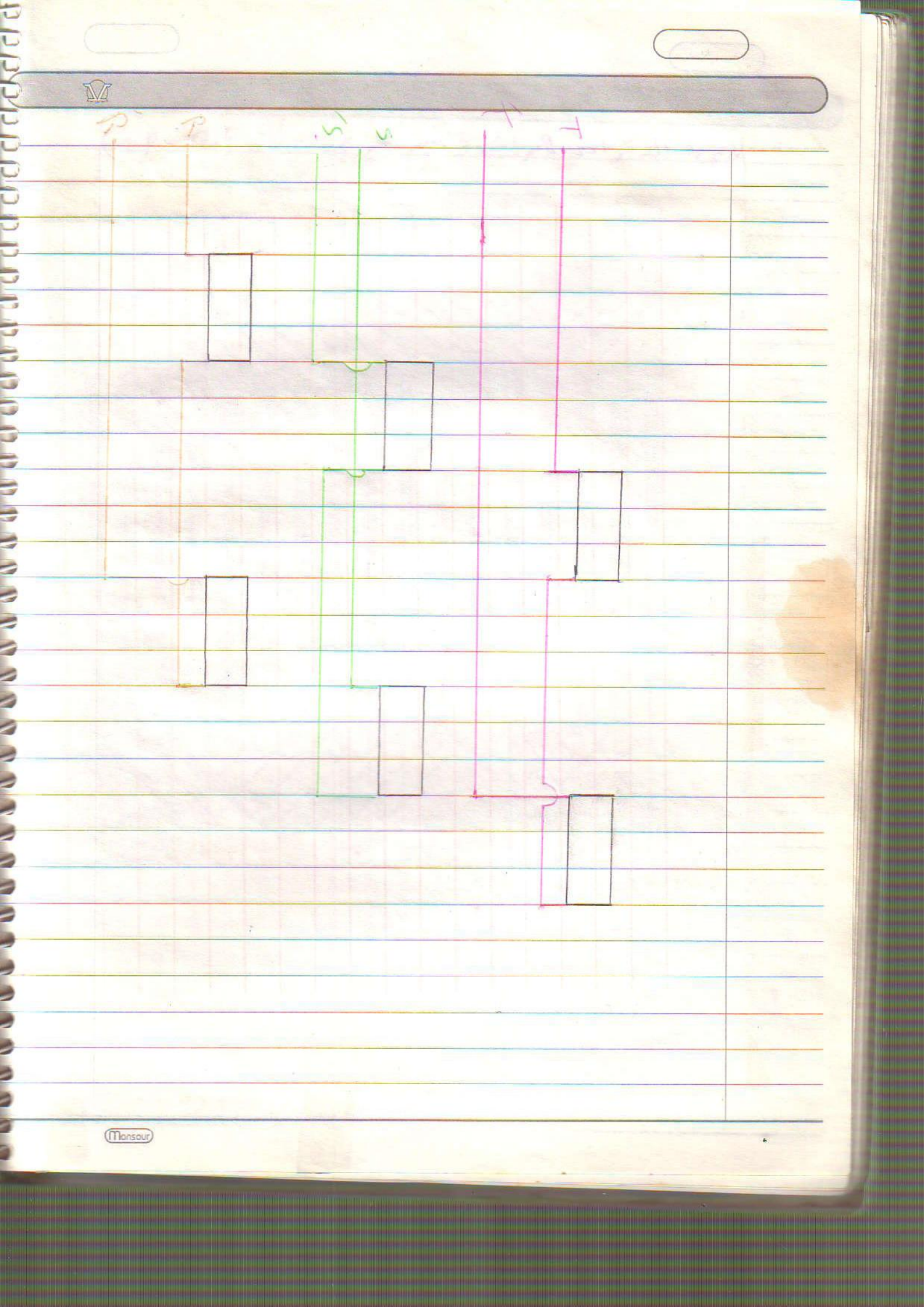
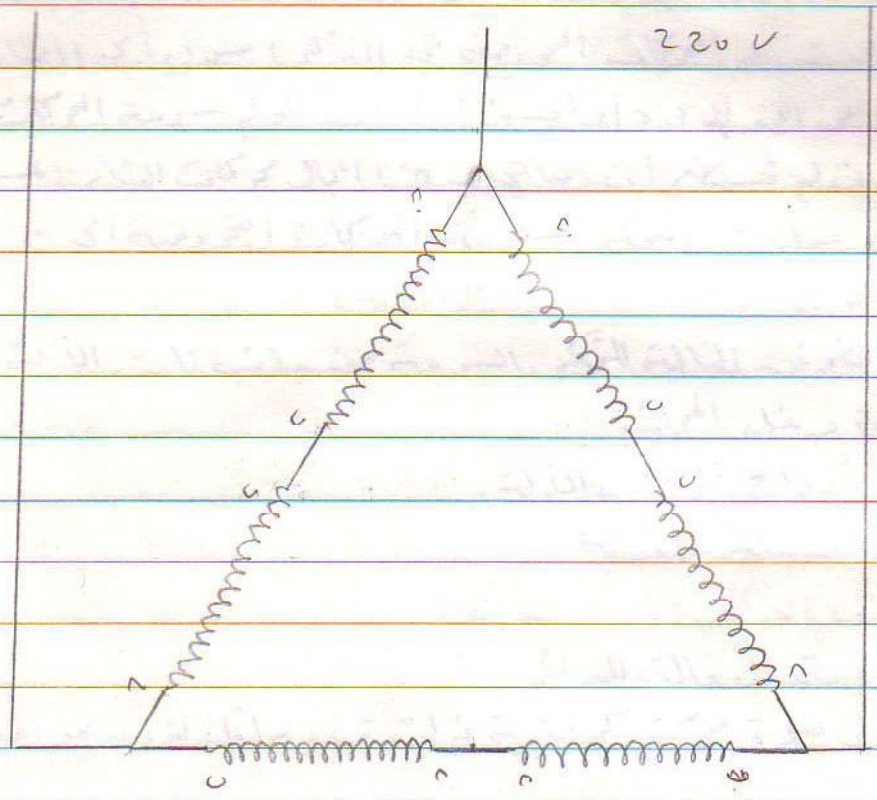

P'
P
S'
S
Y'
Y




$I_S = 2.6\ A$

$I_T = 2.6\ A$ $\quad n = 2800\ R.P.M$

$I_R = 2.6\ A$

## التحكم بسرعة المحركات التزامنية ثلاثية الطور :

في العديد من الصناعات ، يطلب من المحركات تغيير متطلبات خاصة بالسرعة وبدقة تامة ، كمجال تغير السرعة ، ونعومة تغيرها ، الأمر الذي يرتبط مقتضيات التشغيل للمكنات . و المحركات التزامنية في الذكر استراحاً في الصناعات وقد بذل كثير من الجهد لإيجاد أو تحسين إمكانات التحكم بسرعة المحركات التزامنية لكنها حتى الآن لم تستطع أن تضاهي في هذا المجال محركات التيار المستمر.
وقد قسمت عمليات التحكم بسرعة المحركات التزامنية إلى :

### أ. التحكم بالسرعة من جانب ثابت الآلة :

وتستخدم الطرق التالية للتحكم بالسرعة من جانب ثابت الآلة :

1. تغيير فولطية دخل المحرك
2. تغيير عدد أزواج أقطاب الآلة.
3. تغيير تردد الشبكة المغذية.

### ب. من جانب الدائر :

1. تغيير المقاومة الفعالة للدائر
2. يحقن الدائر بقوة محركة كهربائية ذات تردد مماثل لتردد فولطية الدائر

### - التحكم بالسرعة بتغيير عدد الأقطاب :

نلاحظ أن سرعة الساحة الدوارة تساوي في الثانية الواحدة :

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

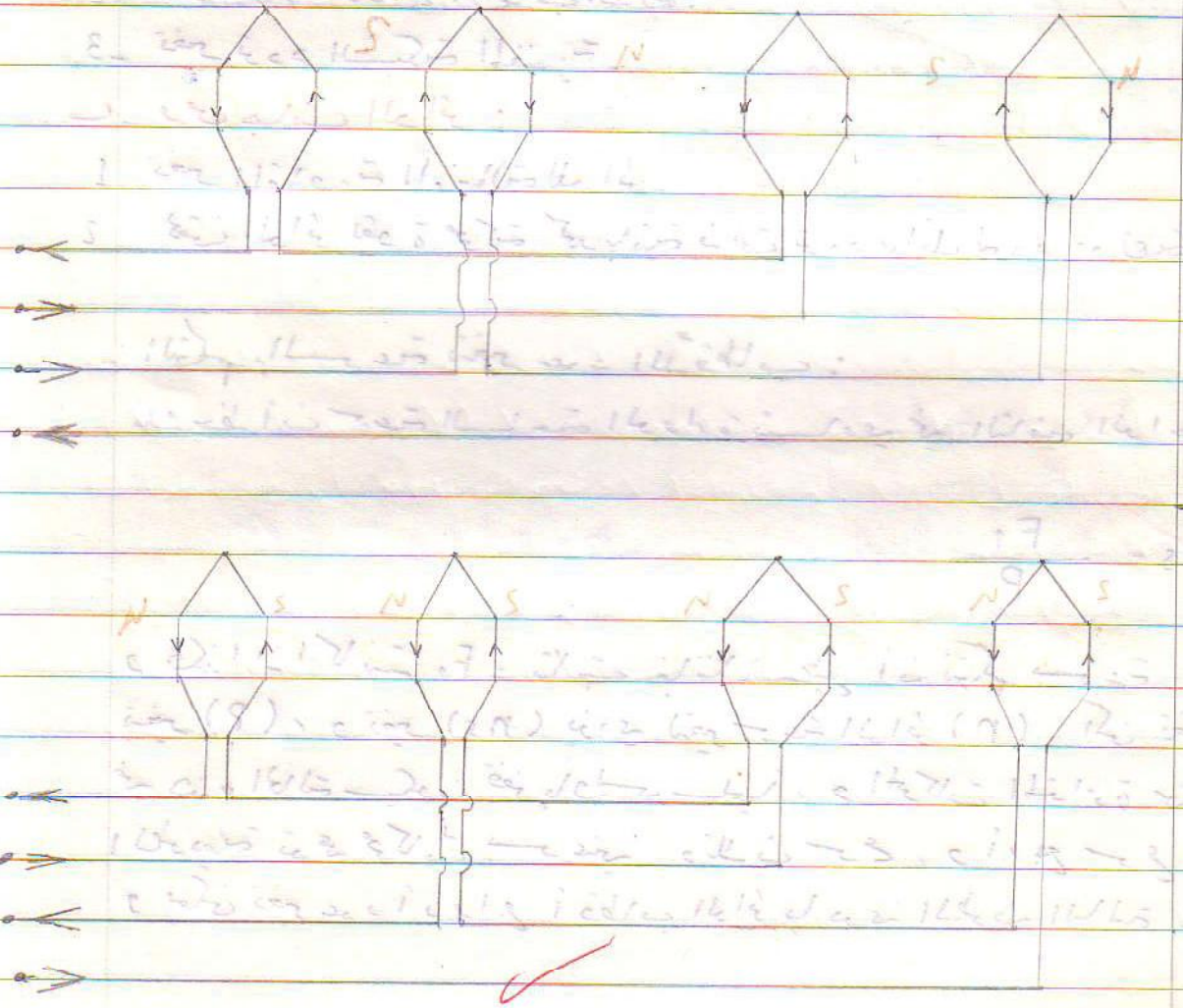
و هكذا إذا كانت $F_1$ = ثابت فإننا نستطيع أن نتحكم بسرعة ($n_s$) بتغير ($P$) ، و تغير ($n_s$) يؤدي لتغير سرعة الدائر ($n$) ، لكن تغير السرعة في هذه الحالة سيكون قفزياً وليس سلساً ، و المحركات المتوافرة من هذه الطريقة تؤمن محركات بسرعتين ، وثلاث سرعات ، و أربع سرعات
و يمكن تغيير عدد أزواج أقطاب الدائر بإحدى الطرق التالية :

