الباب الرابع

عناصر قياس أداء المحرك و اختباراتها

Engine performance parameters& Engine Testing

لتقيم أداء المحرك فانه يوجد بعض العوامل التي من خلالها يمكن تحديد مدي كفاءة أداء المحرك و تشتمل عناصر قياس أداء المحرك علي الأتي :

١ ـ سعة المحرك *Engine displacement*

تعرف سعة المحرك بأنها الحجم الكلي للإزاحة

$$Ve = Vs \cdot n$$

حيث:

Ve= حجم سعة المحرك سم٣ engine displacement

Vs = حجم المشوار سم٣ stroke volume

4 stroke engine

$$Vs = (\pi D2 / 4) S$$

2 stroke engine

$$Vs = (\pi D2 / 2)$$

حيث:

D= قطر الاسطوانة

S= طول المشوار

n= عدد الاسطوانات

٢ ـ الكفاءة الحجمية *Volumetric efficiency*

ηv

تعبر الكفاءة الحجمية للمحرك عن مدي مقدار امتلاء الاسطوانة بالشحنة أثناء مشوار السحب و من ثم فان زيادة هذه الشحنة تؤدي إلي زيادة قدرة الاسطوانة

و يمكن التعبير عن الكفاءة الحجمية بالطريقتين الآتيتين:

١ـ حجم الشحنة و يقصد به نسبة حجم الشحنة التي تدخل الاسطوانة أثناء مشوار السحب الي حجم المشوار الكلي للمكبس

