الفصل الثاني

العزم المتولد في المحركات

العزم المتولد في المحرك Developed Torque :

العزم Torque يعتبر من أهم مواصفات المحرك، فكل محرك لابد أن يولد عزم معين يستطيع إدارة الحمل المتصل بهذا المحرك، فالعزم هو عبارة عن قوة دورانية.

فمثلا إذا كان عزم المحرك 3Kg.cm وبالتالي فهو قادر على حمل 3 كجم إذا كان مربوطا على مسافة 1 سم من محور المحرك، وإذا تم ربط الحمل على مسافة 2 سم فإن المحرك سوف يكون قادرا على حمل وزن أقصى 1.5 كجم.

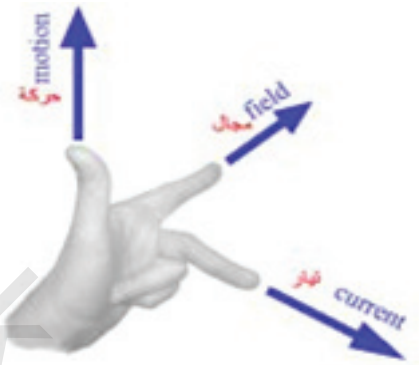
كيفية توليد العزم في المحركات:

بين فارادي أنه إذا وضع موصل يمر به تيار كهربي في مجال مغناطيسي، فإن هذا المجال يؤثر على الموصل بقوة يتم تحديدها عن طريق قاعدة اليد اليسري لفلمنج وهذه القاعدة يتم على أساسها عمل المحرك الكهربي.

قاعدة اليد اليسرى لفلمنج:

نجعل أصابع اليد اليسري الثلاثة الوسطي والسبابة والإبهام متعامدة بعضها على بعض بحيث يشير الوسطي للتيار والسبابة للفيض عندئذ يشير الإبهام إلى اتجاه القوة المغناطيسية وبالتالي إلى اتجاه حركة السلك.

obeikandi.com



شكل (52) قاعدة اليد اليسرى لفلمنج

ويمكن حساب القوة التي يتأثر بها الموصل من المعادلة التالية:

$$F = B \times I \times L \sin \varnothing$$

ومن المعادلة السابقة نجد أن هذه القوة تتأثر بالعوامل التالية:

1- طول الموصل (L).

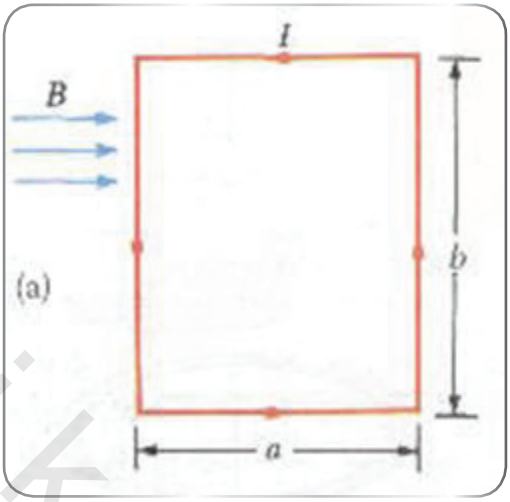
2- شدة التيار (I).

3- كثافة الفيض المغناطيسي (B).

4- الزاوية بين الموصل واتجاه المجال ($\varnothing$).

ولبيان كيف يتولد العزم نتيجة القوة التي يتأثر بها الموصل نفرض ملف من سلك موصل يمر به تيار I وموضوع في مجال مغناطيسي B موازي لمستوى الملف كما في الشكل التالي (الملف له ضلعان طول كل منهما b وضلعان طول كل منهما a).

obeikandl.com



شكل (53) ملف يمر به تيار كهربي

يؤثر المجال المغناطيسي على طول الضلعين b بقوة مغناطيسية متساوية في المقدار لأن التيار الذي يمر في الضلع الأول هو نفس التيار الذي يمر في الضلع الثاني، وحيث إن اتجاه التيار في الضلع الأول عكس اتجاه التيار في الضلع الثاني فإن القوتين تكون متعاكسة في الاتجاه.

