flywheels >>>

In Dynamics $T = \frac{1}{2} I_G \omega^2$

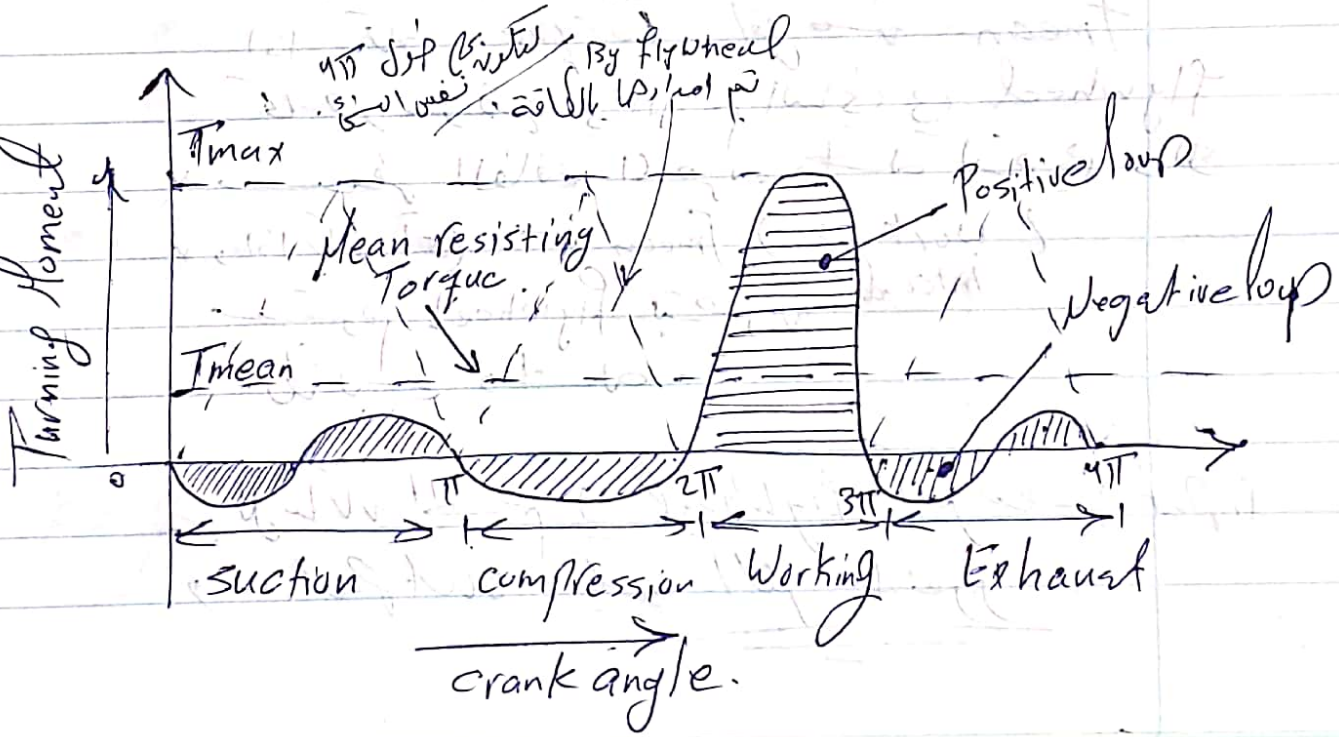
الطاقة المختزنة في اي جسم يدور
وما تزيده هو زيادة ... Kintal Energy لذلك نعمل
على رفع I_G (Moment of Inertia)
وتعني بها تركيز المادة حول محورها ...
كلما كان تركيز المادة ابعد عن محورها
كلما كانت moment of Inertia أكبر.

$I_G \uparrow \Rightarrow \int r^2 dm$

وهذا ما نريده ... لانه هدفنا عمل خزان طاقة.

* وكذلك الأمر بالنسبة لـ Capacitor في الدوائر الكترونية ...

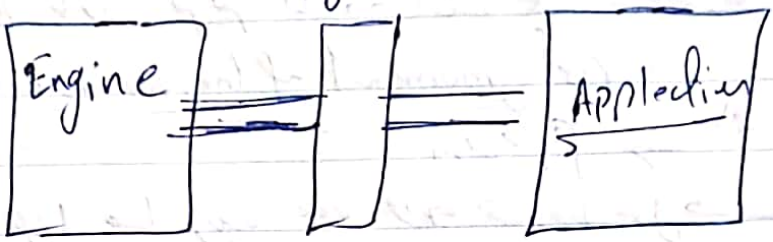
Turning moment digram for a four stoke cycle internal combustion Engine

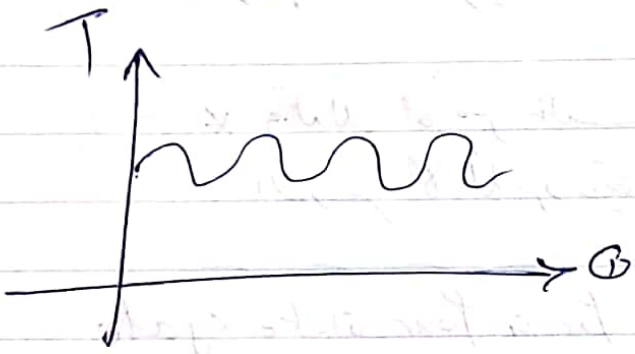


Scanned with CamScanner

* أي في محرك السيارة كما الرسم السابق
يكون 0.25 الدورة من طاقة 0.75 الباقي
طاقة ← لذلك لا نريد انه نشعر بقوة
هزات محرك السيارة اثناء working

* وكذلك الترد :- flywheel





اي بناءً على Tmean والتي سيتم التعرف لها.
اذا كانت torque اقل من Tmean
كما هو موضح في الرسم البياني في flywheel
* سيعطي الطاقة المخزنة داخله لتعويض ذلك
* واذا كانت اكبر من Tmean (working) interval
سيقوم flywheel بتخزين
الطاقة داخله.

