الفصل الثالث

طرق التحكم في سرعة المحركات الحثية

طرق التحكم في سرعة المحركات الحثية Speed Control of Induction Motors:

عندما يعمل المحرك بالجهد الاسمي وبالتردد الاسمي ويتم تحميل المحرك بالتيار المقنن فإن المحرك سوف يعمل بالقدرة المقننة (القدرة بالحصان) ويولد العزم المقنن ويدور بالسرعة المقننة، فإذا تم عمل المحرك بسرعات مختلفة عن السرعة المقننة فإن ذلك سوف يؤثر على قدرة المحرك وعلى العزم المتولد.

ويمكن التحكم في سرعة المحركات الحثية عن طريق الآتي:

1- التغيير في عدد الأقطاب Changing the Number of Poles (P).

2- التغيير في جهد المصدر Varying the Line Voltage (V).

3- التغيير في تردد المصدر Varying the Line Frequency (F).

4- التغيير في مقاومة العضو الدوار Varying the Rotor Resistance.

5- التغيير في الجهد والتردد معا (V / F).

أولا: التغير في عدد الأقطاب (ثبوت الجهد والتردد):

في هذه الطريقة يمكن التغيير في سرعة المحرك عن طريق:

1- وجود مجموعات منفصلة من الأقطاب Separate – winding Motors.

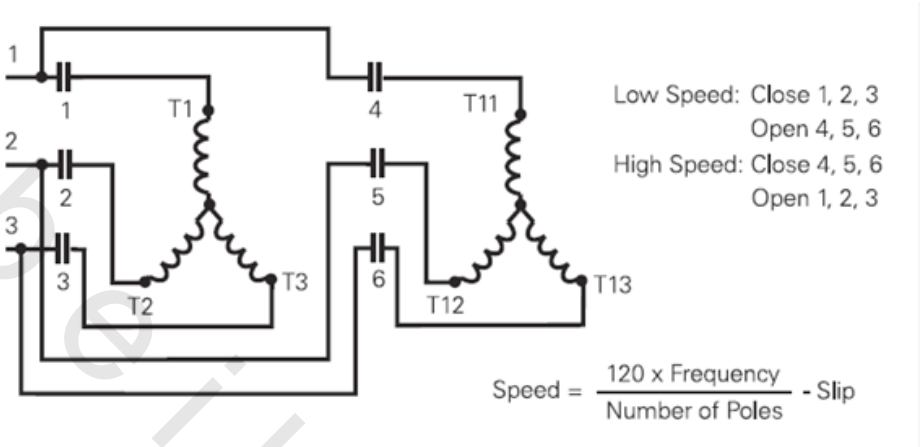
2- التغيير في طريقة توصيل الملفات Consequent – Pole Motors.

أولا: وجود مجموعات منفصلة من الأقطاب Separate – winding Motors:

في هذه الحالة يحتوي المحرك على عدد معين من مجموعات الملفات، كل مجموعة تعطي عدد أقطاب معين، وبالتالي سرعة معينة.

obeikandl.com

فالشكل التالي يوضح محرك به مجموعتان من الملفات، ويعمل بسرعتين كالتالي:



شكل (60) محرك به مجموعتين من الملفات

1- المجموعة الأولى تتكون من الملفات (T3 – T2 – T1) وموصلة على شكل نجمة، وتكون عدد أقطاب كبير، لذا فهي تعطي السرعة البطيئة وتعمل عن طريق غلق الكونتاكتور (1 – 2 – 3) وفي هذه الحالة لابد أن يكون الكونتاكتور (4 – 5 – 6) مفتوحا.

2- المجموعة الثانية تتكون من الملفات (T13 – T12 – T11) وموصلة على شكل نجمة، وتكون عدد أقطاب قليل، لذا فهي تعطي السرعة العالية وتعمل عن طريق غلق الكونتاكتور (4 – 5 – 6) وفي هذه الحالة لابد أن يكون الكونتاكتور (1 – 2 – 3) مفتوحا.

وهذا النوع منتشر جدا في محركات الأوناش العلوية Over Head Crane .

