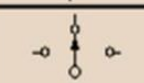
مقرر قيادة كهربائية

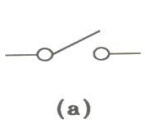
د. ياسر الحسون

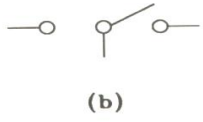
2018-2019

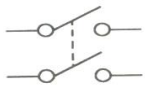
عناصر القيادة الكهربائية
Electrical drive devices

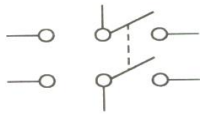
SWITCHES	TYPES	SYMBOL
	Toggle	
	Slide	
	Rotary	
	Push Button	

المفاتيح الميكانيكية: الغاية منها : منع أو السماح للتيار بالسريان في الدارة


(a)


(b)


(c)


(d)

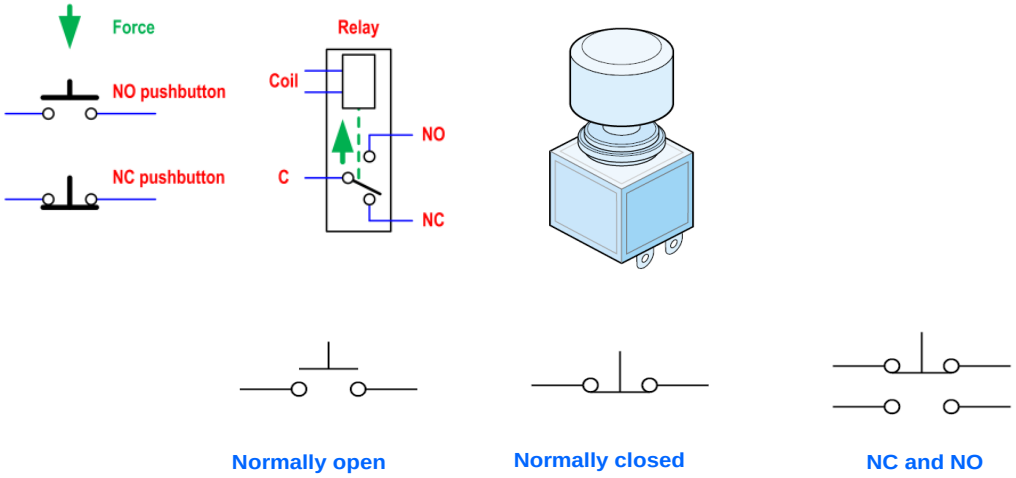
أنواعها:

- الأزرار الكباسة (Pushbuttons)
- المفاتيح الكهربائية المفصلية (Toggle Switches)
- مفاتيح نهاية الشوط (Limit Switches)
- حساسات المستوى (Flat Switches)

المفتاح وحيد القطبية : يسمح بمرور تيار من دارة واحدة فقط

المفتاح ثنائي القطبية: يسمح لتيارين من دارتين مختلفتين بالمرور خلاله

الزر الكباس (Pushbutton) واحداً من أجهزة الدخل وحيدة القطبية وهو عبارة عن جهاز لحظي يحافظ على تدفق التيار طالما الزر مضغوط.



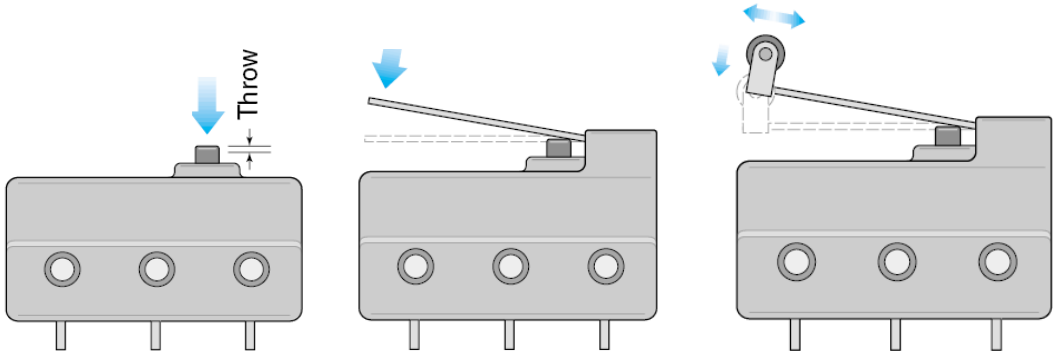
Push-button switches.

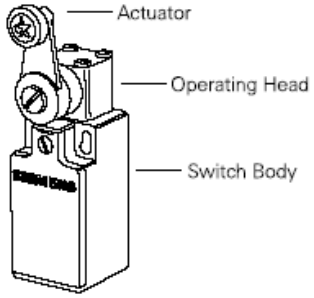
المفاتيح الحدية Limit Switches

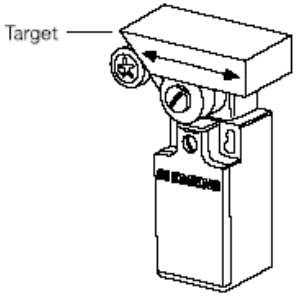
- يتألف من جسم المفتاح والرأس العامل , يتضمن جسم المفتاح تماسات كهربائية لتفعيل أو عدم تفعيل دارة كهربائية ويتضمن الرأس العامل نوع من ذراع رافعة أو كباس متصل بمشغل.

- يستخدم تماس فيزيائي لكشف وجود الجسم (الهدف) عندما يتصل الجسم بالتماس عبر المشغل الذي يدار بواسطة الجسم

بعض أنواع المفاتيح الحدية



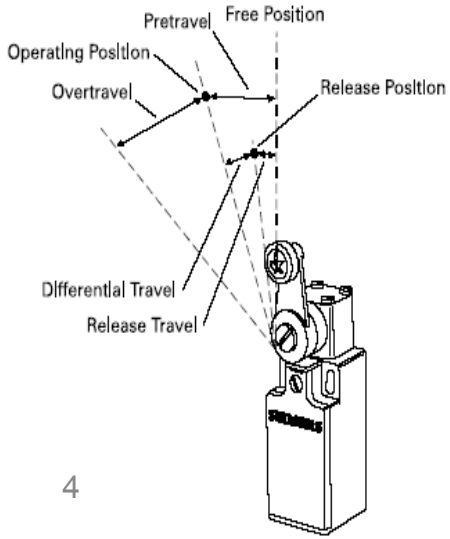




Free position : هو ذلك الموقع الذي يكون فيه المشغل غير مطبق عليه أي قوة خارجية .

Pre travel : هي المسافة أو الزاوية المتشكلة من خلال تحرك المشغل من الموقع الحر إلى موقع العمل .

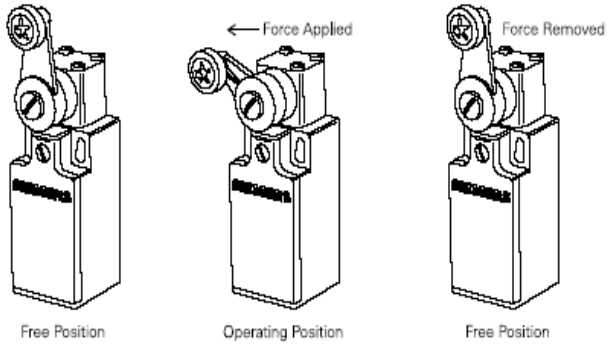
Operating position : هو الموقع الذي تتغير فيه التماسات في المفاتيح الحدية من وضعية الراحة (NO,NC) إلى حالة العمل



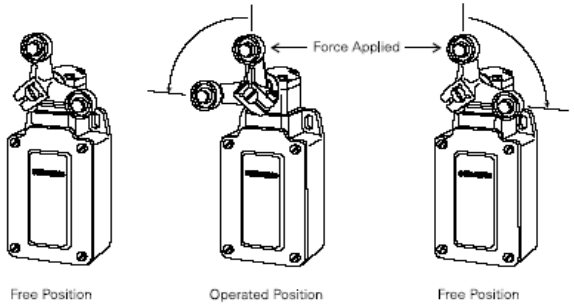
Over travel-: هي المسافة التي ينتقل بها المشغل بأمان إلى ما بعد نقطة العمل

Release position : هو ذلك الموقع الذي تعود فيه التماسات إلى وضعية الراحة.

يمكن أن يعمل المشغل بشكل لحظي وذلك عندما يأتي الهدف ويضغط على المشغل فإنه يدير المشغل من الموقع الحر إلى موقع العمل , في هذه النقطة فإن التماسات الكهربائية في جسم المفتاح الحدي تغير حالتها .



- يعيد النابض رافعة المشغل والتماسات الكهربائية إلى حالتها الطبيعية عندما يزول ضغط الهدف عن المشغل



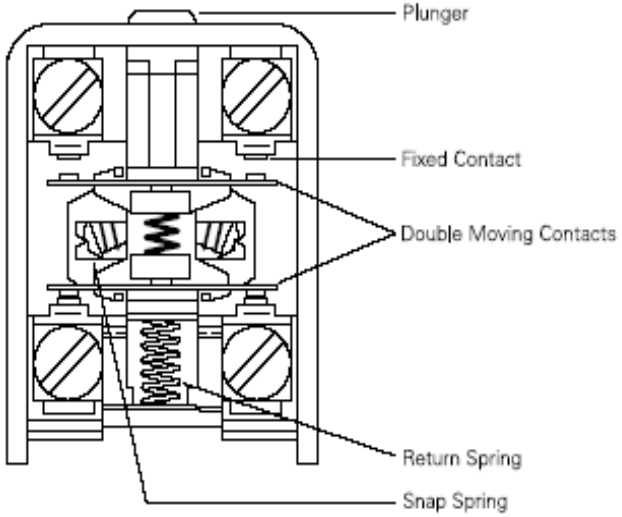
- في العديد من التطبيقات فإنه من المرغوب أن يبقى الذراع المشغل والتماسات الكهربائية بحالة العمل بعد أن يصبح المشغل لا يطال الهدف, لا يعود الذراع المشغل والتماسات إلى الموقع الحر إلا إذا طبقنا قوة على المشغل باتجاه معاكس,

- للمفاتيح الحدية نوعان من التماسات : تماسات العمل المفاجئ ـ تماسات العمل البطيء.

يعتبر العمل المفاجئ للتماسات ملائماً بشكل عملي لتطبيقات السرعة البطيئة للمشغل.

عندما تزال القوة عن المشغل فإنه يعود إلى موقعه الطبيعي وعندما يصل إلى الموقع الحر فإن آلية عمل النابض (الآلية الإرجاعية) تسارع إلى إرجاع التماسات المتحركة إلى مكانها الأصلي.

- أما المفاتيح التي تملك تماسات ذات اطفاء بطيء يكون لها تماسات متحركة والتي تتوضع في جزء منـزلق وتتحرك مباشرة مع المشغل وهذا يضمن أن تحرك التماسات المتحركة من قبل المشغل مباشرة .



- تستطيع التماسات ذات العمل البطيء إما الفصل قبل الوصل أو الوصل قبل الفصل, هذا يسمح بتعطيل إحدى الوظائف قبل الاستمرار في الوظيفة الأخرى في نظام التحكم التابعي.

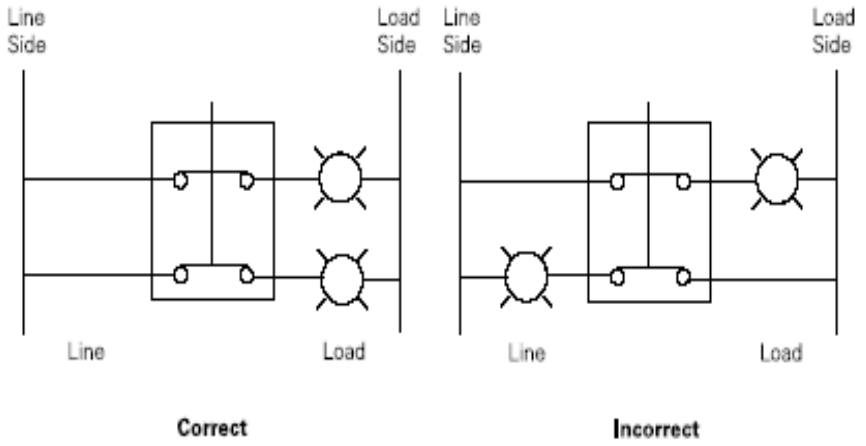
- في هذا النوع من المفاتيح (ذات الفصل البطيء مع تماسات فصل قبل الوصل), فإن التماسات المغلقة طبيعياً ستفتح قبل أن تغلق التماسات المفتوحة طبيعياً.

أنواع التماسات :

(NO) (NC)

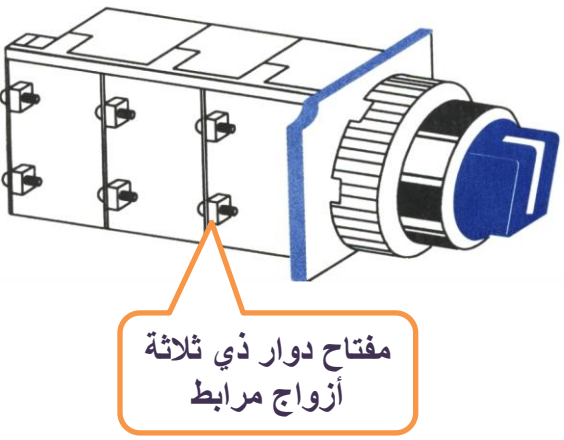
وصل الحمل

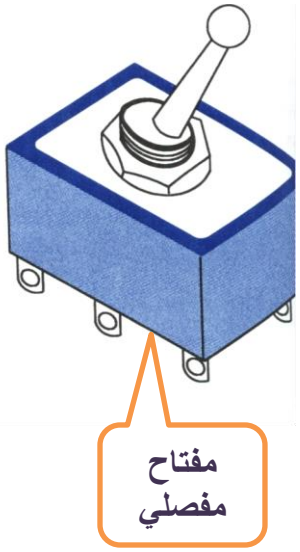
الطريقة الصحيحة من أجل وصل المفتاح هي يكون فيها المفتاح قبل الحمل.



تستخدم المفاتيح الحدية الميكانيكية كمفاتيح مساعدة في الكابائن كما يمكن أن تتوضع في الأماكن غير المعرضة للغبار والهباب الفحمي.
تستخدم في تطبيقات صناعة البلاستيك وإنتاج القوالب المصهورة

المفاتيح الدوارة والمفاتيح المفصلية





تعمل المفاتيح الدوارة بواسطة حركة دورانية وتستخدم عادة قبضة تدوير يدوية. يمكن أن تملك هذه المفاتيح عدة أزواج من المرابط وعلى الأقل أثنان فقط. تركب هذه المرابط على عدد من الصفائح المربوطة مع محور مركزي، دوران هذا المحور يؤدي إلى تغير اتصال التماسات على كل صفيحة، وبهذه الطريقة يمكن لعدة دارات أن تفتح بنفس الوقت، الفائدة الرئيسية لهذه المفاتيح قدرتها على إنجاز تبديل متتابع لعدة مجموعات من التماسات بعملية تدوير واحدة وبنفس الوقت.

هناك مفاتيح دوارة يمكن أن تتألف من (20) موقع دوار.
يعرف المفتاح الدوار بالمفتاح الناخب.

تعمل المفاتيح المفصلية عن طريق عتلة مربوطة إلى قطب خلال آلية مفصلية. تحدث حركة قبضة التشغيل حركة سريعة داخل الجهاز. هذه الحركة السريعة (Snap Action) تؤدي إلى تحريك مجموعة من التماسات من طرف إلى طرف آخر داخل المفتاح مما يؤدي إلى فتح أو إغلاق الدارات الكهربائية

الحساسات Sensors

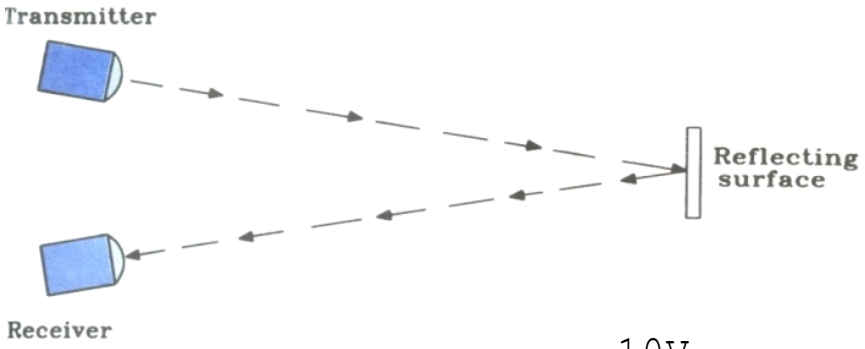
الحساس : جهاز يحول المقادير الفيزيائية إلى مقادير كهربائية (حرارة – ضغط – إضاءة – تدفق - ...) والخرج إما جهد أو تيار.

تستخدم الحساسات البسيطة من قبل نظام الـ (PLC) لتختبر فيما إذا كان العنصر موجوداً أو مفقوداً, وكذلك لتقيم حجم العناصر, ولتختبر فيما إذا كان المنتج فارغاً أم ممتلئاً.

تصنف الحساسات إلى :

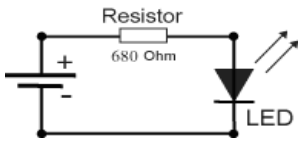
- **حساسات رقمية :** تعمل على نظام المنطق (1 / 0) ، وبمعنى أعم وأشمل (تشغيل / إيقاف)
- **حساسات تشابهية :** تستطيع أن تزودنا بمعلومات ومعطيات أكثر حول عملية المعالجة. وتدعى غالباً بحساسات الخرج الخطية .

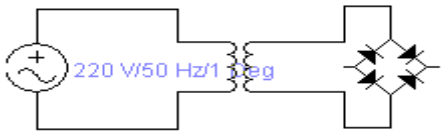
الحساس الضوئي light sensor

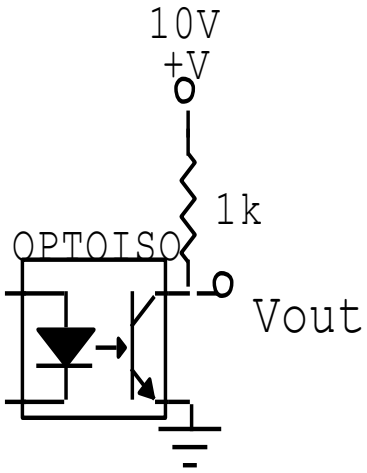


- يعمل على مبدأ اكتشاف أي جسم قريب بواسطة تأثير الموجة المنتشرة التي تنتقل من المرسل إلى المستقبل.
- يمثل (LED) المصدر الضوئي (المرسل) أما المستقبل عادة ما يكون ثنائي ضوئي (Photo Diode) الذي يكشف وجود أو عدم وجود ضوء المنبع.
- من مساوئ هذه الطريقة طريقة (الكشف بواسطة الضوء)، هو أنها تكون فعالة فقط عندما يملك الجسم المتحسس سطحاً عاكساً .

تحييز أمامي







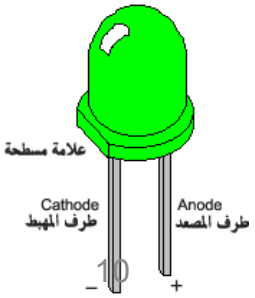
يتألف الحساس الضوئي من:

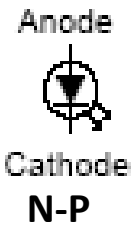
1- ديود مرسل للضوء Light Emitting Diode (LED)

2- ترانزستور ضوئي Phototransistor.

3- مقاومات انحياز Resistances.

4- دارة تقويم Circuit of rectification.

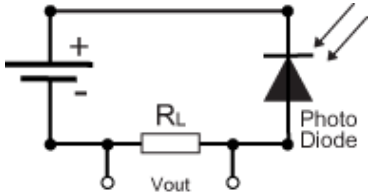




مصنعة من :مادة نصف ناقلة بالاضافة الى الغاليوم أو الزرنيخ أو الفوسفور

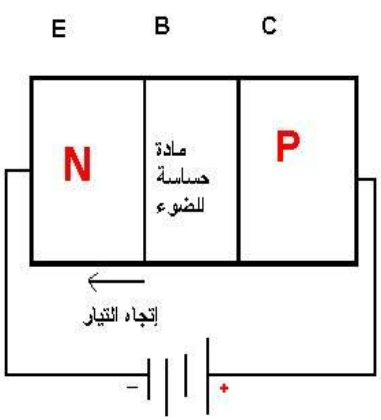
عندما تحيز هذه الوصلات أمامياً فإن الإلكترونات الموجودة ضمن المواد الخاصة لهذه الوصلات تغادر مستويات الطاقة على شكل طيف ضوئي مرئي لذلك تشع هذه الوصلات

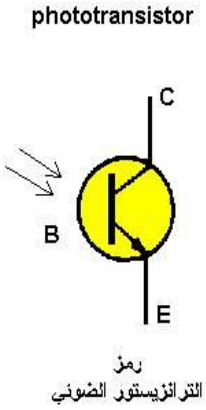
الترانزستور الضوئي Phototransistor



الثنائي الضوئي Photo Diode تحييز عكسي

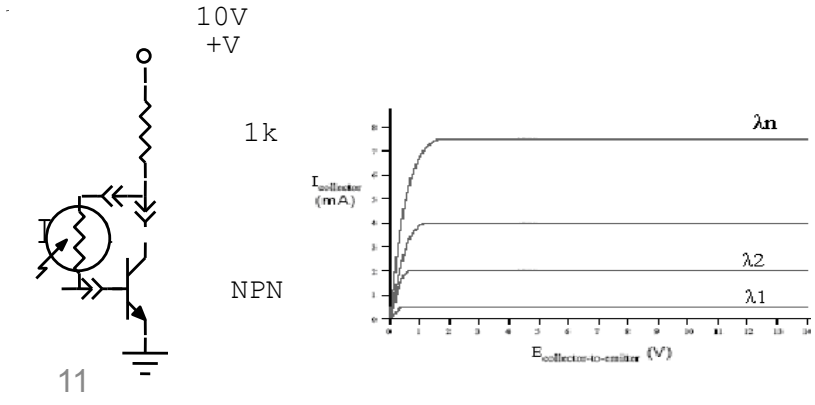
هو عبارة عن ترانزستور مصنوع من السليكون أو الجرمانيوم نوع NPN له قطبان أحدهما الباعث E والثاني المجمع C أما القاعدة فهي عبارة عن منطقة حساسة للإضاءة





يعمل الترانزستور الضوئي على مبدأ تطبق حقل كهربائي عبر صفيحة الجرمانيوم فيسبب تحرك الإلكترونات في ذرات الجرمانيوم من مستوى طاقة إلى أخرى وإن تحرك الإلكترونات بهذه العملية يؤدي إلى إنتاج تيارت كهربائية صغيرة جداً .

تطبيقات الترانزستور الضوئي: أجهزة الإنذار, فاتح الأبواب الآلي, و دارات إغلاق الستائر

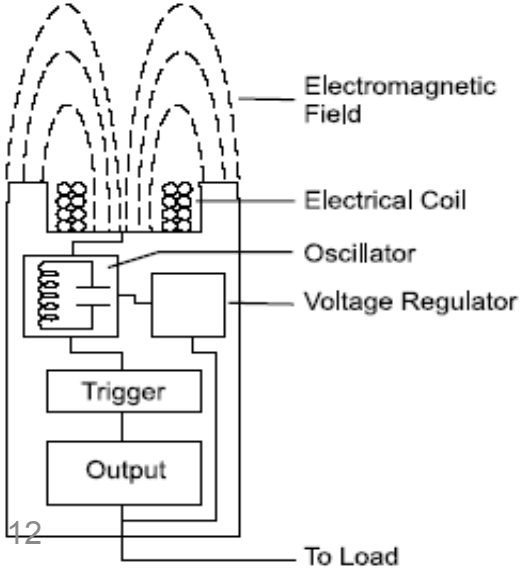


عندما يسلط ضوء بطول موجة معين $\lambda \leq \lambda s$ على القاعدة الممثلة بالمقاومة LDR تقل هذه المقاومة إلى قيمة مهملة تقريباً وبالتالي يزداد جهد إنزياح الترانزستور:
$V_{bb}=10-(I_c+I_b)*1K$ وينتقل الترانزستور إلى حالة الفتح ويمر التيار من المجمع C إلى الباعث E.

الحساسات التحريضية Inductive Proximity Sensors

▪ تستخدم الحساسات التقاربية التحريضية لملاحظة أو اكتشاف وجود أجسام أو أجزاء معدنية. وفي بعض التطبيقات تستخدم لتتحسس الموضع والحركة. وتستخدم هذه المفاتيح إما هزاز (RF Oscillator)، أو أثر هول (Hall - Effect Principles) لتستشعر الأجسام المعدنية.

الحساسات التقاربية التحريضية من نوع RF(Radio- Frequency): مصممة لترسل إشارات (RF) من ملف موضوع في مقدمة الحساس. عندما يدخل الجسم المعدني الحقل المغناطيسي، فإن مطال الإشارة المهتزة يقل نتيجة ضياع طاقة هذا الجسم. يرسل فرق المطال (Amplitude Attenuation) إلى دارة تشكيل الموجة (Wave Shaping) التي تطور نبضة القدح وتشغل المفتاح إلكتروني.



▪ عندما يتحرك الجسم المعدني إلى داخل الحقل الناتج عن الحساس التقاربي وخارجه فإن التغير الناتج في خطوط الفيض ينتج موجة خرج ذات مطال وشكل مناسبين لمعدل تغير التدفق. تعتمد قطبية جهد الخرج على الجسم المعدني فيما إذا كان داخل أم مغادر الحقل المغناطيسي.

الحساسات السعوية CAPACITIVE SENSOR

- الحساسات السعوية تكتشف وجود الأجسام المعدنية وغير المعدنية كالخشب والورق والمطاط والزجاج والماء وأي مادة أخرى ذات ثابت عزل من مرتبة 1.2أو أكبر, يمكن كشف المواد ذات ثابت العازلية العالية أيضاً حتى ولو كانت داخل وعاء مصنوع من مادة ذات ثابت عازلية أقل.

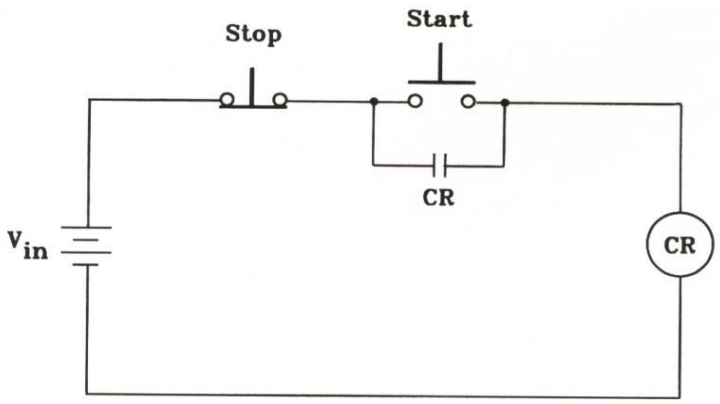
- تعمل على مبدأ الشحنات الستاتيكية، وتعمل بشكل مشابه لألواح المكثفات, حيث ينتج المذبذب (الهزاز) والقطب الكهربائي حقل شحنات ستاتيكية ويقوم الهدف (الجسم الذي سيتم تحسسه) بعمل لبوس المكثف الثاني، حيث ينشأ الحقل الكهربائي بين الحساس والجسم . يبدأ الاهتزاز فقط عندما تتجاوز سعة الحساس قيمة العتبة الثابتة. يتحول الاهتزاز عندئذٍ إلى إشارة خرج ثنائية الحالة.

CAPACITIVE SENSOR

- الحساسات السعوية أكثر حساسية من الحساسات التحريضية من حيث تحسسها لتغيرات الحرارة والرطوبة

- إن بعض الحساسات السعوية تكون فعالة في ضبط الحساسية، وهذه يمكن أن تستخدم لتحسس المنتج في داخل الأوعية، وذلك بتقليل الحساسية حتى لا تحسس الأوعية وتتحسس المنتج بداخلها فقط .

Seal - In Circuits دارات المسك أو القفل

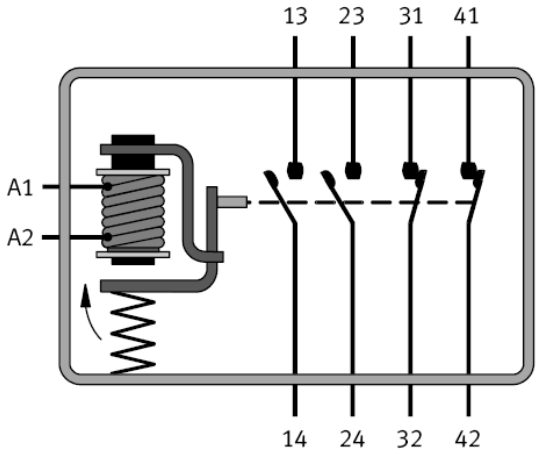


- عبارة عن دارة تقوم بتمرير تيار ثابت وذلك بعد الضغط على زر تشغيل وتحريره مباشرة. عادة توصل هذه الدارات على التفرع مع كباس لحظي.
- عندما يضغط على زر الإقلاع اللحظي(Start) يصل التيار من المنبع إلى وشيعة زاجل التحكم (CR)، تتفعل وشيعة الزاجل مما يؤدي إلى إغلاق التماسات (NO) الموصولة على التفرع مع زر التشغيل (Start)، وعند تحرير الزر (Start) يبقى التيار ماراً في الدارة إلى وشيعة الزاجل وذلك عن طريق التماسات الموصولة على التفرع مع زر التشغيل.
- حالما يضغط على زر الإيقاف (Stop) فيقطع التيار في الدارة مما يؤدي إلى فقدان التهييج لوشيعة (CR) وتعود تماساته إلى وضعها الطبيعي(NO).

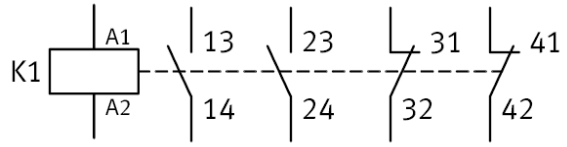
الواصــلات Contactors

الواصل هو جهاز كهربائي يقوم بفصل ووصل دارة التغذية الكهربائية، ويتم التحكم به عن طريق وشيعة مغناطيسية، فعند مرور تيار بهذه الوشيعة يغلق الواصل، وعن طريق تماسات تكتمل الدارة الكهربائية بين التغذية والحمل.

أنواع الواصلات: الواصلات الهوائية - الهيدروليكية - الكهرومغناطيسية



تصمم الواصلات نموذجياً بقلب ثابت ومتحرض متحرك. تتحرك التماسات المتحركة بواسطة حركة المتحرض عكس اتجاه التماسات الثابتة التي تكمل الدارة الكهربائية، معظم الواصلات تكون مجهزة بتماسات مساعدة لتشغيل لمبات الإشارة والزواجل .



الجزء المتحرك يعمل ميكانيكياً:

- اما بالدوران حول المحور.
- أو بالانزلاق الموازي للأجزاء.

