التحريك الكهربائي

أنواع الأحمال وخصائصها

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الجدارة: معرفة أنواع وطبيعة الأحمال الميكانيكية المختلفة وكيفية تحديد نقطة التشغيل المستقرة بين المحرك الكهربائي والحمل الميكانيكي.

الأهداف:

عندما تكمل التدريب على هذه الوحدة يكون لديك القدرة بإذن الله علي:

١- معرفة منحنيات الخواص للأحمال الميكانيكية المختلفة.

٢- تحديد نقطة التشغيل المستقرة بين المحرك والحمل.

٣- حساب قدرة المحرك المطلوبة لتحريك حمل معين.

٤- معرفة القواعد الخاصة بحساب تأثير الأحمال على المحرك.

٥- حساب زمن بدء الحركة لوسائل التحريك.

الوقت المتوقع للتدريب: ٦ ساعات

متطلبات الجدارة:

التدرُب على جميع المهارات لأول مرة.

قلم الجزائر | WWW.DZPEN.COM

الوحدة الثانية : أنواع الأحمال الميكانيكية وخصائصها

هناك العديد من الأحمال الميكانيكية المختلفة التي يمكن تحريكها أو دورانها باستخدام المحركات الكهربائية وفيما يلي أهم تلك الأحمال:

- **الروافع والأوناش:** وتتكون الحركة الميكانيكية فيها من عدة أنواع : رفع أو خفض الحمولة و حركة الونش ذاته للأمام أو الخلف و حركة أذرع الونش في اتجاهات متعددة. أي أنه في الونش الواحد يمكن استخدام أكثر من محرك، المحركات الحثية ذات العضو الدائر الملفوف كثيرة الاستعمال في هذا النوع من التحريك وكذلك محركات التيار المستمر ذات التغذية الذاتية من النوع المركب.

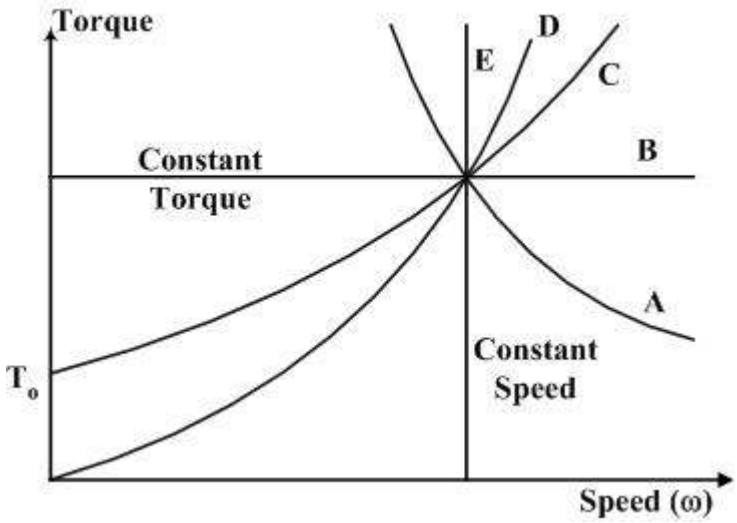
- **الطواحين الدوارة.**
- **الضواغط.** **Compressors**
- **الشفاطات.** **Blowers**
- **المضخات.** **Pumps**
- **آلات القطع.**
- **نقل الحركة بالسيور.**
- **آلات التثقيب.**
- **المصاعد الكهربائية.**
- **القطارات والمركبات الكهربائية.**

تستخدم في تحريك هذه الأحمال، محركات التيار المستمر أو محركات التيار المتردد الحثية منها والتزامنية، حسب نوع وطبيعة تشغيل الحمل الميكانيكي، بحيث يفي المحرك بمتطلبات بدء الحركة وتنظيم السرعة وأهم ما يجب معرفته من خواص الحمل الميكانيكي العلاقة بين العزم والسرعة، حتى يمكن اختيار نوع المحرك المناسب

منحنيات خواص الأحمال:

الشكل(٢- ١) يبين أمثلة لخواص الأحمال:

أ. المنحنى A: في هذا النوع من الأحمال يتناسب العزم مع السرعة تناسباً عكسياً ($T \alpha 1/\omega$) بحيث يكون حاصل ضربهما ثابتاً ويساوي القدرة المطلوبة لتشغيل الحمل ($P_m = T \times \omega$).



الشكل ٢- ١

منحنيات خواص الأحمال

ب. المنحني B: يمثل الحمل ذا العزم الثابت مهما تغيرت السرعة مثل أحمال الرفع والشد حيث تزداد القدرة المطلوبة لتشغيل الحمل تزايداً طردياً مع ازدياد سرعة الدوران ($P_m \alpha \omega$).