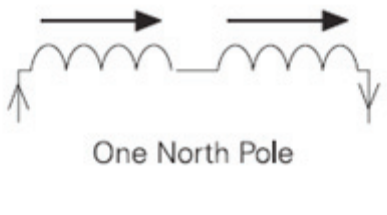
ثانيا: التغيير في طريقة توصيل الملفات Consequent – Pole Motors :

في هذه الحالة يتكون المحرك من مجموعة واحدة من الملفات ولكن يمكن توصيلها بطرق مختلفة لتكون عدد مختلف من الأقطاب وتمثل كل مجموعة من الأقطاب سرعة معينة

Operkanar.com

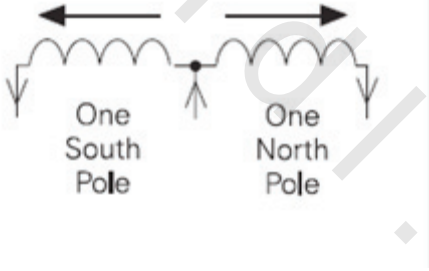
كيفية تولد الأقطاب:

فإذا تم توصيل الملفين بهذا الشكل، فإنه يتكون اتجاه واحد للتيار ويكون قطبا واحدا وبالتالي تكون السرعة 3000 لفة / دقيقة.



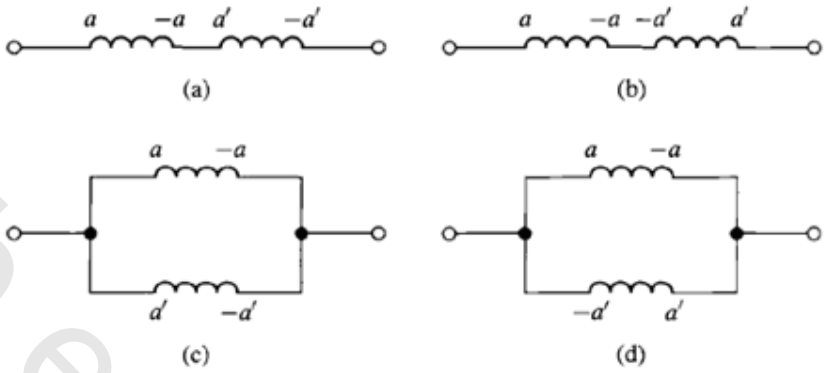
شكل (61) توصيل الملفات في اتجاه واحد

أما إذا تم توصيل الملفين بهذا الشكل، فإنه يتكون اتجاهان للتيار ويكون قطب شمالي وقطب جنوبي، وبالتالي تكون السرعة 1500 لفة / دقيقة.



شكل (62) توصيل الملفات في اتجاهين مختلفين

والشكل التالي يوضح ملفين من ملفات العضو الثابت، الملف الأول (a ، a–) والملف الثاني (à ، – à) فعن طريق التغيير في طريقة توصيل هذه الملفات يمكن التغيير في عدد الأقطاب كالتالي:



شكل (63) التغيير في عدد الأقطاب عن طريق التغير في توصيل الملفات

فمثلا الشكل السابق يوضح أربع احتمالات لتوصيل ملفين من ملفات العضو الثابت، وكل طريقة توصيل تعطي سرعة معينة وهذه الاحتمالات هي:

1- في الشكل (a) يكون الملفين (a ، a– & à ، – à) موصلين على التوالي والتيار يمر في الملفين في نفس الاتجاه، فيمر التيار في الملف الأول من النقطة (a) إلى النقطة (– a) ويمر في الملف الثاني من النقطة (à) إلى النقطة (– à) وهذه التوصيلة تعطي سرعة أولى.

2- في الشكل (b) يكون الملفين (a ، a– & à ، – à) موصلين على التوالي والتيار يمر في الملفين في عكس الاتجاه، فيمر التيار في الملف الأول من النقطة (a) إلى النقطة (– a) ويمر في الملف الثاني من النقطة (à –) إلى النقطة (à) وهذه التوصيلة تعطي سرعة ثانية.

3- في الشكل (c) يكون الملفين (a ، a– & à ، – à) موصلين على التوازي والتيار يمر في الملفين في نفس الاتجاه، فيمر التيار في الملف الأول من النقطة(a) إلى النقطة (– a) ويمر في الملف الثاني من النقطة (à) إلى النقطة (– à) وهذه التوصيلة تعطي سرعة ثالثة.

4- في الشكل (d) يكون الملفين (a ، a– & à ، – à) موصلين على التوازي والتيار يمر في الملفين في عكس الاتجاه، فيمر التيار في الملف الأول من النقطة a)) إلى النقطة – a)) ويمر في الملف الثاني من النقطة (à –) إلى

النقطة (à) وهذه التوصيلة تعطي سرعة رابعة.

فيتم خروج أطراف الملفات إلى علبة التوصيل الخاصة بالمحرك Junction Box وعن طريق التغيير في التوصيل يمكن الحصول على السرعة المطلوبة.

