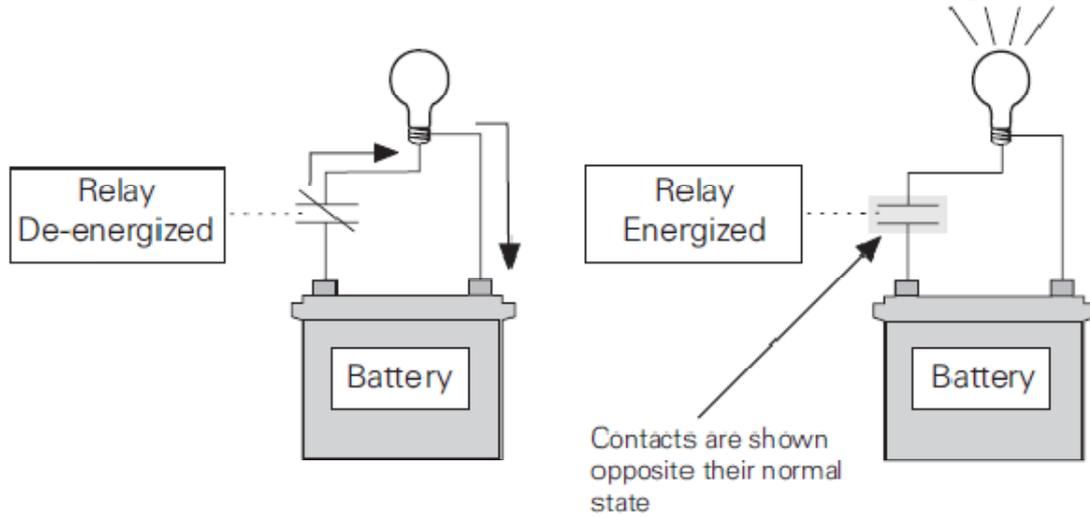
من الرسم التالي يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي ( بدون تأثيرات ) أي أن الريلاي لا يعمل وفيها تكون نقاط التحكم مفتوحة ( لا تعمل ). عندما يكون الريلاي في وضع العمل تغلق نقاط التحكم وبالتالي يكتمل مسار التيار الكهربى وينير اللمبة.



شكل ٤ وضع التشغيل/ الايقاف ونقاط التحكم تظهر بوضع معكوس عن الطبيعي المفتوح

### ١.١.٢. مثال على نقاط التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي:

من الرسم التالي يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) أي أن الريلاي لا يعمل وفيها تكون نقاط التحكم مغلقة (تعمل) وهنا يكون مسار التيار الكهربائي مكتمل واللمبة منيرة. عندما يكون الريلاي في وضع العمل تفتح نقاط التحكم وبالتالي تنطفئ اللمبة.



شكل ه وضع التشغيل/ الايقاف ونقاط التحكم تظهر بوضع معكوس عن الطبيعي المغلق

## ٢. رموز المفاتيح:

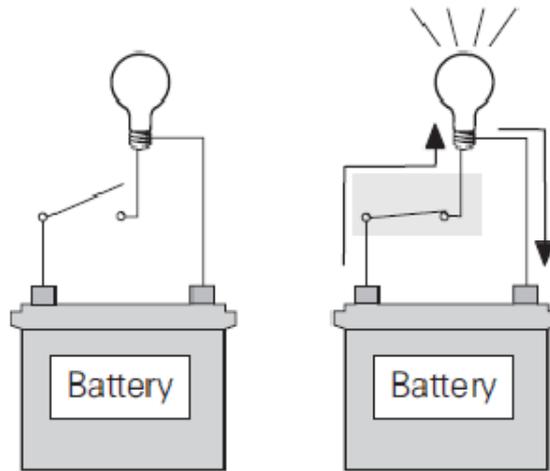
هناك أنواع مختلفة من المفاتيح التي قد تستخدم في دوائر التحكم. مثلما ناقشنا من قبل قد تكون المفاتيح مفتوحة أو مغلقة في الوضع الطبيعي وكذلك قد تحتاج إلى جهاز آخر أو فعل خارجي ليعيد من حالته. في حالة المفتاح اليدوي يجب أن يغير شخص ما وضع المفتاح وإلا اعتبر في وضعه الطبيعي إما مغلق أو مفتوح. رموز المفاتيح كالموجودة بالرسم التالي تستخدم أيضا لتوضيح إذا كان مسار التيار الكهربائي مغلق/مفتوح.



شكل ٦ مفاتيح التشغيل

### ٢.١ مثال على مفاتيح التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي:

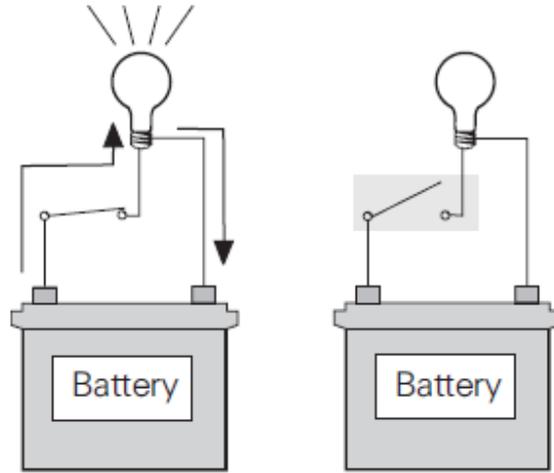
من الرسم التالي يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) وفيها البطارية متصلة بأحد طرفي مفتاح التحكم المفتوح في الوضع الطبيعي والطرف الآخر من المفتاح متصل باللمبة. عندما يكون المفتاح مفتوح لا يمر التيار الكهربائي إلى الللمبة. إذا أغلق شخص ما المفتاح يكتمل مسار التيار الكهربائي وينير الللمبة.



شكل ٧ مفتاح تحكم مفتوح في الوضع الطبيعي

### ٢.٢ مثال على مفاتيح التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي:

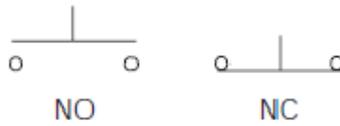
من الرسم التالي يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) وفيها البطارية متصلة بأحد طرفي مفتاح التحكم المغلق في الوضع الطبيعي والطرف الآخر من المفتاح متصل باللمبة. عندما يكون المفتاح مغلق يمر التيار الكهربائي إلى الللمبة. إذا فتح شخص ما المفتاح ينقطع مسار التيار الكهربائي وتنطفئ الللمبة.



شكل ٨ نقاط تحكم مغلقة في الوضع الطبيعي

### ٣. رموز أزرار التحكم:

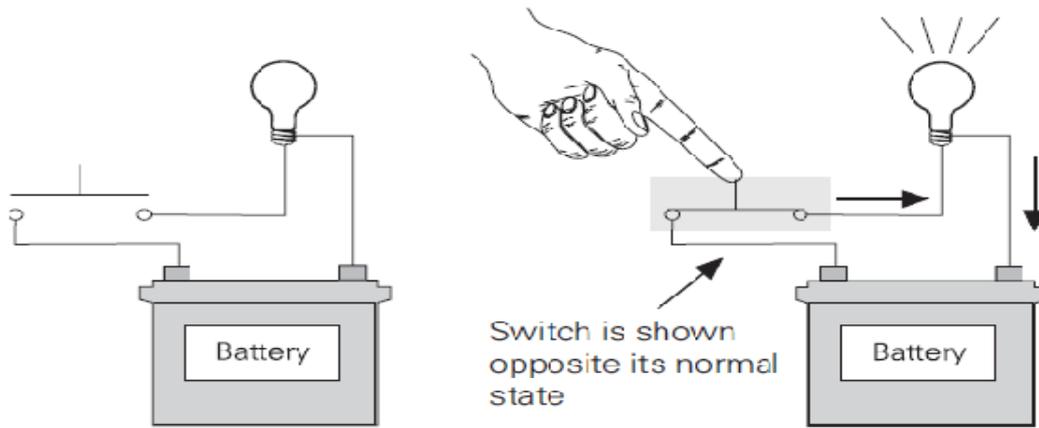
هناك نوعين من أزرار التحكم التي تستخدم غالباً في أنظمة التحكم وهما اللحظي والثابت. نقاط التحكم في زر التحكم اللحظي تغير حالتها من مفتوح/ مغلق والعكس عندما يتم ضغط الزر وتعود لحالتها الطبيعية بمجرد زوال الضغط على الزر. بينما في حالة زر التحكم الثابت فإنه يحتفظ بحالته عند زوال الضغط ويجب إضافة عنصر تحكم يسمى (زوال الإحتفاظ بالحالة) لإعادته لحالته الطبيعية.



شكل ٩ أزرار التحكم

#### ٣.١ مثال على أزرار التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي:

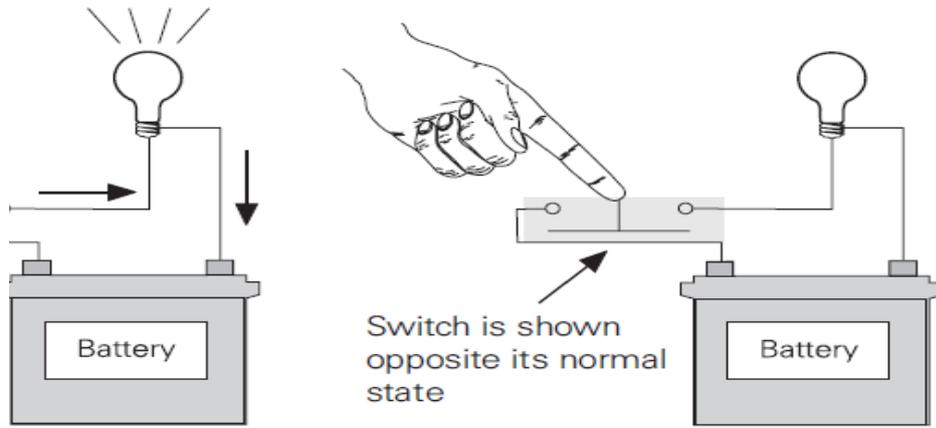
من الرسم التالي يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) وفيها البطارية متصلة بأحد طرفي زر التحكم المفتوح في الوضع الطبيعي والطرف الآخر من المفتاح متصل باللمبة. عند ضغط الزر يمر التيار الكهربى وينير اللمبة.



شكل ١٠ زر تحكم مفتوح في الوضع الطبيعي

#### ٣.٢ مثال على أزرار التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي:

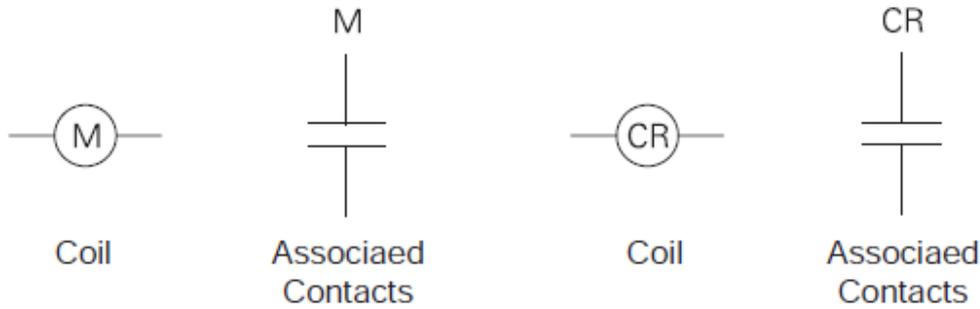
من الرسم التالي يمثل الجزء على يسار الرسم الدائرة في الوضع الطبيعي (بدون تأثيرات) وفيها يمر التيار إلى اللمبة طالما لم يضغط أحد على زر التحكم. إذا تم ضغط الزر ينقطع مسار التيار الكهربى وتنطفئ اللمبة.



شكل ١ ازر تحكم مغلق في الوضع الطبيعي

#### ٤. رموز الملفات:

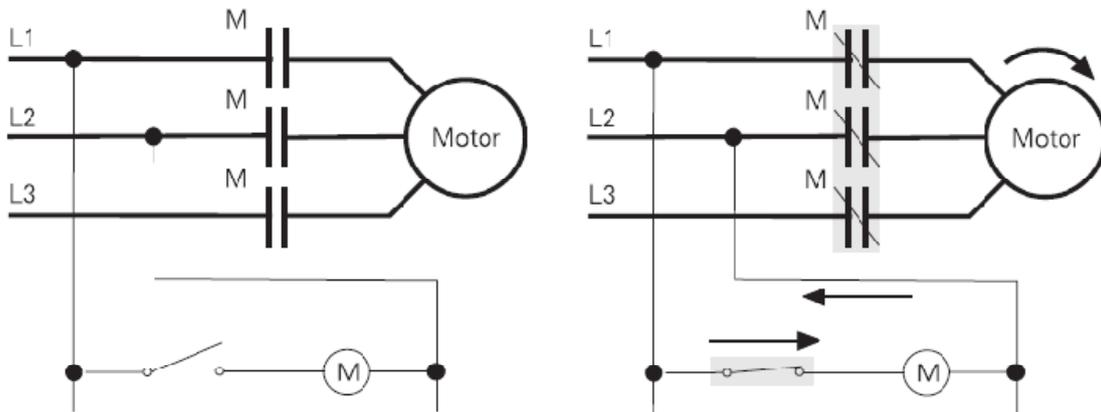
بادئ التيار للموتور، الكونتاكتور والريلاي هي أمثلة لأجهزة تستخدم لفتح وغلق نقاط التحكم بصورة كهرومغناطيسية. والجزء الذي يقوم بهذه العملية هو الملف. ويرمز للملف غالبا بدائرة وبداخلها حرف أو أكثر وقد يكتب بداخل الدائرة رقم. تمثل الحروف داخل رمز الدائرة نوع الجهاز فمثلا حرف (M) يمثل بدئ تيار الموتور وكذلك (CR) يمثل ريلاي التحكم. وعادة يضاف رقم للحرف للفرقة بين الأجهزة (موتور ١، موتور ٢، ...). نقاط التحكم التي يتم التحكم بها بواسطة الملف يكتب عليها نفس الحرف والرقم (في حالة استخدام رقم مع الحرف) المكتوب على الملف ليكون من السهل معرفة أى من نقاط التحكم يتم التحكم بها بواسطة أى من الملفات. يتحكم الملف غالبا بعدد من نقاط التحكم التي قد تكون مغلقة/مفتوحة في الوضع الطبيعي.



شكل ١٢ رموز الملفات

#### ٤.١ أمثلة على الملفات ونقاط التحكم:

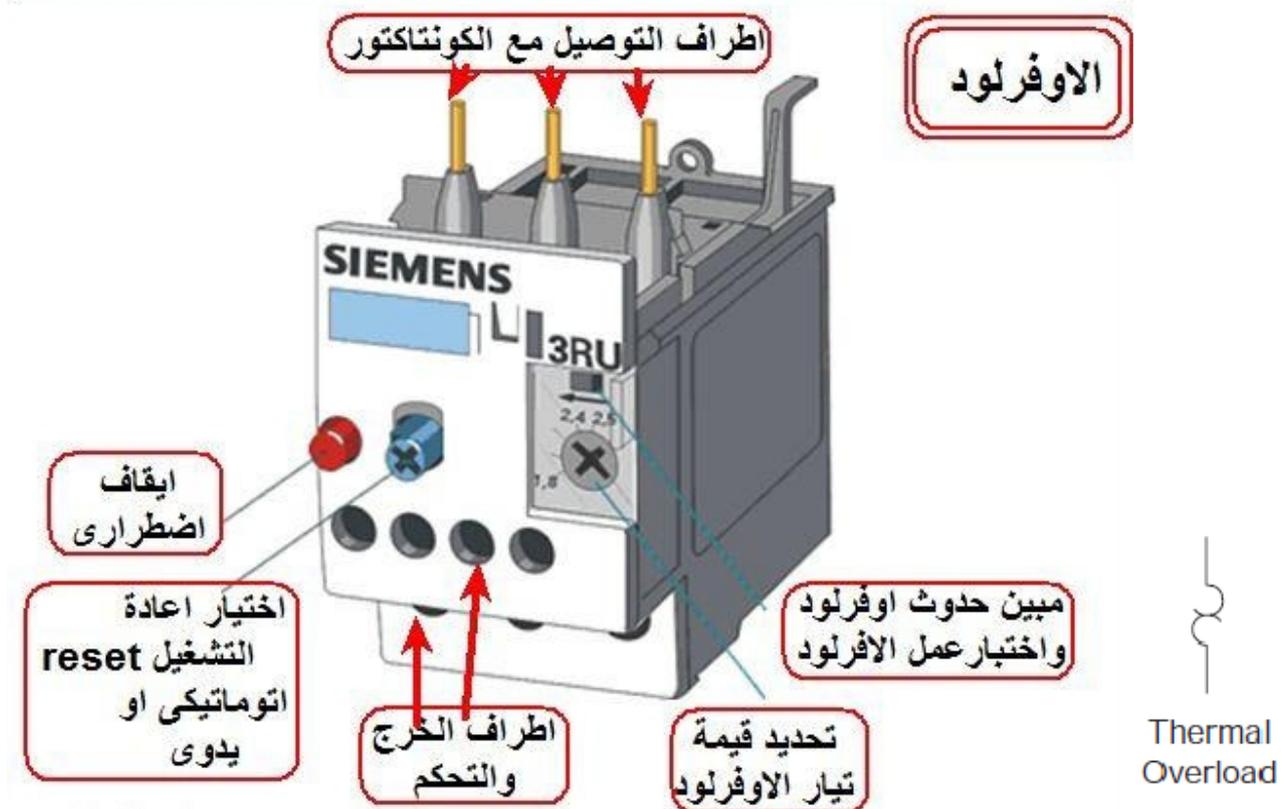
في المثال التالي: نقاط التحكم المرموزة (M) تم توصيلها على التوالي مع الموتور ويتم التحكم بها عن طريق ملف الكونتاكتور المرموز (M) أيضا. إذا أغلق شخص ما المفتاح يمر التيار الكهربى من خلال المفتاح وملف الكونتاكتور (M). ملف الكونتاكتور (M) يقوم باغلاق نقاط التحكم (M) ويمر التيار الكهربى إلى الموتور.



