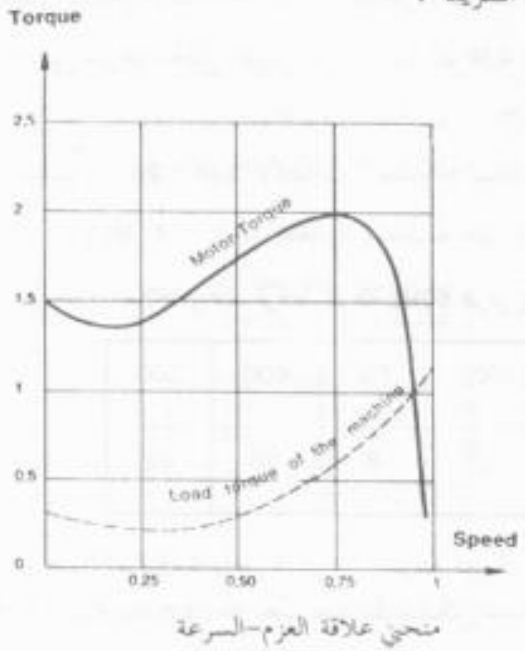
3- طرق إقلاع المحركات التحريضية :

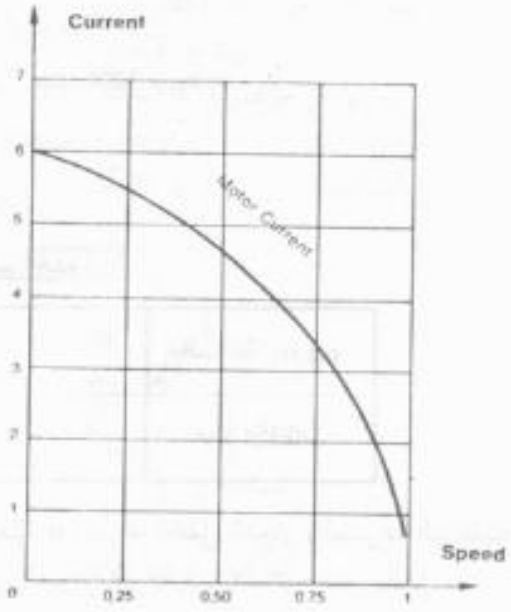
تعتمد الطريقة التي يجب استخدامها لإقلاع المحرك على استطاعته ونوعه، حيث يجب ملاحظة تأثير القيمة الكبيرة لتيار الإقلاع على جهد الشبكة التي تغذي أحمالاً أخرى ، فلدى تطبيق توتر على محرك يمر تيار عابر عال في النواقل يؤدي إلى هبوط كبير في جهد الشبكة، ومن ثم إلى هبوط الجهد المطبق على الأحمال، ولتلافي ذلك تستخدم طرق إقلاع مناسبة لتخفيض تيارات الإقلاع .

1- الإقلاع بالتوصيل المباشر على الشبكة D.O.L. :

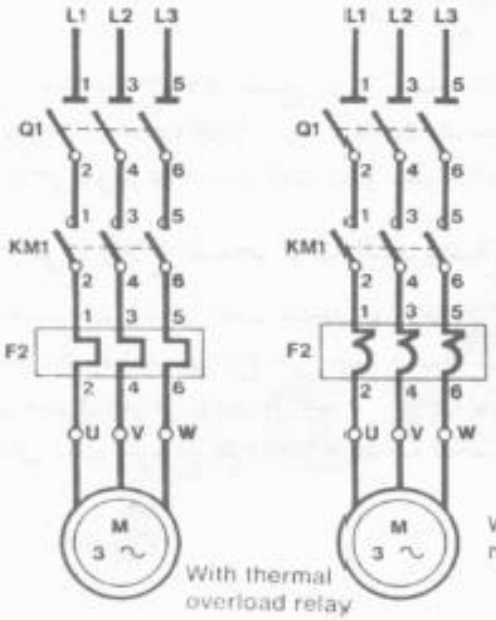
تُغذى نهايات الجزء الثابت مباشرة من الشبكة ويبدأ المحرك بالدوران ، وتعدّ هذه الطريقة مثالية مادام تيار الإقلاع ضمن المجال المقبول $I_s = 4.8I_n$ وعزم الإقلاع كاف للبدء بالدوران $T_s = 1.5T_n$ ، ولاينصح باستخدام هذه الطريقة للحالات التي تتطلب إقلاعاً ناعماً مثل المصاعد والروافع، وفيما يلي منحنيات إقلاع هذه الطريقة :

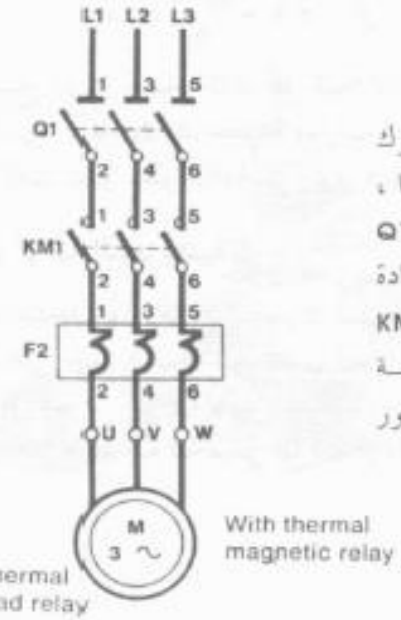


منحني علاقة العزم-السرعة



منحني علاقة التيار-السرعة

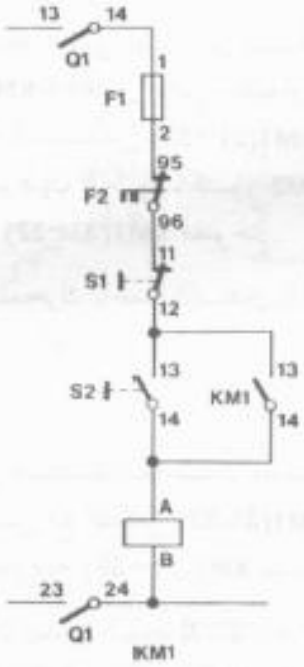




دارة الاستطاعة :

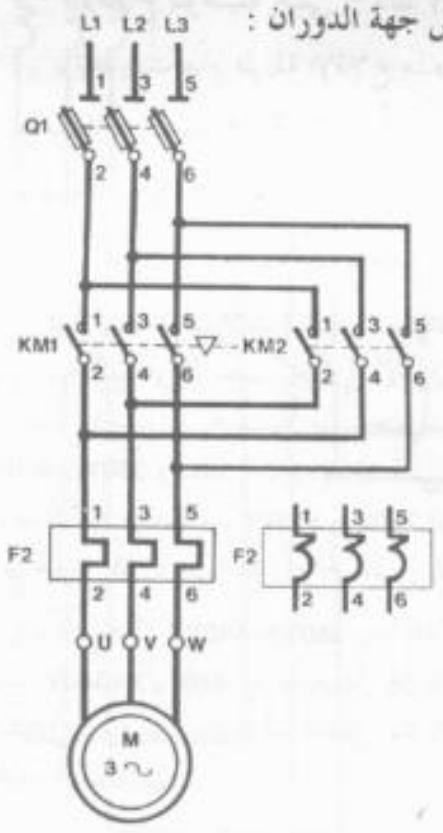
تكون ملفات الجزء الثابت للمحرك موصلة إما توصيلاً نجمياً أو دلتا ، وتؤخذ قيم تيارات القاطع اليدوي Q1 والحاكمة الحرارية للحماية ضد زيادة الحمولة F2 والكونتاكتور KM1 مساوية للتيار الاسمي للمحرك مع ملاحظة زمرة التشغيل بالنسبة للكونتاكتور (انظر الصفحة 135)

طريقة عمل دارة التحكم :



- عند الضغط على كبسة الإقلاع **S2** يسمرتيار في الوشيعة **KM1(AB)** مما يؤدي إلى إغلاق التماسات الرئيسية **1,3,5** مع **2,4,6** للكونتاكتور **KM1** في دارة الاستطاعة.
- يغلق التماس المفتوح **KM1(13–14)** في دارة التحكم للمحافظة على استمرارية مرور التيار في الدارة بعد إزالة الضغط المطبق باليد على **S2**.
- يقلع المحرك .
- لإيقاف المحرك تضغط كبسة الإيقاف **S1** فيتوقف مرور التيار في الوشيعة **AB** وتفتح تماسات الكونتاكتور الرئيسية في دارة الاستطاعة ويعود التماس **KM1(13–14)** إلى وضعيته الأصلية في حالة الراحة وهي **N/O** .
- تراوح قيمة الفاصمة **F1** بين **0.5–1A** ، وتوضع لحماية دارة التحكم من تيارات القصر ولتخفيض تأثير هذه التيارات على الحاكمة الحرارية **F2** ، كما أنها مصممة لتتحمل تيار التشغيل الاسمي .
- عند زيادة الحمولة تتأثر الحماية الحرارية **F2** مما يؤدي إلى فتح دارة التحكم، ومن ثم فتح تماسات الكونتاكتور الرئيسية .

2- الإقلاع بالتوصيل المباشر على الشبكة D.O.L. مع عكس جهة الدوران :



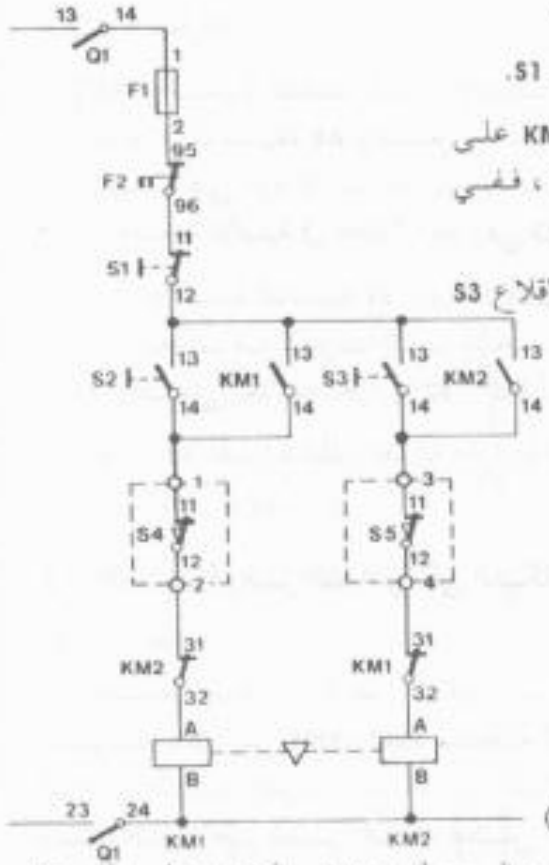
دارة الاستطاعة :

تختلف هذه الدارة عن سابقتها بأن أحد الكونتاكتورين **KM1** و**KM2** يستخدم ليدير المحرك باتجاه (لنفرض مع عقارب الساعة) ، ويستخدم الآخر ليدير المحرك عكس عقارب الساعة ، كما يوجد قفل ميكانيكي بينهما، أي أن كونتاكتوراً واحداً فقط يكون في حالة عمل . ولايمكن تشغيل الآخر معه في الوقت نفسه، لأنه إذا أمكن ذلك فإن حدوث قصر بين فازين سيكون أمراً حتمياً .