المواصفات الفنية للواصلات

المواصفات الاسمية للواصلات (60 Hz)						
		الاستطاعة (hp)				
		ثلاثي الطور			أحادي الطور	
الحجم	التيار (A)	200v	230v	230/460v	115v	230v
00	9	1.5	1.5	2	0.33	1
0	18	3	3	5	1	2
1	27	7.5	7.5	10	2	3
2	45	10	15	25	3	7.5
3	90	25	30	50	-	-
4	135	40	50	100	-	-
5	270	75	100	200	-	-
6	540	150	200	400	-	-
7	810	-	300	600	-	-
8	1215	-	450	900	-	-
9	2250	-	800	1600	-	-

زمرة التشغيل	تيار التماسات أو الاستطاعة	توتر التماسات V	توتر الو شيعة V
AC_1 AC_4	10A 6A 4A	220-380 220 380	220
AC_1 AC_3	25A 12A	600 440	24
AC_1 AC_3	25A 16A	550 Max	24
AC_1 AC_3	13KW 4KW	380/415	220

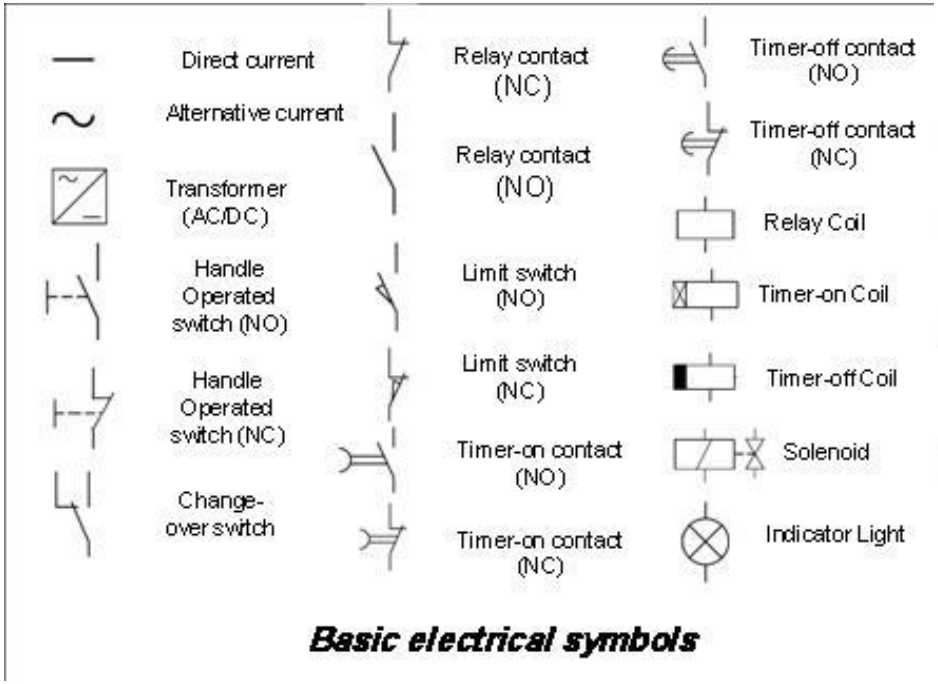
عند اختيار الواصل:

- توتر التغذية للحمل.
- مواصفات الحمل ونوعه واستطاعته
- متطلبات الحمل وطريقة التشغيل وعدد مراته.

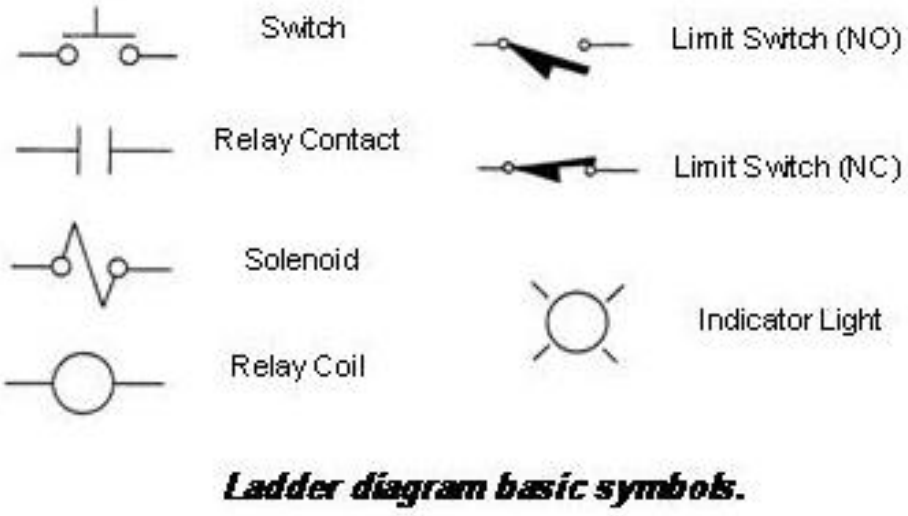
يتطلب معرفة الخصائص المختلفة للواصل وهي:

- توتر التشغيل وتياره النظاميان.
- التيار الحراري الأعظمي.
- زمرة التشغيل وتؤخذ AC_1 للدارات الأومية، AC_3 لإقلاع المحركات ذات القفص السنجابي.
- حياة التماس.

بعض الرموز الضرورية في دارات القيادة

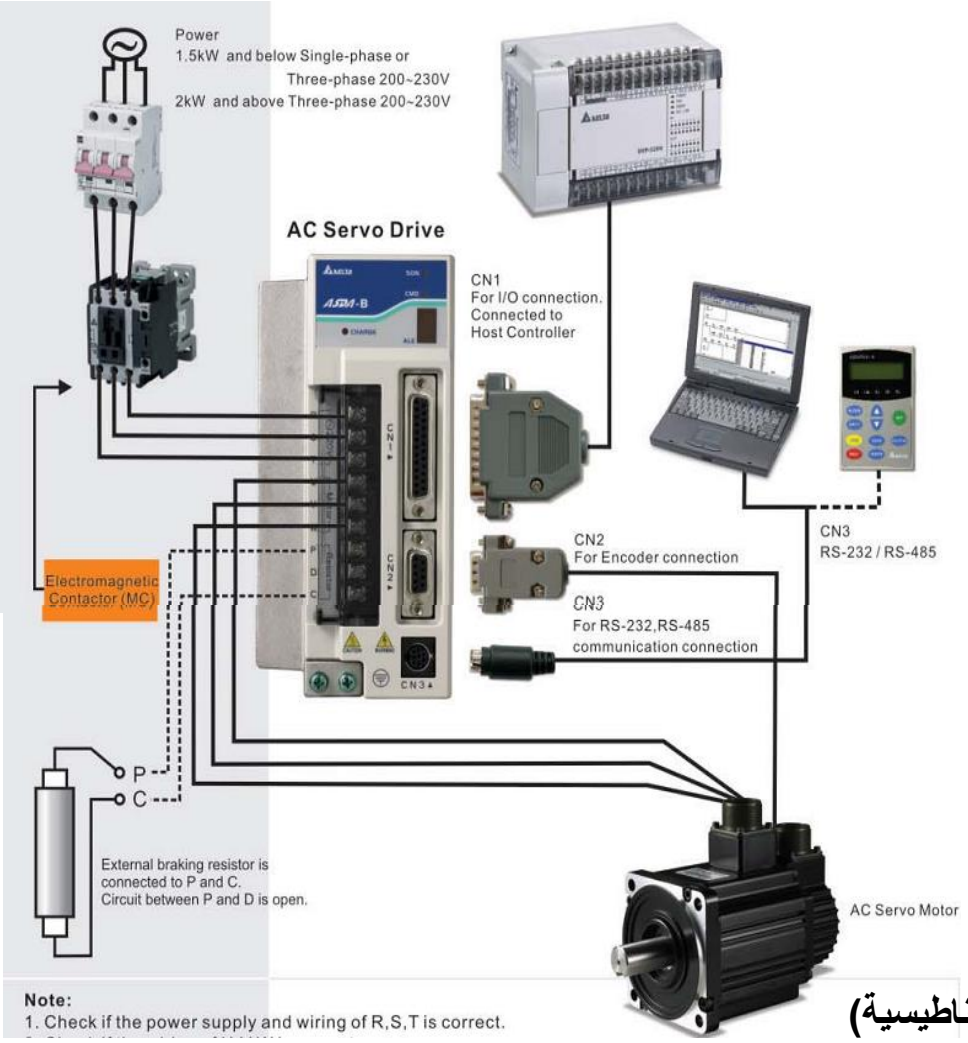


Basic electrical symbols



Ladder diagram basic symbols.

القواطع الكهربائية Circuit Breakers(CB)



القاطع الآلي

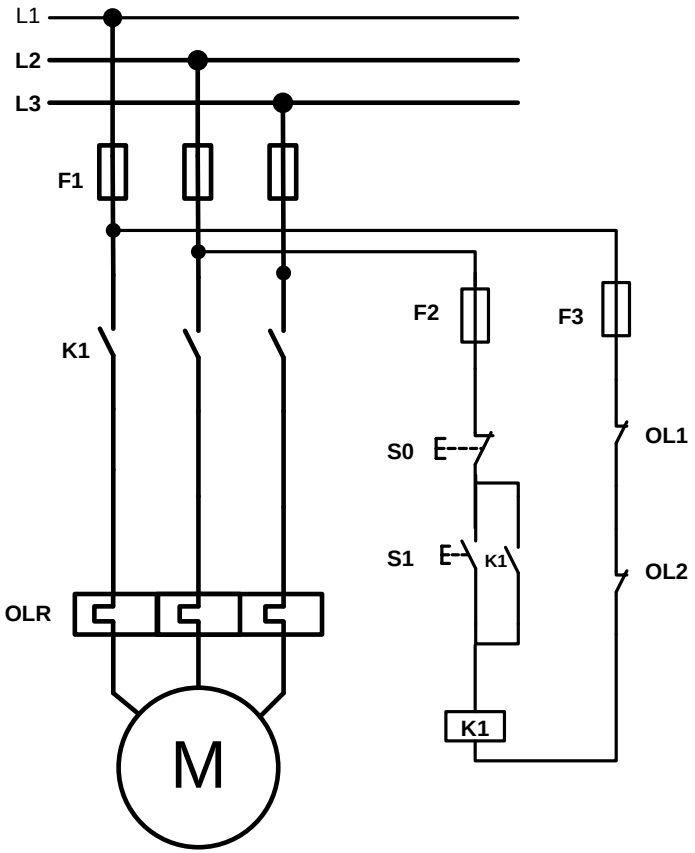
تحتوي القواطع الآلية على عنصر حماية حرارية (مزدوجة حرارية) للحماية من التيار الزائد الناتج عن زيادة التحميل، وعنصر حماية كهرومغناطيسي (ملف) للحماية من التيار الزائد الناتج عن دارات القصر، وعيار التيار الاسمي لكلا الحالتين قد يكون ثابتاً أو قابلاً للعيار، كما يمكن أن تجهز الحماية الكهرومغناطيسية بتأخير زمني يفيد في تحقيق الانتقائية في عمل أجهزة الحماية في الشبكات الكهربائية

مواصفات يجب مراعاتها عند اختيار القاطع:

- استطاعة القطع: تحديد قيمة التيار الأعظمي لدارة القصر
- العيار الحراري: تيار الفصل لهذا العيار بـ ($1.13I_n$)
- العيار المغناطيسي: المجالات (B-C-D)
- منحني العمل: يحدد مجال عمل الحمايتين (الحرارية والمغناطيسية)

دارة قيادة مع متابعة ذاتية

Drive circuit with self-holding(Latch)



تشغيل محرك ثلاثي الطور

وشيعة الواصل **K1** ← بالضغط على **S1**

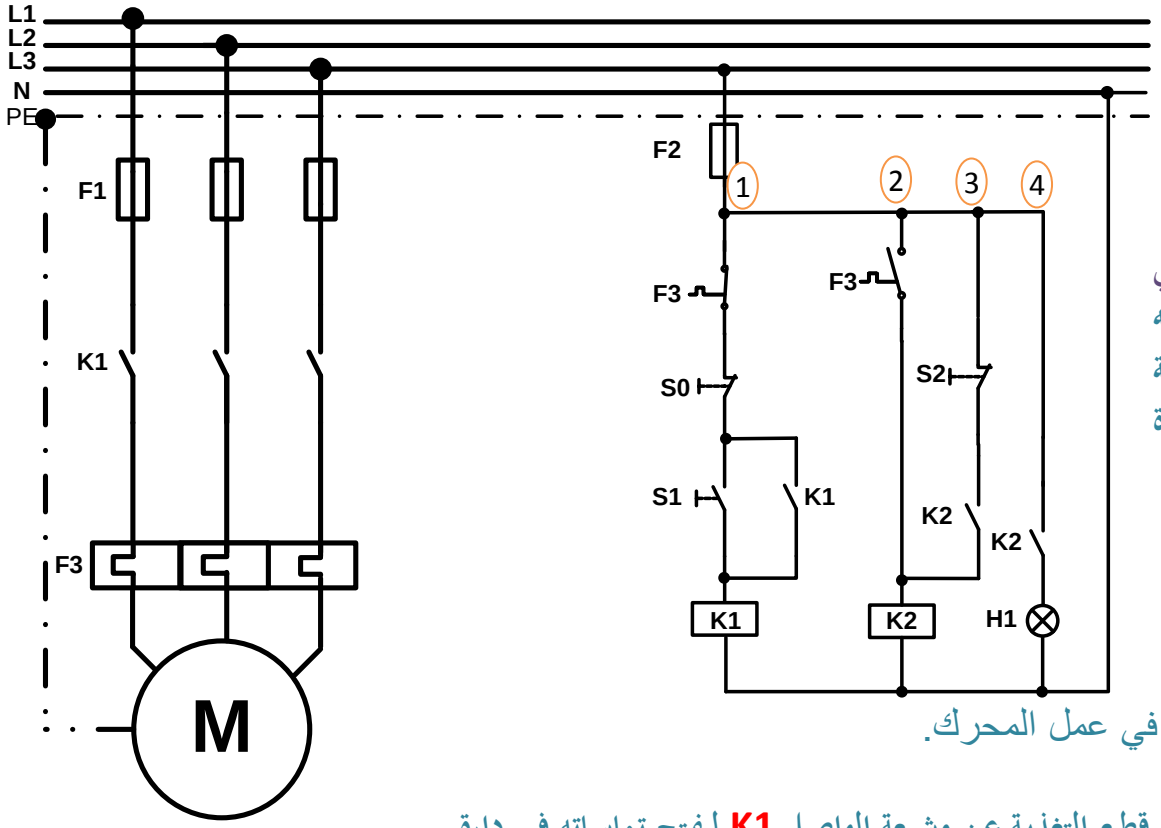
إغلاق تماساته الرئيسية

التماس **K1** للمتابعة الذاتية

يفصل زر التشغيل عن العمل لحمايته من مرور التيارات الكبيرة من خلاله.

دارة قيادة مع متابعة ذاتية

Drive circuit with self-holding(Latch)



الغاية من الدارة هي وصل المحرك وحمايته من التيار الزائد, وعند حدوثه يجب فصل المحرك عن الشبكة وإضاءة مصباح إشارة لبيان العطل

- إذا ازدادت حرارة ملفاته كزيادة التحميل أو انقطاع في أحد أطواره, عمل زاجل الحماية الحرارية يفتح تماسه المغلق طبيعياً **F3** الموصول في الفرع **1** ليقطع التغذية عن وشيعة واصل التشغيل **K1**. يفتح تماساته في دارة القدرة ليقطع التغذية عن المحرك.

- يتفعل K2 يغلق تماسه الموصول مع التسلسل مع الزر S2 ليقوم بالمتابعة الذاتية لنفسه كما يغلق تماسه K2 الموصول على التسلسل مع مصباح الإشارة ليضيء هذا المصباح معلناً أن هناك خطأ في عمل المحرك.

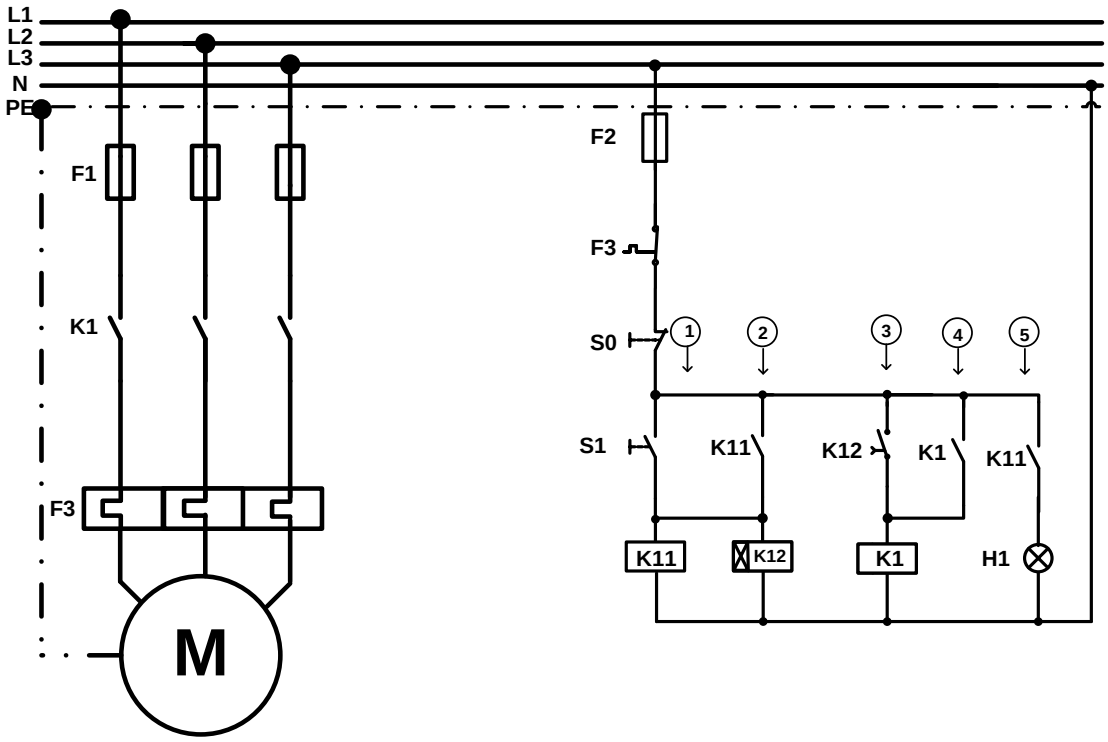
- لإيقاف المحرك يجب الضغط على زر الإيقاف **S0** يتم قطع التغذية عن وشيعة الواصل **K1** ليفتح تماساته في دارة القدرة ويقطع بدوره التغذية عن ملفات المحرك, ليقف المحرك عن الدوران.

- عندما تبرد المزدوجة الحرارية تعود تماساتها إلى الوضعية النظامية ولكن هذا لا يمنع بأن يبقى المصباح مضيئاً بسبب دارة المتابعة الذاتية ولا ينطفئ إلا إذا اضغطنا على الزر S2.

دارة قيادة مع مؤقت تأخير زمن الوصل

Drive circuit with ON delay timer

الغاية من هذه الدارة تشغيل المحرك بعد انقضاء فترة زمنية محددة مسبقاً وذلك بعد الضغط على زر التشغيل S1 واضاءة لمبة اشارة (حالة عمل).



وشيعة المؤقت K12 ← (ضغط) S1

يغلق الواصل المساعد تماسه K11

تتغذى وشيعة المؤقت الزمني K12 ويبدأ بالعد

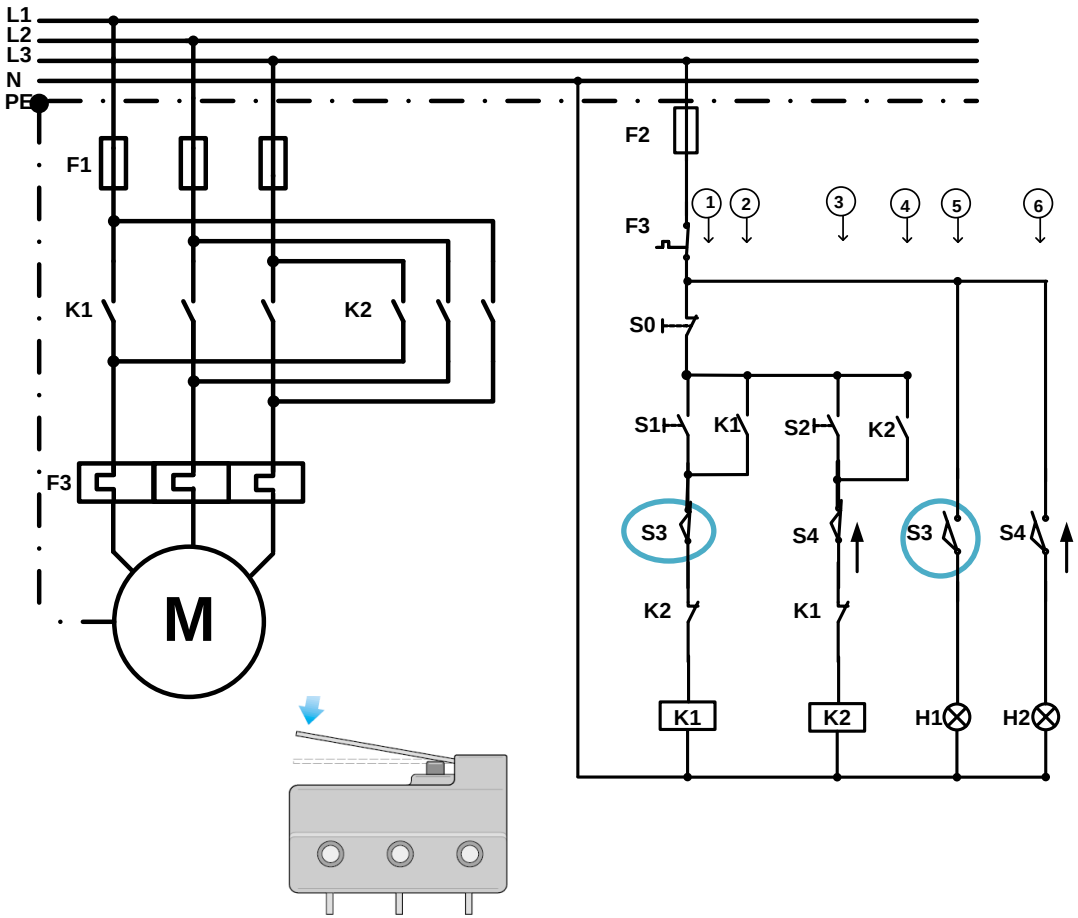
يغلق تماسه K12 في الفرع 3

بالضغط على S0 لتنقطع التغذية عن كافة فروع دارة القيادة مما يؤدي لعودة التماسات الرئيسية لواصل التشغيل K1 إلى وضعية الراحة (NO) وتقطع التغذية عن المحرك ليتوقف المحرك وتنطفئ لمبة الاشارة.

عمل مفاتيح نهاية الشوط مع المحركات الكهربائية

Drive circuit with limit switches

الغاية : عكس اتجاه دوران محرك تحريضي ثلاثي الطور باستخدام مفاتيح نهاية الشوط عند وصول سير متحرك لنهاية المسار.



وشيعة الواصل K1 ← (ضغط) S1

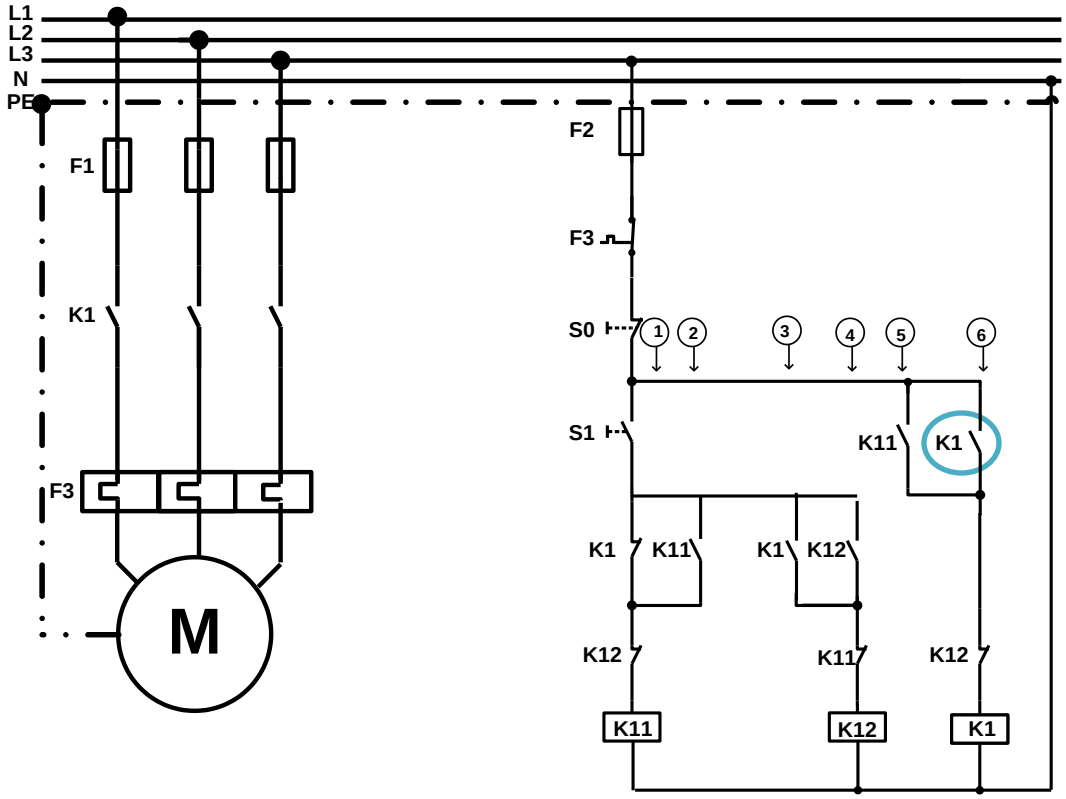
فتح تماسه K1 المغلق طبيعياً والموصول على التسلسل مع وشيعة واصل التشغيل العكسي K2 في الفرع 3 ليمنع تغذية وشيعة الواصل K2 طالما أن K1 مغذى.

عندما يصل المحرك إلى نهاية الشوط يُضغط على ذراع المفتاح الحدي S3 مما يؤدي لتغير وضعية تماساته ليقطع التغذية عن وشيعة الواصل K1.

إغلاق تماسه في الفرع 5 لإضاءة مصباح الإشارة H1 والذي يشير لوصول المحرك إلى النهاية.

إذا أردنا تشغيل المحرك باتجاه عكسي فيجب الضغط على زر التشغيل العكسي S2 في الفرع 3

وصل وفصل محرك كهربائي بمفتاح واحد



وشيعة الواصل المساعد K11 ← S1 (ضغط)

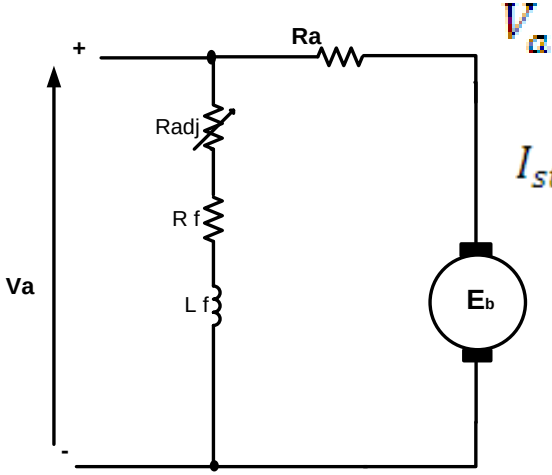
- يغلق تماسه المفتوح طبيعياً K11
- يفتح تماسه المغلق طبيعياً K11 في الفرع 4
- يغلق تماسه في الفرع 5 يعمل الواصل K1
- يغلق تماساته الرئيسية في دارة القدرة K1 ويبدأ المحرك بالدوران.
- يغلق تماساته في الفرع 6 ليقوم بالمتابعة الذاتية
- يغلق تماسه في الفرع 3 ليجهز الواصل K12 للعمل عند قطع التغذية عن الواصل K11
- يفتح تماسه في الفرع 1

-يدور المحرك حتى لو رفعنا يدنا عن المفتاح S1 لا تصل التغذية لوشيعة الواصل k11 فلا يعمل

▪ لإيقاف المحرك يتم الضغط على الزر S1 نفسه مرة أخرى, ليمر التيار إلى وشيعة الواصل K12 عن طريق التماس K1 المغلق وK11 المغلق طبيعياً, أما الواصل K11 فلا يعمل لأن التماس K1 مفتوح في الفرع 2 وذلك لأن الواصل K1 لم يفعل.

إقلاع محركات التيار المستمر

Starting of D.C. Motors



علاقة الجهد لمحرك تيار مستمر تفرعي: $V_a = E_b + R_a I_a$

في النقطة (n=0) تكون (E_b=0): $I_{st} = \frac{V_a}{R_a}$ $E_b = K_e .\omega. I_f$

عند الإقلاع: $I_{st} = 10 - 50 I_n$ t=0.1 – 2sec

طرق الإقلاع:

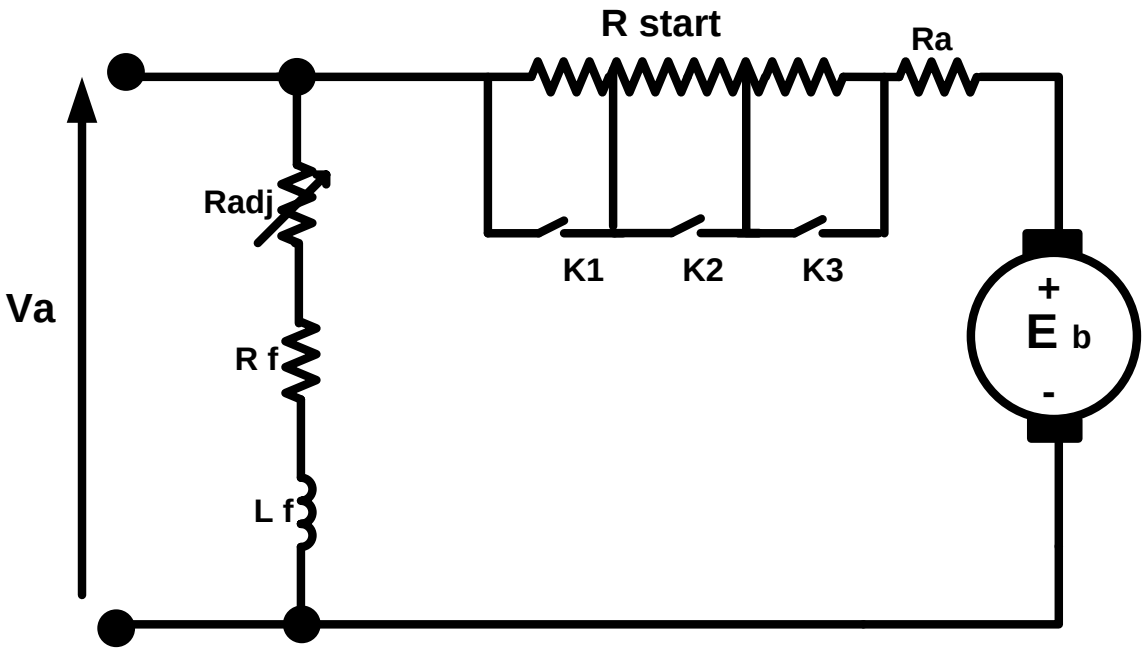
1- الإقلاع المباشر: $P_n \leq 1Kw$ $I_{st} \leq (4-6) I_n$ $T \leq$ 2sec

2- الإقلاع بخفض توتر المنبع: للمحركات المتوسطة والكبيرة التي تتغذى من منبع مستقل للتيار المستمر, والتي يمكن أن تستعمل طريقة (وورد- ليونارد) لتنظيم سرعة الدوران.