شكل ١٣ مثال على التحكم في موتور باستخدام نقاط التحكم

## ٤.٢. رمز الأوفرلود ريلاي

الأوفرلود ريلاي يستخدم لحماية المواتير من ارتفاع درجة الحرارة عن الحد المسموح به. عندما يتم سحب تيار كهربى أكثر من المتوقع خلال مدة زمنية معينة تفتح نقاط التحكم الخاصة بالأوفرلود ريلاي وبالتالي تمنع وصول التيار الكهربى للموتور. الرسم التالى يوضح نقاط التحكم التى غالبا ما تستخدم مع الأوفرلود ريلاي الحرارى. الأوفرلود ريلاي المستخدم مع المواتير (٣ فازات) لها عدد (٣) مجموعات من نقاط التحكم بحيث تكون كل مجموعة خاصة بكل فازه.



شكل ١٤ الأوفرلود

## ٤.٣. رموز الإضاءة

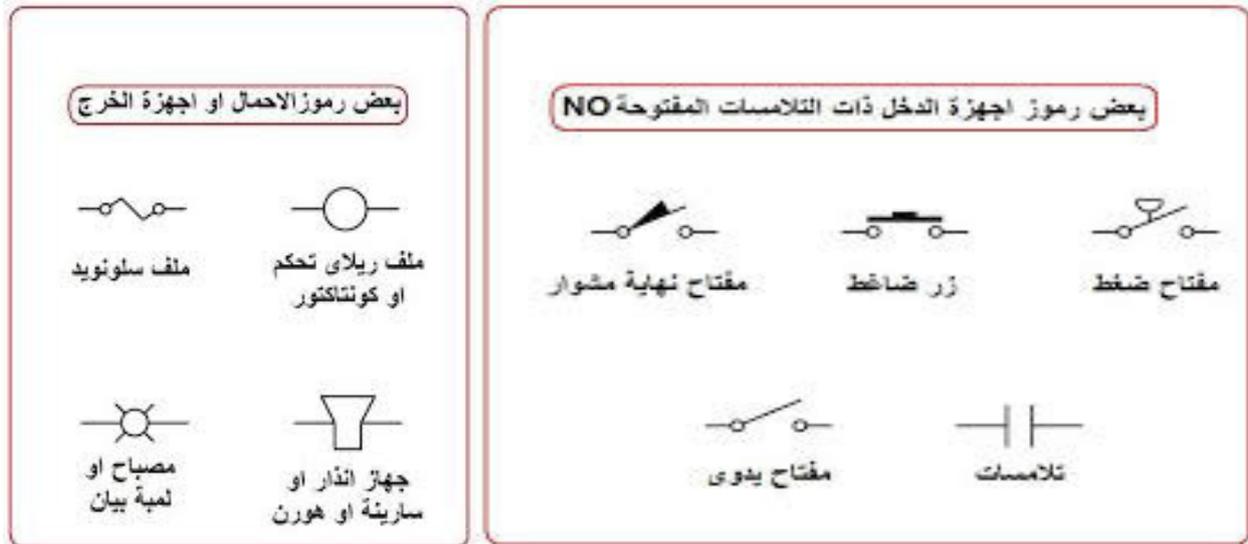
غالبا ما يرمز له بالإضاءة المبينة indicator أو بإضاءة إشارة التحكم Pilot وهى عبارة عن مقدار صغير جدا من الضوء الكهربى وتستخدم لبيان حالة الدائرة الكهربائية. مثلا الضوء الأحمر قد يستخدم لبيان أن الموتور يعمل. وقد يكتب حرف بداخل الدائرة الخاصة برمز الإضاءة المبينة لبيان لون/ نوع الإضاءة.

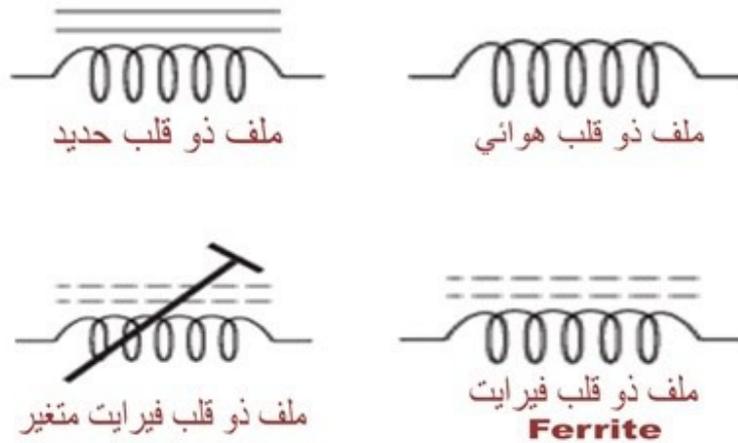
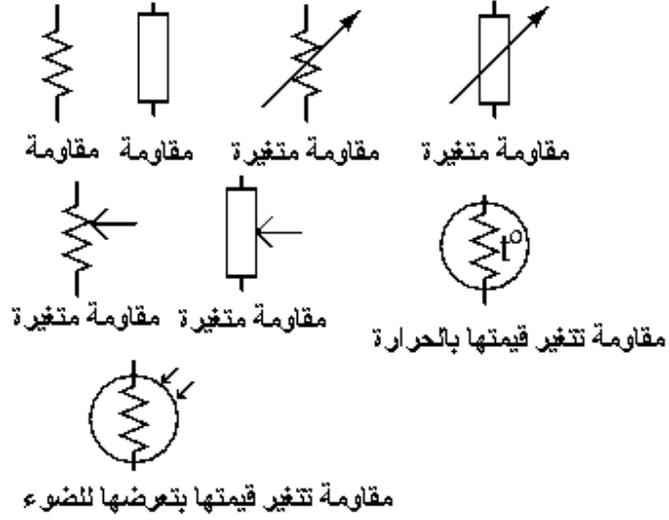


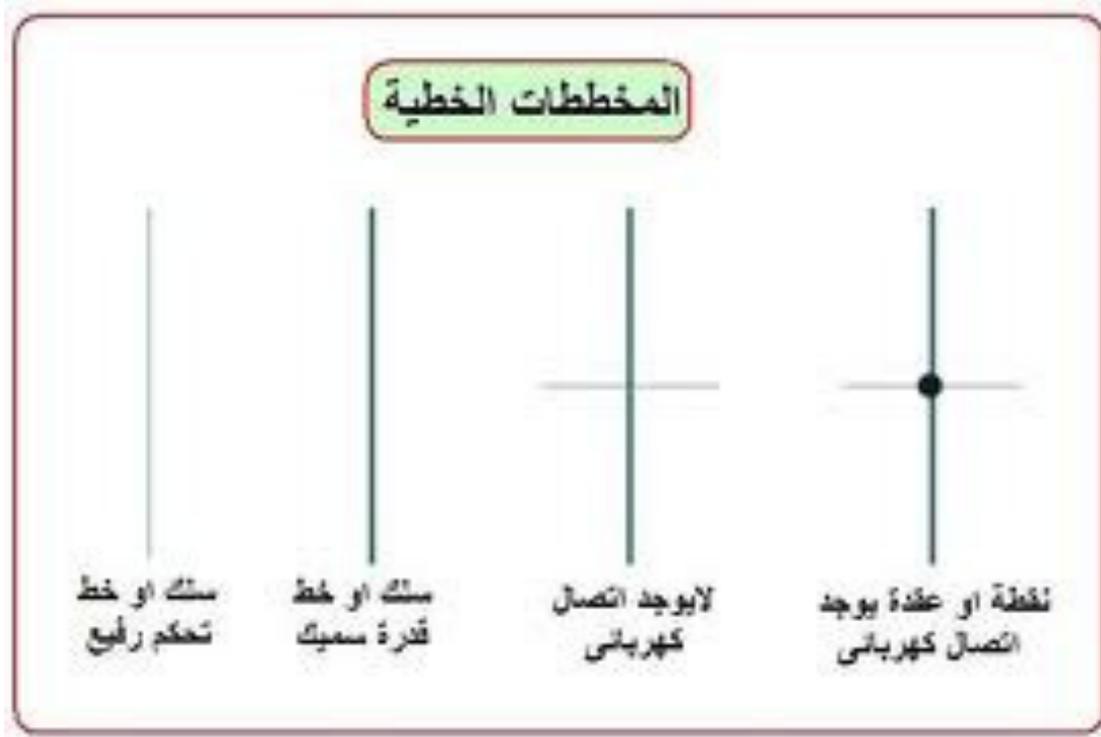
شكل ١٥ أمثلة على رموز الاضاءة

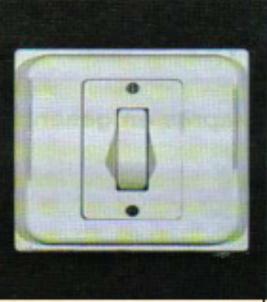
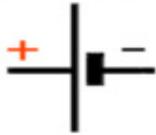
#### ٤.٤. رموز أخرى:

بالإضافة للرموز التي سبق دراستها هناك العديد من الرموز المستخدمة في أنظمة التحكم المختلفة. أنظر الشكل التالي لبيان اختلافها.







				
محرك	سلك موصل	قاطع التيار	مصباح	عمود (بطارية)
				

## الرموز والمصطلحات المستخدمة في مجال الهندسة الكهربائية

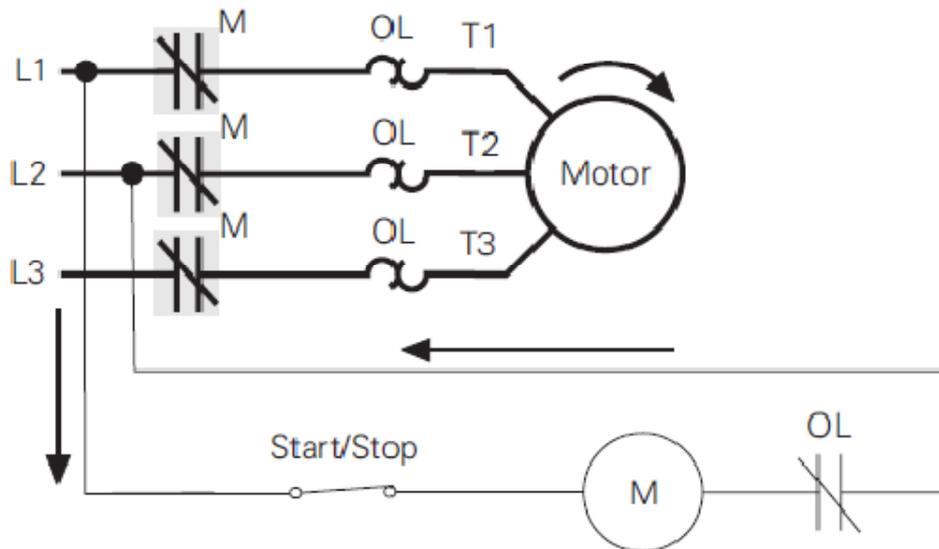
الرمز	الرسم التخطيطي	الاسم	الرمز
موصل غير ثابت ( متحرك )		تيار مستمر	
موصل ممدود تحت الأرض (كابل)		تيار متغير	
موصل فوق الأرض محمول على أعمدة		دائرة من سلكين	
موصل على الحائط (على البيضاء)		دائرة من ثلاثة أسلاك	
موصل داخل الحائط		دائرة من ثلاثة أسلاك و سلك حياد	
موصل داخل الحائط (تحت البيضاء)		دائرة من سلكين مقاس 25 × 2 مم	
موصل ممدود على زلاتوري		دائرة من أربعة أسلاك مقاس 25 × 2 مم " 1,6 × 2 مم	

## ٥. أجهزة التحكم

جهاز التحكم هو جهاز يوجه تشغيل جهاز آخر أو يبين حالة تشغيل نظام أو ماكينة. أجهزة التحكم متوافرة على اختلاف نظمها وأساليب تركيبها ومقاساتها. وفيما يلي عائلات المنتجات المتوافرة مع ملاحظة أن قطر التركيب يرمز لمقاس فتحة التثبيت بالمليمتر (مم).

### ٥.١. التحكم ثنائي التوصيل:

دائرة التحكم ثنائية التوصيل تسمى بهذا الاسم لأن مفتاح التشغيل والإيقاف يحتاج إلى سلكين فقط لتوصيلهما إلى الدائرة. توفر الدائرة إمكانية التخلص من الضغط المنخفض وليس حماية من الضغط المنخفض. إمكانية التخلص من الضغط المنخفض تعنى أنه في حالة فقد التيار الكهربى يتم تفريغ شحنة الكونتاكتور مما يوقف الموتور عن العمل. بينما بمجرد عودة التيار الكهربى يعود الموتور للعمل (إذا كان جهاز التحكم مازال مغلقا).



شكل ١٦ تحكم ثنائى التوصيل

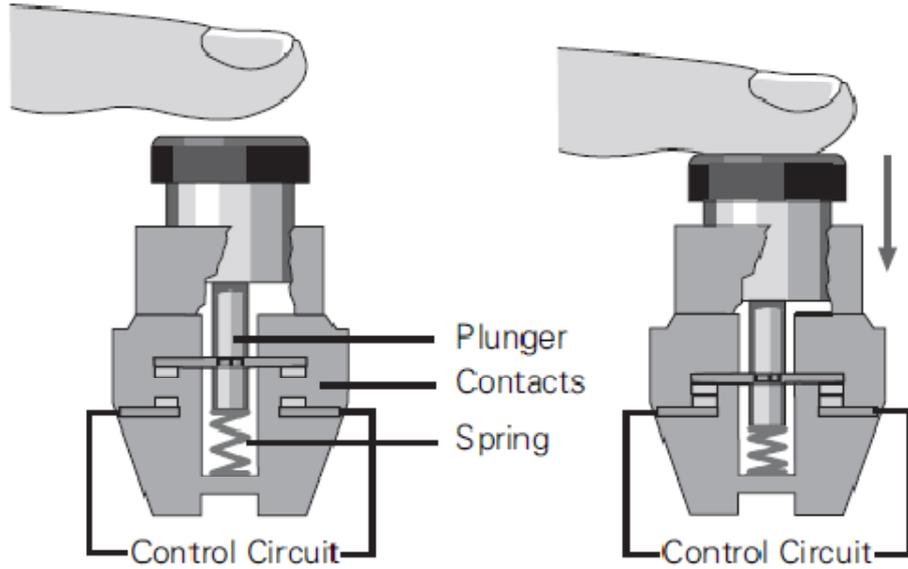
هذا النوع من أنظمة التحكم يستخدم في التركيبات البعيدة أو التى يصعب الوصول إليها حيث يكون من الأولى الرجوع للعمل عند عودة التيار الكهربى.

### مثال : أزرار التحكم

زر التحكم هو جهاز يستخدم لفتح/ غلق نقاط التحكم يدويا. أزرار التحكم قد تكون مضيئة أو غير مضيئة كما تتعدد أشكالها وألوانها.

### ٥.١.١. أزرار التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي:

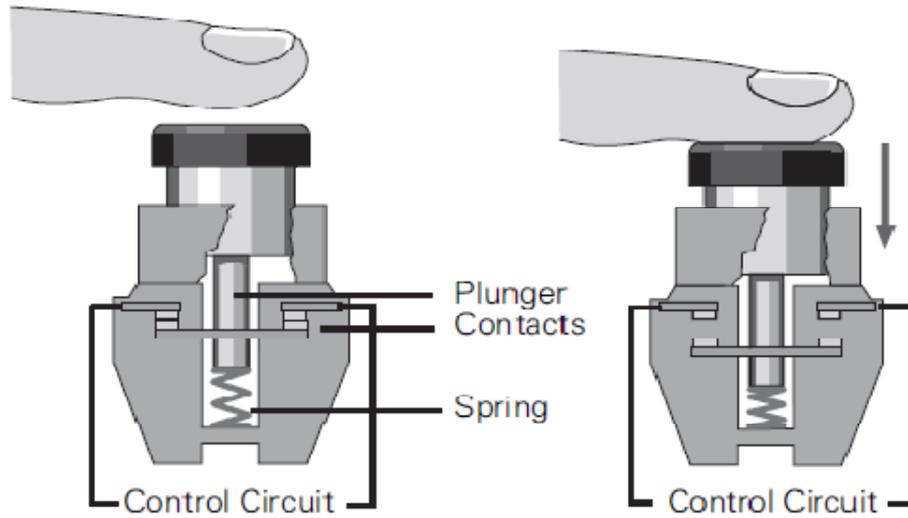
تستخدم أزرار التحكم في الدوائر للقيام بعمليات مختلفة. فمثلا قد تقوم بتشغيل/ إيقاف موتور. عادة يتكون زر التحكم من كباس، زنبرك للرجوع ومجموعة من نقاط التحكم. الرسم التالى يبين زر تحكم مفتوح في الوضع الطبيعي وهو مسمى بهذا الاسم لأن نقاط التحكم مفتوحة طالما لم يتم ضغط الزر. ضغط الزر يسبب غلق نقاط التحكم. عند زوال الضغط عن الزر يقوم الزنبرك بإعادة الكباس لوضع الفتح.