توحد قيم تيارات مكونات الدارة **F2,KM2,KM1,Q1** مساوية للتيار الاسمي للمحرك . القاطع **Q1** يغلق يدوياً.

طريقة عمل دارة التحكم :

- بالضغط على S2 يمر تيار في وشيعة الكونتاكتور KM1(A8) ، فيغلق تماس استمرارية التغذية KM1(13–14) ، ويفتح التماس KM1(31–32) المستخدم قفلاً كهربائياً ، ومن ثم فإن الكونتاكتور KM2 لايمكن أن يعمل ما دام التماس KM1(31–32) مفتوحا .
- يدور المحرك بأحد الاتجاهين إذا كان قاطع نهاية الشوط S4 مغلقا، ويتوقف في نهاية الشوط عندما يفتح القاطع S4 .
- يمكن إيقاف المحرك في أي لحظة بضغط مفتاح الإيقاف S1.
- يمكن إضافة تماسات مغلقة أخرى KM1(21–22) على التسلسل مع التماس KM1(31-32) لزيادة الوثوقية ، ففي حال عدم فتح KM1(31–32) يفتح التماس المضاف .
- يمكن أن يدور المحرك بالاتجاه الآخر بضغط مفتاح الإقلاع S3 ويكون تسلسل خطوات العمل كما في المراحل السابقة



3ً– الإقلاع بتوصيلة نجمي – دلتا Y –Δ :

يرتبط استخدام طريقة الإقلاع هذه بعدة عوامل :

- استطاعة المحرك الكبيرة نسبياً .
- قيمة تيار الإقلاع .
- نوع الشبكة المغذية (شبكة عامة ، أو ديزل احتياطية)

وتكون بداية توصيلات المحرك ونهاياتها ممتدة إلى خارج المحرك ، وينبغي التنبيه على اللوحة الاسمية للمحرك، حيث يجب أن يكون توتر التغذية مطابقاً لتوتر التوصيلة Δ دلتا المذكور على لوحة الاسمية فمثلاً من أجل توتر تغذية 380V بين طورين يستخدم محرك ذو مواصفات 380VΔ/660VY ويطبق التوتر 380V في الحالتين (حالة توصيلة نجمي وحالة توصيلة دلتا)، أما إذا كان المحرك ذو مواصفات 220VΔ/380VY فلا يمكن وصله على شبكة 380V لأن مواصفاته تناسب التوتر الذي قيمته 110V بين الطور والحيادي و 220V بين طورين .

إذن المحرك 380VΔ/660VY يبدأ إقلاعه بتوصيل ملفاته على شكل نجمي بعد تطبيق توتر بين طورين قيمته $380V=\sqrt{3}/660$ أي مايعادل 58 % من التوتر الاسمي ، ويبقى هذا التوتر ثابتاً أثناء الإقلاع والتشغيل ، وهكذا يكون قد انخفض تيار الإقلاع إلى الثلث فيما لو كان الإقلاع إقلاعاً مباشراً حسب العلاقة التالية :

- تيار الخط (بين طورين) I_{LY} في حالة توصيلة نجمي :

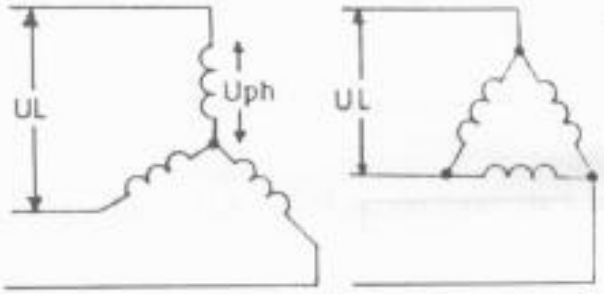
$$I_Y = I_{LY} = \frac{U_{ph}}{Z} = \frac{U_L}{\sqrt{3}\,Z}$$

- تيار الخط (بين طورين) $I_{L\Delta}$ في حالة توصيلة دلتا :

$$I_\Delta = \frac{I_{L\Delta}}{\sqrt{3}} = \frac{U_L}{Z}$$

$$I_{L\Delta} = \frac{\sqrt{3}\,U_L}{Z}$$

ومنه نسبة التيارين : $\frac{I_{LY}}{I_{L\Delta}} = \frac{1}{3}$



توصيلة الملفات بشكل نجمي Y — توصيلة الملفات بشكل دلتا Δ

مرحلة الإقلاع — مرحلة التشغيل

حيث : $U_L[V]$: توتر الخط(بين طورين)

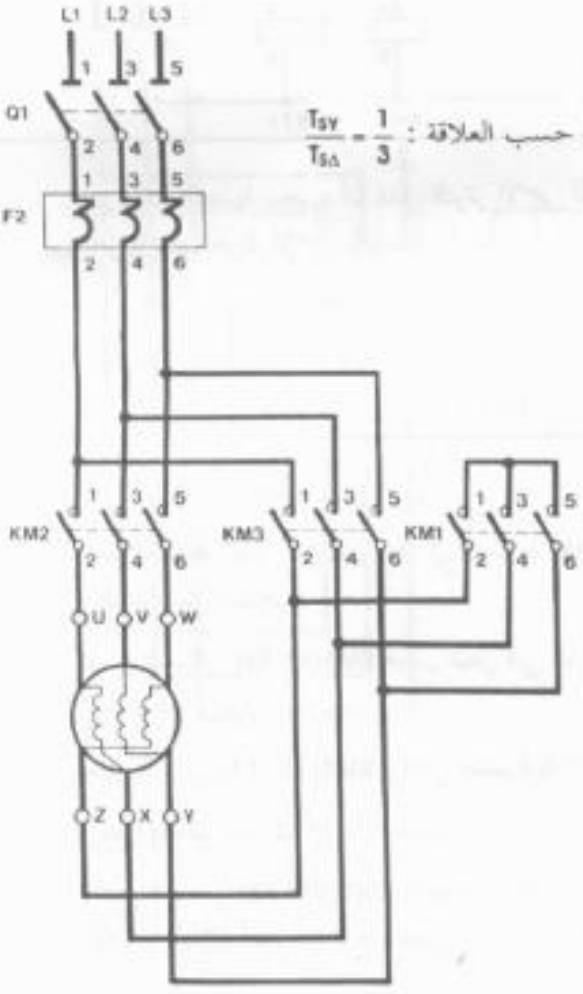
$U_{ph}[V]$: التوتر بين طور وحيادي

$Z[\Omega]$: الممانعة المكافئة لدارة إقلاع المحرك

$I_Y[A]$: تيار الطور بتوصيلة النجم

$I_\Delta[A]$: تيار الطور بتوصيلة دلتا .

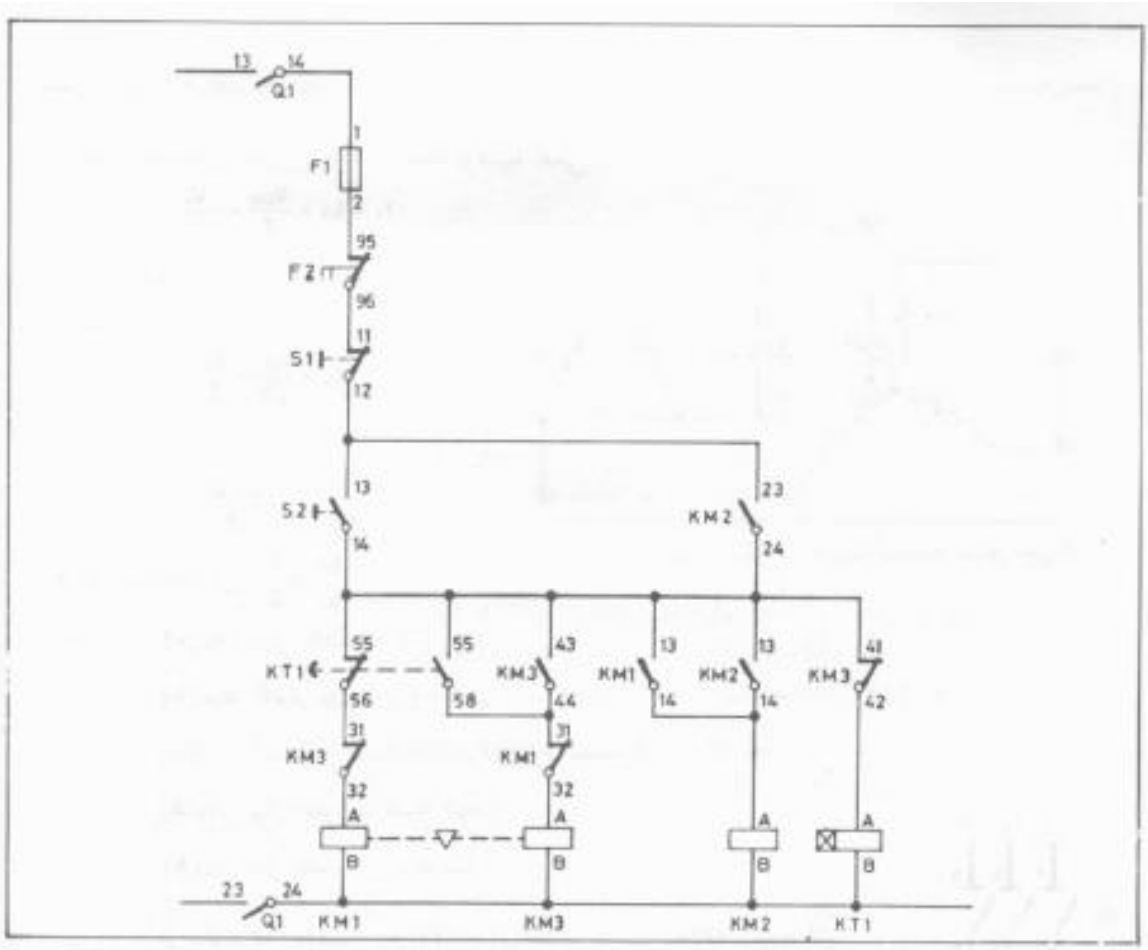
كذلك الأمر نكون قد خفضنا عزم الإقلاع إلى الثلث حسب العلاقة : $\frac{T_{SY}}{T_{S\Delta}} = \frac{1}{3}$



أي يكون العزم منخفضاً أثناء مدة الإقلاع النجمي ، وتكون السرعة منخفضة إذا كان عزم الحمل للآلة كبيراً كما في الآلات ذات القوة النابذة ، وتستقر المواصفات الاسمية بالنسبة للعزم والسرعة بعد تطبيق التوصيلة دلتا ، ويستخدم الإقلاع بهذه الطريقة للآلات في حالة اللاحمل أو التحميل الخفيف.

