المحركات الكهربائية

لف
صيانة
تعديل
حماية
اقلاع

دراسة وتجارب وجمع معلومات :
م.م سامر حلبي

بإشراف الأساتذة المحترمون في جامعة دمشق -
المعهد المتوسط للهندسة الميكانيكية
والكهربائية

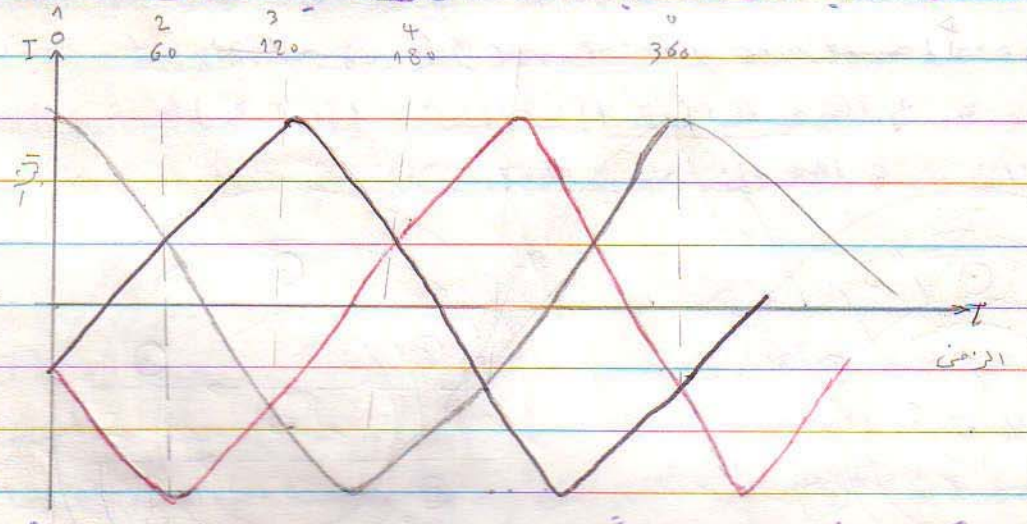
كان التفكير منذ القديم بآلة كهربائية تعمل كمولد وتتصف بالبساطة، وكمولدة التيار والصيانة، ويمكن أن نحقق هذه المتطلبات إذا كان بالإمكان تحويل الطاقة الكهربائية الدوارة ميكانيكية عن طريق آلة يغذى ثابتها فقط بالقدرة الكهربائية، ومن أمثلة محركات التزامنية التي تعمل بمحرك العمود الفقري أو ((مصانع)) الصناعة.

ويتألف المحرك التزامني (الحثي) من عضوين: ثابت ودائر، وكان كما يغذى ملف الثابت فقط من منبع تيار متناوب ويؤدي هذا إلى تحريض قوة محركة كهربائية في ملف الدائر تؤدي إلى دفع تيار تحريضي في هذا الملف إذا أغلقت دارته. ويمكن عد محرك الحث محولة بملف ثانوي قابل للدوران ولذلك يوصف كآلة تيار متناوب (من نوع المحولة) تحول فيها الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية

يمكن الحصول على محركات الحث تيارياً: إما أحادية الطور أو متعددة الأطوار. وبالنسبة للمحركة الأطوار يعد المحرك ثلاثي الطور هو الأكثر شيوعاً

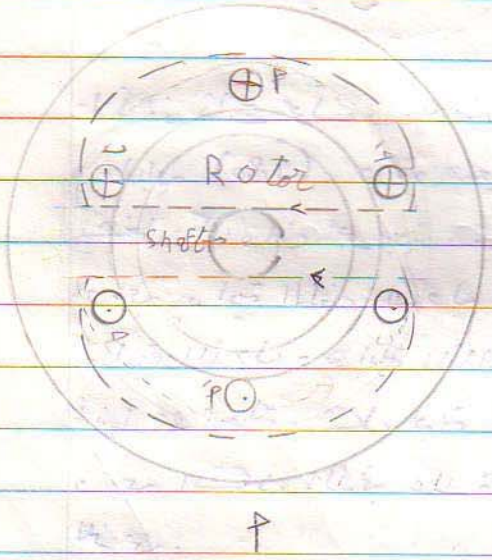
الحقل المغناطيسي الدوار ثنائي الأقطاب :

لنأخذ ثابت عمل يحوي ستة مجاري بين كل مجريين زاوية (60°) وبين كل مجريين متقابلين (180°). وتوضع ملفات العضو الساكن في هذه المجاري الستة بحيث يشغل كل ملف مجريين متقابلين، أي أن بين بداية كل ملف ونهايته (180°) وبين بداية الملف الأول (أ) وبداية الملف الثاني (ب) زاوية (120°) وبين بداية الأول وبداية الثالث (240°) والملفات الثلاث متماثلة طبعاً، ولنفرض أنها موصولة بشكل نجمة ونغذي هذه الملفات من منبع ثلاثي الطور، وبين الشكل الآتي علاقة التيارات المزوقة في الملفات الثلاثة كتوابع للزمن.

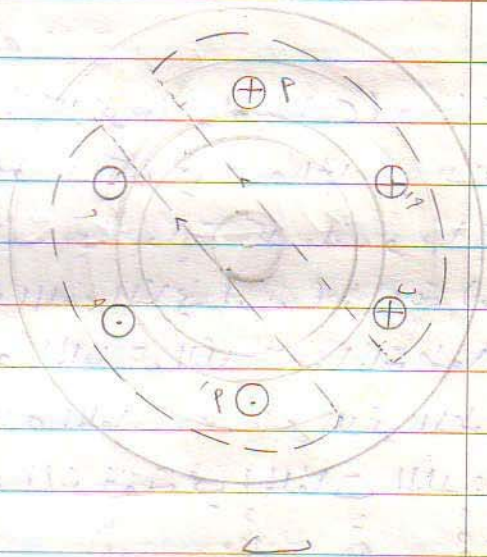


اصطلاحاً سنفرض التيار موجباً فوق محور الزمن وسالباً تحته. والتيار الموجب يسري داخلاً من بداية الملف وخارجاً من نهايته، أما السالب فبالعكس.
لنرى الآن اتجاه التيارات في الملفات الثلاثة عند اللحظة الزمنية (1)

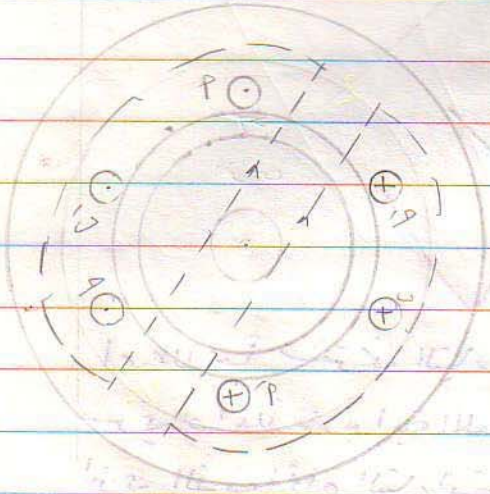
تيار الملف الأول موجب دخل من (أ) وخرج من (أ)
تيار الملف الثاني سالب أي يدخل من (بَ) ويخرج من (ب)
تيار الملف الثالث سالب أي يدخل من (جَ) ويخرج من (جـ)
نرى في الشكل الذي أ تمثل للتيارات في الجاري حيث رمز للتيار الداخل بـ: ⊕ وللخارج بـ: ⊙ وواضح أن التيارات تدخل من (أ، بَ، جَ) وتخرج من (أَ، ب، جـ). وتولد الحقل المغناطيسي المحصل، وهو



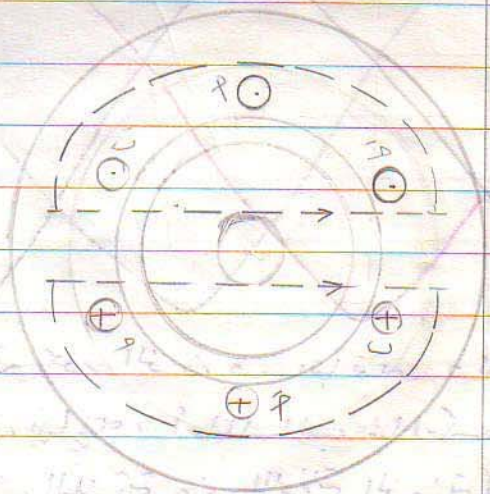
أ



ب



د



ج

سيدفع من القطب الشمالي (N) في نابت الدلة إلى داخل الدلة عبر الفجوة الهوائية الكائنة بينهما، ويدخل في القطب الجنوبي المقابل له، ثم يدفع الحقل المغناطيسي داخل فولاذ الساكن من القطب الجنوبي إلى القطب الشمالي مكملاً مساراً مغلقاً. وذلك في الوارة المغناطيسية للحقل المغناطيسي المنتج في اللحظة الزمنية (t_1)

في اللحظة (t_1) سنجد اتجاهات التيارات كما في الشكل (ب) ذو قطبي التيارات المواقع والحقل المغناطيسي الناتج، وواضح أن أقطاب الحقل الناتج قد دارت بالتباطؤ عقارب الساعة بزاوية مقدارها (60°)، خلال زمن يوافق ($1/6\ T$) من دور موجة التيار، أي يوافق دورانها بزاوية (θ)

في اللحظة الزمنية (t_2) والتي توافق ربع موجة التيار، لذلك دورة أي (120°) نرى أن الأقطاب المغناطيسية قد دارت أيضاً (120°) الكلي في اللحظة (t_4) نلاحظ أن الأقطاب قد دارت (180°) أي نصف دورة مقابل ربع موجة التيار نصف دورة

وهكذا نلاحظ عند (t_5) والتي توافق دورة كاملة من لحظة البدء، تدور الأقطاب المغناطيسية دورة كاملة. وهكذا نبانه إذا وصل المحرك الساكن إلى منبع تغذية تردده (50) دورة في الثانية فإن المجال المغناطيسي الناتج سيدور (50) دورة في الثانية أي (3000) دورة في الدقيقة.