ت. المنحنيٍ C: يمثل الحمل الذي تزداد فيه السرعة مع زيادة العزم مثل المضخات ($T = T_o + K\omega$) حيث T_o يمثل العزم عند بدء الحركة، K ثابت التناسب بين العزم والسرعة.

ث. المنحنيٍ D: يمثل الحمل الذي يتناسب فيه العزم طردياً مع مربع السرعة كما في المراوح والشفاطات ($T = K \times \omega^2$)

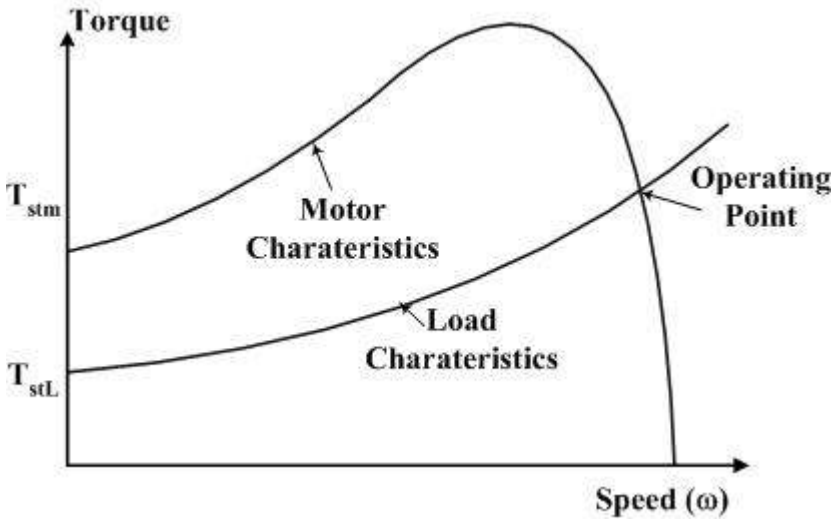
ج. المنحنيٍ E: يمثل الحمل الذي يدور بسرعة ثابتة بصرف النظر عن قيمة العزم، فيزداد العزم دون أن تتأثر السرعة مثل المولدات التزامنية المرتبطة بشبكة لانهائية.

التوازن الديناميكي بين الحمل والمحرك الكهربائي:

يقوم المحرك الكهربائي بتوليد عزم دوران، عند السرعة الدورانية التي تفرضها الآلة العاملة، على محور الدوران المشترك بين المحرك والآلة، بناء على العزم اللازم الدورانها وحسب نوعية وطبيعة تشغيلها. وبذلك تتحدد نقطة التشغيل على منحنى الخواص للمحرك، والذي يربط بين العزم والسرعة الدورانية. ويحدث توازن ديناميكي بين عزم الدوران الذي يبذله المحرك من جهة، ورد فعل الآلة العاملة من جهة أخرى، والذي يتكون من محصلة ثلاث مركبات لعزم الدوران المضاد، وهي:

- عزم التسارع أو التباطؤ الناشيء عن القصور الذاتي للكتل الدوارة عندما تكون سرعة الدوران متغيرة، وتتلاشى هذه المركبة لعزم الدوران المضاد عندما يدور المحرك بسرعة ثابتة.
- عزم الدوران المستفاد منه، وهو العزم الذي يستفاد به لأداء الشغل المطلوب من الآلة العاملة.
- عزم دوران المفاقيد الميكانيكية، وهو الذي يتغلب على مقاومة الهواء لحركة الدوران ويتغلب أيضاً على الاحتكاك الناشيء في المحاور والكراسي في المحرك والآلة العاملة.

لتحديد نقطة التشغيل، يلزمنا معرفة المنحنى الذي يربط بين عزم الدوران والسرعة لكل من المحرك والآلة العاملة، حيث تتحدد نقطة التشغيل من تقاطع هذين المنحنيين الشكل(٢- ٢)، ويمكن أن تتحدد نقطة التشغيل أيضاً بالطرق الحسابية. الشكل(٢- ٢) يبين منحنيات العلاقة بين العزم والسرعة الدورانية لكل من المحرك والحمل الميكانيكي وعليه تظهر نقطة التشغيل وهي نقطة تقاطع المنحنيين.