دارة الاستطاعة :

- يغلق **Q1** يدوياً .
- يغلق **KM1** للتوصيل النجمي .
- يغلق **KM2** لوصل التغذية .
- يفتح **KM1** لفتح توصيلة النجم .
- يغلق **KM3** للوصل المثلثي .



إن توتر التغذية يجب أن يماثل التوتر الاسمي للتوصيل المثلثي Δ لملفات المحرك، وبفرض أن $I_{n\Delta}$ هوتيار المحرك الاسمي للتوصيل المثلثي تكون قيم التيارات لمكونات الدارة كما يلي :

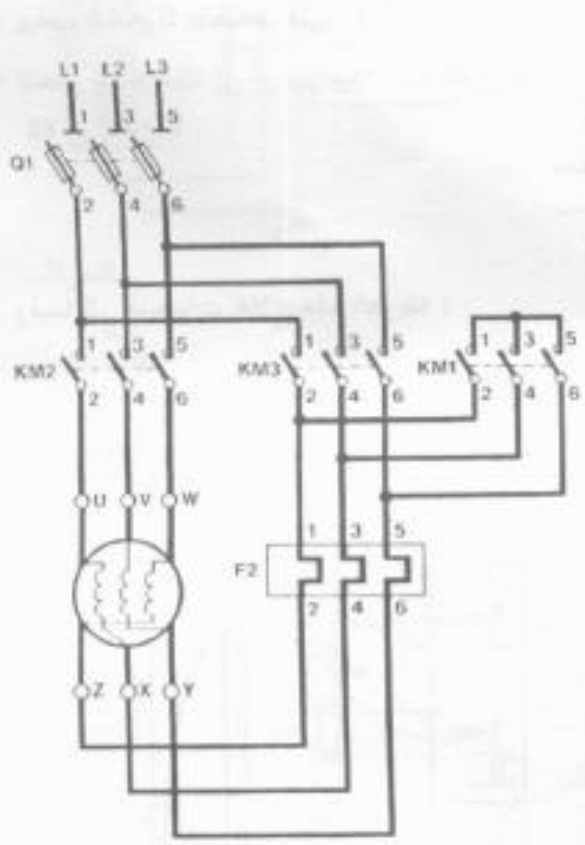
Q1	F2	KM1	KM2	KM3
$I_{n\Delta}$	$I_{n\Delta}$	$I_{n\Delta} / 3$	$I_{n\Delta} / \sqrt{3}$	$I_{n\Delta} / \sqrt{3}$

طريقة عمل دارة التحكم :

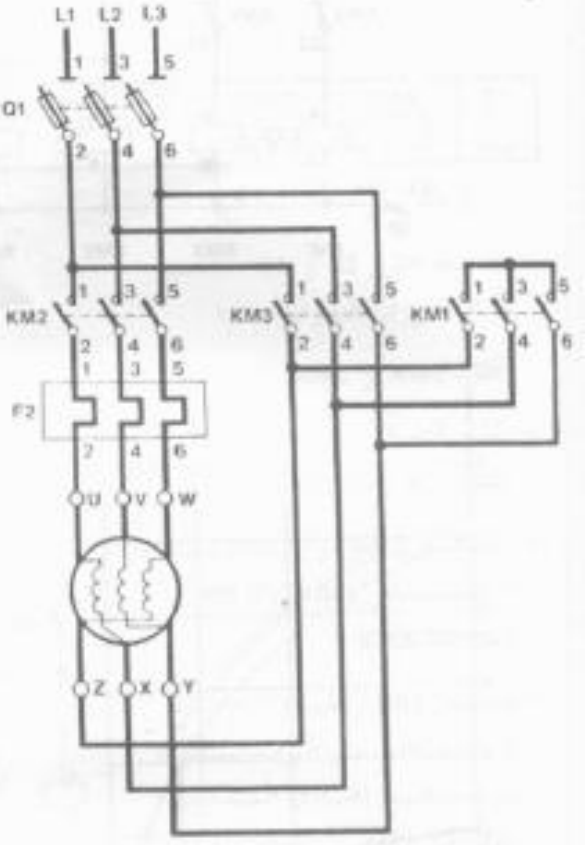
- عند الضغط على **S2** يمر تيار في الوشيعة **KM1(AB)** فتجذب تماساتها الرئيسية في دارة الاستطاعة ويتم توصيل المحرك توصيلاً نجمياً.
- يغلق التماس **KM1(13-14)** فيمر تيار في الوشيعة **KM2(AB)** فتجذب تماساتها الرئيسية في دارة الاستطاعة ويقلع المحرك .
- يُغلق التماس **KM2(13–14)** وتماس استمرارية التغذية **KM2(23–24)** .
- يرفع الضغط على **S2** ويبدأ الموقت الزمني **KT1** بالتوقيت.
- يفتح التماس **KM1(31–32)** [القفل الكهربائي] لئلا يغلق الكونتاكتور **KM3** لسبب ما فيقصر الأطوار الثلاثة أثناء الإقلاع النجمي ، ولزيادة الأمان يوضع قفل ميكانيكي أيضاً .

- بعد زمن معين 7-15 sec. يفتح التماس KT1(55–56)، ويغلق التماس KT1(55–58)، فيفتح الكونتاكتور KM1 تماساته الرئيسية، ويغلق الكونتاكتور KM3 تماساته الرئيسية بعد أن يعود التماس KM1(31–32) إلى وضعيته الأساسية (وضعية الاغلاق) ويقلع المحرك بتوصيلة دلتا .
- إن التماس KM3(41–42) هو لفصل التغذية عن وشيعة المؤقت KT1(AB) بعد تأدية عملها، حيث يفيد ذلك في إطالة عمرها الفني .
- إن التماس KM3(43–44) هو لاستمرارية التغذية على KM3(AB) بعد أن يعود التماس KT1(55–56) إلى الوصل (وضعية الراحة) بعد فصل التغذية عن وشيعة المؤقت KT1 .
- يتم إيقاف المحرك عن الدوران بواسطة كبسة الايقاف S1 .

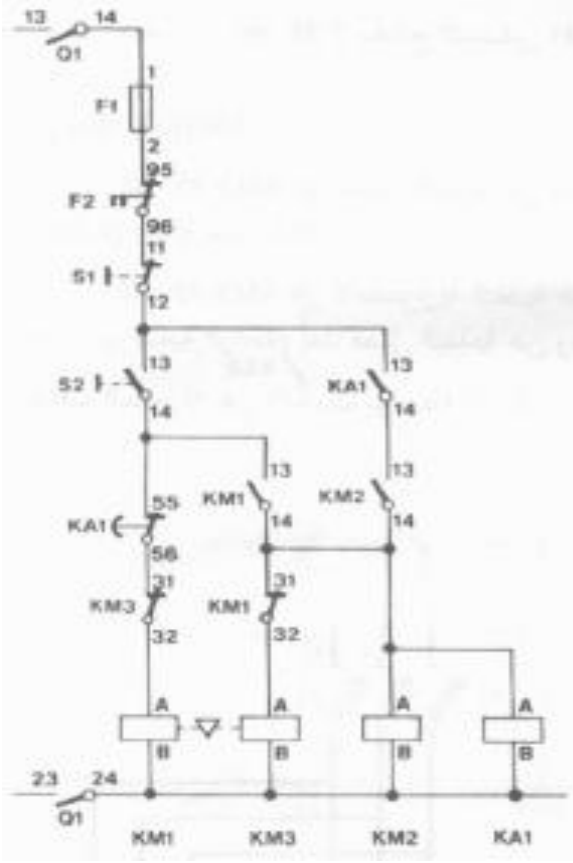
وهناك طرق أخرى لتوصيل دارة الاستطاعة ودارة التحكم منها :



Schematic A دارة استطاعة



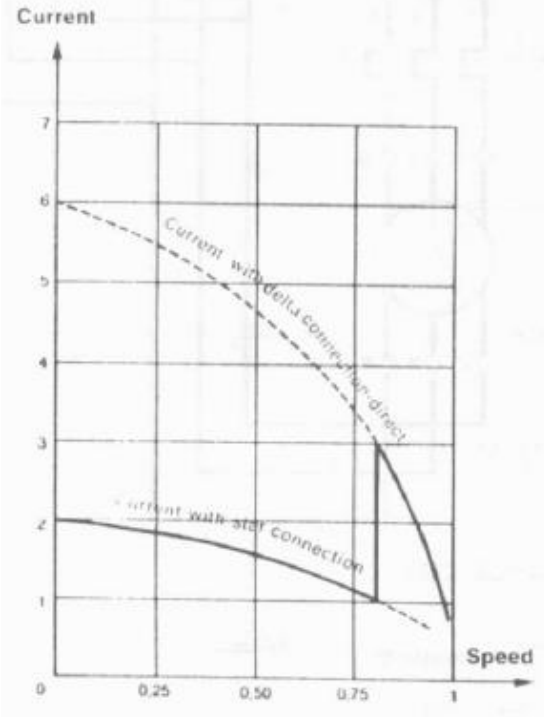
Schematic B دارة استطاعة



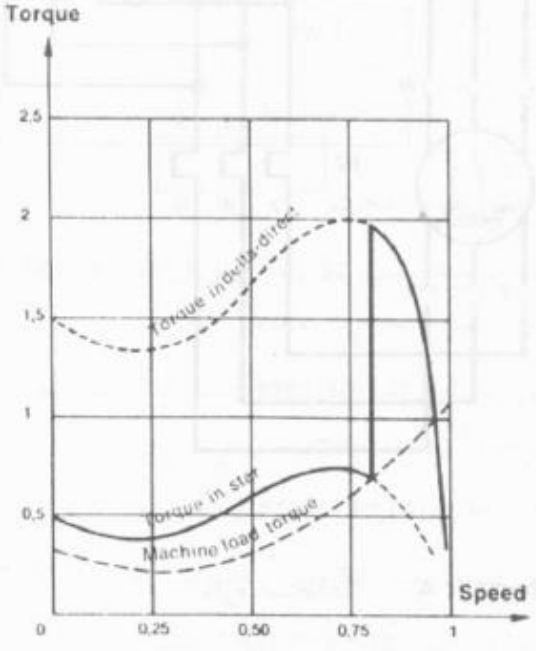
طريقة عمل دارة التحكم :

- يُضغط المفتاح S2 .
- يغلق الكونتاكتور KM1 .
- يغلق الكونتاكتور KM2 و KA1 بإغلاق التماس KM1(13–14) .
- يبقى كل من KM1 و KM2 و KA1 مغلقاً بواسطة إغلاق تماسات استمرارية التغذية KM2(13–14) و KA1(13–14) .
- يفتح KM1 يفتح التماس الزمني KA1(55–56) .
- يغلق الكونتاكتور KM3 بإغلاق KM1(31–32).
- يوقف المحرك بالضغط على S1 .
- تجدر الملاحظة إلى أن تيار الحاكمة الحرارية F2 هو $I_n / \sqrt{3}$.