1- توضع ملف واحد في الثابت ومن ثم تغير عدد الأقطاب الناتجة من بواسطة مفتاح تحويل وربط لجزء من لفات الملف

2- توضع ملفين مستقلين في الثابت كل منهما ينتج عدداً مختلفاً من الأقطاب

3- توضع ملفين مستقلين في الثابت كل منهما له مفتاح تحويل وربط خاص يغير عدد أقطابه

المحرك ذات السرعة وضع عادة من ملف واحد في الثابت وتغير عدد أقطابه بنسبة (1:2)



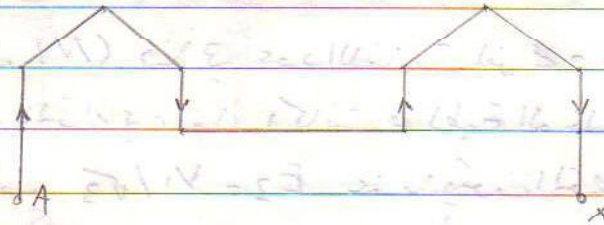
المحركات ذات ثلاث سرعات وأربع سرعات تزود عادةً بملفين في ثابتها، أحدهما أو كلاهما يكون مزوداً بمفتاح تحويل دوار لتغيير عدد الأقطاب.

إذا كان الحمل من نوع الوائل المقوس، فإن تغيير عدد أقطاب ثابته يجب أن يترافق مع تغيير معامل لأقطاب دائره.

لهذا فإن هذه الطريقة للتحكم بالسرعة تستخدم في المحركات المقصورة (قفصاً سنجابياً)، حيث يتم تغيير دائرها آلياً عند أقطاب عامل لعدد أقطاب الثابت

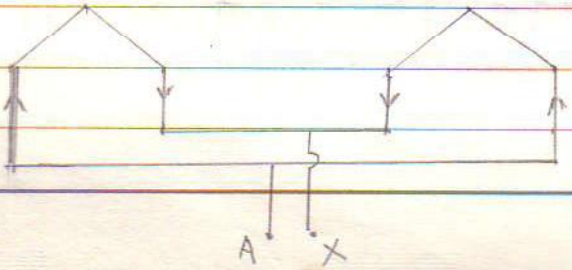
وتوجد طرائق عديدة لتغيير عدد الأقطاب في الثابت، والأكثر شيوعاً هو تغيير اتجاه التيار في كل نصف من عدد لفات كل طور من أطوار الملف الثلاثة، أو قصر نصف لفات كل طور

نرى في الشكل الآتي كيفية تغيير عدد الأقطاب بنسبة (2:1) حيث في (a) و (b) نرى توصيلاً تسلسلياً، وفي (c) نرى توصيلاً تفرعياً لكل من نصف عدد لفات كل طور.




a

b




c

ويمكن أيضاً تغيير طريقة التوصيل من (Y) إلى (Δ) أو العكس، حيث أنه عند تغيير عدد أقطاب الآلة تتغير كل خواص الملف، وبالتالي يتغير التردد في القوة المحركة:

$$E = 4.44 \cdot f \cdot N \cdot \phi_m \cdot K_{dp}$$

وإذا كان التردد في القوة المحركة هنا:

$$\phi_{max} = B_{max} \frac{D \cdot L}{P}$$

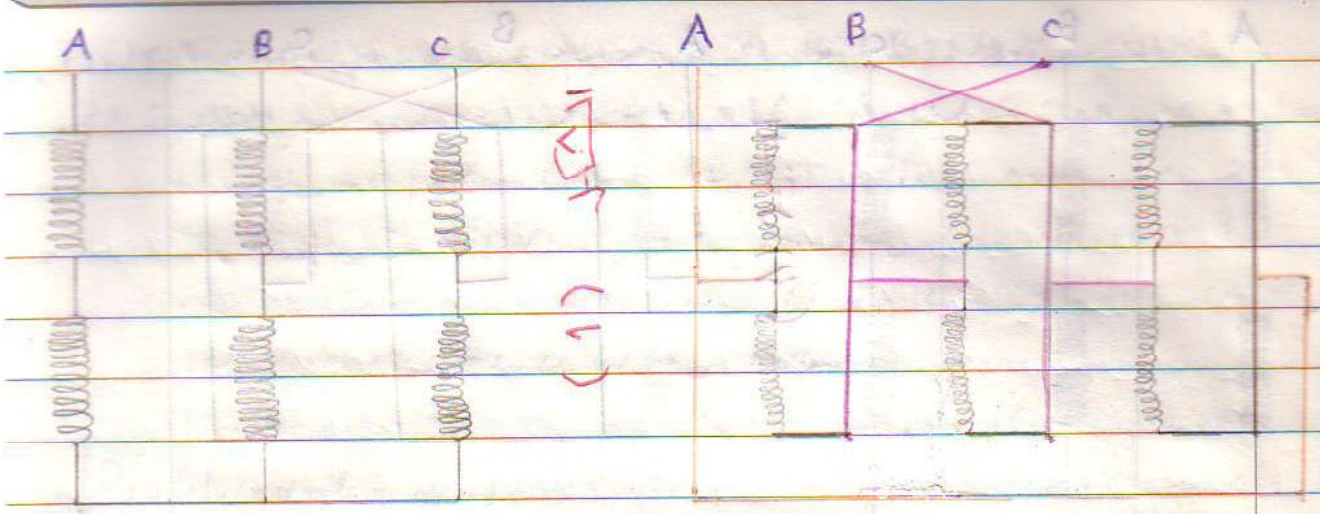
حيث ($B_m$) القيمة العظمى للتردد في القوة المحركة، ($L$) طول مجاري الثابت، ($D$) قطر جوف الثابت.

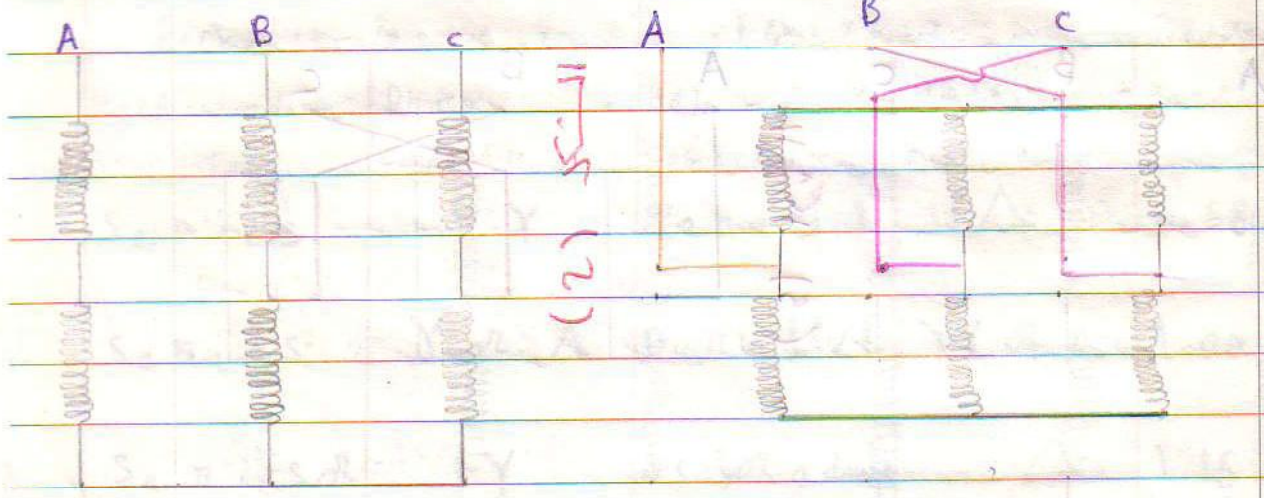
إذا أخذنا القيم التي تحتوي عدد الأقطاب الأول بـ ($I$) وعدد الأقطاب المتتابعة بـ ($II$)، وطبقنا المعادلة عليهما نجد أن:

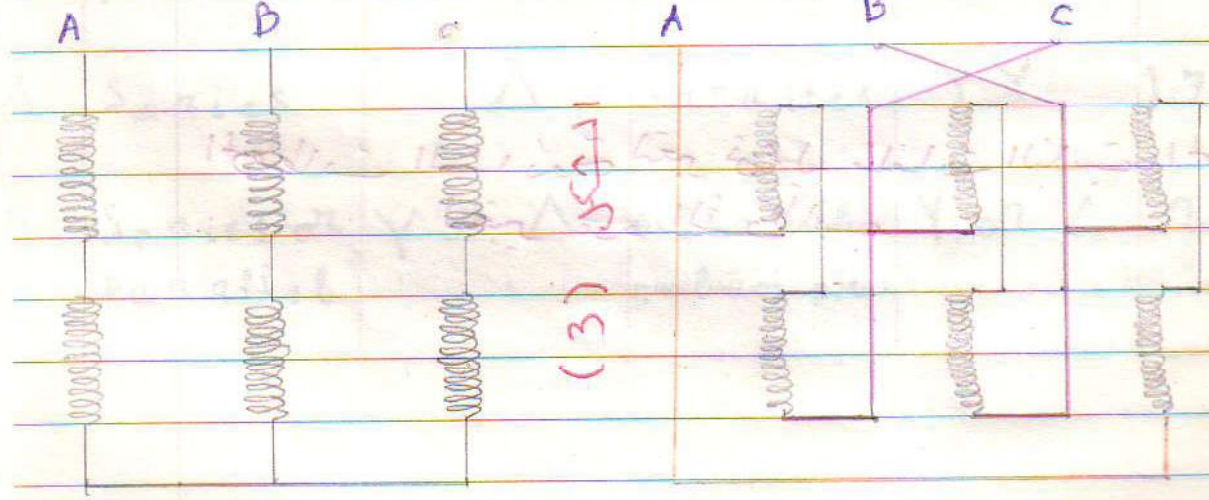
$$\frac{E_1}{E_{11}} = \frac{N_1 \; B_1 \; P_{11} \; K_{dpI}}{N_{11} \; B_{11} \; P_1 \; K_{dpII}}$$

