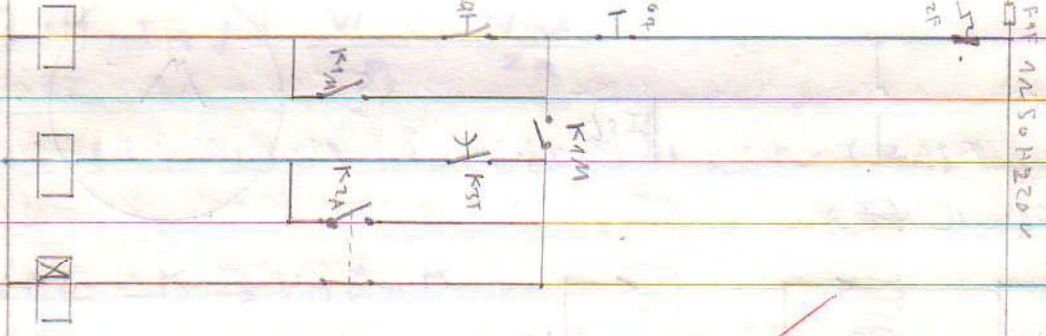
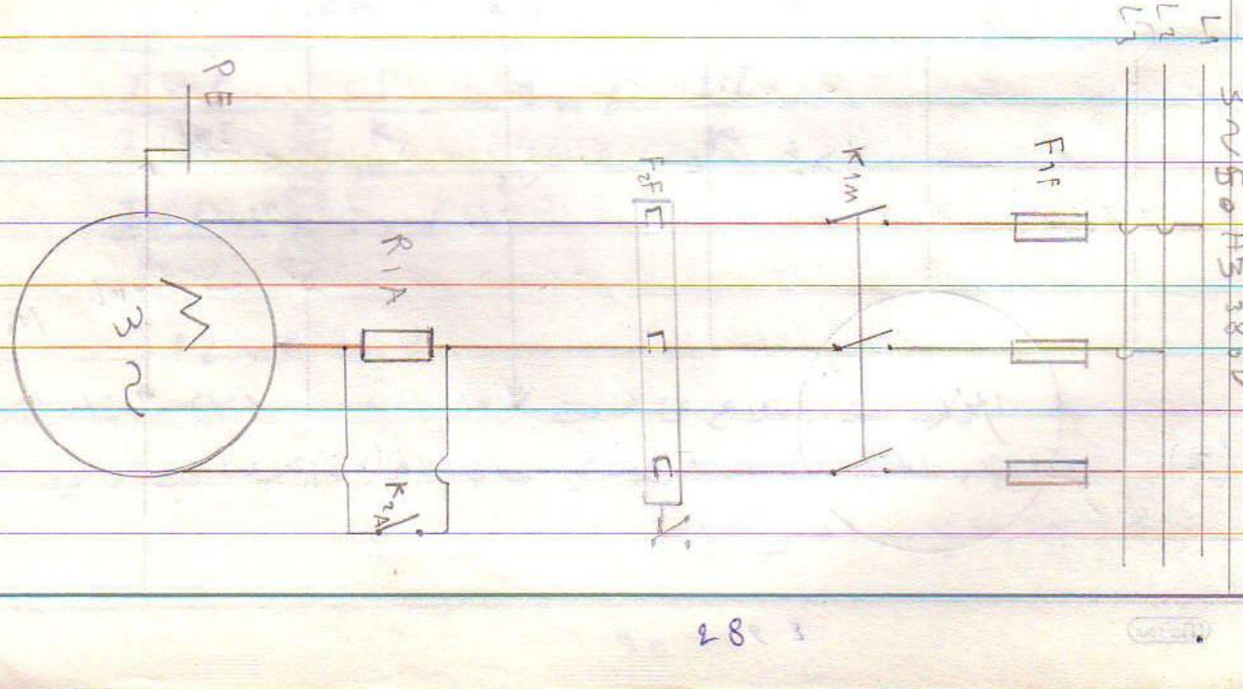
إقلاع المحركات ذات القفص السنجابي

بما أننا لا نستطيع التحكم بدارة دائر المحرك، بأن الإمكانات تتعلق فقط بدارة ثابتة، ويمكن إقلاع هذه المحركات بطرق عديدة

1- بواسطة مقاومة على التسلسل مع ثابت المحرك وحاكمة زمنية:

في الشكل الآتي نرى المخطط الكهربائي حيث (R1A) هي المقاومة الموصولة على التسلسل مع الخط (L₁) وعند إغلاق مفتاح التلامس (K1M) يتغذى المحرك بفولطية الشبكة ويقلع، لكن هبوط كمون سيحصل على (R1A) بحيث أن فرق الكمون بين (UV) وبين (VW) سيكون أقل من فرق الكمون النظامي، وبعد أن يقلع المحرك ويصل إلى سرعة مناسبة، يتم قصر المقاومة (R1A) بواسطة مفتاح التلامس (K2A)، حيث نتحكم الحاكمة الزمنية (ب) (K3T) بزمن وجود (R1A) في دارة المحرك


S1S
S0S
F2F
F1F
K1M
K2A
K3T
1~50Hz 220V


L1
L2
L3
3~50Hz 380V
F1F
K1M
F2F
R1A
K2A
M 3~
PE

2 ـ بواسطة محول ذاتي ثلاثي الطور:

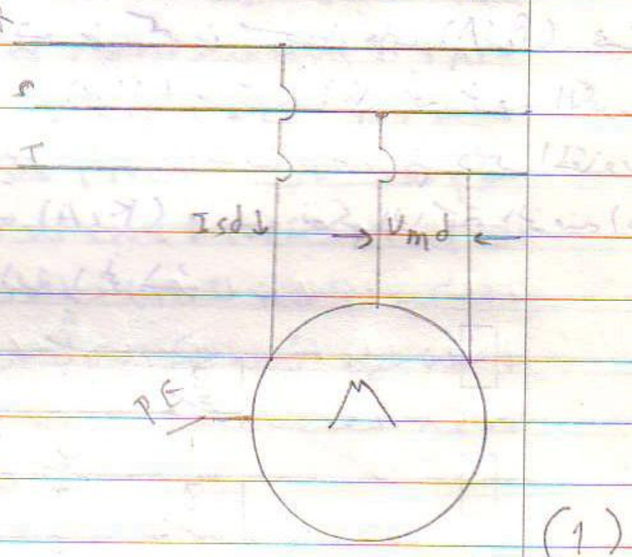
Is.d : التيار المباشر.

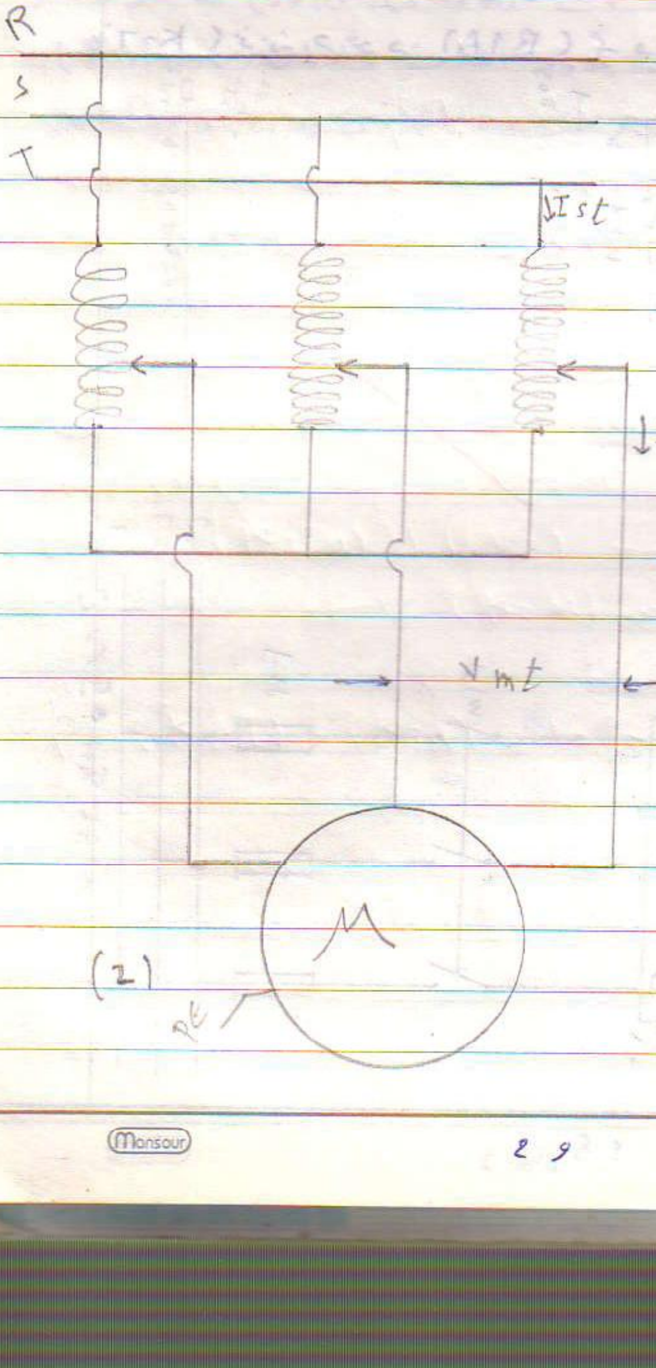
Ist : التيار عبر المحولة

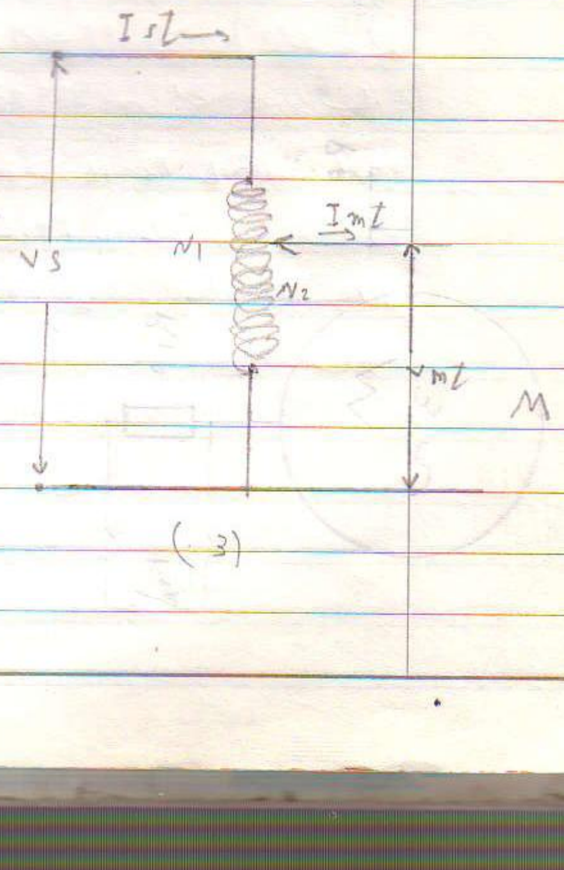
Imd : تيار المحرك المباشر

Vmd : توتر المحرك المباشر

Vmt : توتر المحرك عبر المحولة


R
S
T
Isd
Vmd
M
PE
(1)


R
S
T
Ist
Imt
Vmt
M
PE
(2)


Ist
Imt
VS
N1
N2
Vmt
M
(3)

في الشكل ① المحرك موصول مباشرة إلى الشبكة :

$$V_{md} = V_s$$

في الشكل (2) المحرك عبر محولة ثلاثية الطور (ذاتية)، ومجموعة المحرك المحولة تستجر من الشبكة تيار (I_{st}) أما المحرك فالتيار (I_{mt})

في الشكل (3) دارة المحولة لطور واحد. (N_2) عدد اللفات التي تغذي المحرك، (N_1) عدد لفات المحولة لطور واحد من أطوارها ونسبة التحويل بالتالي:

$$K = \frac{N_2}{N_1}$$

$$V_s = V_{md}$$

$$I_{sd} = I_{md} = \frac{V_s}{Z_m} = \frac{V_{md}}{Z_m}$$

حيث (Z_m) ممانعة المحرك لطور واحد (توصيلاً مثلثياً) وممانعة هذا (توصيلاً نجمياً)

$$\frac{V_{mt}}{V_s} = K \rightarrow V_{mt} = K . V_s$$

$$I_{mt} = \frac{V_{mt}}{Z_m} = \frac{K V_s}{Z_m} = K I_{sd}$$

$$\frac{I_{mt}}{I_{st}} = \frac{1}{K} \Rightarrow I_{mt} = \frac{I_{st}}{K}$$

ومنه : $\frac{I_{st}}{K} = K I_{s.d}$

$$I_{st} = K^2 I_{s.d}$$

أي أن تيار المحرك عند إقلاع عن طريق محولة يساوي (K) من تيار إقلاع المباشر. و التيار المستجر من الشبكة في حالة وصل محولة يساوي (K^2) من التيار المستجر مباشر

إن عزم الإقلاع يتناسب مع (V_m^2) و (V_m) انخفضت بوجود المحولة بنسبة (K) أي أن العزم سيخفض بنسبة (K^2) من التيار في حالة الإقلاع المباشر

لكن أيضاً المفاقيد النحاسية ستخفض بنسبة (K^2)

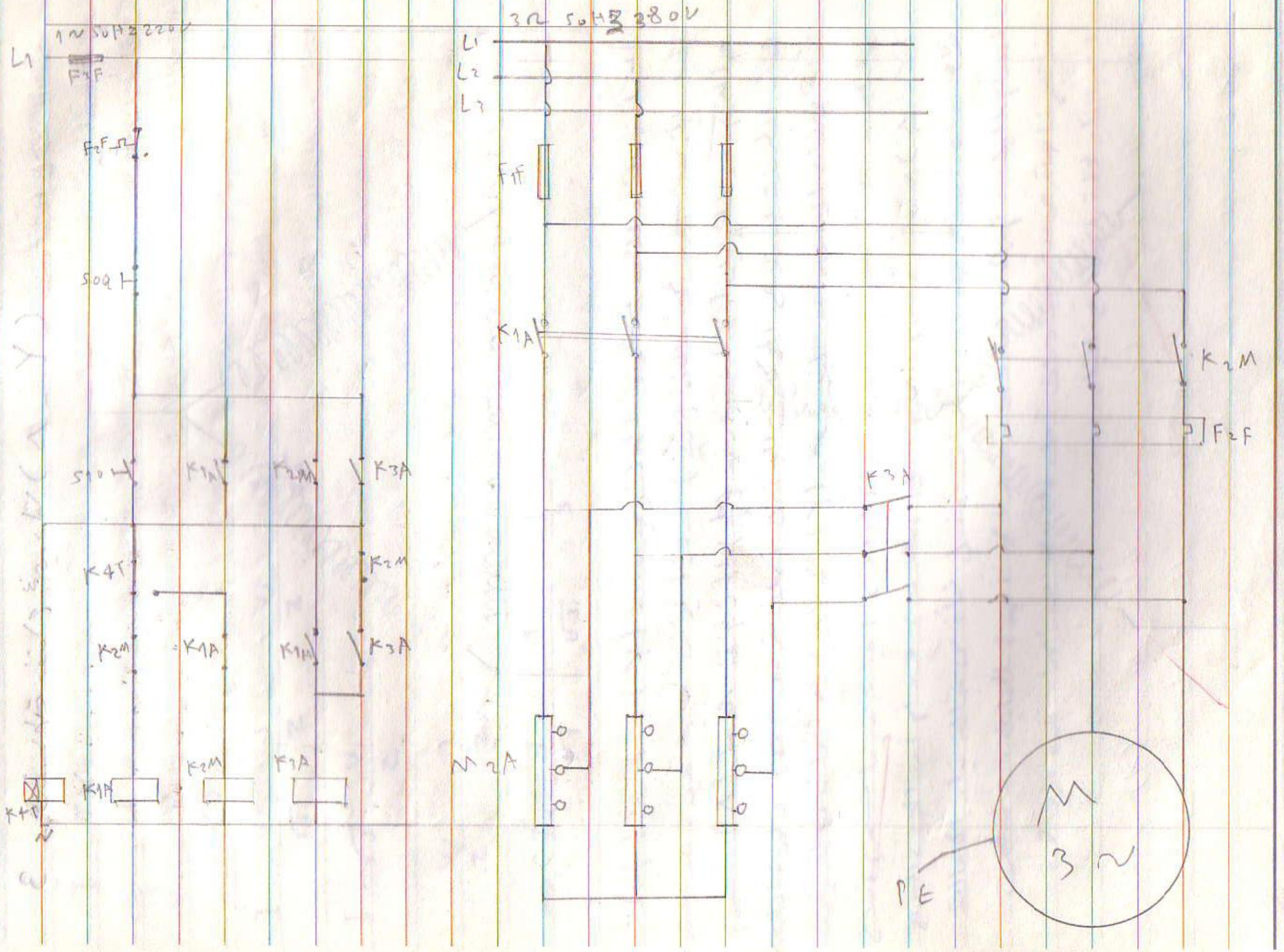
مثال: إن محول ذاتي بنسبة تحويل ($K = \frac{1}{3}$)

يكون عزم الإقلاع محولك عن طريق المحولة مساوياً (1/9) من عزم الإقلاع المباشر، والتيار المسحوب من الشبكة يساوي (1/9) من التيار المباشر، وتيار المحرك يساوي (1/3) من التيار المباشر