وفيما يلي منحنيات إقلاع هذه الطريقة :

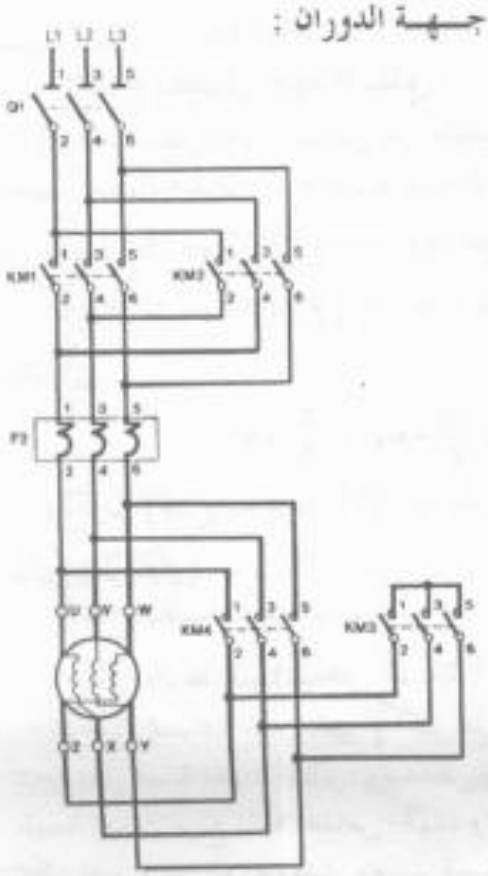


علاقة السرعة – التيار



علاقة السرعة – العزم

4- الإقلاع بتوصيلة نجمي – دلتا Y ← Δ مع عكس جهة الدوران :



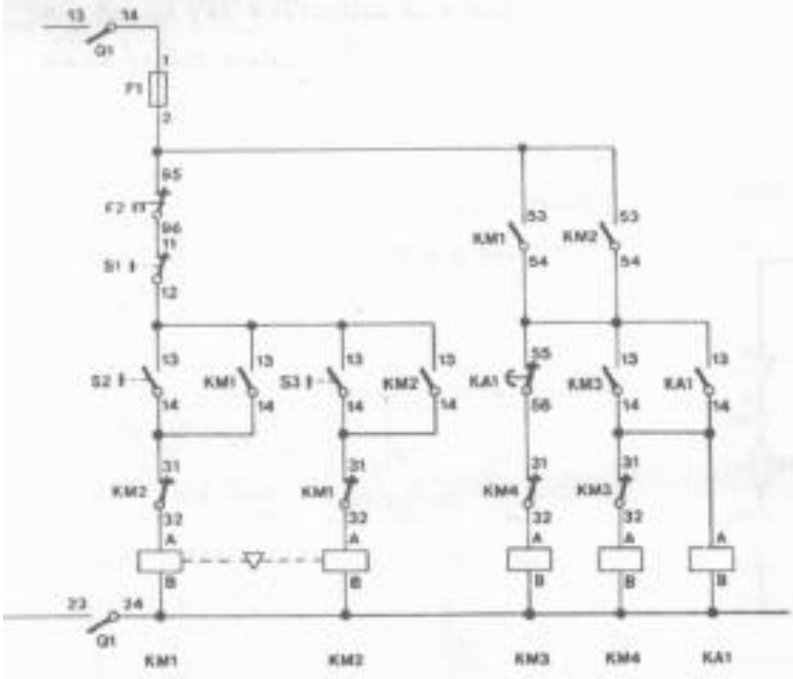
دارة الاستطاعة :

- إغلاق Q1 يدوياً.
- إغلاق KM1 أو KM2 بحسب جهة الدوران المطلوبة .
- إغلاق KM3 للتوصيل نجمي .
- فتح KM3 وإغلاق KM4 للتوصيل المثلثي.

ويفرض I_{ns} هو تيار المحرك الاسمي للتوصيل المثلثي تكون قيم التيارات لمكونات الدارة كما يلي:

Q1	KM1	KM2	KM3	KM4	F2
I_{ns}			$I_{ns}/3$	$I_{ns}/\sqrt{3}$	I_{ns}

طريقة عمل دارة التحكم :



- يضغط على S2 أو S3 حسب اتجاه الدوران المرغوب فيه .
- يغلق KM1 أو KM2 .
- يغلق التماس KM1(13–14) أو التماس KM2(13–14)
- يغلق KM3 بواسطة التماس KM1(53–54) أو KM2(53–54).
- تغلق KA1 ريليه التحكم ذات التأخير الزمني بواسطة إغلاق التماس KM3(13–14) وتحافظ على وضعية الإغلاق بواسطة التماس KA1(13–14) .
- بعد زمن 7–15 sec يفتح KA1(55–56) ، ويغلق KM4 بواسطة عودة التماس KM3(31 – 32) إلى وضعيته في حالة الراحة N/C.

- يوقف المحرك بواسطة S1 .

5- الإقلاع بتخفيض الجهد المطبق :

إن تخفيض الجهد المطبق على ملفات الجزء الثابت يؤدي إلى تخفيض تيار الإقلاع بنسبة تخفيض الجهد نفسها، فيفرض أن x = 0.6 نسبة التخفيض وأن :

T_i , I_i , U جهد الإقلاع وتيار عزمه قبل التخفيض

T_i' , I_i' , U' جهد الإقلاع وتيار وعزمه بعد التخفيض

يكون :

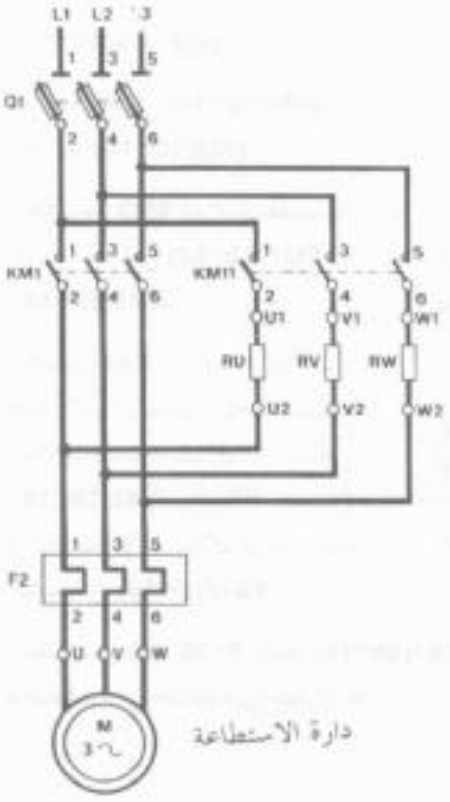
$$I_i = \frac{U}{Z} \quad ; \quad U' = xU \quad ; \quad I_i' = \frac{U'}{Z} = \frac{xU}{Z} = xI_i \quad ; \quad \frac{T_i'}{T_i} = x^2$$

ويكون الإقلاع بتخفيض الجهد إما باستخدام مقاومات، أو باستخدام محول ذاتي. وفيما يلي شرحٌ لهاتين الطريقتين :

1- الإقلاع باستخدام مقاومات :

1- أ - بالربط المباشر على الشبكة :

توصل مجموعة مقاومات أو أكثر على التسلسل مع ملفات الثابت أثناء مدة الإقلاع الأولى لتخفيض قيمة الجهد المطبّق، وتنخفض قيمة التيار بمقدار انخفاض الجهد نفسه بينما ينخفض العزم بقيمة تعادل مربع نسبة انخفاض الجهد، وتقصر المقاومات بكاملها في نهاية مرحلة الإقلاع .كما يمكن تغيير قيمتي العزم والتيار بتغيير قيمة المقاومات، لذلك يكون الإقلاع هنا ناعماً ، وتستخدم هذه الطريقة لإقلاع آلات ذات عزم حمل متزايد. تتراوح قيمة هذه المقاومات بين أجزاء الأوم وعدة أومات، وبعضها يكون مغموراً بالزيت لتبريد حرارتها التي ترتفع بسبب مرور تيارات إقلاع عالية ، وفي هذه الطريقة يتم إخراج ثلاثة أطراف فقط من ملفات المحرك إلى خارج المحرك،أما في طريقة Y - Δ فيتم إخراج ستة أطراف .



دارة الاستطاعة

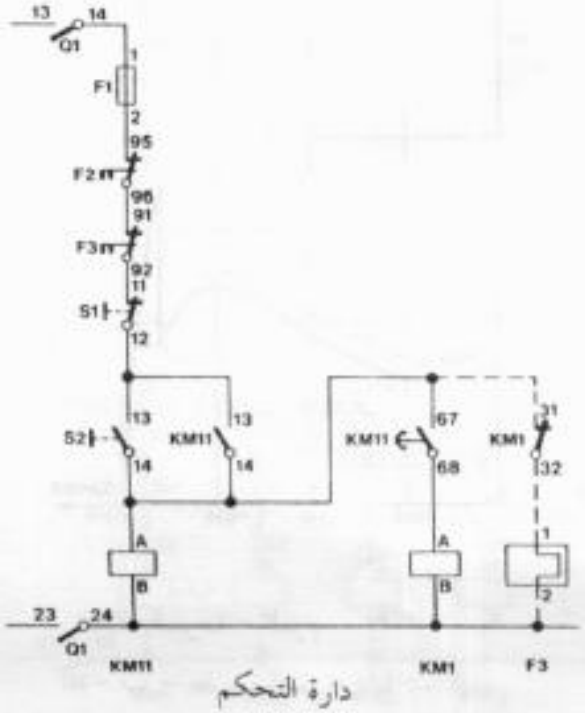
دارة الاستطاعة :

- إغلاق Q1 يدوياً .
- إغلاق KM1 ليقلع المحرك عن طريق المقاومات.
- إغلاق KM11 في نهاية مرحلة الإقلاع حيث يتم قصر المقاومات .
- F3 حاكمة حرارية لحماية المقارمات .

إن قيم تيارات مكونات الدارة Q1 ، KM1 KM11 و F2 تكون مساوية للتيار الاسمي للمحرك.