3- الإقلاع بواسطة المقاومة: لإقلاع المحركات المتوسطة والكبيرة $I_{st} = \frac{V_a}{R_a + R_{st}}$

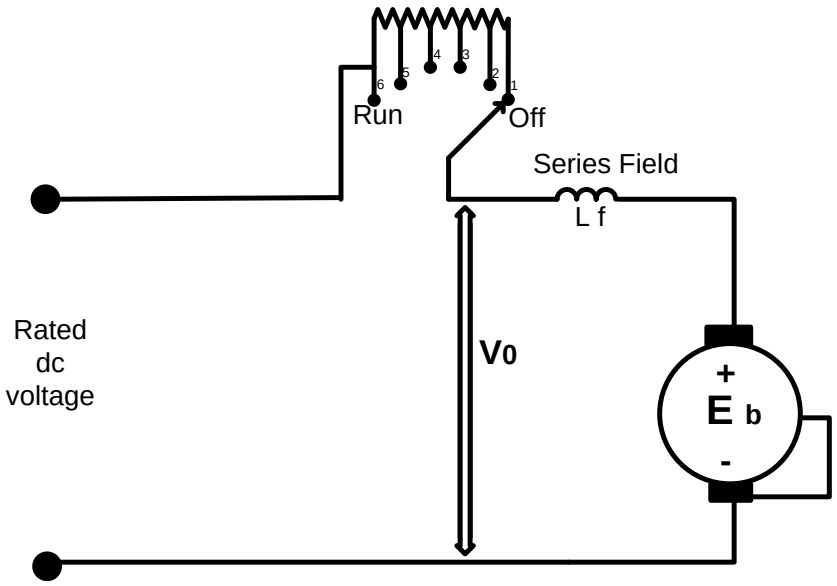
مقاومة تسلسلية مع دارة المتحرض وظيفتها الإقلال من الصدمة عند الإقلاع

الدارة المكافئة لمحرك تفرعي مع وصل مقاومة الإقلاع

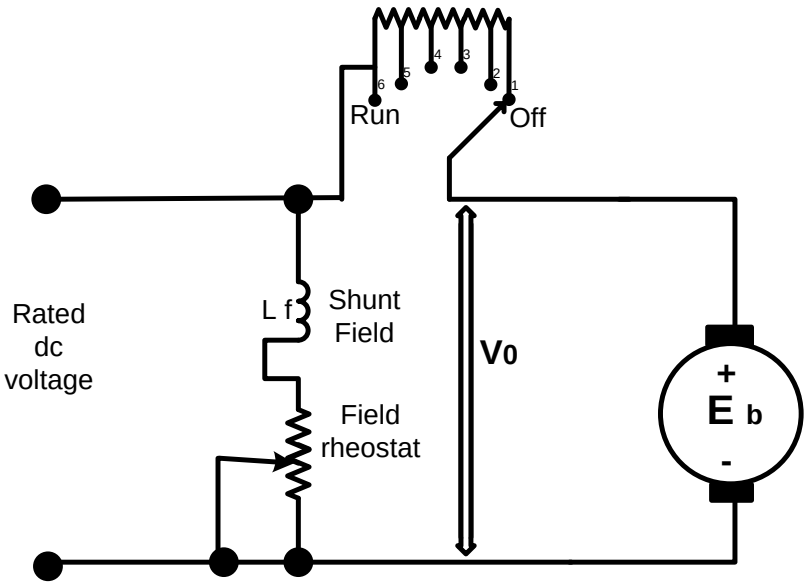


- تحدث أثناء حذف درجات المقاومة صدمات فرعية قد تؤذي ملف المتحرض, عند تصميم مقاومة الإقلاع ودرجاتها مراعاة هذه الصدمات حتى لا تزيد عن القيمة الحدية المسموح بها

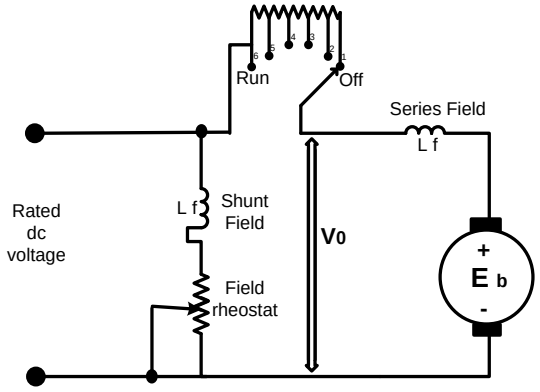
كيفية وصل وفصل مقاومة الإقلاع لمحركات الـ DC التسلسلية والتفرعية



(a) Series motor

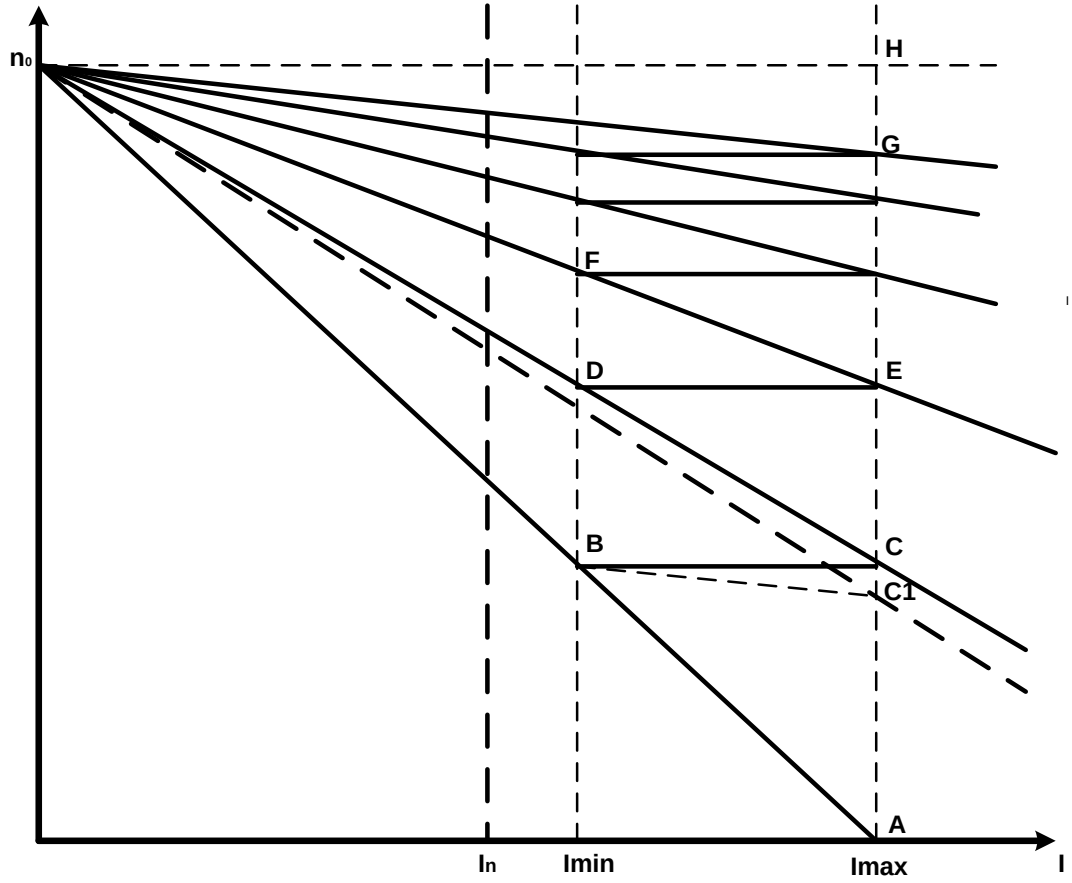


(b) Shunt motor



(c) Compound motor

المنحنيات الميكانيكية للمحرك بدلالة التيار

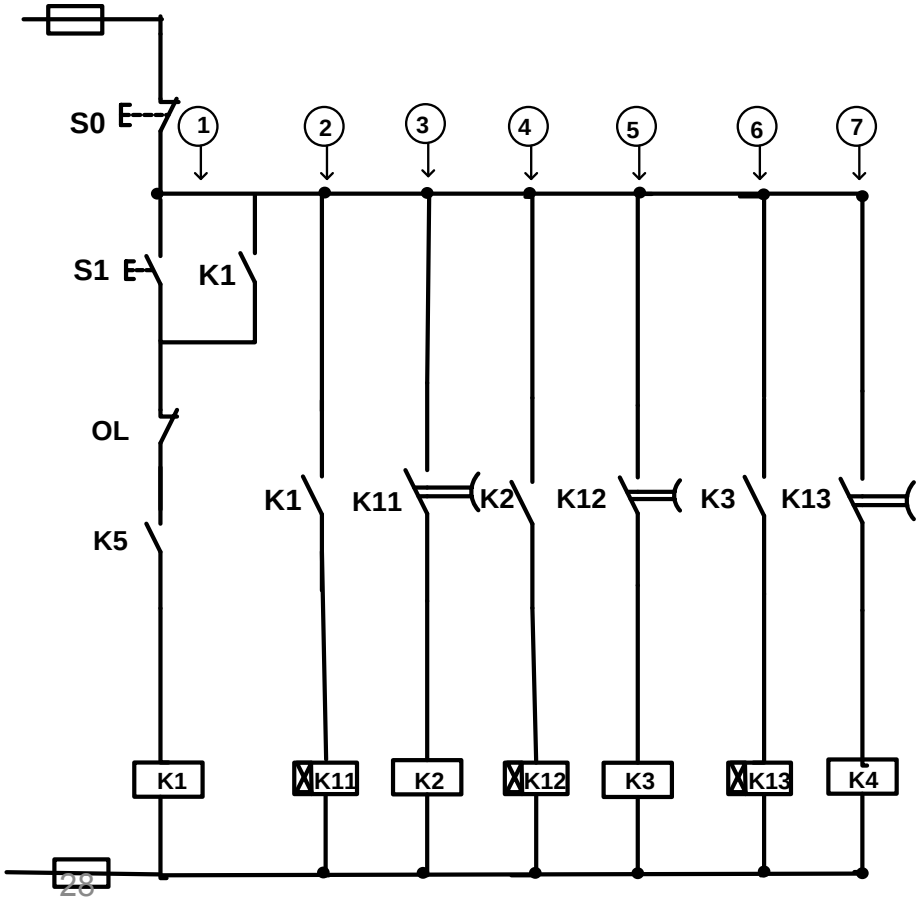


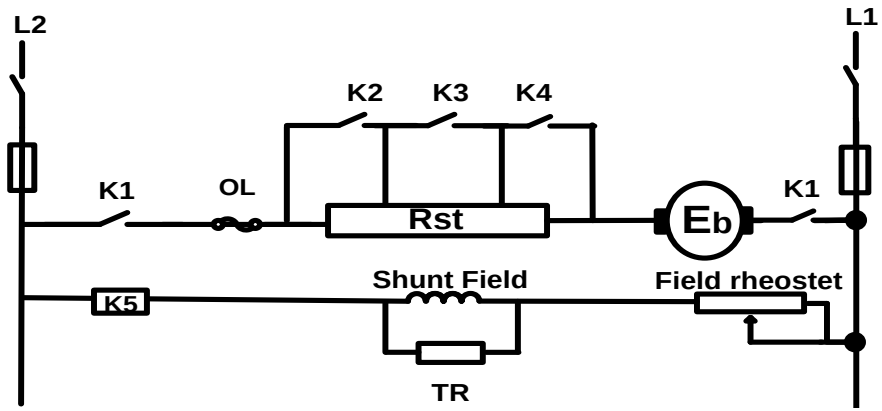
- عند بدء الدوران تكون كامل مقاومة الإقلاع موصولة مع ملف المتحرض, تحدث صدمة للتيار قدرها (I_{st}), ثم يبدأ المحرك بالدوران لأن تيار الإقلاع هذا أكبر من تيار الحمولة الاسمي أي أن عزم المحرك أكبر من العزم المقاوم.

- تزداد سرعة دوران المحرك حتى تستقر في النقطة (*B*) من المنحني الميكانيكي الأول (*1*) لتساوي عزم المحرك والعزم المقاوم الاسمي عندئذٍ يجب حذف الدرجة الأولى من المقاومة, بسرعة كبيرة حتى يتمكن المحرك من القفز إلى المنحني الاصطناعي الثاني (*2*) حيث تحدث هنا صدمة فرعية للتيار وللعزم, تسبب زيادة في سرعة الدوران حتى تستقر في النقطة (*D*) من المنحني الاصطناعي الثاني (*2*) وهكذا

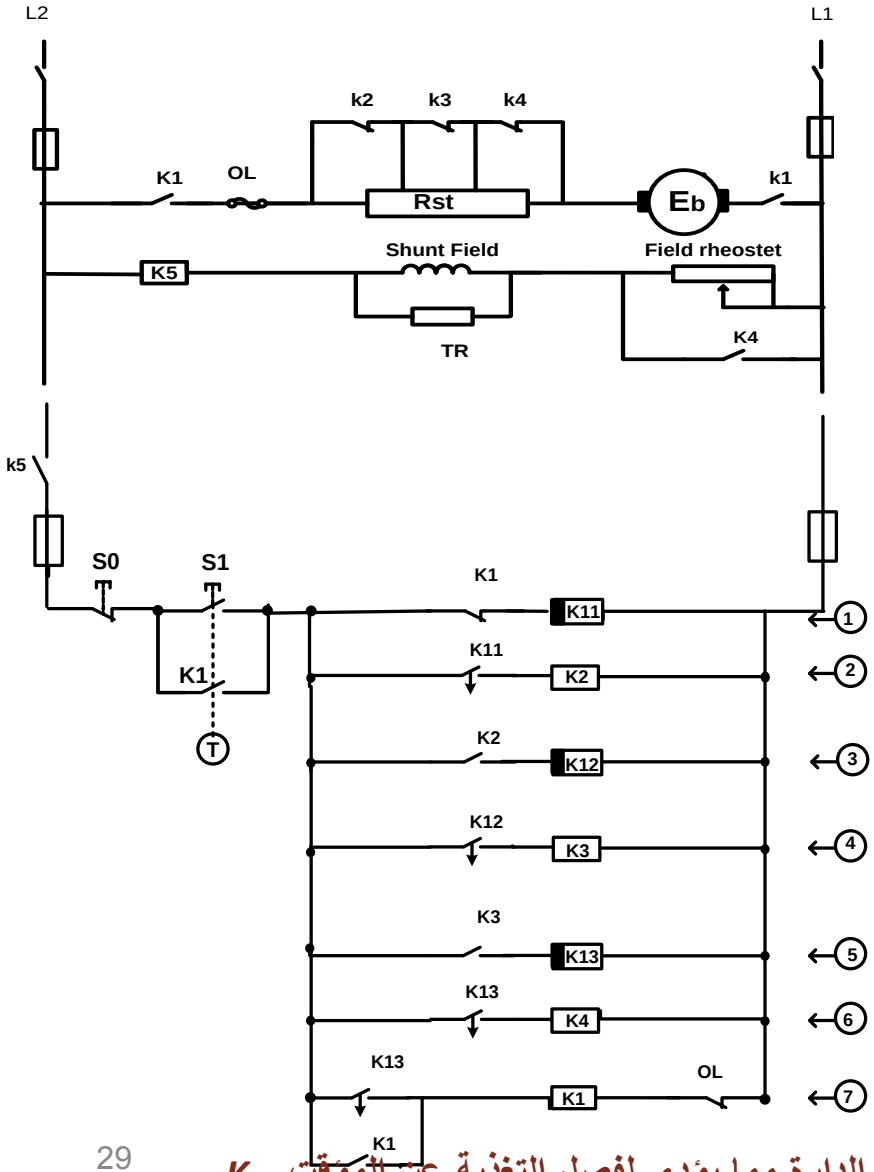
دارة قيادة لإقلاع محرك DC تفرعي باستخدام مقلع ذي تسارع بزمن معين

باستخدام مؤقتات تأخير زمن الوصل T_{on} delay





دارات القيادة لمحركات DC



دارة قيادة لإقلاع محرك DC تفرعي باستخدام مقلع ذي تسارع بزمن معين مع مؤقت T_{off} (delay)

1- عند تغذية دارة القدرة ودارة القيادة سيمر تيار في ملف التهييج في دارة القدرة مما يؤدي إلى تهييج وشيعة فقدان التهييج K_5 لتغلق تماسها المفتوح في دارة القيادة

2- الضغط على زر التشغيل S_1 سيتغذى مؤقت تأخير زمن الفصل (T_{off} delay) K_{11} ليغير وضعية تماساته فيغلق تماسه المفتوح طبيعياً (NO) في الفرع رقم (2).

3- تتغذى وشيعة الواصل K_2 ليوصل الجزء الأول من مقاومة الإقلاع أي يفتح تماسه ويغلق تماسه (NO) في الفرع رقم (3) من دارة القيادة ليغذي المؤقت K_{12}.

4- يغلق تماسه المفتوح في الفرع رقم (4) ليغذي الواصل K_3 يفتح تماسه المغلق في دارة القدرة ليوصل الجزء الآخر من مقاومة الإقلاع إلى دارة المتحرض.

5- يغلق تماسه المفتوح في الفرع رقم (5) من دارة القيادة ليغذي المؤقت K_{13} ليتفعل بدوره ويغلق تماسه المفتوح في الفرع رقم (6) من دارة القيادة حيث يفعل الواصل K_4 .

الواصل K_1 عندما يتفعل سيفتح تماسه المغلق في الفرع رقم (1) من هذه الدارة مما يؤدي لفصل التغذية عن المؤقت K_{11}

حساب مقاومة الإقلاع ودرجاتها

يتم إقلاع محركات التيار المستمر باستخدام مقاومة الإقلاع المتدرجة, بحيث تدخل كلياً عند بدء الإقلاع. ثم تقصر جزئياً, وبشكل قفزات أو درجات حتى تخرج من الدارة بصورة نهائية.

تحسب مقاومة الإقلاع هذه بحيث يتحقق الشرطان التاليان:

للمحركات الصغيرة والمتوسطة:

$$I_{max} = (1.8 - 2.5)\, I_n$$

للمحركات الكبيرة:

$$I_{max} = (1.4 - 1.7)\, I_n$$

1

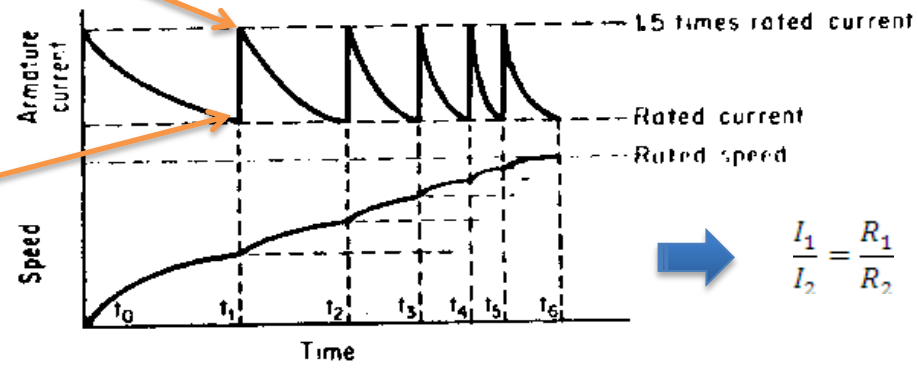
$$I_{min} = (1.1 - 1.25)\, I_n$$

2

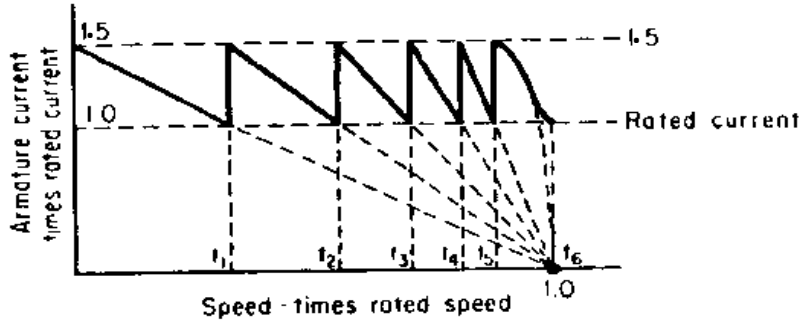
حساب مقاومة الإقلاع بالطريقة التحليلية

$$I_1 = \frac{V_a - E_{b1}}{R_2}$$

$$I_2 = \frac{V_a - E_{b1}}{R_1}$$



$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1}{R_2}$$



المخططات الزمنية لكل من السرعة وتأرجح التيار

$$\frac{I_{max}}{I_{min}} = \frac{I_1}{I_2} = \frac{R_1}{R_2} = \frac{R_2}{R_3} = \frac{R_3}{R_a} = K$$

$R_1 = R_{st} + R_a$, $I_2 = I_{min}$, $I_1 = I_{max}$

حساب عدد درجات مقاومة الإقلاع:

1 مباشرة

$$m = \frac{lg\frac{R_1}{R_a}}{lg\frac{I_{max}}{I_{min}}}$$

2 بالتجريب

$$I_{min} = I_{max}\sqrt[m]{\frac{R_a}{R_a + R_{st}}}$$

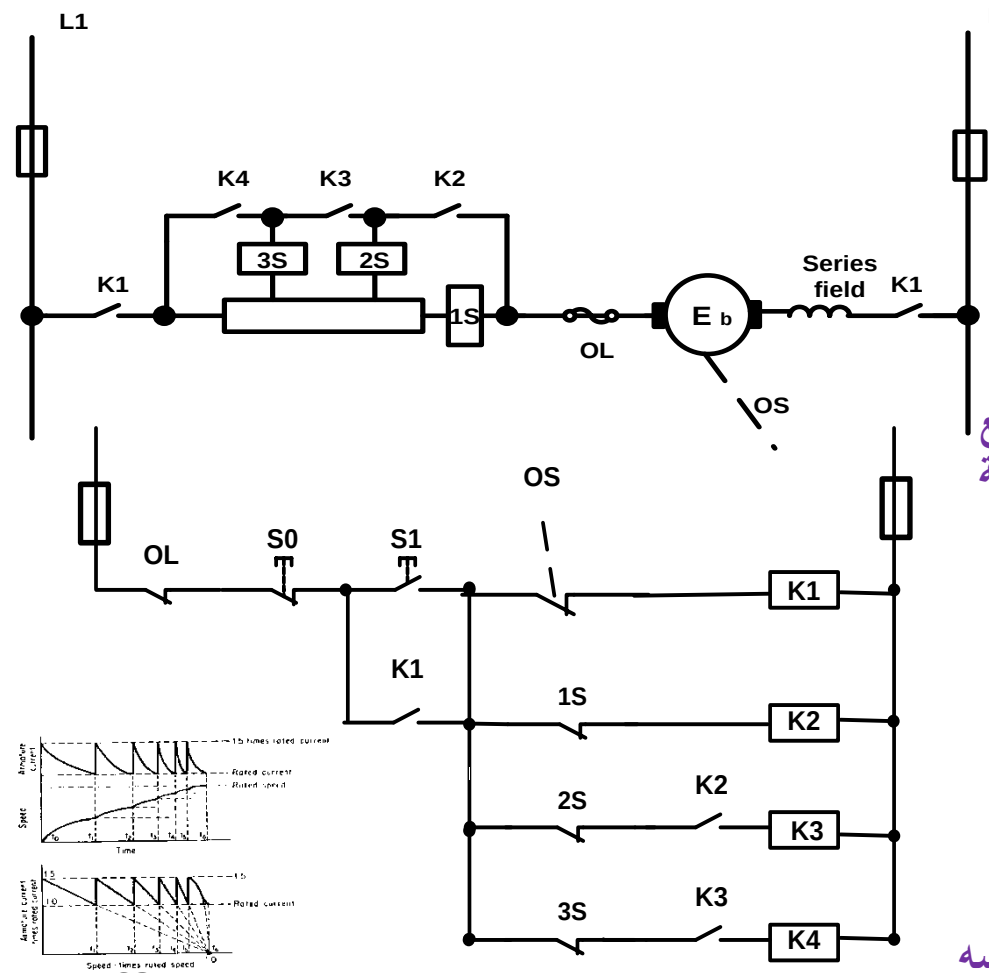
حتى يقع التيار ضمن المجال

$$I_{min} = (1.1 \div 1.25)I_n$$

$$r_3 = R_3 - R_4 \qquad r_2 = R_2 - R_3 \qquad r_1 = R_1 - R_2$$

$$R_4 = \frac{I_{min}}{I_{max}}R_3 \qquad R_3 = \frac{I_{min}}{I_{max}}R_2 \qquad R_2 = \frac{I_{min}}{I_{max}}R_1 \qquad R_1 = R_a + R_{st}$$

دارة قيادة لإقلاع محرك DC تسلسلي باستخدام مقلع يعمل مع حساسات التيار



وشيعة الواصل k_1 ⟵ S1

- تغلق التماسات الرئيسية والمساعدة للواصل k_1 ليبدأ المحرك بالدوران بكامل تيار التهييج وكامل مقاومة الإقلاع التسلسلية

- في دارة القدرة سيمر تيار إقلاع كبير يؤدي إلى تهييج حساس التيار 1S ليغير وضعية تماساته.

- يفتح التماس الموصول على التسلسل مع الواصل k_2 ويمنع تهييجه حتى لا يتم قصر أول جزء من مقاومة الإقلاع عند اللحظة الأولى من الإقلاع.

- يتناقص التيار بتزايد السرعة وتزايد الق م ك مما يؤدي لتناقص التيار مرة أخرى ليصل إلى I_{min} و في هذه اللحظة يفقد الحساس 1S تهييجه بسبب انخفاض التيار إلى القيمة التي لا تستطيع تفعيل الحساس تعود تماساته إلى وضعية الراحة

- يعود الواصل k_2 للعمل ليغلق تماسه (NO) في دارة القدرة ليقصر أول جزء من مقاومة الإقلاع.

- يزداد التيار فجأة ليصل إلى I_{max} يتهيج الحساس 2S ويفتح تماسه (NC) على التسلسل مع الواصل k_3 ليمنع تغذيته.

تستمر العملية هكذا حتى يتم قصر كامل مقاومة الإقلاع

كبح محركات التيار المستمر
Braking of DC Motor

الهدف من الكبح إيقاف المحرك بسرعة ويكون بشكل كهربائي أو ميكانيكي وفيه يتحول عمل المحرك إلى مولد فينتج عزماً سالباً يعاكس حركة الدوار

أنواع كبح المحركات كهربائياً:

- الكبح مع إعادة القدرة إلى الشبكة
- الكبح الديناميكي
- الكبح بعكس التوصيلات (على التضاد).

الكبح مع إعادة القدرة إلى الشبكة
Regenerative Braking

وفيه تعاد القدرة المولدة إلى الشبكة وفيه:

- $E_b > V_a$
- I_a ينعكس اتجاه التيار

علاقة القوة المحركة الكهربائية العكسية: $E_b = K_e . \Phi . n$

علاقة سرعة المحرك كتابع للعزم أثناء العمل الطبيعي :

$$n = \frac{V_a}{K_e \Phi} - \frac{T_d R_a}{K_e K_t \Phi^2}$$

علاقة سرعة المحرك كتابع للعزم أثناء الكبح :

$$n = \frac{V_a}{K_e \Phi} + \frac{T_d (R_a + R_b)}{K_e K_t \Phi^2}$$

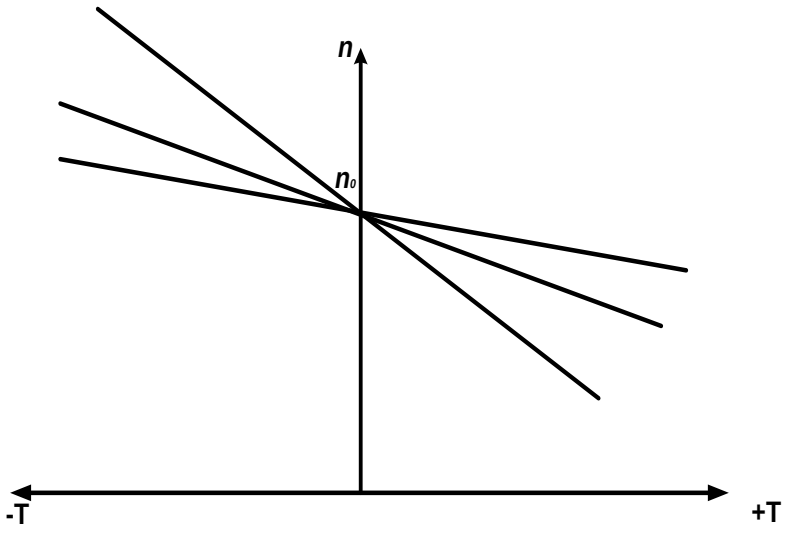
- سيتولد عزم كابح يحاول إيقاف المحور, سيقوم بتغذية الشبكة بالقدرة المتولدة وذلك فيما إذا كان موصولاً إلى الشبكة المناسبة، يمكن وصل مقاومة إضافية لتبديد القدرة المتولدة.
- عندما تصل السرعة إلى القيمة الاسمية ستتناقص الق.م.ك (emf) مرة أخرى لتصبح أقل من قيمة الجهد, و في هذه الحالة تعود الآلة لتعمل كمحرك.

سرعة العمل على فراغ:

$$n_0 = \frac{V_a}{K_e \Phi}$$

لرسم مميزة السرعة – العزم نستخدم العلاقة:

$$\frac{n_0}{n} = \frac{V_a}{V_a + (R_a + R_b) I_a}$$



المميزات الطبيعية والاصطناعية لمحرك DC عند عمل المحرك الاسمي و عمله عند الكبح

الكبح مع إعادة القدرة سوف يستخدم فقط عندما يكون هناك حملاً كافياً لامتصاص الطاقة المتولدة، عندما تكون سعة الحمل أقل من الطاقة المتولدة، فإن كامل الطاقة المتولدة لن تمتص من قبل الحمل. والطاقة المتبقية سوف تخزن في المكثفات في الشبكة وجهد الشبكة سوف يزداد لقيم خطرة

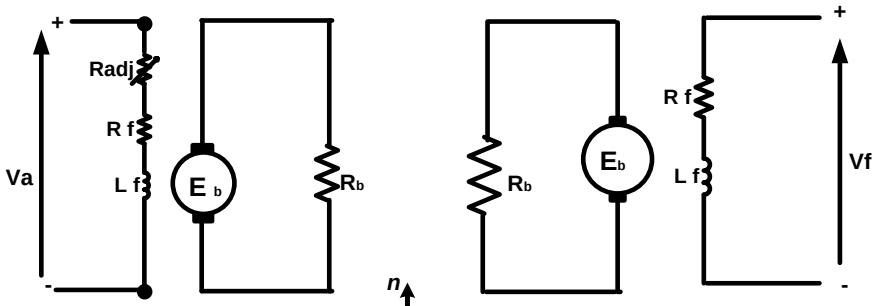
بالنسبة لمحركات التيار المستمر التسلسلية، وبزيادة السرعة سينخفض التيار والتدفق، وبالتالي فإن العلاقة ($E_b > V_a$) لا يمكن أن تتحقق ، وبالتالي فإن الكبح بإعادة القدرة إلى الشبكة في المحركات التسلسلية غير ممكناً.

تتخذ إجراءات احتياطية لتحويل الطاقة الزائدة إلى مقاومة، حيث يتم تبديدها على شكل حرارة، يمكن تسمية هذا النوع من الكبح بالكبح المركب، لأنه يتألف من الكبح الديناميكي والكبح مع إعادة القدرة إلى الشبكة.

الكبح الديناميكي Dynamic Braking

في الكبح الديناميكي: يتم فصل المحرك عن الشبكة ويوصل عبر مقاومة خارجية R_b

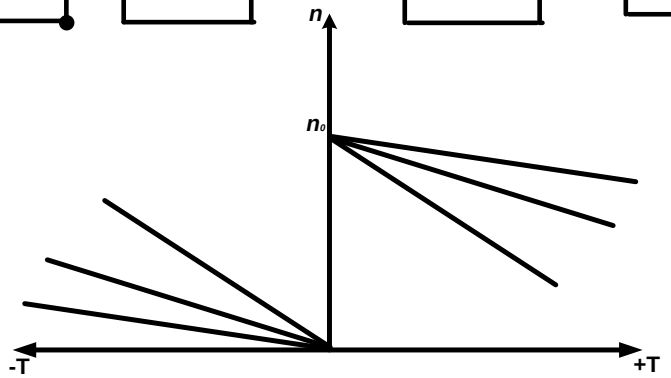
يتم بفصل المحرك عن الشبكة وإبقاء التهييج مستمراً ونتيجة لدوران المتحرض ضمن الساحة المغناطيسية, فإن المحرك سيعمل كمولد و بذلك سينتج عزماً كابحاً يحاول إيقاف المحور من جهة, ومن جهة أخرى ستتولد ق.م.ك (emf) ويكون هناك استطاعة يتم تبديدها في المقاومة الخارجية.