← كلما كانت الحركة flywheel اكبر تغير input
و output يكون اكثر استقرار

$E = \frac{1}{2} I_G \omega^2$

e:- الشغل الناتج

e: energy supplied by the flywheel

$e = \frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2)$

$I \uparrow \Rightarrow \Delta\omega \downarrow$

I_G ∈ كل ما كانت كتلة العجلة

angular velocity ∈

* If $e = 100\ J$

$\frac{1}{2} I (\omega_1^2 - \omega_2^2) = 100$

$(\omega_1^2 - \omega_2^2) = \frac{2 * 100}{I} \Rightarrow I \uparrow \Leftrightarrow (\omega_1^2 - \omega_2^2) \downarrow$

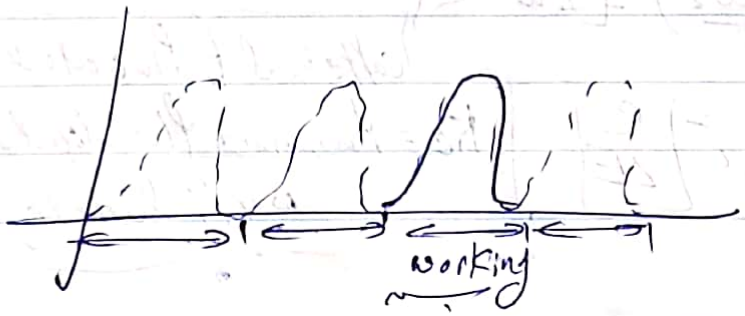
$k = \frac{\omega_1 - \omega_2}{\omega} * 100$

العلاقة بين e و k :-

* $k = \frac{e}{I\omega^2} = \frac{e}{2 * \frac{1}{2} I \omega^2} = \frac{e}{2E}$

الهدف من هذه المادة :-

ايجاد حجم الـ Flywheel المناسب بحيث (output shaft) (angular velocity) تردد لا تزيد عن نسبة معينة.

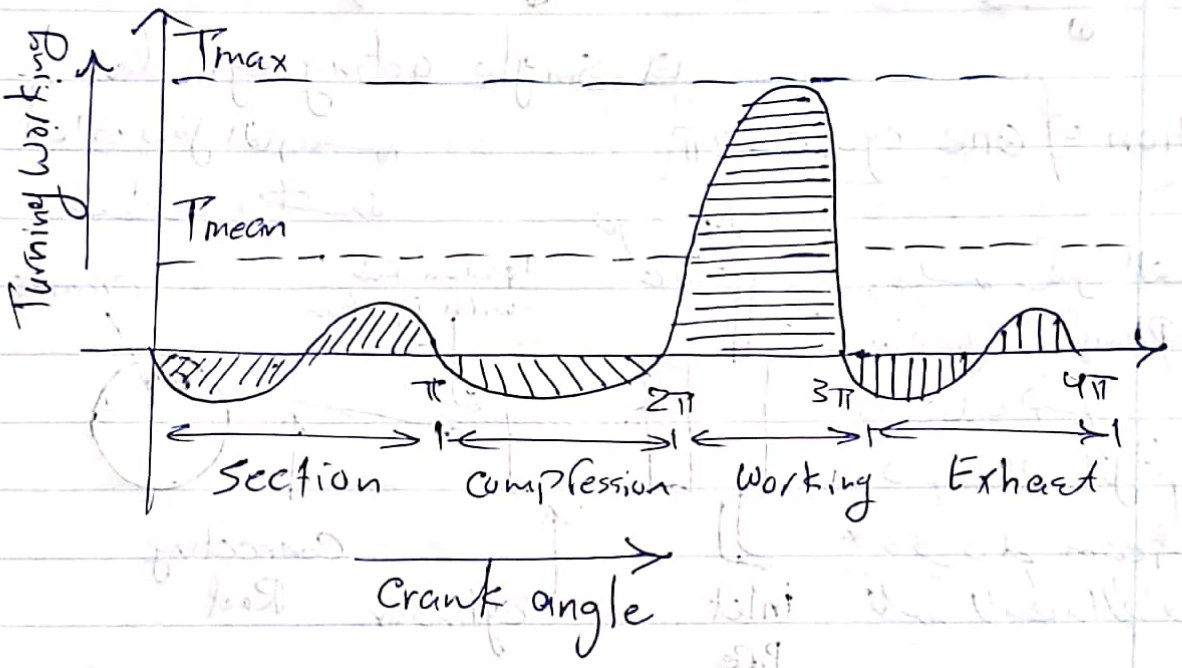


Scanned with CamScanner

(1) Internal combustion engine (four stroke)

* We know that in a four stroke cycle internal combustion engine there is one working stroke after the crank has turned through two revolutions 720° (or 4π radians).