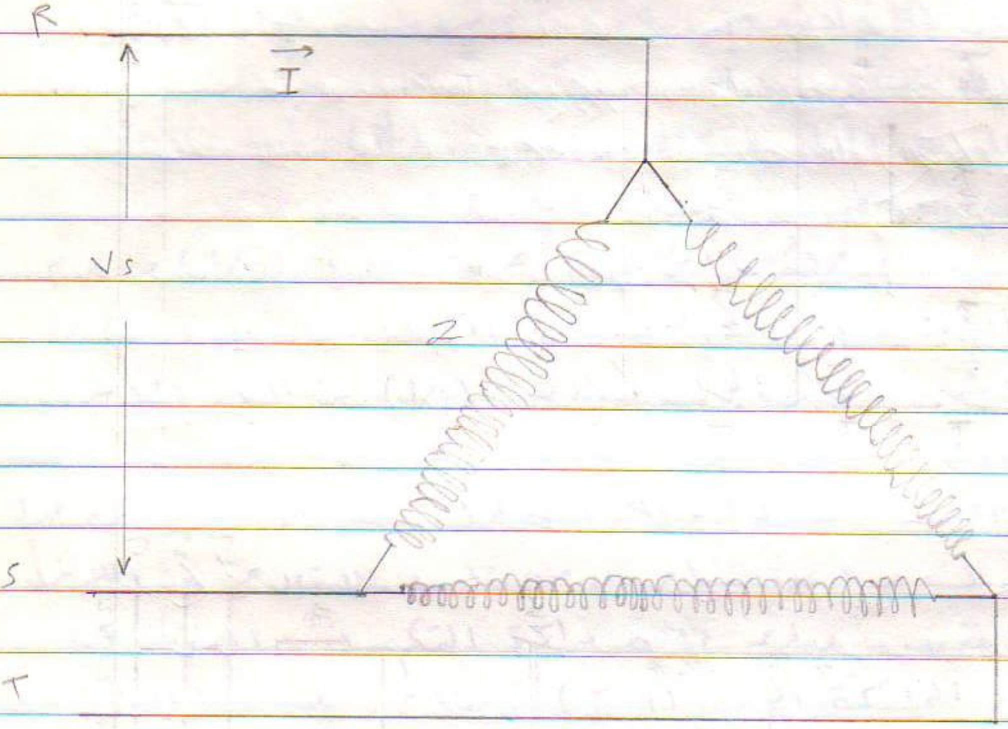
في الشكل الآتي تبين الدارة الكهربائية لمحرك تقلع آلياً بواسطة محول ذاتي، وذلك بما عدة مفتاح تلامس مناسب للإقلاع عند اللاحمل أو عند حمل خفيف، ونرى بجانبه دارة التحكم. فعند الضغط على (S1Q) تنشط الحاكمة الزمنية (K4T) ومفتاح التلامس (K1A) وتلامسات (NO) لـ (K1A) تثير التلامس (K3A) وتغلق تلامسات (K1A) و(K3A) الباشرة كلها، ويقلع المحرك عندئذ متغذي عن طريق المحول الذاتي

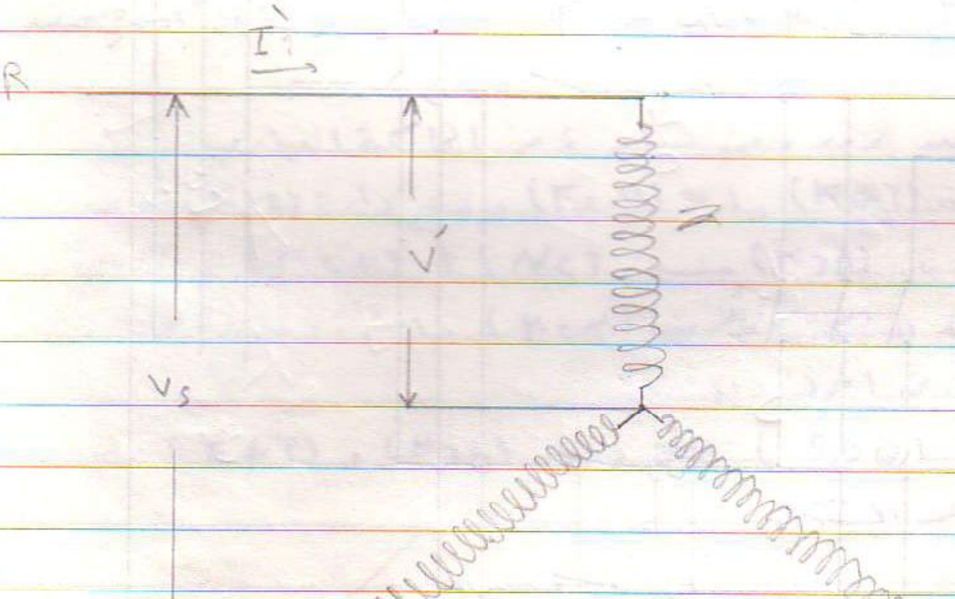
- التبديل: بعد مرور زمن معاير زمن الحاكمة العياري، تغلق تلامسات الحاكمة (K4T) دارة (K2M) وتفتح دارة (K1A) وبعد ذلك تفتح دارة (K3A) بسبب (NC) لـ (K2M) وهكذا فإن المحرك يوصل إلى الشبكة عن طريق (K2M) مباشرة، بينما المحولة منفصلة عن كل من المحرك والشبكة

بالضغط على (S0Q) تفتح دارة (K3A) و(K4T) ويتم فصل المحرك عن الشبكة


1~ 50Hz 220V
L1
F3F
F2F
S0Q
S1Q
K1A
K2M
K3A
K4T
K1A
K2M
K3A
K4T
K1A
K2M
K3A
3~ 50Hz 380V
L1
L2
L3
F1F
K1A
K2M
F2F
K3A
M 2A
M
3~
PE

3 ـ بواسطة مفتاح نجمي دلتا (Δ ـ Y)





في الشكل السابق نجد

$$I' = V'/Z$$

$$V' = \frac{V_s}{\sqrt{3}}$$

$$I' = \frac{V_s}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{Z} = \frac{V_s}{Z} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}}$$

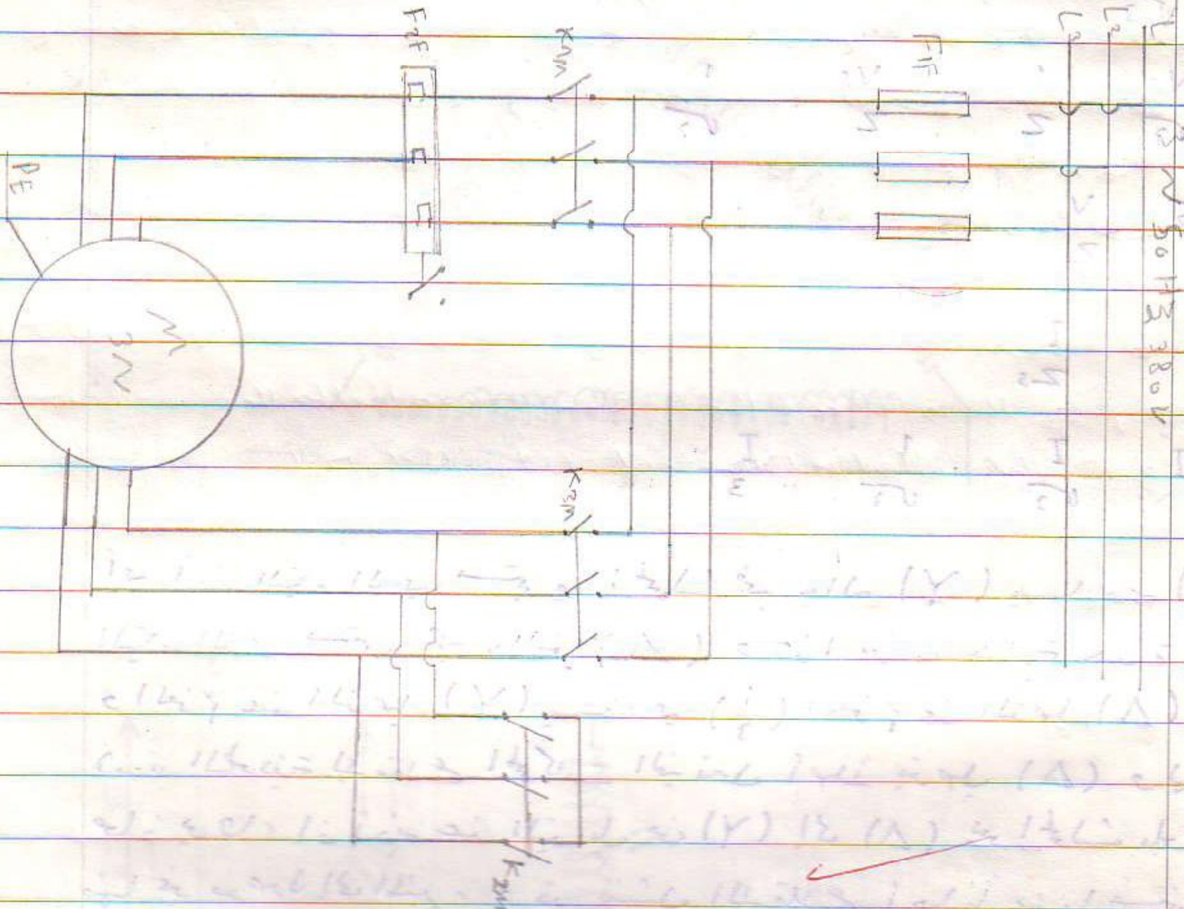
$$I = \sqrt{3}\,\frac{V_s}{Z} \rightarrow$$

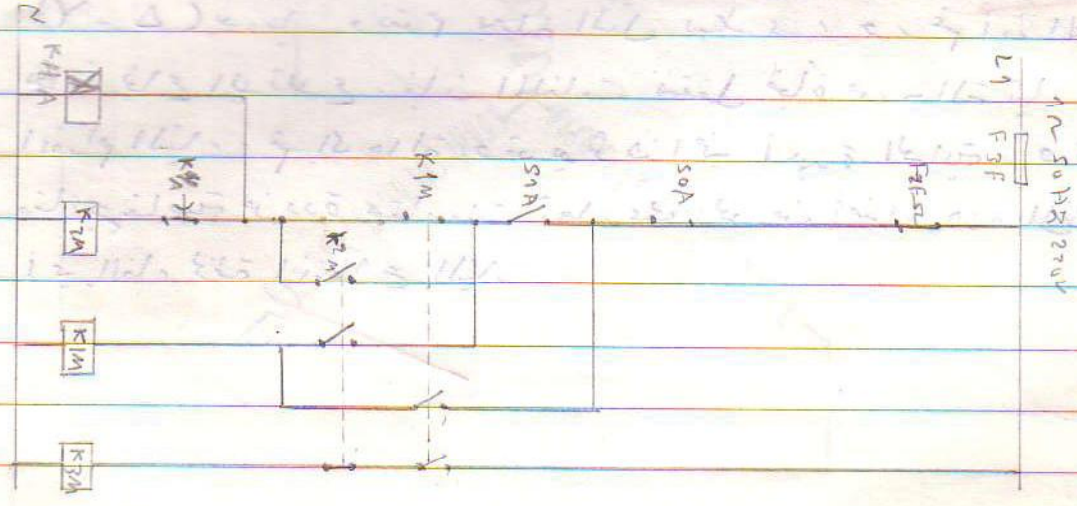
$$\frac{V_s}{Z} = \frac{I}{Z_s}$$

$$\Rightarrow I' = \frac{I}{\sqrt{3}} \cdot \frac{1}{\sqrt{3}} = \frac{I}{3}$$

أي أن التيار الذي يستجره المحرك في حالة (Y) يساوي ($\frac{1}{3}$) التيار الذي يستجره في حالة (Δ) وهذا يؤمن حماية جيدة عند الإقلاع والعزم عند التوصيل (Y) يساوي ($\frac{1}{3}$) العزم عند التوصيل (Δ). تستخدم هذه الطريقة لإقلاع المحركات التي تعمل أصلاً بتوصيل (Δ) ولهذه الطريقة محاذيرها، إذ أنه عند التبديل من (Y) إلى (Δ) يمر المحرك بلحظة يكون فيها غير موصول إلى المنبع. وقد يفشل الإقلاع أحياناً عندما نستخدم مفتاح (Y - Δ) يدوياً ونقوم بعملية النقل ببطء، ورغم أن العبور السريع يؤمن نجاح الإقلاع، فإن الملفات تنتقل فجأة من حالة تيار إلى حالة انعدام التيار، ثم إلى حالة: وقد يؤثر هذا في أجهزة الحماية، وقد صممت مفاتيح خاصة مزودة بمقاومات تعمل على الحد من أضرار هذه الظاهرة أي إلغاء لحظة انقطاع التيار

في الشكل الآتي نرى دارة تشغيل نجمي دلتا آلي بواسطة ثلاث مفاتيح تلامس
ودارة التحكم التي تحتوي على ماسكة زمنية.
بداية تغلق (K1M) و (K2M) ويقلع المحرك (Y) وتنشط (K4A) وبعد مرور زمن الماسكة
المعياري يفتح (K1M) و(K2M) وتغلق (K3M) فتصار تلامس التشغيل المثلثي


L1
L2
L3
3~ 50Hz 380V
F1F
F2F
K1M
K3M
K2M
PE
M
3~


L1
N
1~ 50Hz 220V
F3F
F2F
S0A
S1A
K1M
K4A
K2M
K1M
K3M
K4A

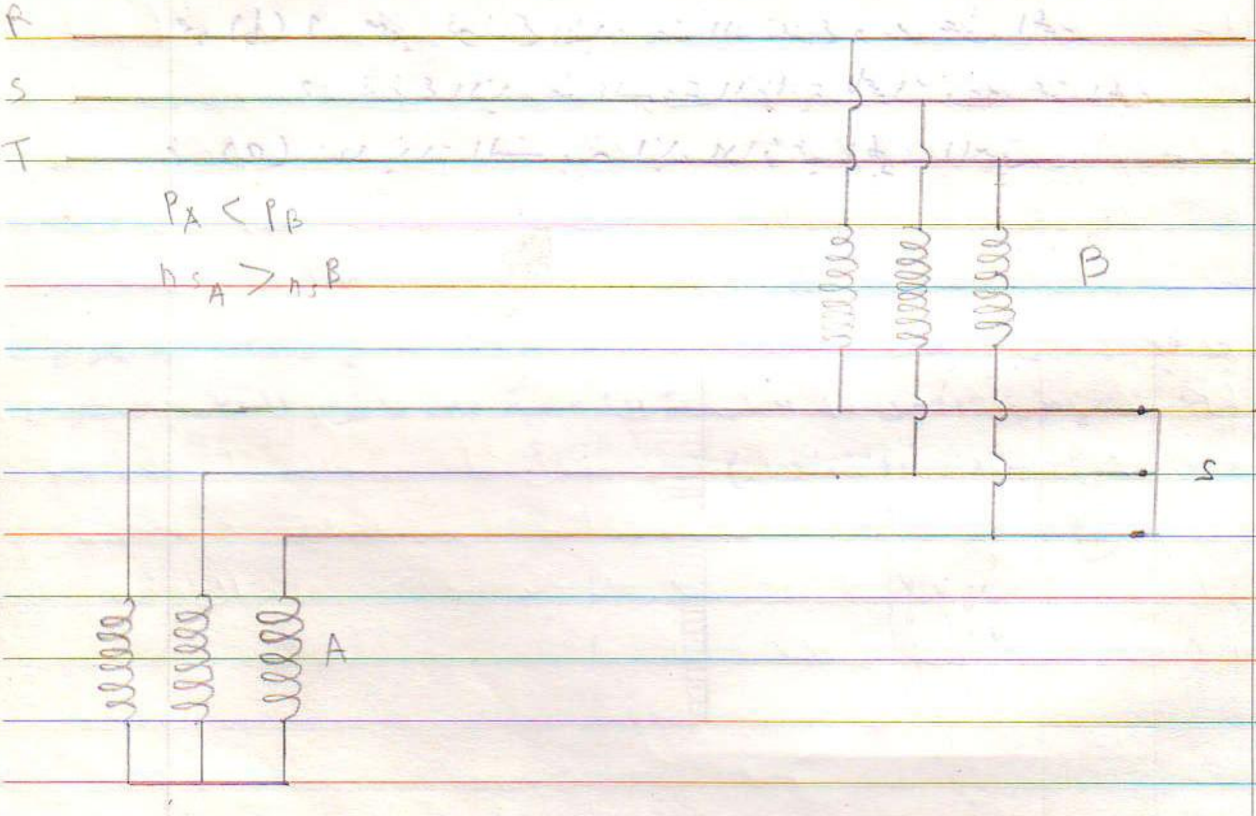
4- الإقلاع بواسطة محرك إقلاع :

حيث المحرك الرئيسي (B)، تقلع بواسطة محرك مساعد (A) عدد أزواج أقطابه (PA) أصغر من (PB) وبالتالي ($n_{sA} > n_{sB}$)

و ($Z_A > Z_B$) قدرة أقل من قدرة B

يربط ثابتا المحركين على التسلسل كما في الشكل الآتي وعند الإقلاع يكون القسم الأكبر من فولطية الشبكة من نصيب (A) ذي الممانعة الأكبر والمقاومة المادية الأكبر للفاقد، فيقلع محركاً معه (B).

