فصل دوم

محاسبات سرعت، گشتاور و قدرت موتور

هدف‌های رفتاری : از فراگیر انتظار می‌رود که در پایان این فصل بتواند :
۱ــ سرعت متوسّط پیستون و سرعت محیطی میل‌لنگ را حساب کند.
۲ــ کار تئوری و کار مفید را محاسبه کند.
۳ــ توان تئوری و توان مفید موتور رامحاسبه کند.
۴ــ افت توان در موتور را به‌دست آورد.
۵ ــ گشتاور، توان حجمی و توان وزنی موتور را محاسبه کند.

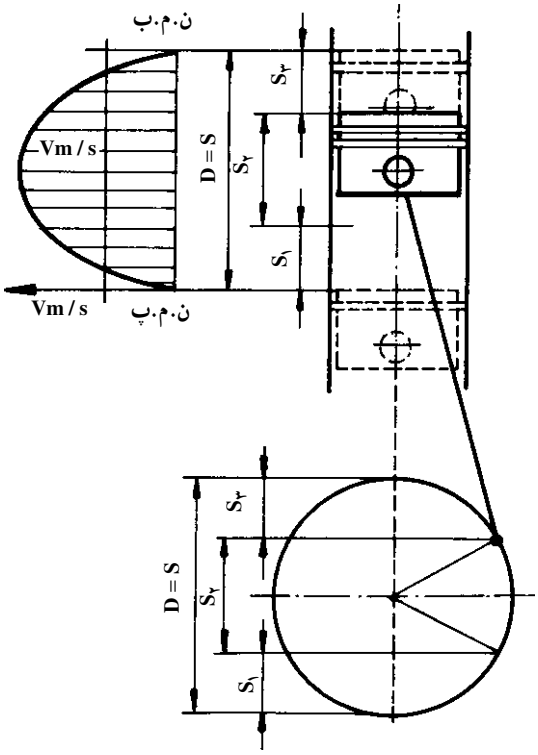
۲ــ محاسبات سرعت، گشتاور و قدرت موتور

۱ــ۲ــ سرعت متوسّط پیستون و سرعت محیطی میل‌لنگ

۱ــ۱ــ۲ــ سرعت متوسّط پیستون (V_m) : پیستون ضمن حرکت در داخل سیلندر از نقطه‌ی مرگ بالا به سمت نقطه‌ی مرگ پایین (کورس رفت) و برعکس (کورس برگشت) سرعت یک‌نواختی ندارد. در نقطه‌ی مرگ بالا (ن.م.ب) سرعت آن صفر است، سپس رفته‌رفته افزایش یافته، بین نقطه‌ی (۸۶°) تا (۹۰°) بعد از «ن.م.ب» به حداکثر خود می‌رسد ؛ بعد از آن روبه‌کاهش می‌گذارد تا در نقطه‌ی مرگ پایین، مجدّداً به صفر برسد. تغییرات سرعت در کورس برگشت، مانند کورس رفت است که نمودار آن در شکل (۱ــ۲) دیده می‌شود.

میانگین این سرعت را «سرعت متوسّط پیستون» می‌نامند که با (V_m) نشان داده شده است.

پیستون در هر دور میل‌لنگ، دو کورس(۲S) می‌پیماید. اگر میل‌لنگ در هر ثانیه (n) دور بزند، پیستون مسافتی برابر (۲S.n) را خواهد پیمود. پس می‌توان نتیجه گرفت :



شکل ۱ــ۲ [۱]

$$V_m = 2S.n \qquad (۱ــ۲)$$

در فرمول فوق اگر (V_m) سرعت متوسّط پیستون برحسب متر بر ثانیه باشد، باید (S) کورس پیستون برحسب متر و (n) تعداد دور میل‌لنگ در یک ثانیه باشد.

مثال(۱): سرعت متوسّط پیستون در دور (۲۴۰۰R.P.M)، با کورس (۱۲۰mm)، چند متر برثانیه می‌شود؟

پاسخ:

تعداد دور میل‌لنگ در ثانیه $n = \frac{۲۴۰۰}{۶۰} = ۴۰R.P.S$ $\qquad n = ۲۴۰۰R.P.M$

$S = ۱۲۰mm = ۰/۱۲m \qquad V_m = 2S.n = ۲ \times ۰/۱۲ \times ۴۰ = ۹/۶m/s$

$V_m = ?m/s$

۲ــ۱ــ۲ــ سرعت محیطی میل‌لنگ (V_t): در یک دور ثابت، سرعت محیطی میل‌لنگ

۱ــ این شکل ازکتاب حساب فنّی سال دوم کد ۵۰۷ صفحه ۵ انتخاب شده است.

مقدار ثابتی است ؛ یعنی اگر سرعت زاویه‌ای میل‌لنگ را با (ω) و شعاع آن را با (R) نشان دهیم، سرعت محیطی آن خواهد شد :

$$V_t = R\omega = \frac{D}{2}\omega [m/s]$$

می‌دانیم : $\omega = 2\pi n$ و $D = S$ پس : $V_t = \frac{S}{2}.2\pi n$ ، که برابر خواهد بود با :

$$\boxed{V_t = \pi .S.n} \qquad (۲_۲)$$

در لحظه‌ای که سرعت پیستون به حداکثر خود می‌رسد، مقدار آن برابر سرعت محیطی میل‌لنگ است ؛ لذا سرعت محیطی میل‌لنگ را «حداکثر سرعت پیستون» هم می‌گویند.

مثال (۲): سرعت محیطی میل‌لنگ موتوری را در دور ثابت (۲۱۰۰R.P.M) که قطر آن (۹۰mm) است، برحسب متر بر ثانیه حساب کنید.

پاسخ:

$$n = ۲۱۰۰R.P.M \qquad n = \frac{۲۱۰۰}{۶۰} = ۳۵R.P.S$$

$$D = ۹۰mm = ۰/۰۹m \qquad V_t = \pi .S.n = ۰/۰۹ \times ۳/۱۴ \times ۳۵ = ۹/۹m/s$$

$$V_t = ?m/s$$

تمرین: ضریب بین دو سرعت مذکور را به دست آورده، آن را ρ بنامید.

مثال (۳): سرعت محیطی میل‌لنگ موتوری در یک دور ثابت ($۱۲/۵۶ m/s$) است، سرعت متوسّط پیستون را برحسب متر بر ثانیه حساب کنید.

پاسخ:

$$V_t = ۱۲/۵۶m/s \qquad \frac{V_t}{V_m} = \rho = \frac{\pi}{2}$$

$$V_m = ?m/s \qquad V_m = \frac{V_t}{\frac{\pi}{2}} = \frac{۱۲/۵۶}{\frac{۳/۱۴}{2}} = ۸m/s$$

مثال (۴): سرعت متوسّط پیستون در یک دور ثابت، با کورس (۱۰۰mm) برابر ($۷/۸۵$) متر بر ثانیه می‌باشد. مطلوب است که :

۱ــ سرعت محیطی میل‌لنگ برحسب متر بر ثانیه را به‌دست آورید.

۲ــ دور موتور برحسب دور بر دقیقه را حساب کنید.

پاسخ:

$$S = ۱۰۰mm \ , \ V_m = ۷/۸۵m/s \ , \ (۱)V_t = ?m/s \ , \ (۲)n = ?R.P.M$$

$$(۱)\frac{V_t}{V_m} = ۱/۵۷ \Rightarrow V_t = V_m \times ۱/۵۷$$

سرعت محیطی میل‌لنگ $V_t = ۷/۸۵ \times ۱/۵۷ = ۱۲/۳ m/s$

$(۲) V_m = ۲S.n \Rightarrow n = \frac{V_m}{۲.S} = \frac{۷/۸۵}{۲ \times ۰/۱} = ۳۹\frac{۱}{۴} R.P.S$

$n = ۳۹\frac{۱}{۴} \times ۶۰ = ۲۳۵۵ R.P.M$

مثال (۵): سرعت متوسّط پیستون در دور ثابت (۳۰۰۰R.P.M) برابر (۱۵۰۰ft/min) می‌باشد، حساب کنید که :

۱ــ سرعت محیطی میل‌لنگ چند متر بر ثانیه است؟

۲ــ کورس پیستون برحسب میلی‌متر چه‌قدر است؟

پاسخ: نخست، سرعت محیطی میل‌لنگ را حساب می‌کنیم :

$V_m = ۱۵۰۰ ft/min$

$n = ۳۰۰۰ R.P.M$ $\qquad (۱) V_m = \frac{۱۵۰۰}{۶۰} = ۲۵ ft/s$

$V_t = ? m/s$ $\qquad V_m = ۲۵ \times ۰/۳۰۵ = ۷/۶۲۵ m/s$

$S = ? mm$ $\qquad n = \frac{۳۰۰۰}{۶۰} = ۵۰ R.P.S$

$V_t = \pi . V_m = ۷/۶۲۵ \times ۱/۵۷ = ۱۱/۹۷ m/s$

$(۲) V_M = ۲S.N \Rightarrow S = \frac{V_m}{۲n} = \frac{۷/۶۲۵}{۲ \times ۵۰} = ۰/۰۷۶ m \quad S = ۷۶ mm$

تمرین (۱): اگر سرعت محیطی میل‌لنگ (۱۲/۵m/s) و دور موتور (۲۰۰۰R.P.M) باشد، کورس پیستون چند میلی‌متر است؟

ج : ۱۲۰mm

تمرین (۲): حجم مفید موتور (۴) زمانه (۴) سیلندر (۱/۵Lit) است، اگر قطر سیلندر (۱۰۰mm) باشد، سرعت متوسط پیستون و سرعت محیطی میل‌لنگ برحسب متر بر ثانیه در دور (۲۴۰۰R.P.M) چه‌قدر می‌شود؟

ج : ۳/۸۲ m/s

ج : ۶ m/s

تمرین (۳): نسبت تراکم موتور تک‌سیلندری (۱۱:۱) حجم تراکم ($۶۸cm^۳$) و سطح مقطع سیلندر ($۷۵cm^۲$) است، سرعت محیطی میل‌لنگ را در دور (۳۰۰۰R.P.M) برحسب متر بر ثانیه به‌دست آورید.