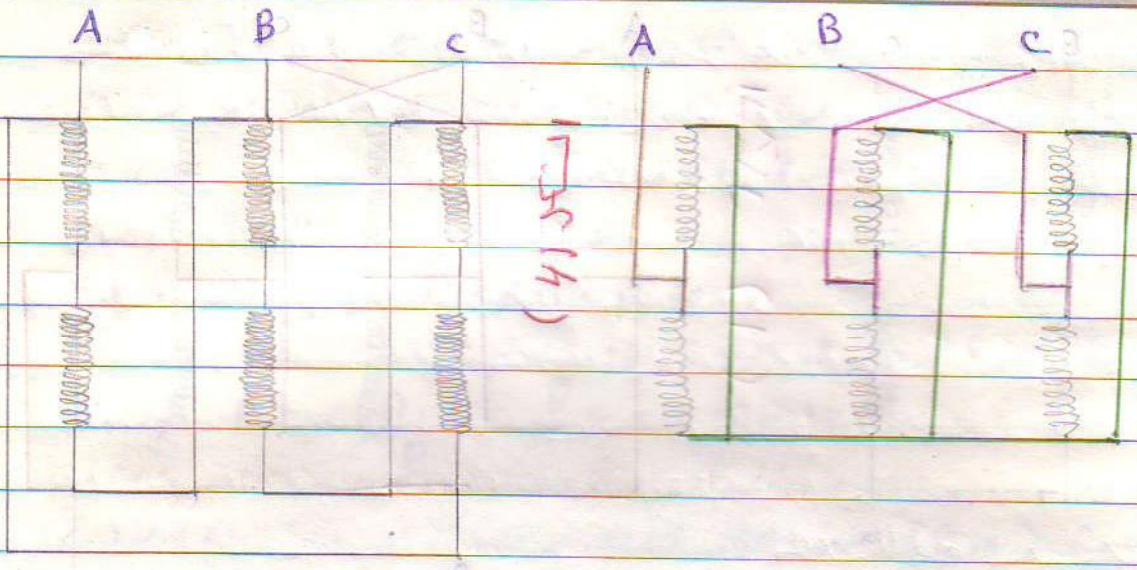
إن ($N$) هنا هي عدد اللفات لنوع واحد من نوعي الوجه الموصلة على التوازي، بافتراض كانت توصيلة الدخل ثابتة، وبإهمال الهبوطات فإن $E_1 = V_1/\sqrt{3}$ عندما يكون التوصيل ($Y$) وتساوي ($V_1$) عندما يكون التوصيل ثلاثياً. وهكذا إما أن نغير طريقة توصيل وضع عدد لفات كل طور، وفي الوقت نفسه تغير طريقة توصيل ملفات الوجه، فيلزم أن نغير أيضاً النسبة ($B_{II}/B_I$) بحال عرضي.

وهي الحالة التي نشاهد فيها مخططات شائعة لتغيير توصيل ملفات الثابت، وبالطبع يجب التأكد من أن المحرك سيدور في الاتجاه بالاتجاه نفسه.

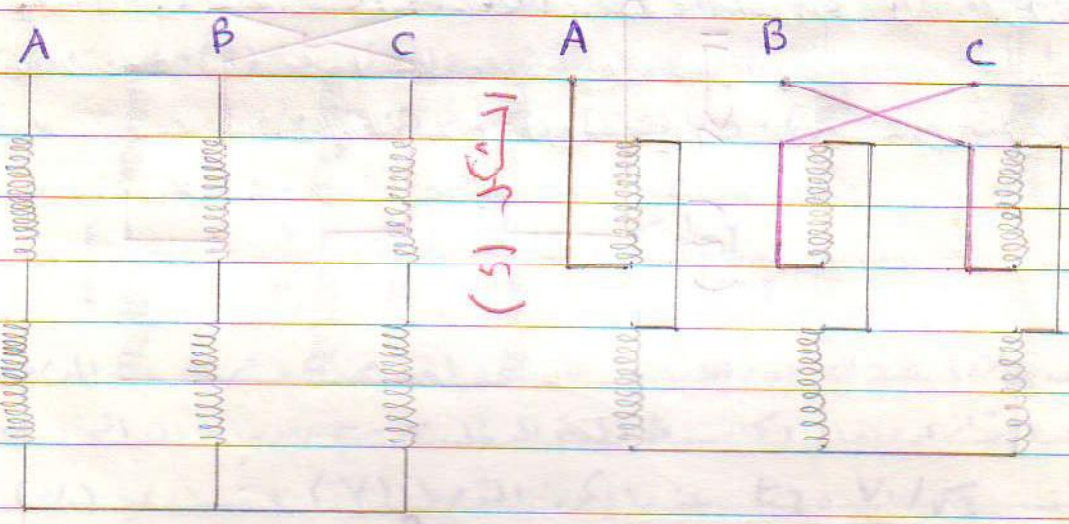

A
B
C
A
B
C
(1)


A
B
C
A
B
C
(2)


A
B
C
A
B
C
(3)




شكل (٤)




شكل (٥)

المخططات السابقة لتغير توصيلات الثابت المرافق
لتغير عدد الأقطاب

إن النسبة ($B_{II}/B_I$) تعبر إلى حد قريب عن النسبة بين القوى ($T_{II}/T_I$) وفي الحالة يمكن أن نأخذ قواعد الجدول التي في الحالات التي يكون الدائرة

| Diagram No. | Double number of poles (2×2p) Subscript group II, Fig. 20-4 | | Single number of poles (2p) Subscript group I, Fig. 20-4 | | Ratio $B_{II}/B_I$ |
|---|---|---|---|---|---|
| | Half-winding connection | Phase connection | Half-winding connection | Phase connection | |
| 1 | Series | Y | Parallel | Δ | 0.58 |
| 2 | Series | Y or Δ | Parallel | YY or Δ | 1.00 |
| 3 | Series or parallel | Y | As for a double number of poles | Δ | 1.16 |
| 4 | Series | Δ | Parallel | YY | 1.73 |
| 5 | Series or parallel | Y or Δ | As for a double number of poles | Y or Δ | 2 |

في العديد من الحالات يكون عزم القوة المطلوبة على دائر الذات مستقلاً عن سرعة دورانها، وفكذا يلزم على المحرك أن يعطي عزماً واحداً قبل تغيير عدد أقطابه وبعده، أي $(T_{II} - T_I)$، وتصف هذه المحركات كمحركات ذات عزم ثابت. وهذا يتحقق تقريباً عندما $(B_{II}/B_I = 1)$ ومن الجدول السابق نرى أن الخليط الثاني والثالث المرتبطين بالخطوطين الثاني والثالث هما الأنسب لهذه الحالة

إذا كان على المحرك أن يعمل كمحرك ذي قدرة ثابتة، فإن الأنسب أن تكون نسبة $(B_{II}/B_I = 2)$ والخلائط الرابع والخامس من الجدول يناسبان هذه الحالة

الحمل الأول في الجدول نفسه، والذي يعبر عن أصغر نسبة للعزمين، وتستخدم هذه الخلطات تقريباً في محركات المراوح، وعموماً يزداد الانزلاق النسبي المؤدي عند الحمل الاسمي للمحرك في السرعة العليا عليه في السرعة الدنيا. وكذلك عامل القدرة، لكن فروق السرعات الأدنى يكون أفضل

في الجدول الآتي نرى خواص محرك ثلاثي الطور بسرعتين متزامنتين

| Power kw | Speed rpm | $S_n$ % | $\eta$ % | cos$\varphi$ | $\frac{I_{st}}{I_n}$ | $\frac{M_{st}}{M_n}$ | $\frac{M_{max}}{M_n}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 4 | 750 | 2.4 | 80.5 | 0.778 | 4.2 | 1.3 | 2.0 |
| 4.5 | 1.500 | 3.1 | 77.0 | 0.72 | 4.6 | 1.4 | 1.9 |
| 10.8 | 750 | 2.6 | 83.5 | 0.770 | 5.0 | 1.5 | 2.3 |
| 10.8 | 1.500 | 3.1 | 82.5 | 0.795 | 5.5 | 1.5 | 2.2 |
| 46 | 750 | 1.4 | 90.0 | 0.825 | 6.4 | 1.5 | 2.8 |
| 46 | 1.500 | 2.1 | 88.5 | 0.735 | 5.3 | 1.0 | 2.3 |

التحكم في السرعة بتغيير المقاومة الخارجية للدائر :

$$S = \frac{P_{cop}}{P_e \cdot m}$$

$$S = \frac{3 I_2^2 (R_2 - R_{2add})}{w_s \; T_e \cdot m}$$

حيث ($R_{2add}$) هي المقاومة الإضافية ضرورية للثابت ، ($w_s$) هي السرعة الزاوية للسرعة الدوارة ، ومنه بأن :

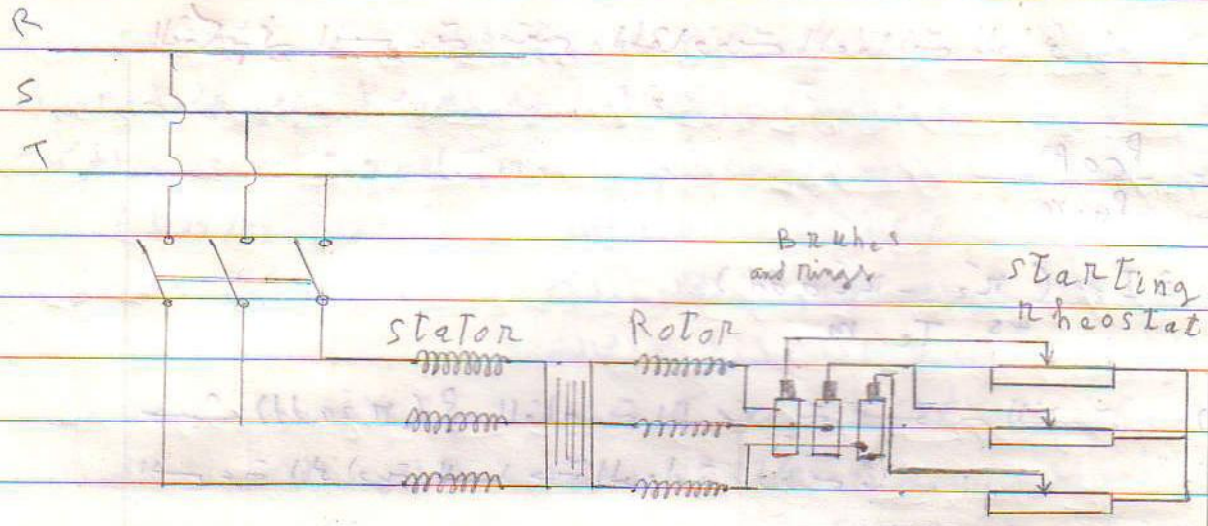
$$S \propto (R_2 + R_{2add})$$

إذا أبقينا عزم الثبت [$(3I_2^2/T_e \cdot 3) = ct$] عند حمل ثابت على المحور ، و ($w_s = ct$)