شكل ١٧ التحكم باستخدام زر تحكم مفتوح في الوضع الطبيعي

### ٥.١.٢. أزرار التحكم المغلقة في الوضع الطبيعي:

الرسم التالي يبين زر تحكم مغلق في الوضع الطبيعي وقد يستخدم لفتح/ غلق دائرة تحكم. في الوضع الطبيعي تكون نقاط التحكم مغلقة ويمكن مرور التيار الكهربائي من خلالها. ضغط الزر يسبب فتح نقاط التحكم مما يمنع مرور التيار الكهربائي خلال الدائرة.

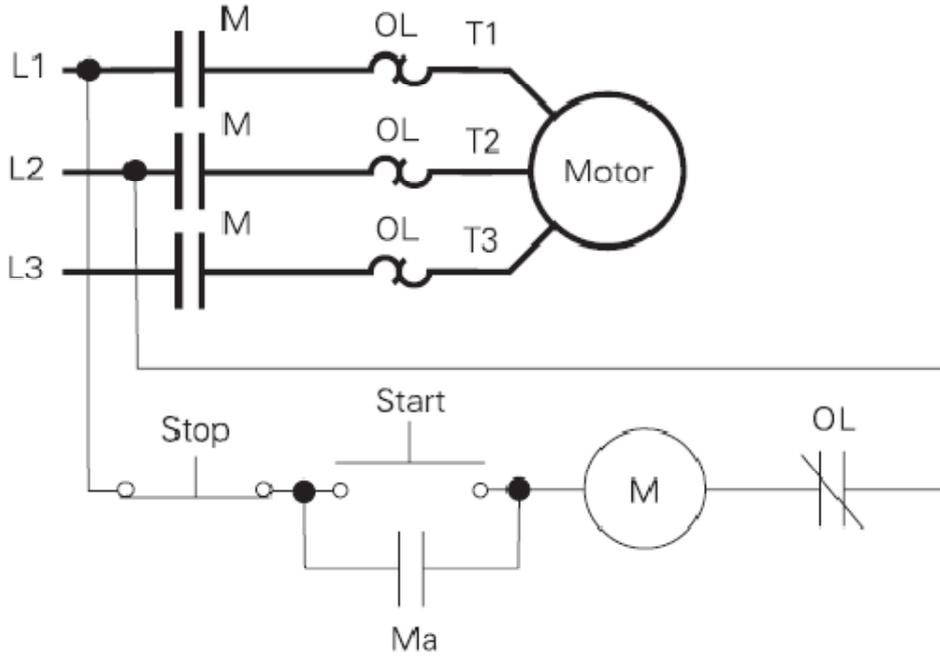


شكل ١٨ التحكم باستخدام زر تحكم مغلق في الوضع الطبيعي

أزرار التحكم السابقة تسمى أزرار تحكم ذات نقاط تحكم لحظية لأن نقاط التحكم تبقى في وضع التشغيل فقط طالما الزر مضغوط. أنواع أزرار التحكم التي تحتفظ بحالتها حتى إذا زال الضغط على الزر تسمى أزرار تحكم ذات نقاط تحكم ثابتة. وهناك أنواع من أزرار التحكم تحتوي على مجموعة من نقاط التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي ومجموعة أخرى مغلقة في الوضع الطبيعي بحيث إذا تم ضغط الزر تفتح مجموعة وتغلق أخرى. وفي هذا المثال يمكن توصيل زر التحكم بحيث يكون إما مفتوح في الوضع الطبيعي/ مغلق في الوضع الطبيعي.

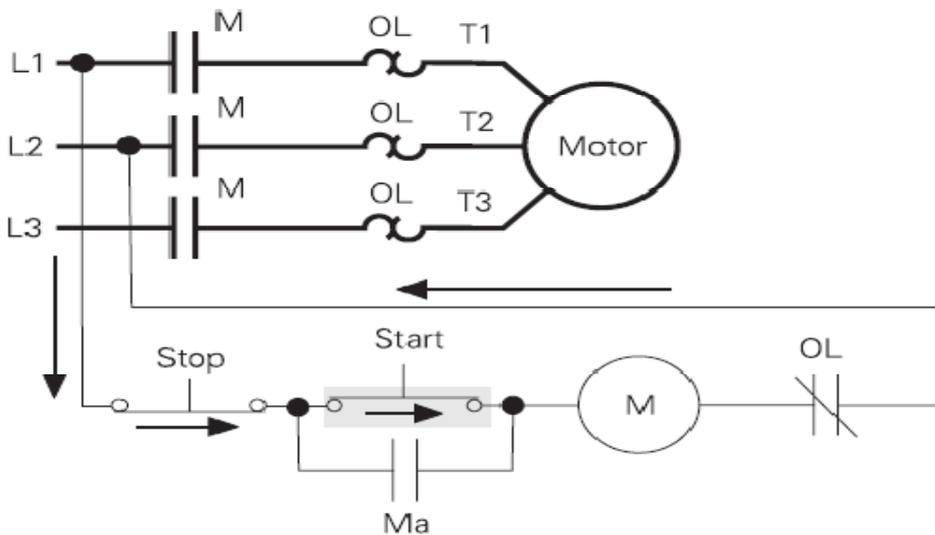
### ٥.١.٣ استخدام أزرار التحكم في الدوائر:

المخطط التالي يبين مثال على كيفية استخدام زر التحكم المفتوح/ المغلق في الوضع الطبيعي في دوائر التحكم.



شكل ١٩ مثال على التحكم باستخدام أزرار التحكم في الدوائر

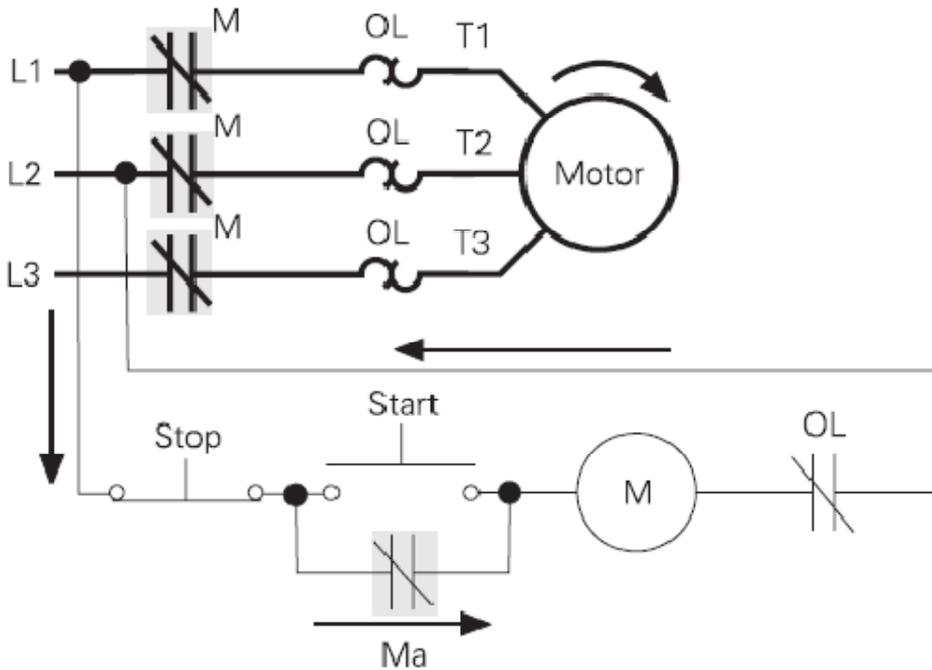
عند ضغط مفتاح التشغيل (Start) لحظياً يكتمل مسار التيار ويتم تشغيل الملف الكهرومغناطيسي الخاص بالكونتكتور (M).



شكل ٢٠ مرور التيار في الدائرة

## ٥.٢. التحكم ثلاثي التوصيل:

ضغط مفتاح التشغيل (Start) يغلق نقاط التحكم الخاصة بكلا من (M) و (Ma). عند زوال الضغط عن زر التحكم تعمل نقاط التحكم الخاصة بـ (Ma) كدائرة تثبيت لتوصيل التيار الكهربى للملف الالكترومغناطيسي الخاص بـ (M). يستمر الموتور في الدوران حتى يتم الضغط على زر التحكم المغلق في الوضع الطبيعي (Stop) مما يوقف سريان التيار إلى الملف الالكترومغناطيسي (M) ويفتح نقاط التحكم الخاصة بكل من (M) و (Ma).



شكل ٢١ تحكم ثلاثي التوصيل

ويسمى نظام التحكم السابق بنظام التحكم ثلاثي التوصيل لأنه يحتاج لثلاثة أسلاك لتوصيل أزرار التشغيل/الايقاف ودائرة التثبيت (Ma). من مميزات نظام التحكم ثلاثي التوصيل أن الموتور لن يقوم بإعادة تشغيل نفسه تلقائيا (أوتوماتيكيا) بعد حدوث أوفرلود. عند حدوث أوفرلود تفتح نقاط التحكم المفتوحة في الوضع الطبيعي وبالتالي الملف (M) يفقد شحنته ويتوقف الموتور عن العمل. عند إزالة الأوفرلود يجب أن يقوم المشغل بالضغط على مفتاح التشغيل لإعادة الموتور إلى العمل. هذه الدائرة أيضا بها حماية من انخفاض الفولت بحيث أنه إذا تم فقد طاقة التحكم ستقوم الدائرة بوقف الموتور عن العمل ولن تقوم بإعادة الموتور للعمل ذاتيا (أوتوماتيكيا) عند عودة طاقة التحكم.

## ٦. مفاتيح الاختيار:

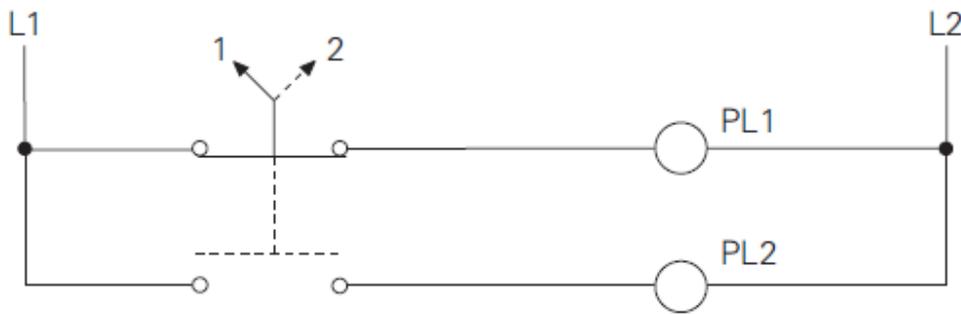
مفاتيح الاختيار تستخدم لفتح/ غلق نقاط التحكم يدويا. مفاتيح الاختيار قد تكون ثابتة، تستخدم زنبرك للرجوع أو تعمل بمفتاح وهي متاحة بأوضاع ثنائية/ ثلاثية أو رباعية.

الاختلاف الرئيسي بين زر التحكم ومفتاح الاختيار هو ميكانيكية التشغيل. يقوم المشغل بإدارة مفتاح الاختيار لفتح/ غلق نقاط التحكم. مجموعات نقاط التحكم المستخدمة مع أزرار التحكم قابلة للتغيير وهي نفسها التي تستخدم مع نفس النوع من مفاتيح الاختيار.

مفاتيح الاختيار تستخدم للاختيار بين أحد امكانيتين لتشغيل الدائرة. فمثلا تشغيل/ ايقاف، سرعة بطيئة/ سريعة.

### ٦.١. مفتاح الاختيار ثنائي الوضع:

في المثال التالي ضوء التحكم (PL1) يعمل عند تشغيل الوضع (١) في مفتاح الاختيار ثنائي الوضع بينما ضوء التحكم (PL2) يعمل عند تشغيل الوضع (٢). وهذا يعتبر جزء من دائرة التحكم لماكينة ما وحالة أضواء التحكم يمكن استخدامها لتوضيح حالتين لتشغيل للماكينة مثلا تشغيل/ ايقاف.

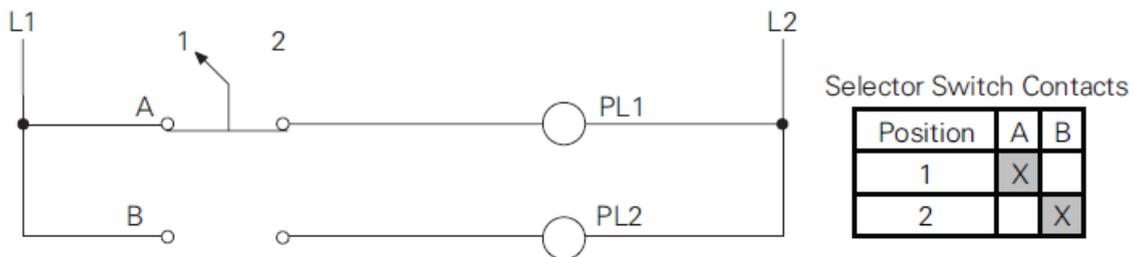


شكل ٢٢ مفتاح الاختيار ثنائي الوضع

### ٦.١.١ جدول وضعيات التشغيل لنقاط التحكم:

هناك طريقتين مقبولتين لتوضيح وضع نقاط التحكم لمفتاح الاختيار. الطريقة الأولى موضحة في المثال السابق بحيث يستخدم خط متصل/ منقط لتوضيح وضعيات التشغيل.

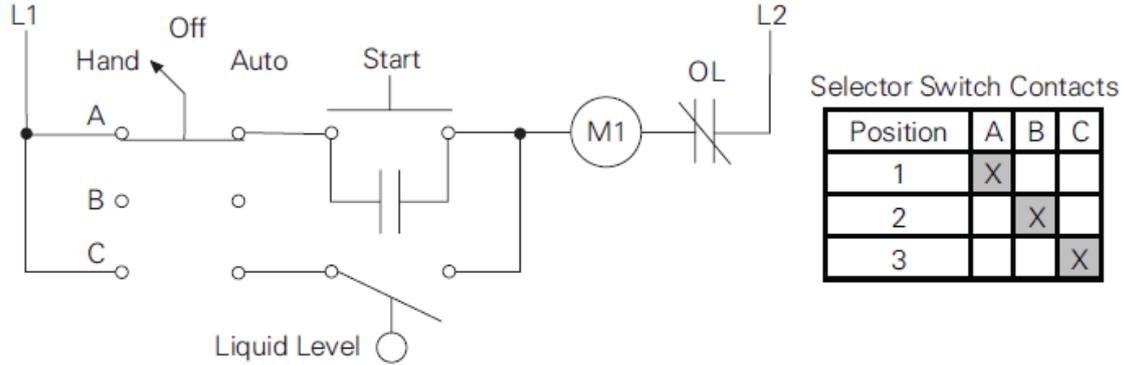
الطريقة الثانية باستخدام جدول وضعيات التشغيل لنقاط التحكم ويسمى أيضا جدول المطلوبات ويستخدم حرف كرمز لكل وضع من أوضاع نقطة التحكم. حرف (X) في الجدول يوضح أي من نقاط التحكم مغلق لوضع مفتاح معين.



شكل ٢٣ جدول وضعيات التشغيل لنقاط التحكم

## ٦.٢ . مفتاح الاختيار ثلاثي الأوضاع:

مثلا في المخطط التالي الأوضاع المتاحة هي (Hand/off/Auto) لموتور ظلمبة.

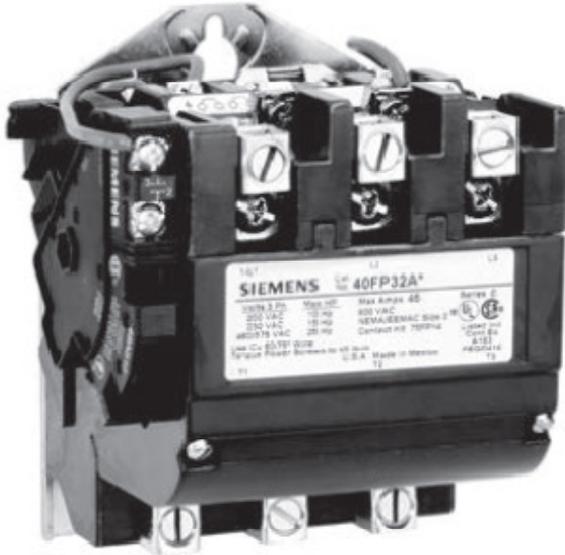


شكل ٢٤ مفتاح الاختيار ثلاثي الاوضاع وجدول وضعيات تشغيل نقاط التحكم

في وضع (Hand) يكون التشغيل يدويا وفيه تعمل الظلمبة عند ضغط مفتاح التشغيل start. ويتم ايقاف الظلمبة عند الضغط على مفتاح الايقاف off. المفتاح الخاص بمستوى السائل لا يؤثر على طريقة العمل طالما مفتاح الاختيار ليس مضبوطة على الوضع Auto وعندها يتم التحكم بالظلمبة بواسطة مفتاح مستوى السائل بحيث يغلق عند ارتفاع مستوى السائل حتى مستوى محدد مسبقا فيقوم بتشغيل الظلمبة وعند انخفاض مستوى السائل عن مستوى محدد يفتح مفتاح مستوى السائل مما يوقف الظلمبة عن العمل.

## ٧. الكونتاكتورات المغناطيسية:

طبقا لنظرية NEMA ونظرية IEC فإن أغلب التطبيقات التي تعتمد استخدام المواتير تتطلب استخدام اجهزة تحكم بعيدة لتشغيل/ ايقاف الموتور. الكونتاكتورات المغناطيسية كالموضحة بالرسم التالي تستخدم غالبا لتوفير هذه الامكانية. وكما سيتم شرحه لاحقا بعض من الكونتاكتورات المغناطيسية تستخدم للتحكم في توزيع الطاقة في دوائر التحكم في الاضاءة والحرارة.