بما أن مجموع القوى الدافعة المغناطيسية ($\Sigma I.n$) في أية لحظة يبقى ثابتاً فإن شدة المجال المغناطيسي المحصل ستكون في الثغرى ثابتة.

في المثال السابق كان تعاقب الأطوار هو (أ، ب، جـ) أو (R S T) وإذا غيرت هذا التعاقب إلى (أ، جـ، ب)، وأجريت دراسة مماثلة فإننا نرى أن المجال المغناطيسي سيدور بعكس عقارب الساعة بمعنى تغير سرعة دوران الأقطاب ولن تغير عدد الأقطاب نتيجة هذا التغير، أي أنه بالإمكان عكس اتجاه دوران الأقطاب المغناطيسية بتبديل أحد خطوط التغذية مع الخطوط الأخرى

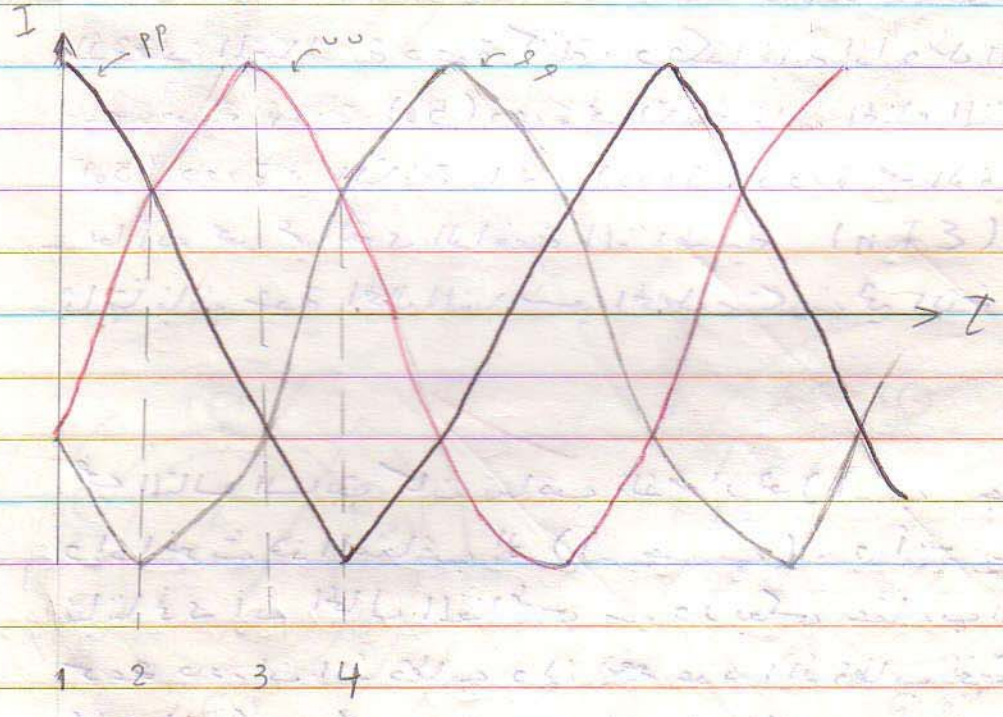
- لدينا على محال مغناطيسي دوار ثنائي قطبين الزاوية الميكانيكية بينهما (180°) و الزاوية الكهربائية تساويه أيضا (180°)، وفي الزاوية نفسها هي بداية ملف كل طور من أطوار ملف الجزء الساكن الثلاثة ونهاية ملف الطور نفسه

الزاوية الميكانيكية هي بداية ملف وبداية الملف الثاني هي (120°) و الزاوية الميكانيكية تساوي الزاوية الكهربائية في حالة مجال دوار ذي قطبين

الزاوية الكهربائية = الزاوية الميكانيكية X عدد أزواج الأقطاب

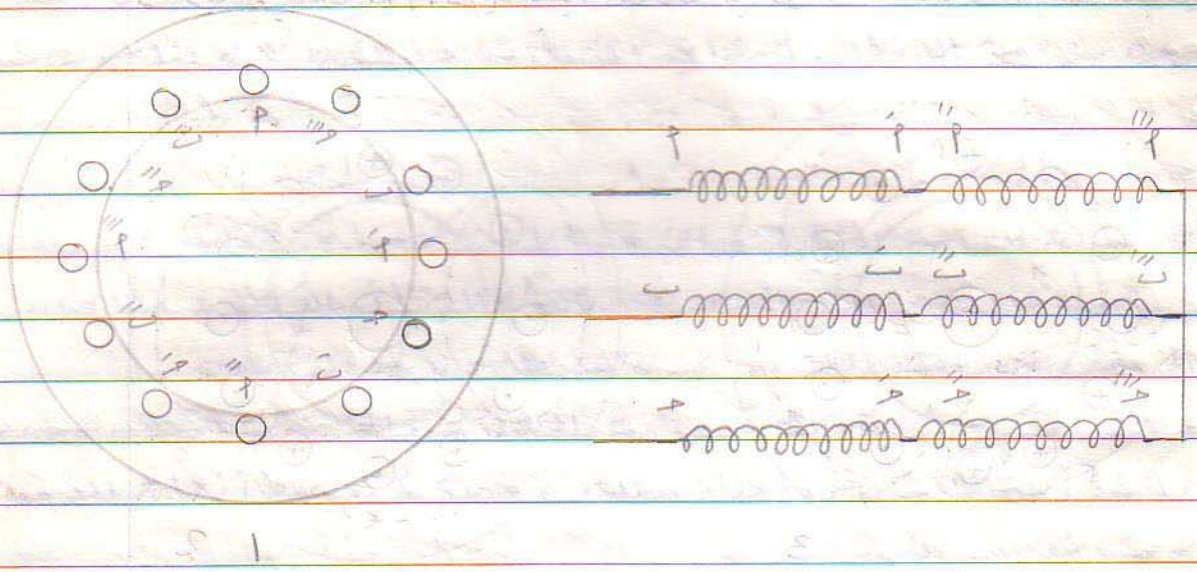
بما أن الأقطاب تدور (الجزء المتحرك) بناء عليه الحقل المغناطيسي يكون عددا تابعة للزمن و المكان معا

- المجال الدوار ذو ثلاثة أقطاب:



Mansour

المال الدوار ربا عبد الوهاب :



في الشكل السابق شاهد ثابت آلة من اثني عشر مجرى بين كل مجرى والذي يجاوره (30°)، وفي الشكل الذي يجانبه شاهد ملف كل طور وقد قسم إلى ملفين مع صوليفة على التسلسل، حيث رمز لبداية الملف الأول بالحرف (أ) ولنهايته بالحرف (أ') ولبداية الملف الثاني بالحرف (أ") ولنهايته بـ (أ"')، وهكذا للملفات الأطوار الأخرى.

يوضح الملف الأول من الطور الأول في المجريين (أ و أ') أي بين بداية ونهاية الملف (30°)، ويوضح الملف الثاني من الطور الأول في المجريين (أ" و أ"') وبينهما أيضاً (30°) أما بين بداية الملف الأول من الطور الأول وبداية الملف الأول من الطور الثاني فالزاوية هي (60°) وهي (ب ب') و(ج ج') ستون درجة أيضاً، وقد وصلت نهايات الملفات الثانوية من كل طور مع بعضها (أ' ب' ج') أي توصيلة (Y)

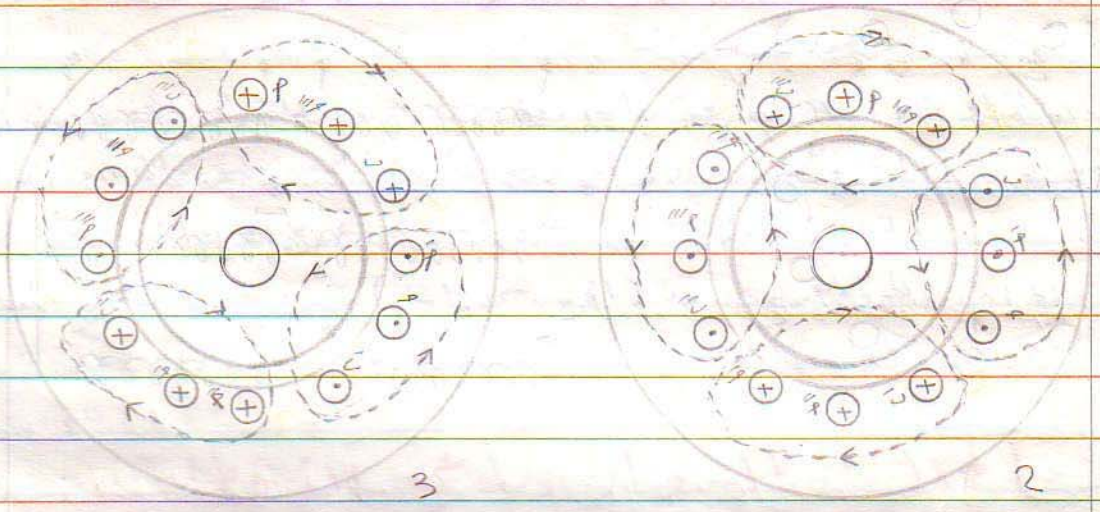
لنرى توزع التيارات في مجاري الجزء الساكن عند اللحظة الزمنية t_1 الشكل (رقم 1) وكما توضح في الشكل (2) حيث