يلاحظ مما سبق أنه عند الإبقاء على مقدار الجهد والتردد ثابتين فإن سرعة دوران المحرك يمكن تغييرها على مراحل بتغيير عدد الأقطاب. إن تغيير عدد الأقطاب لا يؤثر على تيارالمغنطة لذا فإن كثافة الفيض لا تتأثر. أما الفيض لكل قطب فيتناسب عكسياً مع عدد الأقطاب، كذلك يتناسب كل من تيار البدء، التيار المقنن، أقصى معامل قدرة والسرعة تناسباً عكسياً مع عدد الأقطاب، أما العزم فإنه لا يتأثر لأنه يعتمد على تيار العضو الدوار مع كثافة الفيض اللذين يكونان ثابتين أيضاً بتغييرعدد الأقطاب.

ثانيا: التغير في جهد المصدر (ثبوت التردد F):

عند التحدث عن التحكم في السرعة عن طريق الجهد لابد من الأخذ في الاعتبار العلاقات الآتية:

$$(\Phi = V / F) \quad \& \quad T \alpha S V^2$$

حيث إن: T: العزم V: جهد المصدر F: التردد

S: الانزلاق Φ: الفيض

1- زيادة جهد المصدر عن القيمة الاسمية:

عند زيادة الجهد عن القيمة الاسمية وثبوت التردد نلاحظ الآتي:

1– فإن الفيض يزيد من العلاقة $(\Phi = V / F)$، والعزم يزيد وذلك لأن العزم يتناسب مع الفيض $(\Phi \alpha T)$ ويصل العزم إلى أقصى قيمة TM عند قيمة انزلاق SM.

2– تزيد السرعة من العلاقة $(N = 60 F / P)$ ويقل الانزلاق (S)، فمثلا عند الحمل الكامل للمحرك، زيادة الجهد بمقدار (10%) تسبب نقصان الانزلاق بمقدار (17%) وعند الإستمرار في زيادة الجهد فإن قيمة الانزلاق تقل جدا وتقترب من الصفر،

وعند ذلك تكون السرعة الفعلية تساوي السرعة التزامنية (N = NS) ، وفي هذه الحالة لا يحدث قطع لخطوط الفيض ويصبح العزم صغير جدا ولا يتحرك الموتور.

3- عند زيادة الجهد بقيمة كبيرة فإن ذلك قد يؤثر على عزل المحرك.

4- زيادة الجهد يسبب عادة نقصان ملحوظ في معامل القدرة.

2- تقليل جهد المصدر عن القيمة الاسمية:

من دراسة قوانين المحرك الحثي نجد أن:

$$I_{Rotor} \alpha S \, xV \qquad \& \qquad S \alpha T / V^2$$

$$V_{Stator} = V_{Rotor} / S \qquad \& \qquad I_{Stator} = S \, x \, I_{Rotor}$$

$$T_{Starting} \alpha \, I^2_{Stator}$$

عند نقص الجهد نلاحظ الآتي:

1- الانزلاق Slip يزيد، فمثلا عند الحمل الكامل عند نقص الجهد بمقدار (10%) يسبب زيادة الانزلاق بمقدار (23%). عندما يقل الجهد بنسبة ($2 \sqrt{} / 1$) فإن الانزلاق يزيد إلى الضعف وبالتالي يزيد التيار في العضو الدوار بقيمة ($2 \sqrt{}$) وهذه الزيادة في التيار تعمل على زيادة درجة حرارة المحرك.

2- العزم يقل وبالتالي لا يعمل المحرك بصورة طبيعية.

3- نقصان الجهد يسبب زيادة في مقدار معامل القدرة.

ففي هذه الحالة يمكن التحكم في السرعة عن طريق تغيير الجهد ولكن في حدود ضيقة، فيفضل استخدام هذه الطريقة في حالة تغير عزم الحمل مع مربع السرعة كما هو الحال في المراوح، لذا فهذه الطريقة لها سلبيات منها:

1- الهبوط الكبير في الجهد يسبب نقصان في كثافة الفيض واضطراب خطير في حالة المغناطيسية للمحرك بحيث يفشل المحرك في توليد العزم اللازم لتحريك الحمل.