⇒ Duration of on cycle = 4π

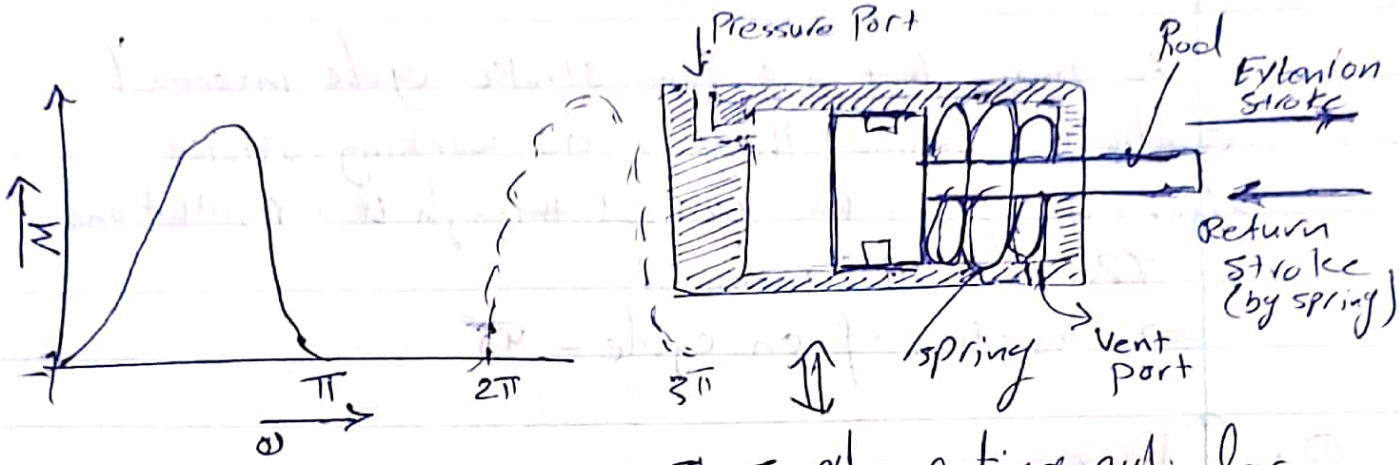


أي في حالة working يكون هناك Torque وكذلك في ظهر العتبات لا يوجد عزم ⇐ لذلك يتم تعويضها بتوفير flywheel يزود engine بالطاقة اللازمة لذلك.

Scanned with CamScanner

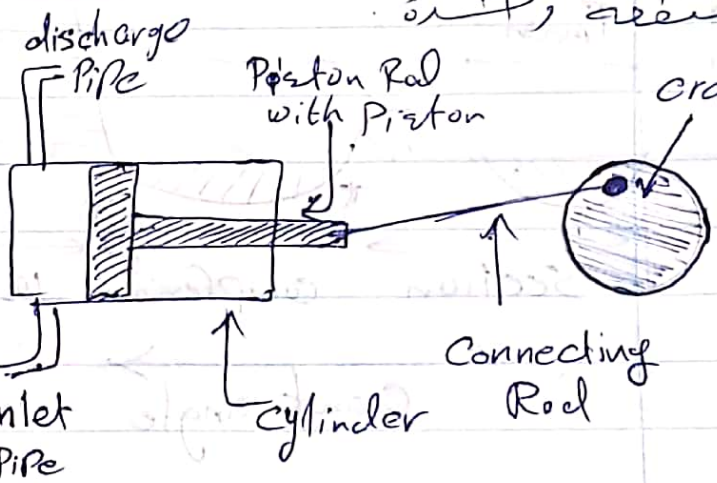
(2) Steam Engine → Single acting cylinder
→ Double acting cylinder.

Steam engine : Single acting cylinder.



Single acting cylinder
اي بيشتغل الغازات منطقة واحدة

Duration of one cycle = 2π



وظيفتها تكبس العلبة Pump لتضخ اي لعلبة فتح اي دفع السائل ثم سرعته * ذي طاقة الحركة الحركة الطاقة.

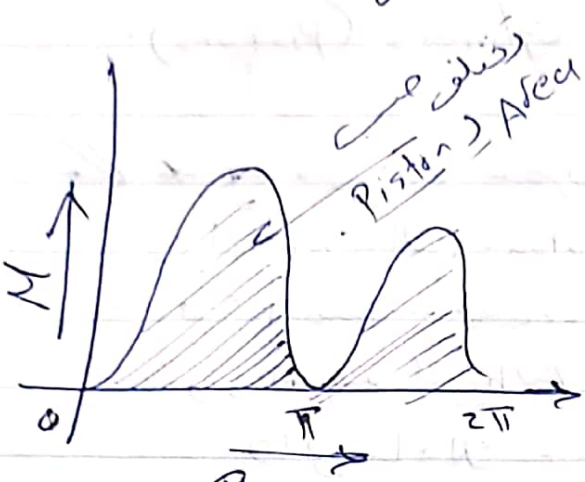
اي انه يغير الطاقة في اتجاه الحركة فقط اي عكس الاتجاه اذا كان معاوس اي ل.

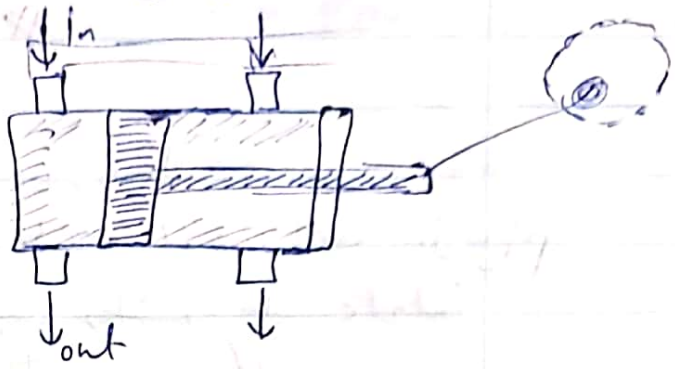
يعني طاقة عندما يرتفع ويعود عن طريق spring

* ن ⇐ 2π ⇐ تكرر نفسها cycle.

Scanned with CamScanner

Steam Engine: Double acting cylinder.