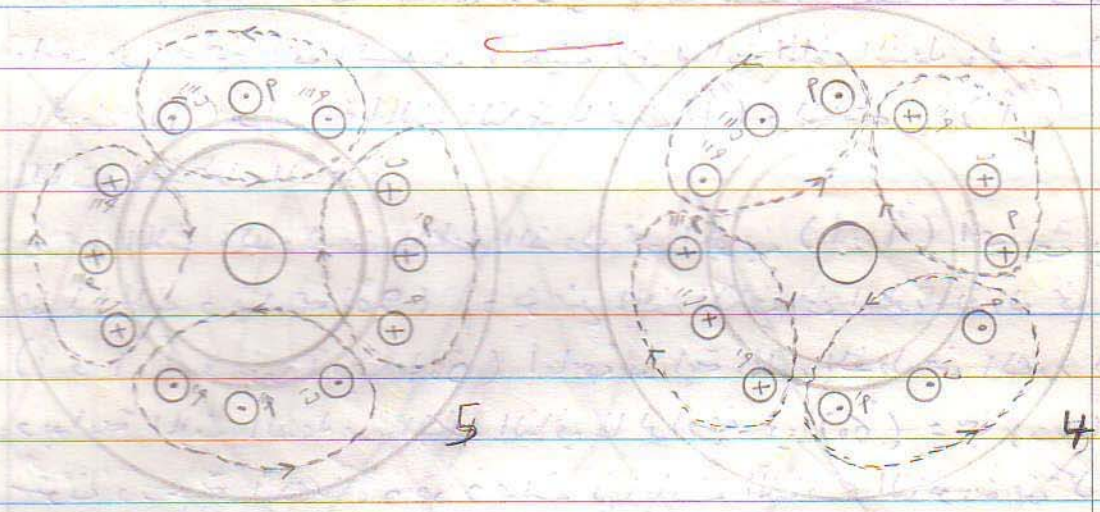
يدخل التيار في (أ) ويخرج من (أ') ثم يدخل بـ (أ") ويخرج من (أ"')

" " (ب') " " (ب") " " (ب) " " (ب')

" " (ج") " " (ج) " " (ج') " " (ج)

وهكذا نشكل أربعة أقطاب مغناطيسية بين كل قطبين متجاورين زاوية ميكانيكية (٥٠) وهي تعادل في هذه الحالة زاوية كهربائية 180





عند اللحظة الزمنية t_4 نرى توزع البارات المواقف في 3 وواضح أن دوران موجة التيار بزاوية مقدارها (60°) قد نتج عنه دوران الأقطاب المغناطيسية بزاوية (30°)

عند اللحظة الزمنية t_5 دوران لموجة التيار (120°) نلاحظ في 4 أن الأقطاب قد دارت (60°) وهي ستدور (30°) عندما تتطابق موجة التيار المقدي نصف دورة أي دورة عند (t_4) كما في 5

هكذا نكون قد حصلنا على مجال دوار رباعي الأقطاب ، تدور فيه الأقطاب بسرعة تساوي نصف سرعة موجة التيار المغذي ، ويمكن الحصول على مجال دوار سداسي الأقطاب أو ثماني الأقطاب وذلك باتباع الأسلوب نفسه

سرعة المجال المغناطيسي الدوار :

أو سرعة الساحة الدوارة والتي وجدنا أن سرعتها في الثانية أي تردد يساوي تماماً تردد المنبع المغذي في حالة مجال ثنائي الأقطاب ، وانخفض إلى نصف تردد المنبع المغذي في حالة مجال رباعي الأقطاب

وهكذا نستنتج أن سرعة الساحة الدوارة والتي نرمز أيضاً السرعة السنكرونية تناسب طرداً مع تردد المنبع ، وعكساً مع عدد أزواج الأقطاب وتساوي في الدقيقة

$$n_s = \frac{60 \cdot F_1}{P}$$

حيث n_s : سرعة الساحة الدوارة في الدقيقة

F_1 : هو تردد الشبكة المغذية للمحرك بالدلة

P : عدد أزواج أقطاب الدلة

ب- فعل محرض (دائر) المحرك التزامني ثلاثي الطور :

الساحة المغناطيسية الدوارة، صورة جبة من حلة، لها نهايتان عظمى موجبة وأخرى سالبة، مثل أية موجة جيبة. وفي إذا أثرت قاطعة نواقل الدائر موضعة فيها قوة محركة كهربائية، وإذا قصرت قوة النواقل (دائر قفص سنجابي)، فإن تيارا ثلاثي الطور يتدفق في ملف الدائر أي في نواقله، ويؤدي هذا التيار قوى كهربائية على قوة النواقل، وبالتالي لتشكل عزم دوران يؤدي لدوران الدائر.

- جهة دوران الدائر: حسب قانون لنز فإن الدارة الكهربائية تتصرف بحيث تعاكس وتحاول إزالة السبب الذي أدى لتغير حالتها.

انطلاقاً من ذلك فإن دائر المحرك التزامني ثلاثي الطور، يجب أن يدور بحيث يمنع الساحة الدوارة القادمة من الثابت من قطع خطوطه، أي محاولاً أن تكون

$$r = n_s - n = 0$$

ولتحقيق هذا الشرط لابد له أن يدور في اتجاه دوران الساحة الدوارة نفسه، إذ أنه لو دارة بعكس دورانها، فإن سرعة القطع ستزداد، وهكذا فإن رد فعل المحرك يكون:

1- دورانه باتجاه دوران الساحة الدوارة نفسه

2- توليد ساحة مغناطيسية دوارة خاصة بالدائر تدور أيضاً باتجاه الساحة الدوارة الخارجية،

$$n_s = n + n_R$$

n_R: سرعة الساحة الدوارة المتولدة في لفات الدائر

n: سرعة الدائر نفسه

ماسبب عدم وصول سرعة دوران دائر المحرك إلى السرعة التكوينية

الانزلاق Slip :

عملياً يمثل دائر المحرك في الوصول إلى سرعة دوران تساوي سرعة المجال الدوار (السرعة التكوينية)، وذلك بسبب المقاومة حيث أن فقد في الطاقة بحمل بسبب الاحتكاك (مع الهواء والمحامل)، وهذه تزداد كلما زادت السرعة، ولهذا فإنه لا يكفي كافياً لعدم وصول (n) إلى (ns) الفرق بين السرعتين هو سرعة الفقد ٧

النسبة بين سرعة الفقد والسرعة التكوينية نرمز لها بالانزلاق S وأكبر قيمة للانزلاق في المحرك هي: الواحد ونحصل عليها عندما n=0 أي عندما المحرك يقف عن الدوران

وأصغر قيمة للانزلاق في المحرك هي الصفر، وهذا يوافق n=ns وهذه حالة لا يمكن للمحرك أن يصل إليها إلا بواسطة محرك خارجي

$$\text{الانزلاق } S = \frac{ns - n}{ns}$$

تختلف هذه الفكرة من نفس مفهوم الآلة المثالية، إذا كان المحرك مثالياً، فإنه لن يستهلك أية مقاومة وسيحول كل الطاقة الكهربائية إلى طاقة ميكانيكية، لكنه لو كان مثالياً أيضاً فإنه لن يستقبل أية طاقة من المنبع بل سيدور

تصنيف المحركات

يسجل على اللوحة الذاتية لكل محرك المعلومات التالية:
عدد الأقطاب - تردد التشغيل - فولطية التشغيل - تيار الحمل الذاتي
عامل الاستطاعة بالحمل (HP) - السرعة عند الحمل
نوعية توصيل النابت الموافقة للمعلومات أعلاه (Δ أو Y)
وتعد هذه المعلومات نهاية المقنن لعمل المحرك.

تصنيف المحركات وفق رموز حسب النظام Code:

حسب النظام الأمريكي للمحركات مثلاً (NEMA)
تصنف حسب نسبة تيار إقلاعها إلى تيارها الاسمي والأحرف المعتمدة هي ستة (A - B - C - D - E - F)
ومن هذه الأحرف يمكن استنباع مجال القاطع الواجب تركيبه لحماية المحرك، وكذلك مجال الحمايات الأخرى.

الصنف (A): النموذج العادي الذي يستخدم للأغراض العامة، تتراوح تيار إقلاعه بين (5 - 7) من تيار الحمل الاسمي وكذا محرك يستخدم غالباً في مجال آلات القطع، والمضخات الطاردة المركزية، وفي جميع الحالات حيث يتطلب العمل عزم تسارع كبير وسرعة ثابتة وهي من نوع المحاريك المحمية.

الصنف (B): محرك الاستخدامات العامة، وهو يتمتع بمصانعة تحريضية عالية لدائره وتيار إقلاع منخفض نسبياً ($4\frac{1}{2} - 5 I_n$) ويعزم إقلاع صغير ويستخدم للأعمال نفسها في (A) وتصنع باستطاعات فوق (5HP)

الصنف (C): وهو من نوع القفص السنجابي المزدوج.
($I_{st} = 4 - 5 I_n$) ويقلع عن التوتر النظامي، ويعزم إقلاع كبير ويستخدم في الصوافط، وفي البرادات الكبيرة، والكسارات.