2- الزيادة الكبيرة في الجهد يزيد معها التيار حيث إن التيار يتناسب مع الجهد، لذا لا يمكن زيادة الجهد عن (2،1) من الجهد المقنن.

obeikandi.com

ثالثا: التغير في التردد (ثبوت جهد المصدر V):

لدراسة تأثير تغيير التردد على سرعة المحرك نأخذ في الاعتبار المعادلات التالية:

$$(\Phi = V / F) \quad \& \quad T \alpha S V^2$$

$$N = 60 F / P \qquad or \qquad F = PN / 60$$

1- زيادة التردد عن القيمة الاسمية:

عند ثبوت جهد المصدر وزيادة التردد عن القيمة الاسمية نلاحظ الآتي:

1- حيث إن الفيض يتناسب عكسيا مع التردد من العلاقة ($\Phi = V / F$) فعند زيادة التردد فإن الفيض يقل، وحيث إن العزم يتناسب طرديا مع الفيض فإن العزم يقل، وعند زيادة التردد لقيم كبيرة فإن الفيض يقل أيضا بصورة كبيرة، ويقل العزم بصورة كبيرة جدا لدرجة أنه قد لا يستطيع أن يدير العضو الدوار.

2- السرعة تتناسب طرديا مع التردد فعند زيادة التردد فإن السرعة تزيد، وعند زيادة السرعة فإن الانزلاق S يقل من العلاقة($S = NS - N / NS$)، فعند زيادة التردد لقيم كبيرة، فإن السرعة تزيد ويقل الانزلاق إلا أن يصبح الانـزلاق يساوي صفرا وفي هذه الحالة فـإن السرعة الفعلية تساوي السرعة التزامنية ولا يحدث قطع لخطوط الفيض ولا يدور المحرك.

3- ممـانعة العضو الثابت تساوي ($XL = 2\pi F L$) فبزيادة التردد تزيد الممـانعة، وعند زيـادة الممـانعة يقل التيـار الذي يمر في العضو الدوار وبـالتـالي يقل الفيض وبـالتبعية يقل العزم.

4- زيادة قيمة التردد عن القيمة المقننة عادة يحسن معامل القدرة.

2- تقليل التردد عن القيمة الاسمية:

عند ثبوت جهد المصدر وتقليل التردد عن القيمة الاسمية نلاحظ الآتي:

1- حيث إن الفيض يتناسب عكسيا مع التردد من العلاقة ($\Phi = V / F$) فعند تقليل التردد فإن الفيض يزيد، وحيث إن العزم يتناسب طرديا مع الفيض فإن العزم يزيد، وعند تقليل التردد لقيم صغيرة فإن الفيض يزيد أيضا

بصورة كبيرة ويزيد العزم بصورة كبيرة جدا.

2- السرعة تتناسب طرديا مع التردد من العلاقة (N = 60 F / P) فعند نقص التردد فإن السرعة تقل، وعندما تقل السرعة فإن الانزلاق S يزيد من العلاقة (S = NS – N / NS)، فعند زيادة التردد لقيم كبيرة، فإن السرعة تقل ويزيد الانزلاق.

3- ممانعة العضو الثابت تساوي (XL = 2 π F L) فبنقص التردد تقل الممانعة، وعندما تقل الممانعة يزيد التيار وبالتالي يزيد الفيض وبالتبعية يزيد العزم.

4- عند زيادة الفيض بصورة كبيرة، فإن ذلك قد يؤدي إلى حدوث تشبع في المحرك Saturation ، وتزيد المفاقيد الحديدية وتقل الكفاءة وتزيد درجة حرارة المحرك.

5- نقص التردد يسبب عادة هبوط معامل القدرة.

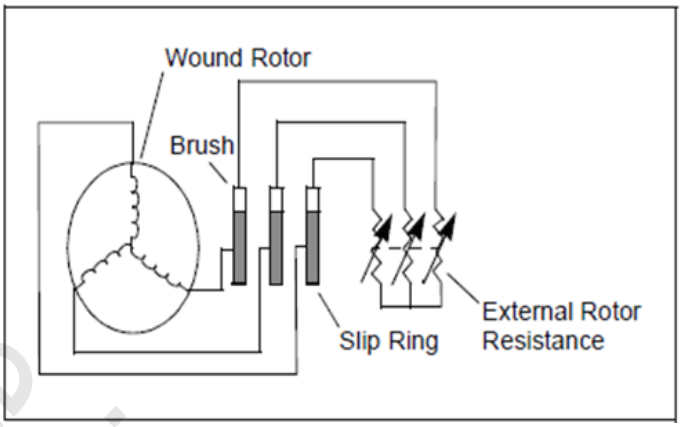
ففي هذه الحالة يمكن التحكم في السرعة عن طريق تغيير التردد، ولكن في حدود ضيقة لذا فهذه الطريقة لها عيوب منها:

1- الهبوط الكبير في التردد يسبب نقص في السرعة ويسبب أيضا زيادة في كثافة الفيض و ذلك قد يؤدي إلى حدوث تشبع في المحرك Saturation.