علاقات السرعة – العزم:

$$n = +\frac{T_d (R_a + R_b)}{K_e K_t \Phi^2}$$

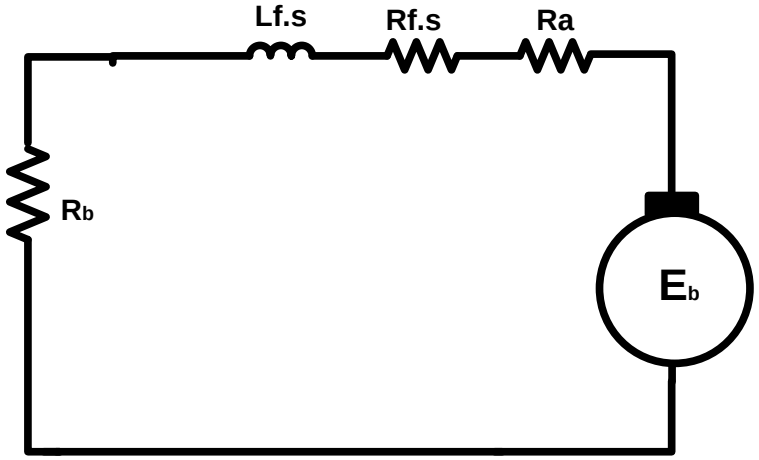
$$\frac{n_0}{n} = \frac{V_a}{(R_a + R_b) I_a}$$



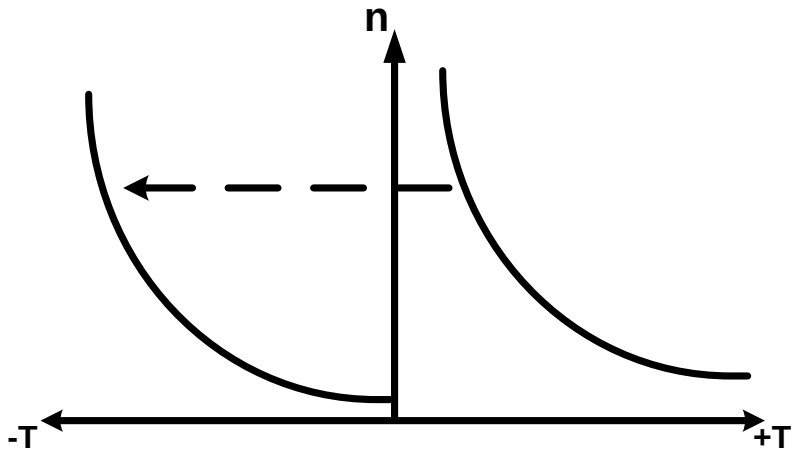
مميزات السرعة – العزم للمحرك التفرعي والمحرك ذي التهييج المستقل في حالة الكبح الديناميكي

المحرك ذي التهييج التسلسلي عند الكبح الديناميكي

يعمل كمولد ذي جهد تهييج ذاتي عند الكبح، فإن الفيض
سينعكس بحيث يصبح مساعداً للمغناطيسية المتبقية

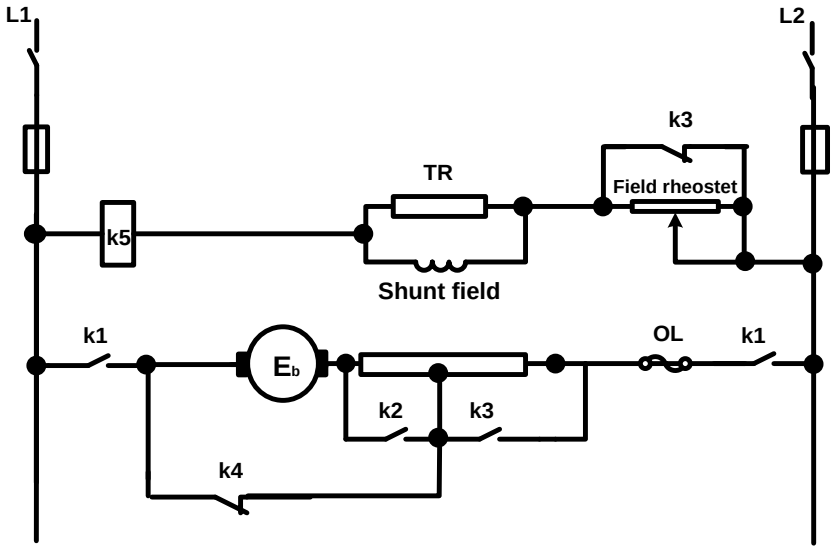


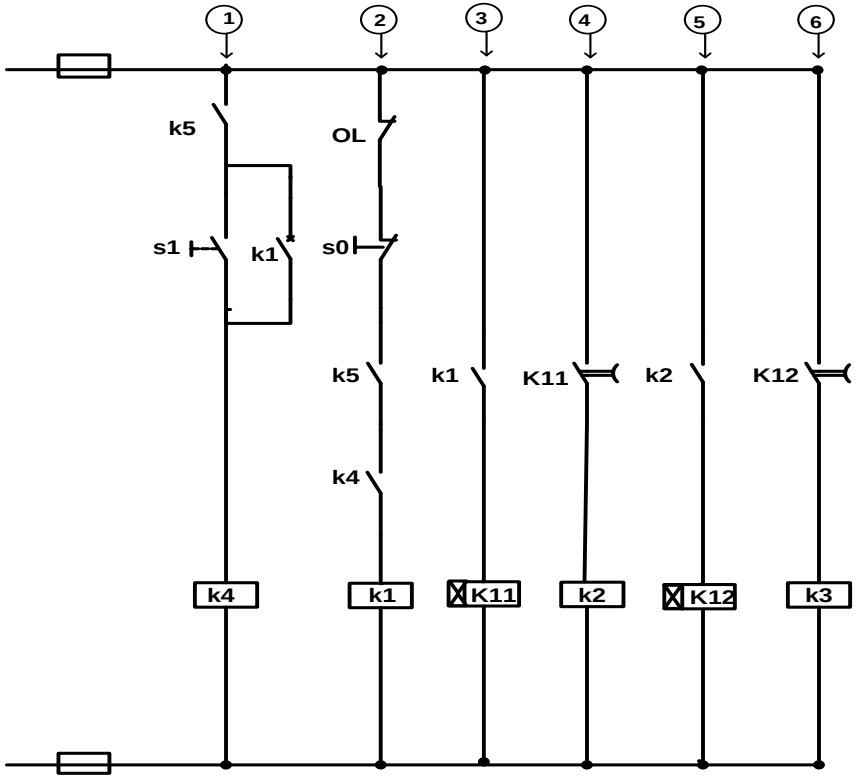
الدارة المكافئة للمحرك التسلسلي في حالة الكبح الديناميكي



مميزات السرعة – العزم للمحرك التسلسلي في حالة الكبح الديناميكي

دارة قيادة للإقلاع والكبح الديناميكي لمحرك DC





S1

- تغذية دارة التهييج وزاجل فقدان التهييج K_5

- تهييج وشيعة واصل الفرملة K_4

- فتح التماس K_4 المغلق على طرفي المتحرض, وإغلاق التماس المفتوح في الفرع رقم 2 فيتهيج الواصل الرئيسي K_1

- ويدور المتحرض بكامل مقاومة الإقلاع التسلسلية

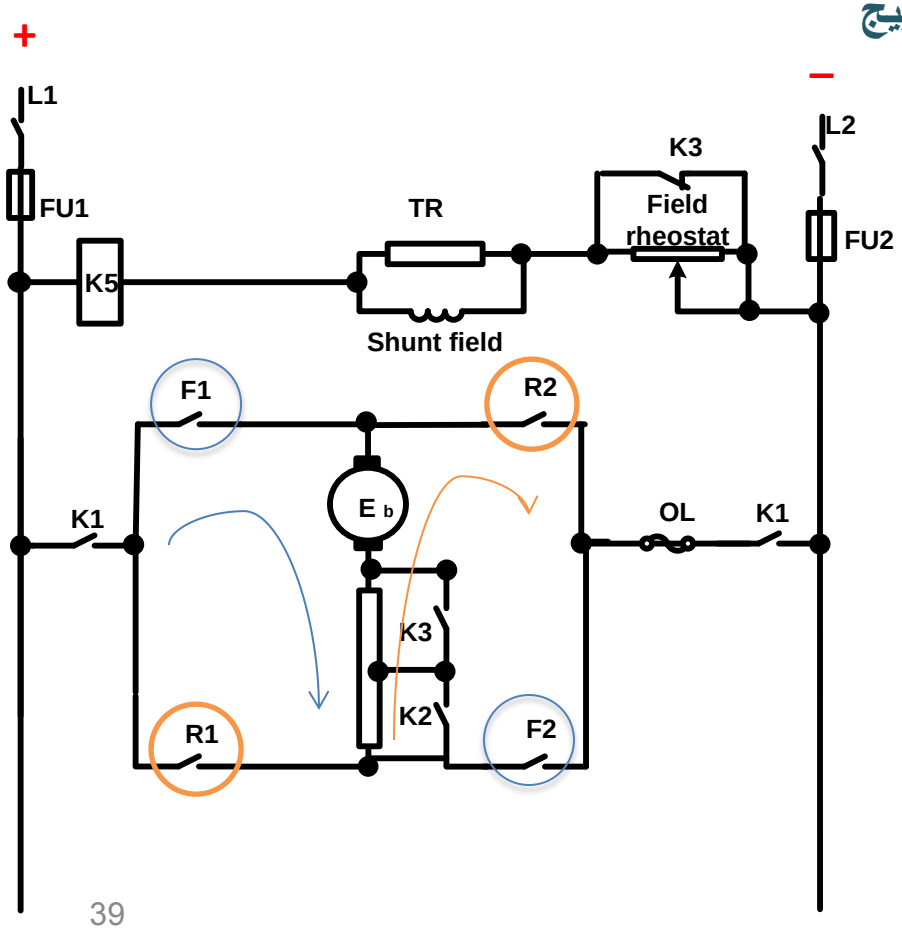
يغذى زاجل التأخير الزمني K_{11} في الفرع رقم 3 و بعد تأخير زمني مناسب يغلق تماسه المفتوح في الفرع رقم 4 ليتغذى الواصل K_2 ويتفعل ويغلق تماسه K_2 المفتوح في دارة القدرة ليقصر الجزء الأول من مقاومة الإقلاع.

ضغط S0 فإن الواصل K_3 يفقد تغذيته مع جميع الزواجل الزمنية مما يؤدي لقصر المقاومة الإضافية الموصولة على التسلسل مع ملف التهييج عن طريق تماسه المغلق طبيعياً K_3 فيزداد التهييج وتساعد الضياعات الكهربائية والحديدية لإيقاف المحرك بشكل أسرع.

عكس السرعة لمحركات التيار المستمر والكبح بعكس التوصيلات Plugging & Reversing of DC Motors

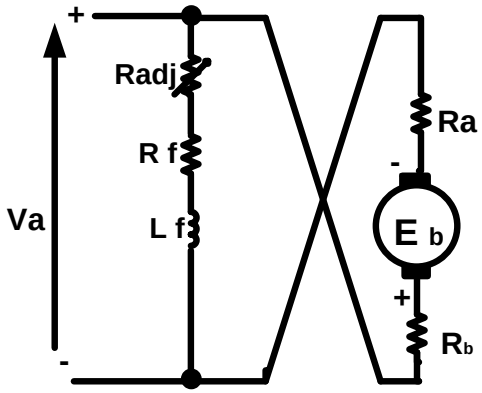
- تتم عملية عكس سرعة دوران محركات التيار المستمر إما بعكس اتجاه التيار في ملفات المتحرض أو في ملفات التهييج

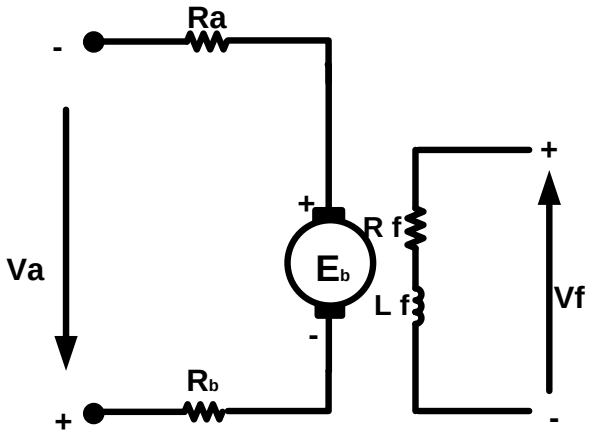
- ينصح عند عكس اتجاه دوران محرك DCبأن تعكس قطبية ملفات المتحرض بدلاً من ملفات التهييج



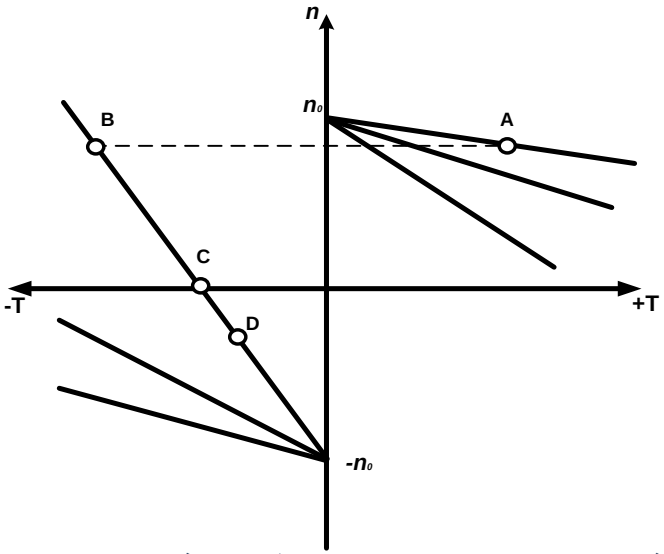
بتفعيل الواصلين F1 و F2 يتم إغلاق تماساتهما في دارة القدرة مما يؤدي إلى مرور التيار عند التشغيل من الأعلى إلى الأسفل في ملف المتحرض وهذا يؤدي بدوره إلى عمل المحرك باتجاه أمامي

عندما يراد عكس اتجاه الدوران نقوم بفصل التغذية عن الواصلين F1 و F2 مما يؤدي لأن تعود تماساتهما إلى وضعية الراحة أي (NO) ومن ثم نقوم بتغذية الواصلين R1 و R2 وإغلاق تماساتهما في الدارة ليمر تيار المتحرض في هذه الحالة من الأسفل إلى الأعلى





الدارة المكافئة للمحرك ذي التهييج المستقل والمحرك التفرعي في حالة الكبح بعكس التوصيلات



منحنيات السرعة – العزم للمحرك التفرعي في حالة الكبح على التضاد

علاقة المنحنيات المميزة للكبح على التضاد:

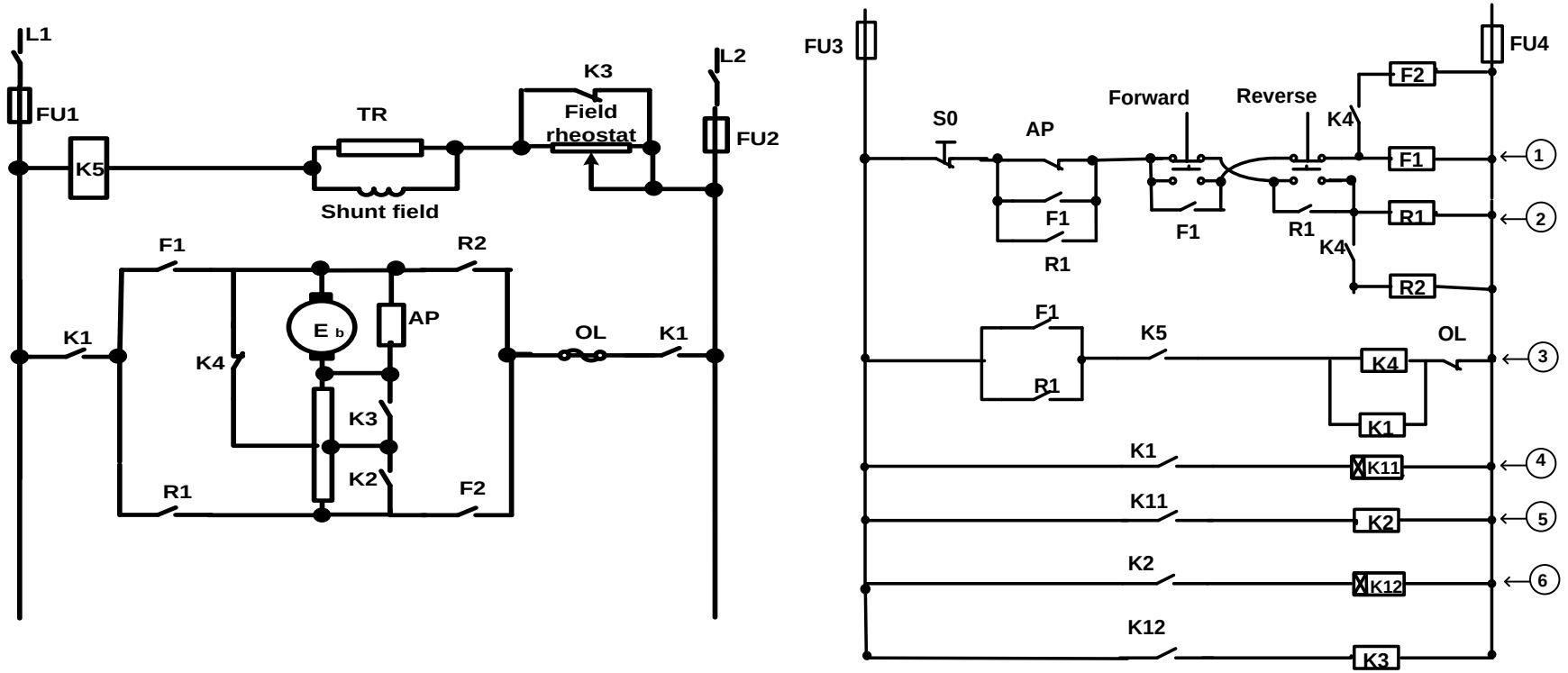
$$n = -\frac{V_a}{K_e \Phi} + \frac{T_d (R_a + R_b)}{K_e K_t \Phi^2}$$

$$\frac{n_0}{n} = \frac{V_a}{-V_a + (R_a + R_b) I_a}$$

يكبح المحرك التسلسلي بعكس قطبية ملف المتحرض أو قطبية ملف التهييج

$$n = \frac{-V_a + I_a (R_a + R_f + R_b)}{K_e \Phi}$$

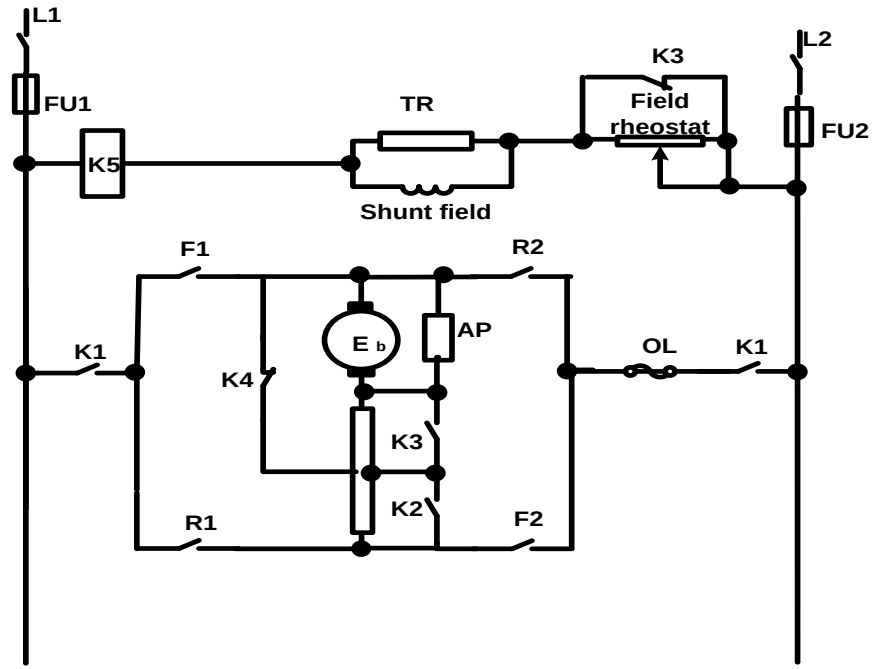
دارة قيادة لعكس اتجاة الدوران مع الكبح الديناميكي

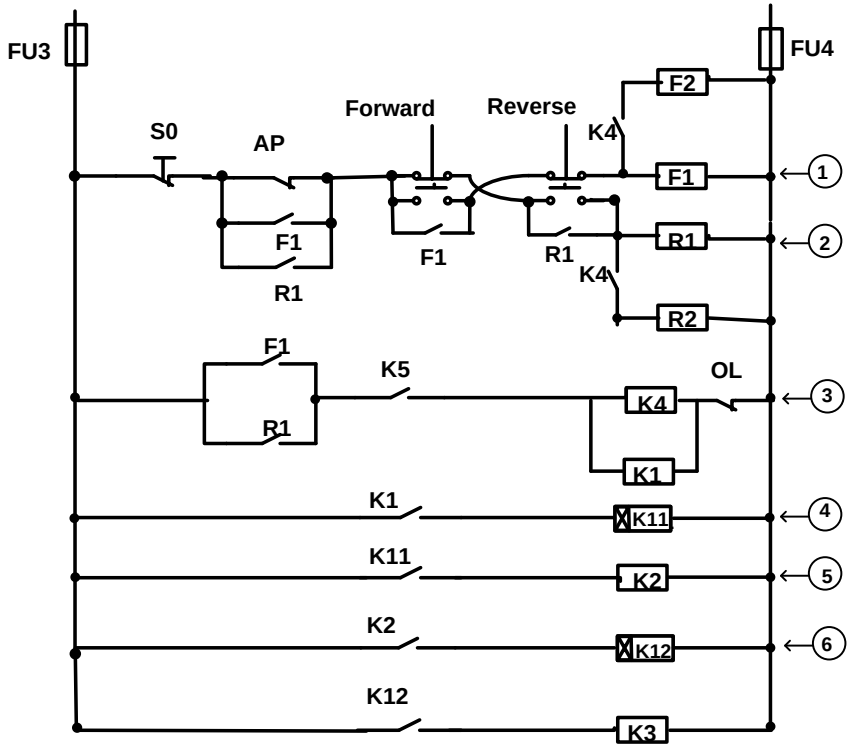


بالضغط على FORWARD تتغذى وشيعة الواصل F_1 في الفرع رقم 1من دارة القيادة عبر التماسات Ap المغلقة (زاجل ضد عكس التوصيلات). عند تهييج الواصل F_1يغلق تماساته المساعدة الموصولة على التفرع مع الزر FORWARD والتماسات على التفرع مع Ap المغلقة للحفاظ على F_1 مغذاة في الفرع رقم 1, بنفس الوقت يغذي الواصل F_1 أيضاً الواصلين K_4 و K_1 في الفرع رقم 3من دارة القيادة وعبر تماسات زاجلي فقدان التهييج والتحميل الزائد المغلقين طبيعياً.

تتهيج وشيعة الزاجلين K_4 و K_1 ويغلق واصل الفرملة K_4 تماساته المفتوحة في الفرع رقم 1 وتغذي الواصل F_2, في هذه الحالة يغلق الواصلان F_1 و F_2 تماساتهما في دارة القدرة لتجهيز المحرك للعمل باتجاه أمامي وبما أن تماسات الواصل الرئيسي K_1 أغلقت في دارة القدرة.

يتم إقلاعه بكامل مقاومة الإقلاع في الاتجاه الأمامي عبر التماسين F_1 و F_2 و بتيار تهييج كامل حيث يقوم التماس K_3 المغلق طبيعياً بقصر مقاومة التنظيم.
يتسارع المحرك بالطريقة الطبيعية وعندما يتغذى زاجل التأخير الزمني K_{11} عبر التماس K1 في الفرع رقم 4 وتستمر عملية الإقلاع بفصل مقاومة الإقلاع على التوالي تبعاً لأزمنة التأخير المحددة.





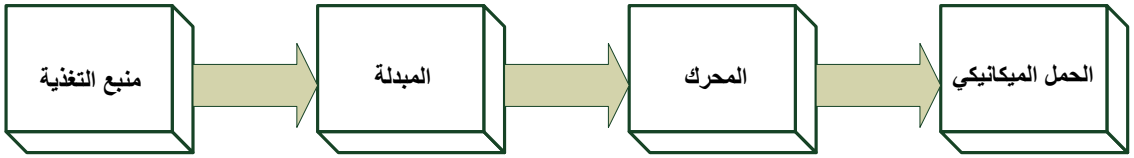
تتم الفرملة الديناميكية عند الضغط على الزر S0 أو الزر REVERSE لأن كلاً من هذين الزرين يفصل التغذية عن الواصلين F_1 و F_2 فيفتح الفرع رقم 3 تنقطع التغذية عن الزاجلين K_4 و K_1 على التوالي فيقوم التماس K_4المغلق بقصر المتحرض مع جزء من مقاومة الإقلاع, ومع تهييج كامل يتم فصل المتحرض من خط التغذية ووصلت مقاومة الفرملة عبره, فيقف المحرك بسرعة بواسطة الفرملة الديناميكية.

لضمان عدم حدوث عكس التوصيلات عند الضغط على الزر REVERSE يوصل زاجل ضد عكس التوصيلات على طرفي المتحرض.
حيث عند فتح الفرع رقم 1 وبالضغط على الزر REVERSE لا يمكن تغذية الزاجل R_1خلال زمن بدء الفرملة الديناميكية لأن ذلك يتطلب فصل التغذية عن الزاجل Ap

التحكم بسرعة محركات التيار المستمر
Speed Control Of DC Motors

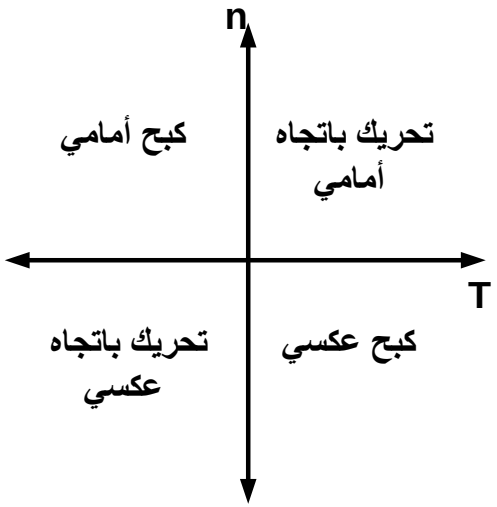
نظام القيادة الكهربائية

مكوناته:



يتحدد نوع المحرك الكهربائي المناسب بناء على:

- نوع الحمل الميكانيكي وطبيعته
- مدى السرعة المطلوبة.
- مدى صعوبة التحكم في السرعة أو تنظيمها.
- المردود خلال مجال السرعة المطلوب.
- متطلبات الإقلاع والكبح.
- طبيعة مكان العمل (نظيف- قابل للانفجار.... الخ).

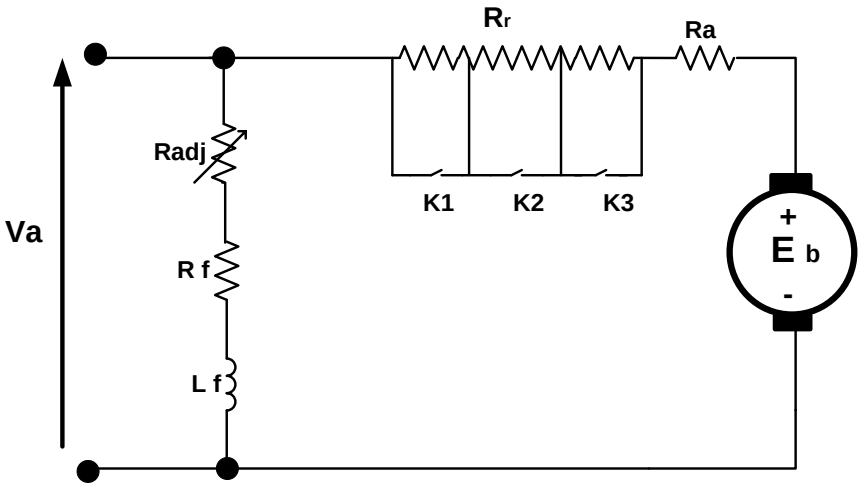


مناطق العمل على مخطط سرعة-عزم

التحكم بسرعة محركات الـ DC

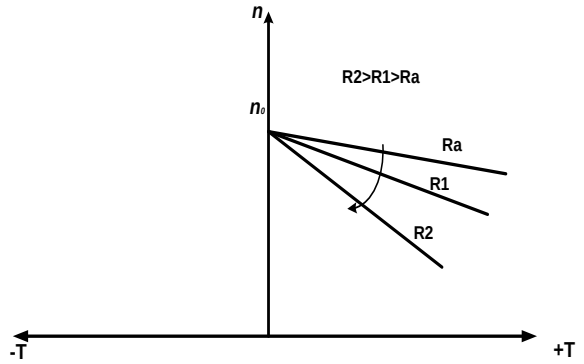
$$n = \frac{V_a - I_a R_a}{K_e \Phi}$$

- عن طريق وصل مقاومة على التسلسل مع المتحرض
- عن طريق تغيير الجهد المطبق على أطراف المحرك
- عن طريق تغير الفيض المغناطيسي من خلال وصل مقاومة على التسلسل مع ملف التهييج أو تغيير جهد دارة التهييج



تنظيم السرعة باستخدام مقاومة متغيرة موصولة على التسلسل مع المتحرض

يتم تنظيم السرعة عن طريق فتح أو إغلاق تماسات الواصلات (K1,K2,K3) وبذلك يدخل جزء من المقاومة في الدارة مما يغير من قيمة المقاومة المحصلة لدارة المتحرض



منحني العزم – السرعة عند قيم متعددة لمقاومة المتحرض

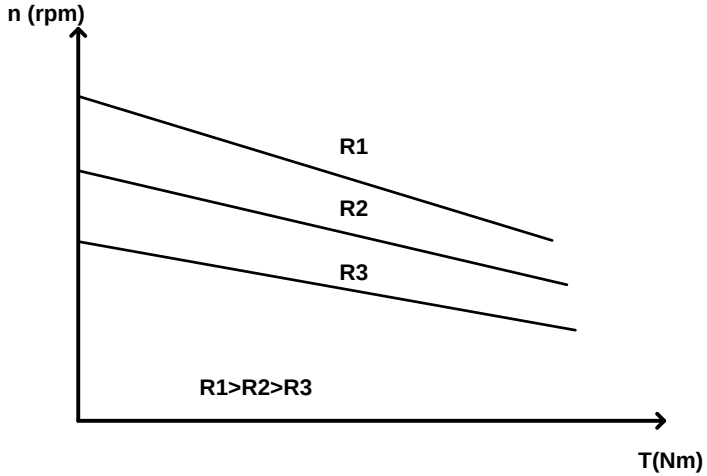
استخدام مقاومة متغيرة موصولة مع ملف التهييج

هي طريقة بسيطة قليلة التكلفة توصل مقاومة تنظيم باستطاعة منخفضة مع ملف التهييج

عن طريقها يتم التحكم بتيار التهييج وبالتالي الفيض المغناطيسي وبهذه الطريقة يمكن أن نحصل على سرعات أعلى من السرعة الاسمية للمحرك ولكن هذا يتسبب في نشوء القوس الكهربائي في المحرك وحدوث مشاكل ميكانيكية نتيجة زيادة السرعة.