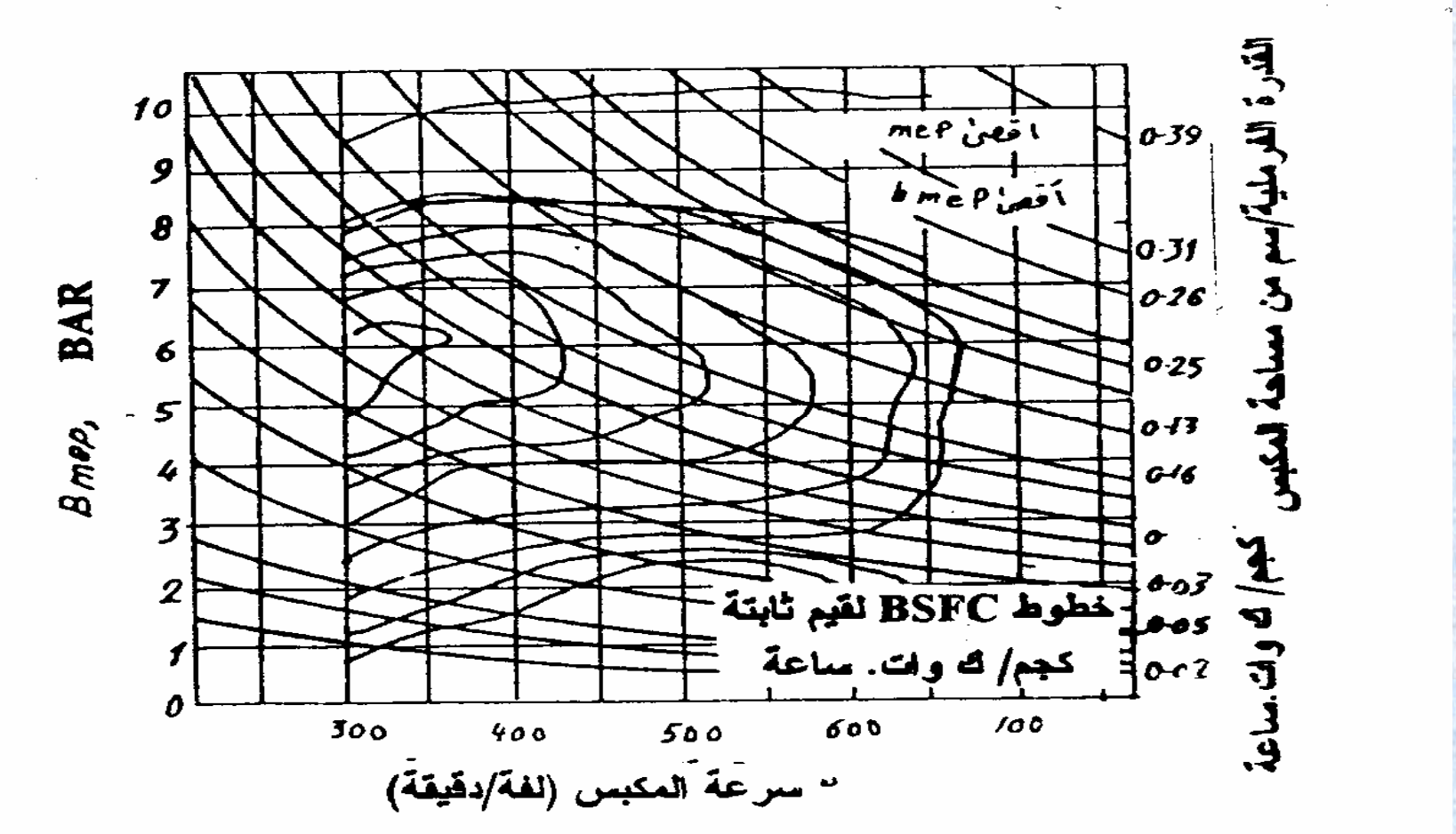
$$\eta v = Vch / Vs$$

حيث

Vch حجم الشحنة الداخلة fresh charge volume

Vs حجم المشوار stroke volume

و يوضح الشكل الأتي الكفاءة الحجمية علي منحني P-V



الكفاءة الحجمية علي منحني P-V

٢ـ وزن الشحنة و يقصد به نسبة وزن الشحنة التي تدخل الاسطوانة اثناء مشوار السحب الي وزن الشحنة التي تملا نفس الحجم تحت ضغط و درجة حرارة الدخول.

$$\eta v = Gch / Gs$$

حيث:

Gch = وزن الشحنة الداخلة في دورة حرارية واحدة

Gs = كمية الهواء التي يمكن أن تملا حجم المكبس تحت نفس درجة حرارة الهواء

و ضغط الهواء المحيط و تحدد بالعلاقة الآتية :

$$Gs = Vs\ \rho a$$

حيث :

Pa= كثافة الهواء كجم/م٣ تحت نفس ظروف المحرك.

$$[Go\ \alpha + Gf\ ] / 60\ N\ \text{-}Gch = n$$

حيث :

Gf= معدل استهلاك الوقود كجم/ ساعة

Go= كمية الهواء اللازمة لاحتراق الوقود

N= سرعة عمود الكرنك لفة/ دقيقة

n = ٢ للمحرك رباعى الأشواط

n- = ١ للمحرك ثنائى الأشواط

$$Go = [\ 2.67\ C + 8\ H - O] / 0.23$$

حيث:

C,H,O وزن الكربون و الهيدروجين و الأكسوجين في واحد كجم من الوقود

α معامل زيادة الهواء excess air ratio و هي تساوي نسبة كمية الهواء الداخل الاسطوانة إلي كمية الهواء اللازمة للاحتراق .

عندما تكون α اقل من ١ يكون الخليط غني

عندما تكون α اكبر من ١ يكون الخليط فقير

محرك البنزين ١,١٥> α >٠,٨

محرك الديزل ١,٦٥> α >١,٢

من الملاحظ أن قيمة α لمحرك الديزل اكبر من نظيرها في محرك البنزين للأسباب الآتية:

١ -عدم وجود وسيلة خلط كما في البنزين

٢-الزمن اللازم للخلط ٠,٠٢٥ إلي ٠,٠٢ من الزمن اللازم لمحرك البنزين

مما سبق يمكن إيجاد قيمة الكفاءة الحجمية بمعرفة كلا من α و Gf كما يلي

$$\eta = Gch / Gs = Gch / Vs\ pa$$

$$[\ GO\ \alpha + Gf\ ]\ / N\ Vs\ pa\ \eta = n$$

يمكن التعبير عن الشغل الناتج من الدورة الحرارية في محركات الاحتراق الداخلي كما يلي :

أ- متوسط الضغط البياني الفعال Indicated Mean Effective Pressure

ب-القدرة البيانية Indicated Power

ج-الكفاءة الحرارية البيانية Indicated Thermal Efficiency

.