ج : ۸/۵m/s

۲ــ۲ــ محاسبه‌ی کار تئوری و کار مفید

۱ــ۲ــ۲ــ فشار متوسّط احتراق (P_m): هم‌چنان که در کتاب مولّد قدرت تعریف شده؛ از لحظه‌ی شروع احتراق تا پایان احتراق، مقدار فشار داخل سیلندر ثابت نیست. از این‌رو برای سادگی در محاسبات، میانگین فشارها را درنظر گرفته، آن را «فشار متوسّط احتراق» می‌نامند که با (P_m) نشان داده می‌شود.

۲ــ۲ــ۲ــ نیروی متوسّط احتراق (F_m): دراثر فشار احتراق، نیرویی به کف پیستون وارد می‌شود که مقدار آن تابع مساحت کف پیستون و فشار وارد بر آن است. چون این فشار ثابت نیست، نیروی وارد بر کف پیستون هم ثابت نخواهد بود. نیروی متوسّط را ازطریق رابطه‌ی (۳ــ۲)

$$F_m = P_m . A$$

به‌دست می‌آوریم.

مثال (۶): اگر فشار متوسّط احتراق روی کف پیستون ($۸۰ N/cm^۲$) و قطر پیستون ($۷۰ mm$) باشد، نیروی متوسّط احتراق چند نیوتن است؟

پاسخ:

$$P_m = ۸۰ N/cm^۲ \qquad A = \frac{D^۲}{۴}\pi = \frac{۷^۲ \times ۳/۱۴}{۴} = ۳۸/۴۶ cm^۲$$

$$D = ۷۰ mm = ۷ cm \qquad F_m = P_m . A = ۸۰ \times ۳۸/۴۶$$

$$F_m = ?N \qquad F_m = ۳۰۷۷ N$$

۳ــ۲ــ۲ــ نیروی مؤثّر یا نیروی کار یک پیستون ($F_{۱e}$): نیرویی که در فاصله‌ی زمان احتراق (از «ن.م.ب» تا باز شدن سوپاپ دود) به کف پیستون وارد می‌شود و باعث حرکت آن به‌سمت «ن.م.پ» می‌گردد، «نیروی مؤثّر احتراق» یا «نیروی کار پیستون» است و با ($F_{۱e}$) نشان داده می‌شود. مقدار ($F_{۱e}$) از (F_m) کم‌تر است، زیرا قسمتی از این نیرو که در موتورهای مختلف متفاوت است، صرف از بین بردن اصطکاک بین قطعات متحرّک موتور می‌شود. مقدار ($F_{۱e}$) به کمک دستگاه‌های سنجش موتور اندازه‌گیری می‌شود.

۴ــ۲ــ۲ــ بازده مکانیکی موتور (η_m): نسبت نیروی مؤثّر یک پیستون به نیروی متوسّط احتراق را، بازده مکانیکی موتور می‌نامند و با (η_m) نشان داده می‌شود، پس:

$$\frac{F_{۱e}}{F_m} = \eta_m \qquad (۴ــ۲)$$

(η_m) به‌صورت درصد بیان می‌شود و هرچه مقدار آن بیش‌تر باشد، نشان دهنده‌ی طرّاحی بهتر موتوراست.

مثال (۷): فشار متوسّط احتراق در یک موتور بنزینی ($۷۵N/cm^۲$) و قطر پیستون ($۱۰۰mm$) و کارایی مکانیکی آن (٪۸۶) است ؛ نیروی کار وارد به کف پیستون چند نیوتن است؟

پاسخ:

$$P_m = ۷۵N/cm^۲ \qquad A = \frac{D^۲}{۴}\pi = \frac{۱۰^۲ \times ۳/۴}{۴} = ۷۸/۵cm^۲$$

$$D = ۱۰۰mm = ۱۰cm \qquad F_m = P_m \times A = ۷۵ \times ۷۸/۵ = ۵۸۸۷/۵N$$

نیروی متوسّط احتراق وارد بر کف پیستون

$$\eta_m = ٪۸۶$$

$$F_{۱e} = F_m . \eta_m = ۵۸۸۷/۵ \times ۰/۸۶ = ۵۰۶۳/۲۵N$$

نیروی مفید یک پیستون $F_{۱e} = ?N$

۵ــ۲ــ۲ــ کار تئوری ($W_{i۱}$) و کار مفید ($W_{e۱}$) یک پیستون در یک کورس:

هم‌چنان‌که می‌دانید، کار برابر است با حاصل‌ضرب نیرو در فاصله‌ی جابه‌جایی آن ؛ که در این‌جا نیرو، همان نیروی مفید احتراق وارد به کف پیستون و فاصله‌ی جابه‌جایی پیستون همان کورس پیستون است. پس :

$$\boxed{W_{i۱} = F_m . S = P_m . A . S} \qquad (۲ــ۵)$$

کار مفید یک پیستون ($W_{e۱}$) از رابطه‌ی زیر، محاسبه می‌گردد :

$$\boxed{W_{e۱} = W_{i۱} . \eta_m = F_m . \eta_m . S = P_m . A . \eta_m . S} \qquad (۲ــ۶)$$

۶ــ۲ــ۲ــ کار تئوری (W_i) و کار مفید (W_e) موتور در یک دور گردش میل‌لنگ:

چنان‌که می‌دانید، در موتورهای دوزمانه در یک دورگردش میل‌لنگ، هر یک از پیستون‌ها یک‌دفعه کار تولید می‌کنند. حال اگر موتور (K) سیلندر داشته باشد، خواهیم داشت : $W_i = W_{i۱} . K$ و $W_e = W_{e۱} . K$ با توجّه به فرمول‌های (۳ــ۲) و (۴ــ۲) می‌توان گفت :

$$\boxed{W_e = \eta_m . K . P_m . A . S} \quad (۲ــ۸) \qquad \boxed{W_i = K . P_m . A . S} \quad (۲ــ۷) \quad W_e = W_i . \eta_m \text{ و یا}$$

امّا اگر موتور (۴)زمانه باشد، هریک از پیستون‌ها در دو دور گردش میل‌لنگ، یک دفعه تولید کار خواهند داشت. بنابراین از ضریب $\frac{۱}{۲}$ استفاده می‌نماییم.

$$\begin{cases} W_i = W_{i۱} \times \frac{K}{۲} \\ W_i = P_m . A . S . \frac{K}{۲} \end{cases} \qquad (۲ــ۹)$$

$$\begin{cases} W_e = W_i \cdot \eta_m \\ W_e = W_{e1} \dfrac{K}{2} \\ W_e = P_m \cdot A.S. \dfrac{K}{2} \cdot \eta_m \end{cases} \qquad (۲_۱۰)$$

مثال (۸): در یک موتور (۴)سیلندر (۲)زمانه، فشار متوسّط احتراق ($۱۰۰N/cm^2$)، قطر پیستون ($۸۰mm$) و کورس پیستون ($۱۰۰mm$) و بازدهی مکانیکی آن (٪۸۵) است ؛ کار تئوری و کار مفید موتور را در یک دور گردش میل‌لنگ برحسب ژول (j) حساب کنید.

پاسخ:

$K=۴, T=۲$ $\qquad A=\dfrac{\pi D^2}{۴}=\dfrac{۸^2\times ۳/۱۴}{۴}=۵۰/۲۴cm^2$

$P_m=۱۰۰N/cm^2$ $\qquad W_i=P_m.A.S.K=۱۰۰\times ۵۰/۲۴\times ۰/۱\times ۴$

$D=۸۰mm=۸cm$ $\qquad W_i=۲۰۰۹/۶j$ کار تئوری موتور در یک دور

$S=۱۰۰mm=۱۰cm$ گردش میل‌لنگ بر حسب ژول

$\eta_m=٪۸۵$ $\qquad W_e=W_i\times\eta_m=۲۰۰۹/۶\times ۰/۸۵$

$W_i=?j$ $\qquad W_e=۱۷۰۸j$

$W_e=?j$ کار مفید موتور در یک دور گردش میل‌لنگ

مثال (۹): در یک موتور (۶)سیلندر (۴)زمانه، فشار متوسّط احتراق وارد بر کف پیستون ($۱۰bar$)، مساحت پیستون ($۸۰cm^2$)، کورس پیستون ($۱۰۰mm$) و درصد بازدهی مکانیکی موتور (٪۸۲) است ؛ کار تئوری و کار مفید موتور را در یک دور گردش میل‌لنگ برحسب ژول حساب کنید.