لا تتجاوز السرعة (1.5) مرة من السرعة الاسمية

زيادة المقاومة تؤدي إلى تناقص تيار التهييج مما يؤدي إلى تناقص الفيض المغناطيسي والذي بدوره يؤدي إلى زيادة سرعة المحرك



منحني العزم – السرعة عند قيم متعددة لمقاومة التهييج

$$E_b = K_e \omega I_f$$

$$E_b = K_e \Phi n$$

$$I_a = V_a - E_b / R_a$$

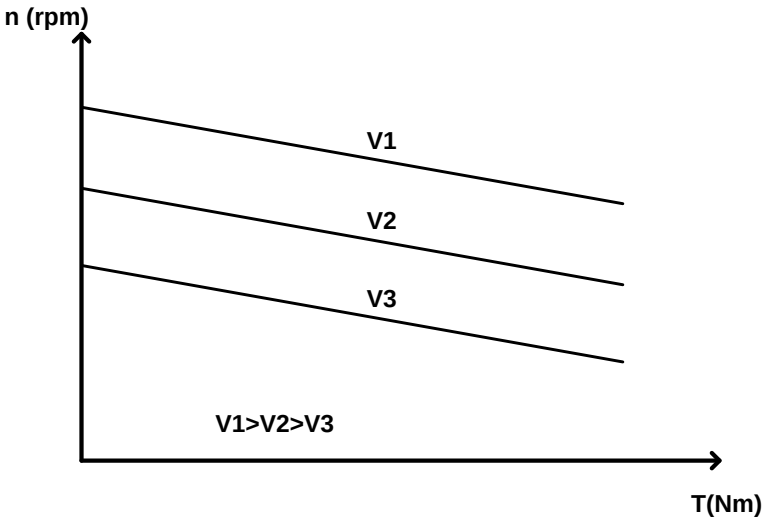
$$T_d = K_t \Phi I_a$$

التحكم بالسرعة عن طريق جهد المتحرض

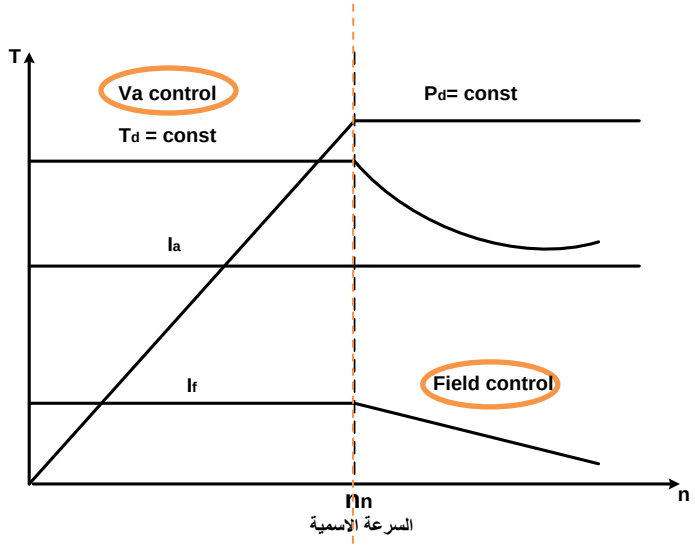
مجال أوسع لتنظيم السرعة عن طريق الجهد المطبق على أطراف المحرك, ويمكن التحكم بهذا الجهد باستخدام طريقة (وورد- ليونارد)

يغذى المحرك M المراد تنظيم سرعته من مولد مقاد G وهذا المولد يدار بسرعة ثابتة من خلال محرك تيار مستمر آخر وعن طريق التحكم في تهييج المولد يتم التحكم بالجهد المتولد على أطرافه وبالتالي الجهد المغذي للمحرك المراد تنظيم سرعته.

من عيوب هذه الطريقة هي التكلفة العالية لنظام التحكم.



منحني العزم – السرعة عند قيم متعددة لجهد المتحرض



العلاقة بين كل من العزم والاستطاعة والجهد وتيار المتحرض وتيار التهييج مع السرعة

التحكم بسرعة المحركات التسلسلية

$$n = \frac{V_a - I_a(R_a + R_f + R_r)}{K_e \Phi}$$

- **استخدام مقاومة متغيرة موصولة على التسلسل مع المتحرض:**

R_r – مقاومة التنظيم التسلسلية

- **وصل مقاومة على التفرع مع ملفات التهييج:**

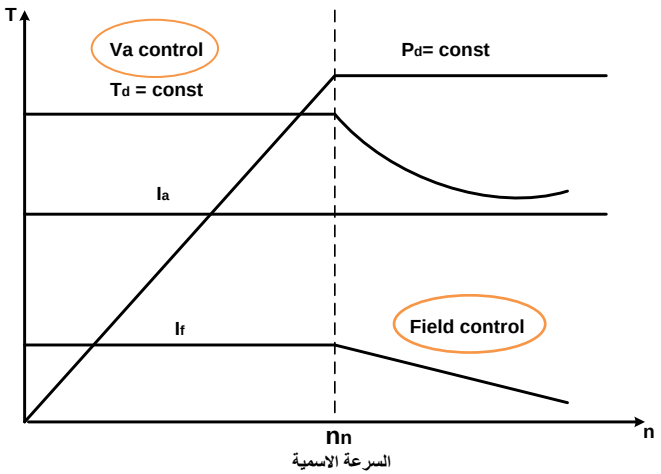
التحكم في قيمة تيار التهييج عن طريق توصيل مقاومة على التوازي مع ملفات التهييج بحيث يمكن تغيير قيمة تيار التهييج عن طريق تغيير المقاومة, بينما تبقى قيمة تيار الحمل ثابتة

- **تقسيم ملفات التهييج:**

تقسيم ملفات التهييج على الأقطاب إلى قسمين أو أكثر وتوصيلهما على التفرع معاً بدلاً من توصيل الملفات على الأقطاب كلها على التسلسل, وبهذه الطريقة نستطيع التحكم بتيار التهييج وبالتالي في سرعة المحرك.

التحكم الإلكتروني بمحركات الـ DC

التحكم بسرعة محركات الـ DCذات التهييج المستقل باستخدام المقومات المقادة

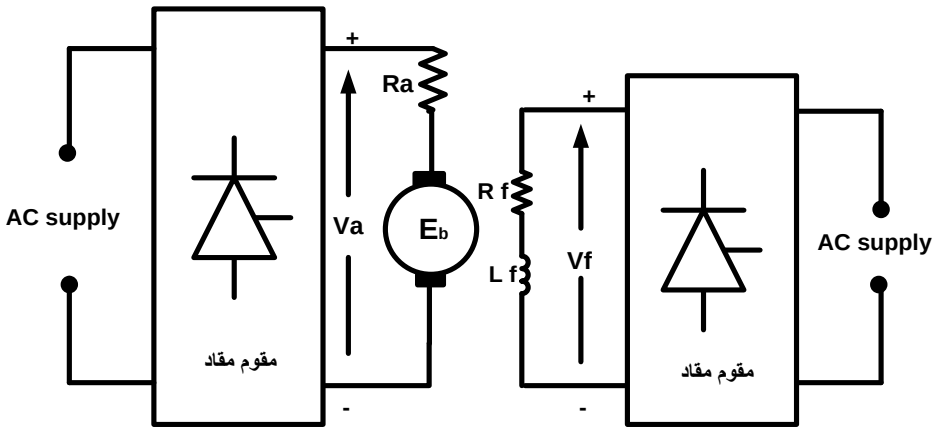


- تقسم القيادة باستخدام المقومات المقادة إلى: أحادية الطور والقيادة باستخدام المقومات المقادة ثلاثية الطور حيث يتم التحكم بالسرعة عن طريق تغيير جهد المتحرض

- تتميز هذه الطريقة بمدى التحكم الواسع من الصفر إلى السرعة الاسمية بالإضافة إلى أن العلاقة بين السرعة وجهد المتحرض تقريباً علاقة خطية

- تستخدم طريقة التحكم بالسرعة عن طريق الفيض للحصول على سرعات أعلى من السرعة الاسمية بينما تستخدم طريقة التحكم بجهد المتحرض للحصول على سرعات أقل من السرعة الاسمية

استخدام المقومات أحادية الطور المقادة



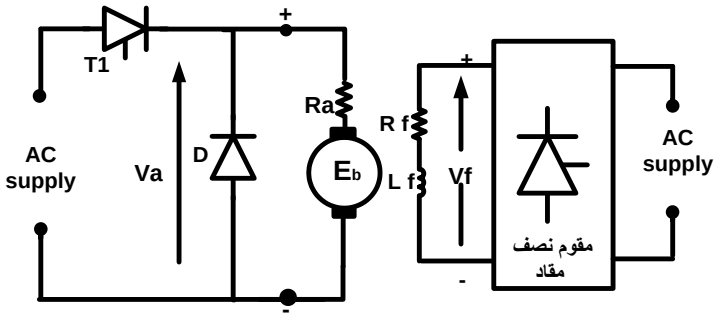
إذا كان منبع التغذية المتوفر أحادي الطور وتصلح للتحكم في المحركات الصغيرة الأقل من 15KW ويستخدم مقوم أحادي الطور أو أكثر بهدف التحكم بسرعة المحرك من خلال زاوية قدح ثايرستورات المقوم.

ويستخدم المقوم في دارة المتحرض للتحكم في جهد المتحرض V_a عن طريق زاوية القدح α_a أو في دارة التهييج للتحكم في تيار التهييج I_f عن طريق زاوية القدح α_f.

أربعة أنواع للمقومات للتحكم بسرعة محركات الـ DC

- التحكم عن طريق مقوم نصف موجة مقاد.
- التحكم عن طريق مقوم موجة كاملة نصف مقاد.
- التحكم عن طريق مقوم موجة كاملة مقاد.
- التحكم عن طريق مقوم المزدوج.

القيادة عن طريق مقوم نصف موجة مقاد



مقوم نصف موجة مقاد

يحتوي تيار المتحرض على تذبذبات مما يسبب سوء في أداء المحركات كبيرة الاستطاعة ويستخدم في حدود 0.5KW

ومن الصعب استخدام مقوم نصف موجة في دارة التهييج لأنه في حالة استخدامه فإن تيار التهييج سيحتوي على كثير من التموجات غير المرغوب فيها.

علاقة جهد المتحرض:

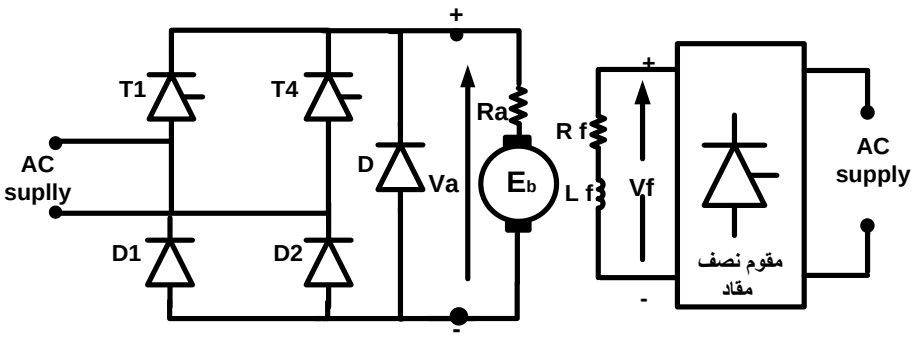
$$V_a = \frac{V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha_a)$$

جهد التهييج الناتج عن مقوم موجة كاملة أحادي الطور نصف مقاد:

$$V_f = \frac{V_m}{\pi}(1+\cos\alpha_f)$$

القيادة عن طريق مقوم موجة كاملة نصف مقاد

يستخدم هذا النوع في التطبيقات الصناعية باستطاعة أكبر من 15KW حيث
يستخدم مقوم كامل الموجة نصف مقاد في كل من دارة المتحرض و التهييج



مقوم موجة كاملة نصف مقاد

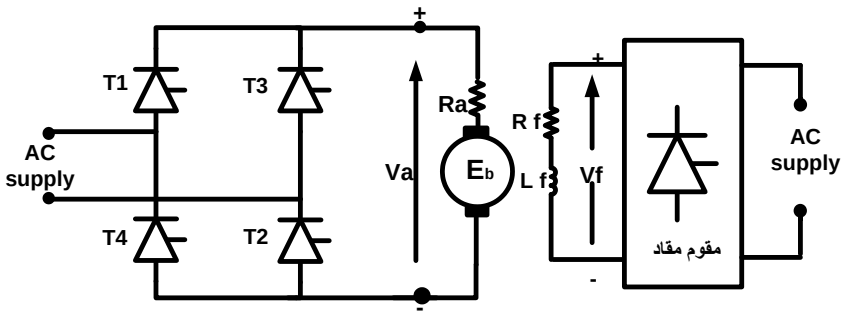
الجهد الوسطي المطبق على المتحرض:

$$V_a = \frac{V_m}{\pi}(1+\cos\alpha_a)$$

الجهد على أطراف ملف التهييج:

$$V_f = \frac{V_m}{\pi}(1+\cos\alpha_f)$$

القيادة باستخدام مقوم أحادي الطور موجة كاملة مقاد(مقوم جسري)



في النصف الموجب من الموجة يكون كل من الثايرستورين (T1,T2) في حالة التمرير لذلك يتم قدحهما عند زاوية α ويمر التيار من المنبع إلى المتحرض من خلال (T1,T2) ويستمر مرور التيار حتى بعد أن تزيد قيمة ωt عن π رغم أن جهد المنبع قد أصبح سالباً وذلك بسبب المحارضة العالية للحمل, ويستمر ذلك حتى يتم قدح كل من الثايرستورين (T3,T4) عند زاوية α+ π ويمر التيار من خلالهما إلى الحمل, ويستمر ذلك حتى يتم قدح كل من الثايرستورين (T1,T2) عند زاوية 2π +α ويتكرر ذلك مع كل دورة.

إذا كانت زاوية القدح أقل من 90˚ يكون الجهد موجباً بينما يكون سالباً إذا كانت أكبر من 90˚, أما تيار الحمل فيكون دائماً موجباً, لذلك يستخدم هذا المقوم في التطبيقات التي تحتاج إلى عكس اتجاه الجهد

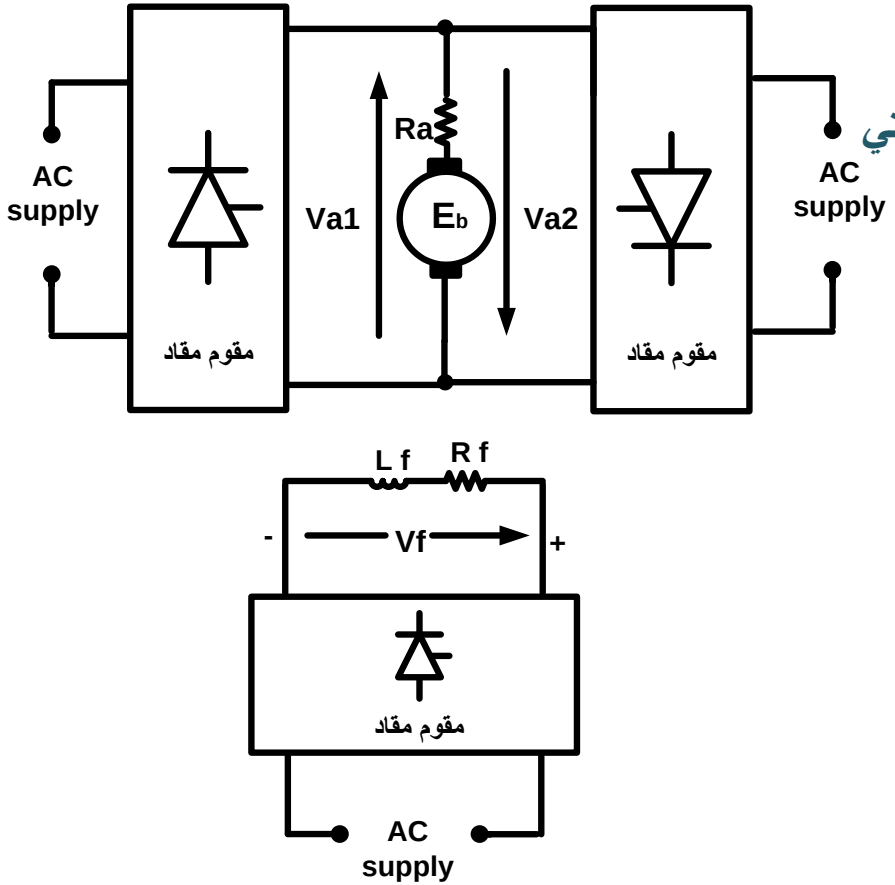
يكون الجهد المطبق على المتحرض:

$$V_a = \frac{2V_m}{\pi}(\cos\alpha_a)$$

الجهد على أطراف التهييج:

$$V_f = \frac{2V_m}{\pi}(\cos\alpha_f)$$

القيادة باستخدام المقوم المزدوج أحادي الطور



يستخدم المقوم المزدوج بكثرة في التطبيقات الصناعية التي تحتاج إلى محركات متغيرة السرعة وعالية الاستطاعة

في حال تشغيل المقوم الأول يكون جهد المتحرض :

$$V_{a1} = \frac{2V_m}{\pi}(\cos \alpha_{a1})$$

في حال تشغيل المقوم الثاني يكون جهد المتحرض :

$$V_{a2} = \frac{2V_m}{\pi}(\cos \alpha_{a2})$$

الجهد على أطراف ملف التهييج :

$$V_f = \frac{2V_m}{\pi}(\cos \alpha_f)$$

عند تشغيل المقوم الأول: يتم تشغيل المحرك في الربع الأول (التحريك الأمامي) ويمكن عمل فرملة أمامية وذلك بعكس قطبية التهييج وزيادة زاوية القدح للمقوم الأول لتكون أكبر من 90˚ (يعمل المحرك في الربع الثاني).

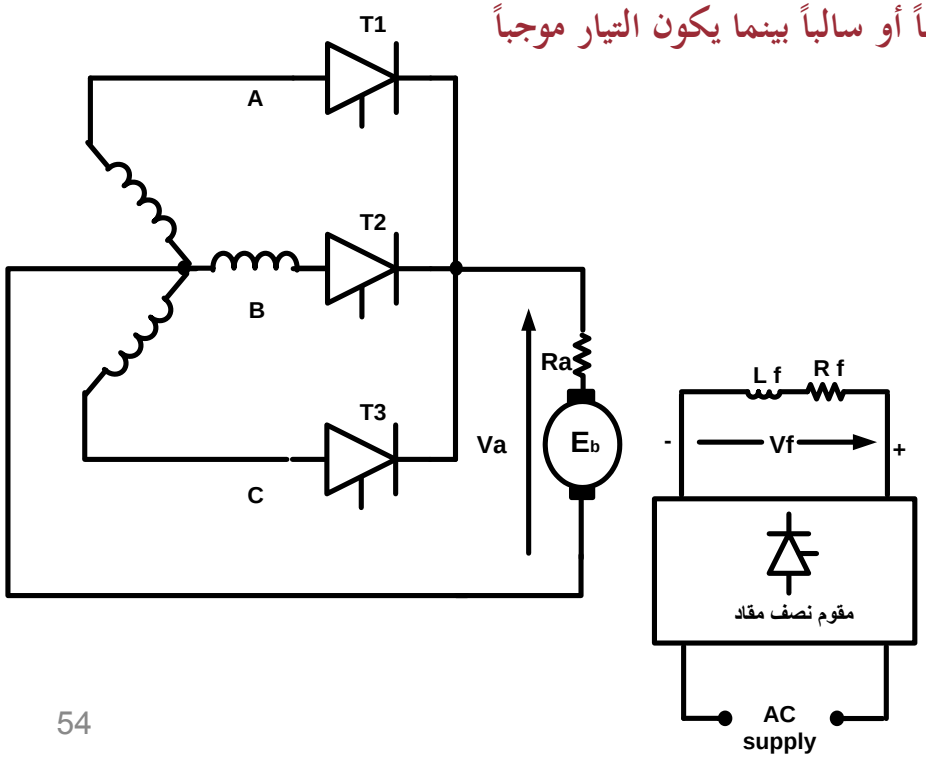
لعكس حركة المحرك فيتم ذلك عن طريق تشغيل المقوم الثاني بدلاً من المقوم الأول يعمل المحرك في الربع الثالث عكس الحالة الأولى ويمكن أيضا كبح المحرك في هذه الحالة وذلك بعكس قطبية ملف التهييج وزيادة زاوية القدح للمقوم الثاني لتكون اكبر من 90˚.

القيادة باستخدام المقومات ثلاثية الطور المقادة

تستخدم للتحكم في محركات التيار المستمر ذات الاستطاعات العالية
التي قد تصل إلى عدة ميغاوات، تردد التموجات يكون عالياً

القيادة باستخدام المقومات ثلاثية الطور نصف موجة المقادة:

يستخدم هذا النوع في التطبيقات الصناعية التي تتطلب استطاعات تصل إلى **40KW**
وباستخدام المقوم ثلاثي الطور يكون الجهد الناتج عنه إما موجباً أو سالباً بينما يكون التيار موجباً



جهد المتحرض :

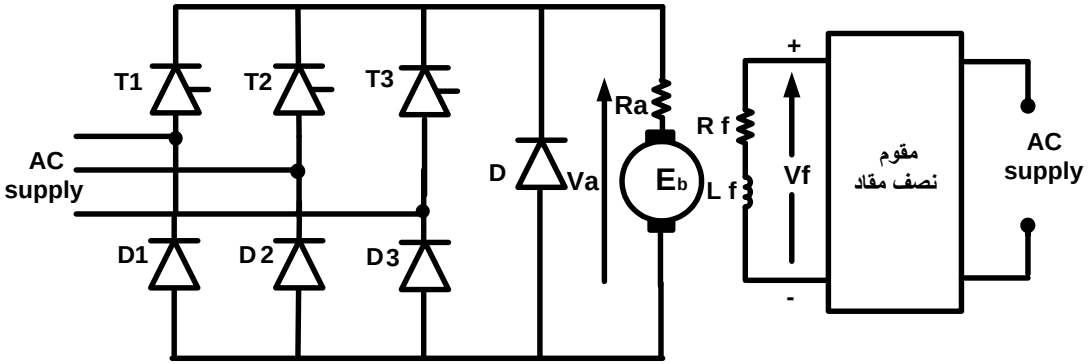
$$V_a = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi}(\cos\alpha_a)$$

جهد ملف التهييج :

$$V_f = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha_f)$$

القيادة باستخدام مقوم ثلاثي الطور موجة كاملة نصف مقاد

يستخدم هذا المقوم في التطبيقات التي تحتاج إلى جهد موجب وتيار موجب أيضاً (ربع واحد) ولكن استطاعة أكبر من المقوم نصف موجة



جهد المتحرض :

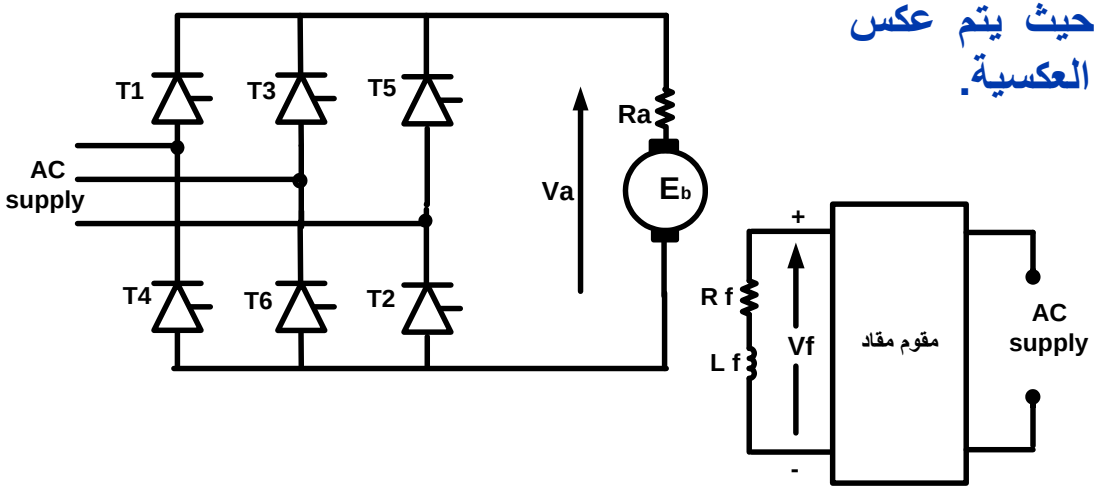
$$V_a = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha_a)$$

جهد ملف التهييج :

$$V_f = \frac{3\sqrt{3}V_m}{2\pi}(1+\cos\alpha_f)$$

القيادة باستخدام مقوم ثلاثي الطور موجة كاملة مقاد

جهد المتحرض إما أن يكون موجباً أو سالباً على حسب قيمة زاوية القدح أما التيار فيكون موجباً فقط (يعمل بالربعين) ولذلك يمكن استخدامه عند إعادة التوليد حيث يتم عكس اتجاه الاستطاعة وذلك بعكس القوة المحركة العكسية.



الجهد المتوسط في دارة المتحرض :

$$V_a = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi}(\cos\alpha_a)$$

جهد ملف التهييج:

$$V_f = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi}(\cos\alpha_f)$$

القيادة باستخدام مقوم مزدوج ثلاثي الطور

وتستخدم هذه المقومات بكثرة في التطبيقات الصناعية التي تحتاج إلى محركات تقود أحمال ذات سرعات متغيرة واستطاعات عالية.

في حالة تشغيل المقوم الأول يكون جهد المتحرض

$$V_{a1} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi}(\cos\alpha_{a1})$$

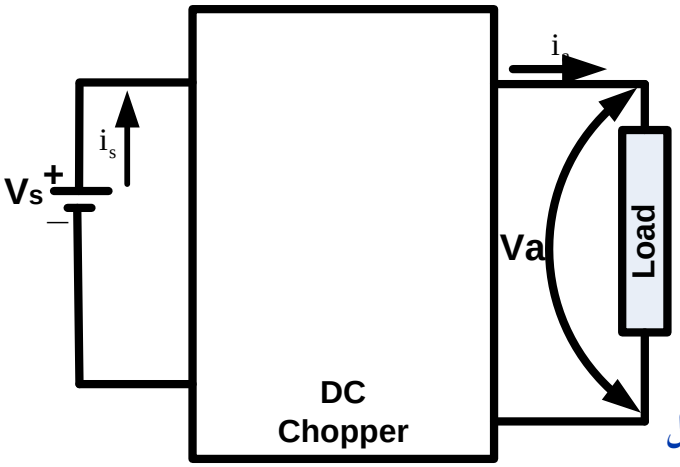
في حالة تشغيل المقوم الثاني يكون جهد المتحرض :

$$V_{a2} = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi}(\cos\alpha_{a2})$$

الجهد على أطراف ملف التهييج :

$$V_f = \frac{3\sqrt{3}V_m}{\pi}(\cos\alpha_f)$$

التحكم بمحركات الـ DC باستخدام مقطعات الجهد المستمر



المقطعات (Chopper) تستخدم لتحويل الجهد المستمر ذي القيمة الثابتة إلى جهد مستمر ذي قيمة متغيرة

تستخدم هذه الطريقة على نطاق واسع في القطارات الكهربائية والسيارات الكهربائية تلعب دورا مهما في التحكم بسرعة محركات التيار المستمر أو الكبح بإعادة التوليد مما يؤدي لتوفير كبير في الطاقة في نظم النقل الكهربائية .

عبارة عن مفتاح إلكتروني عند توصيل المفتاح لمدة مقدارها T_{on} يتم تطبيق جهد المنبع على الحمل وإذا تم فصل المفتاح لمدة زمنية T_{off} فان جهد الحمل سيكون مساوياً للصفر.

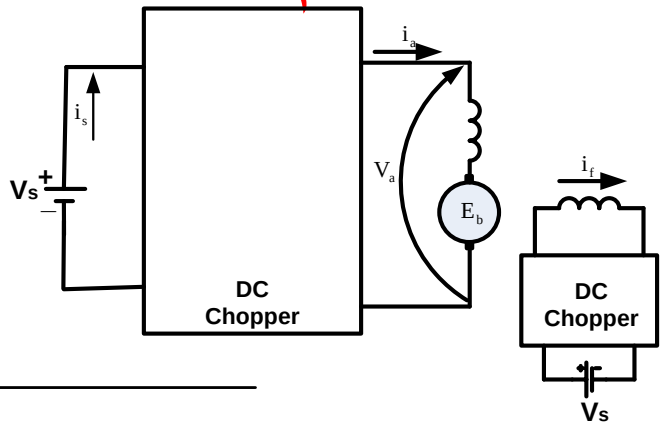
الجهد المتوسط على الحمل : $V_a = \frac{T_{on}}{T} V_s = D\, V_s$

D : نسبة التشغيل

يجب الأخذ بالاعتبار أن يكون تردد التقطيع عالياً، لذلك يجب أن يكون المفتاح المستخدم كمقطع أحد عناصر الإلكترونيات الصناعية مثل ترانزستورات MOSFET , IGBT والثايرستورات المتطورة مثل GTO

يستطيع المقطع التحكم بالسرعة والكبح مع إعادة التوليد والكبح الديناميكي

التحكم بسرعة محركات الـ DC باستخدام المقطعات

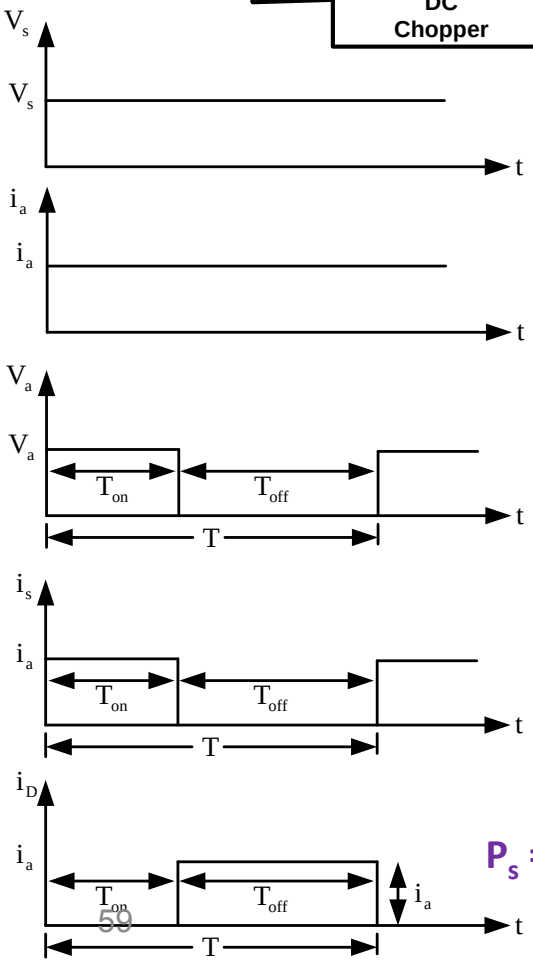


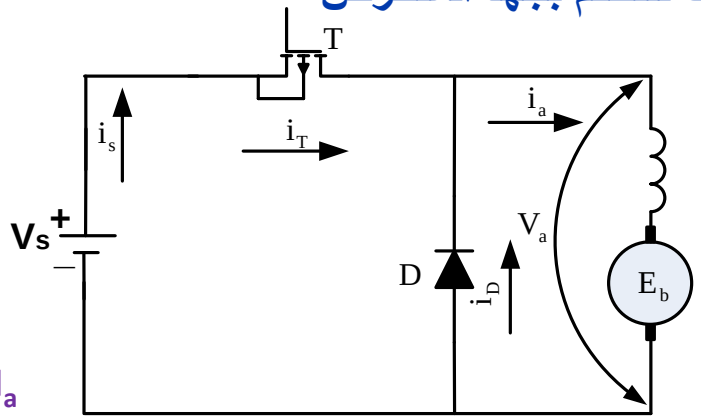
استخدام المقطع للتحكم في الاستطاعة المستجرة من المنبع، وذلك بالتحكم بجهد المتحرض أو تيار التهييج أو كليهما معاً

مقطع التيار المستمر للتحكم بمحركات الـ DCذات التهييج المستقل, حيث يستخدم فيه مقطعان احدهما للتحكم بجهد المتحرض والاخر للتحكم بتيار التهييج .