NEMA Contactor



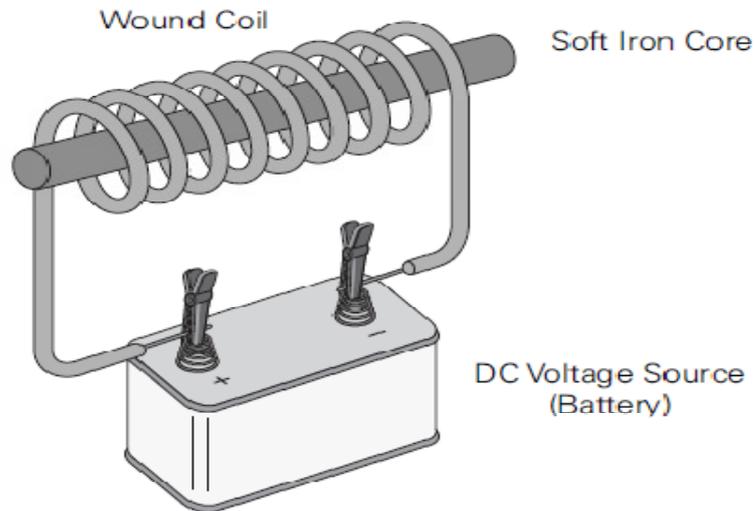
IEC Contactor

شكل ٢٥ NEMA and IEC Contactors

كالعديد من مكونات أنظمة التحكم فالكونتاكتورات غالبا يتم تصنيعها وفقا لأى من المنظمة الوطنية لمصنعي الكهرباء NEMA أو نظم المشتريات الكهروتقنية الدولية IEC.

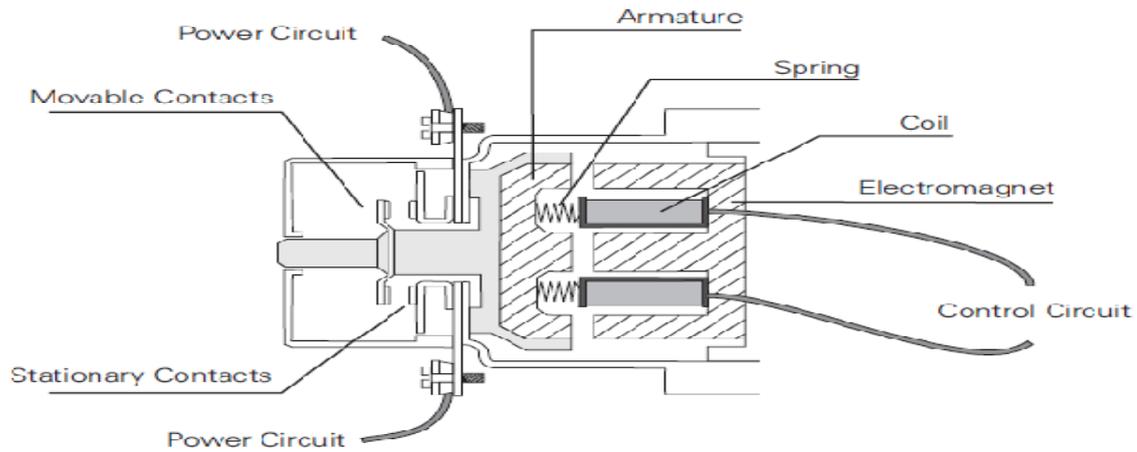
### ٧.١ نظرية عمل الكونتاكتور:

الكونتاكتورات المغناطيسية تستخدم المبادئ الالكترومغناطيسية في نظرية عملها. لفهم هذه المبادئ أنظر للشكل التالي. هناك الكترومغناطيس وهو عبارة عن عود (بار) من الحديد المطاوع ملفوف حوله ملف ويتم توصيل الملف بمصدر تيار كهربى مستمر DC (بطارية). يمر التيار خلال السلك مما يمجنت الملف بشكل مؤقت. عند فصل البطارية يتوقف التيار ويعود الملف لوضعه الغير ممغنط.



شكل ٢٦ نظرية التشغيل الأساسية للكونتاكتور

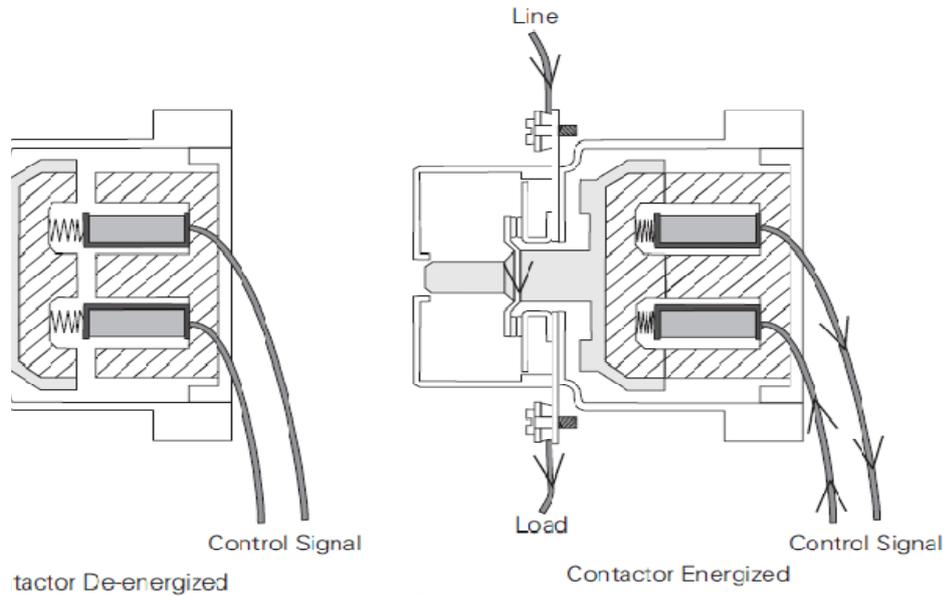
الشكل التالي يبين المكونات الداخلية للكونتاكتور. هناك عدد (٢) دائرة تستخدم لتشغيل الكونتاكتور أحدهما للتحكم والأخرى للتزويد بالطاقة. دائرة التحكم متصلة بالملف الخاص بالالكترومغناطيس بينما دائرة التزويد بالطاقة متصلة بالقطع الثابتة داخل الكونتاكتور.



شكل ٢٧ تركيب الكونتاكتور

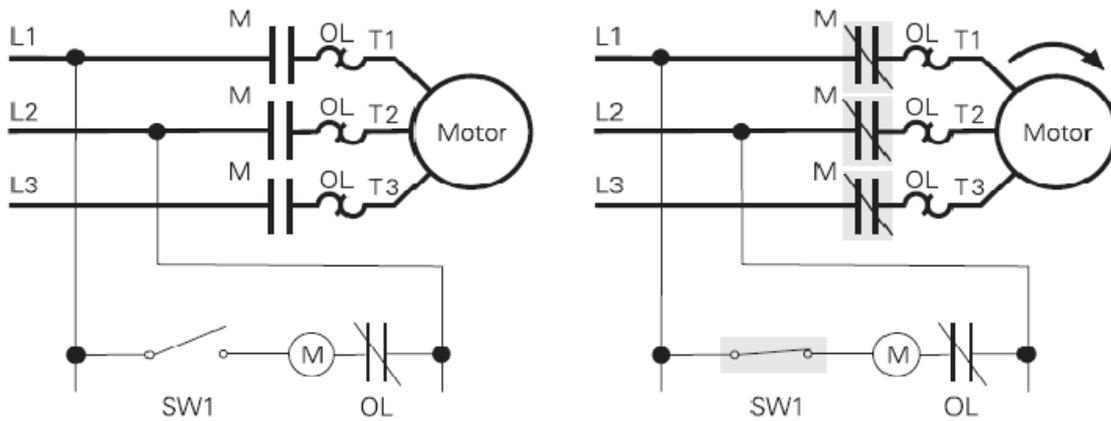
تشغيل الالكترومغناطيس الموجود بالشكل السابق مماثل لتشغيل الالكترومغناطيس الذي تم تصنيعه عن طريق لف ملف حول بار من الحديد المطاوع. عند تزويد الملف بالطاقة من خلال دائرة التحكم يتولد مجال مغناطيسي مما يمغنط الالكترومغناطيس. المجال المغناطيسي المتولد يجذب حافظة المغناطيس له مما يغلق نقاط التحكم. وعندما تكون نقاط التحكم مغلقة يمر التيار لاخل دائرة التزويد بالطاقة من الخط للحمل.

عندما يتوقف التيار الكهربى عن المرور من خلال دائرة التحكم يفقد الملف الالكترومغناطيسي شحنته وينتهى المجال المغناطيسي وتفتح نقاط التحكم بتأثير زنبرك الرجوع.



شكل ٢٨ طريقة عمل زنبرك الرجوع

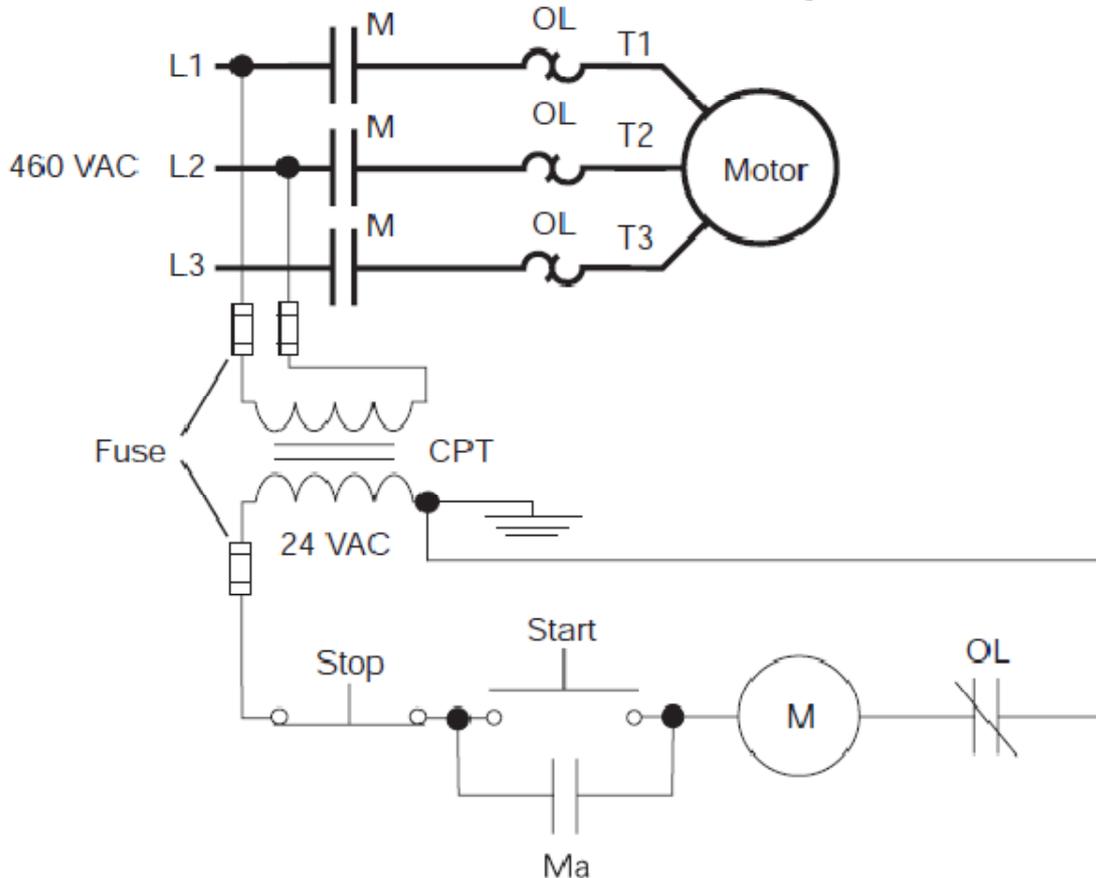
المخطط التالي يبين كونتاكتور يعمل على فتح/ غلق الموتور ثلاثي الفازات. لاحظ أن الطاقة التي تزود الملف الإلكتروني مغناطيسي لهذا الكونتاكتور يتم التحكم بها بواسطة المفتاح (SW1). عند غلق (SW1) يتم تشغيل الملف الإلكتروني مغناطيسي مما يغلق نقاط التحكم (M) ويزود الموتور بالطاقة. عند فتح (SW1) يفقد الملف الإلكتروني مغناطيسي شحنته مما يفتح نقاط التحكم (M) ويقطع الطاقة عن الموتور.



شكل ٢٩ التحكم في الموتور ثلاثي الفازات

## ٨. ترانسفورمر طاقة التحكم:

فرق الجهد الذي يتم توصيله على الأطراف الرئيسية للموتور غالبا ما يكون أعلى من فرق الجهد الذي تحتاجه دائرة التحكم. في تلك الحالات يستخدم ترانسفورمر طاقة التحكم لخفض فرق الجهد لذلك الذي تحتاجه دائرة التحكم لتقوم بعملها. في المثال التالي فرق الجهد الموجود على الجهة المبدئية من الترانسفورمر قدره ٤٦٠ فولت من التيار المتردد. هذا الجهد يتم خفضه إلى ٢٤ فولت من التيار المتردد لتستخدمه دائرة التحكم. الفيوزات الموصلة على الجهة المبدئية/ الثانوية من ملفات الترانسفورمر تعمل على حماية الترانسفورمر من ارتفاع التيار.



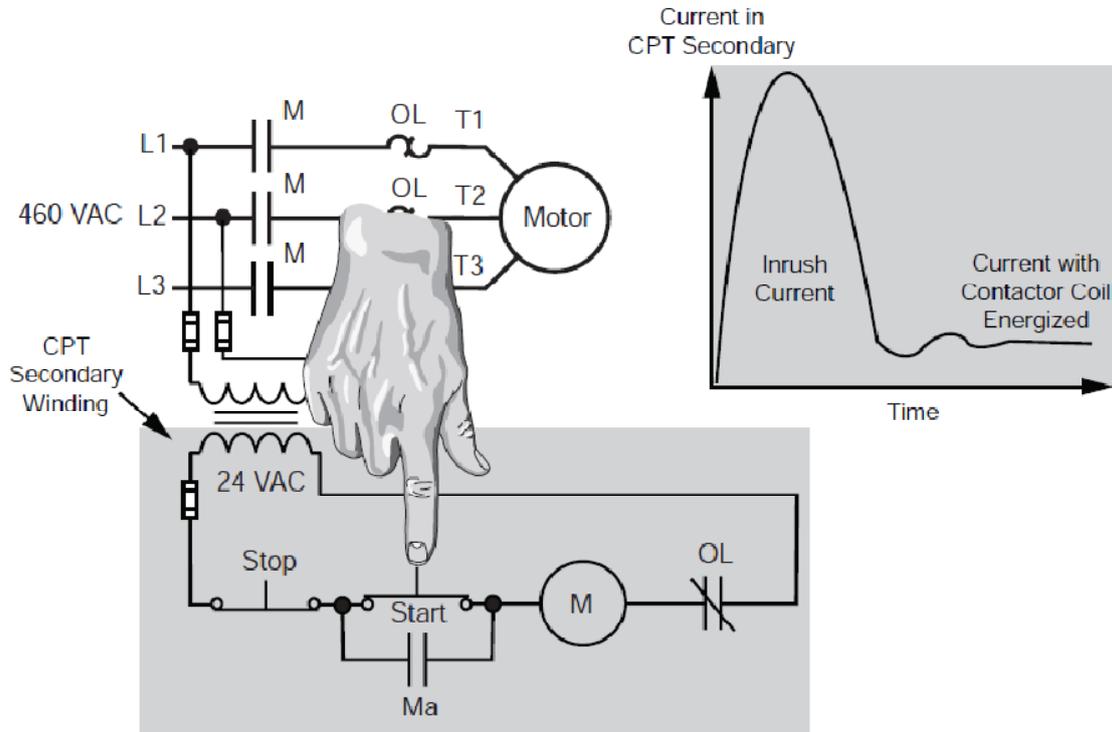
شكل ٣٠ ترانسفورمر دائرة التحكم

هناك أسماء أخرى تستخدم للإشارة إلى الترانسفورمر الخاص بطاقة التحكم ومنها:

- ترانسفورمر دائرة التحكم
- ترانسفورمر التحكم
- ترانسفورمر التيار المنقطع
- ترانسفورمر التحكم الصناعي
- ترانسفورمر أدوات التصنيع

يرجع اسم ( ترانسفورمر التيار المندفِع ) إلى أحد أهم متطلبات هذا المكون وهي استقرار الجهد الخارج خلال حالة التيار المندفِع.

عندما تكون دائرة التحكم في وضع العمل مثلا عندما يكون الملف الخاص بكونتاكتور بادئ التيار مبدئيا قد زود الكونتاكتور بالطاقة ليغلق نقاط التحكم به يكون التيار المطلوب سحبه من مصدر التيار أعلى عشرة مرات من التيار الذي يجون الملف في حاجة إليه ليحتفظ بوضع نقاط التحكم مغلقة. هذا التيار المندفِع (الكبير) قد يستمر لما يقارب ٥٠ ملي ثانية بحسب مواصفات دائرة التحكم. وكنتيجة لذلك إذا كان مصدر التيار غير مصمم لاحتمال هذا التيار الكبير المسحوب سوف ينخفض فرق الجهد الخاص بالتحكم لأقل من الذي تحتاجه دائرة التحكم لتقوم بعملها.