الشكل ٢- ٢

منحنيات العلاقة بين العزم والسرعة لكل من المحرك والحمل الميكانيكي

عندما يتغير الحمل على الآلة العاملة بالزيادة أو النقصان، يختل التوازن الديناميكي بين عزم الدوران المحرك وعزم الدوران المضاد، مما يؤدي إما إلى زيادة سرعة الدوران نتيجة لوجود عزم تسارع إذا قل الحمل وتغلب عزم الدوران المحرك، وإما إلى انخفاض سرعة الدوران نتيجة لوجود عزم تقصير إذا زاد الحمل وتغلب عزم الدوران المضاد. فإذا كان المحرك يعمل في الجزء المتزن من منحنى خواصه الذي يربط بين العزم وسرعة الدوران، فإن تغيير السرعة سوف يؤدي إلى تحريك نقطة التشغيل إلى الموقع الذي يحدث فيه التوازن الديناميكي مرة أخرى بين عزم الدوران المضاد الجديد الذي حدده الحمل، وعزم الدوران المحرك الذي تحددت قيمته عند نقطة التوازن الجديدة.

تتوقف قيمة عزم الدوران المحرك على نوع المحرك المستخدم وكيفية توصيله مع المصدر المغذي له، في حين تتوقف قيمة عزم الدوران المضاد على طبيعة العمل الذي تؤديه الآلة العاملة، وعلى نوع وخصائص الحمل المطلوب دورانه، الشكل(٢- ١) يوضح بعض الأمثلة لخواص الأحمال.

كيفية حساب قدرة المحرك المقننة لتحريك حمل معين:

تحسب القدرة اللازمة نظرياً أو بعلاقات تجريبية معينة على أساس عدد كبير من الاختبارات، وقد يضطر لتحديد القدرة الضرورية الاستعانة بآليات مماثلة مستخدمة في الصناعة. ويوجد هناك مجموعة صغيرة ومحددة من الآلات يمكن تعيين قدرتها وفقاً لنظام الحمولة الدائمة، مثل المصاعد والمضخات والمراوح.

١- أحمال ذات حركة خطية:

القدرة اللازمة لتحريك الحمل في خط مستقيم (كيلووات) $= P_1$

قدرة المحرك الخارجة على محور الدوران (كيلووات) $= P_m$

سرعة دوران المحرك (لفة / دقيقة) $= N_m$

سرعة دوران المحرك (راديان /ثانية) $= \omega_m$

كفاءة وسيلة نقل الحركة بين الحمل والمحرك $= \eta_c$

القوة المطلوبة لتحريك الحمل خطياً (نيوتن) $= F_1$

السرعة الخطية (متر/ ثانية) $= v$

$$P_1 = \frac{F_1 . v}{1000} = \eta_c . P_m \quad KW$$

$$P_m = \frac{F_1 . v}{1000 \times \eta_c} \quad KW$$

$$T_m = \frac{P_m \times 1000}{\omega_m} = \frac{9550 \times P_m}{N_m} \quad N.m.$$

$$T_m = \frac{9.55 \ F \ v}{\eta_c \ N_m} \quad N.m.$$

$$P_m = \frac{T_m . N_m}{9550} \quad KW$$

ب- أحمال ذات حركة دورانية بواسطة صندوق تروس:

نسبة نقل السرعة بواسطة التروس $\sigma = N_m/N$

سرعة دوران الحمل $N =$

سرعة دوران المحرك $N_m =$

كفاءة نقل الحركة بواسطة صندوق التروس $\eta =$

فإذا كان هناك عدة تروس متتالية عددها S

$$\sigma_t = \frac{N_m}{N_1} \times \frac{N_1}{N_2} \times \frac{N_2}{N_3} \times - - - - \times \frac{N_s}{N} = \frac{N_m}{N}$$

$$\eta_t = \eta_1 \times \eta_2 \times \eta_3 \times - - - \times \eta_s$$

$$T_m = \frac{T_1}{\eta_t \times \sigma_t} \quad N.m.$$

$$P_1 = \frac{T_1 . N}{9550} \quad KW$$

$$P_m = \frac{P_1}{\eta_t} = \frac{T_1 . N}{9550 \times \eta_t} \quad KW$$

حيث (T_1) العزم النافع لدوران الحمل.