لكن (R_{2A}/s_A) تزداد قيمتها بنسبة أقل من زيادة قيمة (R_{2B}/s_B) لذلك ($n_{sB} < n_{sA}$) والمحركان يدوران بالسرعة نفسها، وهكذا وبالتدريج يتحول كمون المنبع لتغذية (B) وعند وصول السرعة إلى قرب السرعة الاسمية للمحرك (B) يكون معظم التوتر مطبقاً على ثابت المحرك (B) ولذا يمكن قصر ملفات المحرك (A) بواسطة المفتاح (S)



5 ـ إقلاع المحرك باستخدام المجاري العميقة :

إذا كان المجرى ذا عمق كبير نسبياً فإنه بالاستناد إلى خاصية التيارات التشوبية يكون توزع التيار كما هو مبين بالشكل الآتي حيث عند الإقلاع يكون توزع التيار غير منتظم ؛ لذلك تردد الدائر أعظمي

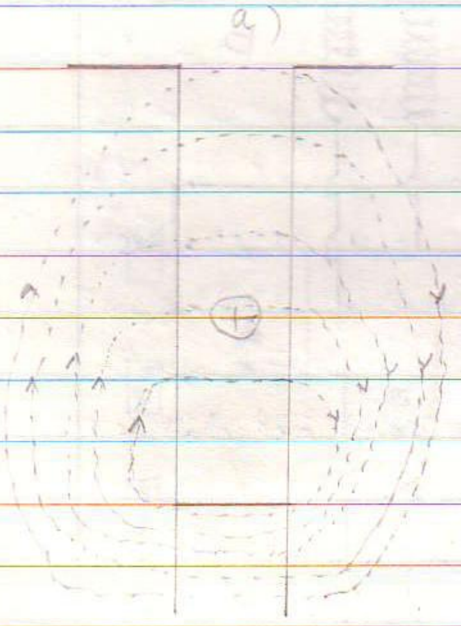
وعندما يتسارع الدائر يقل التردد ويصبح توزيع التيار منتظماً بالنسبة لمقاطع الناقل كما في الشكل الآتي

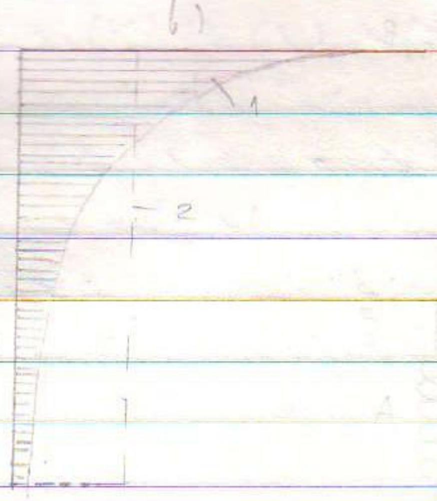
إن (L) معامل التحريض صغير نسبياً في القطاعات القريبة من السطح بالنسبة للقطاعات الداخلية البعيدة عن السطح بينما (R) يكون على السطح ذات قيمة كبيرة نسبياً بالنسبة للقطاعات الداخلية وبذلك فإن الدائر يكون ذا مقاومة مكافئة كبيرة عند الإقلاع ، أي عامل استطاعة كبير وبالتالي عزم كبير بالنسبة لوحدة التيار ، وعند السرعة العالية للدوران يصبح توزع التيار نظامياً في المجرى ، وتقل المقاومة المكافئة للدائر وتزداد التحريضية ، ونلاحظ أن هذه الطريقة تشبه إقلاع الدائر الملفوف عن طريق مقاومة خارجية

في (b) 1 ـ منحني توزع التيار عند الإقلاع وعلى عمق المجرى

2 ـ توزع التيار عند السرعة النظامية للمحرك وعلى عمق المجرى

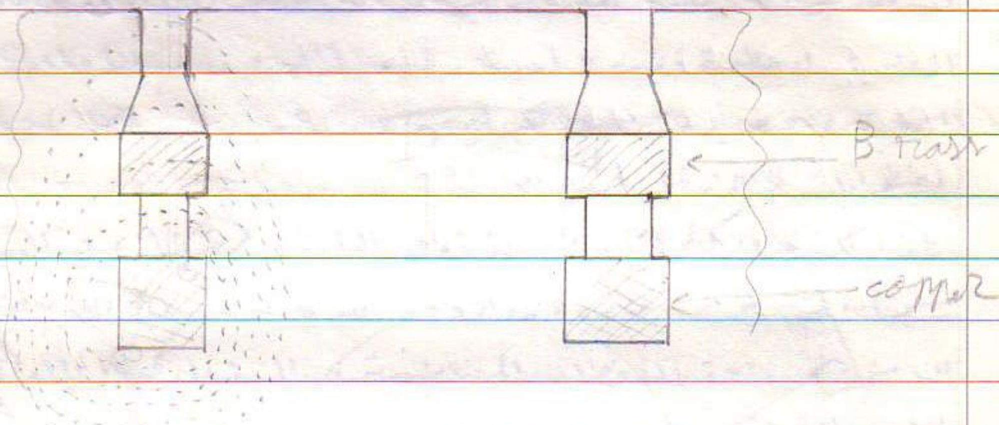
في (a) : السيالة التسربية لتيار الدائر في المجرى العميق





6 - الإقلاع باستخدام الأقفاص المزدوجة

وتعتمد أصلاً على فكرة المجاري العميقة، لكن هنا يصنع الدائر بحيث يتواجد فيه قفصان، قفص علوي (مقاومته المادية كبيرة) وقفص سفلي مقاومته المادية صغيرة وتحريضية كبيرة. والشكل الآتي يبين نموذج لهيكلي الأقفاص

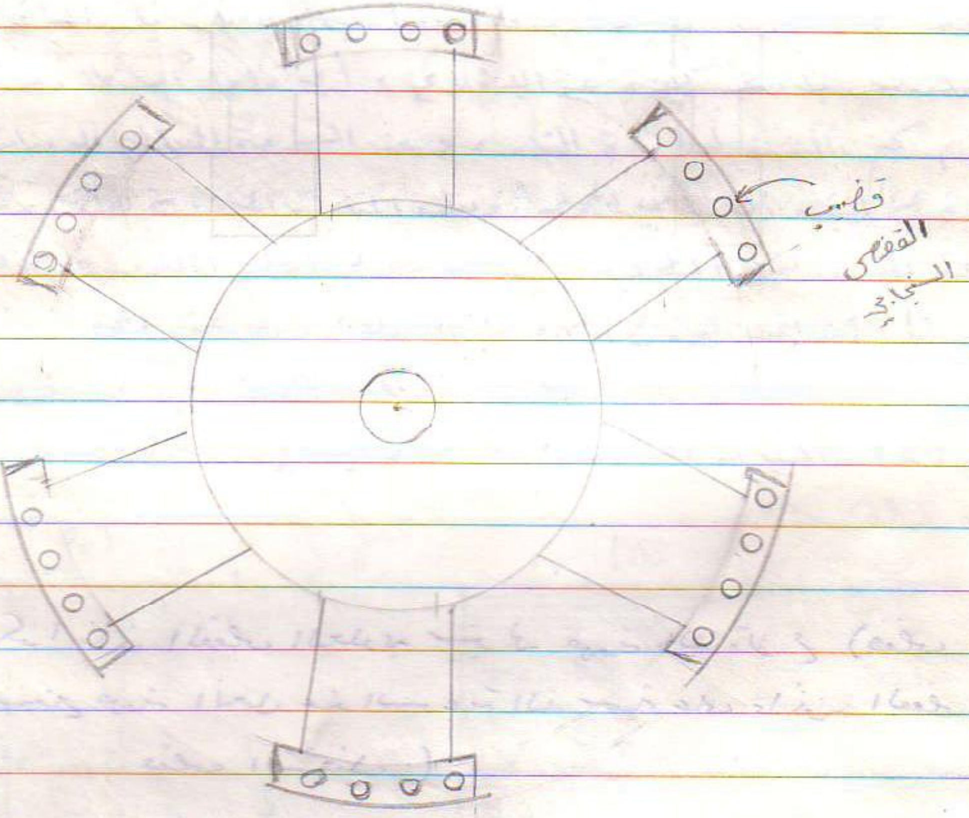


وهكذا فإن القفص العلوي سيتولى مهمة الإقلاع (قفص الإقلاع) بينما ستقع مهمة العمل عند السرعة الاسمية على عاتق القفص السفلي (قفص التشغيل)

إقلاع المحرك التزامني

المحرك التزامني لا يستطيع أن يقلع وحده ، ولابد من إقلاعه خارجيا و إيصال سرعته إلى السرعة التزامنية قبل أن يتمكن من الحمل وحده، وهناك طريقتان لبدء حركة المحرك التزامني:

- بدء الحركة كمحرك حثي: في هذه الحالة يجب أن يتوفر في دائر المحرك ملفات على شكل قفص سنجابي و الذي تتوضع قضبانه في أوجه الأقطاب



في هذه الطريقة يبدأ المحرك حركته كمحرك تحريضي بتغذية عضوه الساكن فقط من منبع متناوب، وينشأ عزم الدوران عليه وفق مبدأ الحقل السحابي، ويصل المحرك إلى سرعة قريبة من السرعة السنكرونية، وعندها يتم تغذية العضو الدوار بالتيار المستمر، فتنشأ قوة تجاذب بين أقطاب العضوين، فيسحب تزامنياً، ويعمل العضو الدوار عند سرعة التزامن

إذا كانت أقطاب العضو الساكن مقابلة لأقطاب مثيلة في العضو الدوار لحظة تغذية هذا الأخير بالتيار المستمر فإن القوة الناشئة بينهما ستكون قوة تنافر، وتتسبب في انزلاق العضو الدوار بمقدار خطوة قطبية واحدة، أي بتأخير تصبح الأقطاب المتقابلة متضادة القطبية، ثم ينزلق العضو الدوار عن دوران (تحت تأثير الحمل) ويتسبب ذلك في اضطرابات ظاهرة قبل أن يتزامن

إذا كان حمل المحرك ذي الأقطاب البارزة ضعيفاً، وكان قصوره الذاتي الدوار صغيراً، فقد يتزامن عضوه الدوار دون تغذية ملفه، والعزم في هذه الحالة هو العزم الناشئ في مادة الأقطاب المغناطيسية وبالتفاعل مع المجال المغناطيسي الدوار لثابت الآلة.

يجب الانتباه عند بدء إقلاع المحرك لأن لا يبقى ملف أقطاب حقله مفتوحاً كي لا تتحرض فيه قوة محركة كهربائية كبيرة نظراً لعدد لفاته الكبير ولسرعة القطع الكبيرة في الوقت نفسه. قد يؤدي لانهيار عازلية النواقل

بدء الحركة بمحرك خارجي :

وتستخدم غالباً لإقلاع المحرك وهو غير محمل ، حيث يدار المحرك كما لو أنه مولدة تزامنية إلى أن يصل دورانه إلى السرعة السنكرونية ثم يوصل عضوه الثابت إلى مصدر التغذية ، وبعد ذلك يتم فصل المحرك الأولي (الخارجي) عن محور المحرك التزامني فيتابع المحرك دورانه بعزمه الذاتي.

قد يكون المحرك الأولي المستخدم هو آلة التيار المستمر نفسها الموجودة على محور المحرك ، والتي تعمل كمولد يغذي أقطاب المحرك التزامني بالتيار المطلوب وعند الإقلاع تعمل كمحرك تيار مستمر

وقد يكون المحرك الأولي محركاً خارجياً يمكن فصل ارتباط محوره مع محور المحرك التزامني بعد الإقلاع

المبادئ العملية للف المحركات الكهربائية

إعادة لف المحركات الكهربائية الثلاثية الأطوار:

يعتمد دوران المحرك على الحقل المغناطيسي الذي ينشأ من ملفات الثابت وهذا الحقل يكون بشكل حالة متناظرة دوارة. ولهذا لابد من الدقة في جميع عمليات اللف وتوصيل المجموعات وخطوة اللف وعدد اللفات وقطر سلكها بشكل صحيح

وأسلاك اللف تكون عادة من النحاس ونادراً من الألمنيوم ولها شكل دائري ومعزولة بطبقة من الورنيش أو طبقتين أو طبقة إضافية من القطن أو الحرير فوق طبقة الورنيش

بعض المصطلحات الخاصة باللف:

- الملف: يتألف من عدد من اللفات وله طرفين بداية والآخر نهاية ولكل ملف ضلعان كل ضلع يتوضع في مجرى ضمن أحد القطبين فقطب شمالي وفي الآخر قطب جنوبي، وتنعكس هذه الأقطاب إذا عكس اتجاه اللف أو اتجاه التيار وتتناسب القوة المغناطيسية في الملف طرداً مع عدد اللفات وشدة التيار المار فيه. وفي التيار المتناوب تتغير قطبية هذا الملف بما يتناسب مع تردد التيار (هرتز)
- مجموعة الملف المتداخل:

تتألف من ملفين متداخلين أو أكثر وتكون اتجاه التيار في الأضلاع المتجاورة موحد لتشكل قطبية واحدة ويمتاز اللف المتداخل عن اللف المتتالي بأن سماكة المجموعة هي سماكة ملف واحد

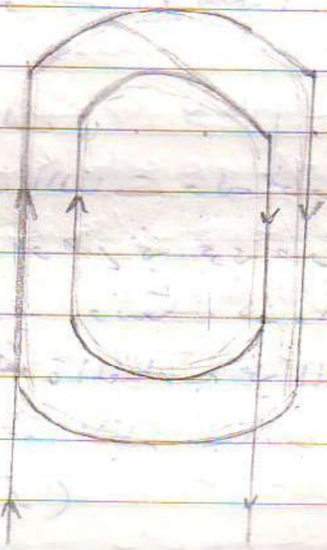
وللمجموعة بداية واحدة ونهاية واحدة ويجب الانتباه عند التنزيل في المجرى بحيث يعكس أحد ملفات المجموعة فينعكس فيها اتجاه التيار والمغناطيسية فتنعدم دوران المحرك

تم لف المجموعات المتداخلة على قالب خشبي أو ألمنيوم ثابت أو متدرج القياس يدعى قالب متداخل.

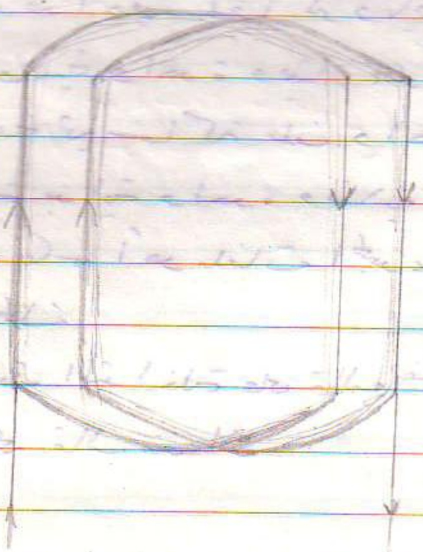
مجموعة الملف المتتالي :

تتألف من ملفين متساويين في المقاس أو أكثر ولها بداية واحدة ونهاية واحدة ويكون خطوة ترتيب الملفات متساوية وتتقاطع هذه الملفات على جانبي الملف مما يعطيها مساحة كبيرة وتركيب شكل الدرجي أكثر سعةً في المنافذ

ويراعى في ترتيبها عدم عكس أي ملف لكافة المنافذ وقالب الملفات المتتالية له عدة بكرات متساوية القياس



مجموعة ملف متحد المركز



مجموعة ملف متتالي

مجموعات الأطوار :

وهي كل المجموعات أو الملفات التي تغذى بنفس الطور (الفاز) وتوصل مع بعضها على التسلسل أو التفرع وذلك حسب ترتيب التغذية والترتيب الذي تحتاجه كل مجموعة . ويكون الوصل بين المجموعات حسب مخطط المحرك فقد يكون نهاية مع بداية أو نهاية مع نهاية

ومجموعات كل طور مماثلة مع مجموعات الأطوار الأخرى في المحرك

ويمكن تسمية بدايات الأطوار R S T ونهاياتها $R\ \bar{S}\ \bar{T}$

أو U V W – Z X Y

أو $E_1\ E_2\ E_3$ – $S_1\ S_2\ S_3$

الخطوة القطبية :

وهي عدد المجاري في كل قطب من أقطاب المحرك ويمكن تعريفها بأنها عدد المجاري بين قطبين متجاورين وتحسب كما يلي

$$\text{الخطوة القطبية} = \frac{\text{عدد مجاري المحرك الكلي}}{\text{عدد الأقطاب}}$$

ومن المعلوم أن عدد أقطاب المحرك تتناسب عكسياً مع سرعة دورانه

خطوة تقدم الأطوار :

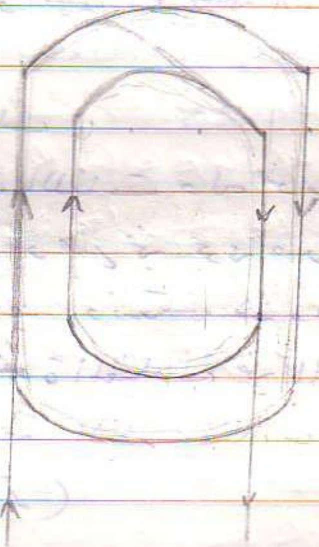
وتتعلق بالمحرك الثلاثي فقط وهي عدد المجاري التي تفصل بداية طور عن بداية الطور الثاني وتحسب كما يلي :

$$\text{خطوة تقدم الأطوار} = \frac{\text{الخطوة القطبية} \times 2}{3}$$

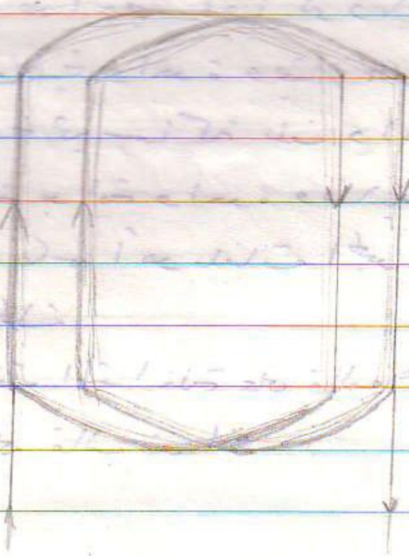
مجموعة الملف المتتالي :