الصنف (D): مقاومة للفات دائره، تيار إقلاع منخفض، إقلاع عن التوتر النظامي، عزم إقلاع كبير ويستخدم في الآلات ذات الحوانة، وهي آلات كبس المعادن، وآلات الثقب والقص

الصنف (E) و الصنف (F) : كلاهما من نوع القفص السنجابي ،
و يتما جان لوسيلة إقلاع خارجية (عزم إقلاع ضعيف ، تيار إقلاع عادي)
صانعة تروية كبرة للدائر .

إضافة للاستيفاء عن المواصفات المهمة الذي هو للمحركات و التي تدخل
في تصنيفها في اختيارها للعمل المناسب تلك التالية :

1. درجة الحماية (IP) ضد الأجسام الغريبة و الماء
2. مستوى الضجيج و يقاس بالديسبل (DB)
3. نوعية التبريد
4. تصميم الأبعاد و أبعاد المحرك و وزنه
5. العازلية

و المحركات غالبا ذات عازلية عادية (B) ، أما تلك التي عازليتها استوائية (F) تلبي ذات سخونة أعلى

6. استطاعة خرج المحرك تبعا لكل من الارتفاع و درجة الحرارة المحيطية

اختيار استطاعة المحرك

يجب أن يتم اختيار المحرك بعناية ، لأن ذلك ينعكس على المردود الاقتصادي لعملية الصناعة ، فالمبالغة في زيادة استطاعة المحرك عن الحد الضروري لها تؤدي إلى مزيد من الخسائر الإضافية خلال التشغيل ، واختيار محرك ذي استطاعة أقل من اللازم يؤدي إلى نقصان مردود آلة التشغيل و يجب أن يتم اختيار المحرك على أفضل معامل استثمار ممكن ، ويجب ضمانه ألا ترتفع حرارته لأعلى من الدرجة المسموحة ، كما يجب على المحركات أن تكون قادرة على استيعاب زيادة حمل مؤقتة ، وأن تركب عزم اقلاع مناسبة لآلة التشغيل المقودة منها

المحركات الكهربائية الصناعية

(ذو القفص السنجابي)

وهو المحرك المستخدم كثيراً في الأجهزة والآلات لما يتمتع به من مزايا عملية واقتصادية وقلة أعطاله وسهولة صيانته، وهو محرك ثلاثي الطور ذو قفص سنجابي ويتراوح باستطاعات مختلفة تبدأ بأقل من نصف حصان وحتى مئات الأحصنة وبسرعات مختلفة أيضاً الأجزاء الرئيسية للمحرك الثلاثي الصناعي هي:

1- العضو الثابت STATOR:

ويتألف من صفائح الحديد السيلسي كالمحول وهي بشكل اسطواني مشرغة بتوزع على عدد من المجاري الفتحات مختلفة غالباً وعددها زوجي (12 - 18 - 24 - 36 - 48 - ...)

تنزل فيها اللفات بعد عزل المجاري بالكرتون أو البلاستيك الورقي العازل، وتشكل اللفات ثلاث مجموعات متماثلة، كل مجموعة توزع على عدد من اللفات وكل مجموعة تغذى من طور، إن طول وقطر العضو الثابت يتناسب مع استطاعة المحرك

2- العضو الدائر ROTORE:

يحمل العضو الدائر على محور الدوران وله دارة مغناطيسية من صفائح الحديد السيلسي بشكل دائري ذات مجاري وفيه القفص السنجابي من الألمنيوم بحيث يشكل كل قضيب دارة مغلقة مثل لفة يركب محور الدوران على كرسي محور (رولمانات) من كل طرف ولها مواصفات ميكانيكية خاصة ويرقم الشحن بنشيم الرولمانات أن للرولمان رقم مسجل عليه يبين مواصفاته وقياسه

3- الغطاءان الجانبان:

وهما من الحديد الصب أو الألمنيوم أو من مادة عازلة قوية أحياناً وفيها مقر كراسي المحور أو الباغات المصنوعة من النحاس الناعم والفاسيلين وتحمي محتوياته داخل مقر محدد في الغطاء. وفي المحركات الكبيرة يوجد أغطية داخلية للرولمانات يثبتها برغيان من كل طرف

وتحريه الأغطية على ثقوب وفتحات لتهوية ملفات المحرك وقد يكون المحرك مغلقاً، ولتحسين التهوية والتبريد توجد مروحة مناسبة لهذا الغلاف خلف مقدمة.

4. هيكل المحرك: إنه الجزء الخارجي من المحرك والذي يضم داخله العناصر الثابتة ويعمل على تراكيب أجزائه، والهيكل هو تصدير الهب أو الهاجع أو الأذلبرم ويتربع على قاعدة تثبت المحرك وعلى علبة الوصل مع لوحة التوصيل وغطائها. وقد يوجد فيه حلقة لرفع ونقل المحرك الكبير الاستطاعة والهيكل ذو سطح أملس أو متموج ذو زيادات معدنية لزيادة التبريد وتثبت عليه لوحة المعلومات.

5. المروحة:

تثبت على أحد طرفي الدائر وتدور معه فتعمل على تهوية وتبريد الملفات وتأتي من الهاجع الجهة أو البلاستيك أو الأذلبرم أو الفيبر وإذا كان المحرك مغلقاً وليس للأغطية نوافذ وفتحات تهوية فتوضع المروحة خارج المحرك محمية بغطاء خاص وتثقب ويكون هيكل المحرك في هذه الحالة ذو زعانف وزيادات تسرع في تبريده.

6. لوحة المعلومات:

تضم جميع المعلومات اللازمة لاستثمار المحرك وتشغيله وتأتي بشكل رموز وأرقام باللغة الإنكليزية أو الفرنسية، ولا تضم اللوحة معلومات عن عدد اللفات وقطر السلك وطريقة الوصل الداخلي.

ومن المعلومات الهامة المسجلة ما يلي:

- اسم الشركة والبلد المصنع
- الرقم المتسلسل للمحرك SYRIE N o
- نوع المحرك (DC) (AC) (أحادي AC) (ثلاثي AC 3)
- نموذج المحرك TYPE - Model
- التردد قرتز أو سيكل Cycle - Hz
- الاستطاعة بالواط W أو الحصان HP
- التوتر الاسمي بالفولت V

- شدة تيار الحمل الكامل A في توصيلة المولد
- طريقة التوصيل Y نجمي - Δ مثلثي أو D دلتا
- نوع العازل وتصنيفه Insult أو ISol وفئة عازلة B أو E
- سرعة الدوران بالدقيقة R.P.M أو T/min
- عامل الاستطاعة وهو أقل من واحد ويرمز له بـ: $\cos\varphi$
- معلومات إضافية مثل تاريخ الصنع - نوع الحماية - التبريد - التهوية - وزن المولد - عدد دقائق أو ساعات العمل أو التشغيل

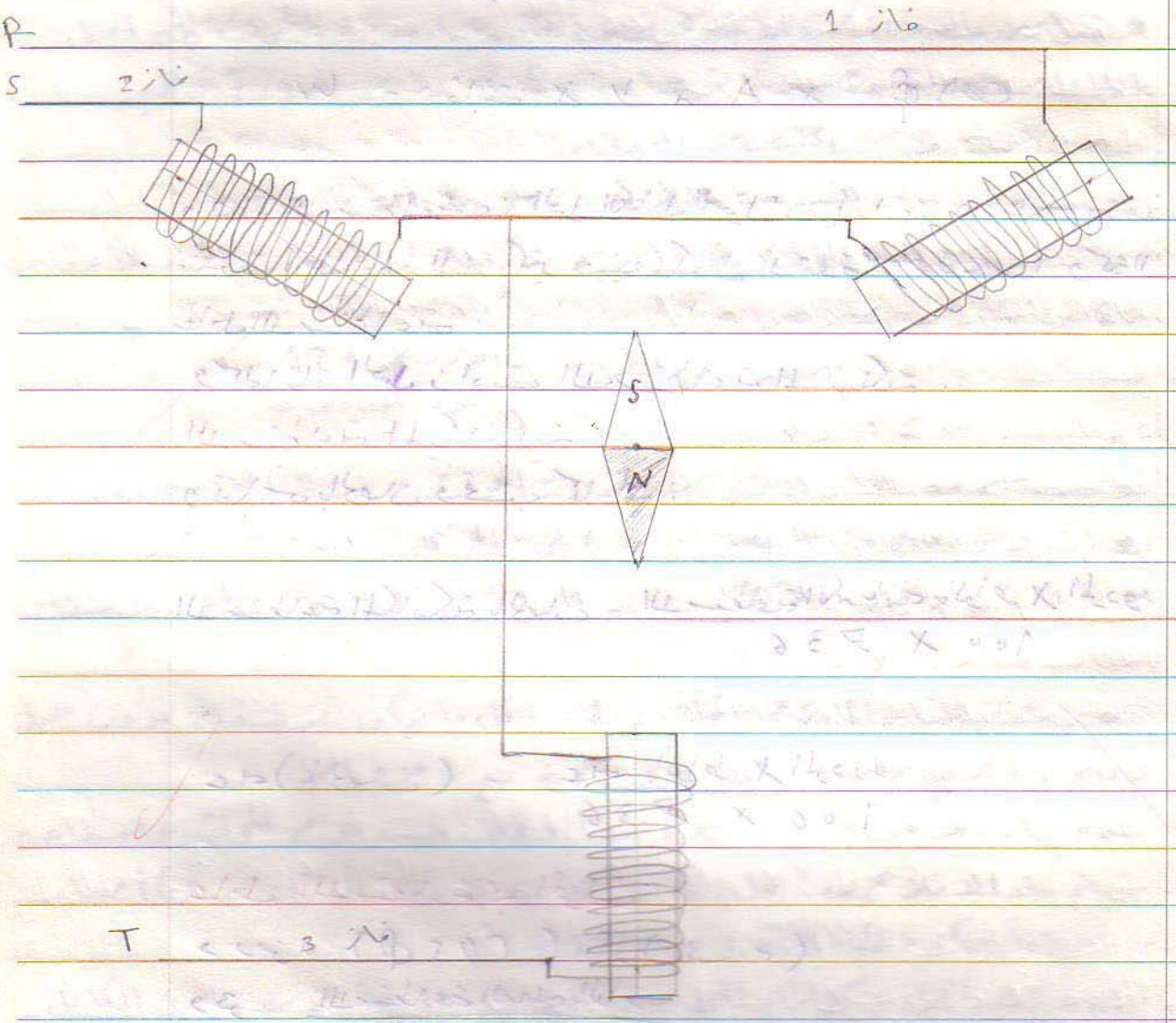
مبدأ عمل المولد الثلاثي الطور:

إن ملفات أو مجموعات المولد الثلاثي موزعة على محيط العضو الثابت بحيث تكون الزاوية بينها (120°) وتوصل مع بعضها لتشكل توصيلاً نجمياً Y أو مثلثياً Δ بحيث تغذي كل مجموعة بتيار متردد أحادي الطور. هذه الملفات تولد مغناطيس يشكل سيالة مغناطيسية دوارة، بمعنى أن التوليد المغناطيسي يمثل في مجموعة أكثر من واحد، فينتج عن قيمة أعظمية موجبة إلى قيمة أعظمية سالبة مارة بنقطة الصفر متوافقاً مع المنحني الجيبي للتيار في كل طور، وهذا التوليد المتغير يولد في ملفات العضو الدائر أو عضو السنجاب تياراً كهربائياً متردداً يولد بدوره توليداً مغناطيسياً يعاكس السبب الذي أدى لحدوثه تتولد قوى التجاذب والتنافر مؤدية لدوران العضو الدائر بسرعة تقل عن سرعة السيالة المغناطيسية الدوارة بما يدعى سرعة الانزلاق.

وتناسب سرعة السيالة الدوارة مع تردد التيار وعكساً مع عدد أقطابه.

إن وجود فتح في ملفات العضو الدائر أو في قضبان القفص السنجابي يضعف من عزم المولد ودورانه لأن الملف المقطوع لا يتولد فيه توليد مغناطيسي وكذا العضو الدائر يشبه الملف الثانوي للمولد بينما ملفات العضو الثابت تشبه الملفات الابتدائية له.

ويمكن توضيح عمل المحرك اللافي بوضع ثلاث ملفات بزاوية (120°) ووضع إبرة مغناطيسية أو مايسمى القضيب المغناطيسي في المنتصف فحين تغذية الملفات بالتيار اللافي بعد وصلها بشكل نجمي أو مثلثي نجد أن الإبرة المغناطيسية أو القضيب المغناطيسي يدور، ويعكس اتجاه الدوران إذا عكسنا تغذية أي فازين



استطاعة المحرك :

تقاس استطاعة المحرك بالواط أو الكيلو واط أو الحصان البخاري، وتسجل على لوحة المحرك وتحسب الاستطاعة الكهربائية بالقانون التالي:

استطاعة المحرك الثلاثي =

√3 × التوتر بين طرفي الدارة في أحد الطورات × عامل الاستطاعة

ع ك = 1,73 × ت × س × ي

$$W = \text{ثابت} \times V \times A \times \cos\phi$$

وفي الاستطاعة عند الحمل الكامل للمحرك، أما عند دورانه بدون حمل فتكون أقل من ذلك بكثير حيث تكون الشدة صغيرة جداً وكذلك عامل الاستطاعة.

وكلما زاد الحمل زادت الاستطاعة المستهلكة.

الاستطاعة الميكانيكية :

وتقاس بالحصان وتحسب كما يلي:

$$\text{الاستطاعة الميكانيكية بالحصان} = \frac{\text{الاستطاعة الكهربائية بالواط} \times \text{المردود}}{100 \times 736}$$

$$\text{ع ح (بالحصان)} = \frac{\text{ع ك بالواط} \times \text{المردود}}{100 \times 736}$$

عامل الاستطاعة في المحرك :

ورمزه ($\cos\phi$) أو (ق ط)

وهو: $\frac{\text{الاستطاعة الفعلية بالواط}}{\text{الاستطاعة الظاهرية بالفولت}}$

ويكون منخفضاً عند دوران المحرك بدون حمل وياوي حوالي 0.20

ويصل إلى 0.80 ـ 0.90 عند الحمل الكامل

ترددد المحرك :

ويساوي الاستطاعة الميكانيكية (الخرج) / الاستطاعة الكهربائية (دخل)

وتصل من 85٪ إلى 95٪

سرعة دوران المحرك :

وتقاس بالدورة / دقيقة وتسجل سرعة دوران المحرك عند الحمل الكامل على لوحته ورمزها R.P.M أو T/min وهي السرعة الفعلية

وتساوي = السرعة النظرية ـ سرعة الانزلاق

وتناسب سرعة المحرك طرداً مع تردد التيار وعكساً مع عدد الأقطاب وتحسب بالقانون :

السرعة النظرية = (التردد × 120) / عدد الأقطاب

تناسب سرعة الانزلاق مع سرعة المحرك وشدة الحمل وتصمم المحرك وتتراوح من (4 ـ 5٪) في المحركات العادية وتكون من (1 ـ 2٪) في المحركات ذات المواصفات العالية والكبيرة الاستطاعة

شدة تيار المحرك :

تختلف شدة التيار المارة في المحرك وتكون أقل ما يمكن عند تشغيله بدون حمل وتكون أكبر ما يمكن عند إقلاعه وخاصة مع وجود الحمل.

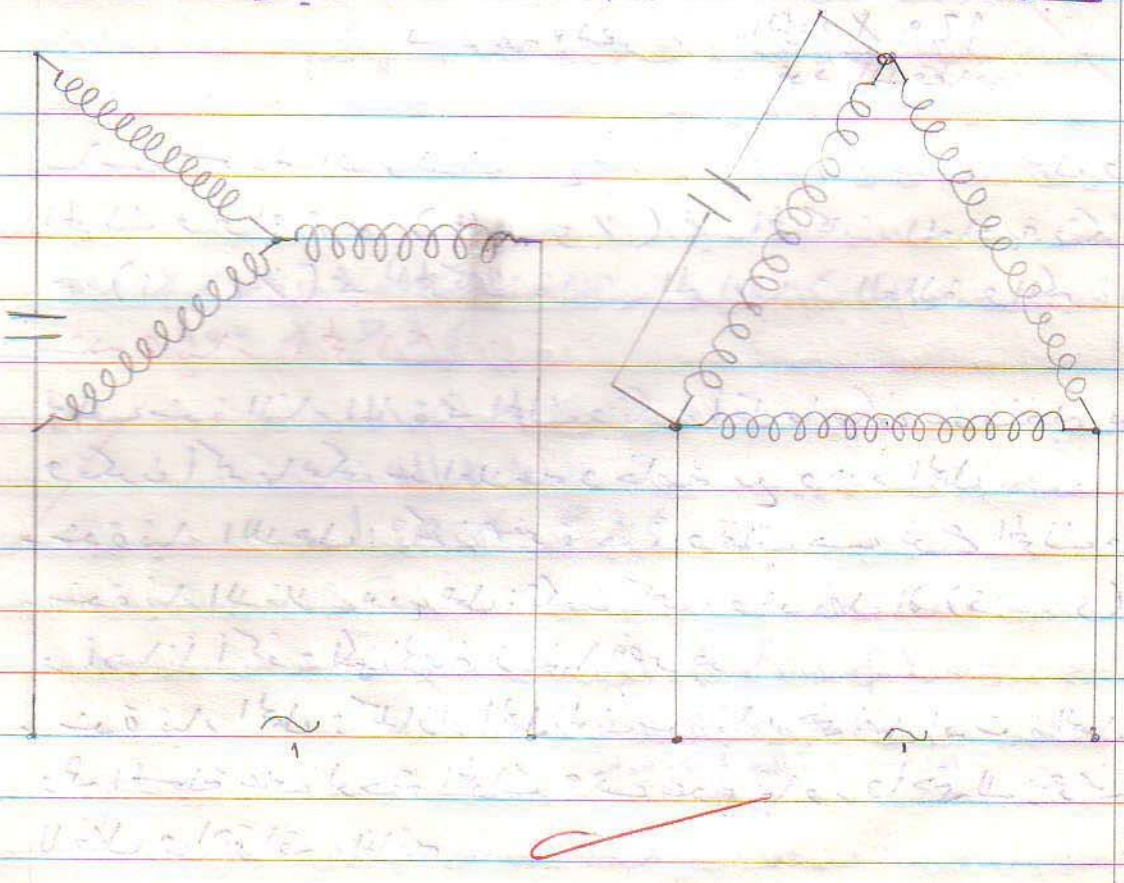
- شدة تيار اللاحمل : تكون صغيرة جداً وتختلف حسب نوع المحرك واستطاعته
- شدة تيار الإقلاع بدون حمل : تكون كبيرة وقد تصل إلى (3 ـ 5) أضعاف وأحياناً أكثر ولكن لفترة زمنية قصيرة جداً.
- شدة تيار الحمل : كلما ازداد الحمل ازدادت شدة تياره حتى تصل إلى شدة الحمل الكامل والتي المسجلة على لوحة المحرك ويجب عدم تجاوزها حتى لا يتعرض المحرك للتعطل واحتراق ملفاته.