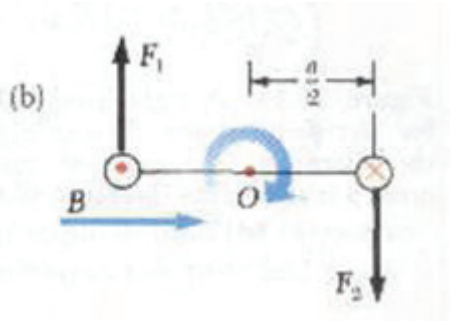
$$F1 = -F2 = B \times I \times b \sin \emptyset$$

وحيث إن الفيض المغناطيسي B عمودي على الضلع b، فإن الزاوية بينهما تساوي 90 درجة ($\emptyset = 90$)

وبالتالي فإن:

$$F1 = -F2 = B \times I \times b$$

فنتيجة لتولد قوتين متساويتين ومتعاكستين في الاتجاه ينتج عن ذلك ازدواج Torque.



شكل (54) العزم المتولد على الملف

ملحوظة:

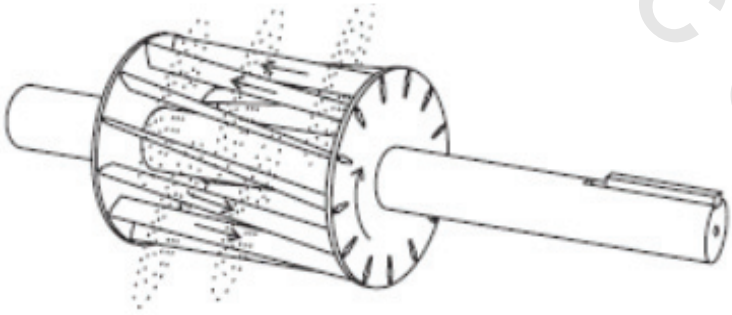
تكون القوة المغناطيسية على طول الضلعين a تساوي صفرا، وذلك لأن الزاوية المحصورة بين المجال المغناطيسي والتيار تساوي 0 للضلع السفلي و 180 درجة للضلع العلوي من الملف.

$$F1 = B \times I \times a \sin 0 = 0$$
$$F2 = B \times I \times a \sin 180 = 0$$

توليد العزم في المحرك:

ذكرنا أنه يتولد مسار مغلق للتيار خلال قضبان العضو الدوار مارا بالحلقة التي تقصر القضبان معا،

وهذا التيار يولد مجال مغناطيسي كما في الشكل التالي:



شكل (55) المجال المغناطيسي المتولد في العضو الدوار

وهذا المجال يؤثر على قضبان العضو الدوار بقوة ويكون اتجاه هذه القوة دائما عموديا على اتجاه المجال المغناطيسي، وبالتالي ينتج عزم بين كل قضيبين متقابلين يعمل على دوران العضو الدوار الـ Rotor وقيمة هذا العزم المتولد = القوة المؤثرة xالمسافة العمودية.

العوامل التي يتأثر بها العزم:

1- يتناسب العزم طرديا مع مربع جهد المصدر

$$T \alpha V2$$

2- يتناسب العزم طرديا مع الانزلاق S (Slip)

$$T \alpha S$$

3- يتناسب العزم عكسيا مع التردد

$$P = T \times W = T \times 2\pi F$$

4- يتناسب العزم طرديا مع الفيض المغناطيسي وتيار الحمل

$$T \alpha \emptyset \times IL$$

5- يتناسب العزم عكسيا مع السرعة

$$T = HP \times 5250 / RPM$$

6- يتناسب عزم المحرك طرديا مع مربع تيار العضو الدوار ومع مقاومته وعكسيا مع الانزلاق

$$Tmotor \alpha (Ir2 \times R) / S$$

7- يتناسب عزم الحمل مع:

$$TLoad \alpha (1 - S)$$

حيث:

P: القدرة بالوات

W: السرعة الزاوية

HP: القدرة بالحصان Power Horse

RPM: السرعة (لفة في الدقيقة) Revolution per minute

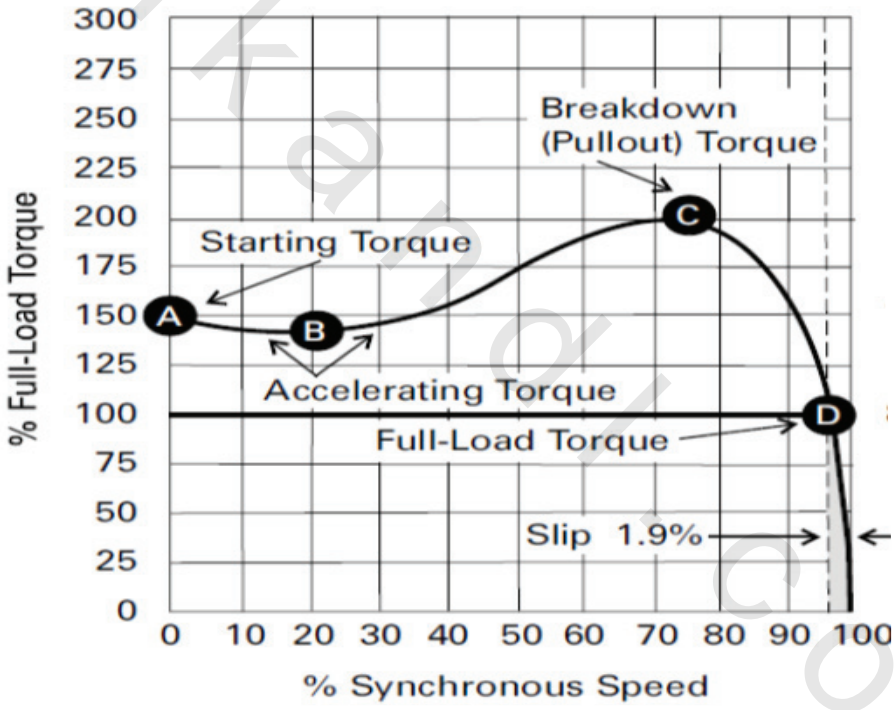
obeikandi.com

LI: تيار الحمل rI: تيار العضو الدوار R: مقاومة العضو الدوار

rotomT: عزم المحرك daoLT: عزم الحمل

أنواع العزم المتولد في المحرك:

عندما يتم تغذية المحرك بالجهد الاسمي Rated Voltage والتردد الاسميRated frequencyفإنه حسب ظروف تشغيل المحرك يتولد أنواع كثيرة من العزم يمكن تمثيلها في الشكل التالي:



شكل (56) أنواع العزوم المتولدة في المحرك

obeikandl.com

1- **عزم البدء** Starting Torque **أو** Locked Rotor Torque :

هذا العزم يتولد عندما يتم تغذية المحرك وهو في حالة السكون بالجهد الاسمي Rated Voltage والتردد الاسمي Rated frequency، فعند تسليط الجهد على المحرك توجد فترة زمنية صغيرة جدا قبل بدء دوران المحرك يتولد فيها عزم البدء وهو يساوي تقريبا 150 % من عزم الحمل الكامل، وهذا العزم يكون ناتجا عن الفيض الكبير جدا المتولد في قضبان العضو الدوار لكي يتغلب على القصور الذاتي للعضو الدوار ويتم تمثيله بالنقطة A على الرسم البياني.

2- **عزم التسارع** Acceleration Torque :

بعد ظهور عزم البدء واستمرار عملية التجاذب بين الفيض الدوار المتولد في العضو الثابت والفيض المتولد في العضو الدوار، يبدأ المحرك في الدوران وتبدأ سرعته في الزيادة، أي يبدأ المحرك في التسارع، ويقابل هذه الزيادة في السرعة انخفاض في العزم، ويسمي العزم المتولد عند تسارع المحرك بعزم التسارع وهو أقل عزم يتولد في المحرك أثناء فترة تسارعه من لحظة السكون وحتى السرعة المناظرة لحدوث عزم الانهيار ويتم تمثيلة بالنقطة B على الرسم البياني

3- **عزم الانهيار** Break Down Torque **أو** Pull- out Torque :

وهو أقصى عزم يولده المحرك عندما تزيد سرعته ويتم تمثيلة بالنقطة C على الرسم البياني.