تتألف من ملفين متساويين في المقاس أو أكثر ولها بداية واحدة ونهاية واحدة ويكون خطوة تنزيل الملفات متساوية وتتقاطع لفة الملفات على جانبي المجرى مما يعطيها سماكة كبيرة وقد يكون شكل الخارجي أكثرنا سعةً من المتداخل

ويراعى في تنزيلها عدم عكس أي ملف كما في المتداخل وقالب الملفات المتتالية له عدة بكرات متساوية القياس



مجموعة ملف متداخلة



مجموعة ملف متتالي

إعادة لف المحرك:

أسباب إعادة لف المحرك:

أ- احتراق ملفاته أو جزء منها ويعني بذلك إحتراق الغلاف العازل لسلك الملفات وفي حالة احتراق ملف أو مجموعة واحدة يمكن أحياناً إعادة لف القسم المحترق فقط إذا ظهر أن بقية الملفات لم تتأثر بذلك وبقيت خلال الوقت

ب- ضرورة تغيير في مواصفات المحرك لسبب ما مثل تغيير التوتر أو السرعة إذا لم نجد طريقة أسهل مثل استخدام محول لملاءمة التوتر أو تغيير في البكرة أو غيرها لتغيير السرعة

علامات احتراق عازل ملفات المحرك:

1- تفحم الورنيش العازل وتحوله للون أسود أو بني غامق

2- انتشار رائحة الورنيش المحترق الوافر

3- خروج دخان من المحرك

4- تشقق وتقشر طبقة الورنيش العازل في بعض الملفات

5- عدم وجود أي عطل في المحرك ولكنه لا يعمل أو يسبب قصر دارة عند تشغيله وهذا يدل على وجود الإحتراق في الأسلاك داخل مجاريه لذلك لا تظهر إلا بعد نزع ملفاته وهذا يحدث بسبب حصر الملفات في حيز ضيق وضعف التهوية داخل المجاري

خطوات إعادة لف المحركات :

1. التأكد من احتراق المحرك وذلك بالتأكد من صحة وصل لوحة التوصيل ووصول التيار الصحيح إليه بواسطة مفتاح فولت أوميتر وعدم وجود عطل ميكانيكي في المحرك أو الآلة وتفصل المرتبطة بها فإذا دار بسهولة ويفضل تجربته دون حمل.

2. قطع التيار عن الآلة وفصل خطوط التغذية عن لوحة المحرك وعزلها وتعليمها إن لزم

3. فك البراغي أو المسامير التي تربط المحرك بالآلة ثم فك المحرك من مكانه بعناية، ويفضل وضع علامة على مكان تثبيته إذا كان قابلاً للانزلاق لضبط شد السير (القشاط) مما يسهل إعادة ضبطه بعد لفه وتركيبه

4. فك أجزاء المحرك بعد تعليم الغطائين والهيكل بواسطة السنبك أو دق علام حيث توضع نقطة مقابل نقطة في طرف، ونقطتين مقابل نقطتين في الطرف الآخر ويراعى اتباع التسلسل الصحيح للفك واستخدام العدد المناسبة والطريقة الفنية

5. كشف الأعطال الداخلية واحتراق الملفات والأعطال الميكانيكية في الرولمانات أو البلاغات والعمل على إصلاحها وتبديل القطع التالفة وقد يظهر عند فك أجزاء المحرك عدم ضرورة إعادة لفه والاكتفاء بإصلاح قطع الوصلات أو سلك في الملف أو غيره

6. تسجيل المعلومات قبل نزع الملفات التالفة وذلك في سجل خاص يدون فيه معلومات كل محرك يعاد لفه للاستفادة منها عند إعادة اللف للمحركات المماثلة وتنقسم المعلومات المطلوب تسجيلها ما يلي

I - جميع معلومات لوحة المحرك - اسم الشركة - النوع - الطراز - الاستطاعة - التردد - الشدة - التوصيل - السرعة

II - معلومات داخلية وهي - عدد المجاري - عدد المجموعات - خطوة كل ملف في المجموعة - قطر السلك - عدد لفات كل ملف - محيط كل ملف بعد نزع الملفات

طريقة التوصيل بين المجموعات نهاية مع بداية أو نهاية مع نهاية
طريقة الوصل تسلسلي أو تفرعي، اللف بسلك واحد أو سلكين
طول المجرى وقطر العضو الدائر أو الثابت من الداخل وذلك لتفادي لف
المحرك بالمواصفات الأصلية والتأكد من معلومات المحرك الذي يعاد لفه
بعد احتراقه مرة ثانية تحسبا أخطاء في معلومات لفه

III ـ معلومات طريقة توصيل لوحة المحرك ويفضل رسم مخطط كروكي للمحرك
بالشكل الانفرادي أو الدائري

ح ـ نزع الملفات وإخراجها من المجاري بإحدى الطرق التالية:

أ. النزع المباشر باليد أو الزردية إذا كانت الملفات غير مورنشة
حيث نخرج غطاء الملف الأمامي أو نقطع بمشرط أو منشار حديد
ونسحب الأسلاك بالتدريج أو نقص أحد طرفي الملف ونسحب من
الطرف الآخر.

ب. قطع الملفات من أحد الطرفين قرب الدارة المغناطيسية بواسطة إزميل
حاد ثم يطرق على طرف كل ملف بواسطة قطعة حديد مدورة لدفع
أسلاك الملف وسحبها من الطرف الآخر.
وهذه الطريقة تناسب المحركات الكبيرة والمورنشة.

جـ ـ تسخين الملفات لإضعاف تماسك الورنيش بواسطة لهب
شعلة غاز أو بابور [illegible] ويراعى عدم تركيز الحرارة واللهب
على جسم الدارة المغناطيسية لتجنب إضعاف مواصفاتها المغناطيسية
وهذه الطريقة أيضا تناسب المحركات الكبيرة والصغيرة

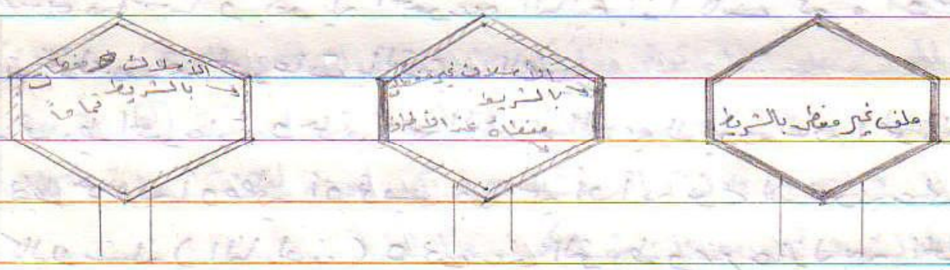
8 ـ الاحتفاظ بمجموعة أو ملف كامل للإفادة من المعلومات والتأكد
منها
(عدد اللفات ـ قطر السلك بدون ورنيش ـ محيط كل ملف ـ
وزن مجموعة واحدة أو جميع المجموعات لإجراء عمليات المقارنة
وحساب التكاليف

د- تنظيف المجاري تماماً من بقايا الكرتون العازل باستخدام مثلث أو شفرة منشار أو فرشاة فولاذية عند اللزوم

10- إعادة تشكيل العازل الكرتوني للمجاري بنفس مواصفات العازل القديم وقياسه

11- لف مجموعة واحدة حسب المواصفات القديمة أو إجراء قياس محيط الملف بتوزيع ملفات في المجاري حسب خطوة اللف مع مراعاة المسافة والبعد عن الدائرة المغناطيسية بحيث لا تكون كبيرة ولا صغيرة وبحدود (٤ - ٢٥ مم) من كل طرف للملف الداخلي و(١٥ - ٢٥ مم) للملف الذي يعده في النوع ذو الملفات المتداخلة

ويتم اللف بالماكنة بطريقة يدوية أو آلية ويحزم كل ملف من منتصفه بسلك نحاسي قديم وذلك للمحافظة على شكله حين التركيب


الأضلاع مغطاة بالشريط تماماً
الأضلاع غير مغطاة بالشريط مغطاة عند الأطراف
ملف غير مغطى بالشريط

نشاهد في الشكل السابق ملفاً له ستة أضلاع (جوانب) ويسمى هذا النوع (الماسي)، ويحزم الملف عادة بشريط عازل يلف لفاً كاملاً (قماشي مثلاً للمحركات الصغيرة والميكا للمحركات الكبيرة)

في المحركات متوسطة الحجم (حتى 50HP) تكون المجاري نصف مغلقة ولا يمكن تحزيم الملف بشكل كامل، إذ أن إنزال الملف في المجرى يتم بإنزال لفاته واحدة تلو الأخرى، ويحزم الجزء الخارجي من الملف فقط بالشريط العازل ولا داعي للتحزيم في المحركات ذات الاستطاعة الكبيرة

12_ تنزيل المجموعات

تنزل المجموعات بحيث تحافظ على اتجاه اللف وعدم وجود أي انعكاس في ملف
أو مجموعة لأن ذلك يلغي مغناطيسيتها. ويفضل تنزيل الملف الصغير ثم الأكبر على
أن تكون أطراف المجموعات في المكان والجهة المحددة والتي من ناحية توصل إلى لوحة
الوصل، يوضع الملف المطلوب تنزيله فوق المجاري التي سيدخل بها ويعطى الأسلاك
شكل مستقيم ثم تحاول فرد الأسلاك لتتباعد عن بعضها، وتنزل سلكاً بعد سلك
مع حركة ترددية لينة باتجاه طول المجرى. ويمكن استخدام قطعة فيبر أو
بلاستيك أو خشب (غير حادة) للمساعدة في حصر الأسلاك داخل المجرى
ويراعى عدم خدش أو جرح العازل الورنيشي ويزلق عازل كرتوني
بشكل مخفي فوق الضلع لحفظه داخل المجرى. وطول الغطاء العازل أكبر من
المجرى من كلا طرفيه بحدود (٥ ـ ١٥ مم) ونتأكد من تنزيل أول مجموعة من
صحة قياسها وتعديل المجموعة التالية إذا كانت كبيرة أو صغيرة
ثم تنزل بقية المجموعات بالترتيب الصحيح

13_ تربيط المجموعات وحزمها من الجانب الذي لا يحتوي على أطراف. ويكون التربيط
بخيط حريري أو قطني أو تريسي قماشي أو أي نوع لا يحتوي على مواد تتأثر بالحرارة
كالبلاستيك (النايلون) وبعد التربيط وضع عازل بين المجموعات من الكرتون
الدمث ثم تحزم مع الملفات ويدق عليها بمطرقة بلاستيك أو خشب أو مطاط
وتعطى الشكل المناسب وتكون الملفات مائلة إلى خارج المحرك لتسهيل دخول العضو
الدائر دون أن تتلامس مع الملفات

14_ توصيل المجموعات أو الملفات حسب المخطط بحيث يكون التوصيل جيداً من
الناحية الميكانيكية والكهربائية وذلك بإزالة الورنيش العازل جيداً بطريقة
الحك أو الإزالة بالمشرط ثم وضع أنبوب عازل من أحد الطرفين ثم عمل الجدلة بين
السلكين في المكان المناسب بحيث تكون الأسلاك غير طويلة أو قصيرة
وعند التوصيل تتم الجدل بقوة وبما لا يقل عن (8 ـ 10) جدلات ويقطع السلك
الباقي وذلك لتغطية الوصلة
أما الأطراف التي ستوصل إلى لوحة الوصل فستخدم لها أسلاك شعرية
معزولة

بلاستك حراري أو أي عازل يتحمل الحرارة، ويستخدم لون للبدايات ولون آخر للنهايات
ومقطع السلك الشعري يجب أن يتناسب مع شدة تيار المحرك.
ويفضل لحام الوصلات بالقصدير بالكاوية العادية أو الحرارية، ويوجد ملازم
خاصة كهربائية تستخدم في لحام الأسلاك الكبيرة القطر

15- تربط الجوانب الأمامية ثم شد الوصلات باستخدام نفس الخيطان أو الشريط العازل
ويراعى ربط وحزم جميع الوصلات الشعرية الخارجية إلى اللوحة، والمحافظة
على إبعاد الملفات عن جسم المحرك وعن الغلاف الخارجي، وقد يلزم وضع
عازل كرتوني بين المجموعات أو على الطرف الداخلي لمعدن الغلاف الخارجي
للمحرك لتجنب تلامس بعض الملفات مع الحديد أو معدن الغلاف

16- التأكد من الوصلات ومن عدم وجود تلامس مع المعدن

17- تركيب أجزاء المحرك حسب التسلسل وترتيب صحيح بعد إصلاح الأعطال الميكانيكية
إن وجدت

18- تجريب المحرك على تيار توتره أقل من التوتر الاسمي للمحرك، والتأكد من سرعة
الدوران وصوت المحرك وشدة التيار والحرارة ثم إعادة التجربة على توتر صحيح.

19- فك المحرك وإجراء عملية الورنشة وتركه ليجف لفترة زمنية كافية ثم إعادة
تركيب المحرك وتجريبه ثانية ليكون جاهزاً.

ورنشة الملفات

يستخدم الورنيش أو المركبات الخاصة لحماية الملفات من الرطوبة وزيادة تماسكها ومتانتها ولتحسين التبادل الحراري مع الهواء، كما تزيد من المتانة الكهربائية للعازل وخاصة في الأماكن التي يتعرض فيها العازل للحك أو الخدش أثناء اللف. والورنيش مادة عضوية وهو مركب لزج بني اللون يجف بالحرارة أو إذا ترك لفترة من الزمن فيمنع تسرب الرطوبة أو الماء إلى داخل الملفات ويجعلها كتلة متماسكة.

طرق الورنشة :

1- طريقة الدهن بفرشاة بعد إتمام عملية اللف والتجريب فيتخلل الورنيش داخل الملفات. وتعتبر هذه الطريقة غير مجدية تماماً ولكنها أبسط طريقة ويتم تجفيف الورنيش بتعريضه للهواء وحرارة الشمس أو يوضع تحت حرارة مصباح كهربائي له عاكس موجه إلى الملفات بعد دهنها

2- طريقة الغطس : تجفف الملفات في فرن خاص لدرجة (١٠٠ - ١٢٠ °م) ثم تغطس في الورنيش لفترة كافية ليتسرب الورنيش داخلها وتخرج فقاعات الهواء لتحل محلها مادة الورنيش، ثم يخرج المحرك ويترك لينساب قطر الورنيش الزائد ثم يعاد إلى الفرن للتجفيف

3- طريقة الغطس تحت الضغط والتفريغ :

وتستخدم هذه الطريقة للآلات الكبيرة ولها تجهيزات خاصة في مصانع الآلات الكهربائية وتتم كما يلي :

أ- تجفف الملفات لدرجة (١٢٠ °م) خلال (4 - 6 ساعات) حسب حجم الآلة وقد تستمر لمدة (١٢ ساعة) أحياناً وذلك لإزالة وطرد الرطوبة منها

ب- توضع الملفات في وعاء معدني مغلق وتجرى عملية تفريغ الهواء فيه حتى (٦ مم زئبقي) وترفع الحرارة تدريجياً حتى (١٢٠ °م) مستمرة لمدة (4) ساعات

ج- يدفع الورنيش السائل إلى الوعاء المغلق فيندفع بشكل فوار ويتخلل الملفات ويتغلغل حتى الأجزاء الداخلية وبعد ذلك يرفع

الضغط حتى يصل إلى (٤ - ٣ بار) ولمدة ساعة

د - يسلط الهواء لإزالة الورنيش الزائد ثم يسخن من جديد لمدة (١ - ٢ ساعة) للتجفيف النهائي

طريقة الدهان بالمواد التركيبية الأخرى (كومباوند):

تستخدم مواد شبيهة مركبة من الإسفلت الطبيعي وزيت البرافين أو الشمع أو مركبات الصمغ التركيبي حيث تكون صلبة في درجة الحرارة العادية وتصبح سائلة في الدرجة (١٠٠ - ١٢٠م)

الورنيش السليكوني: وهو مركب من ثالث كلور السيليكون الذي يتحصل عليه من تفاعل السيليكون مع الكلور في فرن عالي الحرارة) وتصبح هذه المواد صلبة بعد التجفيف وغير قابلة للانصهار أو الانحلال، ولونها شفاف وميزتها الهامة أنها تتحمل درجة حرارة عالية تصل حتى (٢٢٠م) وبشكل دائم.