وبالتالي بإتباع بزيادة ($R_{2add}$) أي مقاومة الدائر الخارجية (تتحكم هذه الطريقة فقط في الدائر الملفوف) فإن الانزلاق سيزداد ، أي السرعة تقل ، و العكس بالعكس

ويمكن بهذه الطريقة الحصول على تحكم جيد بالسرعة بحيث إذا كانت المقاومة الإضافية تتغير بشكل مستمر ، وعيب هذه الطريقة أن المردود يتناقص مع زيادة مقاومة الدائر

وغالباً تستخدم هذه الطريقة لتحكم في سرعة المحركات الصغيرة لكنها تستخدم أيضاً في الآلات ذات الوزن المحمل ( الرافعة )




مقاومة متغيرة للتحكم بالسرعة، ولإقلاع المحرك

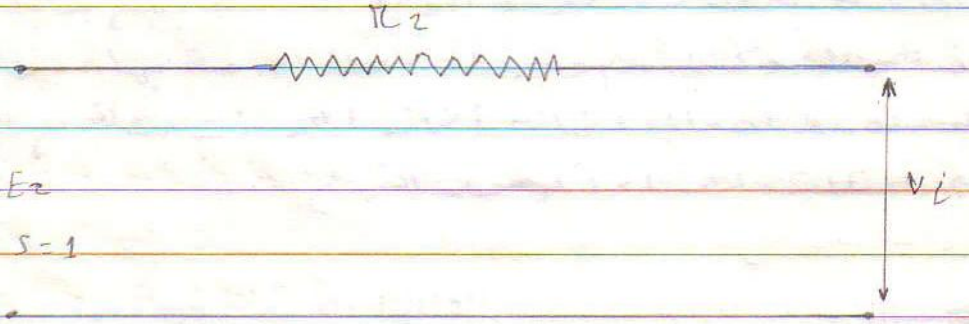
## التحكم بالسرعة بتغيير تردد دخل المحرك :

هذه الطريقة ممكنة فقط عندما يتغذى المحرك من مصدر تغذية خاص. إن تغيير التردد بمجال واسع ممكن بجعل المولدات التزامنية تدور عند سرع مختلفة، أو باستخدام محولات متناوبة ذات سرعة، أو باستخدام دارات إلكترونية.

تتوفر من مصدر ستر. وتتحقق باستخدام التايرستور أن تغير السرعة بمجال واسع (1:100). وبكفاءة التوازن ستر من (1:50) وعلى عزم إقلاع يتراوح بين ($1:1.5T_n$).

ويمكن استخدامها في المركبات الأسادية والملائية. وتتغذى بها من منبع متناوب أحادي أو ثلاثي، حيث يتم تقويم التيار أولاً ومن ثم تحويله إلى تيار متغير ثانية

## التحكم في السرعة عن طريق حقن الدائر بقوة محركة كهربائية :




لقد تم تمثيل دارة الدائر في الشكل السابق وفق الأمور التالية :

1. الدارة غير مرتبطة للنابت
2. ( $V_i$ ) تمثل التوتر المحقون في دارة الدائر وبتردد الخاص ( $F_2$ ) نفسه
3. $R >> SX_2$ وذلك عند السرعات العالية نسبياً
4. حسب كيرشف الثاني :

$$I_2 = \frac{\left(\begin{matrix} S=1 \\ S\cdot E_2 \mp V_i \end{matrix}\right)}{R_2} \qquad S\cdot E_2 \pm V_i$$

5 ـ إذا كان المولد يدور بسرعة ثابتة فإن عمل ثابت، فإن $(T_{ext})$

6 ـ الآن إذا أحدثنا المؤثر على طرفي ملفات المولد فإنه يولد بقوة محركة $(V_i)$ تردد فاصلوي $(f_i)$ فإن الاحتمالات هي:

أ ـ $(V_i)$ منطبقة على $(E_i)$ وهذا سيؤدي لنقصان $(S)$. أي تبقى السرعة ثابتة، أي تزداد السرعة.

ب ـ $(V_i)$ معاكسة لـ $(E_i)$ وبالتالي يجب أن تزداد $(S)$، أي أن تقل السرعة

أي أن $(V_i)$ تمثل هي (أ) فعند عمل المولد وبـ (ب) زيادة تحميله

## أنواع التوصيل الداخلي لملفات الجزء الثلاثي :

إن الجزء الثلاثي يتكون من ثلاث مجموعات وكل مجموعة طور تتكون مؤلفة من مجموعة واحدة أو أكثر فيمكن توصيلها على التسلسل أو التفرع بما يناسب مع قدرة الشبكة والتوتر المطلوب لكل مجموعة من المجموعات الثلاثية :

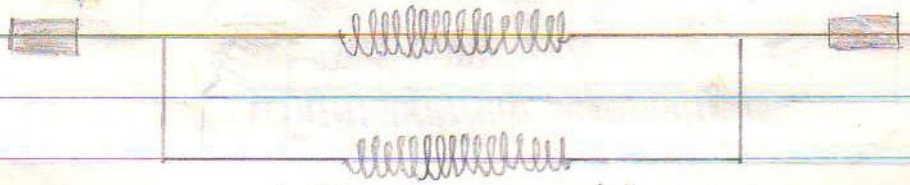
أ- توتر كل مجموعة في الوصل التسلسلي = التوتر الكلي / عدد المجموعات التسلسلية وتكون شدة التيار متساوية

ب- توتر كل مجموعة في الوصل التفرعي = التوتر الكلي . وشدة التيار في كل المجموعات التفرعية وشدة التيار الكلية = مجموع الشدات التفرعية

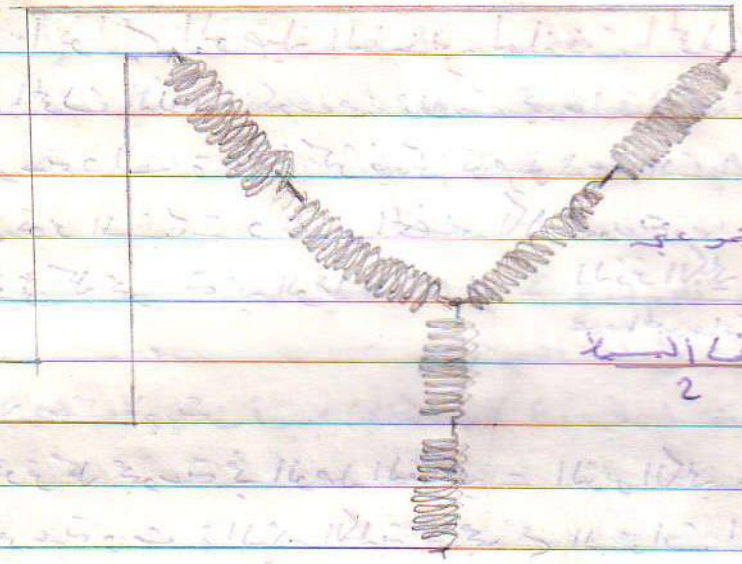
وسواء كانت التوصيلة تسلسلية أو تفرعية تبقى إمكانية التوصيل في لوحة الجزء بشكل Y أو Δ كما في :

ومن الناحية العملية يمكن معرفة التوصيل التسلسلي بتتبع بداية أو نهاية أطراف المجموعات وكشف عدم وجود أي وصلة تفرعية فيها، بينما التوصيل التفرعي فنلاحظ أن بداية ونهاية أطراف المجموعات موصلة مع غيرها بكل واحد من ثلاث دارات أو أكثر على التفرع