القيمة المتوسطة للتيار المسحوب من المنبع : $I_s = D\, I_a$

للتحكم بالمحركات التسلسلية فإننا نحتاج لمقطع واحد فقط وذلك للتحكم بجهد المتحرض

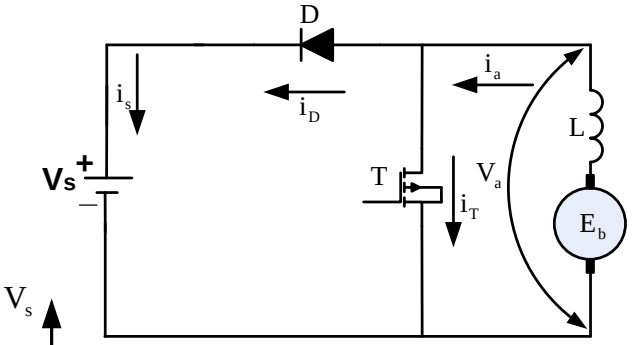


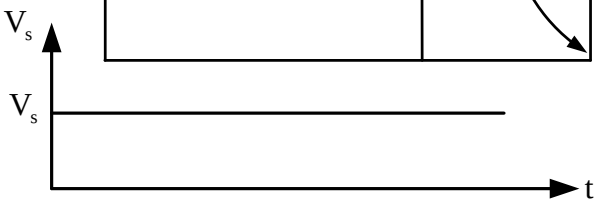


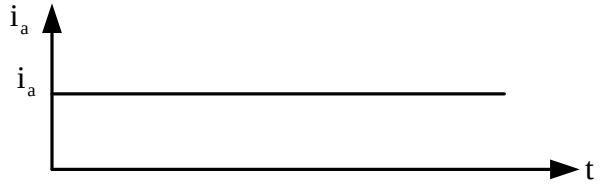
$P_s = P = V_s I_s = I_a V_a = D\, V_s I_a$

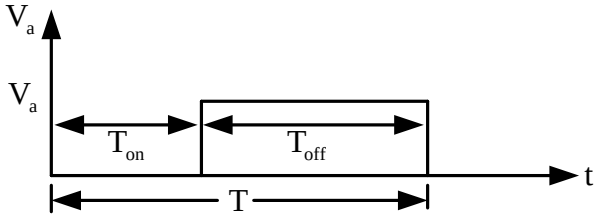
الاستطاعة المسحوبة من المنبع (P_s) مساوية للقدرة المستهلكة بالمحرك:

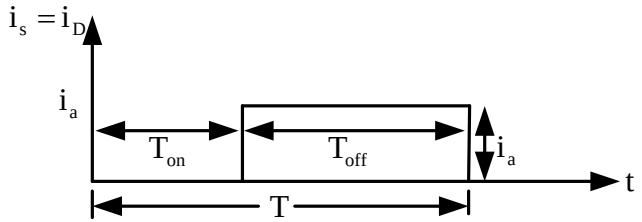
موجات التيار والجهد في حالة الكبح بإعادة التوليد لمحرك تسلسلي

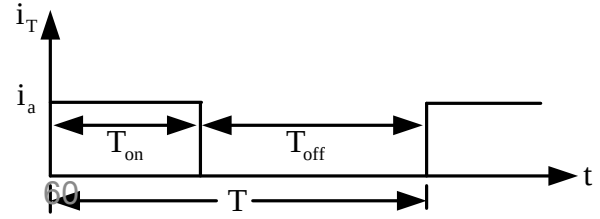












القيمة المتوسطة لجهد المتحرض مساوية للقيمة المتوسطة للجهد على المقطع

$$V_a = V_{ch} = (1- D)\, V_s$$

القيمة المتوسطة لتيار المنبع:

$$I_s = (1- D)\, I_a$$

الاستطاعة الراجعة إلى المنبع:

$$P_s = P_g = V_s I_s = V_a I_a = (1- D)\, V_s I_a$$

الجهد المتولد على أطراف المحرك عندما يعمل كمولد :

$$E_b = E_g = V_a + I_a R_a = (1- D)\, V_s + I_a (R_a + R_f)$$

وبالتحكم في نسبة التشغيل يتم التحكم في الاستطاعة المعادة إلى المنبع وبالتالي في عملية الفرملة

لكي تتم عملية الفرملة بإعادة التوليد
يجب أن يتوفر الشرط التالي :

$$0 \leq E_g - I_a (R_a + R_f) \leq V_s$$

الحصول على الحد الأدنى والحد الأقصى للسرعة :

في حالة المحرك التفرعي الحد الأدنى للسرعة :

$$\omega_{min} = \frac{I_a(R_a + R_f)}{K_e I_f}$$

في حالة المحرك التسلسلي الحد الأدنى للسرعة :

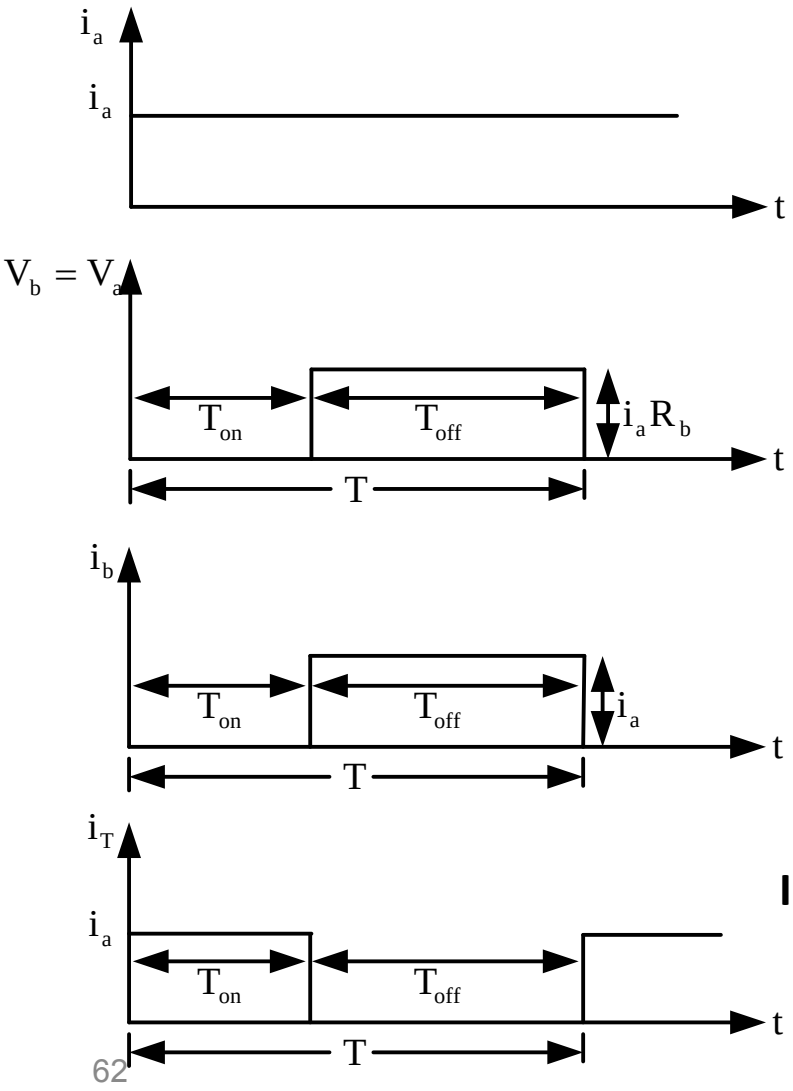
$$\omega_{min} = \frac{(R_a + R_f)}{K_e}$$

الحد الأقصى للسرعة :

$$\omega_{max} = \frac{V_s + I_a(R_a + R_f)}{K_e I_f}$$

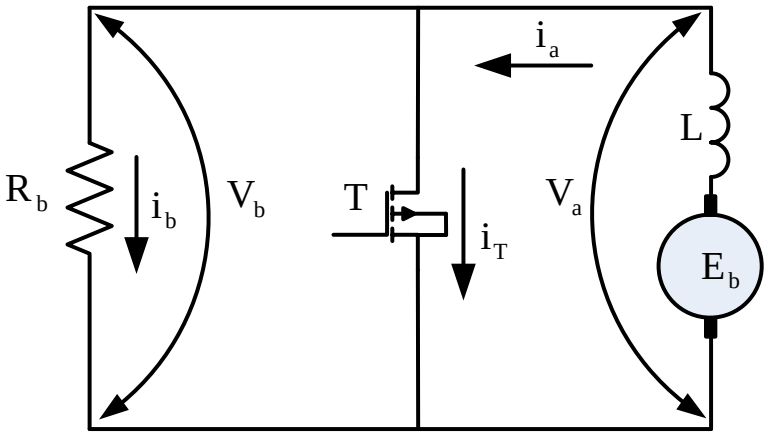
لإتمام عملية الكبح بإعادة التوليد فان سرعة المحرك يجب أن تكون أكبر من السرعة الصغرى واقل من السرعة الكبرى

الكبح الديناميكي باستخدام مقطع التيار المستمر



يتم استهلاك الطاقة الحركية (بعد تحويلها إلى طاقة كهربائية)
في مقاومة توصل بدلاً من المنبع في حالة إعادة التوليد

يعمل هذا المقطع في الربع الثاني حيث الجهد موجب والتيار
سالب و تستهلك الطاقة في المقاومة

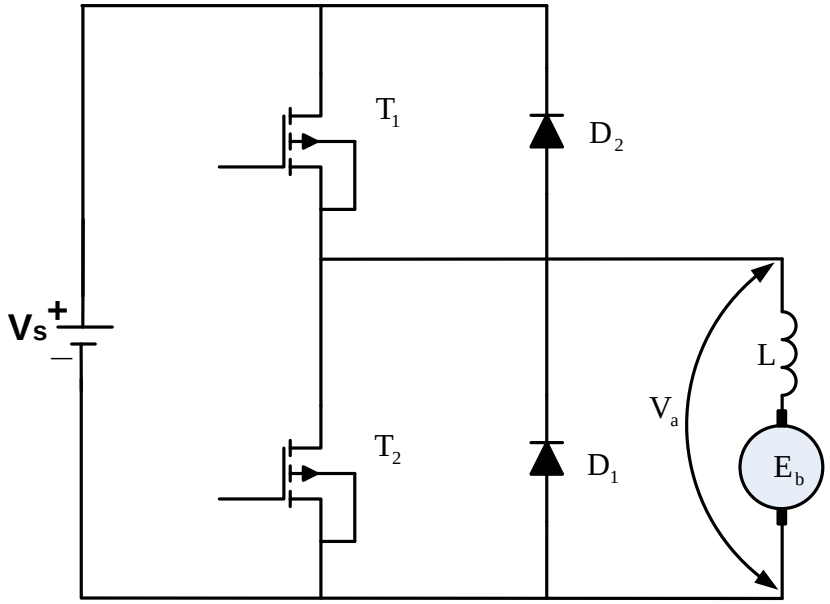


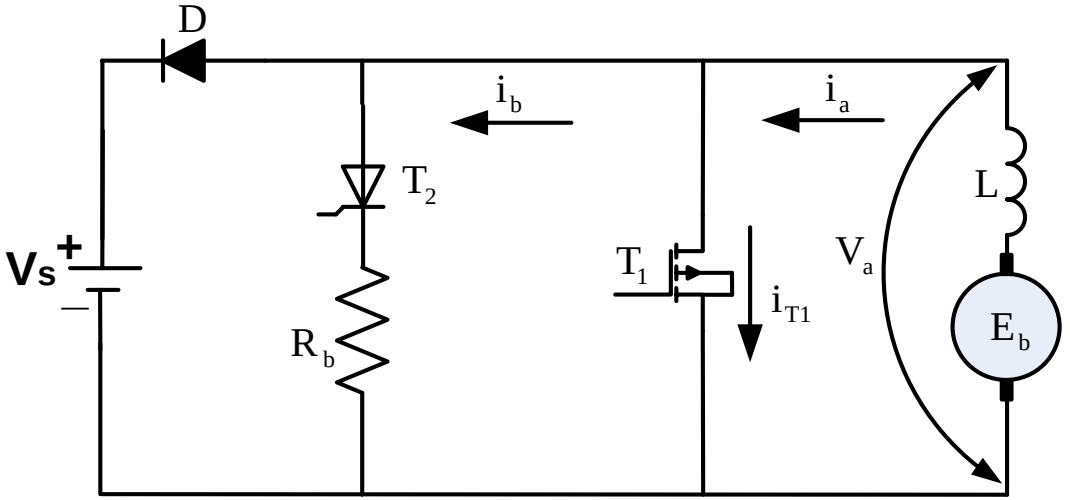
القيمة المتوسطة للجهد على أطراف المقاومة مساوية $I_b = (1 - D)\, I_a$

للقيمة المتوسطة للجهد على المقطع : $V_b = V_{ch} = R_b\, I_a\, (1- D)$

الاستطاعة المستهلكة في المقاومة : $P_b = V_b\, I_b = (1- D)^2\, I_a^2\, R_b$

الكبح مع إعادة القدرة إلى الشبكة والكبح الديناميكي معاً





يتم تشغيل المفتاح T1 فإذا كانت سرعة المحرك داخل حدود التشغيل المسموحة بإعادة التوليد فيها والمنبع من الممكن أن يستقبل الطاقة فتتم الفرملة بإعادة التوليد ويمر تيار الفرملة إلى المنبع من خلال الديود " D".

تستخدم دارة منطقية لتحديد نوع الفرملة المناسبة فإذا كانت سرعة المحرك خارج حدود التشغيل سواء كانت اكبر من السرعة القصوى أو اصغر من السرعة الصغرى المسموح بإعادة التوليد بينهما فيتم تشغيل الثايرستور T2 ويتحول تيار الفرملة ليمر في المقاومة " R_b" بدلاً من الرجوع إلى المنبع أي تتم الفرملة الديناميكية ويمكن ملاحظة أن الثايرستور T2يتم اطفاؤه طبيعياً عندما يتم تشغيل T1في كل دورة .

فحالة التحريك الأمامي(العمل في الربع الأول) تتم باستخدام D_1 و T1فعند تشغيل فإن جهد المنبع يتصل بأطراف المحرك وعندما يتحول T1إلى OFFفإن الديود D_1 يعمل كديود عكسي.أما حالة الفرملة بإعادة التوليد فتتم باستخدام D_2, T2,فعند تشغيل T2أي عندما يكون في حالة ONفإن المحرك يعمل كمولد ويزداد تيار المتحرض ويتم تخزين الطاقة في الملفات وعندما يتحول T2إلى حالة OFF فتتم إعادة الطاقة المخزنة إلى المنبع من خلال مرور التيار في D_2.

إقلاع محركات التيار المتناوب
Starting of AC Motor

شروط إقلاع محركات التيار المتناوب

1- يجب أن يطور المحرك عزم إقلاع كاف للتغلب على عزم الاحتكاك وعزم الحمل وعزم العطالة لنظام (المحرك – الحمل)، حيث تتم عملية الإقلاع ضمن زمن محدد .
2-يجب ألا يسبب تيار الإقلاع زيادة في درجة حرارة الآلة، وألا يسبب هبوطاً في جهد الشبكة تحت الجهد المسموح به.

طرق إقلاع المحركات التحريضية

1-الإقلاع النجمي - المثلثي .

2-الإقلاع باستخدام محولة ذاتية .

3-الإقلاع بواسطة المقاومات الموصولة مع الثابت.

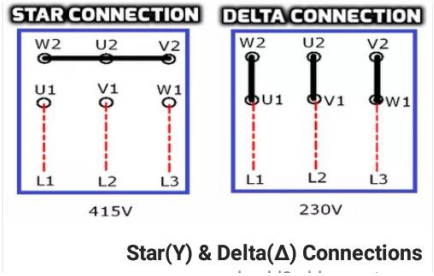
4-الإقلاع بواسطة ملف موصول مع الثابت.

5-الإقلاع بتجزيء الملفات .

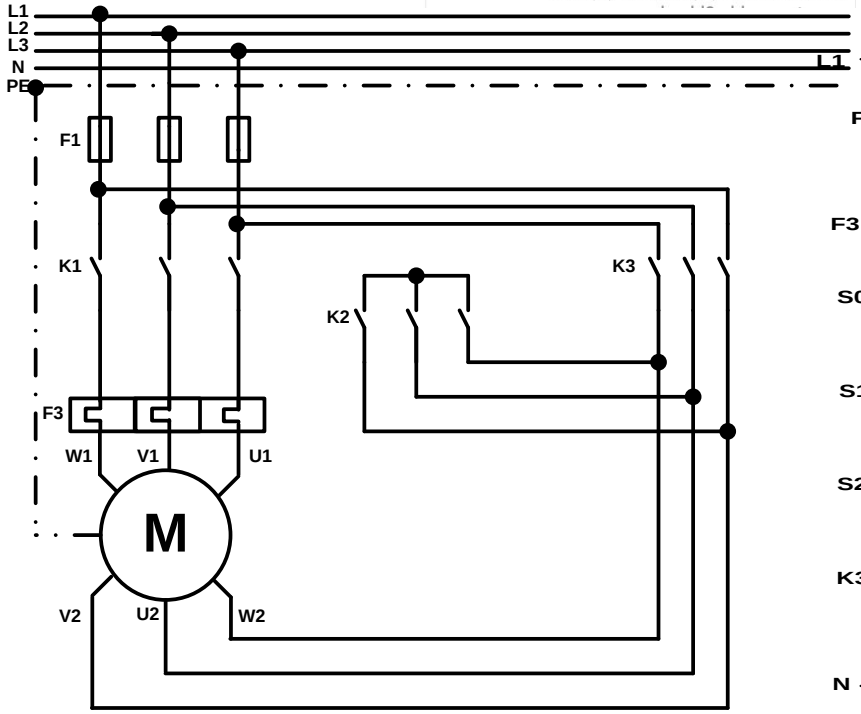
6-الإقلاع باستخدام متحكمات جهد AC(الإقلاع الناعم soft start) .

7-الإقلاع بواسطة مقاومة إقلاع توصل مع ملفات الدوار في المحرك ذي الدوار الملفوف .

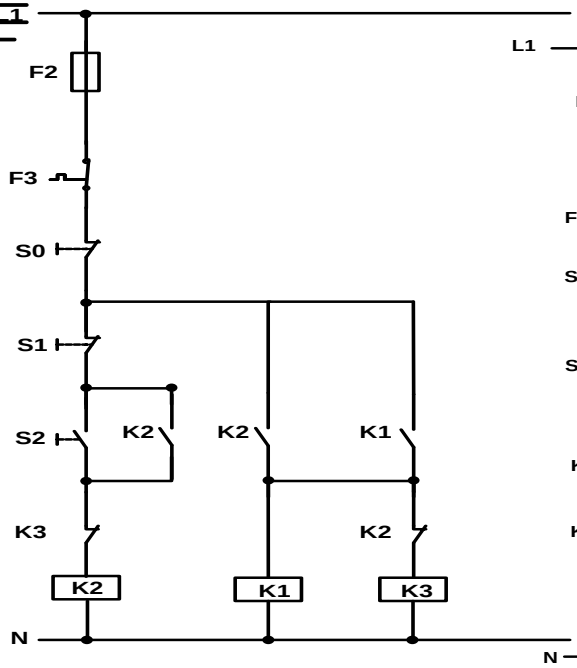
إقلاع المحركات التحريضية ذات القفص السنجابي



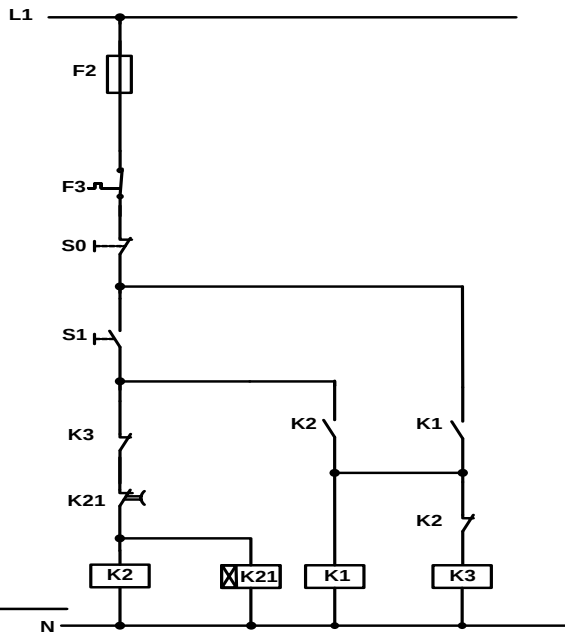
الإقلاع النجمي – المثلثي:



دارة القدرة لإقلاع محرك تحريضي



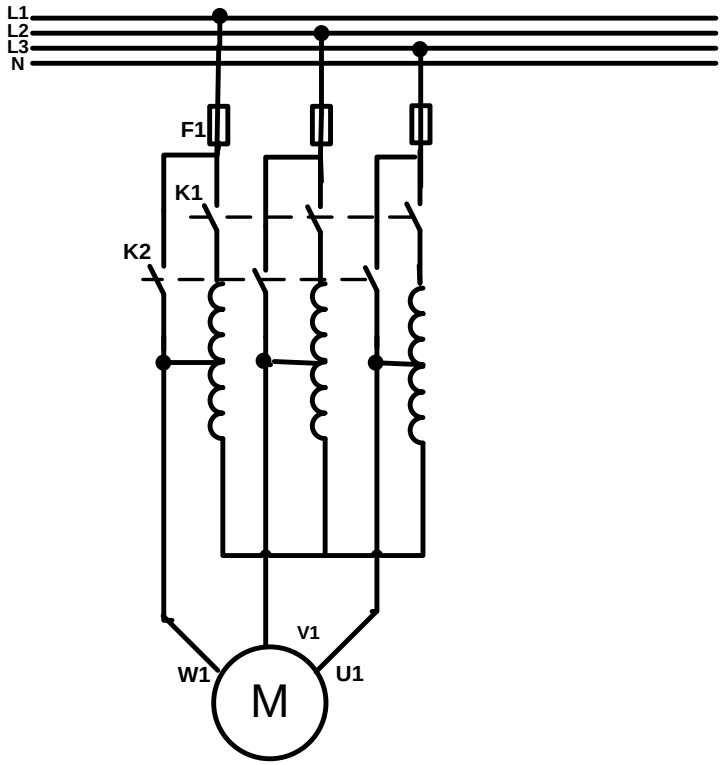
دارة القيادة اليدوية

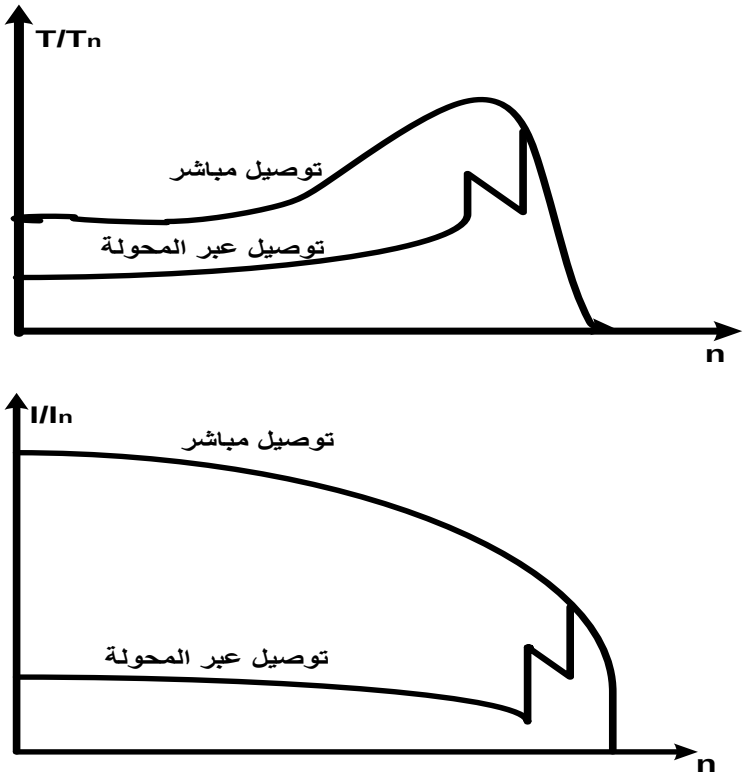


دارة قيادة آلية

الإقلاع بواسطة المحولة الذاتية

تخفيض الجهد عند الإقلاع باستخدام المحولة الذاتية، عندما تكون نسبة التحويل عدد لفات الثانوي إلى الأولي a_T ، وبذلك ينخفض جهد المحرك وتيار الثابت بمقدار a_T. وبما أن العزم يتناسب مع مربع الجهد المطبق على المحرك فإنه يتناقص بمقدار a^2_T .



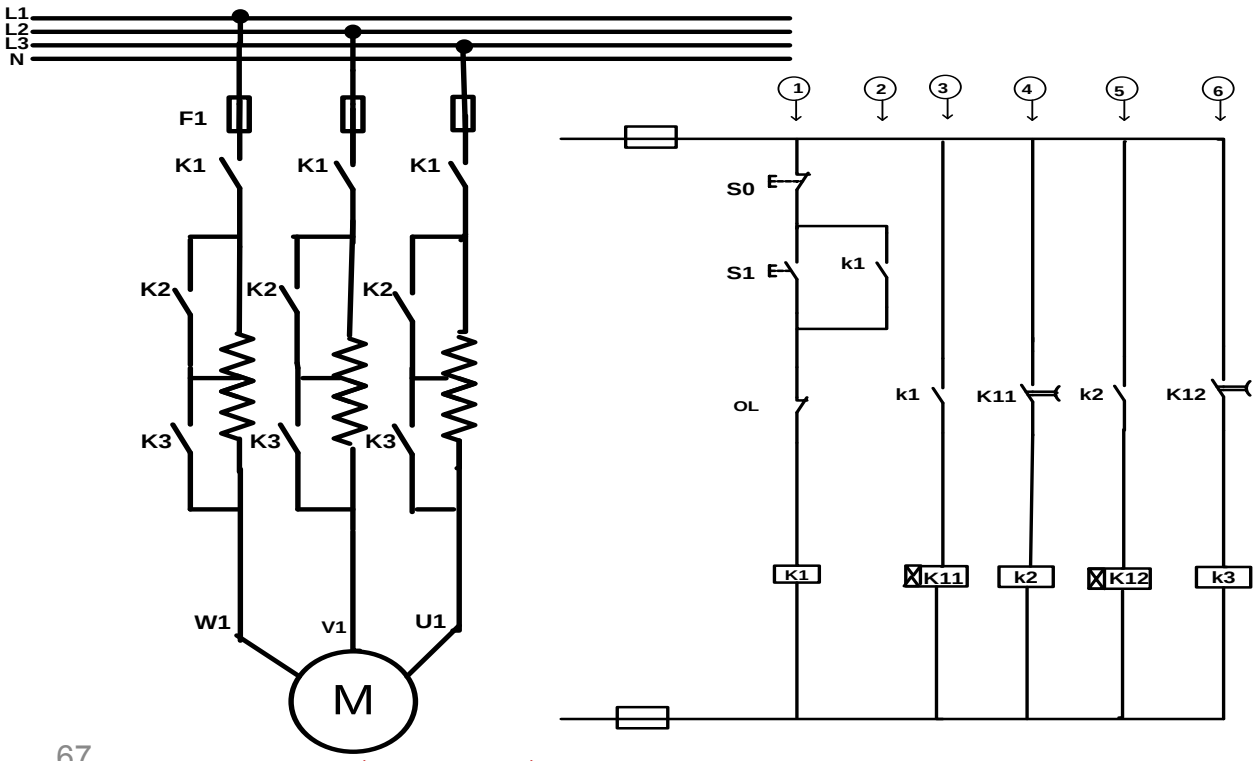


منحنيات العزم و التيار مع السرعة

الإقلاع باستخدام مقاومة تسلسلية مع الثابت

عزم الإقلاع:

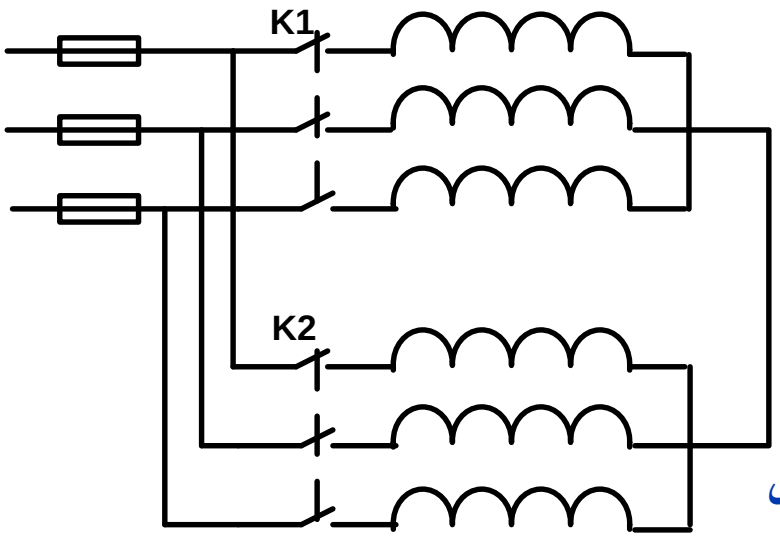
$$T_{st} = \frac{3V_{ph}^{\ 2} R_r'}{\omega_s (R_s + R_r')^2 + (X_s + X_r')^2}$$



دارة القيادة للإقلاع باستخدام المقاومات التسلسلية الموصولة مع الثابت

الإقلاع باستخدام ملف مع الثابت

استخدام ملف يوصل على التسلسل مع ملفات الثابت.



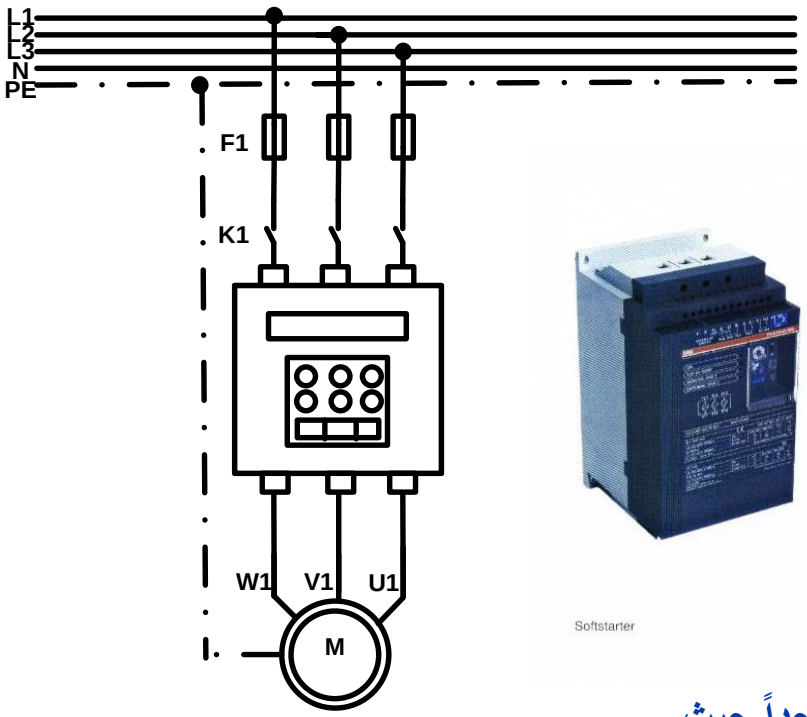
الإقلاع بتجزيء الملفات:

تملك بعض المحركات التحريضية ملفين للإقلاع أو أكثر بحيث توصل على التفرع عند التشغيل الطبيعي . خلال فترة الإقلاع ، يعمل ملف واحد فقط . وهذا يزيد من ممانعة الثابت مما يؤدي لتخفيض تيار الإقلاع.