شكل ٣١ التحكم في موتور (تشغيل/ إيقاف) في حالة وجود ترانسفورمر

ترانسفورمر التحكم الصناعي مصمم لهذا الهدف وإذا تم اختياره بشكل مناسب للتطبيق الذي سيتم استخدامه فيه سوف يوفر ضبط مناسب لفرق الجهد على الدائرة الثانوية ليصبح من الأكيد أنه تم توصيل فرق الجهد المناسب لدائرة التحكم لتقوم بعملها.

### ٨.١ أساسيات الاختيار:

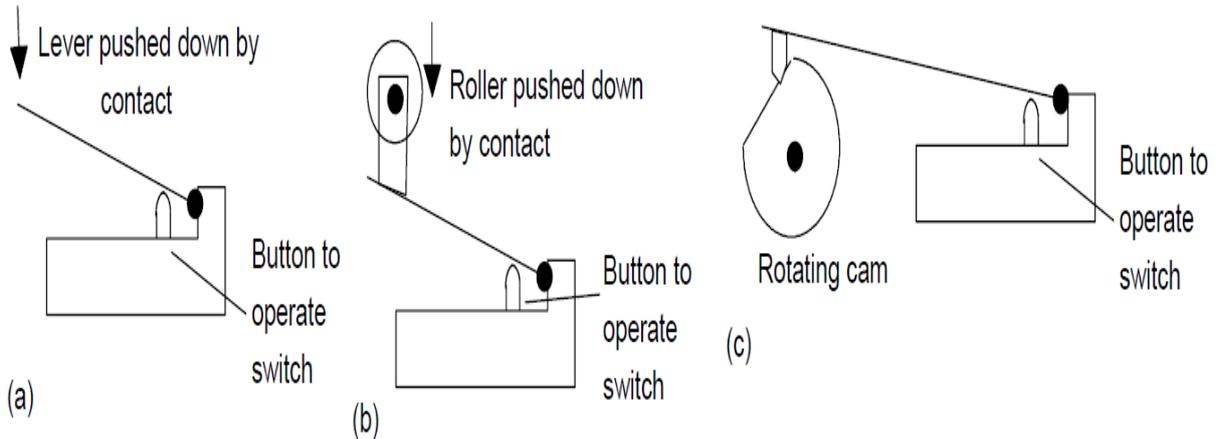
اختيار ترانسفورمر التحكم الصناعي يحتاج علم بالمبادئ التالية:

- طاقة الاندفاع: هي عبارة عن فرق الجهد الخاص بالترانسفورمر (فولت) مضروباً في التيار (أمبير) الذي تحتاجه دائرة التحكم لتبدأ عملها.
- طاقة الغلق: هي عبارة عن فرق الجهد الخاص بالترانسفورمر (فولت) مضروباً في التيار (أمبير) الذي تحتاجه دائرة التحكم بعدما تبدأ عملها.
- فرق الجهد الأساسي: مقدار فرق الجهد الذي تحتاجه ملفات الترانسفورمر المبدئية.
- فرق الجهد الثانوي: مقدار فرق الجهد الذي سيزود به الترانسفورمر دائرة التحكم.

يتم اختيار ترانسفورمر التحكم الصناعي باختيار قيمة الفولت أمبير له والذي يمكنه من احتمال الفولت أمبير المندفع الأقصى للدائرة بمعلومية عامل القدرة للدائرة. تذكر أنه بغض النظر عن قيمة الفولت أمبير الخاصة بالترانسفورمر فإن قيمة الفولت أمبير المندفع الذي يمكنه احتمالها يتناسب عكسيا مع فرق الجهد المولد على الملف الثانوي.

## ٩. مفاتيح الحد:

مفاتيح الحد تستخدم للتحديد لمكان جسم ما بصورة ميكانيكية. كل مفتاح يتكون من رأس عاملة وبها ذراع أو ميكانيزم كباس بالإضافة إلى جسم المفتاح والذي يحتوى على نقاط التحكم. عندما يحرك الجسم الذراع أو يضغط على الكباس تتغير حالة نقاط التحكم في مفاتيح الحد من مفتوح لمغلق والعكس. ويستخدم هذا التغيير في حالة نقاط التحكم للتحكم في جهاز أو نظام آخر. تتوافر مفاتيح الحد بنقاط تحكم مفتوحة/ مغلقة في الوضع الطبيعي أو بحيث يمكن ضبط حالتها. مفتاح الحد المفتوح في الوضع الطبيعي تكون نقاط التحكم الخاصة به مفتوحة في حالة عدم وجود مدخلات ميكانيكية أما إذا وجدت مدخلات ميكانيكية فإن نقاط التحكم تتحول للوضع المغلق. مفتاح الحد المغلق في الوضع الطبيعي تكون نقاط التحكم الخاصة به مغلقة في حالة عدم وجود مدخلات ميكانيكية أما إذا وجدت مدخلات ميكانيكية فإن نقاط التحكم تتحول للوضع المفتوح. مفهوم كلمة مفتاح حد يعبر عن المفتاح المستخدم لمعرفة متى وجد أو مر جسم متحرك. يمكن ربطه أيضا بكامة، عجلة أو ذراع كما يظهر في الشكل التالي:



شكل ٣٢ ربط مفتاح الحد بذراع، عجلة أو كامة

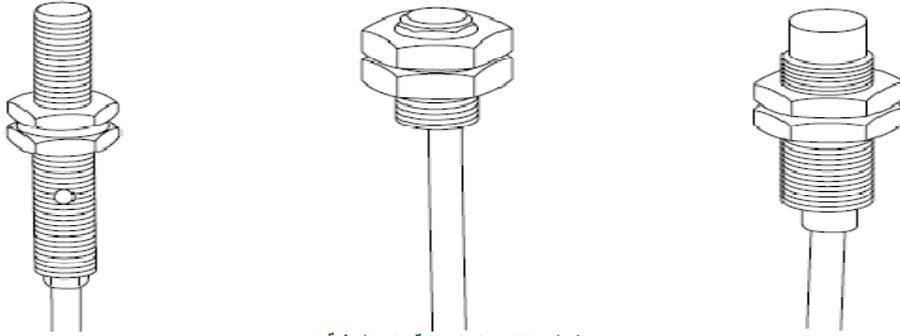
### ٩.١. المكونات الرئيسية:

- المنظم: جزء من المفتاح ملامس للجسم الذي يتم استشعاره.
- الرأس: تحتوى على الميكانيزم الذي يترجم حركة المنظم لحركات في نقاط التحكم.
- مجموعة نقاط التحكم: تحتوى على نقاط التحكم الكهربائية للمفتاح وغالبا ما تحتوى على زوجين أو أربعة أزواج من نقاط التحكم.

## ١٠. حساسات الاقتراب الحثية:

### ١٠.١. نظرية التشغيل:

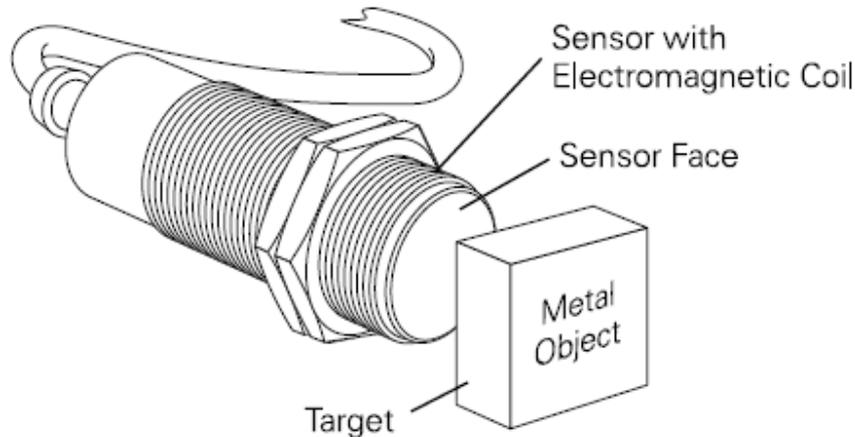
تتوافر حساسات الاقتراب الحسية بمختلف المقاسات والتصميمات لتتلاقى متطلبات التطبيقات المختلفة.



شكل ٣٣ حساسات الاقتراب الحثية

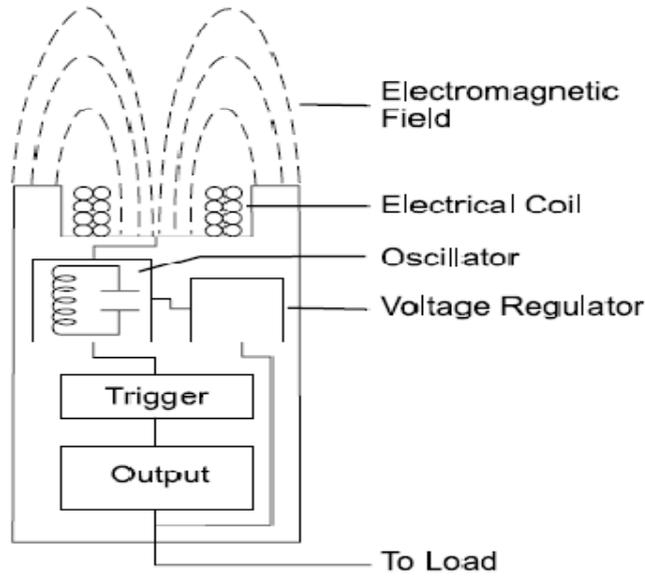
### ١٠.٢. الملف الكهرومغناطيسي والهدف المعدني:

يحتوى الحساس على ملف الكتر ومغناطيسي والذي يستخدم لمعرفة وجود جسم معدني موصل للكهرباء. يتجاهل الحساس وجود أى جسم غير معدني.



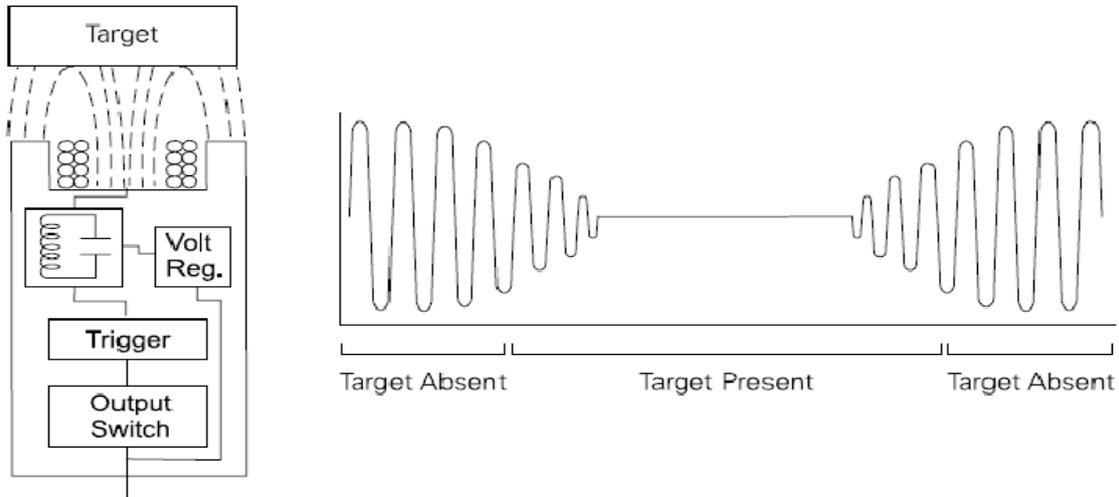
شكل ٣٤ الملف الكهرومغناطيسي والهدف المعدني

تعمل حساسات الاقتراب الحسية عن طريق مذبذب التيار الدوامي Eddy Current Killed Oscillator. وهذا النوع من الحساسات يتكون من خمس مكونات: الملف، المذبذب، بادئ تشغيل الدائرة trigger current، والمخرج. المذبذب عبارة عن دائرة مكثف حسي معدلة والتي تسبب تردد الراديو. المجال الكهرومغناطيسي الناشئ عن طريق المذبذب ينبعث من الملف بعيدا عن سطح الحساس. وتكون بذلك الدائرة لديها رد فعل من المجال لتحافظ على ذبذبة المذبذب.



شكل ٣٥ المجال الكهرومغناطيسي الناشئ عن طريق المذبذب ينبعث من الملف بعيدا عن سطح الحساس

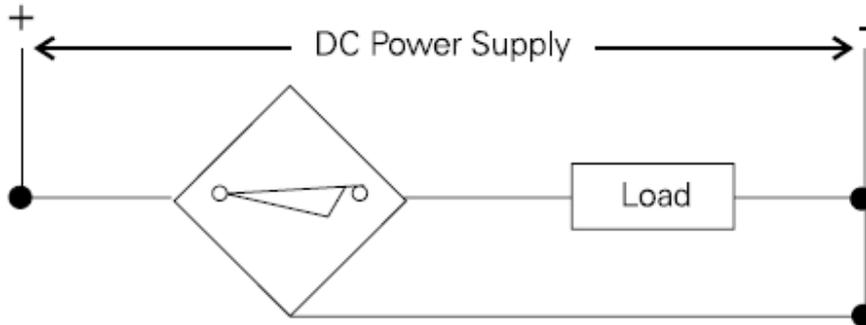
عندما يدخل هدف معدني للمجال يدور تيار دوامى حول الهدف وهو ما يولد حمل على الحساس وبالتالي يقلل مقدار المجال الكهرومغناطيسي. كما أقترت الهدف المعدني من الحساس كلما زاد التيار الدوامي. تتابع دائرة بدء التيار مقدار ذبذبة المذبذب وعند قيمة محددة تعدل حالة الحساس من الوضع الطبيعي للوضع الآخر مغلق/ مفتوح والعكس. ومع ابتعاد الهدف المعدني عن الحساس تزداد قيمة ذبذبة المذبذب. وعند قيمة محددة تعدل حالة الحساس عائدة للوضع الطبيعي.



شكل ٣٦ علاقة قرب الهدف المعدني برد فعل دائرة البدء في حساس الاقتراب الحثي

### ١٠.٣. الاجهزة التي تعمل على التيار المستمر:

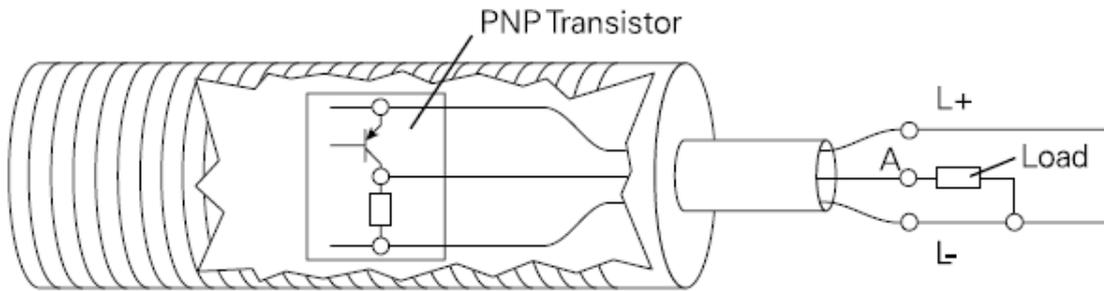
عادة تحتاج أجهزة التيار المستمر من النوع ثلاثي التوصيل (النوع ثنائي التوصيل متوافر أيضا) جهاز منفصل للتزويد بالطاقة. يتم توصيل الحساس بين الجانب الموجب والسالب لمصدر الطاقة وتعتمد قطبية التوصيل على نوع الحساس. في المثال التالي تم توصيل الحمل بين الجانب السالب لمزود الطاقة والحساس.



شكل ٣٧ توصيل الحمل والحساس ومصدر الطاقة

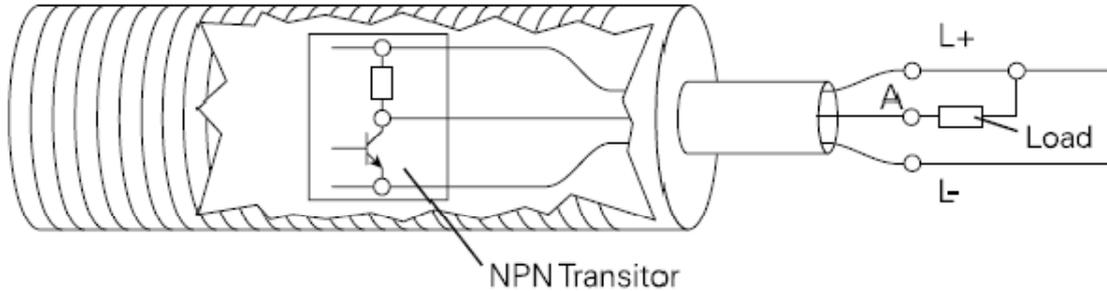
#### ١٠.٤. توصيل المخارج:

حساسات الاقتراب الحثية التي تعمل على التيار المستمر قد تكون من النوع NPN (الممتصة) أو PNP (المزودة). وهو الذي يعبر عن نوع الترانزيستور المستخدم في مخرج الترانزيستور. في الرسم التالي توضيح لمرحلة الخروج لحساس من النوع PNP. تم توصيل الحمل بين المخرج (A) والطرف السالب لمصدر الطاقة (L-). الترانزيستور من النوع PNP يحول الحمل للجانب الموجب من مصدر الطاقة (L+). عندما يتم تشغيل الترانزيستور يكتمل مسار التيار من L- وخلال الحمل وحتى L+. وهذا يسمى تزويد بالتيار **Current Sourcing** لأن في التوصيل الحالي يمر التيار من الموجب للسالب وحتى الحمل. هذه التسميات قد تسبب خلاف بين مستخدمي الحساسات لأن الكهرباء الالكترونية التي مسارها من السالب للموجب تعتبر من الحمل للحساس وذلك عندما يكون الترانزيستور من النوع PNP يعمل.