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

ج) حساب قدرة المحركات المستخدمة لتحريك المصاعد:

في حالة المصاعد تعادل حمولة جسم المصعد ونصف حمولة الاستخدام بأثقال موازنة، لذا تقسم القدرة على ٢.

$$P_m = \frac{F_1 \times v}{2 \times 1000 \times \eta} \quad KW$$

د) حساب قدرة المحركات المستخدمة في المضخات:

$$P_m = \frac{Q \cdot \rho \cdot g \cdot h}{\eta} \quad KW$$

معدل تدفق السائل (متر^3/ ثانية) $Q =$

كثافة السائل (كيلوجرام /ديسيمتر^3) $\rho =$

عجلة الجاذبية الأرضية (٩،٨١ متر/ ثانية^2) $g =$

فرق الارتفاع بين نقطة الامتصاص ونقطة الدفع + مجموع المقاومات (متر) $h =$

ه) حساب قدرة المحركات المستخدمة في أجهزة التهوية:

معدل تدفق الهواء (متر^3/ ثانية) $Q =$

ضغط الهواء بالباسكال عند فتحة خروج الهواء (١ باسكال = ١ نيوتن/ متر^2) $p =$

$$P_m = \frac{Q \times p}{1000 \times \eta} \quad KW$$

أمثلة:

مثال ٢- ١: محرك حثي ثلاثي الأوجه، 380-V، سرعته 1710 لفة في الدقيقة، يستعمل لتدوير حمل عزمه 78 نيوتن.متر عند سرعة دوران 1410 لفة في الدقيقة، إذا كانت كفاءة صندوق التروس 78%، وكفاءة المحرك 75%، ومعامل القدرة 82% احسب: قدرة خرج المحرك بالكيلووات،وعزم المحرك، وتيار المحرك.

The output power of the motor

$$P_m = \frac{T_1\ N}{9550 \times \eta} = \frac{78 \times 1410}{9550 \times 0.78} = 14.76 \quad KW$$

$$T_m = \frac{T_1}{\eta \times \sigma} = \frac{78}{0.78 \times \frac{1710}{1410}} = 82.5 \quad N.m.$$

$$\text{The input power to the motor} \equiv P_{in} = \frac{P_m}{\eta_m} = \frac{14.76}{0.75} = 19.635 \quad KW$$

$$P_{in} = \sqrt{3}\ V\ I \cos\phi$$

$$I = \frac{19635}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.82} = 36.5 \quad Amp.$$

مثال ٢- ٢: محرك حثي ثلاثي الأوجه، 380-V، كفاءته 82%، ومعامل قدرته 85%، يستعمل لتحريك مصعد، كفاءته 48%، لرفع 5000 Kg.، إلى ارتفاع 30 m.، خلال زمن مقداره نصف دقيقة، تمت موازنة نصف حمولة التشغيل، وكل من وزن المصعد والحبال، بواسطة أثقال موازنة. احسب قدرة المحرك بالكيلووات، وتيار المحرك.

$$v = \frac{s}{t} = \frac{30}{0.5 \times 60} = 1.0 \quad m/sec.$$

$$P_m = \frac{F_1 \cdot v}{2 \times 1000 \times \eta} = \frac{5000 \times 9.81 \times 1.0}{2000 \times 0.48} = 51.1 \quad KW$$

$$P_{in} = \frac{P_m}{\eta_m} = \sqrt{3}\ V\ I \cos\phi \quad KW$$

$$I = \frac{51.1 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.85 \times 0.82} = 111.5 \quad Amp.$$

مثال ٢- ٣: محرك تيار مستمر، 220-V، كفاءته 88%، يستخدم لتشغيل مضخة مياه كفاءتها 75%، لضخ 15 متر مكعب من الماء في الساعة، إلى ارتفاع 18 متر، وكانت كفاءة مجموعة التروس بين المحرك والمضخة 85%، احسب قدرة خرج المحرك و قدرة دخل المحرك و تيار المحرك.

$$P_m = \frac{Q\ \rho\ g\ h}{\eta_t} = \frac{15 \times 9.81 \times 1 \times 18}{60 \times 60 \times (0.85 \times 0.75)} = 1.155 \quad KW$$

$$P_{in} = \frac{P_m}{\eta_m} = \frac{1.155}{0.88} = 1.312 \quad KW$$

$$\text{The motor current} \equiv I = \frac{1.312 \times 1000}{220} = 5.96 \quad Amp.$$

مثال ٢- ٤: محرك حثي ثلاثي الأوجه، 380-V، كفاءته 85%، ومعامل قدرته 80%، يستخدم لتدوير مروحة تهوية كفاءتها 65%، تقوم بضغط 100 متر مكعب من الهواء كل دقيقة، بضغط 25 باسكال من خلال فتحة طرد قطرها 80 سم، احسب: القدرة المستفادة من المحرك و التيار المسحوب من المصدر

$$P_m = \frac{Q \times p}{1000 \times \eta} = \frac{100 \times 25}{60 \times 1000 \times 0.65} = 0.065 \quad KW$$

$$P_{in} = \frac{P_m}{\eta_m} = \frac{0.065}{0.85} = 0.0765 \quad KW$$

$$I = \frac{P_m}{\sqrt{3}\ V\ \cos\phi} = \frac{0.0765 \times 1000}{\sqrt{3} \times 380 \times 0.8} = 0.145 \quad Amp.$$

