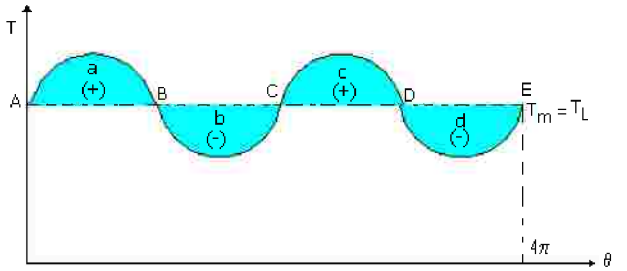
الفصل الثامن

8

الدولاب المعدل Fly wheel

تبين الدراسة الديناميكية لآلية ما تحت تأثير القوى الخارجية وقوى القصور أن العزم المنتقل إلى العمود الدوار (الدوران) يتغير بتغير الأوضاع النسبية للوصلات، وبتغير قيمة القوة الخارجية المؤثرة من جهة أخرى؛ ويمثل قيمة العزم بعمود الدوران وينقل العزوم المذكورة. ويسمى المخطط الناتج خلال دورة كاملة للآلية بمخطط عزم الدوران، شكل (8-1).



شكل (8-1)

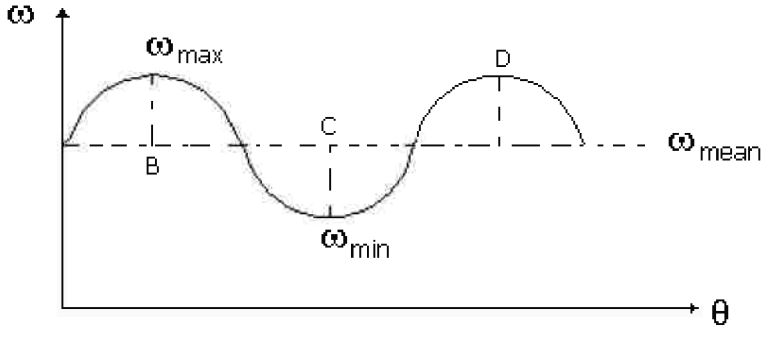
العزم المتوسط T_m (mean torque) ينتج من حاصل قسمة مجموع المساحات المحصورة بين المنحنى T والمحور θ للمجال الكلي لزاوية المرفق، ويمثل مجموع تلك المساحات العزم المنجز بواسطة عمود المرفق خلال دورة كاملة.

إذا كان عزم الدوران المقاوم المؤثر على عمود المرفق ثابت، فإن مقداره يجب أن يساوي العزم المتوسط $T_2=T_m$.

في المجال بين B،A يكون عزم الدوران للآلة أكبر من العزم المقاوم ولذلك يتسارع دوران العمود المرفقي، حيث أن المساحة a تمثل العمل الفائض خلال تلك الفترة، وبالتالي يرمز لها بإشارة موجبة، بينما في المجال من B إلى C يكون العزم الناتج عن الآلية أقل من العزم

المقاوم ولذلك يتباطأ دوران العمود المرفقي حيث تمثل المساحة b النقص في الطاقة اللازمة خلال تلك الفترة وتعطى إشارة سالبة. مجموع المساحات الموجبة والسالبة يساوي صفراً.

عند نقاط التقاطع B،A يكون عزم دوران الآلة مساوياً لعزم الدوران المطلوب، وبالتالي لا يوجد أي تسارع أو تباطؤ لدوران المرفق وتكون السرعة العظمى أو الصغرى في تلك النقاط. يوضح الشكل (8-2) مخطط السرعة للمرفق.



شكل (8-2)

إن الطاقة الحركية العظمى للمحرك تؤدي إلى حدوث أكبر سرعة دورانية للمرفق، بينما الطاقة الحركية الصغرى للمحرك تؤدي إلى حدوث أصغر سرعة دورانية لعمود المرفق وهذا ينتج عن قانون الطاقة الحركية.

حيث:

$$E = \tfrac{1}{2} I \omega^2$$

$$or \quad \omega = \left(2E/I\right)^{1/2}$$

والمطلوب الحصول على سرعة زاوية ω ثابتة.