متوسط الضغط البياني الفعال Indicated Mean Effective Pressure

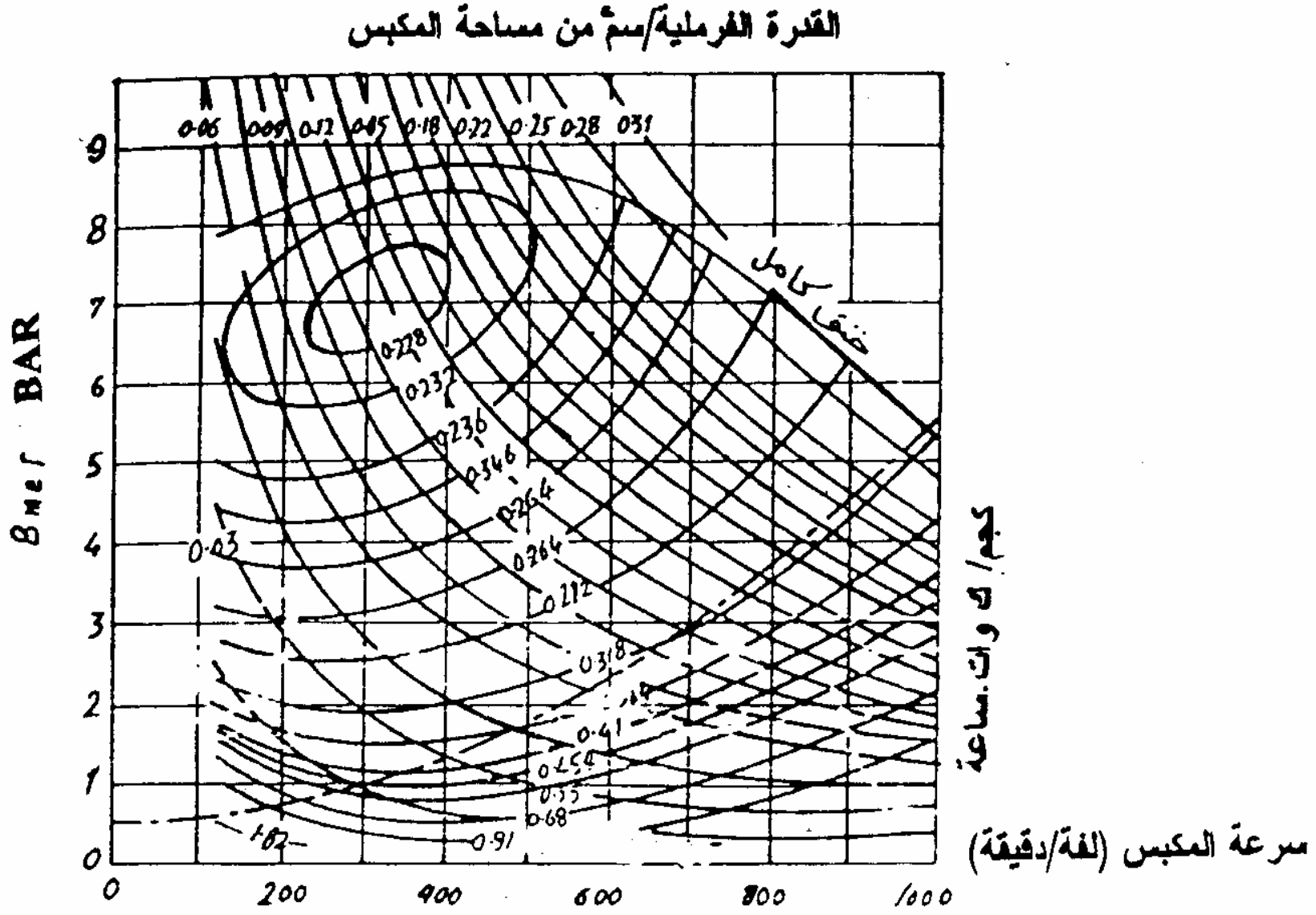
يعرف متوسط الضغط الفعال بأنه مقدار الضغط الافتراضي الذى يؤثر على سطح المكبس خلال شوط القدرة. فإذا كان هذا المتوسط يستند إلى القدرة البيانية فانه يسمى *متوسط الضغط البياني الفعال* (imep). أما إذا كان مستندا إلى القدرة الفرملية فانه يسمى *متوسط الضغط الفرملى الفعال* (bmep). و بالمثل اذا كان مستندا إلى القدرة الاحتكاكية فانه يسمى *متوسط الضغط الاحتكاكي الفعال* (fmep). والأخير يعرف كالاتى:

$$fmep = imep - bmep$$

القدرة البيانية *Indicated Power (I.P)*

تعرف هذه القدرة من المساحة تحت منحني P-V و مساحة هذا الشغل في اتجاه عقارب الساعة تمثل الشغل الصافي فوق سطح المكبس الناتج من دورة حرارية واحدة لكل اسطوانة