4- **عزم الحمل الكامل** Full Load Torque :

هو العزم المطلوب بواسطة الحمل الميكانيكي المطلوب إدارته بواسطة المحرك على مدى سرعة التشغيل ويتم تمثيله بالنقطة D على الرسم البياني، فعند زيادة السرعة ينخفض العزم عن عزم الانهيار إلى أن يصل إلى عزم الحمل الكامل، وذلك عندما يعمل المحرك بالجهد الاسمي والتردد الاسمي، وتكون السرعة أقل من أقل من السرعة التزامنية.

أنواع الأحمال Type of Laods :

وهناك ثلاث أنواع من هذه الأحمال هي:

1– أحمال تحتاج عزم ثابت Constant Torque .

2– أحمال تحتاج عزم متغير Variable Torque.

3– أحمال تحتاج قدرة (بالحصان) ثابتة Constant Horsepower .

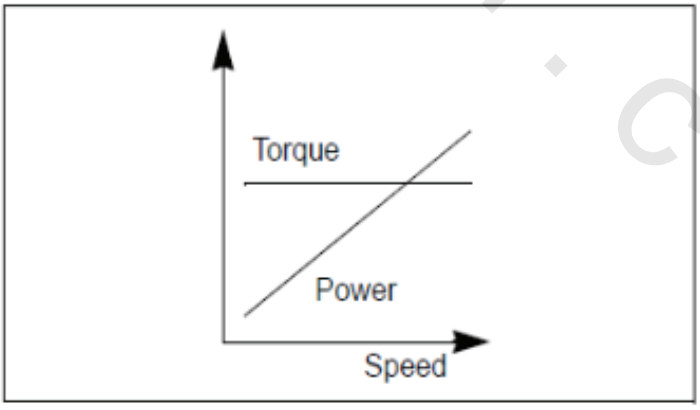
أولا: الأحمال التي تحتاج عزم ثابت Constant Torque :

للحصول على عزم ثابت في هذه الأحمال لابد من ثبوت النسبة بين الجهد والتردد (V / F = Const.)، وحيث إن العزم يعتمد على هذه القيمة، فيمكن الحصول على عزم ثابت عن طريق ثبوت هذه القيمة، فمثلا عند زيادة التردد لابد من زيادة الجهد حتى يتم الحصول على نفس قيمة النسبة بين الجهد والتردد، وبذلك يتم الحصول على سرعة عالية وعزم ثابت، وكذلك عند نقص التردد يتم خفض الجهد حتى يتم الحصول على نفس قيمة النسبة بين الجهد والتردد، وبذلك يتم الحصول على سرعة منخفضة وعزم ثابت.

أي أنه بثبوت النسبة بين الجهد والتردد يمكن الحصول على عزم ثابت.

والأحمال التي تحتاج إلى عزم ثابت هي السيور Conveyors والطواحين Mills

.Traction drives. Compressors. Conveyors. Positive displacement pumps and Hoists

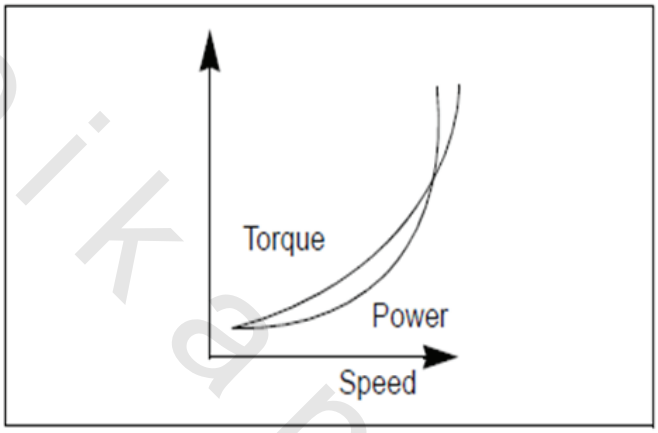


شكل (57) الأحمال التي لها عزم ثابت

obeikandl.com

ثانيا: الأحمال التي تحتاج عزم متغير Variable Torque :

في بعض الأحمال نحتاج إلى تقليل العزم عندما تقل السرعة عن السرعة الاسمية، وكذلك نحتاج إلى زيادة العزم عند زيادة السرعة عن السرعة الاسمية، ففي هذه الأحمال يتناسب العزم مع مربع السرعة، ومن هذه الأحمال المراوح Fans والشفاطات Blowers وطلمبات الطرد المركزي Centrifugal Pumps.