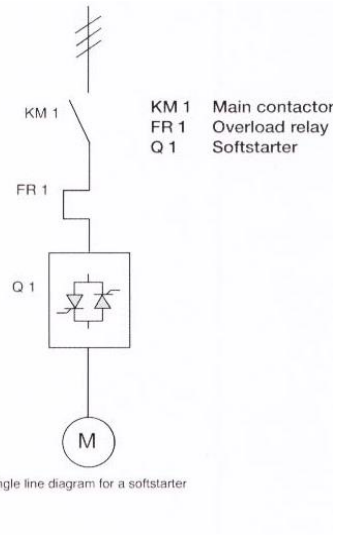
يقلع المحرك مع الملف الأول (1) عندما يغلق K1. وعند الوصول إلى السرعة الاسمية يغلق K2 ليوصل الملف الثاني (2) .

الإقلاع الناعم Soft Start

في هذه الطريقة نحصل على تحكم دقيق وناعم للجهد مع الأخذ بعين الاعتبار ثبات تيار الإقلاع واستقرار العزم طيلة فترة الإقلاع. من مزايا هذه الطريقة أيضاً تسارع المحرك دون قفزات.



Softstarter

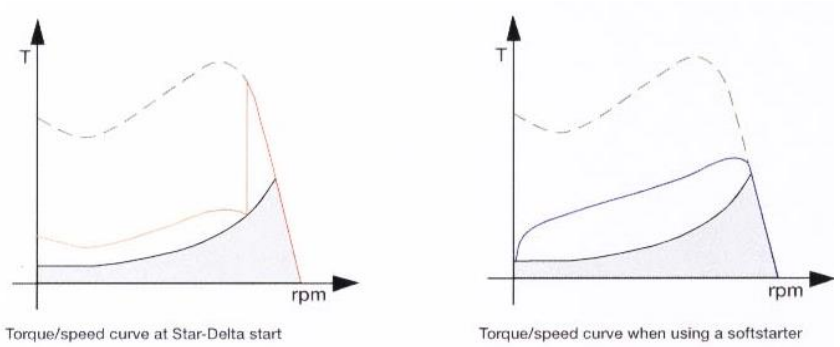


Single line diagram for a softstarter

يمتلك ثايرستورات في الدارة الرئيسية، ويكون جهد المحرك منظماً بواسطة دارة إلكترونية.

في القسم الأول من الإقلاع: يكون الجهد على المحرك منخفضاً جداً حيث يكون قادراً فقط على ضبط الحركة بين دولاب المسننات أو يسهم في شد (قشاط) القيادة أو ... الخ. بمعنى آخر, إلغاء الاهتزازات الفجائية غير الضرورية أثناء الإقلاع. و بشكل تدريجي يزداد الجهد والعزم وتبدأ الآلة بالتسارع نتيجة لذلك.

استخدام طريقة الإقلاع الناعم في مراوح الطرد المركزي



منحنيات العزم و التيار من جهة مع السرعة من جهة أخرى, حيث نلاحظ ميزة الإقلاع الناعم عن الإقلاع النجمي- المثلثي

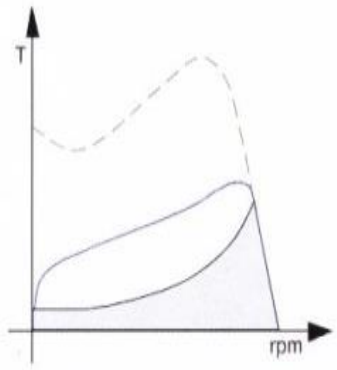
استخدام طريقة الإقلاع الناعم لتناسب أي شرط من شروط الإقلاع بحمل أو بدون حمل.

تطبيقات الإقلاع الناعم:

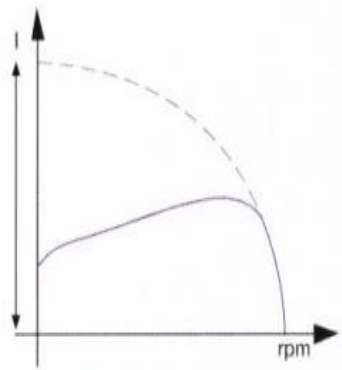
مراوح الطرد المركزي و المضخات النابذة والضواغط و السيور الناقلة.

كما يمكن تطبيق الإيقاف الناعم (Soft Stop) والتي هي ميزة هامة جداً عند إيقاف المضخات مثلاً

استخدام طريقة الإقلاع الناعم في المضخات النابذة



Torque/speed curve when using a softstarter



Current curve when using a softstarter

- يتم تخفيض الجهد أثناء تسلسل عملية الإقلاع مما ينتج عنه تخفيض عزم المحرك. و بزيادة الجهد يمتلك المحرك القوة الكافية ليتسارع وتتسارع معه بنفس الوقت المضخة وصولاً للسرعة الاسمية بدون أية تشوهات أو قفزات غير مسموحة في قيمتي التيار والعزم.

- إن تيار الإقلاع الطبيعي عند استخدام طريقة الإقلاع الناعم لإقلاع مضخة نابذة محملة بشكل كامل يساوي حوالي 4 مرات من تيار المحرك الاسمي.

- استخدام طريقة الإقلاع الناعم تؤدي إلى تخفيض الجهد أثناء عملية الإيقاف بواسطة (Voltage ramp) ويصبح المحرك أضعف وأضعف، نتيجة لذلك تقل سرعة المياه بشكل ناعم جداً بدون التسبب في إنشاء موجات ضغط.

كيف نختار جهاز الإقلاع الناعم للتطبيقات المختلفة

اختيار جهاز الإقلاع الناعم بحسب استطاعة المحرك, في بعض الحالات يكون من الضروري اختيار جهاز الإقلاع الناعم أكبر من استطاعة المحرك الاسمية وذلك اعتماداً على شروط الإقلاع (حمل كبير- عمليات إقلاع متعددة ...الخ).
إن استطاعة الإقلاع لجهاز الإقلاع الناعم تعتمد كثيرا على استطاعة الثايرستورات وتبديد الحرارة .

وصف جهاز الإقلاع الناعم:

مكوناته: دارة الكترونية مطبوعة (PGB)، مبددات الحرارة، ثايرستورات، مراوح وغلاف بلاستيكي أو معدني مناسب.

- يمكن أن تكون الدارة الالكترونية من النوع الرقمي أو التشابهي أو مزيج من النوعين السابقين.
- إن ريليات إشارة الخرج يمكن أن تكون من النوع المبرمج مسبقاً أو من النوع القابل للبرمجة حيث يحدد المستخدم تابع الخرج بما يناسب التطبيق المستخدم.
- يمكن أن يجهز جهاز الإقلاع الناعم في بعض الأحيان بـ ريليه الكترونية للحمل الزائد (EOL).

بعض البارامترات التي تستخدم في أجهزة الإقلاع الناعم

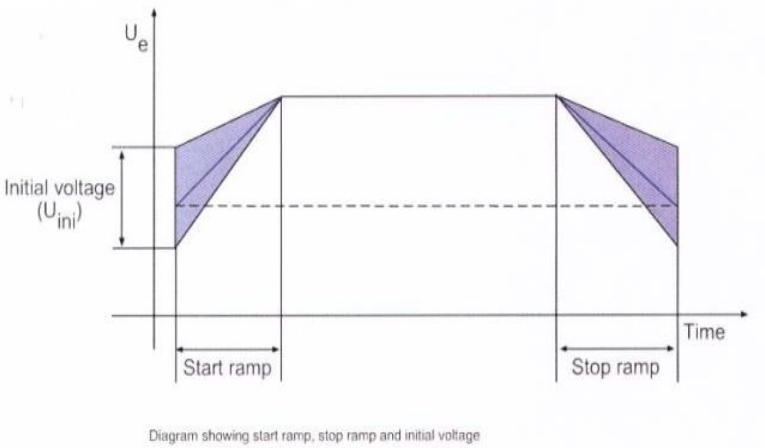


Diagram showing start ramp, stop ramp and initial voltage

-Start ramp: هي الفترة الزمنية التي يبدأ فيها جهاز الإقلاع الناعم من الجهد الابتدائي وحتى الوصول إلى الجهد الكامل، يجب أن لا تكون هذه الفترة طويلة جداً

-Stop ramp: تستخدم عندما يكون الإيقاف الناعم للمحرك مطلوباً على سبيل المثال: مضخات أو سيور ناقلة وهي تمثل الفترة الزمنية بين الجهد الكامل وحتى

-Initial voltage: يسمى بالجهد الأولي.

-Current limit: يمكن أن تستخدم في التطبيقات التي تتطلب تياراً محدداً عند الإقلاع أو عند حالات إقلاع الحمل الكبير.

-Step down voltage: تعطي شكلاً مميزاً لفترة الوقوف .

-Adjustable rated motor current: تنظيم تيار المحرك الاسمي يمكن من ضبط تيار المحرك الاسمي على أجهزة الإقلاع الناعم للمحرك المستخدم.

الإظهارات المختلفة على جهاز الإقلاع الناعم

-On: تشير إلى أن وحدة التغذية متصلة بجهاز الإقلاع الناعم وأن الوحدة جاهزة لإقلاع المحرك.

-Top of ramp: تشير إلى أن زمن أو فترة الإقلاع اكتملت وأن الجهد الكامل تم الوصول إليه.

-Fault: يمكن أن يشير إلى وجود عطل داخل الجهاز ذاته أو عطل في طرق التغذية أو فقدان أحد الأطوار، أو انفجار أحد الفيوزات.. الخ.

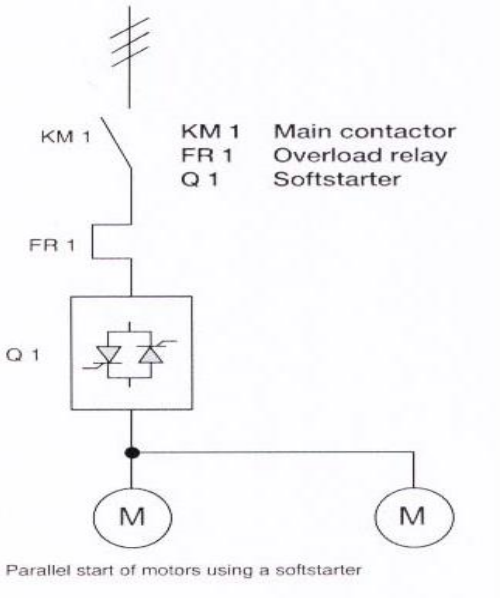
-Over load: تشير إلى أن الحماية من الحمل الزائد تم تفعيلها بسبب تيار المحرك الزائد أو فترة الإقلاع الزائدة أو بسبب عدة عمليات إقلاع متتالية.

-Over temperature: تشير إلى أن درجة الحرارة للجهاز تجاوزت الحد المسموح به بسبب زيادة عدد مرات الإقلاع المسموحة أو بسبب التيار الكبير أو بسبب فترة الإقلاع الطويلة أو ما مشابه.

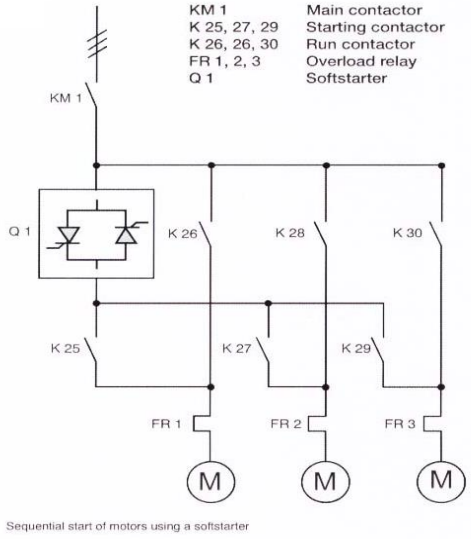
إقلاع عدة محركات بالإقلاع الناعم

في حالة الإقلاع على التوازي يجب الأخذ بعين الاعتبار بارامترين مهمين:

- أن يكون الجهاز قادر على مواجهة (تحمل) التيارات الاسمية لجميع المحركات معاً.
- كما يجب أن يكون قادراً على مواجهة (تحمل) تيارات الإقلاع لجميع المحركات معاً لغاية بلوغ السرعة الاسمية.



Parallel start of motors using a softstarter



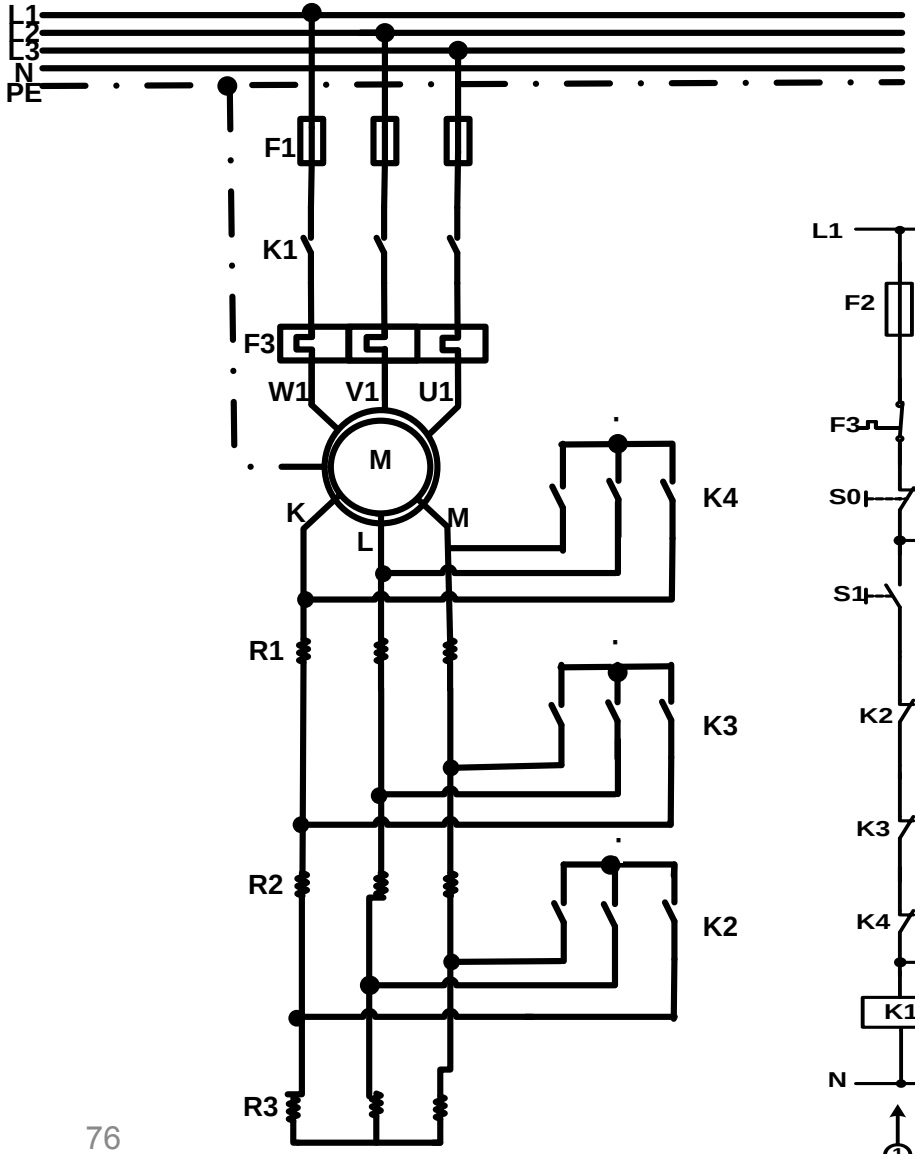
Sequential start of motors using a softstarter

في حالة الإقلاع المتتالي للمحركات:

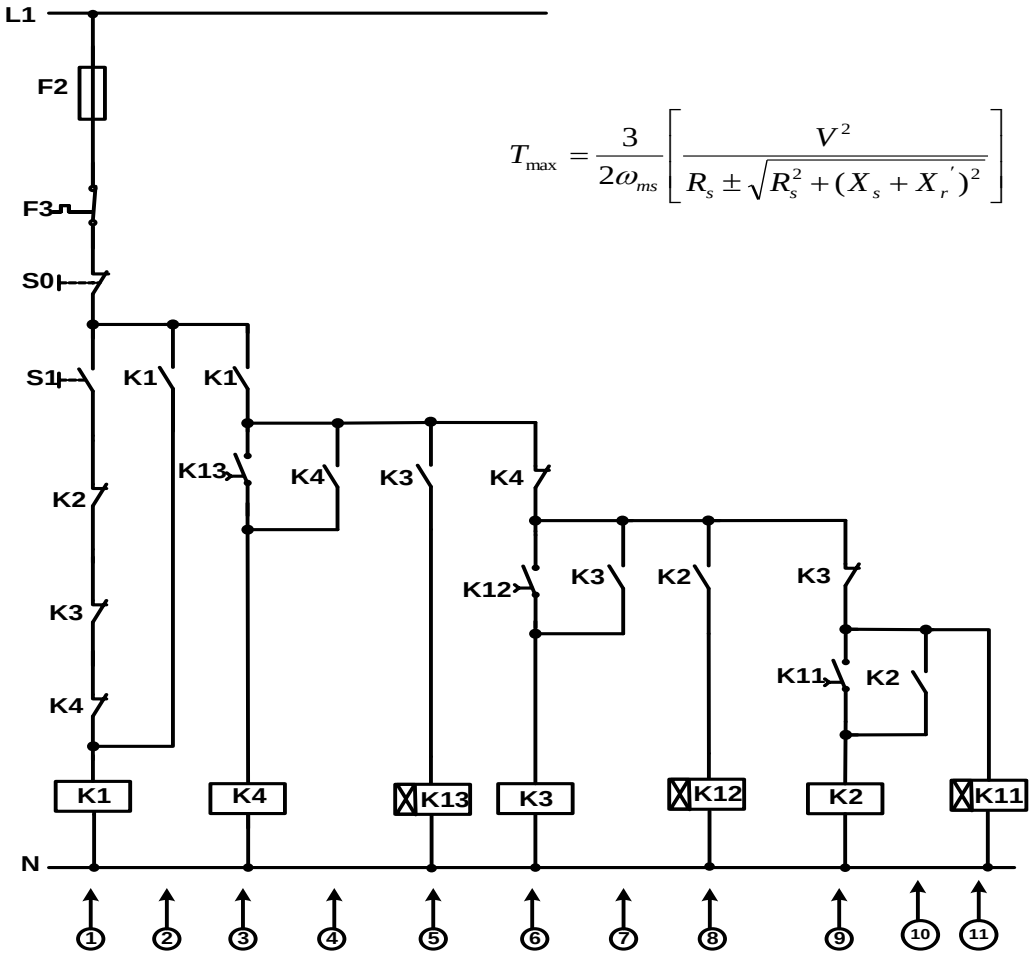
يجب أن يكون الجهاز قادر على تحمل تيارات الإقلاع لكل محرك من المحركات على حدا أثناء عملية الإقلاع المتتالي.

إقلاع المحركات ذات الدوار الملفوف

تقلع المحركات ذات الدوار الملفوف عادة بوصل مقاومة إقلاع خارجية على التسلسل مع دارة الدوار



$$T_{\max} = \frac{3}{2\omega_{ms}}\left[\frac{V^2}{R_s \pm \sqrt{R_s^2 + (X_s + X_r')^2}}\right]$$



إقلاع المحركات المتواقتة

طرق إقلاع المحرك المتواقت

1- تخفيض سرعة الفيض المغناطيسي للثابت إلى قيمة منخفضة بشكل كاف بحيث يستطيع الدوار أن يتسارع و يرتبط معها خلال نصف دورة كهربائية لدوران الفيض المغناطيسي , ويتم ذلك بتخفيض تردد التغذية.

2- استخدام محرك خارجي ليتسارع المحرك المتواقت إلى سرعة التواقت, حيث يوصل المحرك الخارجي على محور الآلة المتواقتة ويدورها كمولد متواقت وعندما يصل إلى سرعة التواقت يفصل المحرك الخارجي وتعمل الآلة المتواقتة كمحرك متواقت.

3- استخدام ملفات الإخماد.

إقلاع المحرك المتواقت بتخفيض التردد الكهربائي

- إذا دارت الفيوض المغناطيسية في الثابت بسرعة منخفضة بشكل كاف, يمكن للدوار أن يتسارع و يرتبط مع الفيض المغناطيسي في الثابت , تزداد سرعة الفيوض المغناطيسية للثابت إلى سرعة التشغيل بزيادة التردد الكهربائي تدريجياً إلى القيمة الاسمية.

- يجب تخفيض جهد التغذية عند تخفيض التردد الكهربائي

$$E_a = K_e \cdot \phi \cdot \omega$$

إقلاع المحرك المتواقت عبر محرك خارجي

- يتم ربط محرك إقلاع خارجي مع محور الآلة المتواقتة و تزداد السرعة إلى سرعة التواقت, عندئذ تعمل الآلة المتواقتة كمولد متواقت و عندما يفصل محرك الإقلاع عن محور الآلة المتواقتة تعمل الآلة المتواقتة كمحرك متواقت و عندها يمكن تحميل المحرك المتواقت بالطريقة العادية .

- بما أنه يجب التغلب فقط على عزم العطالة فيمكن أن تكون الاستطاعة لمحرك الإقلاع أصغر بكثير من استطاعة المحرك المتواقت .

إقلاع المحرك المتواقت باستخدام ملفات الإخماد

- إن ملفات الإخماد هي قضبان خاصة متوضعة في أخاديد محفورة على سطح دوار الآلة المتواقتة و مقصورة في كل نهاية بحلقة قصر Shorting Ring وهذه الملفات تعمل عمل القفص السنجابي في المحرك التحريضي.

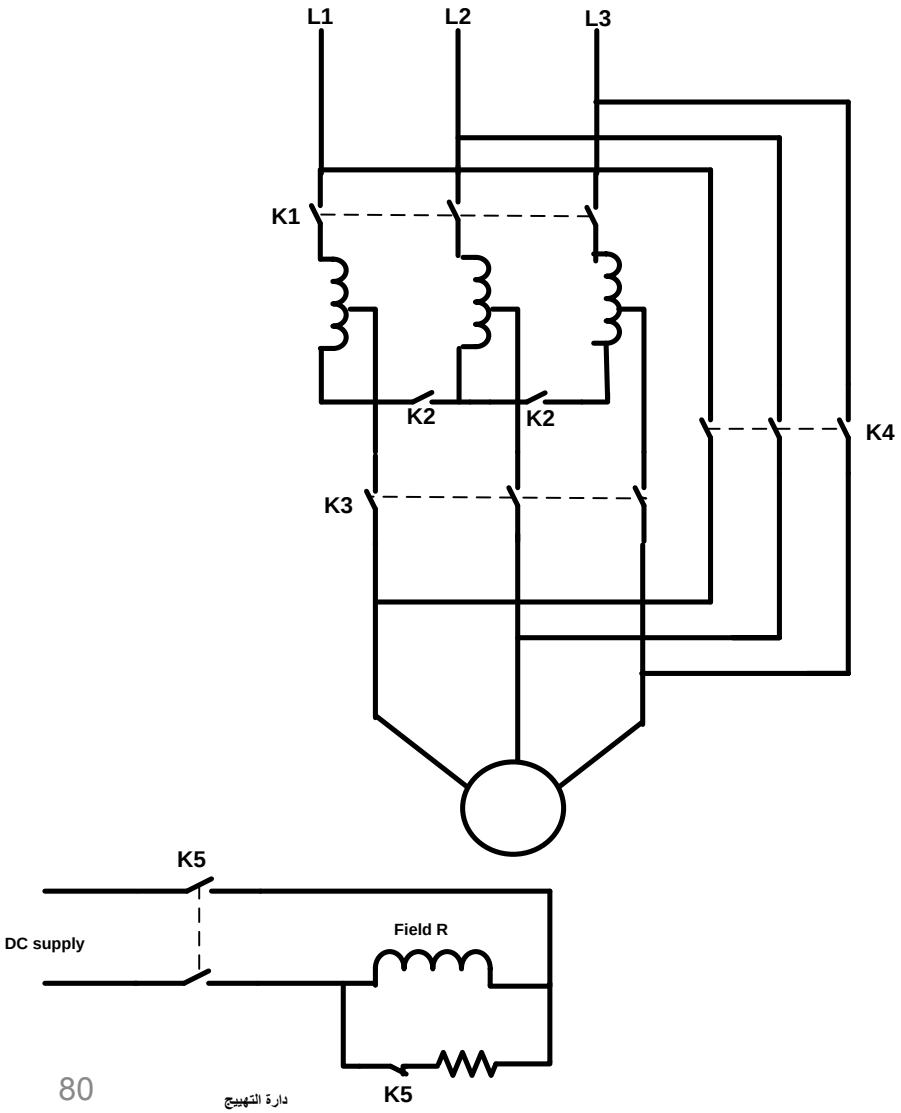
يمكن تلخيص طريقة الإقلاع بالخطوات التالية :

1- تفصل ملفات التهييج عن منبع التيار المستمر وتقصر .

2- يطبق جهد ثلاثي الطور على مرابط الثابت للمحرك ويترك المحرك حتى يتسارع الى قرب سرعة التواقت, ويجب أن يكون المحرك على فراغ أثناء الإقلاع حتى يستطيع المحرك أن يتسارع إلى أقرب ما يمكن لسرعة التواقت.

3- يوصل منبع التيار المستمر إلى دارة التهييج و عندها تعمل الآلة كمحرك متواقت و يمكن الآن إضافة حمولة إلى محوره .

الإقلاع اليدوي للمحرك المتواقت



- إقلاع يدوي باستخدام محولة ذاتية خافضة للجهد, وفي وضعية الإقلاع الأولى تغلق التماسات K_1 و دون إغلاق التماسات K_3 في هذه الوضعية.
- في وضعية الإقلاع الثانية, تغلق التماسات K_1 و K_2 و تهيج المحولة الذاتية فقط لكن لا يوصل ثابت المحرك المتواقت .
- في وضعية الإقلاع الثالثة تغلق التماسات K_1 و K_2 و K_3 و يقلع المحرك المتواقت بجهد منخفض
- بعد فترة زمنية مناسبة ينتقل القاطع إلى الوضعية بحيث تغلق التماسات K_4 و تفتح التماسات K_2 و يتسارع الدوران إلى قرب سرعة التواقت,

كبح محركات التيار المتناوب
AC Motor Braking

طرق كبح المحركات التحريضية

1 – الكبح مع إعادة القدرة إلى الشبكة(بإعادة التوليد)

2 – الكبح بعكس التوصيلات

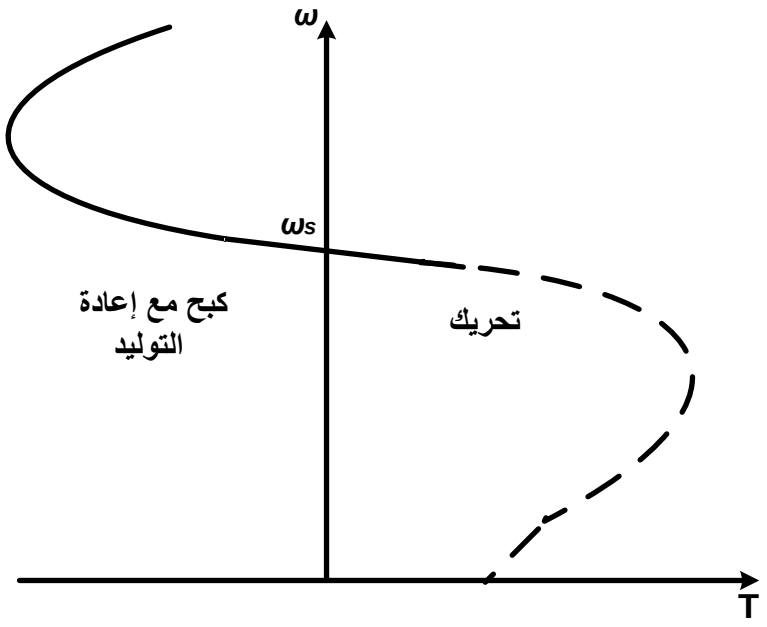
3 – الكبح الديناميكي

يقسم الكبح الديناميكي إلى عدة أقسام:

- الكبح الديناميكي باستخدام A C
- الكبح الذاتي باستخدام المكثفات
- الكبح الديناميكي باستخدام D C

الكبح بإعادة التوليد Regenerative braking

تعطى استطاعة الدخل للمحركات التحريضية بالعلاقة : $P_{in} = 3\ V\ I_S \cos \varphi_s$



من أجل عملية التحريك تكون الزاوية ($\phi_s < 90°$)

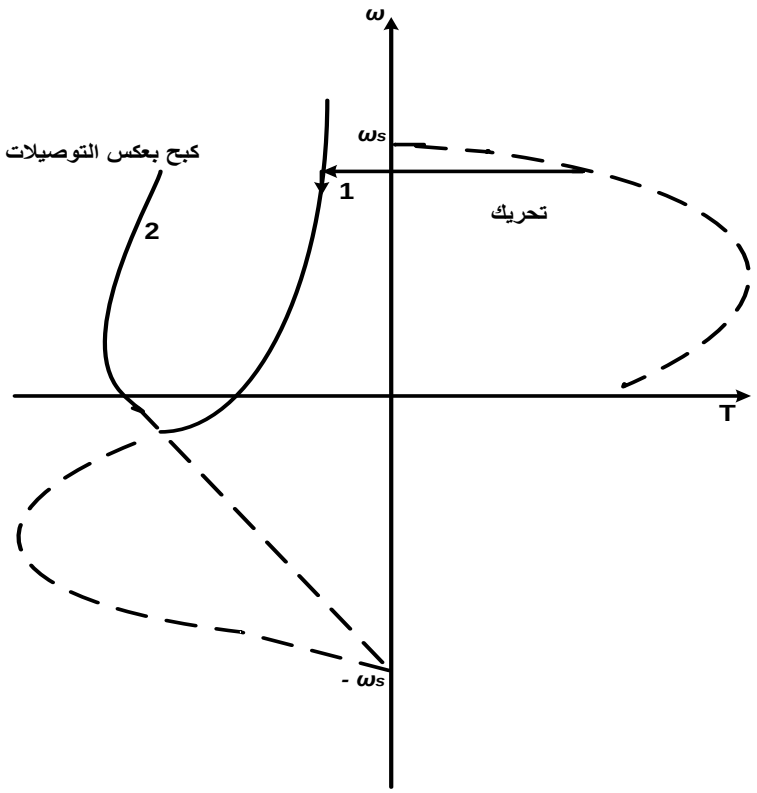
- عندما تصبح سرعة الدوار أكبر من سرعة التواقت فإن الحقل الدوار سيعكس اتجاهه مما يؤدي لعكس ق . م . ك المتحرضة في الدوار وعكس اتجاه تيار الدوار و بالتالي تصبح الزاوية ϕ_s أكبر من 90° وجريان الاستطاعة سينعكس، مؤدياً للكبح بإعادة التوليد.

- عند تغير تردد المنبع نستطيع أيضاً إنجاز الكبح مع إعادة التوليد من أجل السرعات الأخفض من سرعة التواقت

العزم الأعظمي أو عزم الكبح:

$$T_{max} = \frac{3}{2\omega_s}\left[\frac{V^2}{R_s \mp \sqrt{R_s^2 + (X_s + X_r')^2}}\right]$$

الكبح بعكس التوصيلات



المنحني 1:مميزة الكبح بدون وصل مقاومة خارجية.

المنحني 2:مع وصل مقاومة خارجية مع الدوار.