طريقة ورنشة العضو الدائر الملفوف: يجفف في فرن جيد التهوية بحرارة (100 - ١٢٠م) ثم يغطس وهو ساخن (80م) في وعاء الورنيش ويترك حتى ينتهي خروج الفقاعات على سطح الورنيش مما يدل على تغلغل الورنيش إلى الجزء الداخلي للملفات، ثم يرفع من الورنيش ويترك حتى يتساقط الورنيش الزائد ثم يعاد إلى الفرن لتجفيفه

وإذا كان الدائر الملفوف كبيراً فإنه يوضع فوق حوض الورنيش على صينية ثم يدور ببطء لينشرب الورنيش ويصل إلى كل ملفاته

مثال عملي (1) :

يراد لف محرك ثلاثي الطور عدد المجاري $Z = (36)$ مجرى
ملفوف بطريقة الضلع في المجرى
يدور بسرعة 1000 دورة في الدقيقة rpm
توتر المنبع 220V / 380V

المطلوب :

1- حساب عناصر اللف اللازم لهذا المحرك .
2- رسم المخطط الإنتشاري و تحديد إتجاهات التيارات و الاقطاب
3- رسم بطريقة المجموعات
4- رسم التوصيل للمجموعات

- نحسب عدد الأقطاب

P عدد أزواج الأقطاب

$$n = \frac{120F}{2P}$$

$$2P = \frac{120 \times 50}{1000} = 6$$ قطب

$P = 3$ زوج اقطاب

- نحسب عدد الملفات الكلية

أ- إذا كان اللف ضلع في المجرى = $\frac{\text{عدد المجاري}}{2}$

ب- إذا كان اللف ضلعين في المجرى = عدد المجاري

و بما أنه في المثال هذا اللف ضلع واحد في المجرى =

عدد الملفات الكلية = $\frac{36}{2}$ = 18 ملف

ـ نحسب عدد المجموعات الوجهي = عدد الأقطاب = 6 مجموعات

ـ نحسب عدد الملفات في الوجه = عدد الملفات الكلية × $\frac{1}{3}$

= 6 ملفات

ـ عدد الملفات على التسلسل في كل مجموعة

= $\frac{\text{عدد الملفات الوجه}}{\text{عدد المجموعات}} = \frac{6}{6} = 1$

ـ نحسب خطوة اللف = $\frac{\text{عدد المجاري}}{\text{عدد الأقطاب}} = \frac{36}{6} = 6$

(1 — 6)

ـ نحسب زاوية المجرى الواحد = $\frac{1080}{36} = 30$ درجة

ـ نحسب زاوية تقدم الطور

بما أن فرق الزاوية بين الطور والآخر 120 درجة ⇐

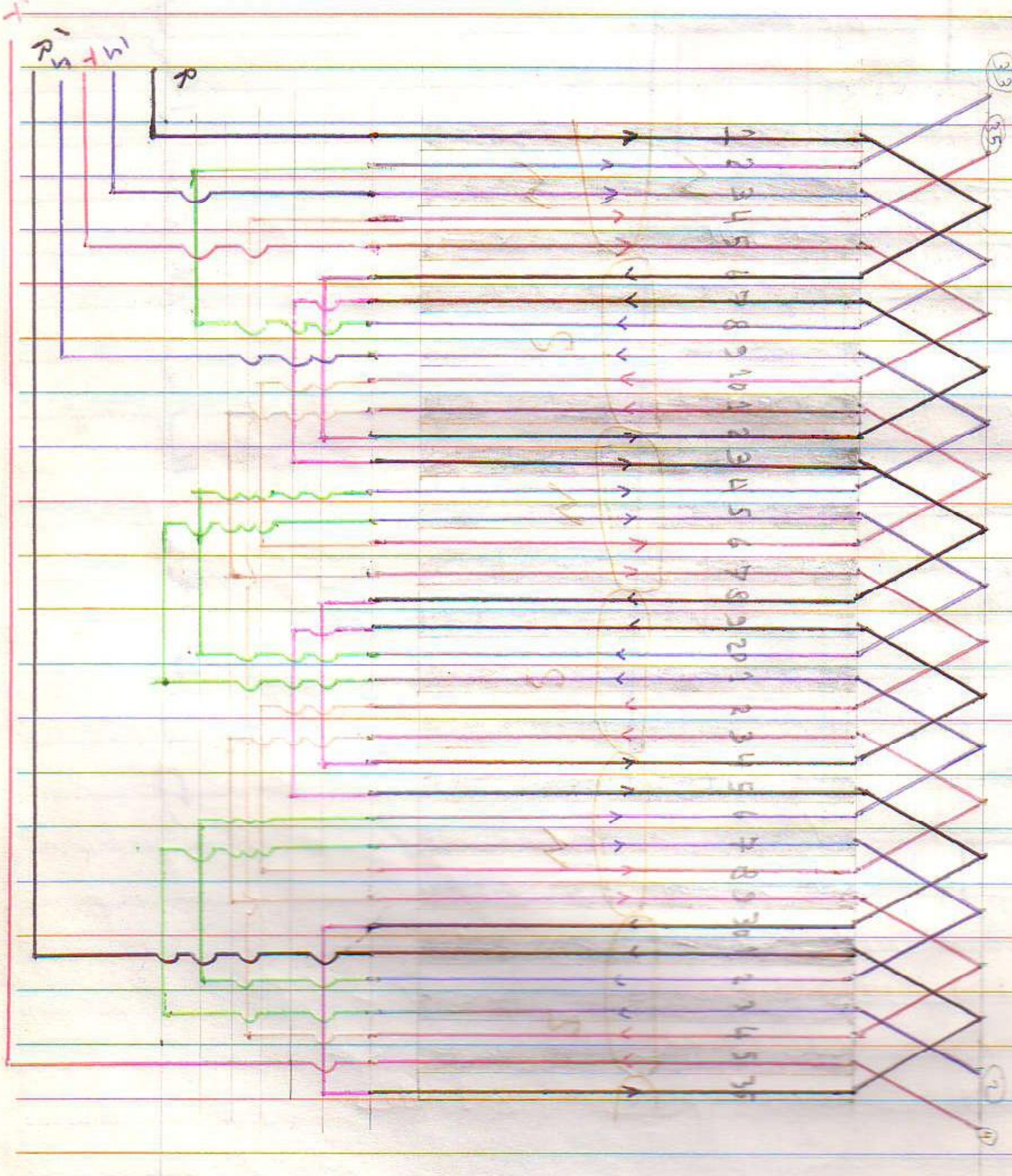
(1 , 5) ⇐ $\frac{120}{30} = 4$

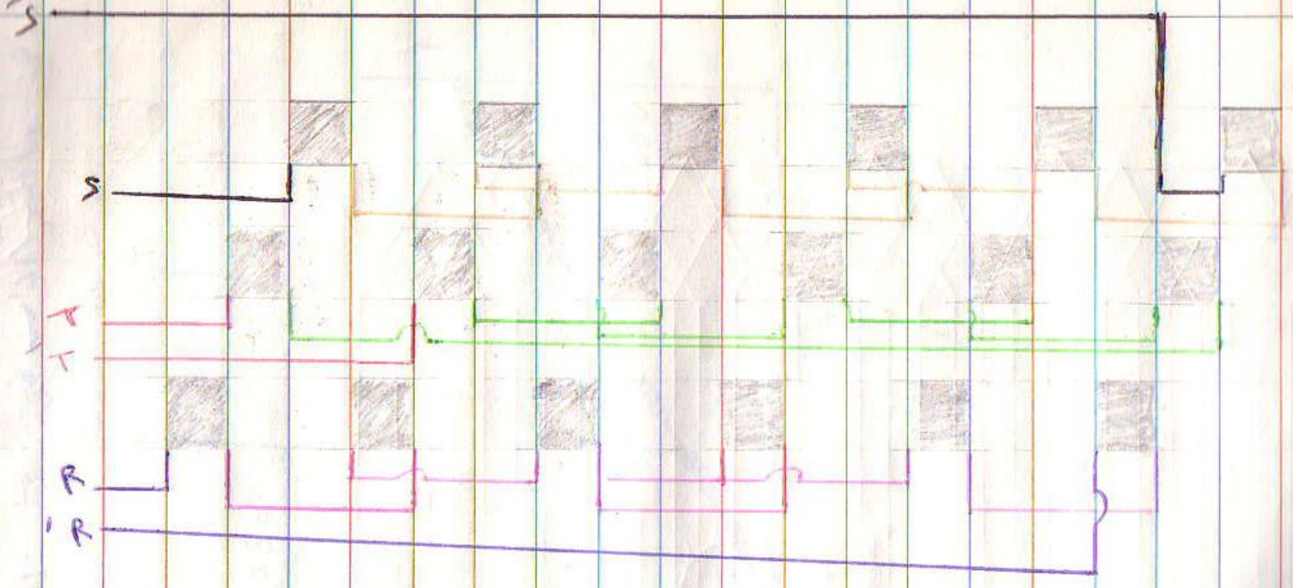
ملاحظة: استطاعة المولد 3/4 حصان

: عدد لفات كل ملف 85 لفة

: اللف [illegible] كل مجموعة ملف

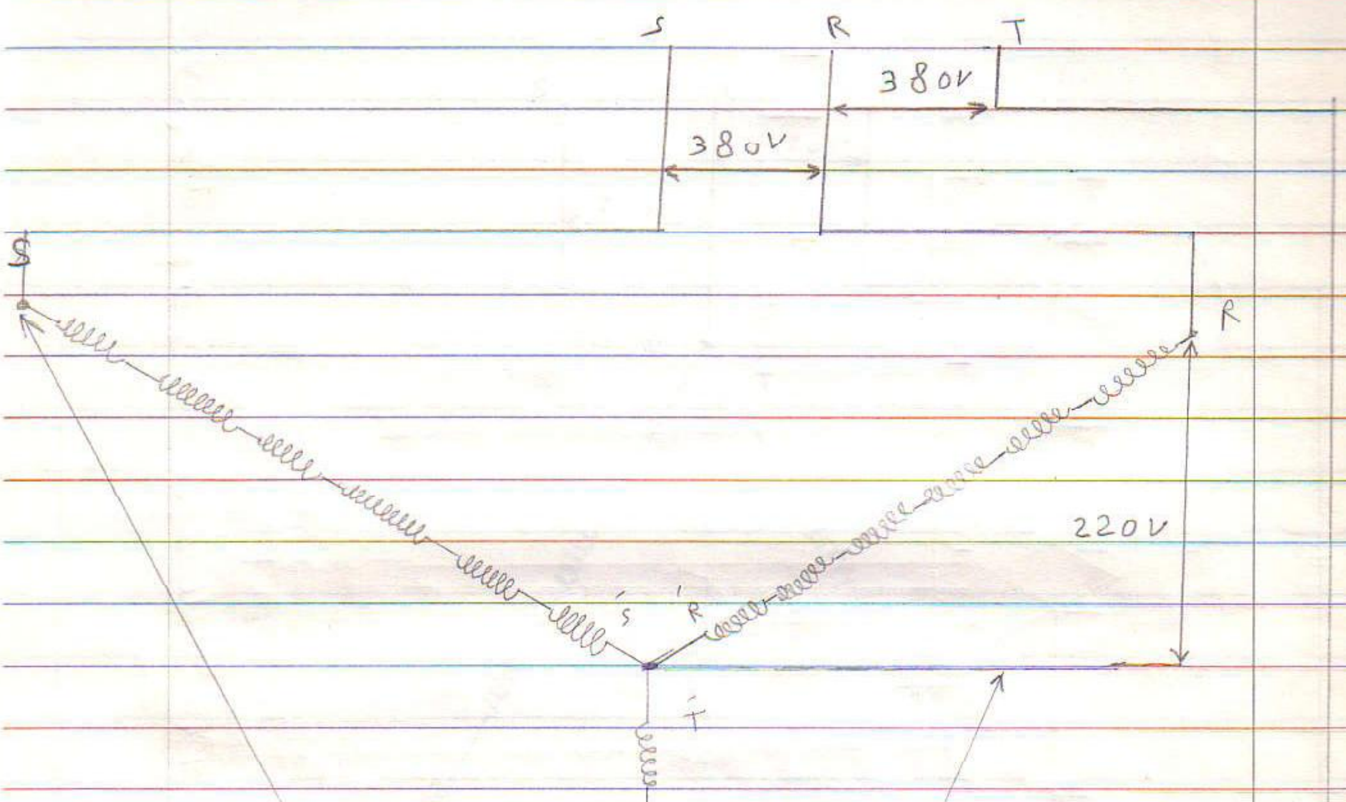
المخطط الانتشاري للمحرك السابق و ثم تحديد اتجاهات التيارات و الأقطاب عليه


R
33
35
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
2
4

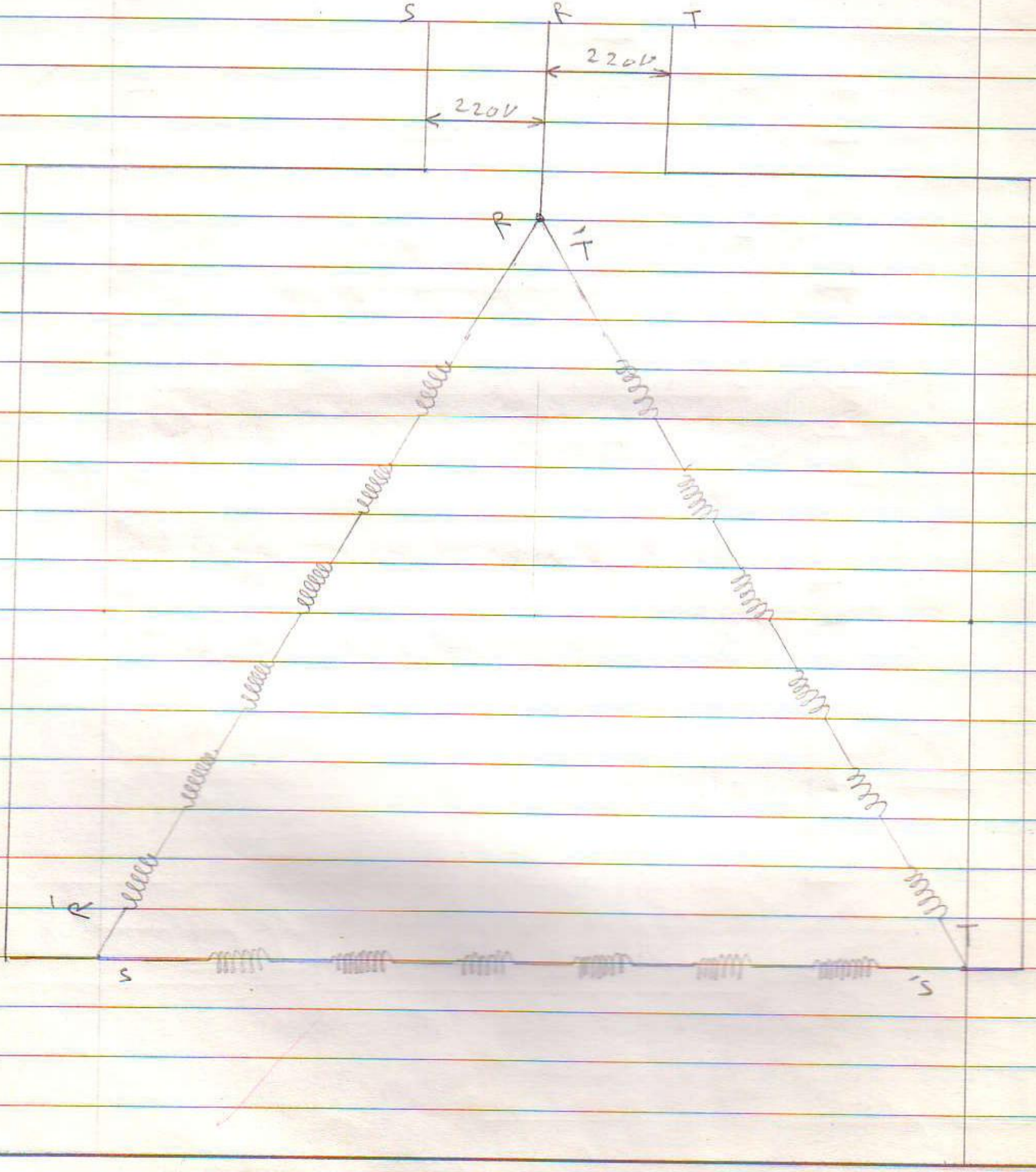


رسم مخطط الحركة السابق بطريقة المجموعات

مخطط الرسم الترسيمي للمجموعات للمحرك السابقة في حالة الوصل نجمي عند العمل على شبكة 380V


S
R
T
380V
380V
S
R
220V
S'
R'
T'
220V
380V
T

مخطط الرسم الترسيمي للمجموعات للمحرك السابق
في حالة الوصل مثلثي عند العمل على شبكة 220 V


S
R
T
220V
220V
R
T'
R'
S
S'
T

النتائج التي تم الحصول عليها من تجربة المحرك السابقة و المناقشة التي تم شرحها

أ- عند التوصيل نجمي على شبكة u lin = 380V

تيار الأطوار الثلاثة ويساوي تيار الخط

IS = 0.9 A
IR = 0.9 A
IT = 0.9 A

السرعة
N = 940 r.p.m

ب- عند التوصيل مثلثي Δ على شبكة u lin = 220V

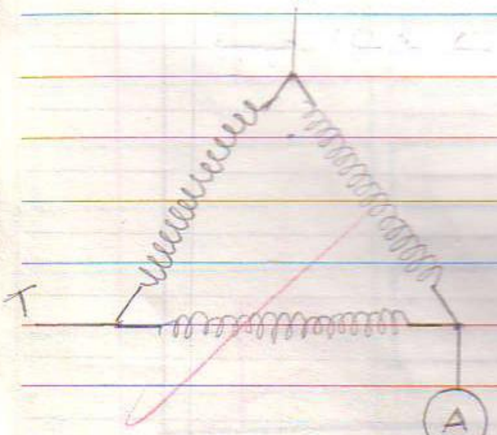
تيار الخطوط الثلاثة ويساوي تيار الطور (الوجه) × √3