وصل المجموعتين على التسلسل



وصل المجموعتين على التفرع



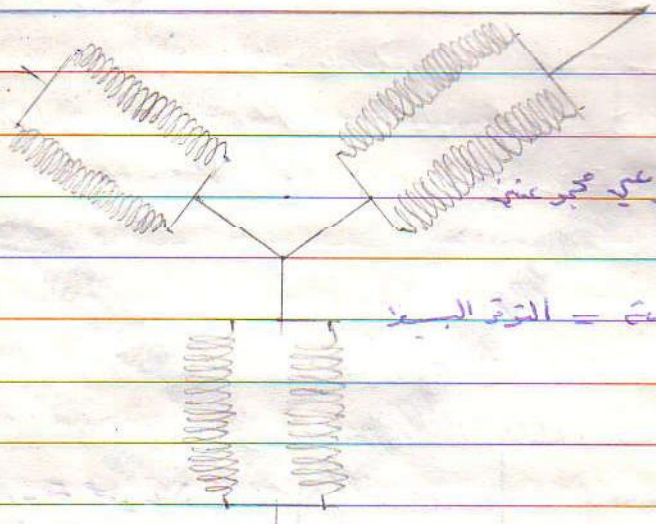

توصيل Y : التيار في المجموعة على التوالي

توتر المجموعة = فاز الشبكة / 2

توصيل Δ : التيار في المجموعة على التوالي

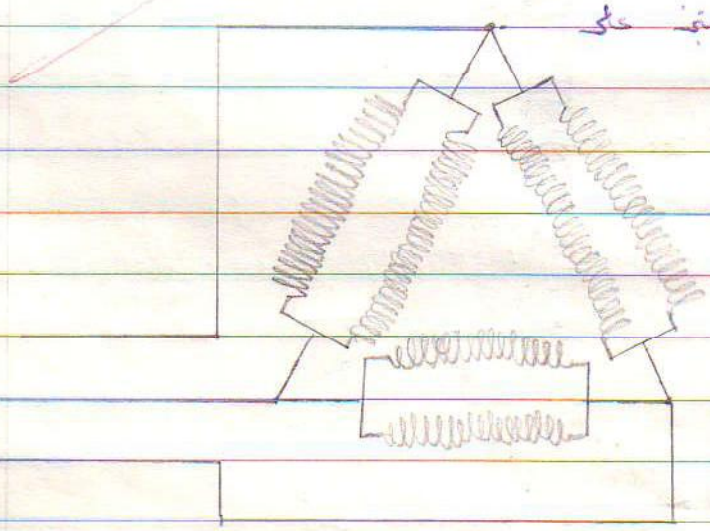
توتر المجموعة = توتر بين طورين / 2

توصيل Y تفرعي مجموعتين على التوازي

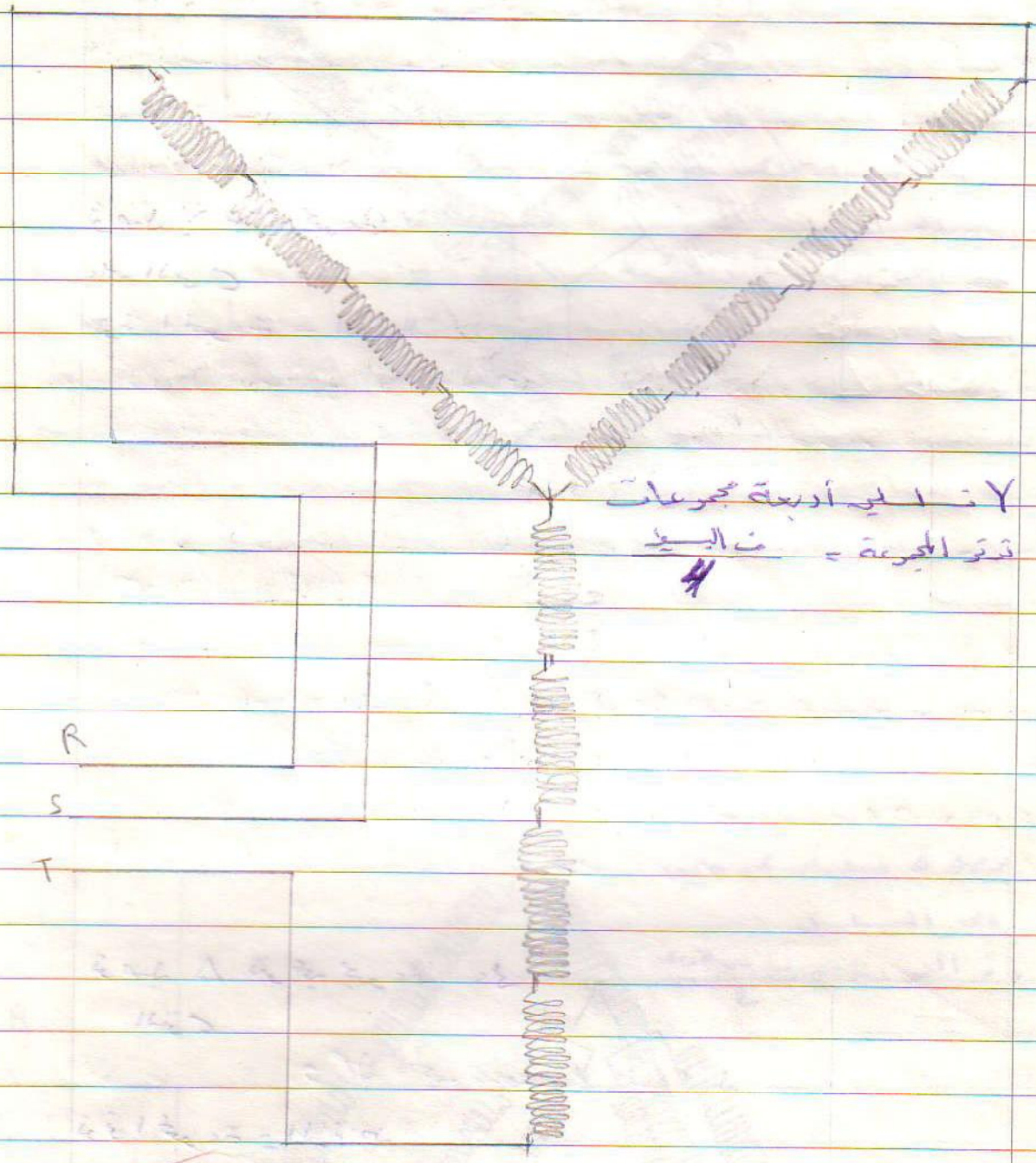



توتر المجموعة = التوتر البسيط

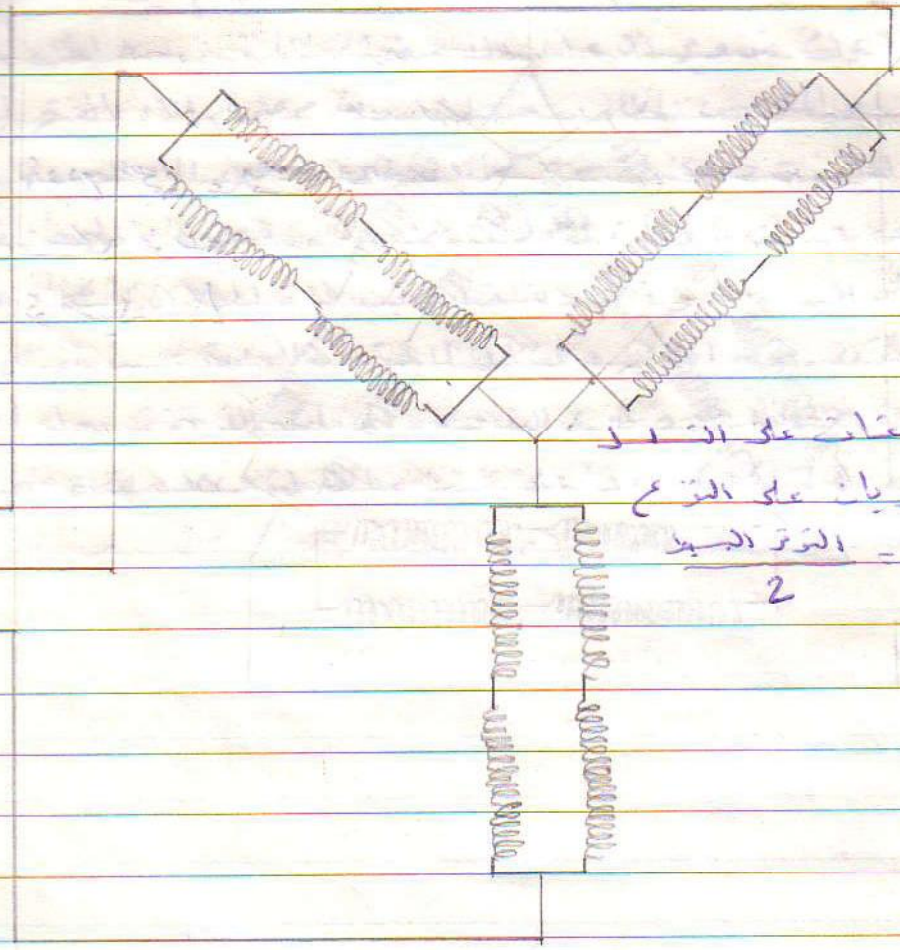
توصيل Δ تفرعي مجموعتين على التوازي



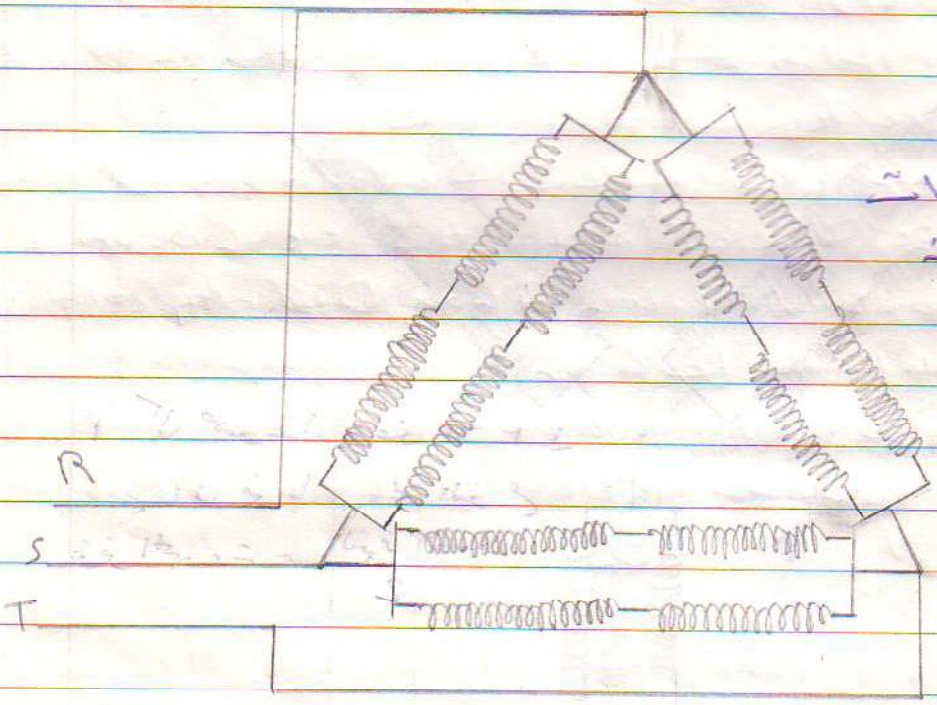

توتر المجموعة = التوتر بين طورين




٧ - التي أدرجة مجموعات
قدرة المجرة = ف البيت
4




٧ كل مجموعات على التوازي
وضع الأفرعيان على التوازي
توتر المجموعة = التوتر البسيط
2