پاسخ:

$K=۶$ $\qquad W_i=\dfrac{۱}{۲}P_{m\ N/cm^2}.A_{cm^2}.S_m.K$

$T=۴$ زمانه

$P_m=۱۰bar=۱۰۰N/cm^2$ $\qquad W_i=۱۰۰\times ۸۰\times ۰/۱\times\dfrac{۶}{۲}=۲۴۰۰j$

$A=۸۰cm^2$ کار تئوری موتور در یک دور گردش میل‌لنگ

$S=۱۰۰mm=۱۰cm$ $\qquad W_e=W_i.\eta_m=۲۴۰۰\times ۰/۸۲=۱۹۶۸j$

کار مفید موتور در یک دور گردش میل‌لنگ $\eta_m = ٪۸۲$

$W_i = ?\,j$

$W_e = ?\,j$

۳ــ۲ــ محاسبه‌ی توان تئوری و توان مفید موتور

۱ــ۳ــ۲ــ توان تئوری (P_i) : هم‌چنان که می‌دانید توان عبارت است از کار انجام شده در واحد زمان که برحسب وات یا کیلو وات محاسبه می‌شود.

اگر میل‌لنگ در هر ثانیه (n) دور بزند، توان تئوری برابر است با :

$$P_i = W_i . n \qquad (۲ــ۱۱)$$

با توجّه به رابطه‌ی (۱۰ــ۲) برای موتورهای دوزمانه می‌توان گفت :

$$P_i = P_m . A.S.k.n \qquad (۲ــ۱۲)$$

و برای موتورهای ۴زمانه می‌توان گفت :

$$P_i = \frac{۱}{۲} P_m . A.S.k.n \qquad (۲ــ۱۳)$$

۲ــ۳ــ۲ــ توان مفید موتور (P_e) : هم‌چنان‌که قبلاً گفته شد، بخشی از نیروی احتراق، صرف خنثی کردن نیروهای اصطکاک بین قطعات متحرّک موتور می‌گردد ؛ لذا توان مفید به‌همان نسبت از توان تئوری کم‌تر می‌شود، یعنی :

$$P_e = P_i \eta_m = W_i \eta_m . n \qquad P_e = W_e . n \qquad (۲ــ۱۴)$$

که با توجّه به رابطه‌ی (۱۳ــ۲) برای موتورهای (۲)زمانه خواهیم داشت :

$$P_e = P_m . A.S. \eta_m . k.n \qquad (۲ــ۱۵)$$

و برای موتورهای (۴)زمانه با توجّه به رابطه‌ی (۱۴ــ۲) می‌توان گفت :

$$P_e = \frac{۱}{۲} P_m . A.S. \eta_m . k.n \qquad (۲ــ۱۶)$$

برای تبدیل توان به کیلووات، هریک از روابط (۱ــ۳) تا (۶ــ۳) را بر ۱۰۰۰ تقسیم می‌کنیم، برای مثال :

$$P_e = \frac{P_m . A.S.n.k.\eta_m}{۲\times۱۰۰۰} \quad (kW)$$

(۲ـ۱۷)

مثال (۱۰): توان مفید یک موتور (۴)زمانه (۵)سیلندر در دور (۲۷۰۰R.P.M) و درصد بازده مکانیکی (٪۸۵) برابر (۶۰PS) است، حساب کنید که :

۱ـ توان ظاهری موتور چند کیلووات است؟

۲ـ کار مفید یک پیستون در یک کورس چند ژول است؟

پاسخ:

$P_e = ۶۰PS \qquad P_e = ۶۰\times۷۳۶ = ۴۴۱۶۰W = ۴۴/۱۶kW$

$K = ۵\ ,\ T = ۴ \qquad n = \frac{۲۷۰۰}{۶۰} = ۴۵$ تعداد دور موتور در یک ثانیه

$n = ۲۷۰۰R.P.M \qquad (۱)P_i = \frac{P_e}{\eta_m} = \frac{۴۴/۱۶}{٪۸۵} = ۵۱/۹۵۳kW \cong ۵۲kW$

$\eta_m = ٪۸۵$ توان تئوری برحسب کیلووات

$(۱)P_i = ?kW \qquad (۲)P_e = W_{e۱}\times\frac{n}{۲}\times K \Rightarrow W_{e۱} = \frac{P_e}{\frac{n}{۲}\times k}$

$(۲)W_{e۱} = ?j \qquad W_{e۱} = \frac{۴۴۱۶۰}{۵\times\frac{۴۵}{۲}} = ۳۹۲/۵j$

کار مفید یک پیستون در یک دفعه

مثال (۱۱): توان اندی‌کاتوری یک موتور (۲) زمانه (۳) سیلندر در دور (۳۰۰۰R.P.M) برابر (۸۰hp) ، با بازده مکانیکی (٪۸۰) است، اگر کورس پیستون (۴/۵in) و قطر پیستون (۴in) باشد، حساب کنیدکه :

۱ـ قدرت مفید موتور چند کیلووات است؟

۲ـ فشار متوسّط احتراق برحسب بار چه‌قدر است؟

پاسخ: نخست، اندازه‌های اینچی را به (SI) تبدیل می‌کنیم.

$k = ۳ \qquad P_i = ۸۰\times۰/۷۴۶ = ۵۹/۶۸kW$

$P_i = ۸۰hp \qquad S = ۴/۵\times۰/۰۲۵۴ = ۰/۱۱۴۳m = ۱۱/۴۳cm$

$n = ۳۰۰۰R.P.M \qquad D = ۴\times۲/۵۴ = ۱۰/۱۶cm$

$S = ۴/۵in, D = ۴in$ $\quad n = \frac{۳۰۰۰}{۶۰} = ۵۰R.P.S$

$\eta = ٪۸۰$ $\quad A = \frac{D^۲\pi}{۴} = \frac{(۱۰/۱۶)^۲ \times ۳/۱۴}{۴} = ۸cm^۲$

$(۱)P_e = ?kW$ $\quad P_e = P_i . \eta_m = ۵۹/۶۸ \times ٪۸۰ = ۴۷/۷۴۴kW$

$(۲)P_m = ?bar$ $\quad P_e = \frac{P_m . A.S.n.k.\eta_m}{۱۰۰۰} \Rightarrow P_m = \frac{۱۰۰۰ \times P_e}{A.S.n.k.\eta_m}$

$$P_m = \frac{۱۰۰۰ \times ۴۷/۷۴۴}{۸۱ \times ۰/۱۱۴ \times ۳ \times ۵۰ \times ٪۸۰} = ۴۳/۱N/cm^۲ = ۴/۳۱bar$$

مثال (۱۲): در یک موتور (۴)زمانه (۶)سیلندر، فشار متوسّط احتراق ($۱۰kg/cm^۲$) توان ظاهری با کارایی مکانیکی (٪۹۰) برابر (۱۳۶PS)، کورس پیستون (۷۵mm) و دور موتور (۲۷۰۰R.P.M) است، حساب کنید که :

۱ــ کار مفید موتور در یک دور گردش میل‌لنگ چند ژول است؟

۲ــ قطر پیستون برحسب میلی‌مترچه‌قدر است؟

پاسخ: ابتدا واحدها را تبدیل می‌کنیم.

زمانه $T = ۴$

$k = ۶$

$\eta_m = ٪۹۰$ $\quad P_i = ۱۳۶ \div ۱/۳۶ = ۱۰۰kW$

$P_m = ۱۰kg/cm^۲$ $\quad n = \frac{۲۷۰۰}{۶۰} = ۴۵ R.P.S$

$P_i = ۱۳۶PS$ $\quad P_m = ۱۰ \times ۹/۸۱ = ۹۸/۱N/cm^۲$

$S = ۷۵mm = ۷/۵cm$ $\quad (۱)P_e = W_e . n \Rightarrow W_e = \frac{P_e}{n}$

$n = ۲۷۰۰R.P.M$ $\quad P_e = P_i . \eta_m = ۱۰۰ \times ٪۹۰ = ۹۰kW = ۹۰۰۰۰W$

$(۱)W_e = ?j$ $\quad W_e = \frac{۹۰۰۰۰}{۴۵} = ۲۰۰۰j$ کار مفید موتور

$(۲)D = ?mm$ در یک دور گردش میل‌لنگ

$$(۲)P_i = \frac{P_m . A.S.k.n}{۲ \times ۱۰۰۰} \Rightarrow A = \frac{P_i \times ۲۰۰۰}{P_m . S.k.n}$$

$A = \frac{۱۰۰ \times ۲۰۰۰}{۹۸/۱ \times ۰/۰۷۵ \times ۴۵ \times ۶} = ۱۰۰/۷۸cm^۲$ مساحت کف پیستون

$$A = \pi \frac{D^2}{4} \Rightarrow D^2 = \frac{4A}{\pi} \quad \text{و یا} \quad D = \sqrt{\frac{4A}{\pi}}$$

قطر پیستون $D = \sqrt{\frac{4 \times 100/78}{3/14}} = 11/3\,cm = 113\,mm$

مثال (۱۳): اگر فشار متوسّط احتراق روی پیستون در یک موتور (۴)سیلندر به‌قطر (۷۵mm)، کورس پیستون (۸۰mm) و کارایی مکانیکی (٪۸۰) برابر (۸bar) باشد و نیز دور موتور (۲۴۰۰R.P.M) فرض شود، حساب کنید که :

۱ــ کار تئوری و کار مفید یک پیستون در یک کورس برحسب ژول چه‌قدر خواهد بود؟

۲ــ هرگاه موتور (۲) زمانه باشد، کار تئوری و کار مفید موتور در یک دورگردش میل‌لنگ چند ژول است؟

۳ــ خواسته‌های قسمت دوم مسأله را برای یک موتور (۴)زمانه به‌دست آورید.