عناصر أداء المحرك علي منحني P-V



القدرة البيانية =(الشغل البياني الناتج من دورة حرارية واحدة) / (زمن دورة حرارية واحده)

Indicated Power I.P = Indicated work of one cycle / time of one cycle

Time of one heat زمن الدورة الحرارية الواحدة = **cycle**

2 (60) / N sec ……. *for four stroke engine*

1 (60) / N sec ……. *for two stroke engine*

number of cycles / sec = عدد الدورات الحرارية /ثانية

N / 2 (60) …….. *for four stroke engine*

N / 60 …….. *for two stroke engine*

N = سرعة عمود الكرنك (لفة / دقيقة)

وعلى هذا تكون القدرة البيانية I.P

$$I.P = [IWD\ N\ n] / 2\ (60)\ (1000) \quad k\ watt$$

Where:

IWD = Indicated work of one heat cycle

N.m (Newton-meter)

n = number of cylinders for engine

و هذا الشغل يمكن التعبير عنه بحاصل ضرب قوة دفع المكبس F X طول المشوار S ومن ثم يتم ايجاد القدرة البيانية كالاتى:

$$I.P = [F S N n] / [(2) (60) (1000)]$$ .. *for four stroke engine*

$$I.P = [F S N n] / [(60) (1000)]$$ ..... *for two stroke engine*

حيث

F = قوة دفع المكبس لأسفل (نيوتن)

S = طول المشوار (بالمتر)

F = قوة دفع المكبس لأسفل = ضغط الغازات المؤثر على سطح المكبس X مساحة سطح المكبس و من ثم يتم إيجاد القدرة البيانية كالاتى:

$$I.P = [\ Pi\ (\pi\ D2 / 4\ )\ S\ N\ n\ ] / 2\ (\ 60\ )\ (\ 1000\ )$$ ... *for for four stroke engine*

$$I.P = [\ Pi\ (\pi\ D2 / 4\ )\ S\ N\ n\ ] /\ (\ 60\ )\ (\ 1000\ )$$ .... *two stroke engine*

حيث:

D= قطر الاسطوانة بالمتر

Pi= متوسط الضغط البياني الفعال (بسكال أو نيوتن/ م٢)

و تبلغ قيمته للمحركات كالآتي

محرك بنزين رباعي ١,٤-٠,٦ ميجا بسكال

محرك ديزل رباعي ١,١-٠,٧ ميجا بسكال

محرك ديزل ذو شاحن زائد رباعي حتي ٢,٢ ميجا بسكال

و يلاحظ أن قيم محركات الديزل اقل من البنزين و يرجع ذلك لان الأولي تعمل عند معامل زيادة الهواء α ذو قيمة اعلي

و يمكن حساب القدرة البيانية كدالة في حجم المشوار أو حجم ازحة المكبس كما يلي

$$I.P = Pi\ Vs\ N\ n / 2\ (60)\ (1000)$$ ..... *for four stroke engine*

$$I.P = Pi\ Vs\ N\ \ n /\ \ (60)\ (1000\ )$$..... *for four stroke engine*

حيث :

Vs = حجم المشوار م٣ Stroke volume (m3)

Pi = متوسط الضغط البيانى الفعال نيوتن / م٢

(بسكال) imep (Newton/m2)

I.P = القدرة البيانية كيلو وات Indicated power

(k watt)

Indicated Thermal Efficiency الكفاءة الحرارية البيانية

هي النسبة بين كمية الحرارة التي تتحول لشغل بياني إلي كمية الحرارة الناتجة من احتراق الوقود و هي تعبر عن درجة الاستفادة من إجمالي الحرارة الناتجة من الاحتراق.

$$\eta ith = I.P / Fuel\ Power$$

$$\eta ith = 3600\ (I.P\ ) / Gf\ (\ F.C.V\ )$$

حيث:

I.P = القدرة البيانية (كيلو وات)

Gf = معدل استهلاك الوقود كجم / ساعة

F.C.= القيمة الحرارية للوقود (بالكيلو جول / كجم)