طريقة عمل دارة التحكم :

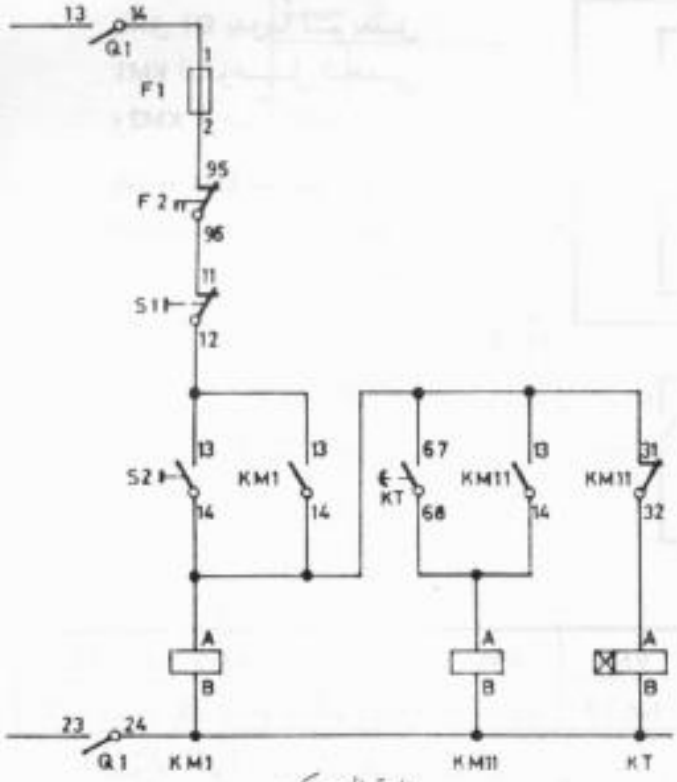
- بضغط S2 يغلق الكونتاكتور KM1 .
- يغلق التماس KM1(13–14) ويمر التيار في الحاكمة الحرارية F3 .
- بعد مدة زمنية يغلق الكونتاكتور KM11 بواسطة التماس الزمني KM1(67–68) .
- يفتح التماس KM11(31–32) ويتوقف مرور التيار في الحاكمة F3 بعد أن تم قصر مقاومات الإقلاع.يوقف المحرك بواسطة S1.
- تُغمس محسات الحاكمة الحرارية F3 في الزيت لحماية مقاومات الإقلاع التي ترتفع درجة حرارتها نتيجة الإقلاع المتكرر، فهي تفصل الدارة عند درجة الحرارة الحدية التي تتحملها المقاومات .



دارة التحكم

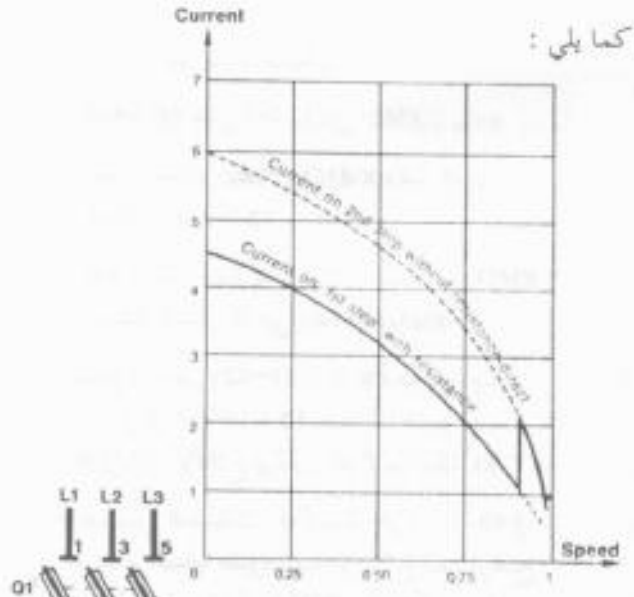
يمكن رسم عدة دارات تحكم لهذه الطريقة وذلك باختيار مكونات أخرى مختلفة ، والشكل المبيّن يوضّح مثالاً لدارة أخرى، أما طريقة العمل فهي كالتالي :

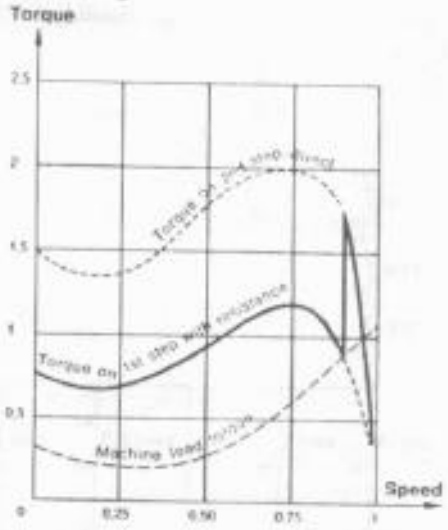
- بالضغط على S2 يغلق KM1 ويغلق التماس KM1(13–14) وتبدأ الحاكمة الزمنية KT بالتوقيت
- بعد مدة زمنية يغلق التماس KT(67–68) ويغلق KM11 ويفتح التماس KM11(31–32) لفصل التغذية عن المؤقت .
- وُضع التماس KM11(13–14) للمحافظة على استمرارية التغذية على KM11 لأن التماس KT(67–68) يعود إلى وضعيته N/O بعد فصل التغذية عن المؤقت KT .

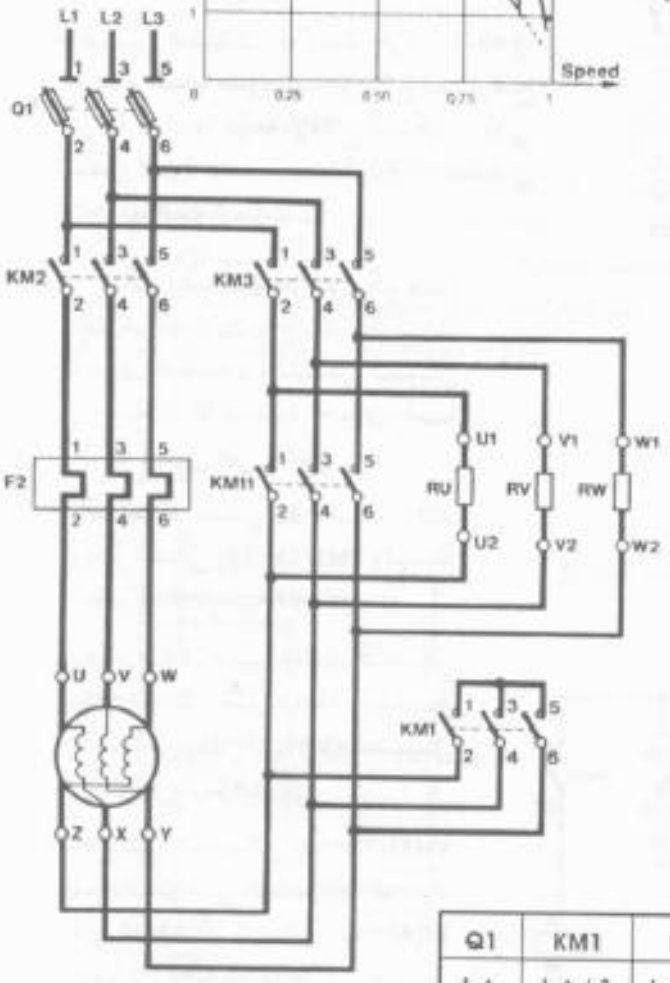


دارة التحكم

وتُعطى منحنيات الإقلاع لهذه الطريقة كما يلي :







علاقة السرعة – العزم

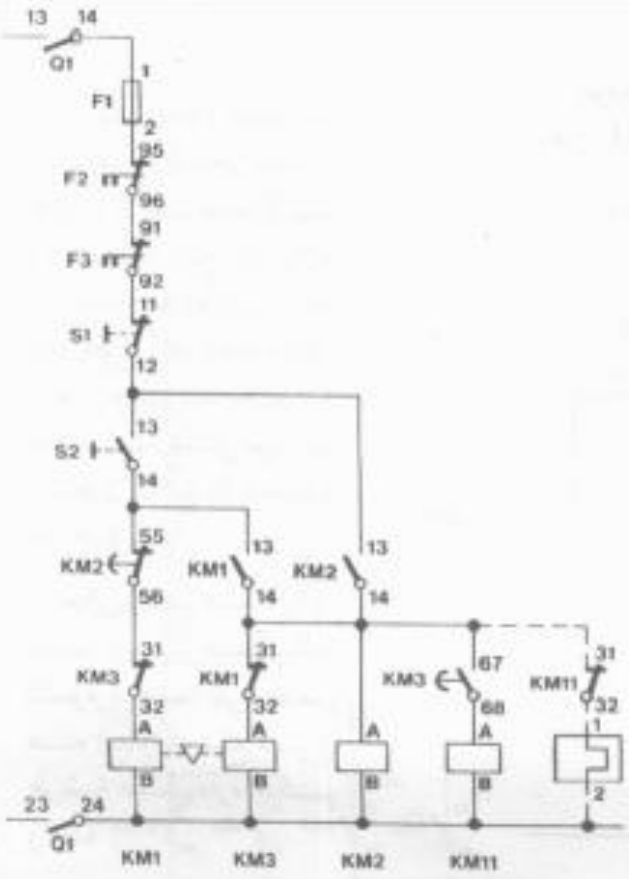
1– ب – بطريقة نجمي– دلتا :

دارة الاستطاعة :

- يغلق Q1 يدوياً ثم يغلق KM1 للتوصيل النجمي وKM2 لوصل التغذية
- يفتح KM1 لفتح نقطة النجم ، ويغلق KM3 للتوصيل دلتا ، يغلق KM11 لقصر المقاومات .
- قيم تيارات المكونات بالنسبة لـ I_{nA} كما يلي :

Q1	KM1	KM2	KM11	KM3	F2
$I_{n\Delta}$	$I_{n\Delta} / 3$	$I_{nA} / \sqrt{3}$	$I_{nA} / \sqrt{3}$	$I_{nA} / \sqrt{3}$	$I_{nA} / \sqrt{3}$

- يجب أن تكون النهايات الست للمحرك على لوحة توصيل خارجية ، ويجب أن يكون توتر التغذية مساوياً للتوتر الاسمي للتوصيل المثلثي للمحرك .



مراحل عمل دارة التحكم:

- يضغط S2 فيغلق الكونتاكتور KM1 ويغلق الكونتاكتور KM2 بواسطة التماس KM1(13–14) وتعمل الحاكمة الحرارية F3 . كما يغلق تماس استمرارية التغذية KM2(13–14) .
- يفتح الكونتاكتور KM1 بعد زمن معين بواسطة التماس KM2(55–56) ثم يغلق الكونتاكتور KM3 بواسطة التماس KM1(31–32) الذي يعود لحالة الإغلاق N/C .
- بعد زمن معين يغلق KM11 بواسطة KM3(67–68) ، ثم يفتح التماس KM11(31–32) لفصل التغذية عن F3 .
- يوقف المحرك بواسطة S1.
- إن الحاكمة الحرارية F3 هنا اختيارية يمكن حذفها من الدارة لذلك رسمت بشكل مُنقّط.