۴ــ توان تئوری و توان مفید موتور را درصورت (۲)زمانه‌بودن و (۴)زمانه‌بودن برحسب کیلووات محاسبه کنید.

پاسخ:

$P_m = 8bar = 80N/cm^2$ $\quad n = \frac{2400}{60} = 40R.P.S$

$D = 75mm = 7/5cm$ $\quad (1)W_i = P_m.A.S$ و $A = \frac{D^2}{4}.\pi = \frac{7/5^2 \times 3/14}{4}$

$S = 80mm = 8cm = 0/08m$ $\quad A = 44/16cm^2$

$\eta_m = ٪80$

$n = 2400R.P.M$

$(1)W_{1e}, W_{1i} = ?j$

$(2)W_i, W_e = ?j$

برای (۲)زمانه

$(3)W_i, W_e = ?j$

برای (۴) زمانه

$(4)P_e, P_i = ?kW$

کار تئوری یک پیستون در یک کورس:

$(1)W_{1i} = 80 \times 44/16 \times 0/08 = 282/6j$

کار مفید یک پیستون در یک کورس:

$W_{1e} = W_{1i}.\eta_m = 282/6 \times ٪80 = 226j$

کار تئوری موتور در یک دور گردش میل‌لنگ در موتور (۲)زمانه:

$(2)W_i = W_{1i} \times k = 282/6 \times 4 = 1130/4j$

کار مفید موتور در یک دور گردش میل‌لنگ برای موتور (۲)زمانه:

$$W_e = W_i . \eta_m = ۱۱۳۰/۴ \times ٪۸۰ = ۹۰۴ j$$

کار تئوری موتور (۴)زمانه در یک دور گردش میل‌لنگ:

$$(۳) W_i = W_{۱i} \times \frac{k}{۲} = ۲۸۲/۶ \times \frac{۴}{۲} = ۵۶۵/۲ j$$

کار مفید موتور (۴)زمانه در یک دور گردش میل‌لنگ:

$$W_e = W_i . \eta_m = ۵۶۵/۲ \times ٪۸۰ = ۴۵۲ j$$

توان تئوری موتور (۲)زمانه:

$$(۴) P_i = W_i . n = ۱۱۳۰/۴ \times ۴۰ = ۴۵۲۱۶ W = ۴۵/۲۱۶ kW$$

توان مفید موتور (۲)زمانه:

$$P_e = P_i . \eta_m = ۴۵۲۱۶ \times ٪۸۰ = ۳۶۱۷۲ W = ۳۶/۱۷۲ kW$$

توان تئوری اگر موتور (۴)زمانه باشد:

$$P_i = P_m . A.S.k.n. \frac{۱}{۲} = ۸۰ \times ۴۴/۱۶ \times ۰/۰۸ \times \frac{۴}{۲} \times ۴۰ = ۲۲۶۰۸ W$$

$$P_i = ۲۲/۶۰۸ kW$$

توان مفید اگر موتور (۴)زمانه باشد:

$$P_e = P_i . \eta_m = ۲۲/۶۰۸ \times ٪۸۰ = ۱۸/۰۸ kW$$

تمرین (۴): اگر در یک موتور تک‌سیلندر، نیروی متوسط احتراق (۶۲۸۰N)، قطر پیستون (۱۰۰mm) باشد، فشار متوسط احتراق چند بار است؟

ج : ۸ bar

تمرین (۵): کار مفید یک موتور (۴)زمانه تک‌سیلندر در یک دور گردش میل‌لنگ برابر (۴۵۰j) با سطح پیستون ($۸۰ cm^۲$) و کورس پیستون (۹۵mm) و کارایی مکانیکی (٪۸۰) است، فشار متوسط احتراق چند نیوتن بر سانتی‌متر مربع می‌شود؟

ج :۷۴ $N/cm^۲$

تمرین (۶): اگر کار مفید یک موتور (۳)سیلندر (۲)زمانه در یکدور گردش میل‌لنگ با فشار متوسط احتراق (۷/۵bar) برابر (۱۸۹۰j)، سطح پیستون ($۱۰۰ cm^۲$) و کارایی مکانیکی موتور (٪۸۴) باشد کورس پیستون چند میلی‌متر است؟

ج :۱۰۰ mm

۳ــ۳ــ۲ــ توان تئوری و مفید به کمک حجم مفید موتور: همچنان که قبلاً گفته شد

$V_s = A.S$ است، حال می‌توان در روابط مربوط به کار و توان به جای (A.S)، (V_s) حجم مفید یک سیلندر و نیز به‌جای (A.S.K)، حجم مفید موتور (V_E) را قرار داد. برای مثال رابطه‌ی (۱۷ــ۲) به‌صورت زیر درخواهد آمد.

$$P_e = \frac{P_m . V_s . k . n . \eta_m}{۲ \times ۱۰۰} \quad (kW) \qquad (۱۸ــ۲)$$

و یا

$$P_e = \frac{P_m . V_E . n . \eta_m}{۲ \times ۱۰۰} \quad (kW) \qquad (۱۹ــ۲)$$

که در روابط فوق (P_m) برحسب نیوتن بر سانتی‌متر مربع، (V_E) یا (V_s) برحسب لیتر و (n) برحسب دور بر ثانیه می‌باشد.

توجّه کنید: برای این‌که (V_s) یا (V_E) برحسب لیتر به‌دست آید، باید (A) برحسب دسی‌متر مربع و S برحسب دسی‌متر باشد.

تمرین (۷): در فرمول (۱۸ــ۲)، (A) را به دسی‌مترمربع و (S) را به دسی‌متر تبدیل کنید و روابط (۲۰ــ۲) یا (۱۹ــ۲) را به‌دست آورید.

تمرین (۸): در فرمول‌های (۶ــ۲) تا (۱۷ــ۲) به‌جای (A.S)، مقدار (V_E) یا (V_s) را برحسب لیتر قرار داده، ضریب ثابت هر فرمول را به‌دست آورید و به‌خاطر بسپارید.

مثال (۱۴): حجم مفید موتور (۴)زمانه‌ای (۲/۵lit)، فشار متوسّط احتراق (۹bar)، کارایی مکانیکی موتور (۸۷٪) و دور موتور (۳۰۰۰R.P.M) می‌باشد، مطلوب است که :

۱ــ توان مفید موتور برحسب کیلو وات را به‌دست آورید.

۲ــ اگر موتور (۲)زمانه باشد، توان مفید آن چند کیلووات خواهد بود؟

پاسخ:

$V_E = ۲/۵ \, lit$ $\qquad$ $n = \frac{۳۰۰۰}{۶۰} = ۵۰ R.P.S$

$P_m = ۹ \ bar = ۹۰ N/cm^۲$

$(۱) P_e = \frac{P_m . V_E . n . \eta_m}{۲۰۰} = \frac{۹۰ \times ۲/۵ \times ۵۰ \times ۰/۸۷}{۲۰۰} = ۴۸/۹ kW$

$\eta_m = ۰/۸۷$ $\qquad$ توان مفید اگر موتور (۴)زمانه باشد

$n = ۳۰۰۰ R.P.M$

$(۲) P_e = \frac{P_m . V_E . n . \eta_m}{۱۰۰} = \frac{۹۰ \times ۲/۵ \times ۵۰ \times ۰/۸۷}{۱۰۰} = ۹۷/۸ kW$

$P_e = ? kW$ $\qquad$ توان مفید اگر موتور (۲) زمانه باشد.

۴ــ۲ــ افت توان در موتور (ΔP)

براساس آن‌چه که گفته شد، قسمتی از نیروی احتراق، صرف ازبین‌بردن نیروهای اصطکاکی بین قطعات متحرّک موتور و اینرسی آن‌ها می‌گردد و نیز گفته شد $\eta_m = \frac{F_e}{F_i}$ و $\eta_m = \frac{P_e}{P_i}$ است و تفاوت بین «F_e» و «F_i» یعنی $F_i - F_e = \Delta F$ (۲۰ــ۲) را افت نیروی موتور و تفاوت بین «P_e» و «P_i» یعنی $P_i - P_e = \Delta P = \Delta Q$ (۲۱ــ۲) را افت توان در موتور می‌نامند که به گرما تبدیل شده، تلف می‌گردد. مقدار «ΔF» معمولاً به نیوتن یا کیلونیوتن و مقدار «ΔP» برحسب ژول برثانیه یا کیلوژول بر ساعت محاسبه می‌شود. هرچه افت کم‌تر باشد نشان‌دهنده‌ی طراحی بهتر موتور است.