أربع مجموعات
تشكل ضعيفة
توصيل Δ

## توصيل محول غسالة أتوماتيك (سرعتين)

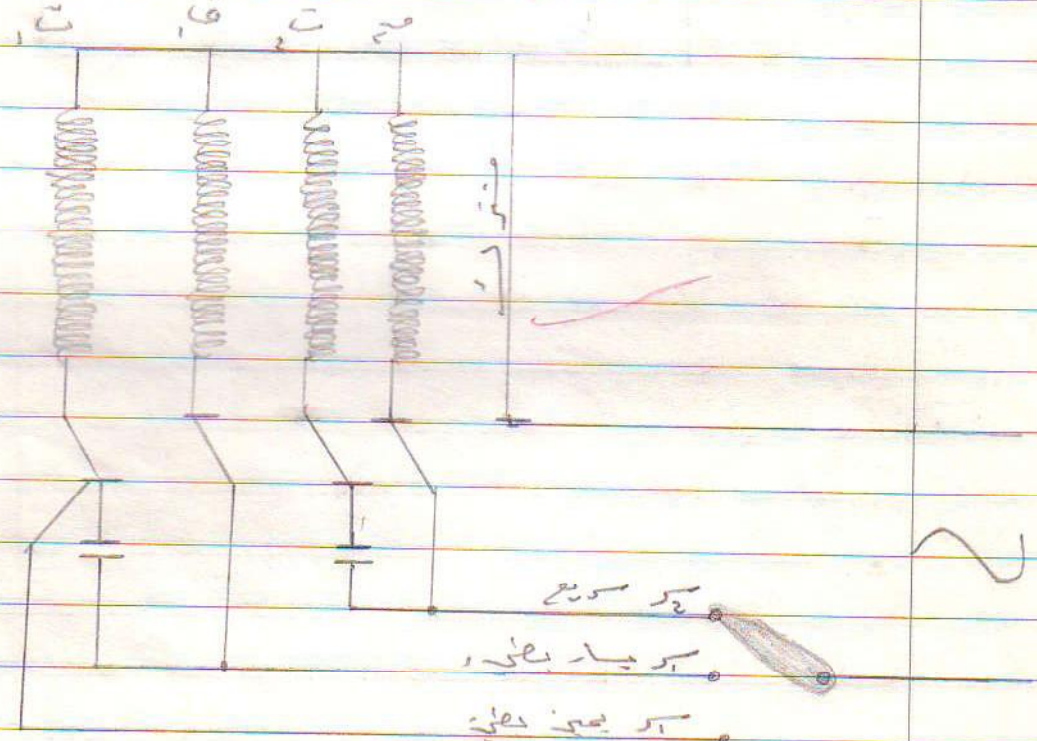
يكون المحول من ملفات متماثلة لكل سرعة ما سرعة المحرك عدد أقطابها كبير (12 - 16) قطب وتستخدم في عملية الغسيل حيث يقوم المحول بتدوير الدعاك الأسطواني المثقب داخل حوض الماء الذي يحتوي على الملابس المطلوب غسلها ويتم ملء الماء بالفتح لإدخال كمية الماء المناسبة ويعمل سن كهربائي على تشغيل الماء للدرجة المطلوبة. إن عملية الغسيل تتم بدوران المحرك بسرعة لزمن قصير ثم توقف قليلا ثم يدور في الاتجاه العكسي ونظم وتيرة ترتيب هذه العمليات جهاز ذاتي ميكانيكي كهربائي أو الكتروني يدعى المبرمج وتقابل لاستيار البرمجة حسب نوع وكمية ودرجة اتساخ الغسيل وغير ذلك وفي الحالة الأخيرة يعمل المحول بسرعة قطب (2800 د/د) فيعمل على تشبيع الغسيل وتعمل مضخة سحب الماء لطرد الماء خارج الغسالة.

ملاحظة : غالباً تكون ملفات التشغيل والإقلاع للسرعة المنخفضة متماثلة تماماً وذلك ليمكن عكس دوران المحرك بتبديل تغذيته على ملفات الإقلاع أو التشغيل مع المكثف

عند السرعة العالية المتزامنة للتشغيل لا يطلب إلا اتجاه واحد للدوران

ملاحظة : بعض محركات الغسالات الأتوماتيكية يتم لفها على السرعة البطيئة كأنه محرك ثلاثي الطور، ويوصل بطريقة توصيل المحرك الثلاثي على نجم، أحادي، أي مع مكثف دائم وعالباً ما يكون توصيله الداخلي بشكل نجم

وتتم عملية عكس الدوران بتبديل تغذية نقطة واحدة من طريقة المزج مثل الزمن المعين وغالباً 5,0 ثانية مثلاً 1,0 ثانية توقف 5,0 ثانية يسار، وهكذا




عموماً توصيل ملفات محرك غسالة أتوماتيك سرعتين كم دوران بطيئة للغسيل كم دوران سريع للتشبيح المحرك مع مكثف دائم لكل سرعة

# المركبات المتعددة الأوجه

## طريقة المماسات المتحركة

لاحظنا سابقاً أن سرعة المحرك تتعلق بتردد الحركة (المرور) وبعدد أقطابه وبهذه الطريقة تغير سرعة المحرك بتغير عدد أقطابه ولكنه لذلك تغير وصل ملفات الثابت بكيفية الوصل ليكون عدد الأقطاب كاملاً أو منقصة إلى النصف فنضاعف سرعة المحرك

وبتم تغير وصل مجموعات كل طور من ثلاث إلى نجمة أو بالعكس كما في الشكل الآتي حيث نفرض عدد الأقطاب ٤ قطب أي ٢ قطب ولتحقيق ذلك لابد من إخراج طرف منتصف مجموعات كل طور فتكون عدد الأطراف في الوصلة ستة أطراف وتنقص من العدد إلى ستة أطراف. وتوصل المجموعات عادة بأحد نجمي من الداخل. وتسمى هذه الطريقة باسم مصممها الألماني دلهندر وديلاندر

يمكن تغير عدد الأقطاب بتغير الوصلات الثلاث

أ وصل نهاية ١ مع بداية ٢

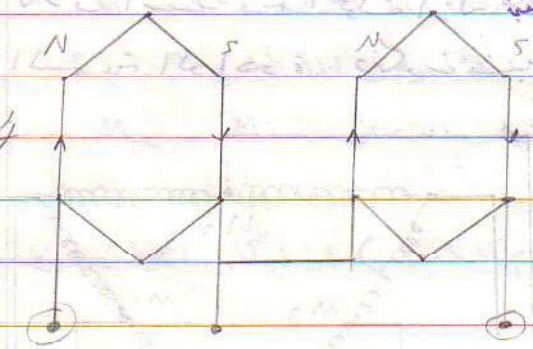
بشكل ٤ قطب ١٥٠٠ د/د P

ب وصل نهاية ١ مع بداية ٢

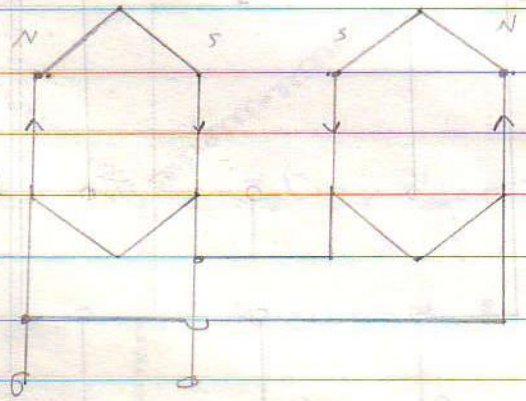
وبداية ٣ مع نهاية ٢ بشكل ٢ قطب

٣٠٠٠ د/د

أطراف التغذية ضمن دائر




ب



## الحزم و الاستطاعة في محركات السرعتين :

يمكن لمحرك السرعتين أن يوصل بإحدى الطريقتين التاليتين :

1. طريقة الاستطاعة الثابتة
2. طريقة العزم الثابت

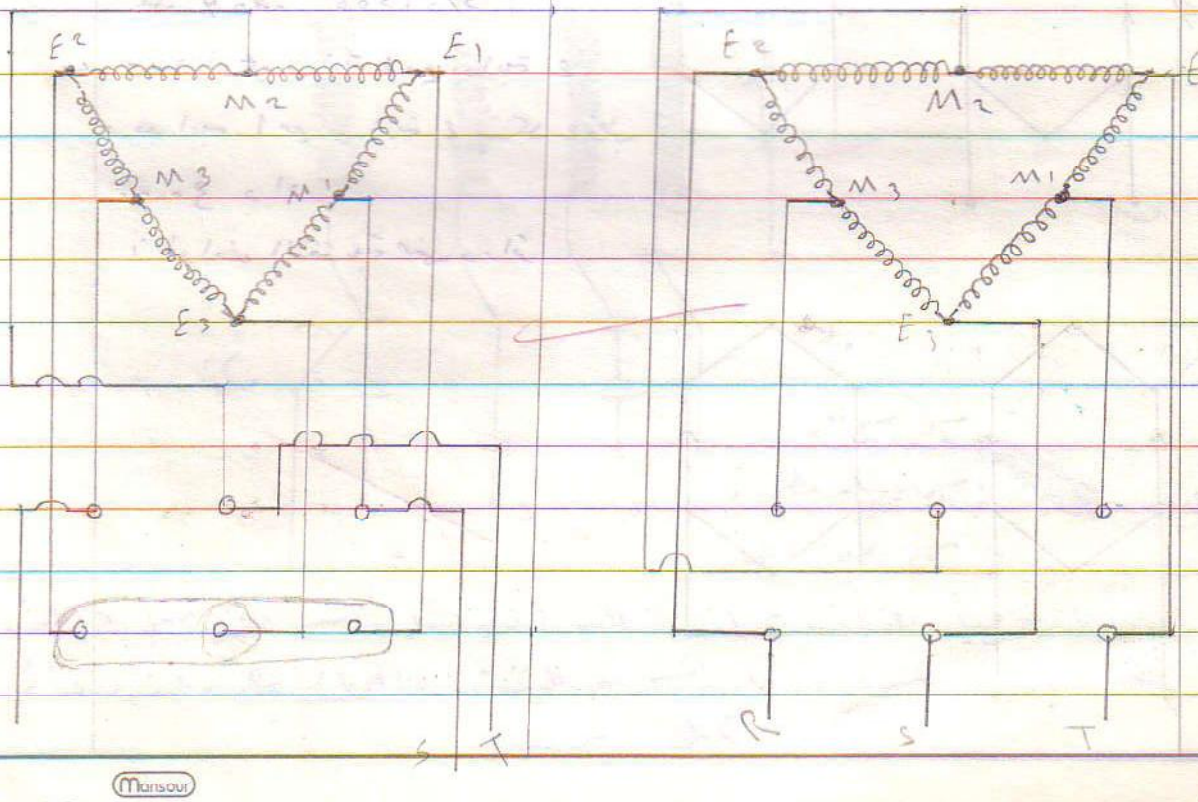
وسنتكلم عن الطريقة الأولى

### 1 الوصل بطريقة الاستطاعة الثابتة

أ- الوصل بطريقة السرعة المنخفضة : يكون عدد الأقطاب كبيراً ويتم الوصل بشكل مثلث على أن لكل طور مجموعتين على الأقل

ب- السرعة العالية : يكون عدد الأقطاب صغيراً وتقصر خطوة اللف إلى النصف ويتم الوصل بشكل نجمي تفرعي أي كل مجموعة طور توصلات على التفرع

وفي محرك 2/4 قطب ذو التوصيل باستطاعة ثابتة وذات مقاطيع عادية تكون استطاعة المحرك أقل بمقدار 45% من المحرك المماثل ذو السرعة الواحدة . وتكون نسبة الاستطاعة بين السرعتين 2/3




Mansour

## وصل الأطراف مع اللوحة :

تتوي لوحة المحرك ذو السرعتين ستة أطراف كالمحرك الثلاثي العادي ثلاثة أطراف منها لنقاط الوسط $M_1$ - $M_2$ - $M_3$ و التوصل الداخلي للاستطاعة الكبيرة بشكل مثلثي . و توصل نقاط رؤوس الملف إلى الأطراف الثلاثة الأخرى كالآتي :

1 - للسرعة المنخفضة : الوصل مثلثي تسلسلي و تغذية المحرك تتم من نقاط رؤوس الملف $E_1$ - $E_2$ - $E_3$ و تبقى أطراف الوسط $M_1$ - $M_2$ - $M_3$ دون أي توصيل .