القواعد الخاصة لحساب تأثير الأحمال على المحرك:

عندما تتعدد عناصر الحركة وأشكالها في وسيلة التحريك الواحدة، ويكون مصدرها كلها محرك كهربائي واحد، يصبح من اللازم معرفة تأثير تلك العناصر المختلفة الموجودة على محور دوران المحرك، من حيث طاقة الحركة الكامنة في الكتل الدوارة والقصور الذاتي وعزم الحذافة، حتى يمكن معرفة عزم الدوران المطلوب بذله بواسطة المحرك عند سرعة الدوران المناسبة. عندما يتغير الحمل على الآلة العاملة، بالنقصان أو الزيادة، يختل التوازن الديناميكي بين عزم المحرك وعزم الدوران المضاد، مما يؤدي إلى زيادة أو نقصان في سرعة الدوران نتيجة لظهور عزم التسارع أو التباطؤ الناشئ عن القصور الذاتي للكتل الدوارة عندما تكون سرعة الدوران متغيرة.

حساب القصور الذاتي المكافئ على محور المحرك:

نفترض أن لدينا وزنًا مقداره W، يتم رفعه خطياً لأعلى و بسرعة مقدارها v (m/sec.)، ويحصل على حركته من محرك، بواسطة مرحلتين من التروس، كما هو موضح في شكل(٢- ٣).

طاقة الحركة المكافئة على محور المحرك = مجموع طاقة الحركة الكامنة في الكتل الدوارة

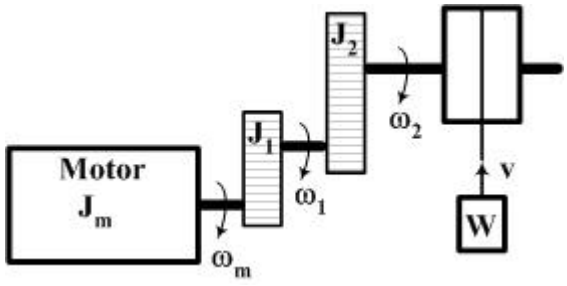
عزم القصور الذاتي المكافئ منسوباً إلى محور المحرك (J_d =)

$$\frac{1}{2} J_d \omega_m^2 = \frac{1}{2} J_m \omega_m^2 + \frac{1}{2} J_1 \omega_1^2 + \frac{1}{2} J_2 \omega_2^2 + \frac{1}{2} m v^2$$

$$J_d = J_m + \frac{J_1}{\sigma_1^2} + \frac{J_2}{\sigma_2^2} + m \left(\frac{v}{\omega_m} \right)^2$$

where $\sigma_1 = \frac{\omega_m}{\omega_1}$, $\sigma_2 = \frac{\omega_m}{\omega_2}$

طاقة الحركة في القصور الذاتي المكافئ $(J_d\ \omega_m^2/2)$، تغطي كل احتياجات طاقة الحركة في الأجزاء المختلفة في وسيلة التحريك. يعطي المصنع من بين معلومات التصميم، عزم الحذافة (GD^2) بالكيلوجرام. متر٢، بدلاً من القصور الذاتي للكتل التي تدور على محور المحرك الكهربائي.



(الشكل ٢- ٣)

رفع حمل خطي لأعلى بواسطة مرحلتين من التروس

نحصل على عزم الحذافة للمحرك، باعتبار أن طاقة الحركة الكامنة في الكتل الدائرة على محور المحرك $(J_m\ \omega_m^2/2)$، تنشأ بفعل وزن اعتباري مكافئ، مقداره G نيوتن، مركز في نقطة، ويدور على محيط دائرة، قطرها D متر، بنفس السرعة الزاوية ω_m حول محور المحرك.