درصد افت توان موتور (η'_m)، از رابطه‌ی $\eta'_m = ٪۱۰۰ - \eta_m$ (۲۲ــ۲) به‌دست می‌آید.

مثال (۱۵): توان مفید موتوری با کارایی مکانیکی (٪۸۰) برابر (۷۵kW) است، توان تلف‌شده را برحسب کیلوژول بر ساعت حساب کنید.

پاسخ:

$\eta_m = ٪۸۰ \ , \ P_e = ۷۵kW \qquad P_i = \frac{P_e}{\eta_m} = \frac{۷۵}{۰/۸} = ۹۳/۷۵kW$ توان ظاهری

$\Delta P = ?kj/h$

$\Delta P = P_i - P_e = ۹۳/۷۵ - ۷۵ = ۱۸/۷۵kW$ توان تلف‌شده به کیلووات

$\Delta P = \Delta Q = ۱۸/۷۵ \times ۳۶۰۰ = ۶۷۵۰۰kj/h$

یک کیلووات معادل ۳۶۰۰ کیلوژول بر ساعت است.

این مسأله را به‌روش زیر نیز می‌توان حل کرد :

$\eta'_m = ٪۱۰۰ - ٪۸۰ = ٪۲۰$ درصد افت توان

٪۸۰ ۷۵kW

$\Delta P = \frac{۷۵ \times ٪۲۰}{٪۸۰} = ۱۸/۷۵kW$ افت توان

٪۲۰ ΔP

$\Delta P = \Delta Q = ۱۸/۷۵ \times ۳۶۰۰ = ۶۷۵۰۰kj/h$

مثال (۱۶): در یک موتور (۲)زمانه (۲)سیلندر، حجم مفید هر سیلندر ($۷۵۰cm^۳$) دور موتور (۲۱۰۰R.P.M)، فشار متوسّط احتراق (۱۰bar) و کارایی مکانیکی موتور (٪۸۷) است، کار تلف‌شده در موتور را در زمان ۲۰ دقیقه حساب کنید.

پاسخ:

$$K=۲\ ,\ P_m=۱۰bar=۱۰۰N/cm^۲\ ,\ \eta_m=٪۸۷$$

$$V_S=۷۵۰cm^۳, t=۲۰min, \Delta W=?j$$

$$n=۲۱۰۰R.P.M$$

$$n=\frac{۲۱۰۰}{۶۰}=۳۵R.P.S\ ,\ V_E=V_s.K=۷۵۰\times۲=۱۵۰۰cm^۳=۱/۵lit$$

توان تئوری $$P_i=\frac{P_m.V_E.n}{۱۰۰}=\frac{۱۰۰\times۱/۵\times۳۵}{۱۰۰}=۵۲/۵kW$$

توان مفید $$P_e=P_i\times\eta_m=۵۲/۲\times٪۸۷=۴۵/۴۷۵kW$$

افت توان $$\Delta P=P_i-P_e=۵۲/۵-۴۵/۴۷۵=۶/۸۲۵kW$$

افت توان به کیلوژول بر ساعت $$\Delta P=Q=۶/۸۲۵\times۳۶۰۰=۲۴۵۷۰kj/h$$

کار تلف شده $$\Delta W=\Delta P.t=۲۴۵۷۰\times\frac{۲۰}{۶۰}=۸۱۹۰kj$$

تمرین (۹): افت قدرت موتوری با کارایی (٪۸۰) برابر (۲۷۰۰۰kj/h) می‌شود قدرت مفید موتور چند کیلووات است؟

ج: ۳۰ KW

تمرین (۱۰): قدرت مفید موتور (۴)زمانه در دور (۲۵۰۰R.P.M) با حجم مفید ۲/۴ لیتر و بازده مکانیکی آن (٪۸۵) برابر (۵۱kW) است. فشار متوسط احتراق موتور چند بار است؟

ج: ۱۲ bar

تمرین (۱۱): حجم مفید موتور (۴)زمانه‌ای که فشار متوسط احتراق آن (۱۰bar) با کارایی مکانیکی (٪۸۰) و دور (۲۵۰۰R.P.M) و قدرت مفید (۴۵kW)، چند لیتر است؟ هم‌چنین افت قدرت موتور را برحسب کیلوژول بر ساعت به‌دست آورید.

ج ۲/۷lit

ج: ۴۰۵۰۰ kj/h

تمرین (۱۲): موتور سیکلت (۲)سیلندر (۲)زمانه‌ای دارای نسبت تراکم (۶:۱) و قدرت مفید (۱۴/۴kW)، حجم تراکم ($۵۰cm^۳$)، دورموتور (۳۲۰۰R.P.M) و فشار تراکم (۶bar)

است، بازده مکانیکی موتور چه‌قدر است؟

ج: ٪۹۰

پرسش: حرکت اهرم‌ها و یا چرخ‌های طیار در اثر چیست؟

عاملی که باعث ایجاد چرخش جسم، به‌دور یک نقطه یا محور می گردد «گشتاور» نامیده می شود و مقدار آن به مقدار نیرو و فاصله‌ی آن نیرو تا مرکز یا محور دوران بستگی مستقیم دارد، یعنی مقدار گشتاور (M) برابر است با مقدارنیروی (F) ضرب‌در فاصله‌ی آن نیرو تا محور یا مرکز دوران (d)

و یا $M = F.d$

۵ ــ۲ــ گشتاور موتور (M_m)

۱ــ ۵ ــ۲ــ نیروی مفید موتور، توسط شاتون‌ها به بازوهای میل‌لنگ وارد شده، نیروی محیطی میل‌لنگ ایجاد می‌گردد و تولید گشتاور می‌نماید. مقدار گشتاور از حاصل‌ضرب نیروی محیطی میل‌لنگ (F_t) در طول یا شعاع آن (R) به‌دست می‌آید یعنی :

$$M_m = F_t . R = F_t . \frac{S}{۲} \qquad (۲ــ۲۳)$$

واحد گشتاور معمولاً برحسب متر نیوتن (m.N) یا (cm.N) محاسبه می‌گردد.

مثال (۱۷): نیروی محیطی میل‌لنگ (۲۰۰۰N) و کورس پیستون (۱۰۰mm) است، گشتاور میل‌لنگ را برحسب مترنیوتن حساب کنید.

پاسخ:

$F_t = ۲۰۰۰N$ $\qquad M_m = F_t . \frac{S}{۲} = ۲۰۰۰ \times \frac{۰/۱}{۲}$

$S = ۱۰۰mm = ۱۰cm = ۰/۱m$ $\qquad M_m = ۱۰۰m.N$

$M_m = ?m.N$ گشتاور میل‌لنگ برحسب مترنیوتن

۲ــ ۵ ــ۲ــ رابطه‌ی بین گشتاور و توان مفید موتور: هم‌چنان که می‌دانید توان مفید از رابطه‌ی $P_e = F_t . V_t$ [۱] هم به‌دست می‌آید که در این رابطه (P_e) توان مفید موتور، (F_t) نیروی محیطی میل‌لنگ و (V_t) سرعت محیطی میل‌لنگ است ؛ حال اگر به‌جای (V_t) مقدار آن را قرار

۱ــ در مبحث فیزیک گفته شد، کار برابر است با $W = F.d$ و توان برابر است با $P = \frac{W}{t} = \frac{F.d}{t}$ و نیز می‌دانید که سرعت $V_t = \frac{d}{t}$ ، پس توان برابر است با $P = F.V_t$ در رابطه‌ی فوق توان برحسب Wو F بر حسب نیوتن و V_t برحسب متر بر ثانیه می‌باشد.

دهیم، نتیجه می‌شود : $P_e(kW)=\frac{F_t.۲R\pi.n}{۱۰۰۰}$ با توجه به رابطه‌ی (۲۳ــ۲) می‌توان گفت :

$P_e(kW)=\frac{۲M\pi.n}{۱۰۰۰}$ چنان‌چه صورت و مخرج را بر عدد (۲π) تقسیم نماییم خواهیم داشت :

$$\boxed{P_e(kW)=\frac{M_m.n_m}{۱۵۹}} \qquad (۲ــ۲۴)$$

که در رابطه‌ی فوق (M_m) برحسب $(m.N)$ و (n) برحسب $(R.P.S)$ است و چون معمولاً دور موتور برحسب $(R.P.M)$ سنجیده می‌شود، اگر در فرمول فوق (n) را برحسب $(R.P.M)$ قرار دهیم، می‌شود :

$$\boxed{P_{e\ kW}=\frac{M_m.n_m}{۹۵۵۰}} \qquad \boxed{P_{e\ kW}=\frac{M_m.n_m}{۱۵۹\times۶۰}} \qquad (۲ــ۲۵)$$

مثال (۱۸): گشتاور موتوری دردور $(۲۷۰۰R.P.M)$ با قدرت مفید $(۷۲kW)$، چند متر نیوتن است؟

پاسخ:

$$M_m=?mN \qquad P_e=\frac{M_m.n_m}{۹۵۵۰}\Rightarrow M_m=\frac{P_e\times۹۵۵۰}{n_m}$$

$$n=۲۷۰۰R.P.M$$

$$P_e=۷۲kW \qquad M_m=\frac{۷۲\times۹۵۵۰}{۲۷۰۰}=۲۶۵/۳m.N$$ گشتاور موتور

مثال (۱۹): توان مفید موتوری در دور $(۳۰۰۰R.P.M)$ برابر $(۶۰hP)$ و دور پیستون $(۸۰mm)$ است. نیروی محیطی میل‌لنگ را برحسب نیوتن حساب کنید.