شكل ٣٨ توصيل الحمل في حالة الترانزيستور من النوع PNP

في الرسم التالي توضيح مرحلة الخروج لحساس من النوع NPN. تم توصيل الحمل بين المخرج (A) والطرف الموجب لمصدر الطاقة (L+). الترانزيستور من النوع NPN يحول الحمل للجانب السالب من مصدر الطاقة (L-). وهذا يسمى امتصاص بالتيار **Current Sinking** لأن في التوصيل الحالي فإن اتجاه التيار لداخل الحمل عندما يكون الترانزيستور يعمل. ولمرة أخرى فإن التيار الالكتروني يكون في الاتجاه المعاكس.

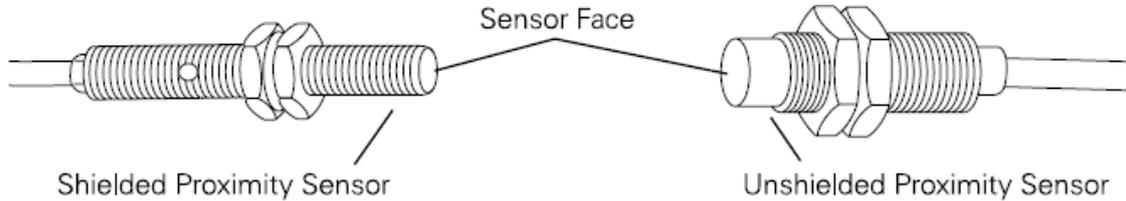


شكل ٣٩ توصيل الحمل في حالة الترانزيستور من النوع NPN

تعتبر المخرجات مفتوحة/ مغلقة في الوضع الطبيعي بناء على حالة الترانزيستور عندما يكون الهدف المعدني غائب. فمثلا لو كان مخرج PNP لا يعمل عندما كان الهدف غائبا فيكون بذلك جهاز مفتوح في الوضع الطبيعي. إذا كان مخرج ال PNP يعمل عندما كان الهدف غائبا فيكون بذلك جهاز مغلق في الوضع الطبيعي.

#### ١.٥.٥. التغطية للحماية:

تحتوي حساسات الاقتراب الحثية على ملفات ملفوفة على قوالب من الحديد ال Ferrite. يمكن أن يكون مغطى أو لا. الحساسات الغير مغطاة عادة تكون لها مسافة احساس أكبر عن نظيرتها المغطاة.



شكل ٤٠ التغطية للحماية

#### ١.٥.٥.١ الحساسات الحثية المغطاة:

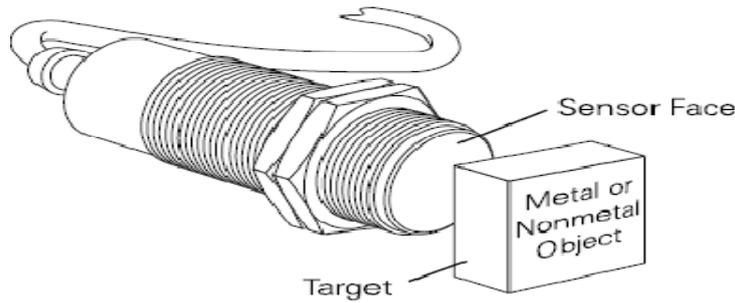
قالب الحديد ال Ferrite يركز المجال المنبعث في اتجاه الاستخدام. الحساس الحثي المغطى له حلقة من المعدن حول القالب للحد من المجال المنبعث المفقود. يمكن أن يتم تركيب الحساسات الحثية المغطاة على قاعدة من الحديد. ويفضل وجود مساحة كافية بدون معادن فوق وحول مساحة الاستشعار الخاصة على سطح الحساس. يمكن الرجوع للتكولوج الخاص بالحساس لمعرفة التوصيف في هذا الشأن. إذا وجد سطح معدني مقابل للحساس الحثي يجب أن يكون على بعد ثلاثة أضعاف مسافة الاستشعار على الأقل من سطح الحساس.



## ١.١ حساسات الاقتراب التي تعمل بالمكثفات:

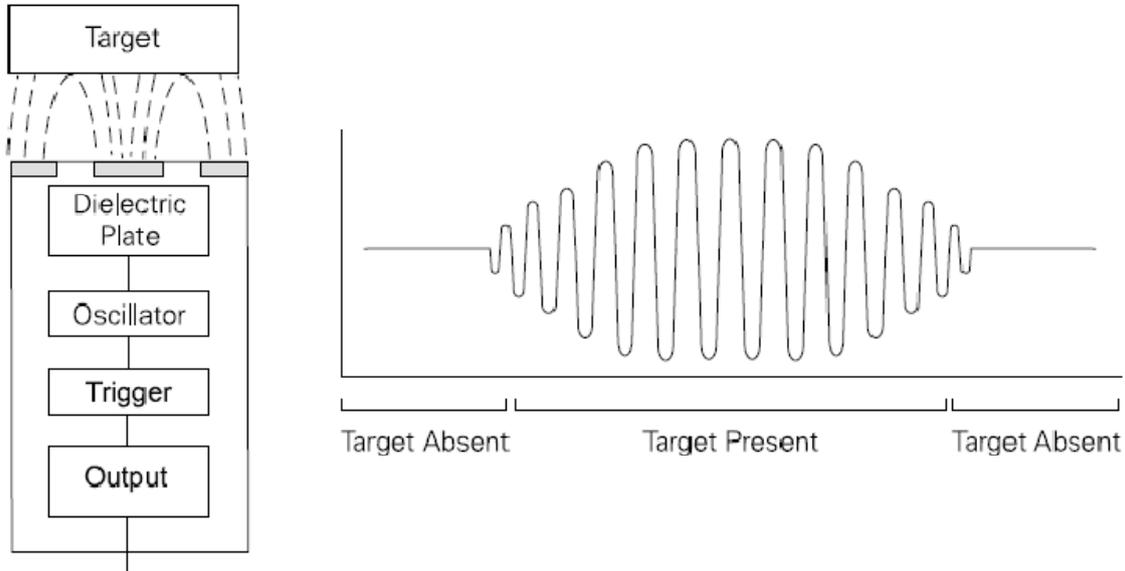
### ١.١.١ نظرية التشغيل:

حساسات الاقتراب التي تعمل بالمكثفات ممتثلة لحساسات الاقتراب الحثية. الفرق الرئيسي بين النوعين أن حساسات الاقتراب التي تعمل بالمكثفات تولد مجال الكتروستاتيكي بدلا من المجال الالكترومغناطيسي. حساسات الاقتراب التي تعمل بالمكثفات تستشعر المعادن وغير المعادن مثل الورق، الزجاج، السوائل والملابس.



شكل ٤٣ حساس الاقتراب ذو المكثفات

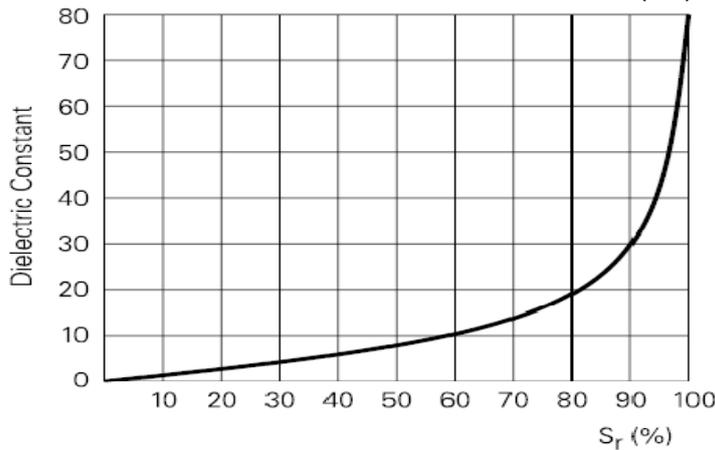
سطح الاستشعار لحساس الاقتراب ذو المكثفات يتكون من عدد (٢) الكترود من المكثفات موحدي المركز. عندما يقترب جسم ما من سطح الاستشعار ويدخل المجال الالكتروستاتيكي للالكترود فهو يغير من مواسعة Capacitance دائرة المذبذب. وبالتالي يبدأ المذبذب في الذبذبة. تقرأ دائرة البدء مقدار ذبذبة المذبذب وعندما تصل لقيمة محددة تتغير حالة الحساس. كلما تحرك الهدف بعيدا عن الحساس تقل مقدار ذبذبة المذبذب ويعود الحساس لحالته الطبيعية.



شكل ٤٤ علاقة قرب الهدف المعدني برد فعل دائرة البدء في حساس الاقتراب ذو المكثفات

## ١.١.٢. الهدف المتعارف عليه وثابت العزل الكهربائي:

هناك أهداف متعارف عليها لكل من حساسات الاقتراب ذوى المكثفات. الهدف المتعارف عليه عادة يكون معدنى و/ أو مياه. حساسات الاقتراب ذوى المكثفات تعتمد على ثابت العزل الكهربائي الخاص بالهدف. كلما كبر ثابت العزل الكهربائي لمادة ما كلما كان من الأسهل استشعارها. الرسم التالى يبين العلاقة بين ثابت العزل الكهربائي لهدف وقدرة الحساس على استشعار المادة بناء على مسافة الاستشعار (Sr).



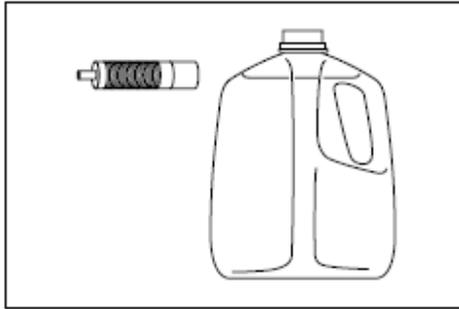
شكل ٤.٥: العلاقة بين ثابت العزل الكهربائي وقدرة الحساس على الاستشعار المادة

الجدول التالى يوضح ثابت العزل الكهربائي لبعض المواد. فمثلا لو كان حساس الاقتراب ذو المكثفات ذو مسافة احساس مقدرة ب ١٠ مم وكان الهدف الكحول كانت مسافة الاحساس الفعلية (Sr) حوالى ٨٥% من المسافة المتعارف عليها أو ٨.٥ مم.

المادة	ثابت العزل الكهربائي	المادة	ثابت العزل الكهربائي
كحول	٢٥.٨	بولى أميد	٥
ارلدائيت	٣.٦	بولى ايثيلين	٢.٣
باكالائيت	٣.٦	بولى بروبولين	٢.٣
زجاج	٥	بولى ستيرين	٣
ميكا	٦	بولى فينيل كلوريد	٢.٩
لدائن صلبة	٤	بورسلين	٤.٤
رقائق ورقية	٤.٥	بريس بورد	٤
خشب	٢.٧	سيليكازجاج	٣.٧
مركب كابلات	٢.٥	سيليكارمل	٤.٥
هواء	١	لدائن سليكون	٢.٨
رخام	٨	تيفلون	٢
ورق مدعم بالزيت	٤	زيت تربنتين	٢.٢
ورق	٢.٣	زيت ترانسفورمر	٢.٢
بارافين	٢.٢	مياه	٨٠
بتترول	٢.٢	لدائن خفيفة	٢.٥
بليكسى جلاس	٣.٢	سليولويد	٣

### ١١.٣. الاستشعار خلال فواصل:

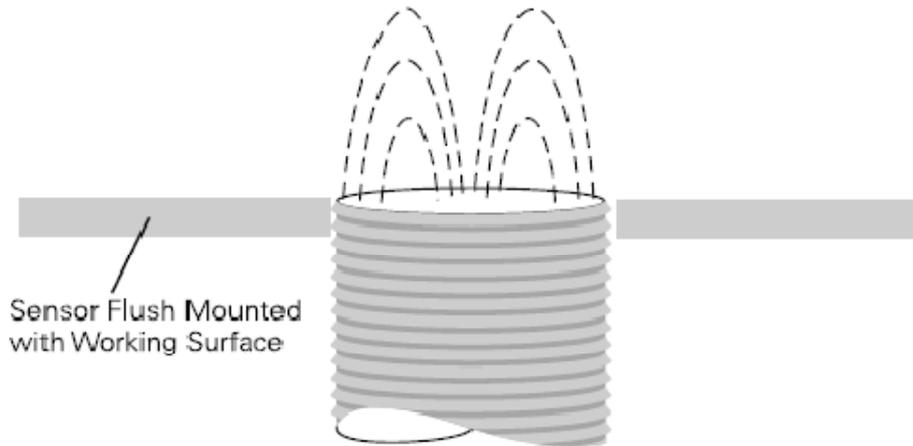
من تطبيقات حساس الاقتراب ذو المكثفات هو مقدار الاستشعار خلال فواصل. فمثلا المياه لها ثابت عزل كهربائي أعلى من البلاستيك مما يعطى الحساس القدرة على (الرؤية من خلال) البلاستيك لاستشعار المياه.



شكل ٤٦ الرؤية من خلال البلاستيك لاستشعار المياه

### ١١.٤. التغطية للحماية:

جميع حساسات الاقتراب ذوات المكثفات مغطاة للحماية. هذه الحساسات قادرة على استشعار المواد الموصلة مثل النحاس، الالومنيوم، أو السوائل الموصلة وكذلك المواد غير الموصلة مثل الزجاج، البلاستيك، الملابس، والأوراق. الحساسات المغطاة يمكن تركيبها على قاعدة بدون التأثير على خواص الاستشعار الخاصة بها. ويجب مراعاة أن هذا النوع من الحساسات يستخدم في بيئة جافة. إذا وصلت السوائل لسطح الاستشعار يمكنها جعل الحساس يعمل.



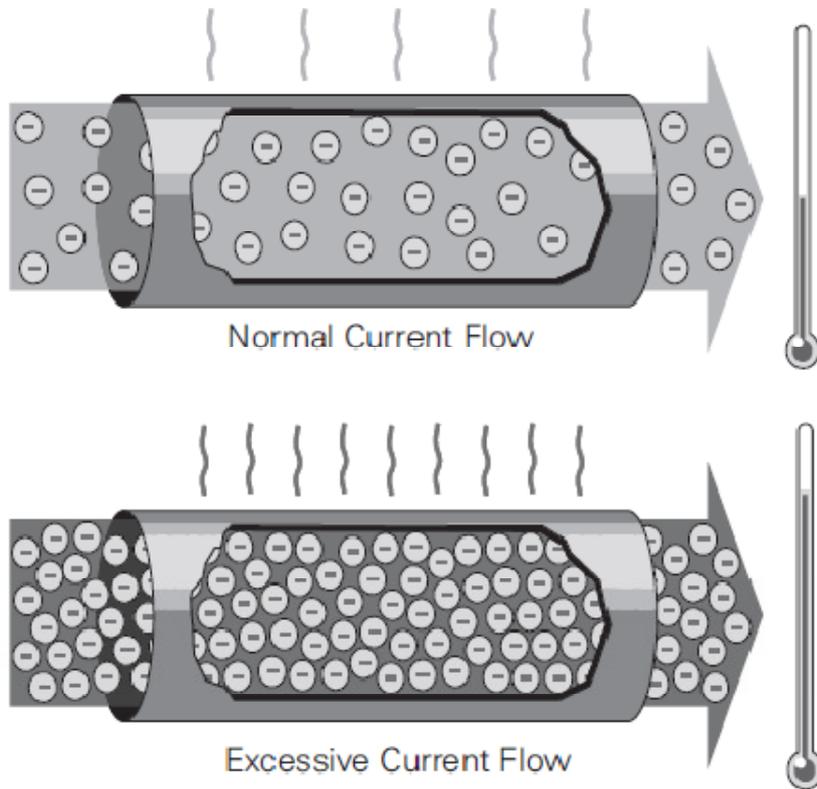
شكل ٤٧ تركيب حساس الاقتراب ذو المكثفات

## ١٢. الحماية من الأوفرلود:

بعض مجموعات التحكم التي تمت تغطيتها سابقا تم تصميمها لحماية المواتير من الأوفرلود. لفهم هذه المكونات يجب أن نشرح أولا ما هو الأوفرلود وكيف يختلف عن مفهوم Short circuit وهو نوع آخر من حالات ارتفاع التيار عن الحد المسموح به.

### ١٢.١. التيار ودرجة الحرارة:

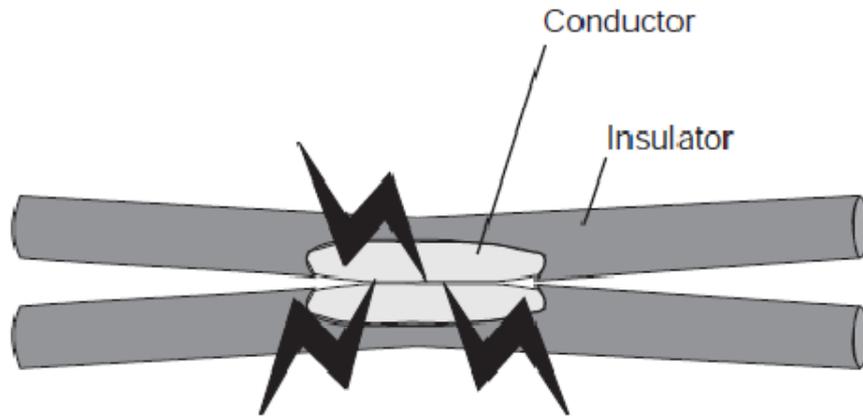
دائما ما تتولد حرارة مع مرور التيار. كمية الحرارة التي تتولد تتناسب طرديا مع كلا من كمية التيار الكهربى المار والمقاومة التي تقابله في مساره. لاحظ أن الموصلات الكهربائية يمكن أن تفسد اذا ارتفعت درجة الحرارة عن حد معين خلالها ولهذا فلكل موصل معدل للمرور المستمر للتيار يسمى ampacity. التيار الزائد عن الحد يسمى overcurrent. وقد يتسبب من short circuit، أوفرلود، أو خطأ تأريض.