عند عكس أي طورين من أطوار محرك تحريضي سينعكس اتجاه الدوران، و ذلك بتغيير الوصل الخارجي لأي طورين من أطوار الثابت الموصول مع المنبع

عند التبديل من التحريك إلى الكبح بعكس التوصيلات، يصل الانزلاق إلى 2، و الجهد المتولد في الدوران يتضاعف مرتين عن قيمته عند السرعة صفر، و بالتالي يزداد التيار على الرغم من أن عزم الكبح ينخفض

الانزلاق عند الكبح:

$$S_n = \frac{-\omega_s - \omega_m}{-\omega_s} = 2 - S$$

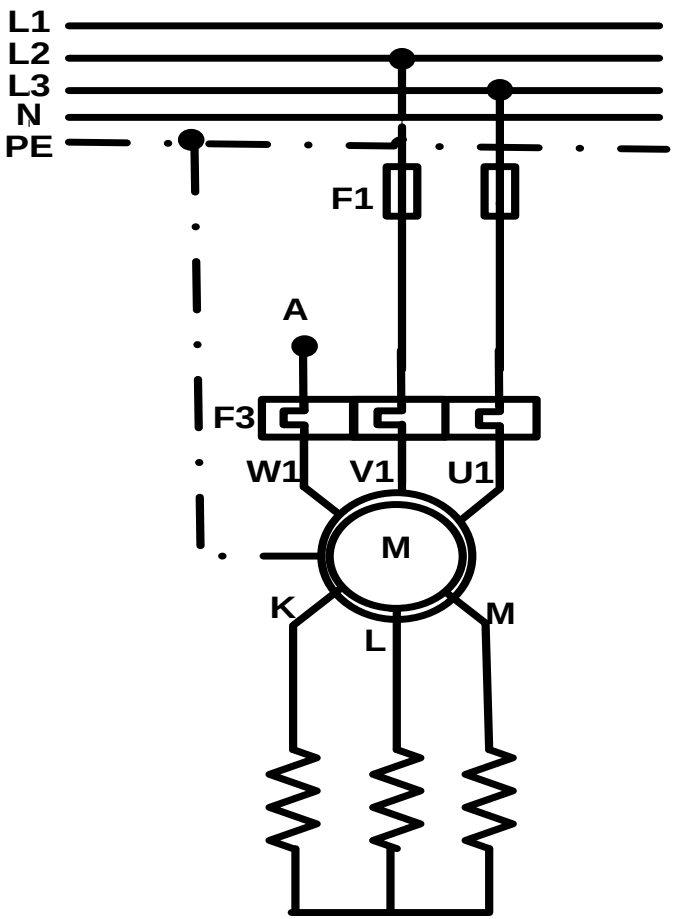
تستخدم مقاومة الدوار الكبيرة بحيث تملك المميزات ميلاً سالباً، و هكذا تكون القيادة بحالة استقرار.

الطاقة المبددة في مقاومة الدوار:

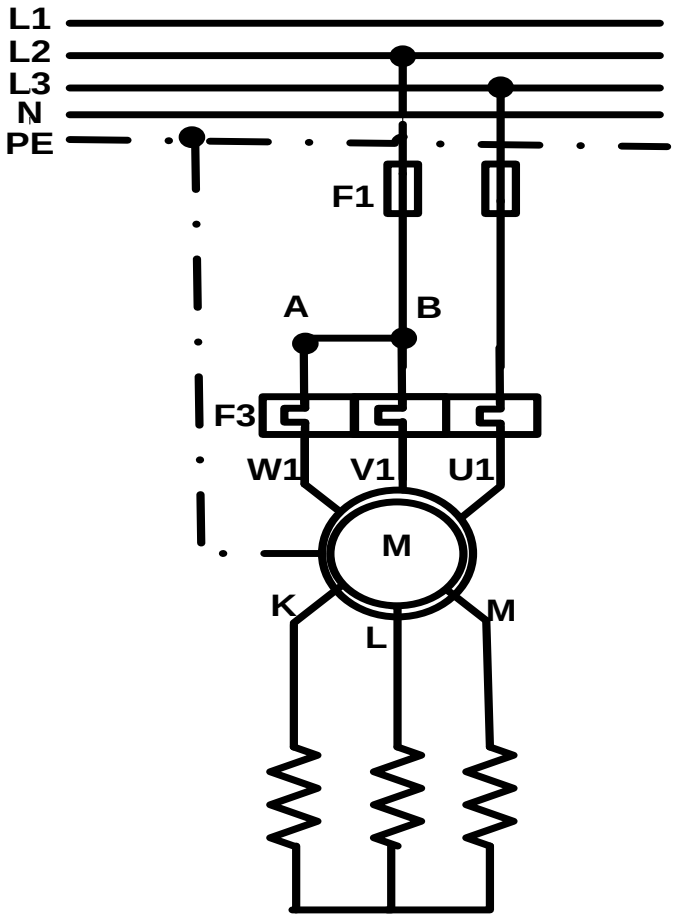
$$E_{sr} = \int_2^1 J\omega_s^2 S ds = (\frac{3}{2}) J\omega_s^2$$

الكبح الديناميكي

الكبح الديناميكي باستخدام التيار المتناوب

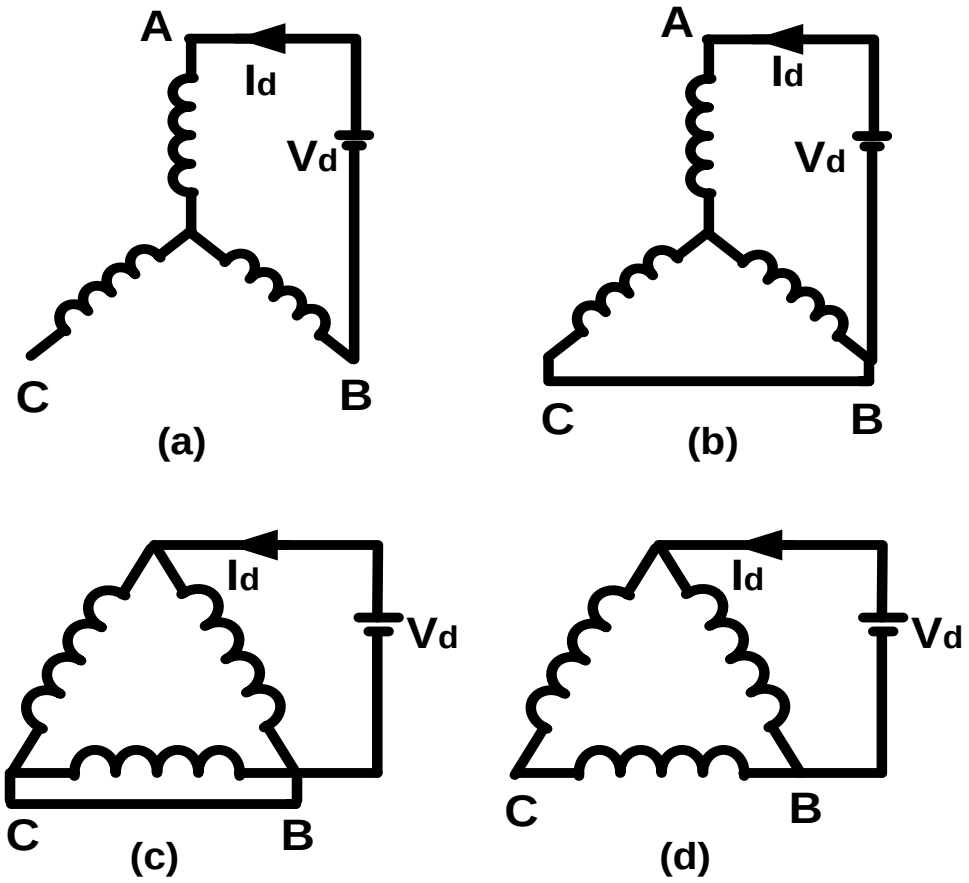


بفصل أحد الأطوار من المنبع



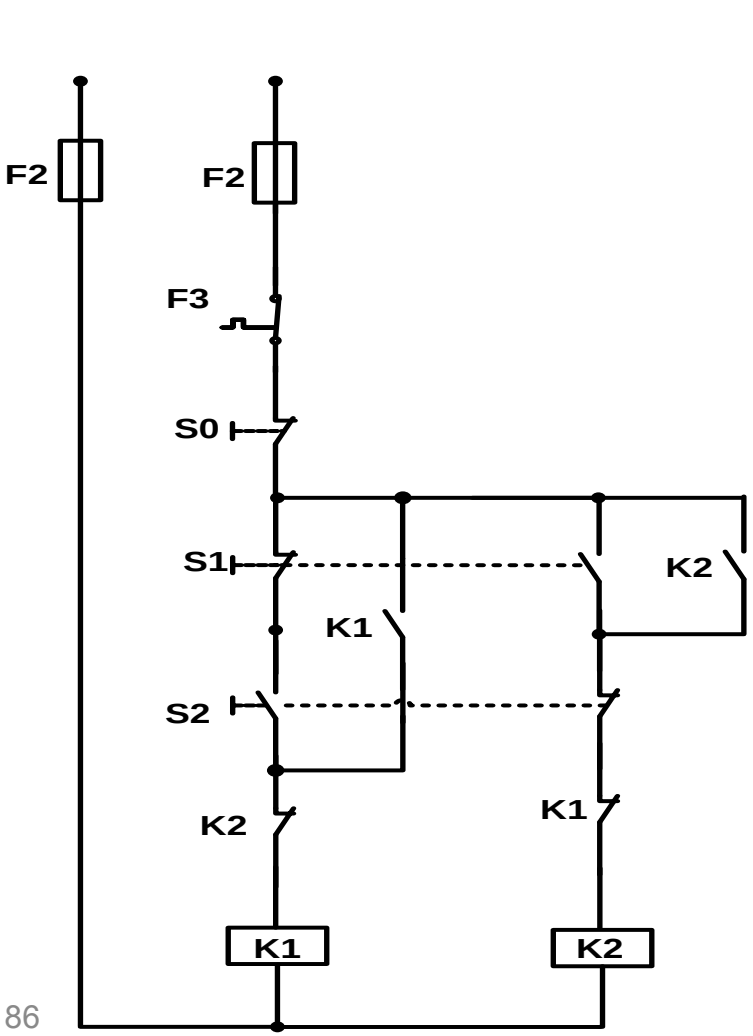
وصله مع طور آخر

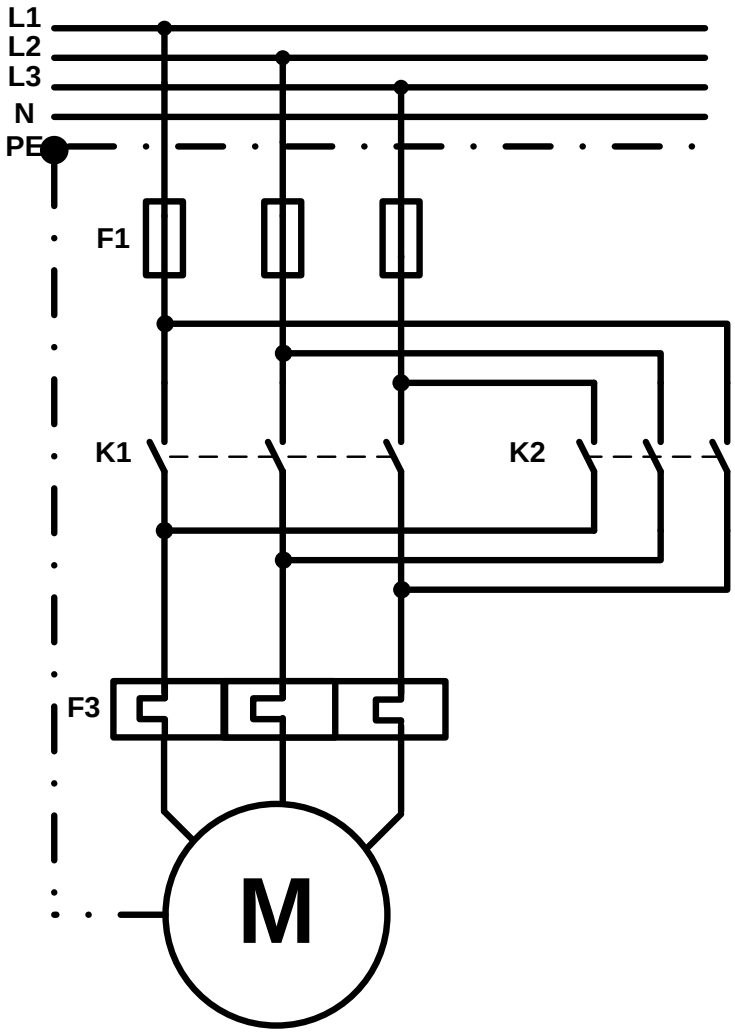
الكبح الديناميكي باستخدام التيار المستمر



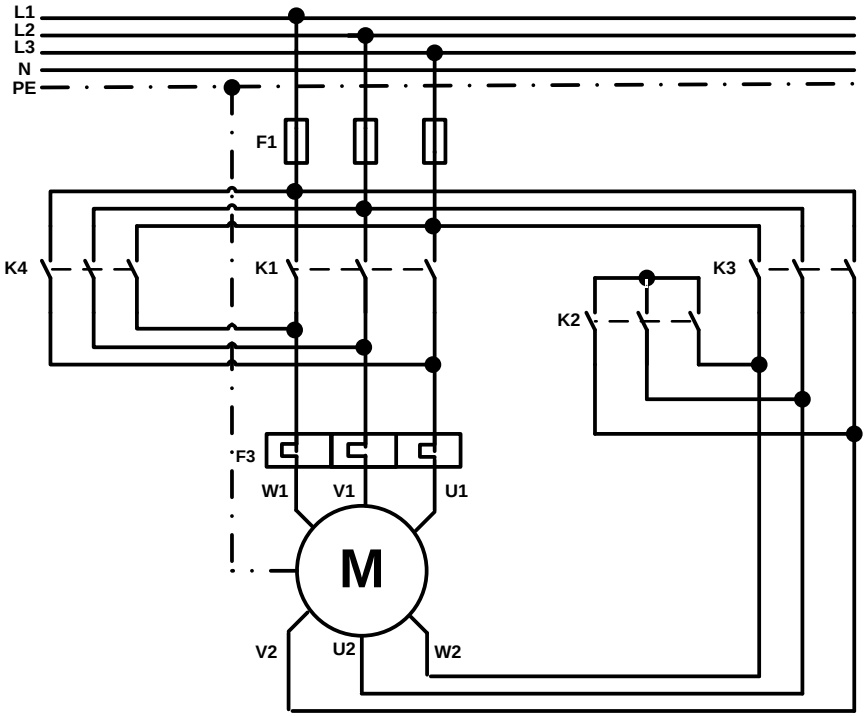
(a , d) للوصل الثنائي و(b , c) للوصل الثلاثي

دارة القدرة لعكس اتجاه دوران محرك تحريضي

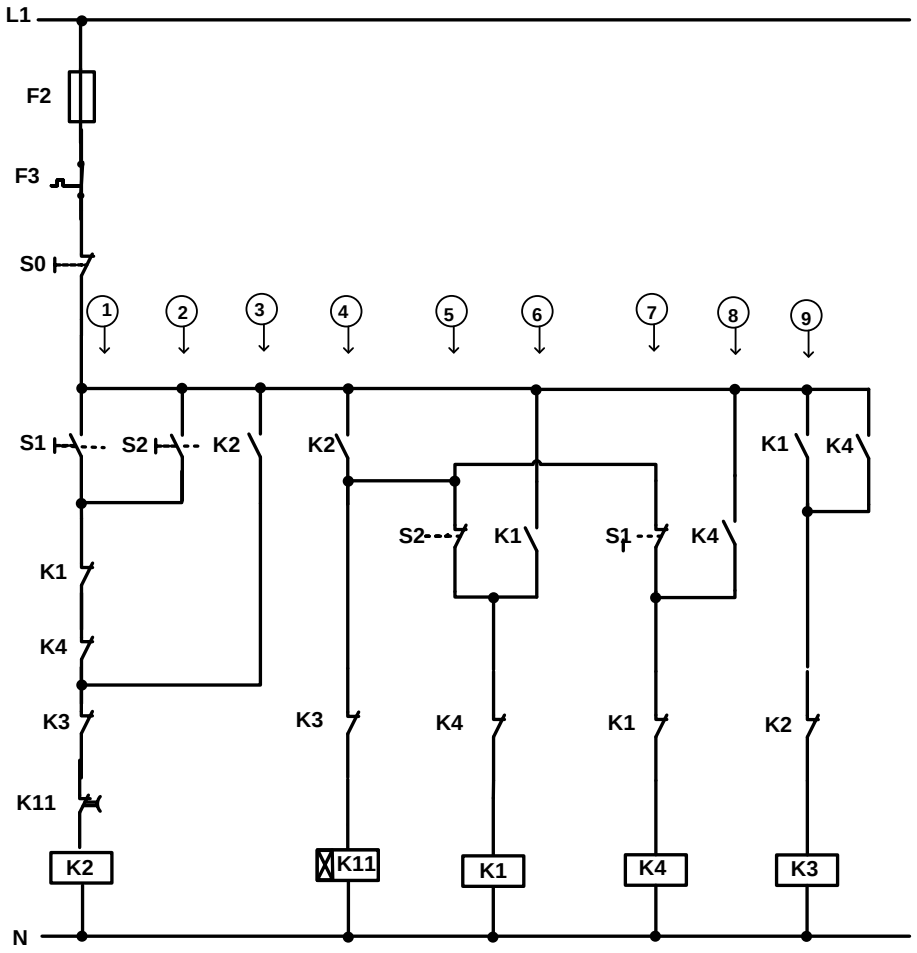




دارة القيادة لمحرك تحريضي متضمنة الإقلاع النجمي – المثلثي مع عكس اتجاه الدوران

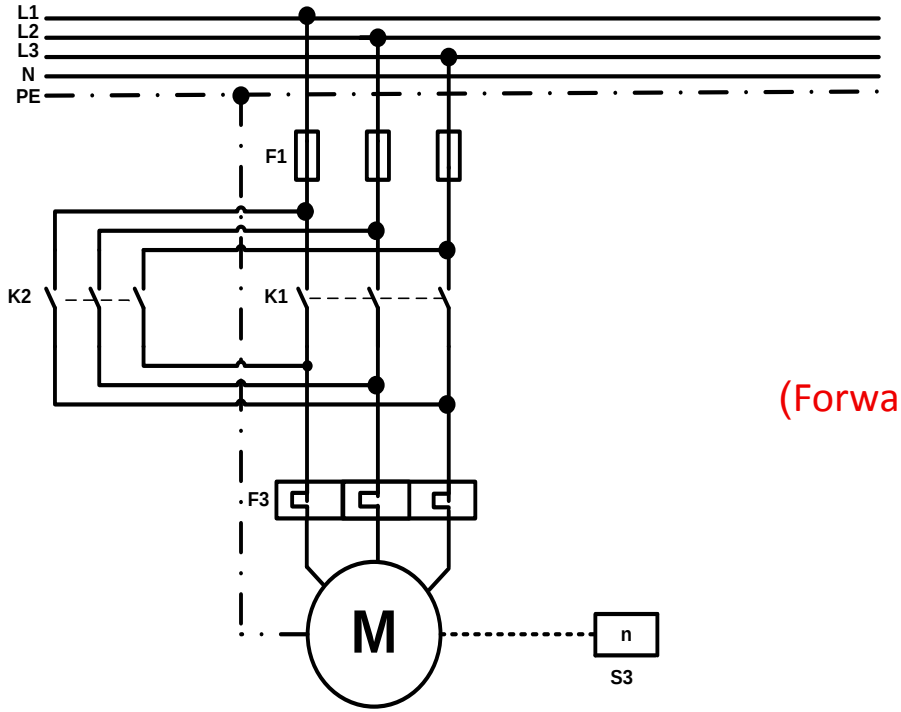


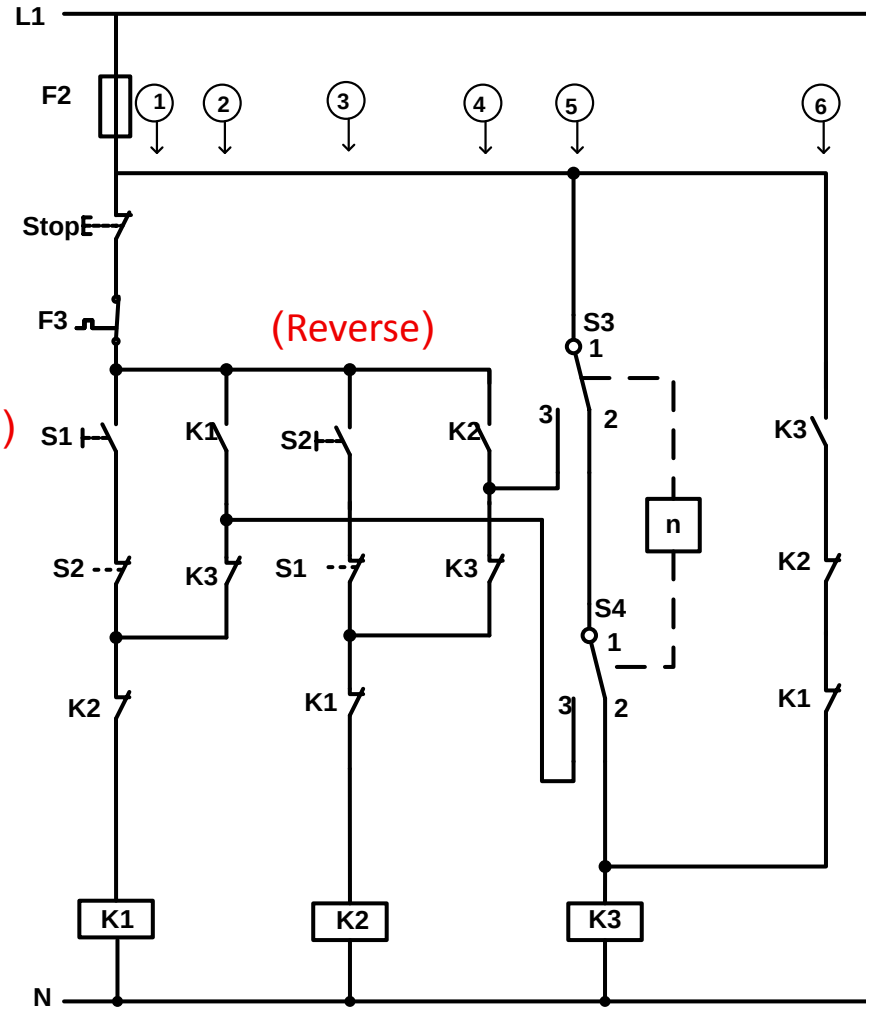
دارة القدرة



دارة القيادة

دارات القيادة للكبح بعكس التوصيلات

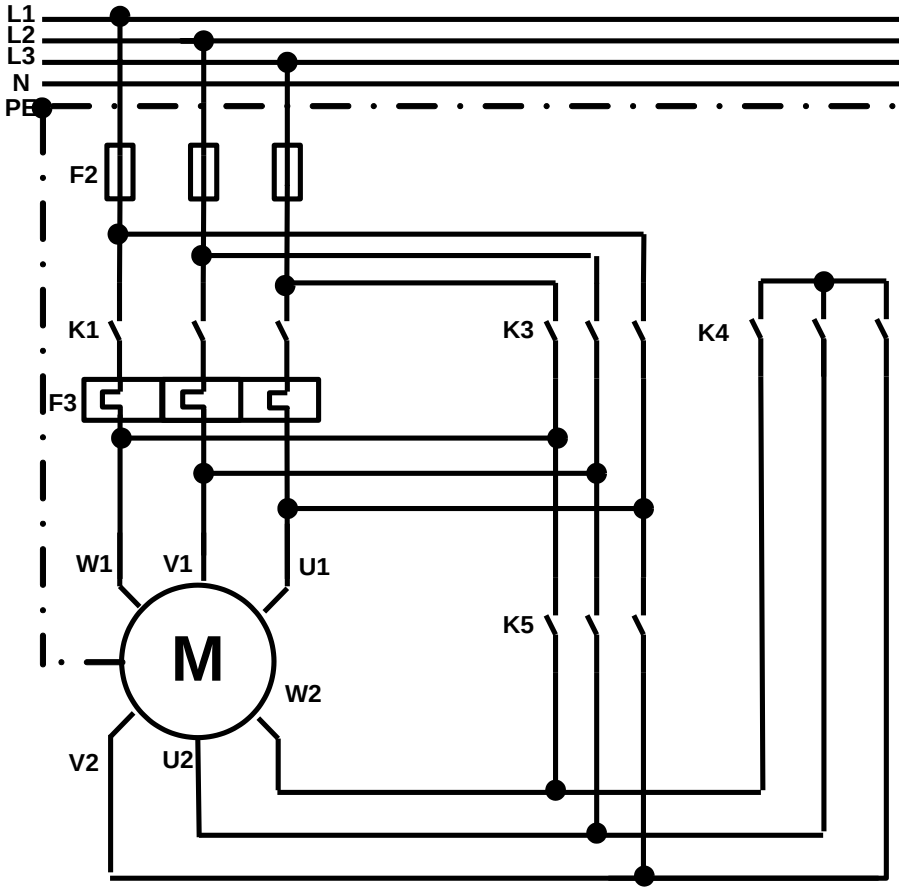


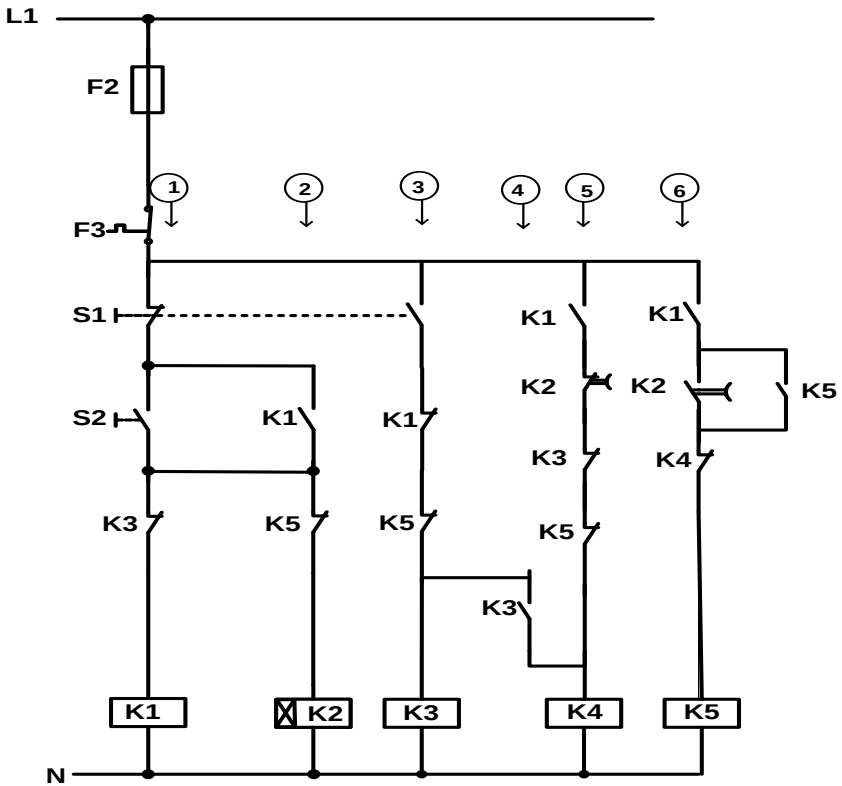


المفتاح **S3** وظيفته يراقب عملية الكبح ليمنع دوران المحرك باتجاه عكسي

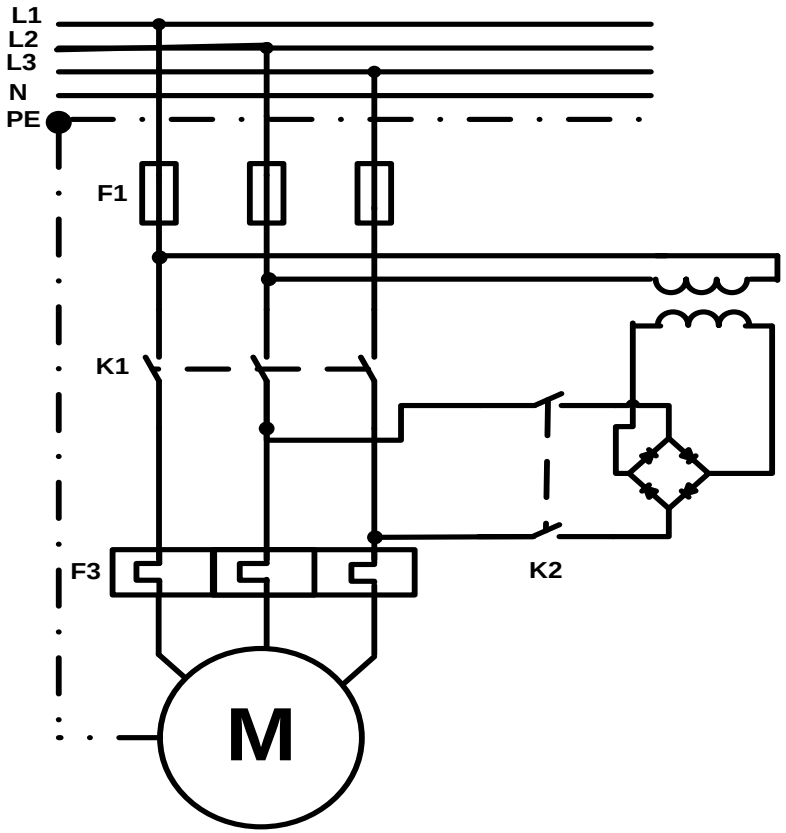
دارة قيادة للإقلاع النجمي- المثلثي للمحركات التحريضية مع الكبح بعكس التوصيلات

الضغط على زر التشغيل S2 يصل التيار إلى وشيعة الواصل K1 ليبدأ المؤقت بتشغيل الزمن تأخير وصل المثلثي عن النجمي.

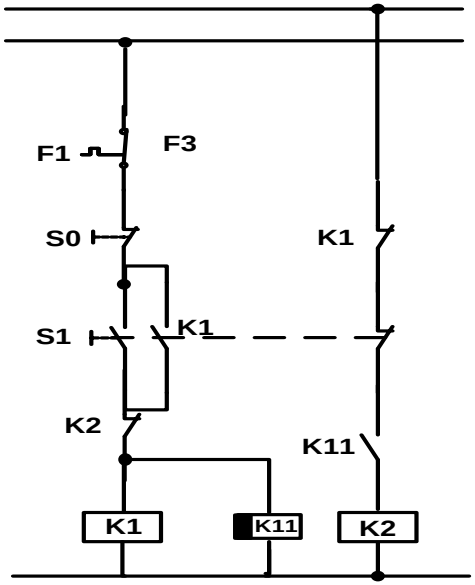




دارات القيادة للكبح الديناميكي للمحرك التحريضي



- لإتمام عملية الكبح الديناميكي يجب الحصول على منبع تغذية مستمر، وذلك باستخدام المقومات(Rectifiers). يمر التيار المستمر خلال الثابت مولداً حقل مغناطيسي ثابت، وحركة الدوار في هذا الحقل تنتج جهداً في ملف الدوار، وتعمل الآلة عندئذ كمولد. تتبدد الطاقة المتولدة في مقاومة دارة الدوار مؤمنة الكبح الديناميكي.



- الضغط على زر التشغيل S1 تتغذى وشيعة واصل التشغيل K1 مما يؤدي لتفعيله وتغيير وضعية تماساته, حيث يغلق تماساته الرئيسية في دارة القدرة لتتم تغذية المحرك ويبدأ المحرك بالدوران.

- عند الضغط على زر الإيقاف S0 تنقطع التغذية عن واصل التشغيل مع العلم أن تماس المؤقت مغلقاً أيضاً مما يؤدي لتغذية واصل الكبح و إغلاق تماساته في دارة القدرة ليتم وصل منبع التغذية المستمر إلى ثابت المحرك.