من المعادلة السابقة يمكن استنتاج أنه من أجل تخفيف تراوح السرعة والحصول على

سرعة زاوية ثابتة تقريباً للمرفق فإنه يجب زيادة قيمة I من خلال تغيير الكتل وتوزيعها في الآلية، وذلك عن طريق تركيب دولاب معدّل، والذي يضيف قيمة ثابتة إلى عزم القصور في الآلية. وتوضح من هذه العلاقة أنه عند زيادة قيمة I فإن تغييرات الطاقة الحركية E لن تسبب تراوحاً كبيراً لقيمة ω، وبعد تركيب الدولاب المعدّل تصبح تغييرات العزم T قليلة وقيمته ثابتة تقريباً وتساوي العزم المتوسط T_{av}.

يتضح من الشكل (8-1) أن العزم في نفس اتجاه حركة المرفق في بعض الحالات، ويمكن أن يكون عكسه في حالات أخرى. وبالتالي فإن افتراض ثبات سرعة المرفق أمر غير ممكن بسبب تغير قيمة العزم والتي ينتج عنها تغير في قيمة السرعة، شكل (8-2). إن تثبيت دولاب معدّل بقيمة عزم قصور صغيرة ستخفض التغير في قيمة السرعة إلى رقم يمكن إهماله (حوالي 1 إلى 2٪ من سرعة المرفق).

يبين المثال (5-4) علاقة العزم مع زاوية المرفق.

1-8 حساب حجم الدولاب المعدّل

يوضح الشكل(8-3) محرك أحادى الاسطوانة مع دولاب معدّل بقيمة عزم T أكبر من T_L.

$$T - T_L = I\alpha$$

حيث I عزم القصور للدولاب المعدّل حول محور المرفق، α في نفس اتجاه العزم الناتج.

$$T - T_L = I\omega \frac{d\omega}{d\theta}$$

$$(T - T_L)d\theta = I\omega\, d\omega$$

$$\int_{\theta \text{ at } \omega m}^{\theta \text{ at } \omega M} (T - T_L)\, d\theta = \frac{1}{2} I\left(\omega_M^2 - \omega_m^2\right) d\omega$$

مثال 8-1

احسب عزم القصور المطلوب للدولاب المعدل لمحرك أحادى الاسطوانة، والذي يوضح

الشكل (3-8) مخطط العزم له عند سرعة 300rpm. أقصى تذبذب مسموح به للسرعة في الدورة 40rpm.

الحل:

مساحة الحلقة الأولى = +0.762 in^2

الحلقة السابعة = +0.265

1.027

المساحة السابعة عند الحلقة الثامنة = 0.007

1.020 in^2

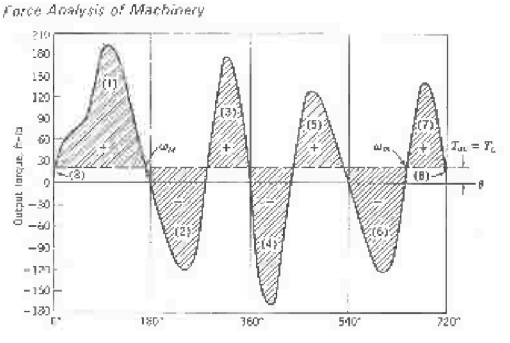
مقياس الرسم للعزم 120 ft.lb/in، وللسرعة الزاوية $\left(\frac{8}{9}\right)\pi\ rad/in$، وبالتالي كل أنش مربع في مخطط العزم يمثل 335 ft.lb

$$A = 1.020(335) = 342 \quad ft.lb$$

$$k = \frac{\omega_M - \omega_m}{\omega_{av}} = \frac{40}{3300} = 0.01212$$

$$I = 91\frac{A}{k\,n^2} = 91\frac{(342)}{0.01212(3300)^2}$$

$$I = 0.236 \quad slug.\,ft^2$$



شكل (3-8)

مثال 2-8

احسب الوزن w والسمك t للدولاب المعدّل ذي القطر 12 in (النوع القرصي) ليعطي عزم القصور المطلوب في المثال (8-1) كثافة الدولاب هي $490\ lb/ft^3$.

الحل :

$$I = \frac{wd^2}{8g}$$

$$w = \frac{8gI}{d^2} = \frac{8(32.2)(0.236)}{1}$$

$$w = 61 \quad lb \quad , \quad w = \frac{\pi d^2}{4} t\rho$$

$$t = \frac{4w}{\pi d^2 \rho} = \frac{4(61)}{\pi (1)^2 (490)}$$

$$t = 0.158 \quad ft$$