شكل ٨: تولد حرارة مع مرور التيار

### ١٢.٢. القصر short circuit:

عادة يكون العزل المستخدم لفصل الموصلات مانع للتيار من المرور بين الموصلات. عندما يفسد هذا العزل يحدث short circuit. الشورت سيركت تحدث عند تلامس سلكين غير معزولين وتكون المقاومة بينهما تقترب من الصفر. هذا الانخفاض في المقاومة تتسبب في الارتفاع المطرد للتيار إلى أضعاف التيار الطبيعي المار.

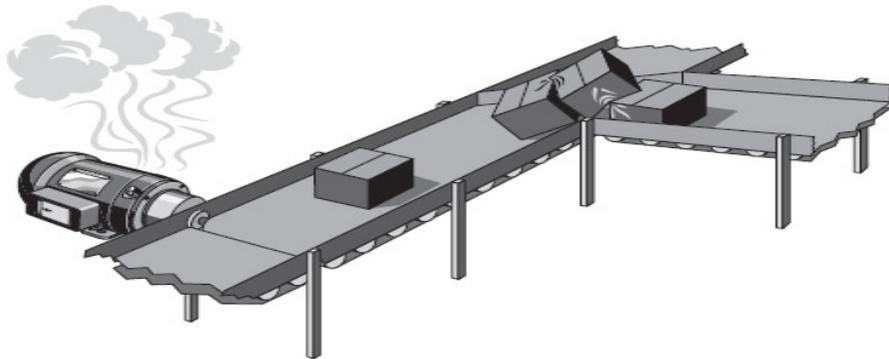


شكل ٤٩ كيف يحدث القصر

لفهم ذلك بصورة أكثر وضوحاً اعتبر العلاقة بين التيار والمقاومة والموصفة بقانون أوم. مثلاً إذا كان الفولت في الدائرة ٢٤٠ فولت والمقاومة ٢٤ أوم يكون التيار ١٠ أمبير. إذا حدث شورت سيركت تنخفض المقاومة بين الموصلات إلى قيمة صغيرة جداً مثلاً ٠.٢٤ أوم. مما يسبب ارتفاع التيار بصورة طردية (١٠٠٠٠٠ أمبير) درجة الحرارة المولدة نتيجة هذا التيار قد تتسبب في دمار المعدات الموصلة مع الموصلات الكهربائية إذا لم يتم مقاطعته لحظياً باستخدام قاطع التيار أو الفيوز.

### ١٢.٣. الأوفرلود:

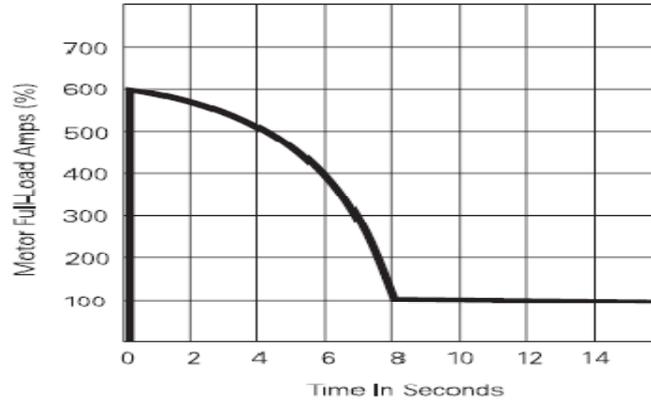
على العكس الأوفرلود يتم فيه ارتفاع التيار بصورة أقل منه في حالة الشورت سيركت. الأوفرلود يحدث عندما يكون هناك العديد من الأجهزة الموصلة على الدائرة الكهربائية أو عندما يتم توصيل معدة كهربية بحيث تعمل بمعدل تيار أعلى من المفترض احتمالها. مثلاً إذا تعطل سير كهربى نتيجة تدافع المنقولات عليه أو خروجها من مسارها سيقوم الموتور الخاص بالسير بسحب تيار كهربى أعلى مرتين أو أكثر من الطبيعي.



شكل ٥٠ أوفرلود على خط الانتاج

في المثال السابق الأوفرلود تولد نتيجة ارتفاع التيار عن الحد المسموح به في الدائرة لفترة كبيرة. في هذه الحالة يجب أن يقوم جهاز الحماية ضد ارتفاع التيار باغلاق عمل الدائرة. في حالة الأوفرلود لمدة صغيرة يجب ان يختلف رد الفعل حيث انه من غير المرغوب في هذه الحالة اغلاق عمل الدائرة. لفهم هذه النقطة بصورة أوضح اعتبر ما يحدث عند بدء تشغيل موتور. أغلب المواتير عند بداية عملها تسحب كمية كبيرة من التيار عنه في حالة الحمل الكامل. مثلاً الموتور المصمم وفقاً للمنظمة الوطنية لمصنعي الكهرباء NEMA نظام B مزود بإمكانية سحب تيار بدء حوالي ٦ أضعاف التيار المستخدم عند الحمل الكامل. حتى بالنسبة لبعض المواتير ذات الكفاءة العالية قد يكون تيار البدء أكبر من ذلك. إذن فالمواتير مصممة لاحتمال تيار بدء كبير لمدة صغيرة.

عندما يبدأ الموتور في العمل ينخفض التيار المسحوب بسرعة كبيرة. في المثال التالي تيار البدء ٦٠٠% منه في حالة الحمل الكامل. ولكن بعد ٨ ثواني انخفض الضغط لقيمتته في حالة الحمل الكامل.



شكل ١ تيار البدء ٦٠٠% منه في حالة الحمل الكامل

### ١.٢.٣.١ الحماية ضد الأوفرلود:

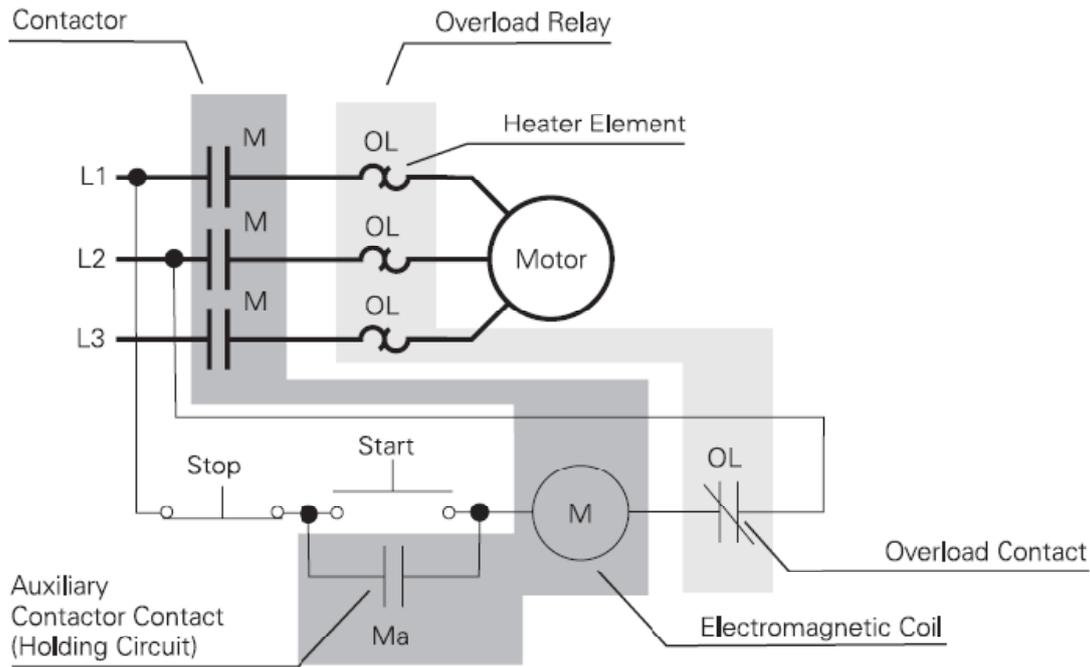
الفيوزات وقواطع التيار مصممة لحماية دوائر التوصيل في حالة الشورت سيركت short circuit أو الأوفرلود. في هذه الحالات تقوم هذه الأجهزة بفتح مسار مرور التيار قبلما يحدث انهيار للموصلات. في دائرة التحكم بموتور ما تكون الموصلات، الفيوزات وقواطع التيار مختارة بما يناسب الدائرة بحيث تسمح بمرور تيار بدء كبير للموتور. ولهذا السبب تكون الحماية من الأوفرلود بواسطة جهاز منفصل كريلاي الأوفرلود.

### ١٣. بادئ التشغيل:

الكونتاكتورات وريليات الأوفرلود أجهزة تختلف عن بعضها. عند اتحادهما يسمى بادئ التشغيل لموتور **Motor Starter**. بوادي تشغيل المواتير المصنعة طبقا للمواصفات **NEMA** تسمى **NEMA Starters**. عندما يكون كونتاكتور بادئ التشغيل قادر على توصيل كامل الجهد الكهربى لموتور يسمى كامل الجهد **Full Voltage**، **Across The Line**، **Direct Motor Starter**.

بعض من بوادي التشغيل قادرة على عكس اتجاه الموتور بواسطة التحكم في جهد التشغيل (البداء) أو التحكم في اثنين من مواتير السرعة. وعلى الرغم من ذلك فإن أغلب استخداما بين بوادي تشغيل المواتير مصممة لتشغيل/ ايقاف المواتير وكذلك توفير حماية من الأوفرلود. ريلاي الأوفرلود قد يكون من النوع الحرارى **Thermal Overload Relay** أو من النوع الالكترونى **Electronic Overload Relay**.

الرسم التالى يبين العلاقة الكهربائية بين الكونتاكتور وريلاى الأوفرلود في دائرة بادئ تشغيل كامل الجهد لموتور **Full Voltage Motor Starter Circuit**. الكونتاكتور (مظل في الرسم) يتكون من ملف الكتر ومغناطيسى (M) في دائرة التزويد بالطاقة، نقاط تحكم احتياطية (Ma) في دائرة التحكم وكذلك نقاط تحكم أساسية (M) في دائرة التزويد بالطاقة. ريلاي الأوفرلود يتكون من ثلاث نقاط تحكم حرارية (OL) في دائرة التزويد بالطاقة ونقاط تحكم احتياطية (OL) في دائرة التحكم.



شكل ٥٢ دائرة بدء التشغيل لموتور ثلاثى الفازات

في هذه الدائرة عند الضغط على زر التشغيل **Start** يتم توصيل الطاقة للملف وتغلق نقاط التحكم (M) مما يوصل الطاقة للموتور من خلال نقاط الأوفرلود ريلاي (OL). في نفس الوقت تغلق نقاط التحكم (Ma) بحيث عند ترك الضغط على زر التشغيل **Start** تظل الطاقة واصلة للملف.

يستمر الموتور في الدوران حتى يت مالضغط لعى مفتاح الايقاف **Stop** الا إذا حدث أوفرلود. إذا حدث أوفرلود تفتح نقاط التحكم (OL) مما يوقف مرور الطاقة للموتور وهو ما يجب علمه لايقاف الموتور من اعادة التشغيل تلقائيا بعدما يبرد ريلاي الأوفرلود.

المنظمة الوطنية لمصنعي الكهرباء (NEMA) وكذلك المجتمع الدولي للكهرباء التطبيقية (IEC) هما منظمتان يقدمان مواصفات الكونتاكتورات، بوادئ تشغيل المواتير، وكذلك أنواع أخرى من مكونات أنظمة التحكم. بينما تذكر NEMA مع الاجهزة المستخدمة في أمريكا الشمالية. بينما تذكر IEC مع الاجهزة المستخدمة في مختلف الدول حول العالم.

### ١٣.١. مواصفات NEMA:

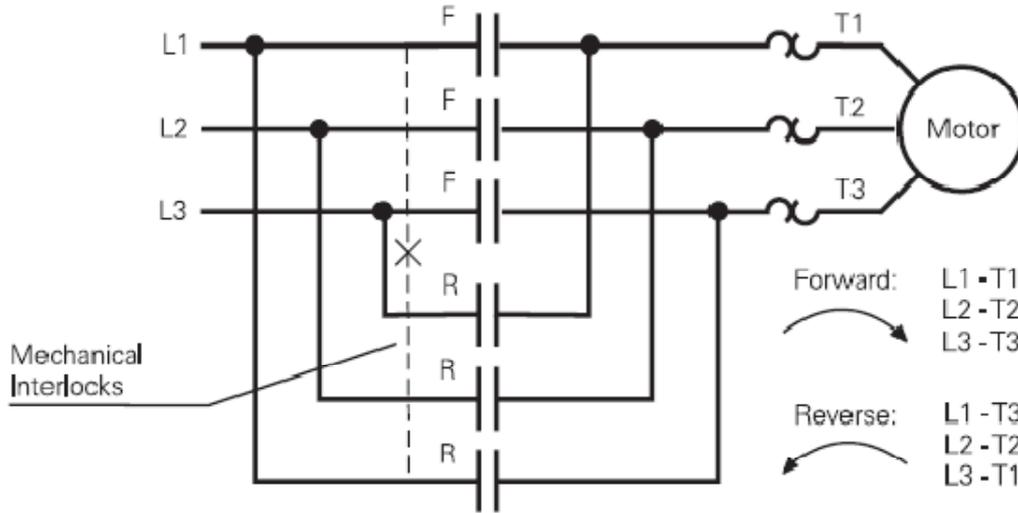
الكونتاكتورات وبوادي التشغيل مصممة طبقاً لحجم ونوع الحمل المصممة لاحتماله. مواصفات NEMA طبقاً لأقصى قدرة بالحصان طبقاً ل NEMA ICS2. بوادي تشغيل المواتير والكونتاكتورات المصممة طبقاً لمواصفات NEMA يتم اختيار النوع المستخدم في التطبيق منهم بحسب مقياس NEMA ويبدأ من (٠٠) وحتى (٩).

مقياس NEMA	الامبير المستمر	HP 230 VAC	HP 460 VAC
٠٠	٩	١	٢
٠	١٨	٣	٥
١	٢٧	٥	١٠
٢	٤٥	١٥	٢٥
٣	٩٠	٣٠	٥٠
٤	١٣٥	٥٠	١٠٠
٥	٢٧٠	١٠٠	٢٠٠
٦	٥٤٠	٢٠٠	٤٠٠
٧	٨١٠	٣٠٠	٦٠٠
٨	١٢١٥	٤٥٠	٩٠٠
٩	٢٢٥٠	٨٠٠	١٦٠٠

اجهزة التحكم في المواتير المصممة وفقاً للمواصفات NEMA أصبحت من المتعارف عليها بشكل كبير لأنها تصمّمها يتحمل الشغل الشاق. الكونتاكتورات وبوادي التيار التي تعمل وفقاً للمواصفات NEMA يمكن استخدامها في أي تطبيق مع اختلافات تعقيدات كل تطبيق. لاختيار بادئ تشغيل طبقاً لمواصفات NEMA لموتور ما ستحتاج لمعرفة قدرة الموتور بالحصان وجهد تشغيله بالفولت فقط. على الرغم من ذلك إذا زاد التعقيد في طريقة الحركة المطلوبة من الموتور الذي سيتم تشغيله يمكن تغيير الاختيار طبقاً ل NEMA وكان القدرة المطلوبة أعلى.

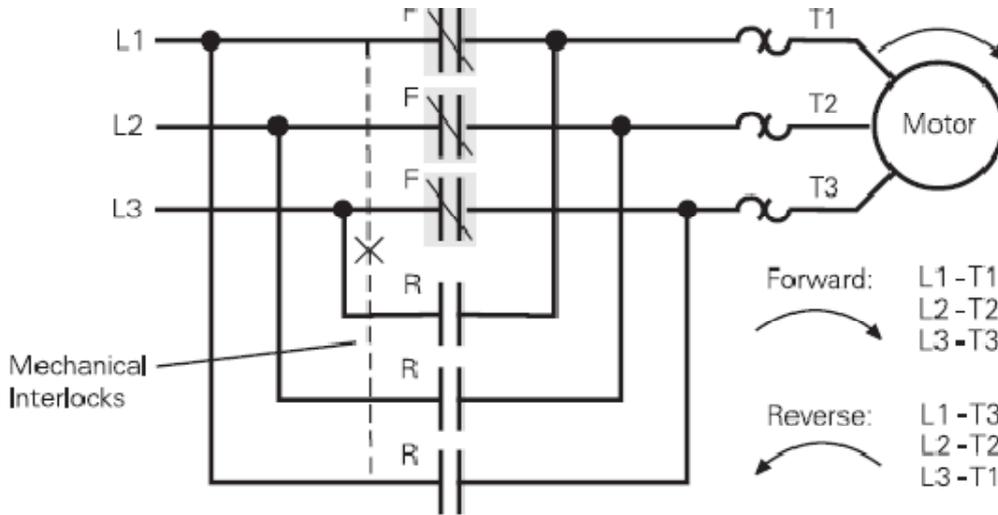
### ١٣.٢. بوادي التشغيل عاكسة الحركة:

الكثير من التطبيقات تحتاج أن يعمل الموتور في أي من الاتجاهين. اتجاه دوران الموتور يتغير بتغيير اتجاه سريان التيار خلال الملفات. يتم عمل ذلك في الموتور ثلاثي الفازات بتغيير اتجاه أي اثنين من أطراف الموتور الثلاثة. غالباً يتم عكس T1, T2. الرسم التالي يوضح دائرة عكس الاتجاه لموتور ثلاثي الفازات وبه عدد (١) مجموعة من نقاط التحكم في الاتجاه الأمامي (F) والتي يتم التحكم بها عن طريق الكونتاكتور (F) وكذلك عدد (١) مجموعة من نقاط التحكم في الاتجاه العكسي (R) والتي يتم التحكم بها عن طريق الكونتاكتور (R).