2 - للسرعة العالية : الوصل نجمي تتركز أطراف رؤوس الملف مع بعضها البعض $E_1$ - $E_2$ - $E_3$ و يغذى المحرك من أطراف الوسط $M_1$ - $M_2$ - $M_3$

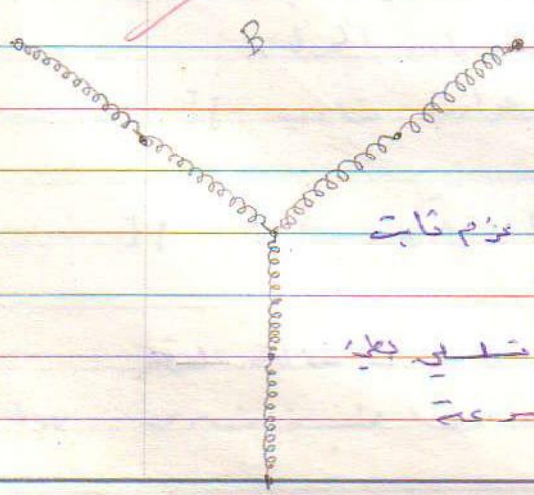
## 2 - التوصيل بالسرعة الثابتة :

أ - السرعة المنخفضة : ( عدد الأقطاب كبيراً ) الوصل بشكل نجمي تسلسلي .

ب - السرعة العالية : ( عدد الأقطاب صغيراً ) يتم الوصل بشكل نجمي تتركز فيه الوصلة داخل المحرك بشكل نجمي و ذلك بوصل الأطراف $K_1$ - $K_2$ - $K_3$ مع بعضها البعض و يتم بقية اللوحة الأطراف الوسطى $M_1$ - $M_2$ - $M_3$ و الداخل $E_1$ - $E_2$ - $E_3$

و في هذا النوع من الوصل ( العزم الثابت ) إذا كان المحرك أقطابه 8/4 قطب تكون نسبة :

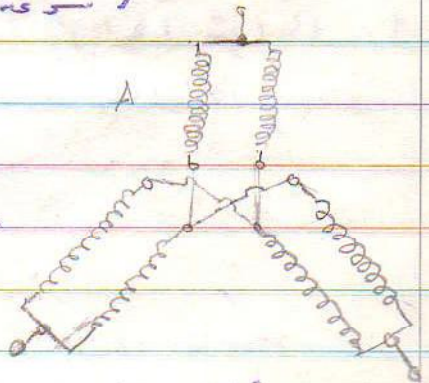
الاستطاعة = $\left(\frac{\text{سرعة على 4 قطب}}{\text{سرعة على 8 قطب}}\right)^3$ = أي نسبة على 8




توصيل محرك سرعتين عزم ثابت

B - 8 تسلسلي بطيء

السرعة




A - 4 تفرعي عالي السرعة

## المحركات ذات الثلاث سرعات :

تحتوي على نوعين من الملفات أحدهما يوصل بطريقة النوع (دلتا - دلتا مزدوج) والذي له ملفات عادية لسرعة واحدة، وقد تتشكل الملفات في مجاريه واحدة وبينها عازل كما في كل مجرى وبعض الملفات قد تكون في مجاريه مستقلة عما بها ومثال على ذلك محرك (2 - 4 - 6 قطب) السرعة 4/2 وقطب بطريقة دلتا مزدوج وكذلك 6 قطب ملفات منفصلة

أن طريقة الانتقال من سرعة إلى أخرى قد تكون بواسطة مفتاح بدل يدوي أو عن طريق دارة تحكم بكنتكتورات. فالمحرك سرعة كبيرة يقل عادة في المصانع الدوران يحتوي على ثلاث وصلات وهي (6 - 4 - 2) أما التحكم بسرعة المراوح فيتم بطريقة وصل المحرك بالتسلسل مع ملفات على دارة مغناطيسية لتقليل شدة التيار.

# حماية الدارات الكهربائية

سؤال : عند إختيار حماية لعمل ما فلماذا تختار هذه الحماية بإستناد إلى بارامترات الإقلاع أم بإرادة المصمم ؟

تتم حماية الدارات الكهربائية بالعناصر التالية :

أ- القواطع الكهربائية : الفيوزات :

تستخدم هذه القواطع في التوترات الكهربائية المنخفضة وذلك لأن قيمتها و أثمانها هي الأكثر تكلفة لها

ونضع عادتاً على التوتر الأعلى للعنصر المراد حمايته وتستخدم هذه العناصر لحماية الدارات الكهربائية من حالة الزيادة المفاجئة للتيار الكهربائي (تيار القصر) ولا تستخدم هذه القواطع لحماية الدارات الكهربائية من زيادة الحمل

ب- القواطع الكهربائية : مهمة القواطع الكهربائية حماية الدارات الكهربائية من آثار الحمل الغير طبيعية (حالة تيار قصر - حالة زيادة الحمل) بالتالي تفصل القواطع الكهربائية التوتر الكهربائي عن الدارة الكهربائية الكهربائية وذلك لإجراء الصيانة أو إيقاع العطل

وتقسم إلى قسمين

I. قاطع الكهف (الأدب) : ويكون عادتاً بأستطاعة تساوي 150٪ من أستطاعة الحمل المقنن

II. القاطع الذكي : المهمة الأساسية للقاطع الذكي حماية الدارة الكهربائية من زيادة الحمل و القصر وتجديه نوعين من الحمايات

أ- الحماية الحرارية : تأمن الحماية من زيادة الحمولة

وتصمم القواطع على أساس حماية حرارية تساوي $I_t$ :

$$I_t = 1,1 \rightarrow 1,2\, I_n$$

ب- الحماية المغناطيسية : تؤمن فصل القاطع في حالة القصر وتصمم القواطع على أساس حماية مغناطيسية تساوي $I_M$

IW = 6 ← 12 In

## أنواع القواطع

القاطع H : يتميز هذا القاطع بتوفير الحماية المغناطيسية له عتبة تيار زائد تتراوح بين 2 ← 3 In

يستعمل للإنارة

القاطع L : يتميز بتوفير الحماية المغناطيسية له عتبة تيار زائد تتراوح بين 3.5 ← 5 In

للإنارة والتجهيزات الكهربائية

القاطع G : يستوعب هذا الحماية المحركات الكهربائية

حيث يتميز بحماية مغناطيسية مرتفعة تتراوح بين 8 ← 12 In

إستطاعة القطع : هي الإستطاعة التي تتولد عند حالة القصر والتي يمكن القاطع أن يفصل عندها التجهيزات الكهربائية دون أن يحدث أي خلل في عناصرها

يتم حساب إستطاعة القطع من العلاقة :

قوة القطع

$$Sb = \sqrt{3}\ UL\ I_{sc} \times 10^{-3} \quad (KVA)$$

إستطاعة القطع ← التوتر المركب ← تيار القصر

تشغيل المحركات الكهربائية ثلاثية الطور على ترددات مختلفة عن ترددها الأساسي :

عموماً يوجد ترددان رئيسيان لتشغيل المحركات الكهربائية (50Hz) في بلدان كثيرة في أوربا، و (60 Hz) في أمريكا.

بالنسبة للمحركات المصممة للعمل عند (60Hz)، فإنها تشغل على تردد (50 Hz) يتطلب ما يلي :

إن القوة المحركة الكهربائية المتولدة في أدنى اللفات المغذى من منبع (V1) تردده (f1) تساوي :

$$E = 4.44\, f_1\, \phi_m\, N_1\, K_{dp}$$

إن نقصان التردد من 60 إلى 50 Hz سيؤدي لنقصان ($E_1$) وهذا سيؤدي لارتفاع قيمة ($\phi_m$) للفولت عن نقص ($f_1$)، وذلك باستمرار مزيد من التيار، لموازنة القوة الكهربائية المحقونة ($V_1$)، لذلك ينصح بتخفيض فولطية التشغيل بنفس نسبة نقصان التردد أي بنسبة (50/60)، ويتطلب ذلك استخدام محول ذاتي.

- أما زيادة تردد التشغيل من 50 إلى 60 بالنسبة للمحركات المصممة على التردد الصغير فتتماشى إلى حد معقول، ونعرض لها حسب رأي الدكتور محمد أحمد قمر أستاذ الآلات الكهربائية في جامعة الإسكندرية فقد أجرى تجارب على محرك قفص سنجابي ثلاثي الطور :

380/220 (V) — 1.5 (KW) — 6.1/3.5 (A) — Δ1 Y

n = 1380 R.P.m — $\cos\theta = 0.79$ — $T_n = 1.056$ Kg.m

$R_1 = 3\,\Omega$ — $R'_2 = 2.5\,\Omega$

وخلص إلى النتائج التالية:

1- تؤدي زيادة تردد التشغيل إلى انخفاض قيمة التيار المسحوب من المنبع، وبشكل ملحوظ عند الأحمال الصغيرة، ثم ترتفع قيمة التيار لتصل إلى قيمة التيار النظامي عند حمل (65٪) من حمله النظامي، ويرتفع التيار لأعلى من التيار النظامي عندما يزداد الحمل عن هذه النسبة.

2- تزداد قدرة دخل المحرك، وترتفع هذه الزيادة مع زيادة عزم دوران الحمل ويزداد عامل الاستطاعة أيضاً.

3- يرتفع المردود عند الأحمال الصغيرة، ويقل عند الأحمال القريبة من الحمل الاسمي ويمكن تفسير ذلك من تناسب (V) مع مربع ($I^2 X B$) وتلخص المشكلة بأن زيادة التردد تؤدي إلى نقصان (B)، وبالتالي استجرار تيار من المنبع مختلف عن تيار المحرك الأصلي. ويمكن أن يعالج ذلك برفع قيمة (V) لكن لذلك محاذيره المعروفة.

# الحساب التقريبي لعدد اللفات في محول

## نظري

إن وجود معلومات لوحة المحول ذو فائدة مهمة وكبيرة في الحصول على المعلومات المجهولة، وخاصة عدد اللفات وقطر السلك بالإضافة إلى المعلومات التي نحصل عليها من هيكل المحول مثل عدد المجاري وطولها والقطر الداخلي

### حساب عدد اللفات الابتدائية في الملف:

إن العوامل المؤثرة في حساب عدد اللفات الابتدائية في الملف عديدة وهي:

1. نوع المحول أحادي أو ثلاثي
2. التوتر المطبق على لفات المحول
3. التردد في الشبكة بالهرتز
4. عدد أقطاب المحول وكفاءته
5. عدد المجاري
6. طول المجرى
7. قطر المقطع الدائر
8. عامل اللف
9. التشبع في الدارة المغناطيسية

والعلاقات التي نستفيد منها في حساب عدد اللفات هي:

العلاقة (1):
$$\phi = \frac{E_1}{4.44 \times f \times n_1 \times K_1}$$

العلاقة (2):
$$\phi = a \times c \times L \times B$$

حيث: $\phi$ : السيالة المغناطيسية في قطب واحد بالوبر

$a$ : عامل إملاء المجاري وهو (0.7) للأسلاك المعزولة

C : الخطوة القطبية وهي $\left(\frac{\pi \times D}{2p}\right)$ بالمتر.