پاسخ:

$$n_m=۳۰۰۰R.P.M \qquad P_e=۶۰\times۰/۷۴۶=۴۴/۷۶kW$$

قدرت مفید به کیلووات

$$S=۸۰mm=۰/۰۸m \qquad M_m=\frac{P_e\times۹۵۵۰}{n_m}=\frac{۴۴/۷۶\times۹۹۵۰}{۳۰۰۰}=۱۴۲/۵m.N$$

گشتاور میل‌لنگ

$$P_e=۶۰ph,F_t=?N \qquad M_m=F_t.\frac{S}{۲}\Rightarrow F_t=\frac{۲M_m}{S}=\frac{۲\times۱۴۲/۵}{۰/۰۸}=۳۵۶۲/۵N$$

نیروی محیطی میل‌لنگ

۶ــ۲ــ توان حجمی موتور (P_V)

توان حجمی معرف آن است که موتور به‌ازای یک لیتر از حجم مفیدش چه توان مفیدی تولید می‌کند. یعنی اگر حجم مفید موتور (V_E) لیتر و توان بازده آن (P_e) کیلووات باشد، چه توان حجمی خواهد داشت. مقدار توان حجمی از تقسیم (P_e) بر (V_E) به‌دست می‌آید :

$$P_V(kW/lit) = \frac{P_e}{V_E} \qquad (۲ــ۲۶)$$

واحد آن معمولاً کیلووات بر لیتر است.

۷ــ۲ــ توان وزنی موتور (P_G)

توان وزنی، معرف آن است که موتور به ازاء هر کیلووات از توان مفیدش چه مقدار از وزن موتور را تحمل می‌کند ؛ یعنی اگر وزن موتور (G) نیوتن و توان مفیدش (P_e) کیلووات باشد چه توان وزنی را داراست.

مقدار توان وزنی از تقسیم (G) بر (P_e) و واحد آن در سیستم (SI) نیوتن بر کیلووات به‌دست می‌آید.

$$P_G(N/kW) = \frac{G}{P_e} \qquad (۲ــ۲۷)$$

مثال (۲۰): توان حجمی موتوری با توان مفید(۹۰kW) و حجم مفید(۲/۲۵lit) چند کیلو وات بر لیتر است؟

پاسخ:

$$V_E = ۲/۲۵lit \ , \ P_e = ۹۰kW \ , \ P_V = ?kW/lit$$

توان حجمی موتور $$P_V = \frac{P_e}{V_E} = \frac{۹۰}{۲/۲۵} = ۴۰kw/lit$$

یعنی به‌ازای یک لیتر از حجم موتور (۴۰) کیلووات قدرت مفید تولید می‌کند.

مثال (۲۱): توان وزنی موتوری با توان بازده (۹۸kW) و وزن (۹۸۰۰N) چند نیوتن برکیلووات است؟

پاسخ:

$$G = ۹۸۰۰N \ , \ P_e = ۹۸kW \quad P_G = ?N/kW$$

قدرت وزنی موتور $$P_G = \frac{G}{P_e} = \frac{۹۸۰۰}{۹۸} = ۱۰۰N/kW$$

یعنی هر کیلووات از قدرت مفید موتور، در برابر (۱۰۰) نیوتن از وزن موتور قرار دارد.

مثال (۲۲): توان حجمی موتوری ($35\,kW/lit$) و حجم مفید آن ($2/4\,lit$) است، اگر وزن موتور ($1050N$) باشد توان وزنی آن چند نیوتن بر کیلووات است؟

پاسخ: برای محاسبه‌ی (P_G)، ابتدا باید قدرت مفید موتور را به کمک توان حجمی موتور به‌دست آوریم، یعنی :

$P_V = 35\,kW/lit$

$V_E = 2/4\,lit$ $\qquad P_V = \frac{P_e}{V_E} \Rightarrow P_e = P_V . V_E = 35 \times 2/4 = 84\,kW$

$G = 1050N$

$P_G = ?N/kW$ $\qquad P_G = \frac{G}{P_e} = \frac{1050}{84} = 12/5\,N/kW$

مثال (۲۳): قطر و کورس پیستون‌های یک موتور (۴)زمانه (۴)سیلندر ($80mm$)، نسبت تراکم آن(۹:۱)، فشار متوسط احتراق ($10bar$)، بازده مکانیکی موتور(٪۸۰) توان وزنی آن ($150N/kW$) و دور موتور ($3000R.P.M$) است، حساب کنید که :

۱ــ حجم تراکم موتور چند سانتی‌متر مکعب است؟

۲ــ توان مفید موتور چند کیلووات است؟

۳ــ افت توان موتور چند کیلوژول بر ساعت است؟

۴ــ توان حجمی موتور چند کیلووات برلیتر است؟

۵ ــ وزن موتور برحسب (N) چه اندازه است؟

پاسخ:

$T = 4$

$K = 4$ $\qquad V_s = \frac{\pi}{4} D^2 . S = \frac{8^2 \times 3/14}{4} \times 8 = 401/92$

$n = 3000R.P.M$ $\qquad \cong 402cm^3$

$D = S = 80mm = 8cm$ $\qquad V_c = \frac{V_s}{R_c - 1}$

$R_c = 9 \div 1$ ، $D = 100mm$

$\eta = \%80$ ، $P_m = 10bar$ $\qquad V_c = \frac{402}{9-1} = \frac{402}{8} = 50/25cm^3$

$P_G = 150N/kW$ $\qquad$ حجم تراکم

$V_c = ?cm^3$

$P_e = ?kW$ $\qquad (۲)P_e = \frac{P_m . V_E . n . \eta_m}{۲۰۰} \Rightarrow V_E = V_s . k$

$\Delta P = ?kj/h$

$P_v = ?kW/lit$ $\qquad V_E = ۴۰۲ \times ۴ = ۱۶۰۸cm^3 = ۱/۶۰۸lit$

$G = ?N$ $\qquad$ **حجم مفید موتور**

$P_m = ۱۰ \times ۱۰ = ۱۰۰N/cm^2$

$n = \frac{۳۰۰۰}{۶۰} = ۵۰R.P.S$

$P_e = \frac{۱۰۰ \times ۱/۶۰۸ \times ۵۰ \times ٪۸۰۰}{۲۰۰} = ۳۲/۱۶kW$ $\qquad$ **قدرت مفید موتور**

$P_i = \frac{P_e}{\eta_m} = \frac{۳۲/۱۶}{٪۸۰} = ۴۰/۲kW \qquad \Delta P = P_i - P_e$

$\Delta P = ۴۰/۲ - ۳۲/۱۶ = ۸/۰۴۹kW$ $\qquad$ **افت توان**

$\Delta P = ۸/۰۴۹ \times ۳۶۰۰ = ۲۸۹۴۴kj/h$ $\qquad$ **افت توان برحسب کیلوژول برساعت**

$(۴)P_V = \frac{P_e}{V_E} = \frac{۳۲/۱۶}{۱/۶۰۸} = ۲۰kW/lit$ $\qquad$ **توان حجمی موتور**

$(۵)P_G = \frac{G}{P_e} \Rightarrow G = P_G . P_e = ۱۵۰ \times ۳۲ \times ۱۶ = ۴۸۲۴N$ $\qquad$ **وزن موتور**

مثال (۲۴): گشتاور یک موتور (۶)سیلندر (۴)زمانه، در دور ($۲۸۶۵R.P.N$) برابر ($۱۲۰m.N$) کارایی مکانیکی آن (٪۹۰)، فشار متوسط احتراق ($۸۰N/cm^2$)، قطر سیلندر ($۸۰mm$) است، مطلوب است که :

۱ــ توان تئوری موتور برحسب (kW) را محاسبه کنید.

۲ــ حجم مفید موتور برحسب لیتر را به‌دست آورید.

۳ــ سرعت محیطی میل‌لنگ برحسب متربرثانیه را حساب کنید.

۴ــ نیروی محیطی میل‌لنگ برحسب نیوتن را به‌دست آورید.