بالنسبة لمحركات البنزين = ٠,٢٦ – ٠,٣٥

بالنسبة لمحركات الديزل = ٠,٣٨ – ٠,٥

المعدل البياني النوعي لاستهلاك الوقود (I.S.F.C)

Indicated Specific Fuel Consumption

هو النسبة بين معدل استهلاك الوقود Gf (كجم/ساعة)
إلي القدرة البيانية I.P
(كيلووات) و يمكن حساب المعدل البياني النوعي
لاستهلاك الوقود من العلاقة :

$$I.S.F.C = Gf / I.P$$

حيث

Gf= معدل استهلاك الوقود كجم/ ساعة

I.P= القدرة البيانية (كيلووات)

I.S.F.C = المعدل البياني النوعي لاستهلاك الوقود (كجم/ كيلووات. ساعة)

- محرك البنزين 235 to 370 g / (kW.h)
- محرك الديزل 170 to 230 g / (kW.h)

Mechanical losses الفواقد الميكانيكية

و هي الفواقد المستنفذة في التغلب علي كل المقاومات ضد حركة المحرك و تقدر الفواقد الميكانيكية بمقدار الضغط الميكانيكي المفقود Pm و قد وجد من التجارب أن الفاقد الميكانيكي Pmيعتمد علي السرعة المتوسطة للمكبس و أن هناك علاقة خطية بين الفاقد الميكانيكي Pmو السرعة الخطية للمكبس و تختلف قيم ثوابت هذه العلاقة طبقا للنسبة بين طول المشوار إلي قطر الاسطوانة و أيضا عدد اسطوانات المحرك و ذلك في محرك البنزين. أما في محرك الديزل فتعتمد ثوابت المعادلة الخطية علي نوع غرفة الاحتراق و تحسب القدرة المفقودة من المعادلة:

M.P= Pm .Vs.N.n / 2) 60) (1000) ..... *for four stroke engin*

M.P= Pm .Vs.N.n /) 60) (1000) ..... *for two stroke engin*

حيث :

M.P= القدرة المفقودة ميكانيكيا (kW)

Pm= الضغط الميكانيكي المفقود (Pa) أو نيوتن / م٢

Vs = حجم المشوار م٣

متوسط الضغط الفرملي الفعال bmep

هي النسبة بين الشغل الفعال علي عمود الكرنك إلي حجم الإزاحة و كما يمكن إيجاد الفرق بين الضغط البياني و فاقد الضغط الميكانيكي و ذلك طبقا للعلاقة :

$$Pb = Pi - Pm$$

لمحرك ذات الشاحن الميكانيكي

$$Pb = Pi - Pm - Ps$$

حيث

Ps= فاقد الضغط اللازم لإدارة الشاحنة

Pm = fmep , Pi = imep and Pb = bmep

عند ظروف التشغيل العادية تكون قيمة متوسط الضغط الفرملي الفعال علي النحو التالي

محرك بنزين ٤ اسطوانات 0.6 to 1.1 MPa

محرك ديزل ٤ اسطوانات 0.55 to 0.85 MPa

القدرة الفرملية Break power

وهي القدرة علي عمود الكرنك و هي مستمدة من القدرة البيانية للمحرك عن طريق ذراع التوصيل و مجموعة الأجزاء المتحركة
و تعرف القدرة الفرملية كالأتي :

B.P= I.P – MP

حيث

M.P = القدرة المفقودة في الحركة الميكانيكية

و يمكن حساب القدرة الفرملية من العلاقة

BP= Pb x Vs x N x n / 2 (60) (1000) ..... *for four stroke engine*

BP= Pb x Vs x N x n / (60) (1000) ..... *for two stroke engine*

Mechanical Efficiency الكفاءة الميكانيكية

تعرف الكفاءة الميكانيكية بأنها النسبة بين القدرة الفرملية إلي القدرة البيانية

$$\eta m = BP / IP$$

$$\eta m = Pp / Pi$$

$$= 1 - (Pm / Pi)$$

و تعتمد الكفاءة الميكانيكية علي الفاقد الميكانيكي فبزيادة الفاقد الميكانيكي تقل الكفاءة الميكانيكية وعموما تتراوح بين ٧٠الي ٩٠% لمحركات البنزين و لمحركات الديزل رباعية الأشواط من ٧٠ الي ٨٢% و لثنائي الأشواط من ٧٠ الي ٨٥%.