① Double acting cylinder

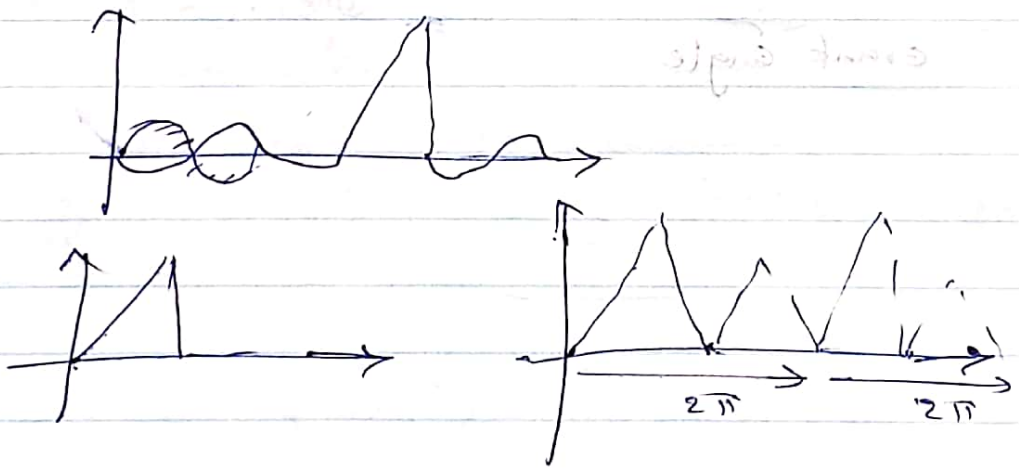
* Duration of one cycle = 2π

اي انه يعطي طاقة ذهاباً وايباباً ~~oo~~ اما بالبابة يعطي طاقة اما ذهاباً او ايباباً عشوائية اتجاه العلبة.

اي عندما يرتفع Piston تكون الطاقة اعلى لان مساحة Piston اكبر مما اسفل (الوجه مرد). Momat Bigger ---

---

* لتسهيل عملية التعامل مع Digram عملة اعتبارها كمثلثات -



Scanned with CamScanner

* Crank angle = $\frac{\text{duration of one cycle}}{\text{\# of cyliners (Pistons)}}$.