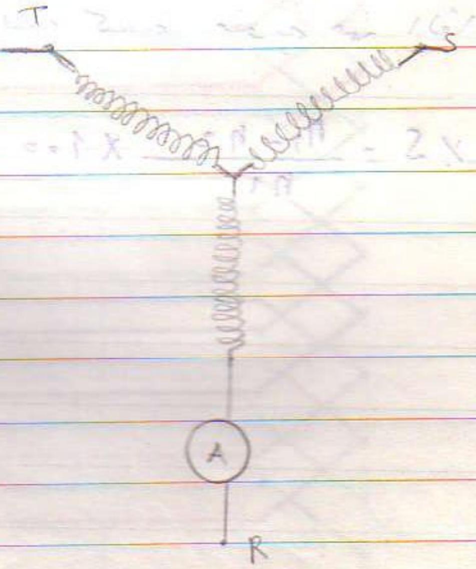
I S = 2.1 A
I R = 2.15 A
I T = 2.05 A

السرعة
N = 940 r.p.m

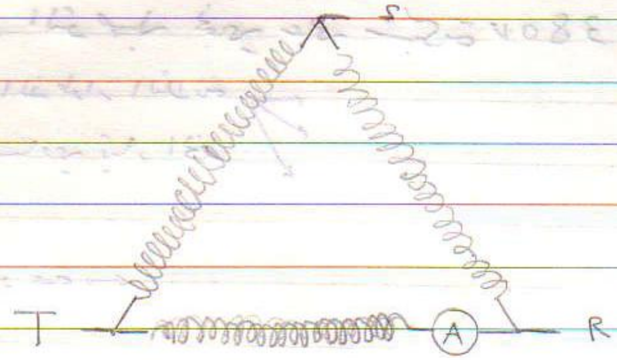
المناقشة :

- وضح بالرسم كيفية استعمال مقياس الأمبير في حالة التوصيل نجمي ثم المثلثي





- وضح بالرسم كيف يمكن قياس تيار الطور (الوجه) في حالة التوصيل مثلث Δ بمقياس الأمبير



- ما هي خطوة اللف

خطوة اللف في هذا المحرك هي 1 - 6

- ما هي خطوة تقدم الطور

خطوة تقدم الطور في هذا المحرك هي 1 - 5

- اذكر القانون الذي نحسب منه سرعة سيالة الثابت

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

- عند قياس السرعة الفعلية للدائر نلاحظ أنها تساوي 940 R.P.M بينما من القانون السابق نلاحظ أن سرعة السيالة = 1000 R.P.M ما سبب هذا الفرق بين السرعتين؟

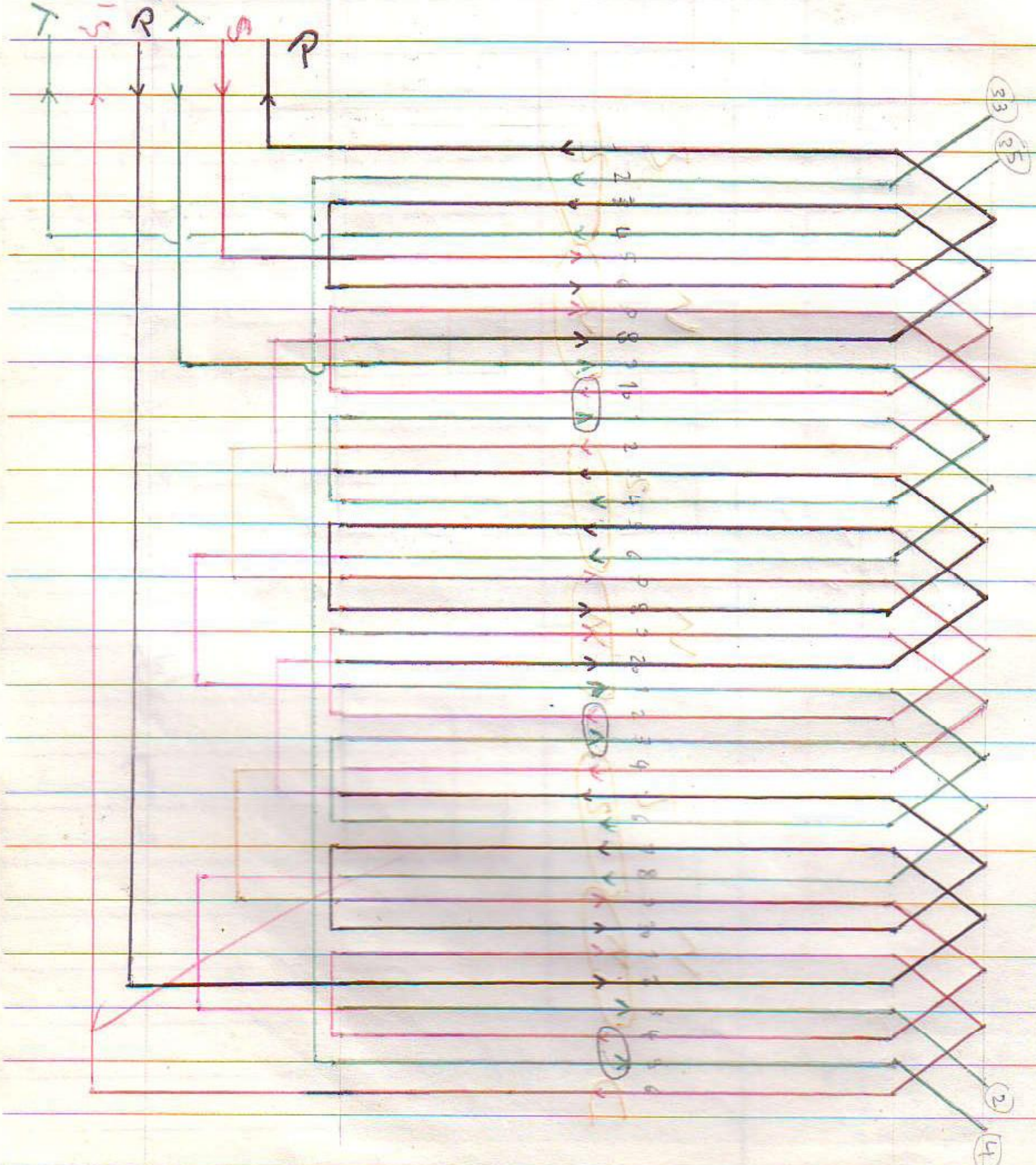
بسبب الانزلاق S الذي يحسب كنسبة مئوية من القانون

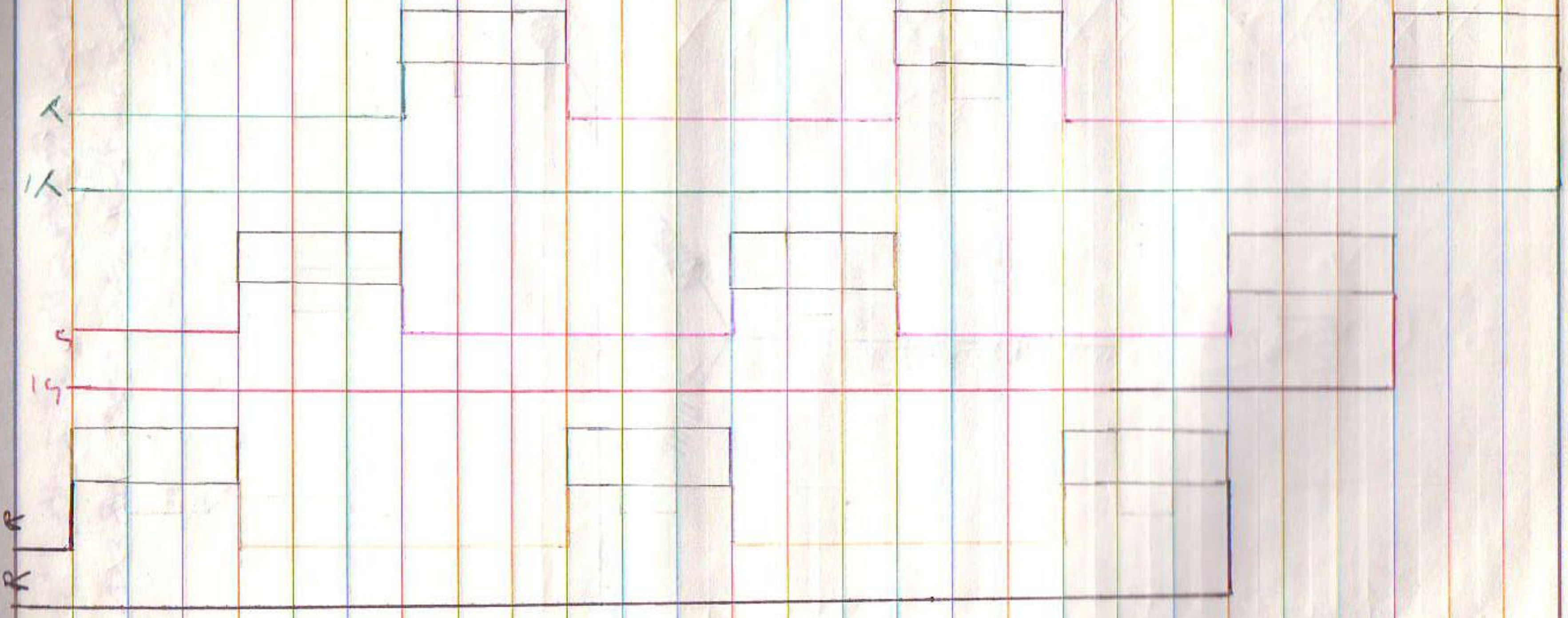
$$\%S = \frac{n_1 - n_2}{n_1} \times 100$$

Mansour

مثال عملي (2) :

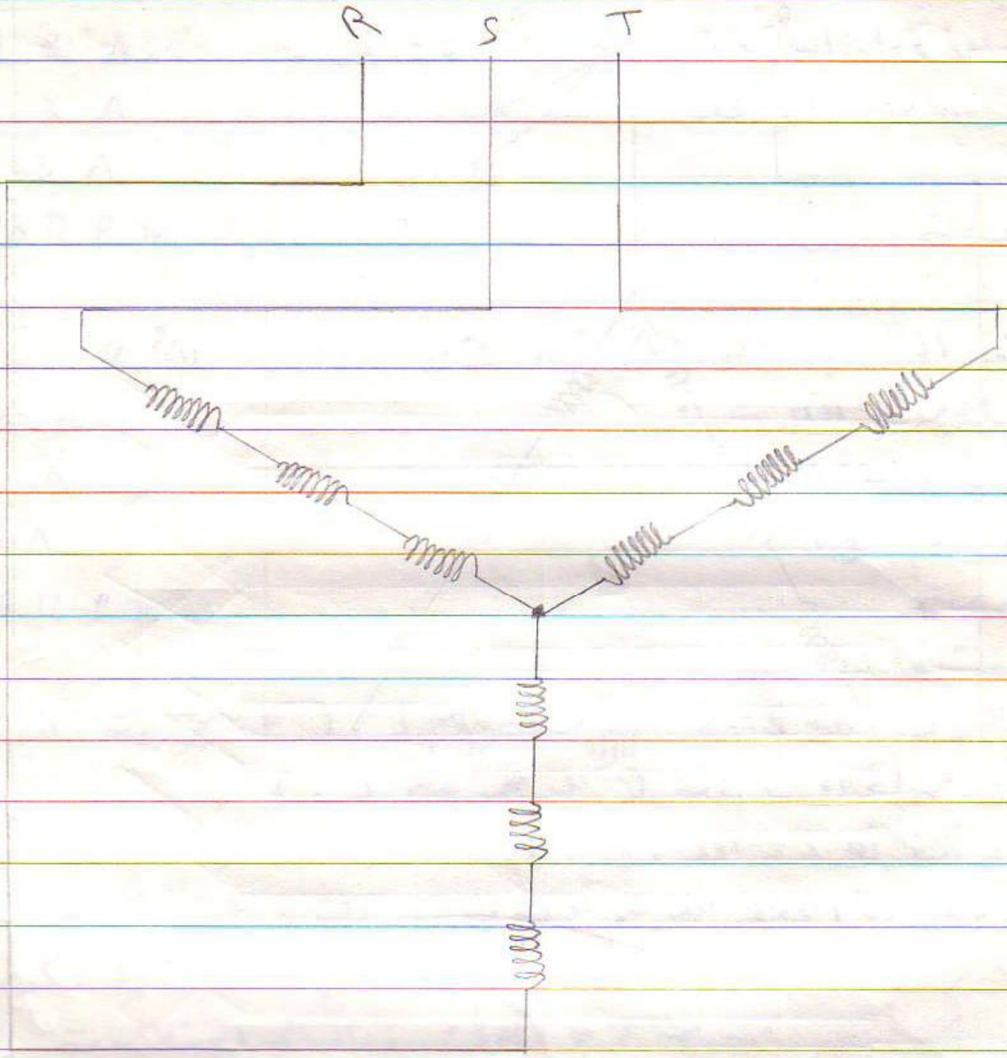
يراد إجراء تعديل على المحرك السابق بحيث تصبح كل مجموعة ملفين على التسلسل وذلك دون نزع الملفات فقط بإجراء تعديل بالتوصيل مع المحافظة على عدد الأقطاب



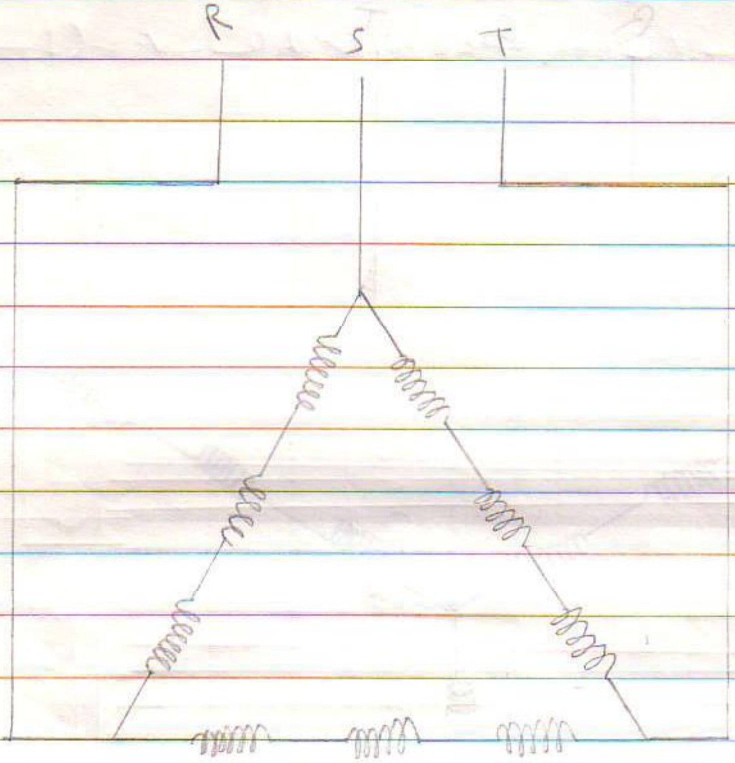


رسم مخطط المحرك السابق بطريقة المجموعات

مخطط الرسم الترتيبي للمجموعات للمحرك السابق في حالة الوصل نجمي عند العمل على شبكة 380 ف



مخطط الرسم الترسيمي للمجموعات للمحرك السابق في حالة الوصل مثلثي عند العمل على شبكة 220V



النتائج التي تم الحصول عليها من تجربة المحرك السابق والمناقشة التي تم طرحها

أ. عند التوصيل نجمي على شبكة 380V = V_{lin}

تيار الأطوار الثلاثة $I_S = 1.3$ A
وهو يساوي تيار الخط $I_R = 1.3$ A
$I_T = 1.3$ A
السرعة $N = 970$ r.p.m