پاسخ: $T = ۴$ زمانه

$k = ۶$ $\qquad (۱)P_e = \frac{M_m . n_m}{۹۵۵۰} = \frac{۱۲۰ \times ۲۸۶۵}{۹۵۵۰} = ۳۶kW$

$n = ۲۸۶۵R.P.M$

$M_m = ۱۲۰ m.N$ $\quad P_i = \frac{P_e}{\eta_m} = \frac{۳۶۰}{٪۹۰} = ۴۰ kW$ قدرت تئوری

$\eta_m = ٪۹۰$

$P_m = ۸۰ N/cm^۲$ $\quad (۲) P_i = \frac{P_m . V_E . n}{۲۰۰} \Rightarrow V_E = \frac{P_i \times ۲۰۰}{P_m . n}$

$D = ۸۰ mm = ۸ cm$

$P_i = ? kW$ $\quad n = \frac{۲۸۶۵}{۶۰} = ۴۷/۷۵ R.P.S$

$V_E = ? lit$

$V_t = ? m/s$ $\quad V_E = \frac{۴۰ \times ۲۰۰}{۸۰ \times ۴۷/۷۵} = ۲/۰۹۴ lit$ حجم مفید موتور

$F_t = ? N$

$$(۳) V_t = s.\pi.n \ , \ V_E = \pi \ \frac{D^۲}{۴}.s.k$$

$V_E = ۲/۰۹۴ \times ۱۰۰۰ = ۲۰۹۴ cm^۳$

$S = \frac{V_E}{D^۲ \frac{\pi}{۴}.k} = \frac{۲۰۹۴}{۸^۲ \times \frac{۳/۱۴}{۴} \times ۶} = ۶/۹۴۶ cm \simeq ۰/۰۷ m$

$V_t = ۰/۰۷ \times ۳/۱۴ \times ۴۷/۷۵ = ۱۰/۴۹۵ m/s \simeq ۱۰/۵ m/s$

سرعت محیطی میل‌لنگ

$(۴) M_m = F_t . \frac{S}{۲} \Rightarrow F_t = \frac{۲M_m}{۶} = \frac{۱۲۰ \times ۲}{۰/۰۷} = ۳۴۲۸/۶ N$

نیروی محیطی میل‌لنگ

مثال (۲۵): افت توان در یک موتور (۲) زمانه (۳) سیلندر ($۳۷۸۰۰ kj/h$) است، اگر سرعت متوسط پیستون در این موتور در دور ($۲۴۰۰ R.P.M$) برابر ($۸ m/s$)، فشار متوسط احتراق روی پیستون ($۹ bar$)، بازده مکانیکی (٪۸۶) باشد،

مطلوب است که :

۱ــ قدرت مفید موتور برحسب کیلووات محاسبه شود.

۲ــ حجم مفید موتور برحسب لیتر به‌دست آید.

۳ــ قطر پیستون برحسب میلی‌متر حساب شود.

۴ـ کار مفید یک پیستون برحسب ژول در یک کورس حساب شود.

۵ ـ گشتاور موتور برحسب متر نیوتن به‌دست آید.

پاسخ:

$T = ۲$ زمانه $\qquad \eta'_m = ۱۰۰ - \eta_m$

$k = ۳$ $\qquad (۱)\eta'_m = ٪۱۰۰ - ٪۸۶ = ٪۱۴$ درصد افت توان

$\Delta P = ۳۷۸۰۰ kj/hr$

$\eta_m = ۰/۸۶$ $\qquad \Delta P = \frac{۳۷۸۰۰}{۳۶۰۰} = ۱۰/۵ kW$ افت توان به کیلووات

$n = ۲۴۰۰ R.P.M$ $\qquad P_i = \frac{\Delta P}{\eta'_m} = \frac{۱۰/۵}{۰/۱۴} = ۷۵ kW$ توان تئوری

$P_m = ۹ bar = ۹۰ N/cm^۲$

$V_m = ۸ m/s$ $\qquad P_e = P_i . \eta_m = ۷۵ \times ۰/۸۶ = ۶۴/۵ kW$ توان مفید

$(۱)P_e = ? kW$

$(۲)V_E = ? lit$ $\qquad (۲)P_i = \frac{P_m . V_E . n}{۱۰۰} \Rightarrow V_E = \frac{P_i \times ۱۰۰}{P_m n}$

$(۳)D = ? mm$

$(۴)W_{۱e} = ? j$ $\qquad n = \frac{۲۴۰۰}{۶۰} = ۴۰ R.P.S$

$(۵)M_m = ? m.N$

$V_E = \frac{۷۵ \times ۱۰۰}{۹۰ \times ۴۰} = ۲/۰۸۳ lit$ حجم مفید موتور

$(۲)V_E = \pi \frac{D^۲}{۴} . S.k \Rightarrow D^۲ = \frac{۴V_E}{\pi . S.k}$

(S) را به‌کمک سرعت متوسط پیستون حساب می‌کنیم.

$V_m = ۲S.n \Rightarrow S = \frac{V_m}{۲n} = \frac{۸}{۲ \times ۴۰} = ۰/۱ m = ۱۰ cm$

پس $D^۲ = \frac{۴ \times ۲/۰۸۳ \times ۱۰۰۰}{۳/۱۴ \times ۱۰ \times ۳} = ۸۸/۴۵ cm^۲$

$D = \sqrt{۸۸/۴۵} = ۹/۴ cm = ۹۴ mm$

$(۴)P_e = W_e . n = W_{e۱} . k . n$ و $P_e = ۶۴/۵ \times ۱۰۰۰ = ۶۴۵۰۰ j/sec$

توان مفید برحسب ژول برثانیه

$$۶۴۵۰۰ = W_{e۱} \times ۳ \times ۴۰ \Rightarrow W_{e۱} = \frac{۶۴۵۰۰}{۳ \times ۴۰} = ۵۳۷/۵j$$

کار یک پیستون در یک کورس

گشتاور موتور $(۵)M_m = \frac{P_e \times ۹۵۵۰}{n} = \frac{۶۴/۵ \times ۹۵۵۰}{۲۴۰۰} = ۲۵۶/۶m.N$

تمرین

مسأله‌ی (۱) : یک موتور دیزل دارای (۶) سیلندر، (۴) زمانه با دور (۳۶۰۰R.P.M)، قدرت بازده (۴۵kW) و بازده مکانیکی (۸۱٪) می‌باشد، اگر فشار متوسط احتراق روی پیستون (۸/۲bar) و وزن خالص موتور (۷۲۵۰N) باشد،

الف : توان تئوری موتور برحسب کیلووات را به‌دست آورید.

ب : گشتاور موتور برحسب مترنیوتن را محاسبه کنید.

ج : توان حجمی موتور برحسب کیلووات برلیتر چه‌قدر است؟

د : توان وزنی آن برحسب نیوتن برکیلووات را حساب کنید.

(الف ۵۵/۵kW (ب ۱۱۹/۶m.N (ج ۲۰kW/lit (د ۱۶۱N/kW

مسأله‌ی (۲): در یک موتور(۴) زمانه (۴)سیلندر در دور (۶۰۰۰R.P.M) با قطر پیستون (۸۰mm)، کورس پیستون (۸۰mm)، فشار متوسط احتراق روی پیستون (۱۰bar) می‌باشد، با توجه به این داده‌ها :

الف : توان ظاهری موتور برحسب کیلووات را به‌دست آورید.

ب : گشتاورموتور برحسب مترنیوتن را حساب کنید.

ج : قدرت حجمی چند کیلووات برلیتر است؟

د : افت توان برحسب کیلوژول بر ساعت با بازدهی مکانیکی (۸۸٪) را به‌دست آورید.

(الف ۸۰kW (ب ۱۱۲m.N (ج ۴۴kW/lit (د ۳۴۵۶۰kj/h

مسأله‌ی (۳): توان داخلی یک موتور بنزینی (۸۰kW)، دور موتور (۲۸۶۵R.P.M)، بازده مکانیکی آن (۹۰٪) و نیروی محیطی میل‌لنگ در این حالت (۴۰۰۰N) می‌باشد، حساب کنید که :

الف : گشتاور موتور چند مترنیوتن است؟

ب : سرعت متوسط پیستون چند متر برثانیه است؟

ج : افت توان چند کیلوژول برساعت است؟

(الف ۲۴۰m.N (ب ۱۱/۴۶m/s (ج ۲۸۸۰۰kj/h

مسأله‌ی (۴): اگر موتور (۶)سیلندر (۴)زمانه‌ای در دور (۳۸۲۰R.P.M) دارای گشتاور (۱۸۰m.N)، فشار متوسط احتراق روی پیستون ($۹۰N/cm^۲$) و کارایی مکانیکی (۹۰٪) باشد، به پرسش‌های زیر پاسخ دهید.

الف : توان داخلی موتور برحسب کیلو وات چه‌قدر است؟

ب : حجم مفید یک سیلندر را برحسب سانتی‌متر مکعب حساب کنید.

ج : کار مفید موتور در یک دور گردش میل‌لنگ چند ژول است؟

الف) ۸۰kW ب) $۴۶۵cm^۳$ ج) ۱۱۳۰j

مسأله‌ی (۵): اگر یک موتور دیزل (۴)زمانه (۸)سیلندر با دور (۱۵۰۰R.P.M)، حجم مفید هرسیلندر ($۱۸۴۰cm^۳$) و فشار متوسط احتراق روی پیستون (۱۴/۶۸bar) با بازدهی مکانیکی (۸۵٪) کار کند، خواسته‌های زیر را به‌دست آورید.

الف : توان تئوری موتور برحسب کیلووات.

ب : گشتاور موتور را برحسب مترنیوتون.

ج : کار مفید یک پیستون را در یک کورس برحسب ژول

د : توان حجمی موتور برحسب کیلووات برلیتر.