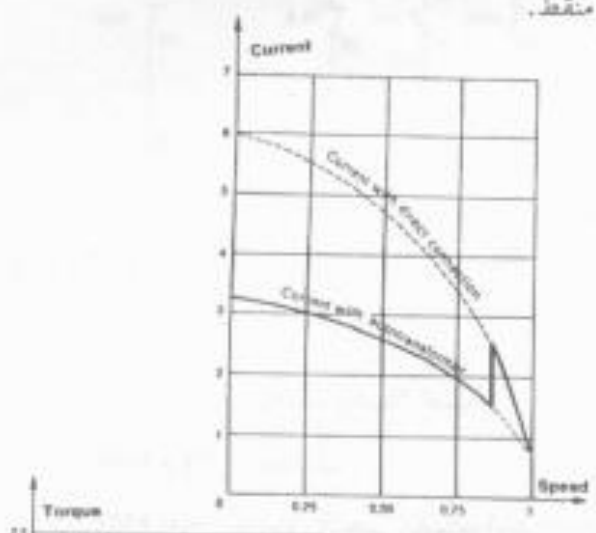
2- الإقلاع باستخدام محول ذاتي :

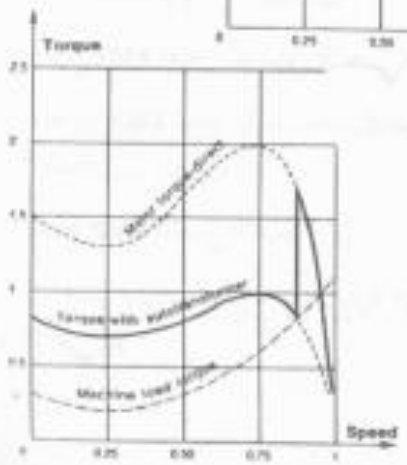
يطبّق جهد مخفض عن طريق محول ذاتي ويتم الإقلاع على ثلاث مراحل :

1- توصل ملفات المحول الذاتي بشكل نجمي بإغلاق KM1 ، ثم يغلق الكونتاكتور الرئيسي KM2 ومن ثم يكون قد تم تخفيض العزم بنسبة مربع الجهد .

2- تفتح نقطة النجم، ويبقى جزء من ملفات المحول الذاتي على التسلسل مع ملفات الجزء الثابت للمحرك .

3- تقصر جميع ملفات المحول الذاتي، ويطبق كامل الجهد على ملفات الثابت للمحرك وذلك بإغلاق KM3 .

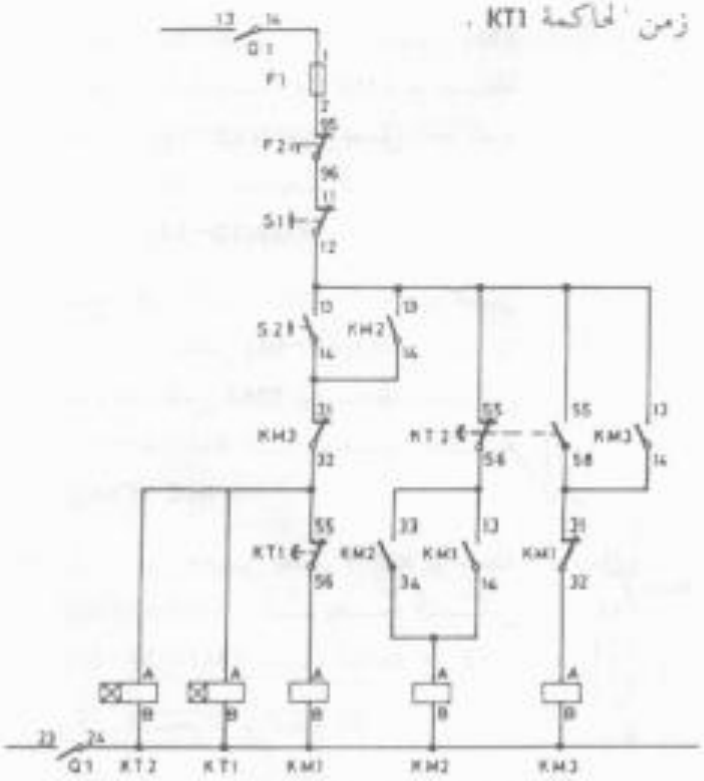


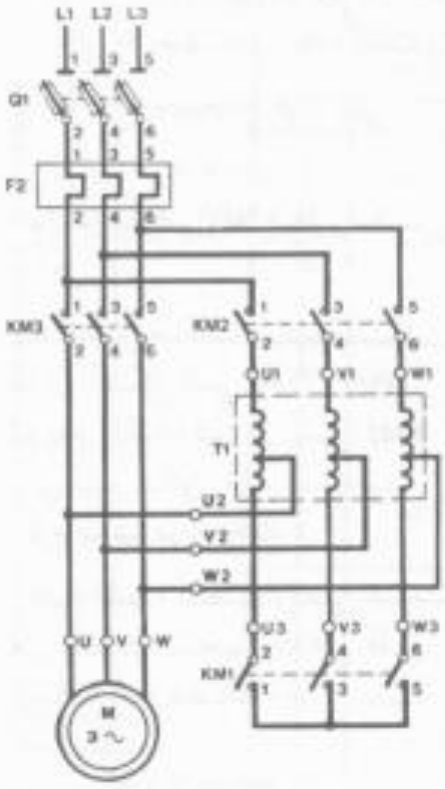


تستخدم هذه الطريقة للمحركات عالية الاستطاعة لأنها (بالمقارنة مع الإقلاع باستخدام مقاومات) تقدم عزم إقلاع أكبر وذروة تيار أصغر، وضياعا حراريا أقل ، كما يمكن توليف المحول الذاتي بما يتناسب مع الحمل.

يمكن رسم عدة دارات تحكم حسب المكونات المتوفرة. وفيما يلي بعض هذه الدارات مع شرح طريقة عمل دارة تحكم واحدة .

تولف الحاكمة KT2 على زمن أطول من زمن الحاكمة KT1 .



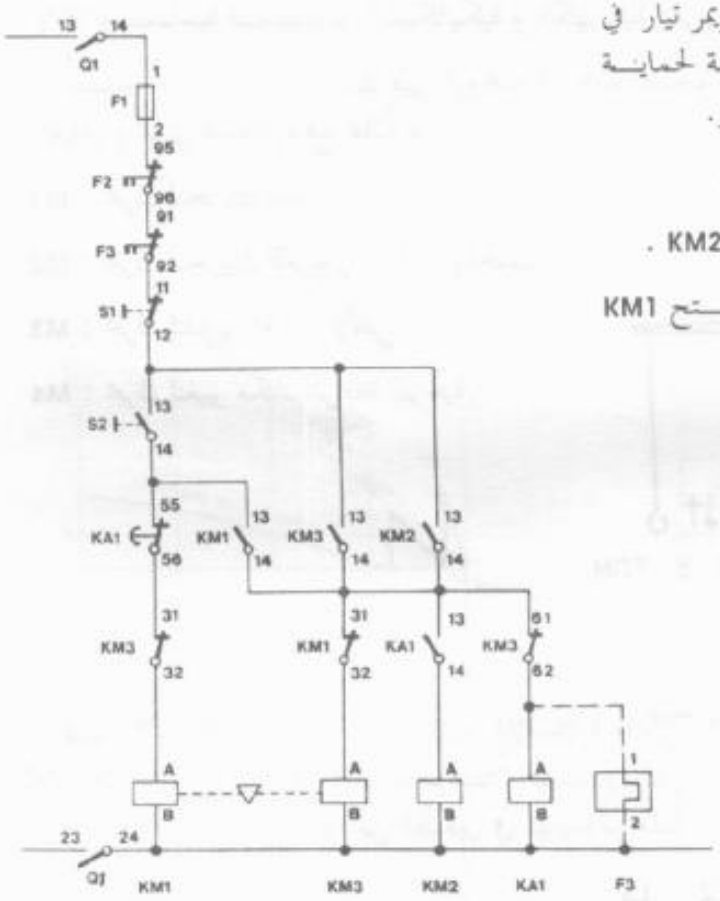


دارة الاستطاعة :

- يغلق **Q1** يدوياً.
- يغلق**KM1** لوصل المحرك توصيلا نجمياً .
- يغلق **KM2** لإقلاع المحرك .
- يفتح **KM1** لفتح التوصيل النجمي للمحول.
- يغلق **KM3** لوصل المحرك مباشرة على الشبكة .
- يفتح **KM2** لفصل المحول الذاتي .
- إن قيم تيارات مكونات الدارة **Q1**، **KM1** **KM2** ،**KM3** و **F2** جميعها مساوية لتيار المحرك الاسمي I_n

طريقة عمل دارة التحكم :

- يضغط S2 فيغلق KM1 .
- يفتح KM1(31–32) لضمان عدم تشغيل KM3 (قفل كهربائي) .
- يغلق KA1 بواسطة KM1(13–14) ويمر تيار في الحاكمة الحرارية F3 المستخدمة لحماية المحول الذاتي ضد الإقلاع المتكرر.
- يغلق KM2 بواسطة KA1(13–14) .
- يغلق تماس استمرارية التغذية KM2(13–14) .
- بعد زمن معين 5–10 sec يفتح KM1 بواسطة KM1(55–56) .
- يغلق KM3 بواسطة التماس KM1(31–32) الذي يعود لحالة الإغلاق .
- يفتح التماس KM3(31–32) لضمان عدم تشغيل KM1 (قفل كهربائي) .
- يغلق تماس استمرارية التغذية KM3(13–14) .
- يفصل KA1 و F3 بواسطة KM3(61–62) .
- يفصل KM2 KA1(13–14) .
- يضغط S1 لإيقاف المحرك .



3–2– إقلاع المحرك ذي الدائر الملفوف باستخدام مقاومات :

لايمكن إقلاع هذا المحرك بخطوة واحدة لعدم تقبله لعزوم وتيارات إقلاع عالية، ففي هذا النوع من المحركات يطبّق كامل الجهد على ملفات الثابت بينما تربط مجموعة مقاومات سلكية ذات مقطع كبير لتتحمل مرور تيارات عالية على التسلسل مع ملفات الدائر، وتقصر بالتدريج على عدة مراحل أثناء الإقلاع إلى أن يتم إخراج جميع المقاومات ويصل المحرك إلى سرعته الاسمية ، وإن قيمة هذه المقاومات هي التي تحدد منحني العزم – السرعة ، فمن أجل قيمة عزم معيّن تقل السرعة كلما زادت قيمة المقاومات، إذن يمكن استخدام هذه الطريقة لتنظيم السرعة .