ب. عند التوصيل مثلثي Δ على شبكة 220V = V_{lin}

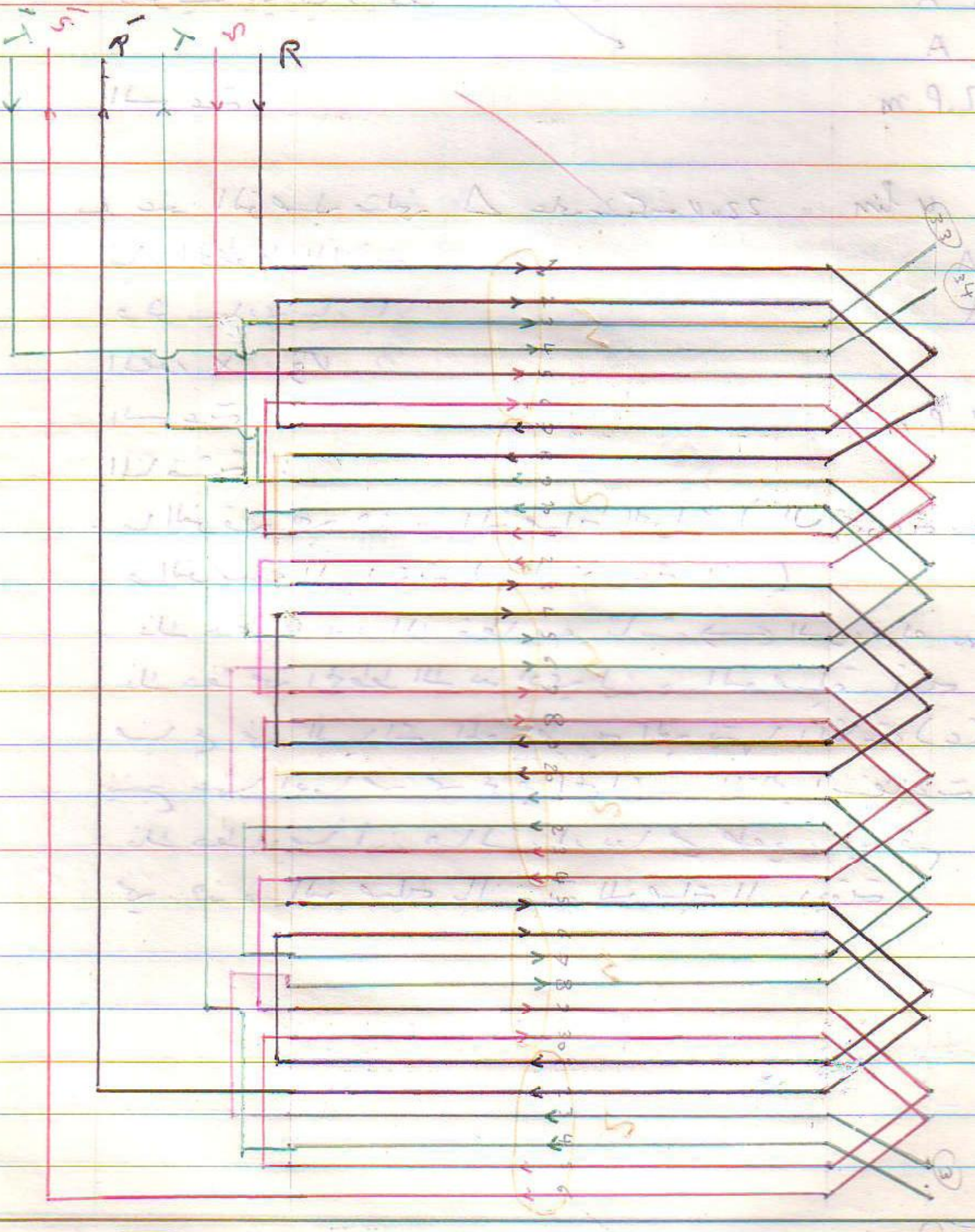
تيار الخطوط الثلاثة $I_S = 3$ A
وهو يساوي تيار تيار $I_R = 3$ A
الطور x $\sqrt{3}$ $I_T = 3$ A
السرعة $N = 970$ r.p.m

المناقشة :

- ما الفرق بين هذه التوصيلة للمحرك (كل مجموعة ملفين) والتوصيلة السابقة (كل مجموعة ملف)
- نلاحظ أن عدد الأقطاب ثابت ⟸ السرعة نفسها تقريباً
- نلاحظ من المخطط الانفرادي لهذه التوصيلة أنه هناك ضياع في السيالة المغناطيسية التي تتجه للثابت (انعكاسات) ينتج عنها انخفاض في عزم المحرك وبالتالي استطاعته
- نلاحظ أيضاً أن هناك ارتفاع طفيف في قيم التيارات في هذه التوصيلة بالنسبة للتوصيلة السابقة

ملاحظة

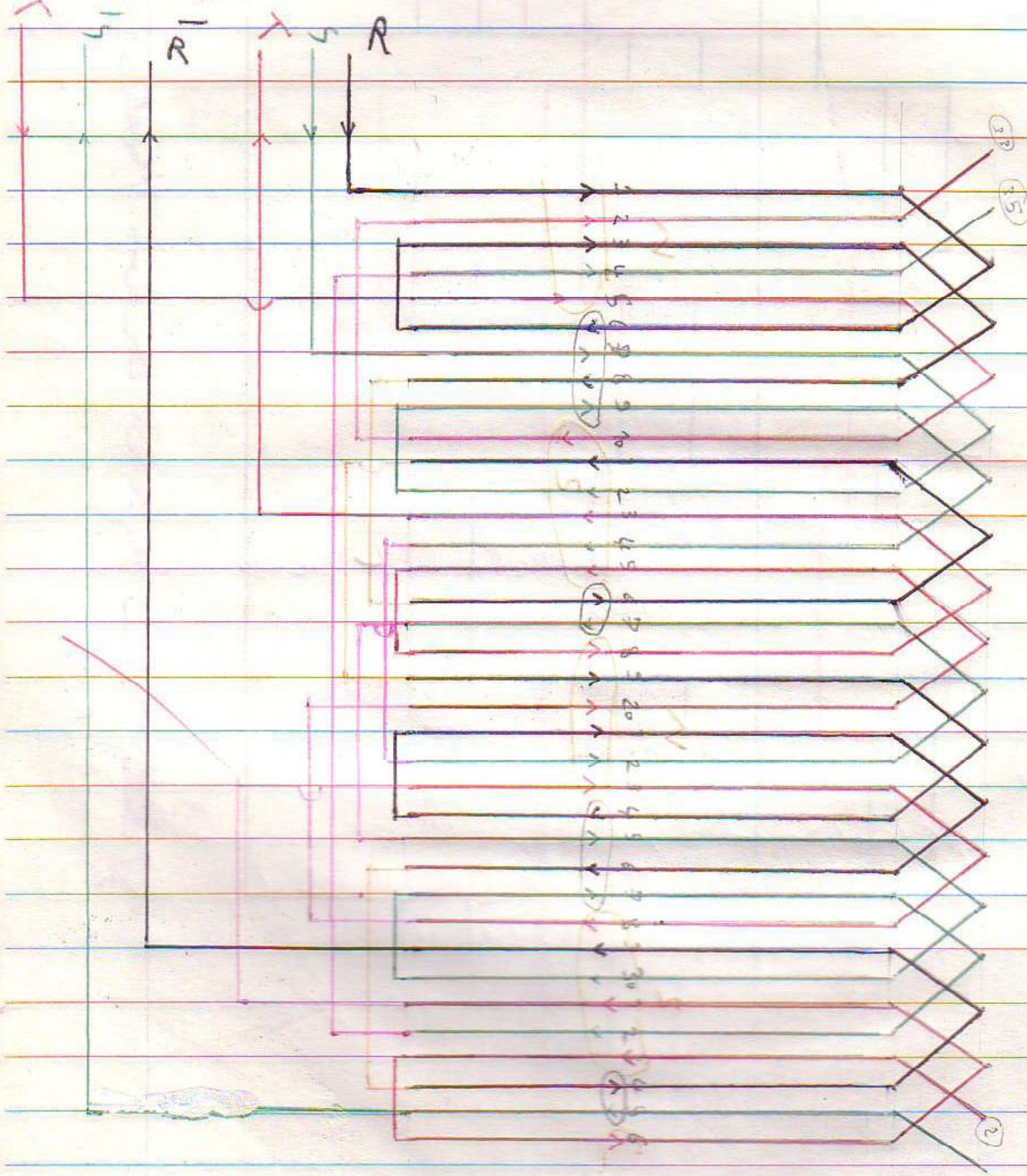
لو أردنا التخلص من العكوسات في التيارات التي حصلت في المحرك السابق (أثناء توصيله كل مجموعة ملفين) لوجب علينا أثناء تنزيل الملفات أن نتبع خطوة تنزيل للملف تساوي (1 — 7) كالآتي:



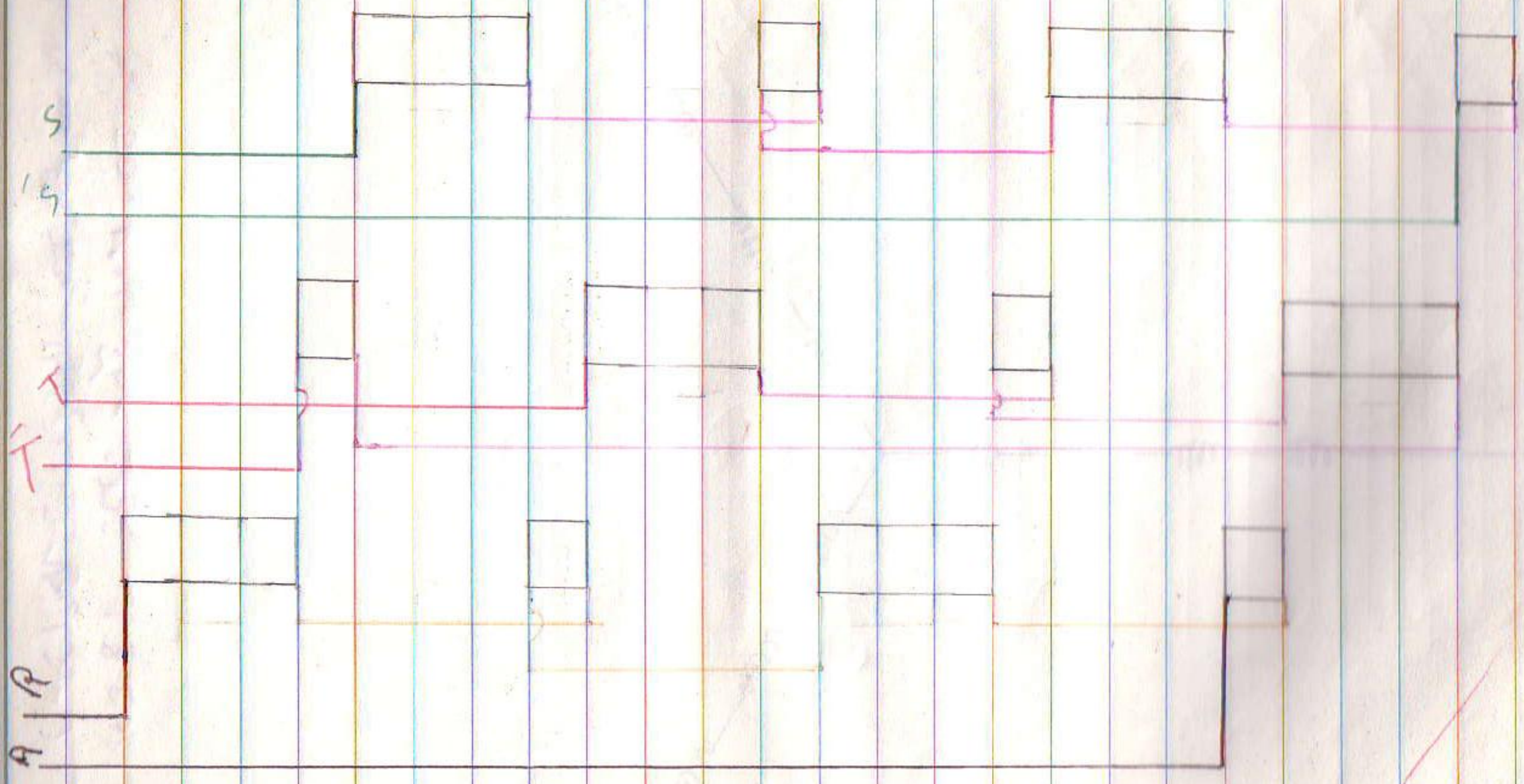
مثال عملي : (3) :

يراد إجراء تعديل على المحرك السابق الذي يحوي 36 مجرى ملفوف 3 فازياً خطوة اللفة (1 - 6)

بحيث يصبح عدد أقطابه 2P = 4 فقط بإجراء تعديل بالتوصيل :

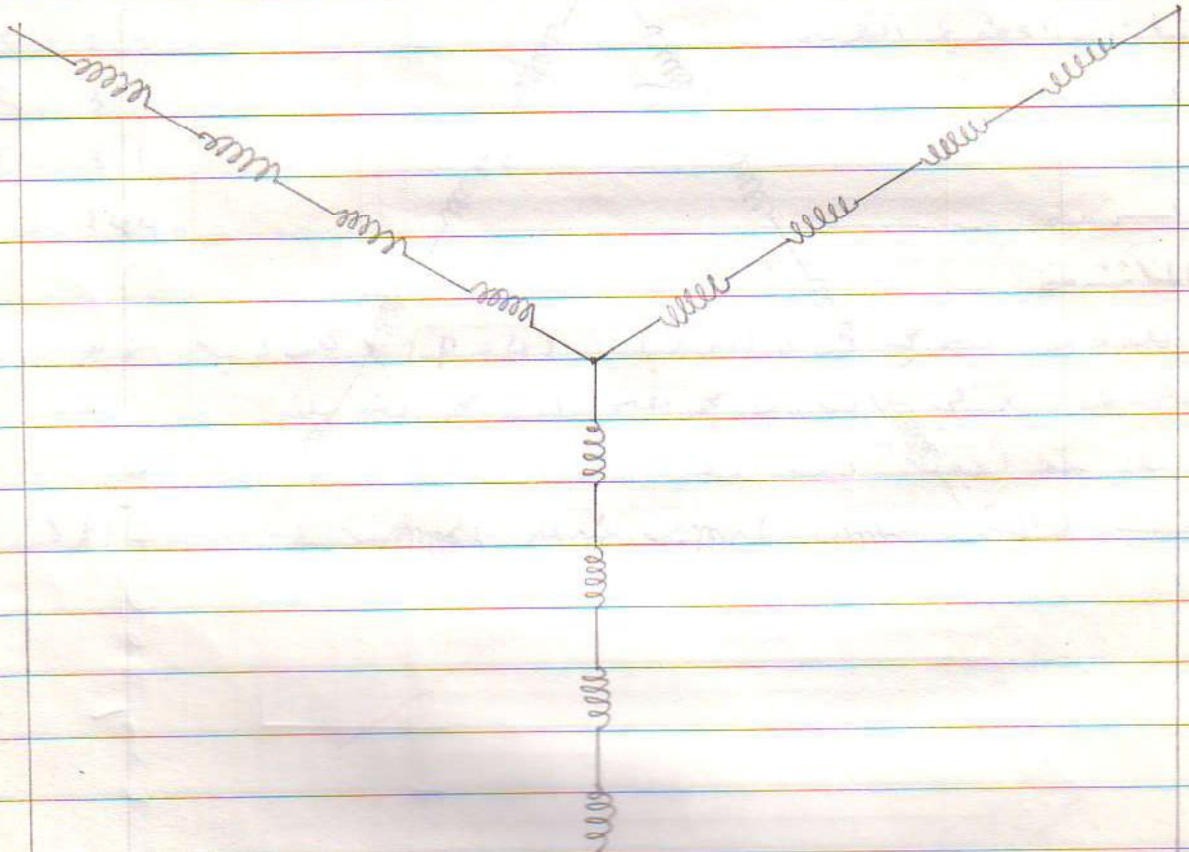


T̄
S̄
R̄
T
S
R
33
35
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
2
4

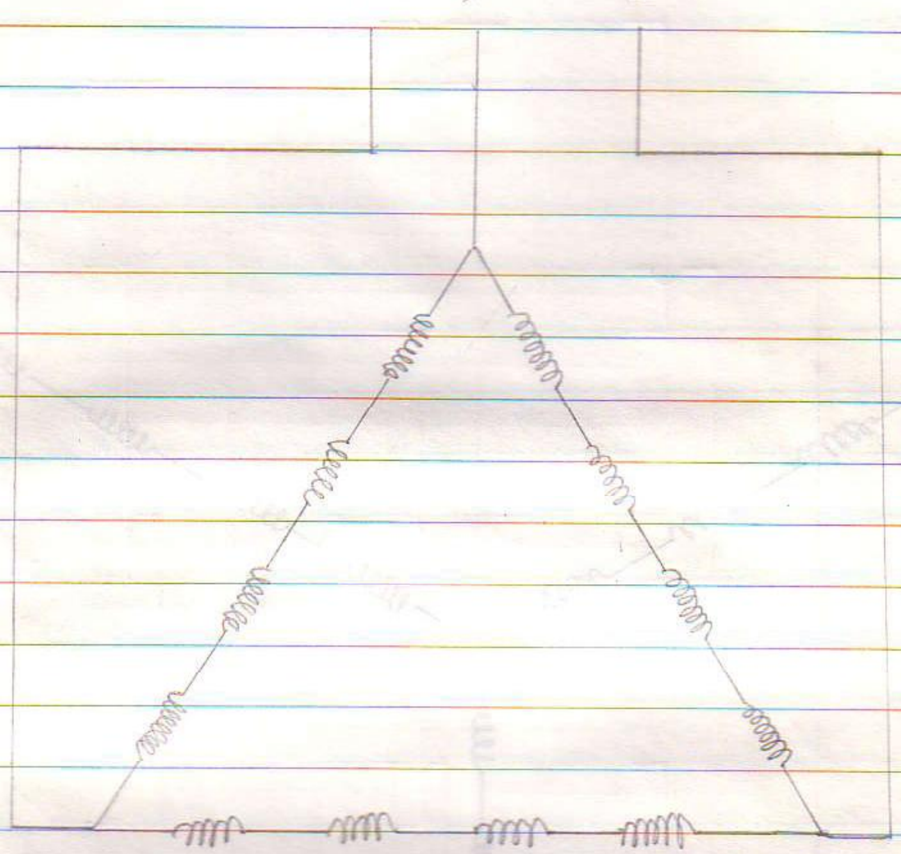


رسم مخطط المحرك السابق بطريقة المجموعات

مخطط الرسم الترتيبي للمجموعات للمحرك السابق في حالة
الوصل نجمي عند العمل على شبكة U_{lin} = V 380