B : التدفق في الحديد بالتسلا

$K_1$ : عامل اللف

4.44 : عدد ثابت ستخرج 2 من التوتر الفعال في اللفة.

f : تردد تيار الشبكة بالهرتز

$n_1$ : عدد اللفات التسلسلية لطور واحد

L : طول الجزء بالمتر

من المعروف أن التوتر الفعال لناقل واحد هي $(E_{eff})$ وتساوي:

$E_{eff} = \frac{\pi}{2} \times n \times p \times \phi = 2,22 n p \phi$ فولت

n = عدد الدورات في الثانية

p = عدد أزواج الأقطاب

$\phi$ = التدفق من قطب واحد بالويبر

ومن العلاقتين 1 و 2 نحصل على

$$n_1 = \frac{E_1}{4.44 \times f \times K_1 \times a \times C \times L \times B}$$

$E_1$ : القوة المحركة التوليدية في طور واحد بدون حمل بالفولت

$n_2 = \frac{2 n_1 \times m}{N}$ عدد النواقل التسلسلية في الجزء

ومن استبدال C (الخطوة القطبية) و $n_1$ من القيم التي قبل سابقاً يكون عدد النواقل التسلسلية في الجزء $n_2$

العلاقة (3) : $n_2 = \frac{m}{3.487 \times f \times K_1 \times a \times B} \times \frac{E_1 \times P}{D \times L \times N}$

P : عدد أزواج الأقطاب

m : عدد الفازات

D : القطر الداخلي للعضو الثابت بالمتر

N : عدد الجاري الكلية للثابت.

وإذا استبدلنا القسم الأول من العلاقة (3) بالرمز K الذي يساوي:

$$K = \frac{m}{3.487 \times f \times K_1 \times a \times B}$$

نحصل على العلاقة بالشكل التالي:

$n_2 = K \frac{E_1 \times P}{D \times L \times N}$ وهو عدد الدورات الأساسية في الدقيقة

تطبيق العلاقة في محرك ثلاثي الطور:

إن التردد هو 50 هرتز وعامل اللف غالباً هو 0.95 والكثافة المغناطيسية في الدارة هو التالي (0.5 تسلا) في المحركات الصغيرة و (0.6 تسلا) للمحركات الكبيرة

نجد أن $K = 0.0485$ في التوتر 0.5 تسلا

$K = 0.0424$ في التوتر 0.6 تسلا

مع العلم أن $U_1$ = التوتر بالفولت لكل فاز = $U_{1\,eff}$

$E_1$ = القوة المحركة الكهربائية للفاز على الفرائح بالفولت الفعال

$E_1 = 0.95\ U_1$ في المحركات الصغيرة

$E_1 = 0.975\ U_1$ في المحركات الكبيرة أكثر من 125 Kw

العلاقة النهائية لاستخراج عدد اللفات اللازمة في المجرى للمحركات الثلاثية:

للمحركات حتى 4 Kw $= \frac{U_1 \times P}{D \times L \times N} \times 0.0485 = n_2$ عامل في المجرى

للمحركات من 5 ← 25 Kw $= \frac{U_1 \times P}{D \times L \times N} \times 0.0455 - 0.0485 = n_2$

للمحركات من 26 ← 150 Kw $= \frac{U_1 \times P}{D \times L \times N} \times 0.0424 - 0.455 = n_2$

حيث $U_1$ = التوتر على طرفي ملفات الثابت $= U_{1\,eff}$

P = عدد أزواج الأقطاب

L = طول المجرى الفعال (م)

D = القطر الداخلي للثابت (م)

N = عدد المجاري.

## حساب مقطع الناقل

بعد حساب عدد النواقل اللازمة في المجرى إذا كان اللف بسلكين أو أكثر معاً فإن عدد النواقل اللازمة = عدد النواقل الكلية في المجرى / عدد أسلاك اللف

ولحساب مقطع الناقل يجب الإعتماد على المعلومات التالية :

1. شدة التيار المارة في النواقل في كل فاز في التوصيل المثلثي، وتحسب عملية على لوحة المحرك
2. كثافة التيار المارة في النواقل في كل فاز في التوصيل المثلثي
3. كثافة التيار في النواقل وتناسب مع درجة الحرارة و التهوية وعامل إملاء النواقل في المجرى ويمكن اعتبارها حوالي ( 4 إلى 6 أمبير/مم² )

وعليه يكون مقطع الناقل (مم²) = شدة التيار في ملفات الطور (A) / كثافة التيار (A/مم²)

أما قطر السلك فيساوي = √(المقطع / 3,14) × 2 أو √(4 × المقطع / 3,14)

ويمكن استرجاعه من الجداول

## ملاحظات هامة :

1. إذا كان التردد يختلف عن 50 هرتز

فنعدل العدد الثابت K بحيث يساوي = العدد K على 50 هرتز × 50 / التردد الجديد

أي K الجديد = K × 50 / f

2. إذا كان التوتر المغناطيسي في صفائح الحول يختلف عن 0.5 تسلا أو 0.6 تسلا فنعدل العدد الثابت K بحيث يساوي

K = K ثابت × 0.5 تسلا / التوتر الجديد

3- عند تغيير سرعة المحرك يظل ذلك تغير عدد أقطابه. ونرى أن:

عدد اللفات عند السرعة الجديدة = عدد اللفات للسرعة القديمة × سرعة القلب الجديدة / سرعة القلب القديمة

أما القطر عند السرعة الجديدة = القطر للسرعة القديمة × السرعة الجديدة / السرعة القديمة

أي عند زيادة السرعة بنسبة معينة يقل عدد اللفات بينما يزداد قطر الناقل بنفس النسبة.

جدول به تغير دو متغير أسلاك النيكروم المتوازية
بالورنيش و بدونه سوا مسنا وفيا

| مقاومة أوم / بالمتر في الورقة 15 سم | القطر بالمتر | القطر بالمتر بدون عازل | القطر بالمتر بالورنيش | القطر بالمتر | مقاومة أوم / بالمتر في الورقة 15 سم | القطر بالمتر بدون عازل | القطر بالمتر بالورنيش |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 8,65 | 2.010 | 1,685 | 1,60 | 45,21 | 0.384 | 0.76 | 0.70 |
| 7,66 | 2,269 | 1.785 | 1.70 | 39.38 | 0.441 | 0.81 | 0.75 |
| 6,83 | 2,544 | 1,885 | 1,80 | 34.69 | 0.502 | 0.86 | 0.80 |
| 5.58 | 3.141 | 2.09 | 2,00 | 27,35 | 0.636 | 0.97 | 0.90 |
| | | | | 22,15 | 0.785 | 1.08 | 1.00 |
| | | | | 15,38 | 0.95 | 1.18 | 1.20 |
| | | | | 14.17 | 1.227 | 1.28 | 1.25 |
| | | | | 13,10 | 1,327 | 1.33 | 1.30 |
| | | | | 11,30 | 1.539 | 1.38 | 1.40 |
| | | | | 9.84 | 1,767 | 1.48 | 1.50 |
| | | | | | | | |

## جدول قطر وقطاع الأسلاك الصغيرة

| القطر ⌀ مم | المقطع مم² |
|---|---|
| 0.10 | 0.0078 |
| 0.15 | 0.0177 |
| 0.20 | 0.0314 |
| 0.25 | 0.0491 |
| 0.3 | 0.0707 |
| 0.35 | 0.0962 |
| 0.4 | 0.126 |
| 0.45 | 0.159 |
| 0.5 | 0.196 |
| 0.55 | 0.237 |
| 0.6 | 0.283 |
| 0.65 | 0.331 |
| 0.7 | 0.385 |

جدول بيان استطاعة المحركات وحجم قواطع الفاز
وعيار الوصلة (محركات ثلاثية 50 - 60 هرتز)

| قطع الفاصل | التوتر 380 V ثلاثي | | التوتر 220 V ثلاثي | | عيار الوصلة |
|---|---|---|---|---|---|
| مم² | الاستطاعة حصان | الشدة أمبير | الاستطاعة حصان | الشدة أمبير | أمبير |
| 1.5 | 0.25 | 0.6 | 0.15 | | 1 - 0.6 |
| 1.5 | 0.5 | 1 | 0.25 | 1.1 | 1.6 - 1 |
| 1.5 | 0.75 | 1.5 | — | — | — |
| 1.5 | 1 | 1.5 | 0.5 | 1.8 | 2.5 - 1.5 |
| 1.5 | 1.5 | 2.6 | 0.75 | 2.5 | 4 - 2.5 |
| 1.5 | 2 | 3.4 | 1 | 3.2 | 4 - 2.5 |
| 1.5 | 2.5 | 4.2 | 1.5 | 4.4 | 6.5 - 4 |
| 1.5 | 3 | 5.0 | 2 | 5.8 | 6.5 - 4 |
| 1.5 | 4 | 6.3 | 2.5 | 7.3 | 10 - 6 |
| 1.5 | 5 | 7.8 | 3 | 8.4 | 10 - 6 |
| 1.5 | 6 | 9.3 | 4 | 11 | 14 - 9 |
| 1.5 | 7.5 | 11.5 | 5 | 13.5 | 14 - 9 |
| 2.5 | 10 | 15 | — | — | — |
| 4 | 15 | 22 | 7.5 | 19.5 | 25 - 16 |
| 6 | 20 | 29 | 10 | 26 | 31 - 20 |
| 16 | 30 | 42 | 20 | 51 | 60 - 40 |
| 16 | 40 | 56 | — | — | — |
| 16 | 50 | 69 | 25 | 63 | 75 - 50 |
| 50 | 100 | 136 | 50 | 125 | 150 - 105 |

## ~ أعطال المحرك ثلاثي الطور ~

- المحرك لا يقلع
1. دارة التوصيل مع خط مقطوعة
2. دارة مقطوعة في ملفات المحرك
3. ملف أو أكثر مقطوع

- لا يقلع دائماً حتى وبدون حمل، لكنه يدور في الاتجاه المعاكس عند إقلاعه يدوياً
- ملف أو أكثر مقطوع
- يقلع لكنه يسخن بسرعة
- الملفات مقصورة أو مقطوعة
- يقلع لكنه يدور دوران متذبذب جداً
- الملفات مقصورة أو مقطوعة
- اضمحلال في القدرة - المحرك يسخن جداً
مصاب بحمة جداً (صاعقة)
الملفات مقصورة
- المحرك يدور بسرعة منخفضة:
التوصيل نجمي Y بينما يجب أن Δ
- توتر التغذية منخفض
- تحميل أو تشغيل قصيان التيار والقصر الثنائي
- تكسير جسم المحرك:
- تلامس بين خط تغذية طور وجسم المحرك
- صخب الحاملين أو تلف الكرتون