يتناسب التيار مع عزم الخرج عند سرعة معينة، فمثلاً من أجل عزم إقلاع $2T_n$ يكون تيار الإقلاع $2I_n$، بينما تيار الإقلاع للمحرك ذي القفص السنجابي يبلغ $6I_n$ والعزم $1.5T_n$. لذلك فإن المحركات ذات حلقات الانزلاق تناسب إقلاعاً ناعماً تحت الحمل الكامل أو الأحمال التي تتطلب أقل تيار إقلاع ممكن بالإضافة لكونها ذات مرونة لسهولة مطابقة شكل المنحنيات التي تمثل خطوات الإقلاع المناسبة للمتطلبات الميكانيكية و الكهربائية (عزم حمل ، تيار إقلاع أعظمي ....) .

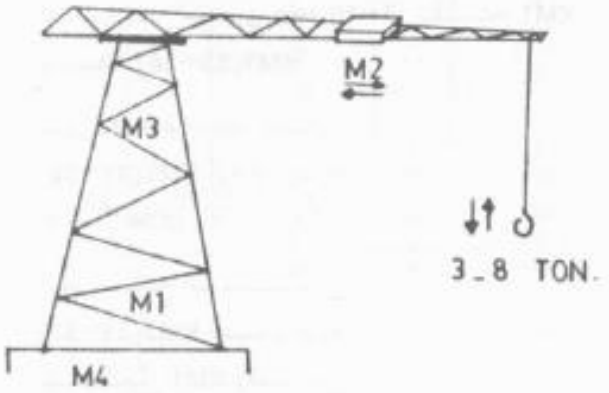
تُستخدم هذه المحركات في الروافع البرجية الضخمة، حيث تخفف من سرعة تحريك الأحمال الثقيلة، وتحوي هذه الروافع غالباً على أربعة محركات :

M1 : محرك لتحريك الخطاف إلى الأعلى والأسفل.

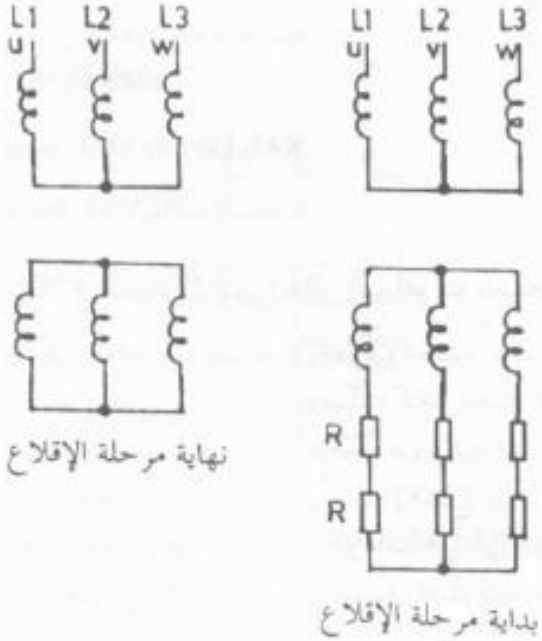
M2 : محرك لتحريك العربة إلى الأمام والخلف.

M3 : محرك لتدوير الجسر الأفقي.

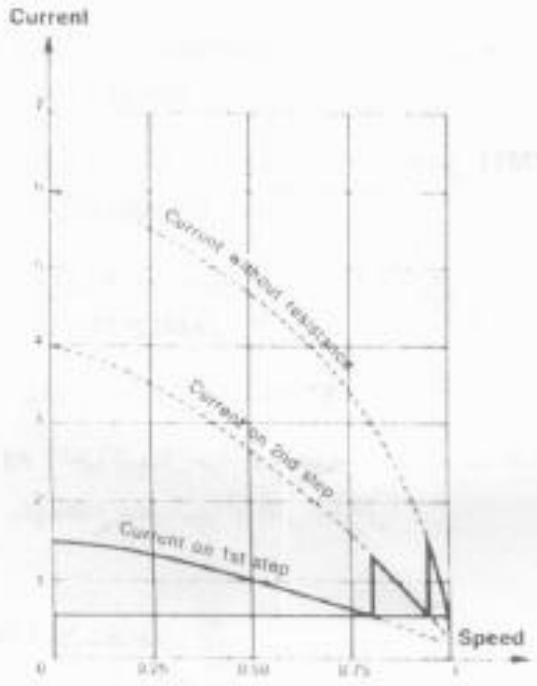
M4 : محرك لتغيير مكان الرافعة البرجية.

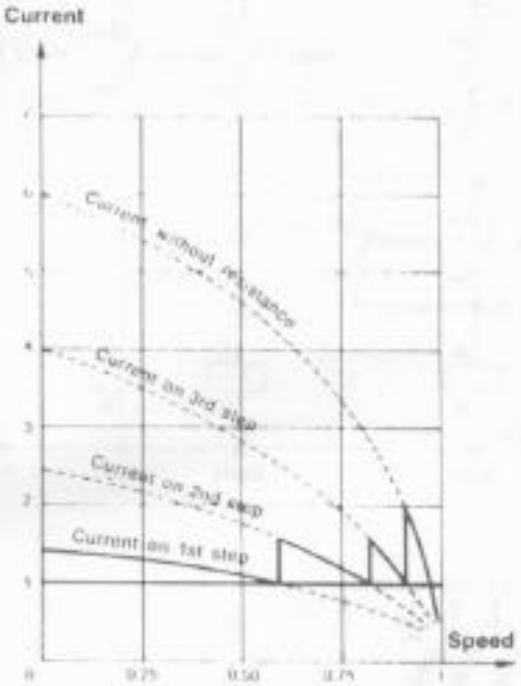


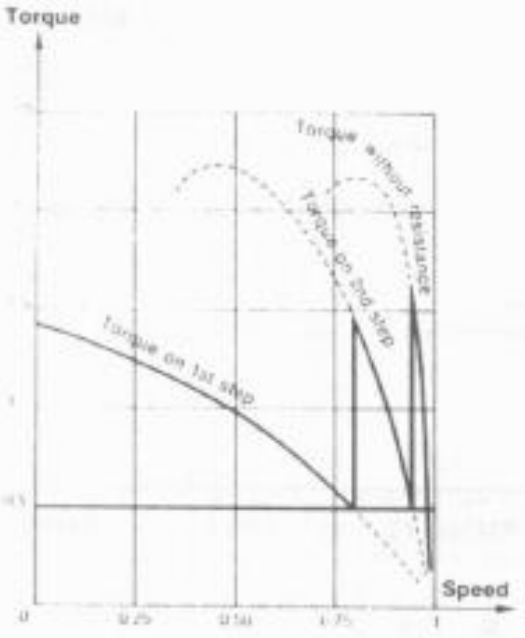
يبين الشكل جانباً مخططاً رمزياً للإقلاع على ثلاث مراحل، ويظهر فيه الثابت موصلاً نجميا (يمكن توصيله دلتا) والدائر مقصوراً من الطرفين في نهاية مرحلة الإقلاع .

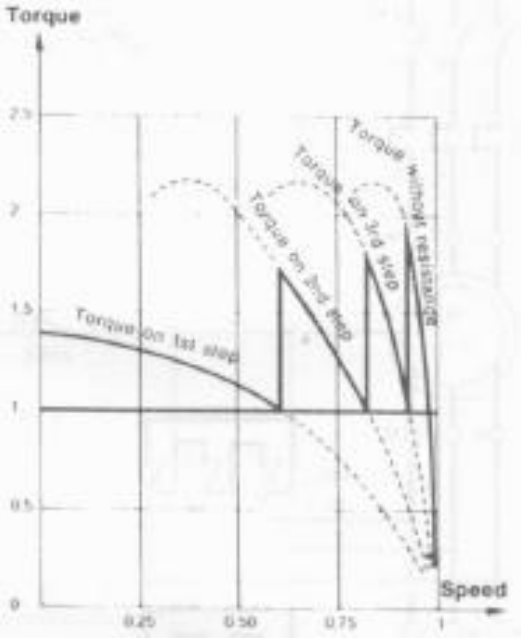


تكون منحنيات علاقة التيار – السرعة والتيار – العزم لهذه الطريقة على الشكل التالي :







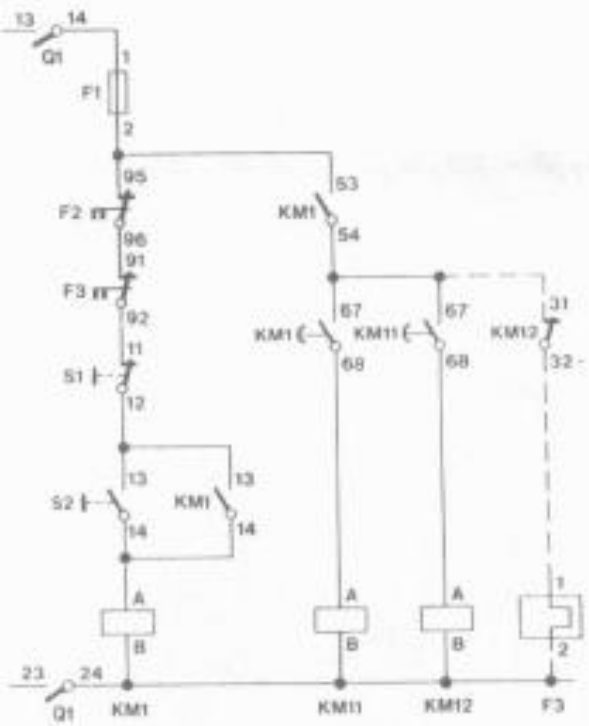


3 step rotor resistance starting

إقلاع المحرك على ثلاث مراحل

4 step rotor resistance starting

إقلاع المحرك على أربع مراحل

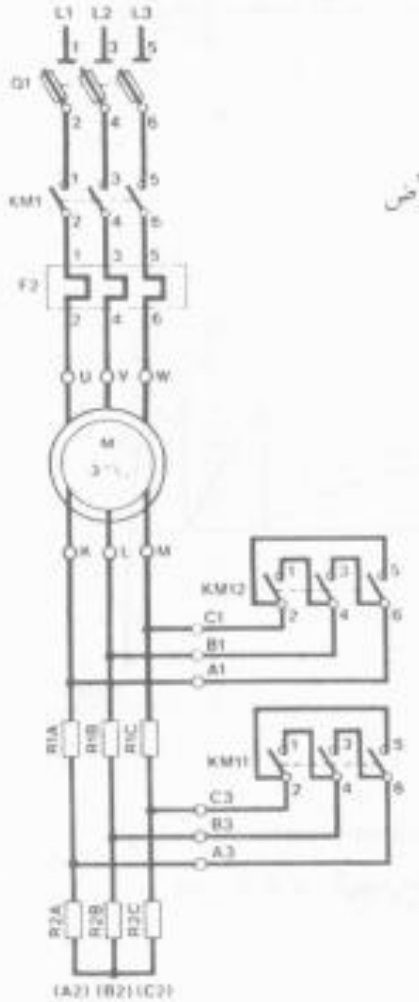


1- الإقلاع على ثلاث مراحل :

طريقة عمل دارة التحكم :

- يضغط S2 فيغلق KM1 .
- يغلق تماس استمرارية التغذية KM1(13–14).
- يمر تيار بالحاكمة الحرارية F3 عن طريق KM1(53–54) .
- بعد زمن معين (5 ثوان تقريباً) يغلق KM11 بواسطة KM1(67–68) .
- يتوقف مرور التيار في F3 يفتح التماس KM12(31–32).
- يوقف المحرك بواسطة S1.