مخطط الرسم التركيبي للمجموعات للمحرك السابق في
حالة العمل مثلث على شبكة 220V = 4 lin



النتائج التي تم الحصول عليها من تجربة المحرك السابق والمناقشة التي تم طرحها

أ- عند التوصيل نجمي على شبكة $u_{lin} = 380V$

تيارات الأطوار الثلاثة وهي تساوي تيارات الخطوط

IS = 1 A
IR = 1 A
It = 1 A

السرعة N = 1440

ب- عند التوصيل مثلثي Δ على شبكة $u_{lin} = 220V$

تيارات الخطوط الثلاثة وهي تساوي تيار الوجه $\times \sqrt{3}$

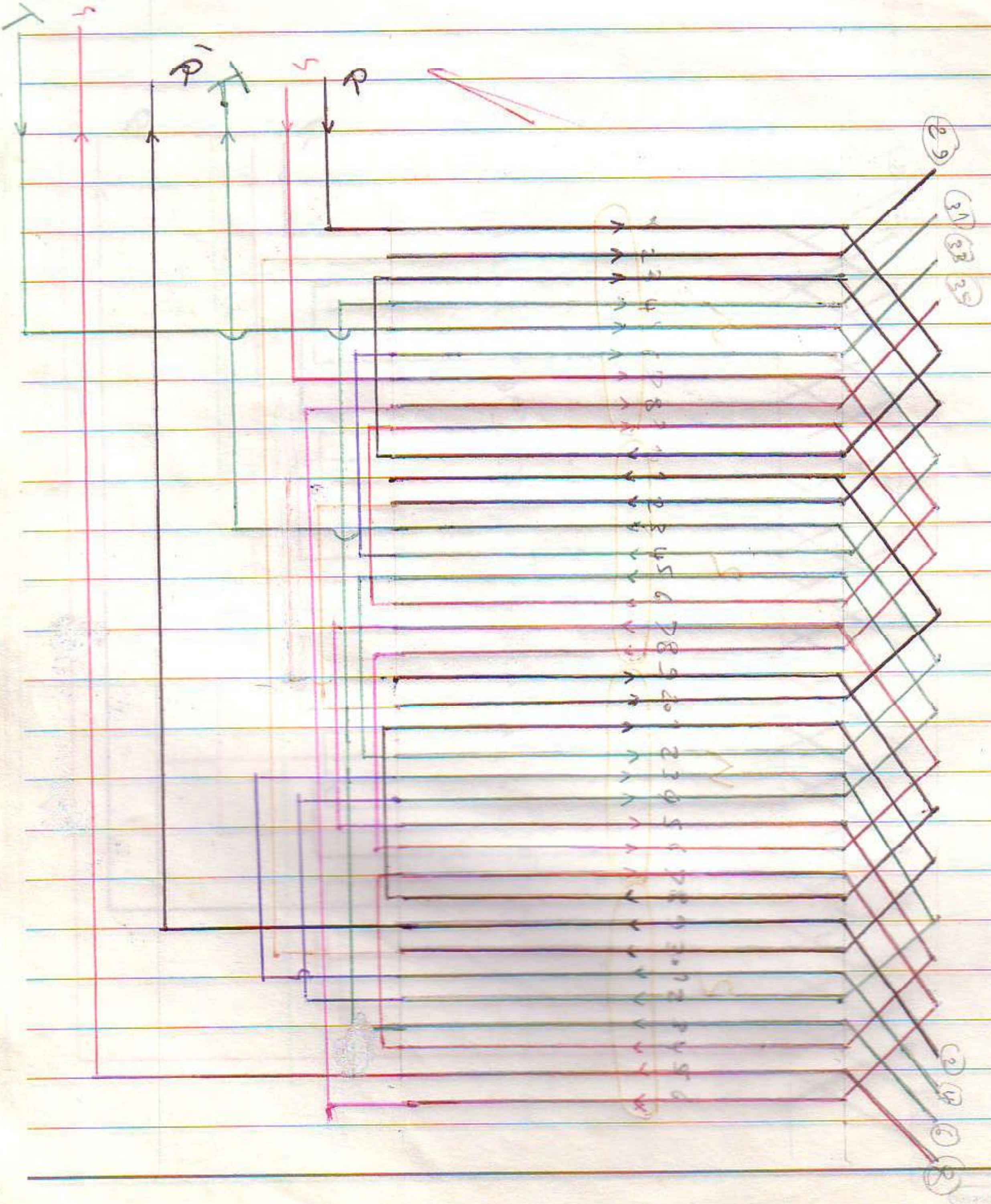
IS = 2.9
IR = 3
IT = 3.1

السرعة N = 1440

المناقشة

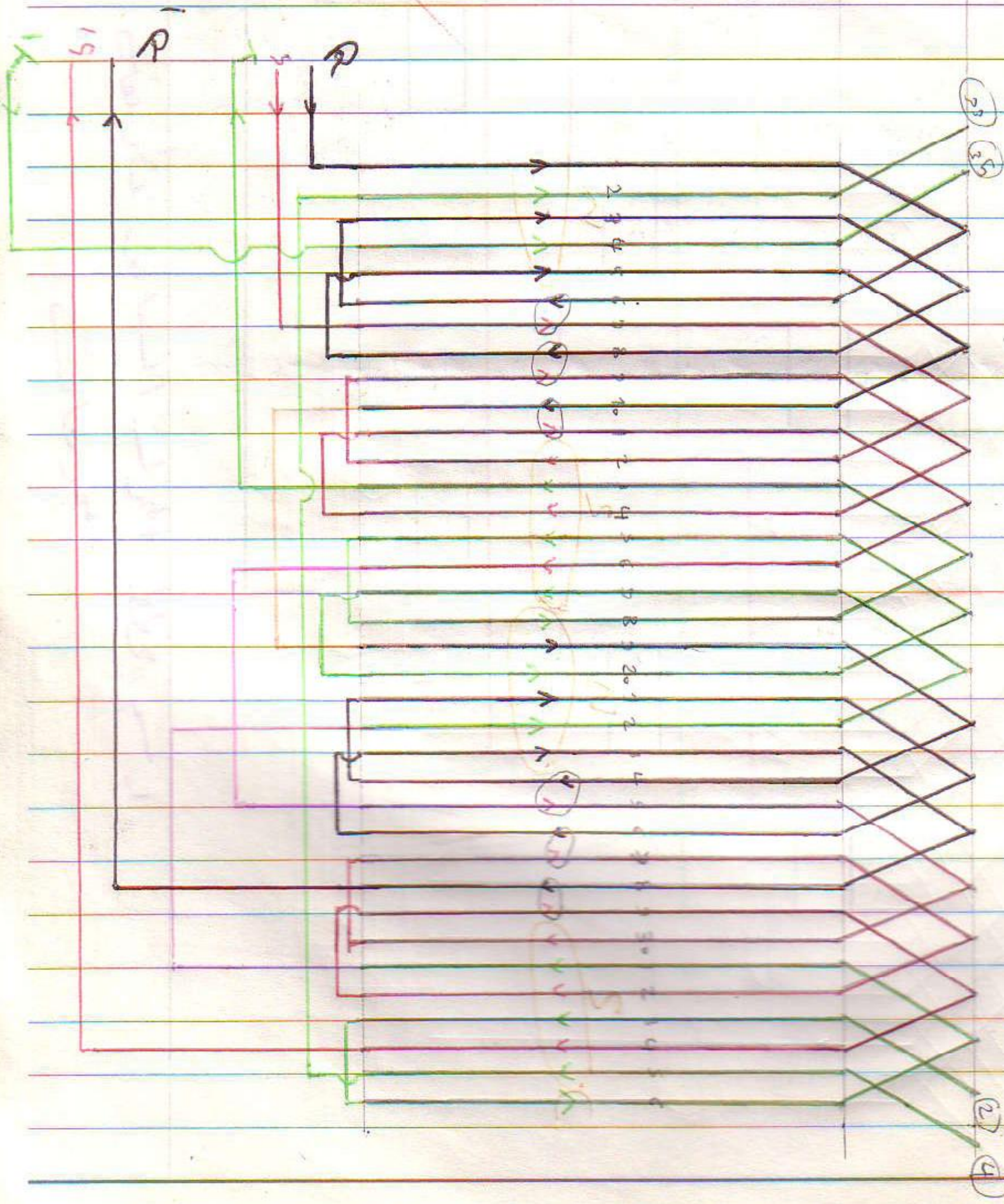
- نلاحظ أنه في هذه التوصيلة (2P = 4) كان لدينا أربع مجموعات لكل طور وهي بالتناوب مجموعة خلف مجموعة سلفي
- نلاحظ أيضاً أن الضياعات المغناطيسية هنا كبيرة نسبياً (الكوسات) مما يؤدي إلى ضياع في عزم المحرك

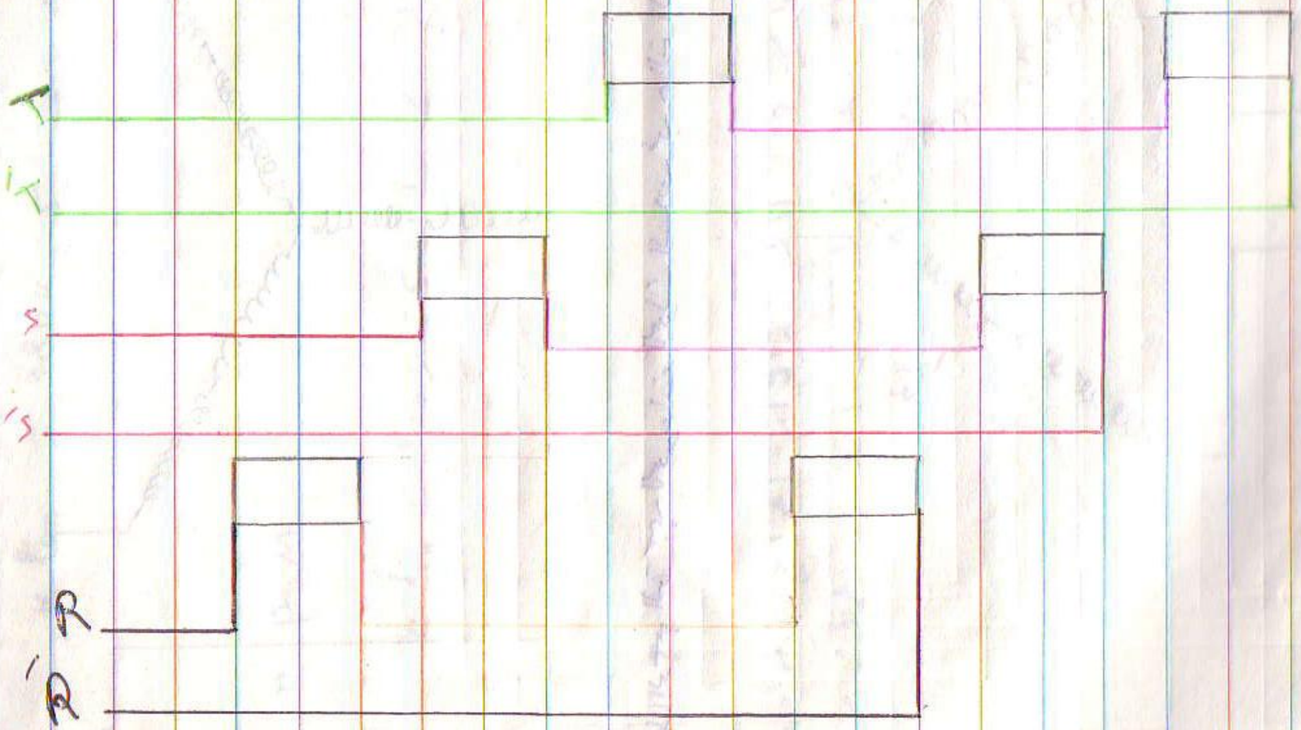
لو أردنا التخلص من المكوسات في التيارات في هذه الحالة فلا
لوجب علينا إعادة تركيب الملفات بخطوة جديدة تساوي (1 – 10)
كالتالي


R'
T'
S
R
31
32
35
2
4
6
8

مثال عملي : 4

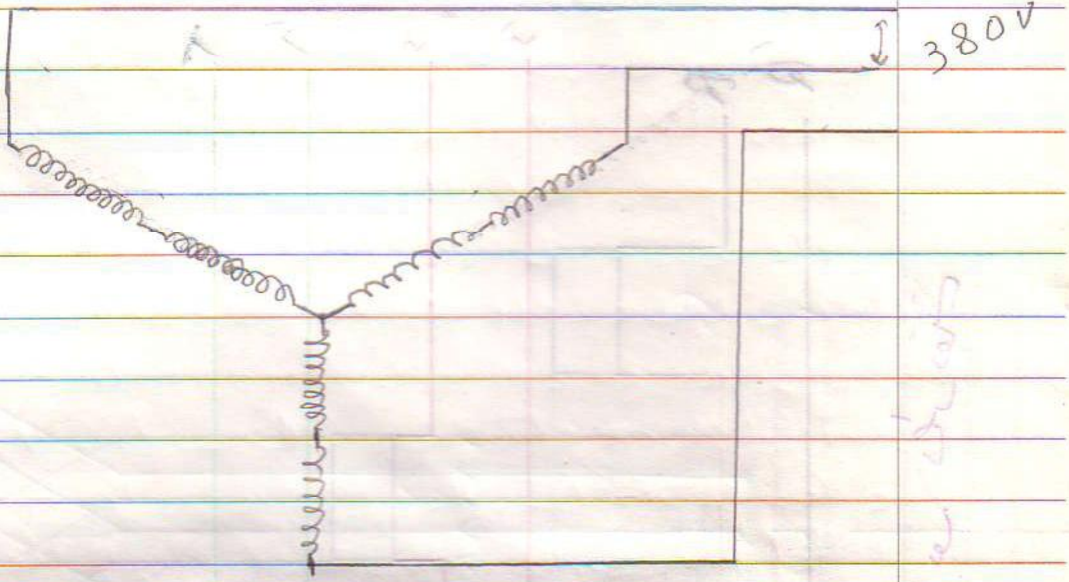
يراد تعديل على المحرك السابق بحيث يصبح عدد الأقطاب 2P=4
و الحل بحيث تتكون كل مجموعة من ثلاث ملفات



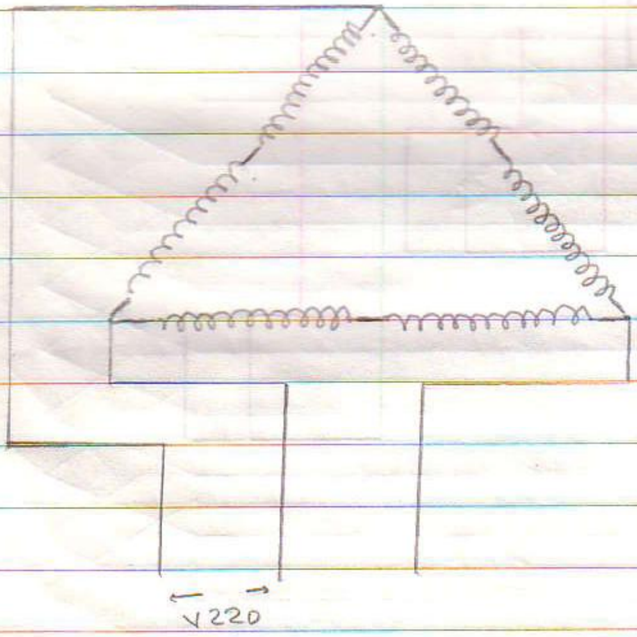


رسم مخطط المحرك السابق بطريقة
المجموعات

مخطط الرسم الترسيمي للمجموعات للمحرك السابق في حالة الوصل نجمي V380



مخطط الرسم الترسيمي للمجموعات للمحرك السابق في حالة الوصل مثلثي 220V



النتائج التي تم الحصول عليها من تجربة المحرك السابق والمناقشة التي تم طرحها

أ. عند الوصل نجمي على شبكة 380V = U lin

Is = 1 A
IR = 1 A
It = 1 A
N = 1440 r.p.m

ب. عند الوصل مثلثي Δ على شبكة 220V = U lin

Is = 1.5 A
IR = 1.5 A
It = 1.7 A
N = 1440 r.p.m

المناقشة: نلاحظ في هذه الطريقة إذا تم إخراج أطراف المجموعات إلى خارج المحرك يمكن تحويل عدد أقطاب المحرك من 2P = 4 إلى 2P = 2 دون الحاجة لفك المحرك

اللف بطريقة ضلعين في المجرى

يمكن تنفيذ لف العضو الثابت في المحرك بطريقة الضلعين في المجرى الواحد حيث يتبع أحد الضلعين لملف و الضلع الأخر يتبع لملف آخر ويوضع بينهما عازل الكرتون أو غيره . و عادة إذا وضع أحد ضلعي ملف في الأسفل يوضع الضلع الأخر لنفس الملف في الأعلى ويظهر ذلك في المخططات الأتية

مسألة :

يراد لف محرك ثلاثي الطور 36 مجرى بطريقة الضلعين في المجرى خطوة التزيل (1 ـ 7) عدد لفات كل ملف 45 لفة وذلك حسب التوصيلات التالية

أ- أن يكون المحرك ذو أربع أقطاب وذلك بأن يتم وصل كل ثلاث ملف على التسلسل لتشكل مجموعة :