شكل (58) الأحمال التي لها عزم متغير

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

ثالثا: الأحمال التي تحتاج قدرة بالحصان ثابته Constant Horsepower :

في بعض الأحمال مثل المنشار الكهربي والخلاط الكهربي عندما يزيد العزم تقل السرعة وعندما يقل العزم تزيد السرعة، وفي كلا الحالتين تكون القدرة بالحصان ثابتة.

وكذلك في بعض الأحمال تتطلب أن يعمل المحرك بسرعة أعلى من السرعة الاسمية، وحيث إنه لا يمكن رفع الجهد

أعلى من جهد المصدر فيتم ثبوت جهد المصدر وزيادة التردد عن القيمة الاسمية فمثلا إذا تم زيادة التردد إلى 75 هيرتز أو إلى 100 هيرتز نلاحظ أن النسبة ستصبح:

obeikandl.com

$$Ø1 = V / F = 380 / 75 = 5.07$$

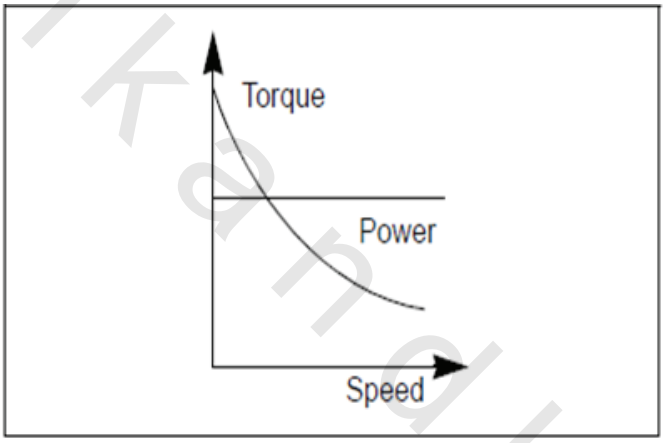
$$Ø2 = V / F = 380 / 100 = 3.8$$

تلاحظ أنه في هذه الحالة أن العزم يقل والسرعة تزيد وهو المطلوب في هذه الأحمال، ولكن لابد من المحافظة على أن القدرة بالحصان تكون ثابتة، فمن العلاقة بين القدرة بالحصان والعزم والسرعة نجد أن:

القدرة بالحصان = (العزم x السرعة) / 5250

$$HP = T \times N / 5250$$

فمن التحكم في الزيادة في السرعة والنقص في العزم يتم الحصول على قدرة ثابتة بالحصان، ومن هذه الأحمال المنشار الكهربي والخلاط الكهربي.



شكل (59) الأحمال التي لها قدرة ثابتة

obeikandl.com

Motor Load Type	Common Applications	Energy Considerations
Variable Torque Load • Power [hp] varies as the cube of the rotational speed • Torque varies as the square of the rotational speed	• Centrifugal fans • Centrifugal pumps • Blowers • Axial fans • HVAC systems	Lower speed operation results in significant energy savings as shaft power of the motor drops with the cube of the rotational speed.
Constant Torque Load • Torque remain constant at all rotational speeds • Power [hp] varies in direct proportion to rotational speed	• Mixers • Conveyors • Compressors • Printing presses	Lower speed operation saves energy in direct proportion to the rotational speed reduction.
Constant Power [hp] Load • Develops the same power [hp] at all rotational speeds • Torque varies in inverse proportion to the speed	• Machine tools • Lathes • Milling machines • Punch presses	No energy savings at reduced speeds; however, energy savings can be realized by attaining the optimized cutting and machining speeds for the part being produced. A time limiting switch device controlling no-load operating time saves energy, too.

obeikandl.com