تجريب وتشغيل المحرك الثلاثي على تيار أحادي

عندما لا يتوفر تيار ثلاثي الطور يمكن توصيل المحرك الثلاثي على شبكة أحادية الطور (فاز ونتر) أو (فازين) ويمكن بذلك فحص المحرك أو تشغيله أيضاً بشكل دائم ولكن استطاعته تنخفض كثيراً عن استطاعته الاسمية فتصل إلى أقل من النصف.

يتحقق هذا الوصل سواء كان المحرك ذو توصيل نجمي Y أو مثلثي Δ فتصبح ملفات أحد الفازات كأنها ملغاة بالقلاع والأخرى فقط كملفات تشغيل، وهي أن يكون التوتر الأحادي بين التوترين فازين عن توصيله بشكل نظامي، ويوصل كما في الشكل مع مكثف دائم توتره أكبر من توتر الشبكة وقيمته كما يلي:

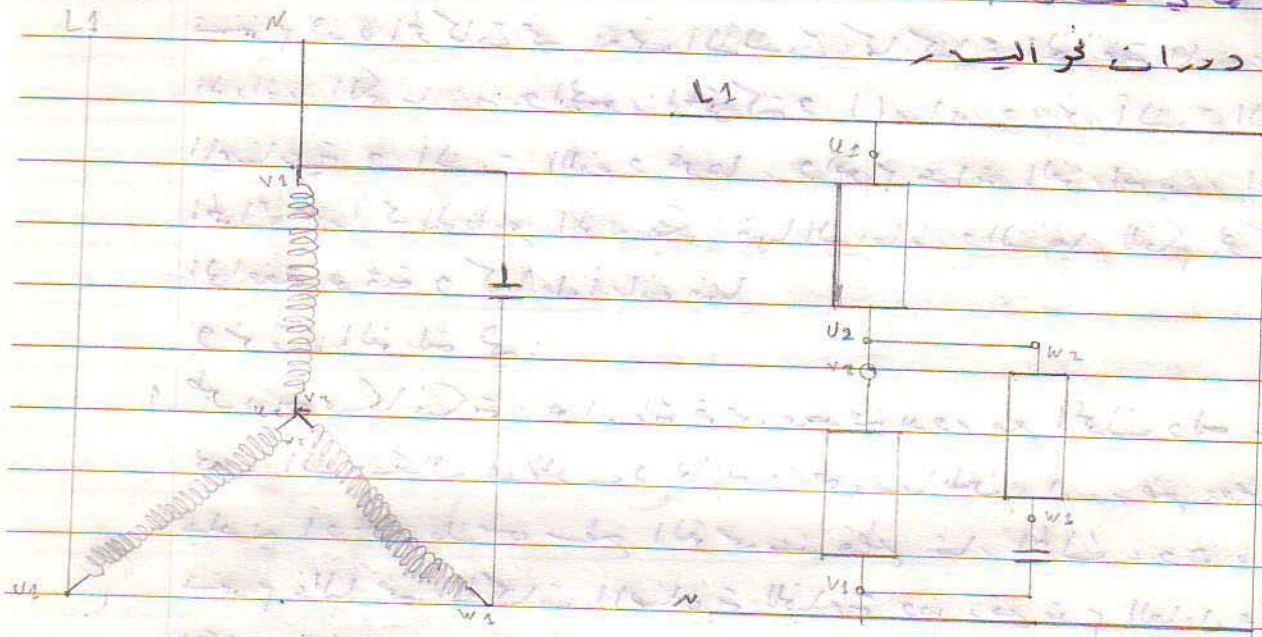
الشبكة 220 فولت (فاز ونتر) كل حصان 50 ميكروفاراد (مكثف دائم).
الشبكة 380 فولت (فازين) كل حصان 16 ميكروفاراد (مكثف دائم)



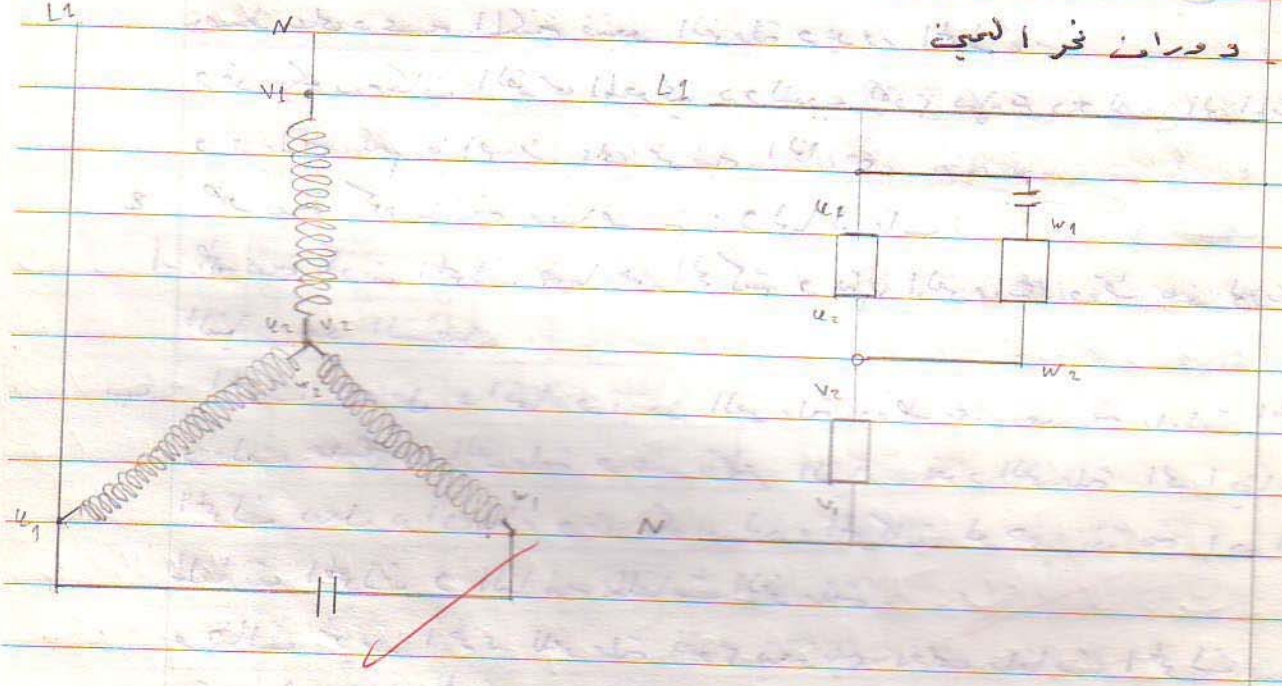
عكس اتجاه دوران المحرك السابق :

يمكن عكس اتجاه دوران المحرك الثلاثي الذي يعمل على تيار أحادي وذلك بقلب خط الملف الموصل بأحد الطرفين إلى خط التغذية الآخر كما في الشكل :

دوران نحو اليسار



دوران نحو اليمين



المحرك المزودة بفرملة:

وهي محركات عادية أو تلافية الطور ذات استطاعات مختلفة مزودة بطريقة ميكانيكية او كهربائية مغناطيسية لإيقافها عن الدوران مباشرة عند ما يقطع عنها التيار الكهربائي

تستخدم هذه المحركات في بعض الآلات كما كبائن الخياطة الصناعية وفي الروافع الكهربائية والحوامل المتحركة و المصاعد وبعض آلات الورش الصناعية و آلات اللف وغيرها . وتتم عملية الفرملة بدور إيقاف المحرك فوراً في الروافع التي يتكرر فيها الإيقاف والتشغيل للتحكم بحركة الرافعة بدقة وكفاءة أعلى فيها

وطرق الفرملة هي:

1. طريقة ميكانيكية: بواسطة قرص معدني يدور مع المحرك وله سطح يحقق الاحتكاك المطلوب وتحاذيه قطعتي متناليتين ذات سطح مصقول بفلات جلدية أو غيره تلامس سطح القرص عند قطع تيار المحرك ، وهذه الطريقة تستخدم غالباً في الماكينات الصناعية للخياطة وفور قطع عدم العامل عن دعسه المكنة يقطع التيار وتحقق عملية الفرملة معها ، ولإعادة تشغيل المحرك يضغط على دعسه المكنة فتتم الفرملة ويدور المحرك .