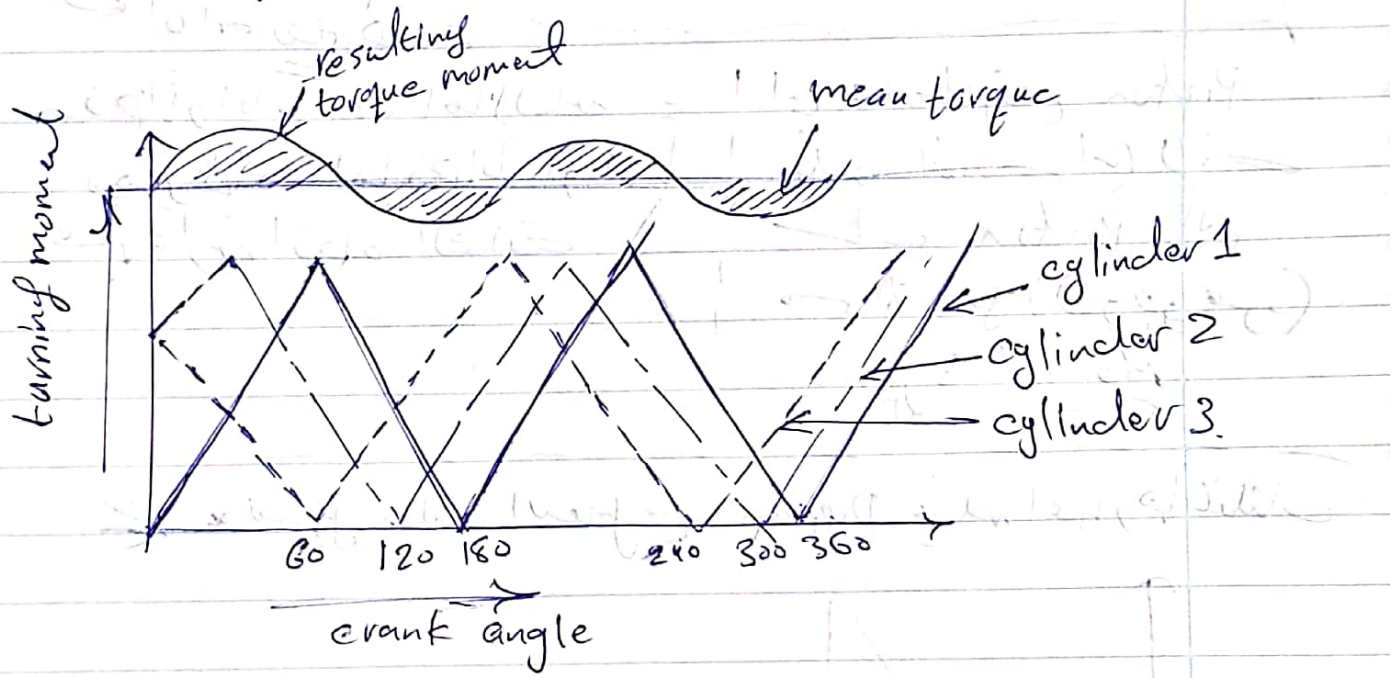
---

* ⇐ في حالة محرك السيارة مثلاً:-

اذا كان هناك 4-Pistons ⇐ يكون الترتيب العمل بنظام

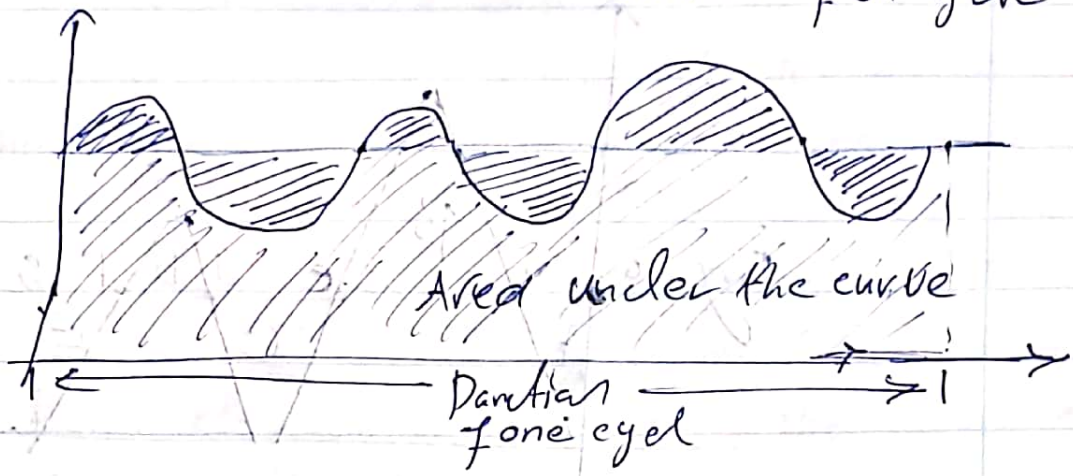
intake ← compression ← working ← Exhast ←

وهكذا دائماً ما دام هناك تناسق في العمل وتم الانتظام في ذلك.



Scanned with CamScanner

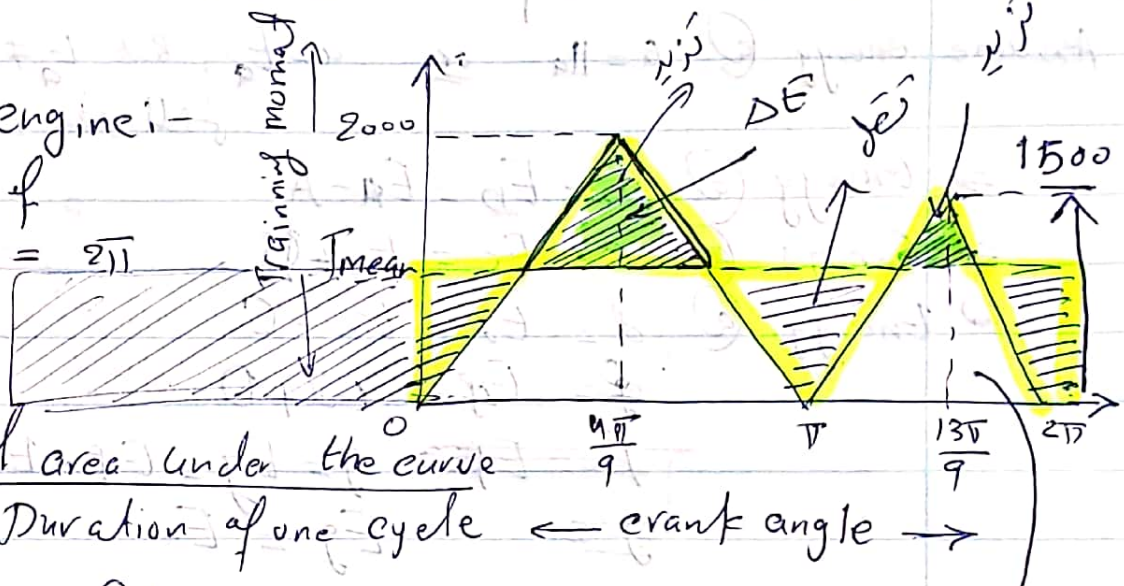
⇒ Average Torque = $\frac{\text{area under the curve}}{\text{Duration of one cycle}}$



Exp:-

* Steam engine:-

Duration of one cycle = 2π

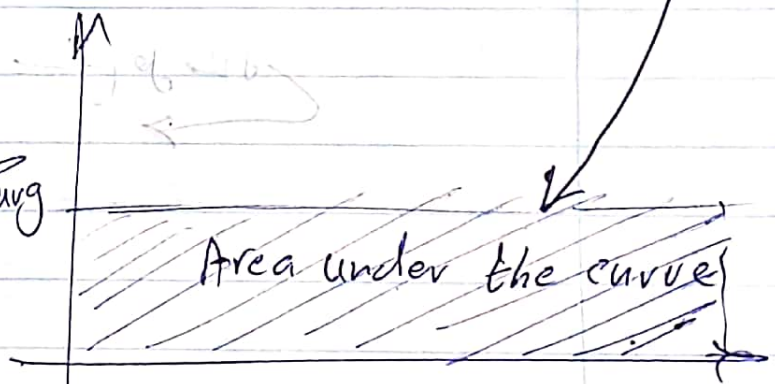


$T_{avg} = \frac{\text{Total area under the curve}}{\text{Duration of one cycle}}$