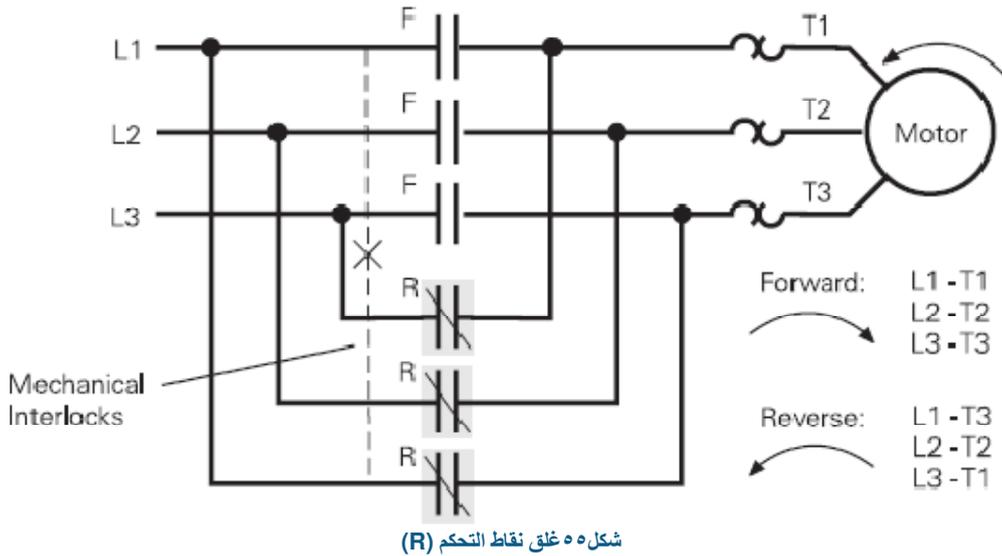
شكل ٣ دائرة عكس الاتجاه لموتور ثلاثي الفازات

عندما تغلق نقاط التحكم (F) يمر التيار خلال الموتور مما يجعله يدور في اتجاه عقارب الساعة.



شكل ٤ غلق نقاط التحكم (F)

عندما تفتح نقاط التحكم (F) وتغلق نقاط التحكم (R) يمر التيار خلال الموتور في الاتجاه العكسي مما يجعله يدور في عكس اتجاه عقارب الساعة. الحماية (انترلوك) تمنع تشغيل كلا من دائرتي الاتجاهين المعاكسين في نفس الوقت.



### ١٣.٣. بوادئ التشغيل ذات الأحمال العالية ثنائية السرعة:

سرعة التشغيل المفترضة لموتور حتى ثلاثي الفازات ترتبط بتردد المصدر وعدد الاقطاب. تقدر هذه السرعة بعدد اللفات في الدقيقة RPM الخاصة بالمجال المغناطيسي للموتور.

فمثلا الموتور رباعي الاقطاب على خط مصدر متردد للطاقة تردده ٦٠ هرتز له سرعة مفترضة ١٨٠٠ لفة/دقيقة.

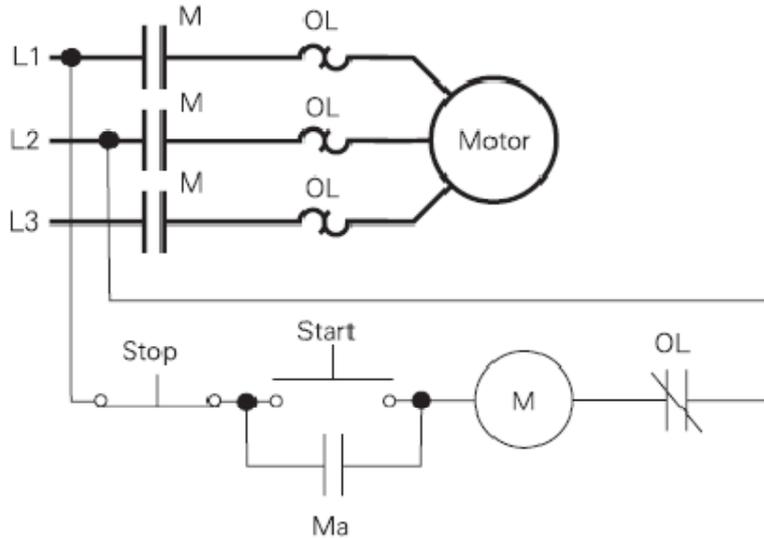
لموتور حتى ثلاثي الفازات، السرعة الحقيقية للجزء الدوراني دائما أقل من السرعة المفترضة وذلك نتيجة الانزلاق Slip. تصميم الموتور وقيمة الحمل تحدد نسبة الانزلاق. فمثلا لموتور طبقا لمواصفات NEMA B والذي له سرعة مفترضة ١٨٠٠ لفة/دقيقة سيكون له سرعة ١٦٥٠ إلى ١٧٥٠ لفة/دقيقة عند الحمل الكامل. عندما يتطلب التطبيق علم المواتير عند سرعات مختلفة تتغير مواصفات الموتور مع السرعة. ولذلك الاختيار السليم للموتور مع التطبيق مهمة حساسة. هناك ثلاث تصنيفات للتطبيقات متعددة السرعات: ثابتة العزم، متغيرة العزم، ثابتة القدرة.

- التطبيقات ثابتة العزم (CT): تحتاج عزم ثابت عند التشغيل لكل السرعات. تتغير القدرة بالحصان مع تغير السرعة. فمثلا الكثير من تطبيقات سيور الحركة تحتاج عزم ثابت.
- التطبيقات متغيرة العزم (VT): غالبا لها عزم أحمال يتناسب طرديا مع مربع السرعة ومن أمثلتها المراوح البلاورات والطمبات المركزية.
- التطبيقات ثابتة القدرة (CHT): تثبت القدرة عند جميع السرعات مع تغيير العزم عكسيا مع السرعة. من التطبيقات المثاقب، المخارط، الفريزة، ماكينة الثني والمكابس.

هناك نوعان للمواتير الحثية الخاصة بالتحكم ثنائي السرعات باستخدام بواقي تيار مغناطيسية وهما: المواتير ذوات الملفات المنفصلة، والمواتير ذوات الاقطاب المتلاحقة. المواتير ذوات الاقطاب المتلاحقة والذين لهم سرعتان على ملف واحد يحتاجوا بادئ تشغيل والذي يعيد توصيل أطراف الموتور لنصف عدد الاقطاب الفعالة للموتور للحصول على سرعة تشغيل عالية. ولهذا النوع من المواتير: السرعة البطيئة تساوي نصف السرعة العالية. المواتير ذوات الملفات المتلاحقة لها ملف لكل سرعة و توفر سرعات مختلفة أكثر لأن السرعة البطيئة لا يجب ان تكون نصف السرعة العالية و كل سرعة لها بادئ تشغيل.

#### ١٣.٤. بدء التشغيل للجهد الكامل:

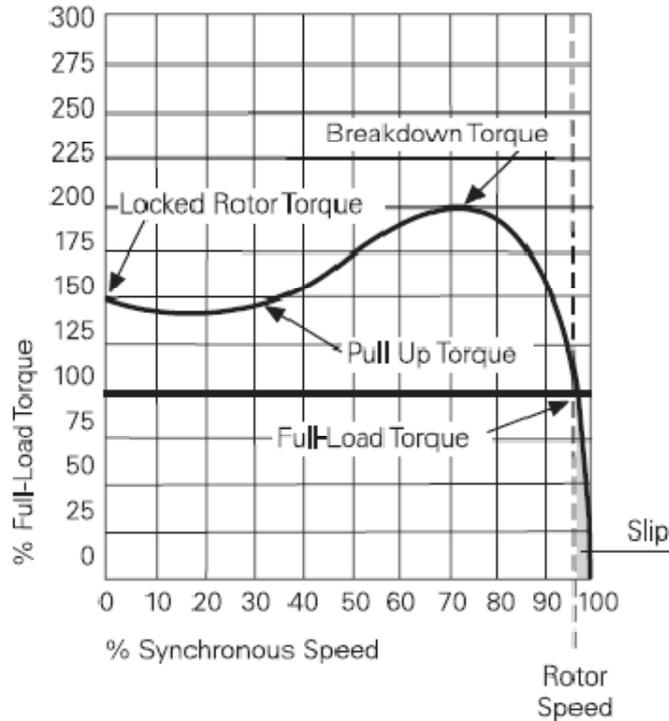
كل بواقي تشغيل المواتير التي سبق دراستها هي مواتير جهد كامل وهي الاكثر شيوعا. لأن التكلفة المبدئية للمكونات قليلة. ويسمى بادئ تشغيل الجهد الكامل أيضا بادئ تشغيل عبر الخط الرئيسي Across the Line Starter. لأنه يقوم بتشغيل الموتور بتوصيل الجهد الكامل.



شكل ٥٦ بدء تشغيل الجهد الكامل

عندما يتم تشغيل موتور بواسطة الجهد الكامل. يكون تيار البدء حوالي ٦٠٠% من التيار في حالة الحمل الكامل للموتور الحثي ثلاثي الفازات وحوالي ١٢٠٠% من التيار في حالة الحمل الكامل للمواتير العالية الكفاءة. تيار البدء الكبير الذي سبق دراسته يسبب تقلبات في القدرة والتي تؤثر على الاجهزة الاخرى. وكنتيجة لذلك، الكثير من شركات الطاقة تستخدم تقليل جهد البدء للمواتير العالية القدرة.

المشكلة الاخرى لجهد البدء الكلي هي العزم الكبير والذي يتولد عند توصيل الطاقة في البداية للموتور. كما يظهر في الشكل التالي منحنى السرعة/ العزم لمواتير صممت طبقا للمواصفات NEMA B ويسمى العزم في بداية التشغيل أيضا عزم غلق الاجزاء الدورانية في الموتور وه ويقارب ١٥٠% العزم في حالة الحمل الكامل. بالاضافة لذلك، قد يزيد العزم إلى ١٧٥ - ٢٠٠% منه في حالة الحمل الكامل وذلك حينما يكون الموتور متسارعا.



شكل ٥٧ منحنى السرعة/ العزم

الكثير من التطبيقات تتطلب أن يكون عزم البدء متدرجا. فمثلا التطبيقات التي تحتوى على السير الذي يعمل بالحزام belt type conveyor غالبا ما تتطلب أن يكون عزم التشغيل متدرجا لمنع الانزلاق والكبس. وكذلك في أى تطبيق يتطلب البدء المتلاحق كلما زاد عزم التشغيل الابتدائي مع الوقت يكون السبب في تكلفة أعلى للصيانة سبب تكرار الصدمة الميكانيكية.

### ١٣.٥. بدء التشغيل بجهد أقل:

يعنى بدء تشغيل الموتور بجهد أقل من جهد التشغيل الطبيعي ويزداد الجهد مع السرعة. ويستخدم حينما يكون من الواجب الحد من تيار البدء و/ أو العزم الابتدائي لموتور. وهناك العديد من الطرق لتقليل جهد التشغيل.

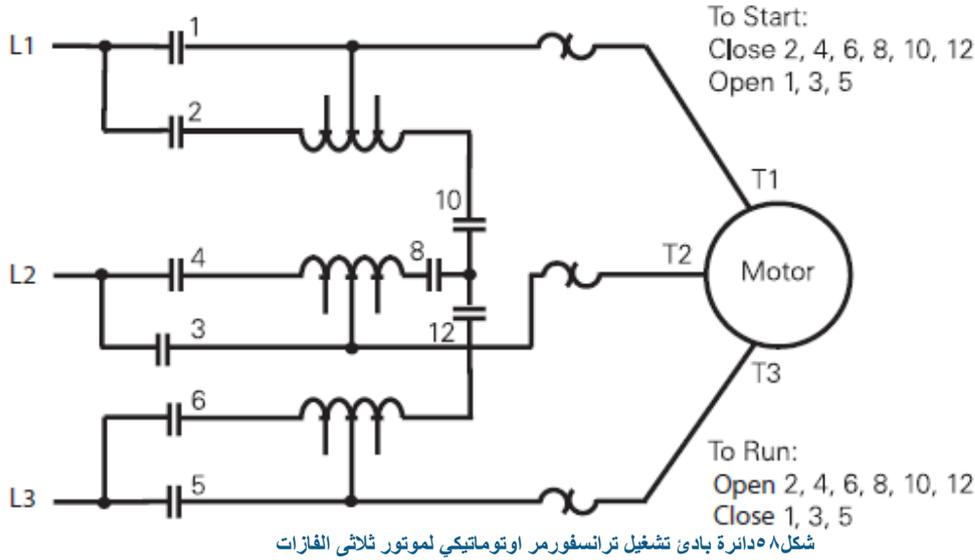
الأنواع التالية من بواى التشغيل بجهد أقل طبقا للمواصفات NEMA: بواى تشغيل ترانسفورمر أوتوماتيكي، بواى تشغيل اجزاء الملفات Part-Winding Starter، وبواى تشغيل ستار دلتا. وكذلك من المتوافر بواى التشغيل بجهد أقل في الحالة الصلبة والتي يطلق عليها بواى تشغيل بسيطة Soft Starter.

### ١٣.٥.١ بدء التشغيل بجهد أقل:

أحد الأنواع الأساسية من بواى التشغيل بجهد أقل هو بواى التشغيل التراسفورمر الأوتوماتيكي. وهو يوفر عزم ابتدائي كبير لكل أمبير من التيار الرئيسي وغالبا يستخدم للتطبيقات عندما يجب أن يقل تيار البدء مع المحافظة على عزم ابتدائي جيد.

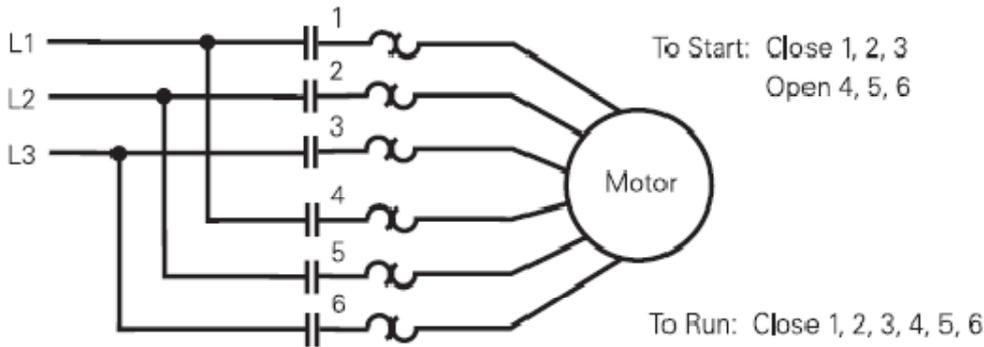
بواى التشغيل التراسفورمر الأوتوماتيكي لها مقابض قابلة للضبط لضبط جهد التشغيل بحيث يقل كنسبة من الجهد الكامل.

تعتبر المراوح، سيور الحركة، ضواغط الهواء، والخلاطات من التطبيقات المتعارف عليها لبواى التشغيل التراسفورمر الأوتوماتيكي.



## ١٣.٥.٢. بادئ تشغيل أجزاء الملفات بجهد أقل:

بوادئ تشغيل أجزاء الملفات بجهد أقل تستخدم مع المواتير التي لها مجموعتين من الملفات منفصلتين على الجزء الثابت للموتور. أحد بوادئ التشغيل تتطلب استخدام المجموعة الأولى من الملفات عند تشغيل الموتور. هذه الملفات تستهلك حالي ٦٥ - ٨٥% من تيار الغق للأجزاء الثابتة. بعد فترة زمنية يقوم بادئ تشغيل آخر بالعمل وبالتالي تكون المجموعة الثانية من الملفات تعلم في نفس الوقت مع المجموعة الأولى.



بوادئ تشغيل أجزاء الملفات بجهد أقل هي الأقل تكلفة بين أنواع بوادئ التشغيل بجهد أقل كما تستخدم دائرة تحكم أبسط. ولع بالرغم من ذلك تحتاج تصميم خاص للموتور وهي ليست مناسبة للأحمال ذوات القصور الذاتي العالي ولا يمكن عمل ضبط للتيار أو العزم بها.

### ١٣.٥.٣. بوابئ التشغيل واى دلتا:

بوابئ التشغيل من النوع واى دلتا يمكن استخدامها مع المواتير التى ملفاتها غير متصلة داخليا وجميع الستة اطراف يمكن توصيلها خارجيا. اذا تم التوصيل بطريقة واى، يبدأ الموتور في العمل باستخدام تيار أصغر عنه في حالة لو كانت ملفات الموتور متصلة بطريقة دلتا. بعد فترة زمنية نقاط التحكم الخاصة ببوابئ التيار تتغير حالتها لتوصيل الأجزاء الثابتة من الموتور بطريقة دلتا مما يزيد الجهد المتولد على كل ملف. هذا النوع من بوابئ التيار هو اختيار جيد للتطبيقات التى تحتاج تشغيل متكرر، عزم بدء صغير أو فترات تسارع طويلة.