وقد يكون مكان القرص المعدني دولاب يقوم بمهمة دولاب الرافعة وفرملته تتم بالضغط على طرفيه الخارجي

2. طريقة كهربائية مغناطيسية: ولها نوعان:

أ. طريقة يكون المحرك فيها هو المحركة وتتم الفرملة فقط عند لحظة قطع التيار بعد التشغيل

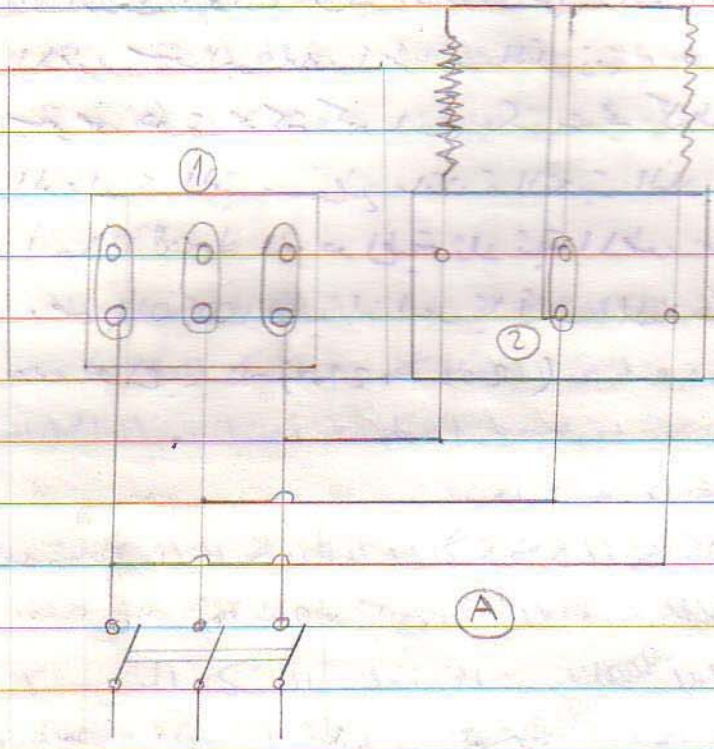
ب. المحرك متصل دائماً وتتحرر الفرملة فقط عند تغذية ملفات المحرك وملف مغنطيس الفرملة وعند قطع التيار تعود الفرملة إلى إيقاف المحرك لفعل نوابضها ، وقد يكون لهذه المحركات لوحتي تغذية إحداهما لملفات المحرك و الثانية لملفات الفرملة

وهناك نوع آخر للفرملة تقوم بتغذية بعض ملفات المحرك تيار مستمر (مستمر) لحظة قطع التيار العادي عنه

ويختص ذلك بشكل أتوماتيكي على لوحة دارة تحكم خاصة

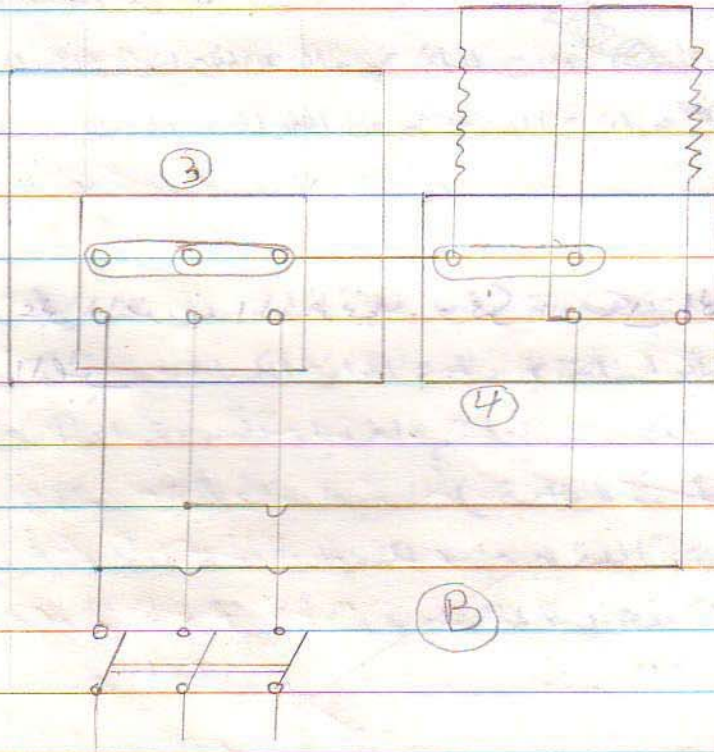
A : توصيل مثلث Δ

1. لوحة توصيل الملف Δ
2. ملفات الموصلة تتغذى بثلاث فازات



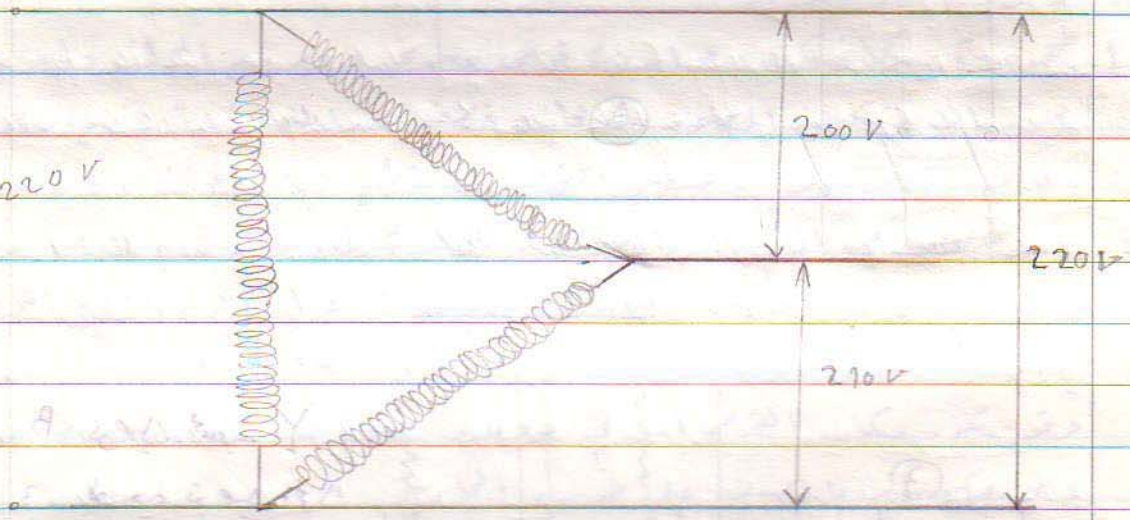
B : توصيل نجمي Y

3. لوحة توصيل الملف نجمي Y
4. ملفات الموصلة تتغذى بفازين



المحول التربيعي كمغير طور:

إذا استعمل المحول ثلاثي الطور كمحول أحادي الطور فإن فولطية ثلاثية الطور ستتراجع على أطرافه الثلاثة، وذلك للأسباب التالية:
ستتولد قوة محركة كهربائية عكسية في كل طور نتيجة للاستطاعة المغناطيسية الدوارة التي ستولد ملفات الثابت الثلاثة، وستتم هذه الطريقة أيضاً للحصول على فولطية ثلاثية الطور من منبع أحادي الطور.
وفي الشكل الذي إذا غذينا أحد الملفات بفولطية (220V) ستحصل على فولطية بـ (200 ← 210V)



على الطرفين الآخرين، وتذكر الشكل الموجبة تقريباً استوام هذا الطلب

إقلاع المحركات التوربينية :

إن عدة تيار إقلاع المحركات الكبيرة الاستطاعة يكون كبيراً وتأثيره سيئاً وضار في الشبكة وأجهزة الحماية وملفات المحرك نفسه كما يرافقه هبوط كبير في التوتر يؤثر على أجهزة الإضاءة ومحركات الآلات المغذاة من نفس الشبكة

- شروط الإقلاع :

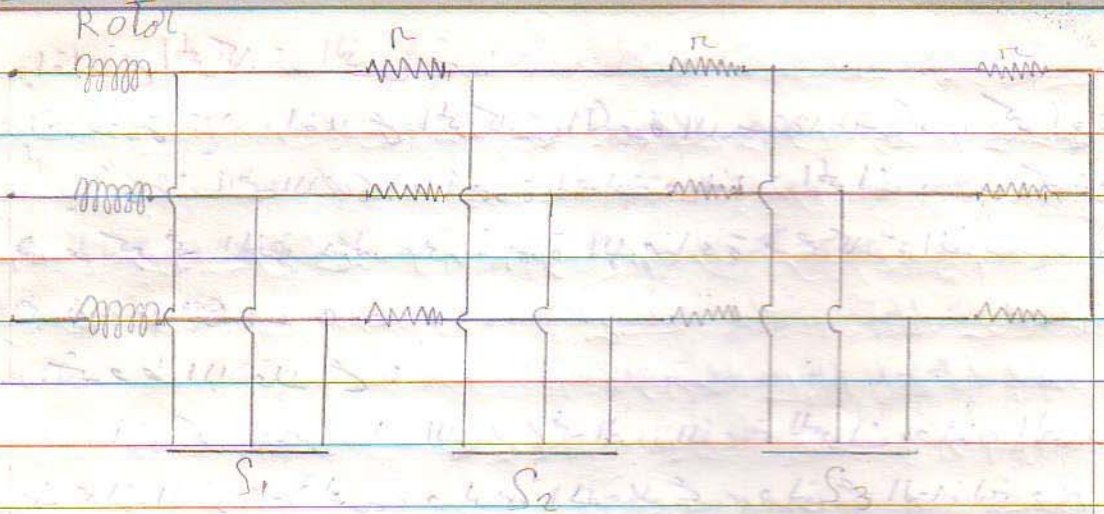
1. يجب أن تكون قيمة تيار الإقلاع في الحدود الآمنة للمحرك وفي الحدود تحتمل من قبل الشبكة دون تأثير عليها، ولنوع الإقلاع، ولنوع العازلة ونوع قيمة تيار الإقلاع الذي يحتمله كل ثلاثة أضعاف تيار الحمل الاسمي وترتفع في بعض المحركات الخاصة إلى ست أضعاف
2. يجب أن يكون عزم الإقلاع اللازم كافياً لإقلاع الحمل في شروط العمل المطلوبة منه، وخلال الزمن المطلوب أيضاً
3. يجب أن تؤخذ الاحتياطات اللازمة التي تتعلق بالشبكة الخارجية مثل عامل الاستطاعة ونوع الحماية المطلوبة، وعموماً يمكن القول أن طريقة لتأمين إقلاع أمثل للمحركات التي لا تتأثر الإقلاع مباشرة يكون إما بزيادة المقاومة عند الإقلاع عن طريق ربطها إلى ملفات الدائر في حالة دائر ملفوف أو إلى نقاط الآلة عموماً، أو عن طريق إنقاص فولطية الإقلاع عن الفولطية الاسمية، أو كلاهما معاً