Energy = $\int M d\theta$

= area under the curve

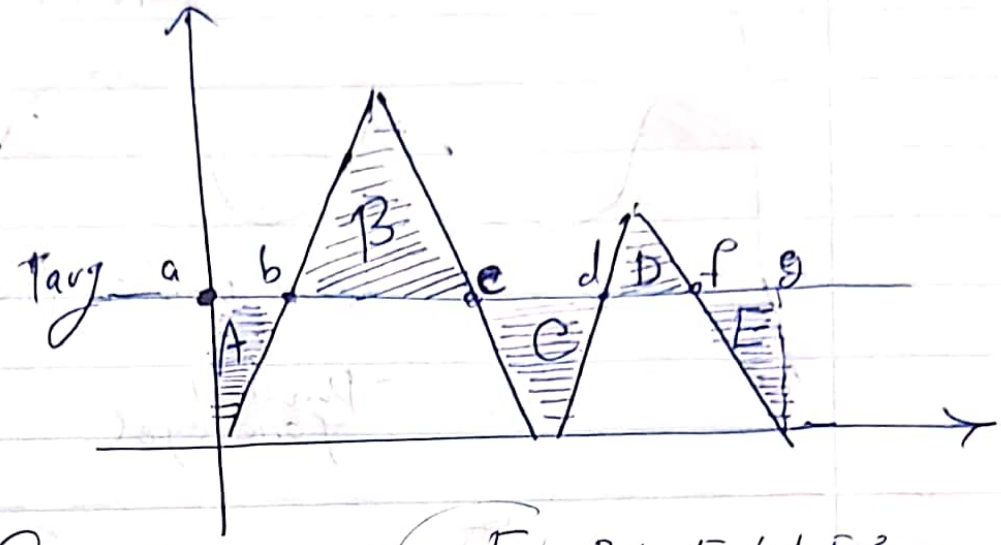
$\boxed{\text{Energy} = T_{avg}(2\pi)}$



* أي انه عملية النقص والزيادة تعوض بعضها البعض T_{avg}.

Scanned with CamScanner

≪ * لحل هذه المشكلة



Assume energy @ $a = H_a$ or $a = E_a$, But $E_a \neq \frac{1}{2} I\omega^2$ لماذا ليس بعض الطاقة

⇒ Energy @ $b = E_b = E_a - A$

⇒ Energy @ $c = E_c = E_b + B$

⇒ Energy @ $d = E_d = E_c - C$

~~$e = E_f$~~ $= E_d + D$

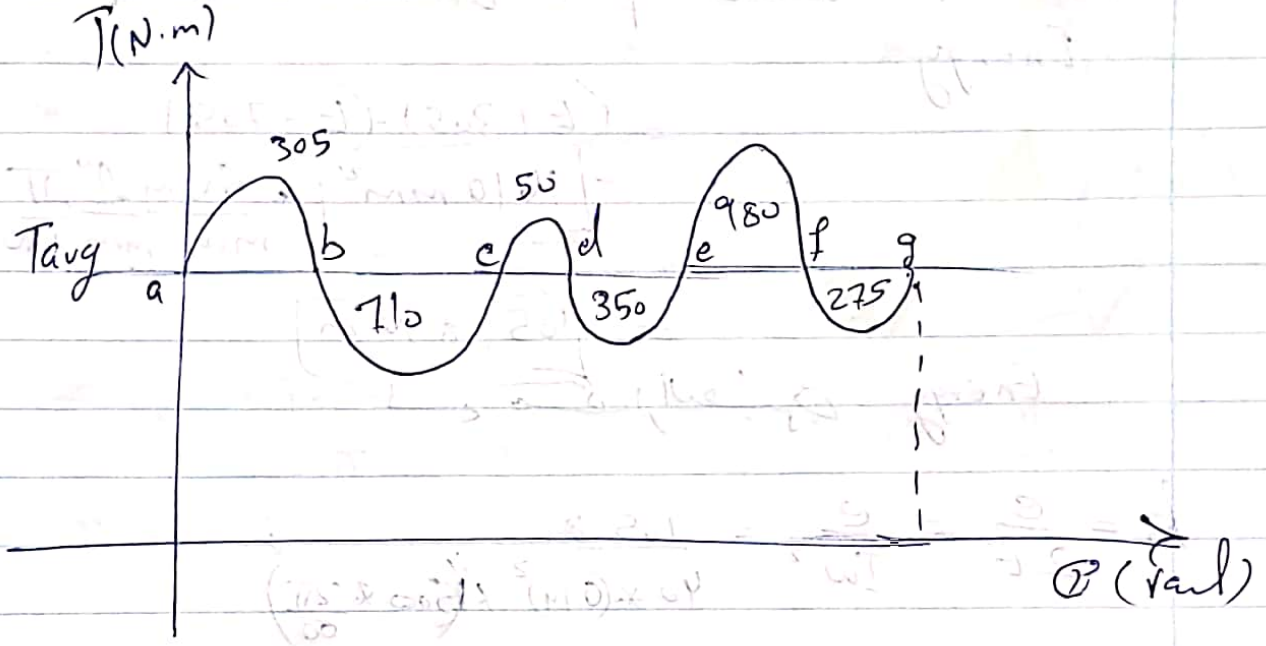
~~$f = E_f$~~ $g = E_g = E_f - E$

~~g~~ $E_g = E_a$

لمعرفة أين نلزم سنحل مثال ←

Exp. The turning-moment digram for a petral engine is drawn to a vertical scale of 1mm to 6 N.m. and a repeats itself after every half revolution of engine. The areas above and below the mean torque line are 305, 710, 50, 350, 980, and 275 mm^2

→ The rotating parts amount to a mass of 40 kg at a radius of gyration of 140 mm. calculate the coefficient of flucation of speed if the speed of the engine is 1500 rpm.