2- الزيادة الكبيرة في التردد تعمل على زيادة السرعة بصورة كبيرة ونقص العزم بصورة كبيرة أيضا.

رابعا: التغير في مقاومة العضو الدوار:

وتتم هذه الطريقة بإضافة مقاومات إلى العضو الدوار، ولا يمكن تنفيذ هذه الطريقة في العضو الدوار ذي القفص السنجابي Squirrel Cage Rotor لأن قضبان العضو الدوار تكون مقصورة على بعضها، ولا توجد طريقة لإضافة المقاومات وتكون هذه الطريقة تكون فعالة وعملية فقط في المحركات الحثية ذات العضو الدوار الملفوف wound Rotor Induction Motor.



شكل (64) التغير في مقاومة العضو الدوار

خامسا: التغير في الجهد والتردد (V / F):

مما سبق نلاحظ أن التحكم في السرعة عن طريق التغيير في جهد المصدر فقط له عيوب والتحكم في السرعة عن طريق التغيير في التردد فقط له عيوب، لذا تم التوصل إلى أنه أفضل طريقة للتحكم في السرعة عن طريق التغيير في الجهد والتردد معا، فالمحرك الذي يعمل على جهد 380 فولت وتردد 50 هيرتز فإن نسبة الجهد إلى التردد تحسب كالتالي:

$$Ø = V / F = 380 / 50 = 7.6$$

ويمكن الحصول على نفس النسبة عند خفض الجهد إلى 190 فولت وخفض التردد إلى 25 هيرتز كالتالي:

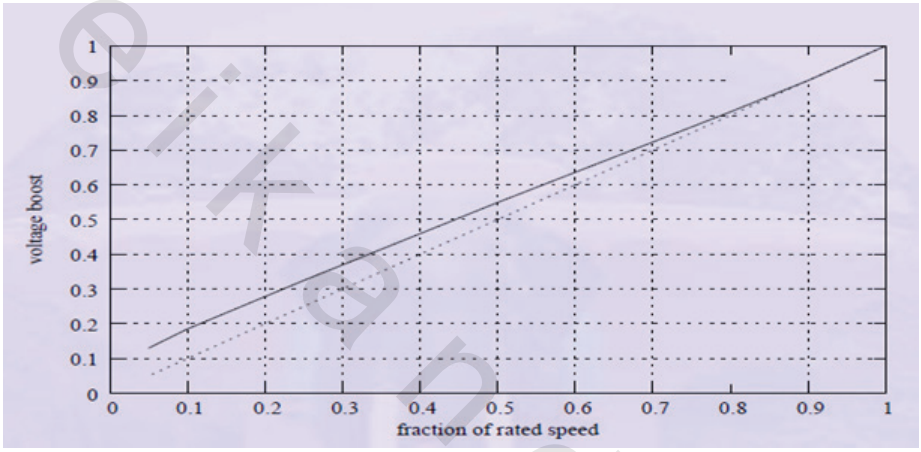
$$Ø = V / F = 190 / 25 = 7.6$$

فمثلا عند زيادة التردد بدون زيادة الجهد فإن السرعة ستزيد وفي نفس الوقت يقل الفيض مسببا نقص العزم ولكي يتم الحصول على عزم ثابت يتم رفع الجهد حتى يتم الحصول على نفس قيمة النسبة بين الجهد والتردد ، وعند زيادة الجهد بدون زيادة التردد فإن السرعة ستقل وفي نفس الوقت يزيد الفيض مسببا زيادة في العزم ولكي يتم الحصول على عزم ثابت يتم خفض

obeikandl.com

الجهد حتى يتم الحصول على نفس قيمة النسبة بين الجهد والتردد وبذلك يتم الحصول على سرعة منخفضة وعزم ثابت.

في حالة السرعات الصغيرة يتم زيادة قيمة الجهد فتكون النسبة بين الجهد والتردد كبيرة، وذلك لأنه عندما تكون قيمة التردد صغيرة تكون قيمة المفاعلة الحثية صغيرة ($XL = 2\pi F L$) وبالتالي يقل الفيض بصورة كبيرة قد لا تجعل المحرك يبدأ الحركة ولذلك يتم زيادة الجهد ليتم زيادة الفيض ويدور المحرك.



شكل (65) العلاقة بين الجهد والتردد في السرعات الصغيرة

أي أنه بتغيير الجهد والتردد يمكن السيطرة على السرعة والعزم، حيث إن العزم يبقى ثابتاً بينما السرعة تكون متغيرة، وتكون القدرة متغيرة أيضا.

obeikandl.com