بمساواة طاقتي الحركة الكامنة الحقيقية والاعتبارية E_n

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

$$E_n = \frac{1}{2} m v^2 = \frac{1}{2} \times \frac{G}{g} \times \left(\frac{\pi D N_m}{60} \right)^2$$

$$= \frac{1}{2} J_m \omega_m^2 = \frac{1}{2} J_m \left(\frac{2 \pi N_m}{60} \right)^2$$

عزم الحذافة $GD^2 = 4 g J_m$

يمكن استخدام عزم الحذافة المناظر للأحمال، بدلاً من القصور الذاتي، على محور الدوران، حيث:

$$J_d = \frac{(G D^2)_d}{4 g} \quad , \quad J_m = \frac{(G D^2)_m}{4 g}$$

$$J_1 = \frac{(G D^2)_1}{4 g} \quad , \quad J_2 = \frac{(G D^2)_2}{4 g}$$

بالنسبة للوزن W نحصل GD^2 بمساواة طاقتي الحركة الكامنة في الوزن المتحرك كالآتي:

$$\frac{1}{2} J \omega_m^2 = \frac{1}{2} m v^2$$

$$\frac{1}{2} \frac{(GD^2)}{4 g} \omega_m^2 = \frac{1}{2} \times \frac{W}{g} \times v^2$$

$$(GD^2) = 4 \times \frac{W v^2}{\omega_m^2} = 4 \times \frac{W v^2}{\left(\frac{2 \pi N_m}{60} \right)^2}$$

$$(GD^2) = 365 \times \frac{W v^2}{N_m^2}$$

عزم الحذافة الكلي المكافئ على محور المحرك:

$$(GD^2)_d = \left[(GD^2)_m + 365 \frac{W v^2}{N_m^2} \right] + \frac{(GD^2)_1}{\sigma_1^2} + \frac{(GD^2)_2}{\sigma_2^2}$$

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

مثال ٢- ٥: احسب طاقة الحركة الكامنة في محرك كهربائي قدرته 50 KW، ويدور بسرعة 1000 لفة في الدقيقة، علماً بأن عزم الحذافة للمحرك، $10\ Kg.m^2$

$$J_m = \frac{(GD^2)_m}{4\ g} = \frac{10}{4 \times 9.81} = 0.2548 \quad Kg.m.sec.^2$$

$$\omega_m = \frac{2\pi N_m}{60} = \frac{2\pi \times 1000}{60} = 104.72 \quad rad/sec.$$

$$E_n = \frac{1}{2} J_m \omega_m^2 = \frac{1}{2} \times 0.2548 \times (104.72)^2 = 1396 \quad Kg.m$$

$$E_n = 1396 \times 9.81 = 13695 \quad Joules= watt .sec.$$

مثال ٢- ٦: محرك حثي ثلاثي الأوجه، 3000-V، 60 Hz، ذو ستة أقطاب، ومعامل قدرته 82%، موصل دلتا، يستخدم لرفع ثقل مقداره، 6000 Kg. بسرعة 1.5 m/sec. احسب تيار الخط وتيار الوجه، بافتراض أن الكفاءة الكلية 80%

$$N_s = \frac{60\ f}{p} = \frac{60 \times 60}{3} = 1200 \quad r.p.m.$$

$$\text{The motor torque} = T_m = 9.55 \times \frac{F_l \times v}{\eta_c \times N_m}$$

$$= 9.55 \frac{6000 \times 9.81 \times 1.5}{0.8 \times 1200} = 878.33 \quad N.m.$$

$$P_m = \omega_m T_m = \frac{2\pi N_m}{60} \times T_m = \frac{2\pi \times 1200}{60} \times 878.33 = 110370 \quad W$$

$$\text{The line current} = I_L = \frac{P_m}{\sqrt{3}\ V\ \cos\phi} = \frac{110370}{\sqrt{3} \times 3000 \times 0.82} = 25.9 \quad Amp.$$

$$\text{The phase current} = I_{ph} = \frac{I_L}{\sqrt{3}} = \frac{25.9}{\sqrt{3}} = 15 \quad Amp.$$

مثال ٢- ٧: محرك كهربائي متصل ميكانيكياً مباشرة مع ونش، لرفع ثقل مقداره 3 أطنان، بسرعة 0.9m/sec. أوجد عزم الحذافة المكافئ منسوباً لمحور المحرك، بافتراض المعلومات الآتية: عزم حذافة

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر

المحرك 10 كيلوجرام.متر٢، عزم حذافة الونش 60 كيلوجرام.متر٢، سرعة المحرك 720 لفة في الدقيقة، قطر حذافة الونش 1.0 متر.

$$v_1 = \omega\ r = \frac{2\pi N_1}{60} \times r = \frac{2\pi N_1}{60} \times \frac{D_1}{2}$$

$$N_1 = \frac{60 \times v_1}{\pi \times D_1} = \frac{60 \times 0.9}{\pi \times 1.0} = 17.18 \quad \text{rpm}$$

$$\sigma_1 = \frac{N_m}{N_1} = \frac{720}{17.18} = 41.9$$

$$(GD^2)_d = \left[(GD^2)_m + 365 \frac{W v^2}{N_m^2} \right] + \frac{(GD^2)_1}{\sigma_1^2}$$

$$= 1.1 \times 10 + 365 \frac{3000 \times (0.9)^2}{(720)^2} + \frac{60}{(41.9)^2}$$

$$= 11 + 1.71 + 0.034 = 12.744 \quad \text{Kg.m}^2$$

حساب زمن بدء الحركة لوسائل التحريك:

يستغرق المحرك الكهربائي و الأحمال المتصلة معه وقتاً حتى يصل إلى سرعة الدوران المعتادة له، تتوقف قيمة هذا الوقت على الكتل الموجودة على محور المحرك وعزم دوران المحرك. تختلف قيمة زمن البدء، إذا كان المحرك متصلاً بالآلة العاملة أثناء فترة البدء، عما إذا كان يبدأ الدوران بدون حمل، يكون الاختلاف ناشئاً عن التغيير في قيمة الكتل المتسارعة، في الحالتين، نظراً لأن هذه الكتل سوف تختزن كميات من الطاقة الكامنة، التي تعتمد قيمتها على السرعة النهائية، بالإضافة إلى الأوزان المتحركة. فإذا افترضا أن:

T_{st} = متوسط عزم الدوران أثناء فترة البدء (نيوتن.متر)

T_1 = عزم دوران الحمل المضاد (نيوتن.متر)

N_m = سرعة الدوران التي يصل إليها المحرك في نهاية فترة البدء (لفة في الدقيقة)

t_{st} = زمن البدء الذي يستغرقه المحرك ليصل إلى سرعته المعتادة (ثانية)

$$t_{st} = \frac{9.81 \times (GD^2)_d \times N_m}{375 \times (T_{st} - T_1)} \quad \text{sec.}$$

بفرض أن التسارع يتم بمعدل منتظم، فيمكن الحصول على الزمن t_{st12} اللازم لزيادة السرعة من N_1 إلى N_2:

$$t_{st12} = \frac{9.81 \times \left(GD^2\right)_d \times (N_2 - N_1)}{375 \times \left(T_{st} - T_1\right)} \quad \text{sec.}$$

عندما يدور المحرك بدون حمل، ويكون عزم الدوران الذي يبذله أثناء فترة البدء يساوي عزم الحمل الكامل، الذي يستهلك المحرك على أساسه قدرة P_m كيلووات، فإن زمن البدء الذي يستغرقه المحرك في هذه الحالة، هو ثابت الزمن الميكانيكي للمحرك θ_m .

$$\theta_m = \frac{(GD^2)_m}{36.5} \times \left(\frac{N_{mo}}{100}\right)^2 \times \frac{1}{P_m} \quad \text{sec.}$$

حيث N_{mo} هي سرعة المحرك عند اللاحمل.

مثال ٢- ٨: ونش وزنه 39 طناً حمولته 30 طناً يتحرك بواسطة محرك كهربائي قدرته المقننة 26 كيلووات، والذي يحقق سرعة ثابتة للحمل قيمتها 100 متر في الدقيقة، عندما يدور بسرعة 700 لفة في الدقيقة. أوجد زمن البدء للكتلة المتحركة، إذا بدأ المحرك حركته بعزم دوران يساوي ضعف عزم الحمل الكامل، العضو الدوار للمحرك له عزم حذافة 12 كيلوجرام متر^2، ما أقصى مسافة يتحركها الحمل أثناء فترة بدء الحركة، قبل أن يصل إلى سرعته الثابتة.

الحل: سوف يتحرك الوزن (30 + 39) = 69 طناً، بعد انتهاء زمن بدء الحركة، بسرعة ثابتة v مقدارها 100 متر في الدقيقة، فيكون عزم الحذافة المناظرة منسوباً إلى محور المحرك:

$$\left(GD^2\right)_L = 365 \times \frac{W\ v^2}{N_m^2} = 365 \times \frac{69000 \times \left(\frac{100}{60}\right)^2}{(700)^2} = 142.4 \quad \text{Kg.m}^2$$

$$\left(GD^2\right)_d = \left(GD^2\right)_m + \left(GD^2\right)_L$$
$$= 1.1 \times 12 + 142.5 = 155.6 \quad \text{Kg.m}^2$$

$$P_m = 26\ \text{KW} = \frac{T_m\ N_m}{9550}$$

$$T_m = \frac{9550 \times 26}{700} = 355 \quad \text{N.m.}$$

$$t_{st} = \frac{9.81 \times (GD^2)_d \times N_m}{375 \times (T_{st} - T_l)} = \frac{9.81 \times 155.6 \times 700}{375 \times (710 - 355)} = 8.02 \quad \text{Sec.}$$

$$T_{st} = 2 \times 355 = 710 \quad \text{N.m.}$$

أي أن المحرك يستغرق 8.02 ثانية أثناء بدء الحركة، حتى يصل إلى سرعة قيمتها 700 لفة في الدقيقة، يبدأ الحمل خلالها، حركته من السكون، حتى يصل إلى سرعة قيمتها (100/60) متر في الثانية، فيكون متوسط سرعته (50/60) متراً في الثانية، والمسافة التي يتم قطعها أثناء هذا الزمن

$h = 8.02 \times \frac{50}{60} = 6.7$	m.