$I = mk^2 = 40 * (0.14)^2 = 0.784$

$\omega = 1500 \text{ r.p.m} * \frac{2\pi}{\text{rev}} \frac{\text{min}}{60} = 106.5 \text{ rad/s}$

Scanned with CamScanner

* Assume Energy @ a = E_a = E

* Energy @ b = E + 305 → E_{max}

// // c = (E + 305) − 710 = E − 405 mm^2

// // d = (E − 405) + 50 = E − 355 mm^2 ⇒ E_{min}

// // e = (E − 355) − 350 = E − 705 mm^2

// // f = (E − 705) + 980 = E + 275 mm^2

// // g = E + 275 − 275 = E #

* maximum Fluctuation Energy f = $E_{max} - E_{min}$

= (E + 305) − (E − 705)

= 1010 mm^2 * $\frac{6N.m}{mm} \cdot \frac{1°}{mm} \cdot \frac{\pi}{180}$

= 105,8 N.m ← مقدار التغير في Energy

$$k = \frac{e}{2E} = \frac{e}{I\omega^2} = \frac{105.8}{40 * (0.14)^2 * (500 * \frac{2\pi}{60})^2}$$

$k = 5,45 \times 10^{-3}$ = 0,545 % ← نسبة التغير في angular speed

0,5% لا تزيد عن output shaft

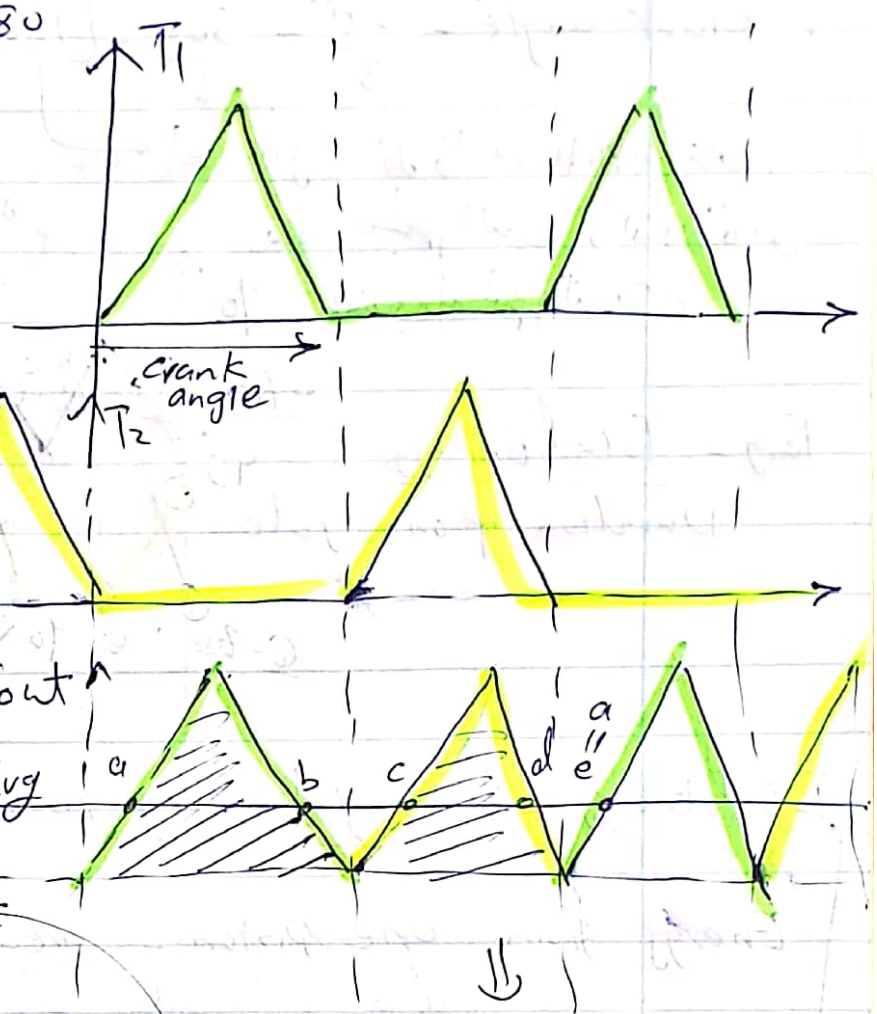
* اي اذا قلت في الاضطراب نسبة التغير لا تزيد عن قيمة معينة فإنها تكون قيمة k . لايجاد حجم الـ Flywheel المناسب.

Scanned with CamScanner

* Crank angle = Period of one cycle / # of cylinders

(Two cylinder) Single acting

$= \frac{2\pi}{2} = \pi = 180$



$T_{out} = T_1 + T_2$

$T_{avg} = \frac{(\text{area under the curve of one cylinder}) * (\text{number of cylinders})}{\text{Duration of one cycle}}$