F3 : حاكمة حرارية لحماية المقاومات ضد الإقلاع المتكرر أو غير الكامل.



دارة الاستطاعة :

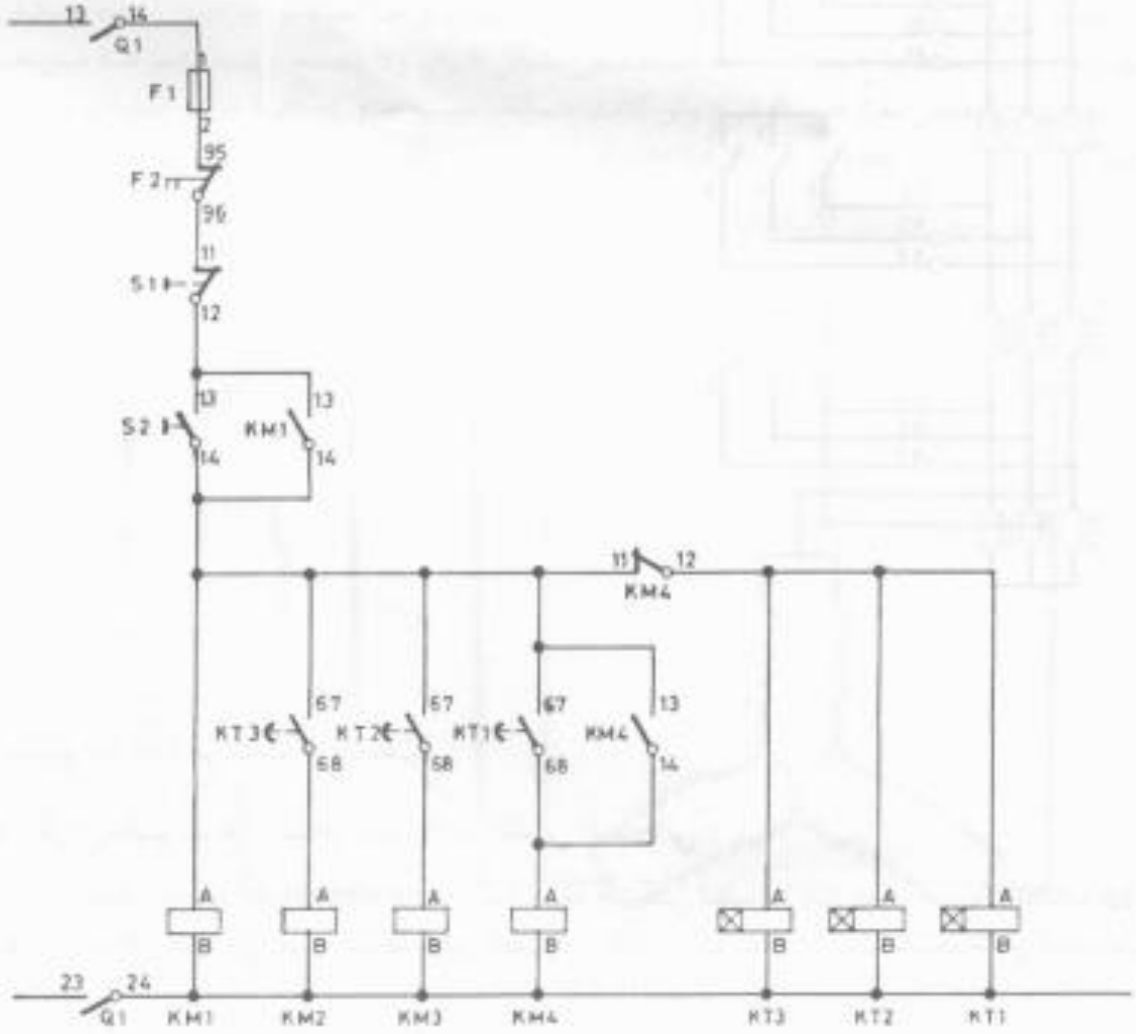
- يغلق Q1 يدوياً .
- يغلق KM1 مولداً ساحة مغناطيسية في الجزء الثابت والتي تحرّض الجزء الدائر .
- يغلق KM11 لقصر جزء من المقاومات .
- يغلق KM12 لقصر كافة المقاومات .
- قيم تيارات مكونات الدارة :

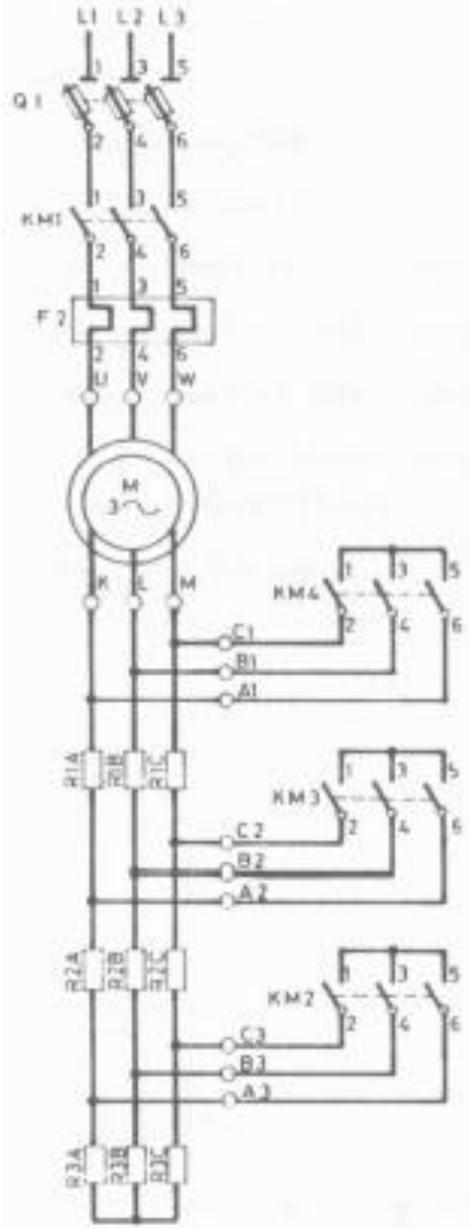
Q1	KM1	F2	KM11	KM12
I_n	I_n	I_n	يعتمد على قيمة تيار الدائر وطريقة العمل	تيار الدائر

2ً – الإقلاع على أربع مراحل :

طريقة عمل دارة التحكم :

- يضغط S2 فيغلق KM1 .
- يغلق تماس استمرارية التغذية KM1(13–14) .
- بعد زمن 5 sec. يغلق KM2 بواسطة KT3(67–68) .
- بعد زمن 5 sec. يغلق KM3 بواسطة KT2(67–68) .
- بعد زمن 5 sec. يغلق KM4 بواسطة KT1(67–68) .
- يغلق التماس KM4(13–14) لضمان استمرارية التغذية على KM4 بعد فصل التغذية عن الحواكم الزمنية بواسطة KM4(11–12) .
- يوقف المحرك بواسطة S1 .





دارة الاستطاعة :

- يغلق **Q1** يدوياً .
- يغلق **KM1** لتحريض الجزء الدائر .
- يغلق **KM2** لقصر جزء من المقاومات .
- يغلق **KM3** لقصر جزء آخر من المقاومات .
- يغلق **KM4** لقصر كافة المقاومات .

مثال

محرك تحريضي ثلاثي ذو ست نهايات يقلع (نجمي Y) ثم يتابع Δ مع مقاومات إقلاع ثم (مثلثي Δ) ويتوقف بعدها لزمن معين عن طريق قاطع نهاية شوط . يعود ويقلع (مثلثي Δ)مع مقاومات إقلاع ولكن بالاتجاه المعاكس، ثم يقلع (مثلثي) فقط، وأخيراً يتوقف عن طريق قاطع نهاية شوط .

المطلوب تصميم دارتي التحكم والاستطاعة مع الشرح اللازم .

جدول يلخص خصائص مختلف طرق الإقلاع

	المحرك ذو القفص السنجابي				المحرك ذو الدائر الملفوف(حلقات الانزلاق)
	الإقلاع بالوصل المباشر DOL	الإقلاع بطريقة Δ← Y	إقلاع الابتدائي باستخدام مقاومات	الإقلاع باستخدام محول ذاتي	إقلاع الدائر
تيار الإقلاع الأساسي	$4 - 8I_n$	$1.3 - 2.6I_n$	$4.5I_n$	$1.7 - 4I_n$	أقل من $2.5I_n$
عزم الإقلاع الأساس	$0.6 - 1.5T_n$	$0.2 - 0.5T_n$	$0.6 - 0.85T_n$	$0.4 - 0.85T_n$	أقل من $2.5T_n$
المميزات	- بسيطة - إقلاع قليل الكلفة نسبياً - عزم إقلاع كبير	إقلاع قليل الكلفة نسبياً		- نسبة العزم/التيار جيدة	- نسبة العزم/التيار جيدة جداً
			- لايوجد انقطاع - يمكن تعييير	في الشغالية أثناء الإقلاع	
السلبيات	- تيار الإقلاع عال - لايسمح بإقلاع بطيء أو على مراحل	- عزم إقلاع صغير - غير قابل للتعيير احتمال فصل التغذية عند تبديل التوصيل - بحاجة لمحرك ذي ست نهايات	- ذروة الإقلاع تقل قليلاً - تحتاج الى مقاومات	-تتطلب محولاً ذاتياً ذا كلفة معقولة	- المحرك ذو حلقات الانزلاق أغلى سعراً - تتطلب مقاومات
زمن الإقلاع العادي مقدراً بالثانية	2-3	2-7	7-12	7-12	2.5 من أجل ثلاث خطوات 5 من أجل 4-5 خطوات
تطبيقات نموذجية	الآلات الصغيرة ولو كان إقلاعها عند الحمل الكامل	- المحركات التي تقلع في حالة اللاحمل - المراوح الصغيرة والمضخات	الآلات ذات عزم العطالة الكبير حيث لايوجد مشاكل تيار إقلاع أو عزم	الآلات ذات الاستطاعة العالية أو عزم العطالة الكبير عندما يكون الاقلال من ذروة التيار عاملاً مهماً	الآلات التي تتطلب الإقلاع على الحمل الكامل؛ الإقلاع المتعاقب كالروافع البرجية