إقلاع المحركات ذات الدائر الملفوف :

1. بواسطة مقاومات قابلة متغيرة تربط مع أطراف ملف الدائر (توصيلاً نجمياً) والتحكم يدوياً بالمقاومة الداخلة في دارة الدائر الكهربائية

(يتم عند الإقلاع وتناقص تدريجياً مع ازدياد السرعة إلى أن تخرج نهائياً بعد أن يصل المحرك للسرعة النظامية)

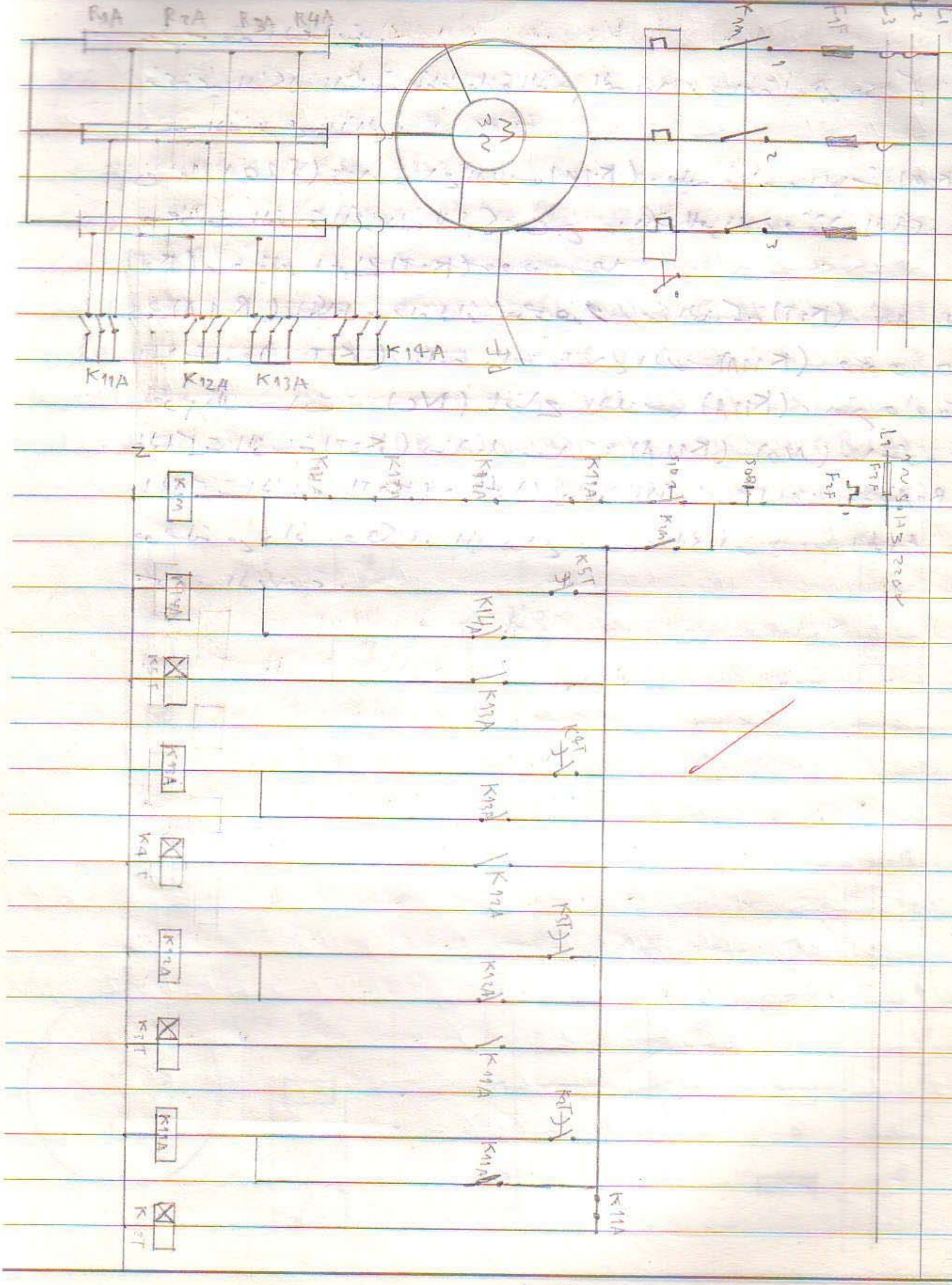
2. الاستغناء عن ملفات الدائر والمقومات، وربط مقاومات مع ملفات الدائر مثل على الطرف المركزية



عند الإقلاع تكون المفاتيح (K_1 ، K_2 ، K_3) كلها مفتوحة ، بعد الدوران وعند سرعة معينة تغلق (K_3) وعند سرعة أعلى تغلق (K_2) وعند السرعة النهائية (K_1)

3- إقلاع محرك دائر بلفات الزلاق بواسطة مقاومات مرحلية توصل مع ملفات دائر المحرك

تُركب في الشكل المجاور المحرك الكهربائي العام ، حيث يتزود المحرك من الشبكة عن طريق قواطع الحماية (FIF) ، والكونتاكتور (K1M) والحاكمة الحرارية (F4F) وتتصل بدائر المقاومة المرحلية (R1A ، R2A ، R3A ، R4A) والمقدرة في مفاتيحها البعيدة عن المحرك ، تلامسات الكونتاكتورات (K11A ، K12A ، K13A ، K14A) كلها مفتوحة ، أي المقاومة (R1A) في الوصلة إلى دائر المحرك ، وهكذا يكون الحال عند بدء الإقلاع ، ثم بعد فترة زمنية قدرها حاكمة زمنية ، تغلق تلامسات الكونتاكتور (K11A) المباشر فيحل قصر يخرج جزءاً من المقاومة الإضافية من دارة الدائر وتصبح (R2A) موصولة إلى دائر المحرك ثم على التوالي تغلق (K12A) ، تفتح (K11A) وتدخل (K4A) فقط ، وأخيراً تغلق (K14A) ، وتفتح (K13A) وتخرج المقاومة الإضافية كلياً من دارة ملفات دائر المحرك ، ويدور المحرك


R1A
R2A
R3A
R4A
K11A
K12A
K13A
K14A
L1
L2
L3
F1F
F2F
K14A
K13A
K12A
K11A

عند سرعة النقاشة :

نركب في الشكل السابق مخطط دارة التحكم التي تعمل بواسطة أربع حواكم زمنية ذات الإتجاه التالي :

نضغط (S1Q) فيغلق مفتاح التلامس (K1M) ويغلق تماس المباشر (K1M) وتغذية الملف الكهربائي للشبكة تصبح مكتفة للحمولة ، وتشغل الحاكمة الزمنية (K2T) ، ويغلق الحمولة

و (R1A) بالكامل مرسلة أمر بعودة زمن الى كمة (K2T) ، فتغلق تلامساتها المباشرة (K2T) مغلقة دارة مفتاح التلامس (K11A) وبدورها تقوم تلامسات (NC) لمفتاح التلامس (K11A) ، بفتح دارة الحاكمة الزمنية (K2T) بينما تلامسات (K11A) (NO) مباشرة تغير الحاكمة الزمنية (K3T) والحمولة بدور الذات والمقاومة (R2A) موصلة مع دائرة ، وتكرار بالإتجاه نفسه ، إلى أن يدور الحمولة عند سرعة النقاشة .

إقلاع المحركات ذات القفص السنجابي

بما أننا سنتعلم التحكم بدارة دائر المحرك، بأن الإمكانات تتعلق مقدار بدارة ثابتة، ويمكن إقلاع هذه المحركات بطرق عديدة

أ. بوساطة مقاومة على التسلسل مع ثابت المحرك وعاكمة زمنية:

حيث أن تيار تزويد المحرك الكهربائي حيث (R1A) في المقاومة الموضوعة على التسلسل مع الخط (L1) وعند إغلاق مفتاح التلامس (K1M) يغذي المحرك بتوتر الشبكة ويقلع، لكن قيمة تكون سيصل على (R1A) بحيث أن توتر الأمبير بحيث (UV) وبحيث (VW) سيكون أقل من توتر الأمبير الاسمي، وبعد أن يقلع المحرك ويصل إلى سرعة مناسبة، يتم قصر المقاومة (R1A) بوساطة مفتاح التلامس (K2A)، حيث تتحكم العاكمة الزمنية (ب) (K3T) بزمن وجود (R1A) في دارة المحرك