أي أن المسافة = متوسط السرعة X الزمن.

أسئلة وتمارين متنوعة:

س ٢- ١: ما الأنواع المختلفة للأحمال، ارسم منحنيات خواص الأحمال الشائعة الاستعمال في الصناعة؟

س ٢- ٢: اشرح كيف يحدث التوازن الديناميكي بين الحمل والمحرك.

س ٢- ٣: ماذا يحدث إذا تغير الحمل على المحرك بالزيادة أو النقصان؟

س ٢- ٤: عرف طاقة الحركة الكامنة في الكتل المتحركة وكيفية حسابها للكتل المتحركة حركة: خطية – دورانية.

س ٢- ٥: عرف القصور الذاتي المكافئ على محور المحرك وكيفية حسابه.

س ٢- ٦: ما العوامل التي تؤثر على زمن بدء حركة المحركات؟

س ٢- ٧: ما الأهمية الاقتصادية من تقليل زمن بدء الحركة؟

س ٢- ٨: ما الأضرار التي قد تحدث للمحرك إذا طال زمن بدء حركته؟

س ٢- ٩: عرف ثابت الزمن الميكانيكي للمحركات الكهربائية.

تمرين ٢- ١: محرك حثي ثلاثي الأوجه، 380-V، سرعته 1728 لفة في الدقيقة، يستعمل لتدوير حمل عزمه 90 نيوتن.متر عند سرعة دوران 1440 لفة في الدقيقة، إذا كانت كفاءة صندوق التروس 75%، وكفاءة المحرك 85%، ومعامل القدرة 80% احسب: قدرة خرج المحرك بالكيلووات وبالحصان، وعزم المحرك و تيار المحرك.

تمرين ٢- ٢: محرك حثي ثلاثي الأوجه، 420-V، كفاءته 85%، ومعامل قدرته 80%، يستعمل لتحريك مصعد، كفاءته 52%، لرفع كتلة مقدارها 4000 Kg.، إلى ارتفاع 25 m.، خلال زمن مقداره 30 ثانية، تمت موازنة نصف حمولة التشغيل، وكل من وزن المصعد والحبال، بواسطة أثقال موازنة . احسب قدرة المحرك بالكيلووات، وتيار المحرك.

تمرين ٢- ٣: محرك تيار مستمر، 230-V، كفاءته 88%، يستخدم لتشغيل مضخة مياه كفاءتها 72%، لضخ 18 متر مكعب من الماء في الساعة، إلى ارتفاع 15 متر، وكانت كفاءة مجموعة التروس بين المحرك والمضخة 80%، احسب قدرة خرج المحرك و قدرة دخل المحرك و تيار المحرك.

تمرين ٢- ٤: محرك كهربائي متصل ميكانيكياً مباشرة مع ونش لرفع ثقل مقداره 5 طن، بسرعة 1.2m/sec. . أوجد عزم الحذافة المكافيء منسوباً لمحور المحرك، بافتراض المعلومات الآتية: عزم حذافة المحرك 12 كيلوجرام.متر^2،وعزم حذافة الونش 80 كيلوجرام.متر^2،و سرعة المحرك 720 لفة في الدقيقة،و قطر حذافة الونش 0.8 متر.

تمرين ٢- ٥: ونش وزنه 35 طناً حمولته 40 طناً، يتحرك بواسطة محرك كهربائي قدرته المقننة 30 كيلووات، والذي يحقق سرعه ثابتة للحمل قيمتها 90 متراً في الدقيقة، عندما يدور بسرعة 720 لفة في الدقيقة . أوجد زمن البدء للكتلة المتحركة، إذا بدأ المحرك حركته بعزم دوران يساوي 1.8 عزم الحمل الكامل،والعضو الدوار للمحرك له عزم حذافة 12 كيلوجرام متر^2،ما أقصى مسافة يتحركها الحمل أثناء فترة بدء الحركة، قبل أن يصل إلى سرعته الثابتة ؟

WWW.DZPEN.COM | قلم الجزائر