$= \frac{\left(\frac{1}{2}\pi * 90\right) * (2)}{2\pi}$

$T_{avg} = \frac{90}{2} = \boxed{45\ N.m}$

2 = Pistons عدد

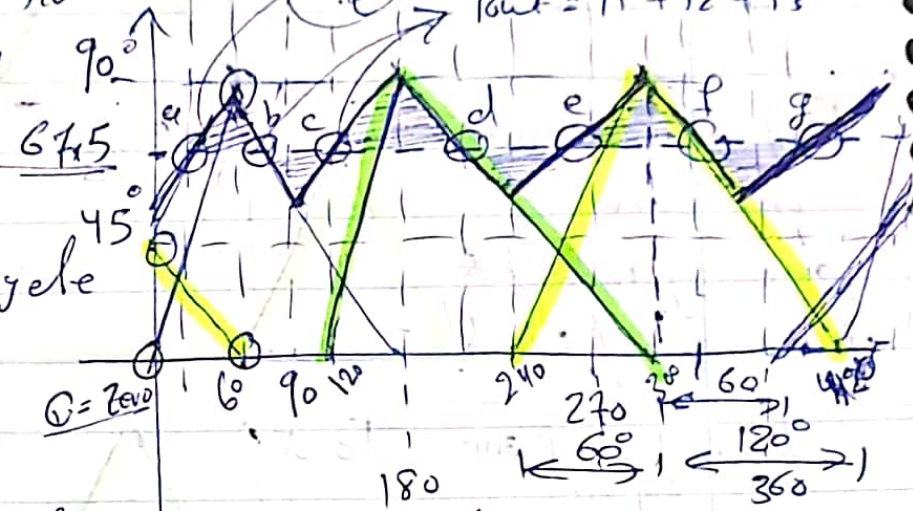
Example 16.8

Three cylinder (single acting) $T_{max} = 90\ N.m$

- Crank angle $= \frac{2\pi}{3} = \frac{360}{3} = \boxed{120^\circ}$

Three cylinder

$T_{out} = T_1 + T_2 + T_3$



$T_{avg} = \frac{\text{Total Energy}}{\text{Duration of one cycle}}$

$\text{Total Energy} = (\text{Energy from one Piston}) * (\#\ \text{of Piston})$

Energy from one Piston = area under the curve of one Piston

$= \frac{1}{2}\pi * 90 = \boxed{45\pi\ N.}$

$T.E = 3 * 45\pi = \boxed{135\pi\ N}$

$T_{avg} = \frac{135\pi}{2\pi} = \boxed{67.5\ N}$ #

Scanned with CamScanner

$$T_{out} = T_1 + T_2 + T_3$$

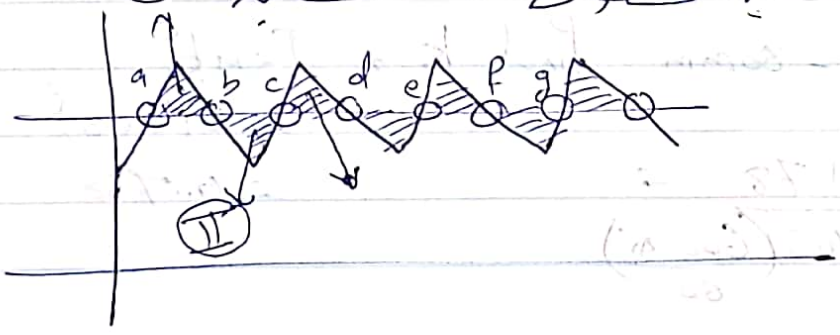
أي مثلاً [0 → 60] الأزرق والأصفر هما القيم
عند البداية ∈ الأصفر لأنه 45 ، الأزرق zero
وعند النهاية (60) ∈ الأصفر = zero ، الأزرق = 60
∴ لذلك يكون خط المجموع linear.

مجموع $T_1 + T_2 + T_3$ ⇐ [0 → 120]
مجموع فقط الأزرق لأن الأصفر والأخضر = zero
وقيمة الأزرق = 45°.

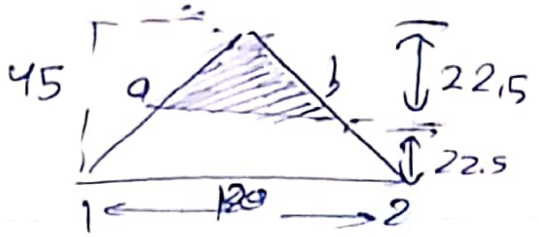
مجموع $T_1 + T_2 + T_3$ ⇐ [120 → 180]
∈ الأخضر هو الأزرق = 45 ، الأصفر = zero

وهكذا يتم تكرار العملية وإيجاد قيم $T_1 + T_2 + T_3$ مع كل فترة لإيجاد T_{out}.

∴ لذلك ∈ تعامله average torque.
مع Actual torque:
يتم تطبيق الخطوات كما السابق



Scanned with CamScanner



assume energy at a = E

" " " b = E_a + area

$= E_a + \frac{1}{2}(60.\frac{\pi}{180})22.5$

$= E_a + \frac{45\pi}{12}$

$\frac{120}{45} = \frac{ab}{22.5} \Rightarrow$ (ab = 60°)

" " " c = E_b − area II = E_a

" " " d = $E_a + \frac{45\pi}{12}$

" " " e = E_a

" " " f = $E_a + \frac{45\pi}{12}$

" " " g = E_a = $135\pi N$

↳ Energy @ a

. Energy for flywheel

$E_{max} = E_a + \frac{45\pi}{12}$; $E_{min} = E_a$

$e = E_{max} - E_{min}$

$= \frac{45\pi}{12} = 11.78$ J

---

① Power developed

$P = T_{avg} . w = 67.5 * 600 \frac{2\pi}{60} =$ ✓

② m = 12, k_o = 80mm find k ; $I = m k_o^2$

$= 12(0.08)^2$

$= 0.0768$

$k = \frac{e}{Iw^2} = \frac{11.78}{(0.0768)(600.\frac{\pi}{60})^2} =$

Scanned with CamScanner

③ coefficient of fluctuation of energy.

$$K_E = \frac{\text{Max Fluctation of Energy}}{\text{work done/cycle}} = \frac{11.78}{424}$$

(424 ← Area)

$$= 0.0278 = \boxed{2.78\ \%}$$

④ Maximum angular acceleration of flywheel:

α = maximum angular acceleration of the flywheel.

$$T_{max} - T_{min} = I\alpha = mk^2 \cdot \alpha$$

$$90 - 67.5 = 12 * (0.08)^2 * \alpha = 0.077$$

$$\alpha = \frac{90 - 67.5}{0.077} \Rightarrow \boxed{\alpha = 292\ rad/s^2}$$

H.W

- single acting cylinder → 1 Piston
  - → 2 Pistons
- Double acting cylinder → 1 Piston
  - → 2 Pistons

Scanned with CamScanner