الف) ۲۷۰kW ب) ۱۴۶۱m.N ج) ۲۲۹۶j د) ۱۵/۵۹kW/lit

مسأله‌ی (۶): یک مولد الکتریکی با توان بازده (۸۱kW) و کارایی الکتریکی (۹۰٪)، توسط یک موتور (۶)سیلندر (۴)زمانه که قطر دهانه‌ی هر سیلندر آن (۴in)، فشار متوسط احتراق روی پیستون ($۱۲۰lb/in^۲$) و دور موتور (۳۰۰۰R.P.M) می‌باشد، کار می‌کند.

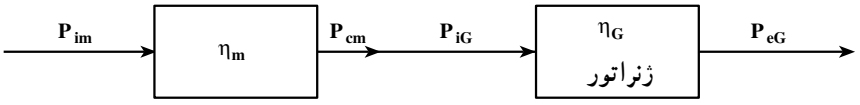
خواسته‌های زیر را حساب کنید.

الف : قدرت مفید موتور برحسب کیلووات $۱bar = ۱۰\frac{N}{cm^۲}$

ب : اگر بازده مکانیکی موتور (۸۵٪) باشد، سرعت محیطی میل‌لنگ برحسب متربرثانیه

ج : افت توان در مولد برحسب کیلوژول برساعت

د : گشتاور موتور برحسب مترنیوتن



الف) ۹۰kW ب) ۱۶/۵m/s ج) ۳۲۴۰۰kj/h د) ۲۸۶/۵m.N

مسأله‌ی (۷): یک موتور (۳)سیلندر (۲)زمانه با دور (۳۶۰۰R.P.M) دارای توان مفید (۶۳kW) با کارایی مکانیکی (۸۴٪) می‌باشد که قطر هر پیستون (۷۵mm) و کورس پیستون (۹۰mm) است بر این اساس :

الف : فشار متوسط احتراق روی پیستون چند bar است؟

ب : سرعت محیطی میل‌لنگ چند متر برثانیه است؟

ج : قدرت حجمی موتور، چند کیلووات برلیتر است؟

د : نیروی محیطی میل‌لنگ چند نیوتن است؟

الف) ۱۰/۴۷bar ب) ۱۷m/s ج) ۵۲/۸kW/lit د) ۳۷۱۴N

مسأله‌ی (۸): موتور (۴)زمانه‌ی (۶)سیلندری در دور (۳۰۰۰R.P.M) دارای قدرت مفید (۵۲kW)، سرعت متوسط پیستون (۱۰ m/s)، کارایی مکانیکی (۸۰٪) و فشار متوسط احتراق روی پیستون (۸bar) است، حساب کنید که :

الف : قطر سیلندر برحسب میلی‌متر چه‌قدر است؟

ب : گشتاور موتور چند مترنیوتن است؟

ج : حجم مفید موتور برحسب لیتر چه‌مقدار است؟

د : اگر وزن موتور (۱۵۶۰N) باشد، قدرت وزنی موتور برحسب نیوتن بر کیلووات چه‌قدر است؟

الف) ۸۳mm ب) ۱۶۵/۵m.N ج) ۳/۲۵lit د) ۳۰N/kW

مسأله‌ی (۹): اگر قدرت حجمی موتور (۴)زمانه‌ی (۴)سیلندری (۱۶kW/lit)، فشار متوسط احتراق (۸bar)، قطر و کورس پیستون هریک (۱۰۰mm) باشد،

خواسته‌های زیر را حساب کنید.

الف : توان تئوری موتور با کارایی (۷۸٪) برحسب کیلووات

ب : دور موتور برحسب دور بر دقیقه.

ج : گشتاور موتور برحسب مترنیوتن.

د : سرعت متوسط پیستون برحسب متربرثانیه

الف) ۶۴/۴kW ب) ۳۰۷۷R.P.M ج) ۱۵۶m.N د) ۱۰/۲۵m/s

مسأله‌ی (۱۰): گشتاور موتور (۴)زمانه‌ی (۴)سیلندری با قدرت مفید (۸۰kW) و بازده مکانیکی (۸۵٪) برابر (۱۳۸m.N) و فشار متوسط احتراق روی پیستون (۱۰bar) می‌باشد.

مطلوب است که :

الف : دور موتور برحسب دور بر دقیقه را به‌دست آورید.

ب : حجم مفید موتور برحسب لیتر را حساب کنید.

ج : قدرت لیتری موتور برحسب کیلووات برلیتر را اندازه‌گیری کنید.

د : اگر نیروی محیطی میل‌لنگ (۲۷۶۰N) نیوتن باشد، سرعت متوسط پیستون برحسب متربرثانیه را محاسبه کنید.

(الف ۵۵۳۶R.P.M (ب ۲/۰۴lit (ج ۳۹/۲kW/lit (د ۱۸/۴۵m/s

مسأله‌ی (۱۱): موتوری به وزن (۱۸۵۰N) دارای قدرت وزنی (۳۷۰N/kW)، گشتاور (۱۲۰m.N)، نسبت تراکم (۱۱:۱)، حجم تراکم ($۸۰cm^3$)، قطر سیلندر(۸۰mm) و کارایی مکانیکی (۸۰٪) است، حساب کنید که :

الف : دور موتور چند دور بر دقیقه است؟

ب : فشار متوسط احتراق وارد بر کف پیستون چند نیوتن بر سانتی‌متر مربع (موتور (۴)زمانه‌ی (۴)سیلندر است) است؟

ج : سرعت محیطی میل‌لنگ برحسب متربرثانیه چه‌مقدار است؟

د : قدرت حجمی موتور چند کیلووات برلیتر است؟

(الف ۳۹۸۰R.P.M (ب ۵۸/۸۸N/cm^2 (ج ۳۳/۳m/s (د ۱۵/۶۲۵kW/lit

مسأله‌ی (۱۲): در یک موتور بنزینی (۴)زمانه‌ی (۴)سیلندر که قطر هر پیستون آن (۴/۲in)، دور موتور (۲۴۰۰R.P.M)، نیروی محیطی میل‌لنگ (۹۰۰lb) سرعت محیطی میل‌لنگ (۳۱۴۰ft/min) و کارایی مکانیکی (۸۵٪) است ؛ براساس این داده‌ها :

الف : سرعت متوسط پیستون برحسب متربرثانیه را به‌دست آورید.

ب : گشتاور موتور برحسب مترنیوتن را محاسبه کنید.

ج : قدرت تئوری موتور برحسب کیلووات را بنویسید.

د : فشار متوسط احتراق روی پیستون برحسب نیوتن بر سانتی‌مترمربع چه‌قدر است؟

هـ : حجم مفید برحسب لیتر را به‌دست آورید.

(الف ۱۰/۱۶m/s (ب ۲۵۴m.N (ج ۷۵kW (د ۸۳/۷۶N/cm^2

(هـ ۴/۵۴lit

مسأله‌ی (۱۳): دینام اتومبیلی در دور ثابت دارای توان بازده (۳۷۳W) و کارایی الکتریکی (۹۶٪) است، اگر (۱٪) از توان مفید موتور صرف گرداندن دینام شود و دورموتور (۳۱۲۰R.P.M) باشد حساب کنید که :

الف : افت توان در دینام برحسب کیلوژول برساعت چه‌قدر است؟

ب : توانی که صرف گرداندن دینام شده چند وات است؟

ج : گشتاور موتور چند متر نیوتن است؟

الف) ۵۵/۸kj/h ب) ۳۸۸/۵W ج) ۱۱۸/۹N.m

مسأله‌ی (۱۴): موتور دیزلی با کارایی مکانیکی (۸۵٪) ژنراتوری را با بازده الکتریکی (۹۲٪) می‌چرخاند ؛ برق تولیدی ژنراتور صرف روشن‌کردن (۳۰۰) عدد لامپ (۲۰۰) واتی می‌شود. (شکل صفحه‌ی ۳۵)

مطلوب است که :

الف : توان مفید موتور دیزل برحسب کیلووات را به‌دست آورید.

ب : توان تلف‌شده در موتور برحسب کیلوژول برساعت را محاسبه کنید.

ج : توان تلف‌شده در ژنراتور برحسب کیلوژول برساعت را حساب کنید.

الف) ۶۵/۲kW ب) ۴۱۴۰۰kj/h ج) ۱۸۷۲۰kj/h

مسأله‌ی (۱۵): در یک موتور (۲)زمانه‌ی (۳)سیلندر، سطح دهانه‌ی سیلندر ($۸۰cm^2$)، کورس پیستون (۷۰mm)، دور موتور (۲۵۰۰R.P.M)، توان مفید موتور (۷۰PS) با کارایی مکانیکی (۸۰٪) می‌باشد حساب کنید :

الف : حجم مفید موتور چند لیتر است؟

ب : فشار متوسط احتراق روی پیستون چند بار است؟

ج : سرعت حداکثر پیستون برحسب متربرثانیه چه‌مقدار است؟

د : گشتاور موتور چند متر نیوتن است؟

هـ : نیروی محیطی میل‌لنگ برحسب نیوتن چه‌قدر است؟

الف) ۱/۶۸lit ب) ۹/۱۹bar ج) ۹/۱۵m/s د) ۱۹۶/۶mN

هـ) ۵۶۱۷N