Indicated Thermal Efficiency الكفاءة الحرارية الفرملية

هي النسبة بين كمية الحرارة التي تتحول إلي شغل علي عمود الكرنك إلي كمية الحرارة الناتجة عن احتراق الوقود.

$$\eta bth = 3600\ B.P / Gf\ (F.C.V)$$

و يمكن إيجاد الكفاءة الحرارية الفرملية من العلاقة

$$\eta bth = \eta ith \times \eta$$

و تستخدم الكفاءة الحرارية الفرملية لبيان مدي التشغيل الاقتصادي للمحرك و العلاقة الحرارية الفرملية ηith و الكفاءة الميكانيكية للمحرك.

و تبلغ قيمة الكفاءة الحرارية الفرملية لمحرك بنزين من ٠,٢٥ إلي ٠,٣٣ و لمحرك ديزل ٠,٣٥ إلي ٠,٤٠ و يرجع السبب في ارتفاع الكفاءة الحرارية لمحرك الديزل إلي ارتفاع معامل زيادة الهواء α و هذا يعني الاحتراق الكامل للوقود الديزل.

الكفاءة النسبية

هي النسبة بين الكفاءة الحرارية الفرملية إلي الكفاءة الحرارية البيانية للدورة المثالية

$$\eta ret = \eta bth / \eta th$$

المعدل الفرملي النوعي لاستهلاك الوقود B. S. F. C

Brake Specific Fuel Consumption

استهلاك الوقود النوعي الفرملي (كجم / كيلووات . ساعة)

هو النسبة بين معدل استهلاك الوقود Gf إلي القدرة الفرملية B.P

و يمكن إيجاده من العلاقة:

$$B.S.F.C = Gf / BP$$

تحت ظروف التشغيل العادية تتراوح قيمة معدل استهلاك الوقود النوعي طبقا لما يلى:

لمحرك الديزل 210 to 280 g / kW.h

و لمحرك البنزين 250 to 325 g / kW.h

اختبار أداء المحركات Engine Performance Test

هناك قياسات أساسية لتقييم أداء المحرك و هي

١ـ قياس السرعة الدورانية

هناك عديد من الأجهزة في السوق لقياس السرعة منها عداد السرعة الميكانيكي و عداد السرعة الرقمي و عداد السرعة الكهربائي و هناك عدد كبير من المحركات تحتوي علي عداد للسرعة و المقصود بالسرعة الدورانية هي قياس عدد دورات في فترة زمن معينة .

٢ـ قياس القدرة الفرملية

ويتم إيجادها بقياس العزم علي عمود ا لكرنك و سرعة دوران عمود الكرنك ثم التعويض في المعادلة التالية

$$B.P = 2\pi N T / 60 \times 1000$$

حيث

T = العزم علي عمود الكرنك (N.m)

وقياس القدرة الفرملية من أكثر القياسات أهمية عند قياس أداء المحرك و يتضمن قياس القدرة الفرملية إيجاد العزم و السرعة الزاوية لعمود الكرنك و يستخدم لذلك جهاز يعرف بالديناومتر Dynamometer. ويمكن تصنيف هذه الأجهزة إلي فرملية أو ذراع الشد اعتمادا علي كيفية تطبيق الشغل كما قد تصنف إلي أجهزة رصد أو أجهزة نقل حسب كيفية تخليص الطاقة

ا- فرملة الحبال

فرملة الحبال أو فرملة روب من أول الطرق المستخدمة في قياس القدرة الفرملية و هي عبارة عن حبل يلف حول طارة قطرها D مثبتة علي حدافة المحرك أو علي طارة مثبتة فيها و يمسك طرف الحبل في زنبرك S و الطرف الأخر توضع فيه أثقال W.حينما تكون السرعة ثابتة يكون الازدواج الذي يعطيه المحرك مساويا للازدواج الناتج عن التحميل و مضادا في الاتجاه.

بقراءة S,W بالنيوتن و بمعرفة قيمة D بالمتر و عدد لفات المحرك (لفة / دقيقة) ، تحسب القدرة الفرملية بالكيلووات من العلاقة الآتية :

$$B.P = (W-S)(D/2) \cdot (2\pi N) / 1000 \times 60$$

ونظرا لان الحبال تكون عرضة للتلف فانه يتم تعديل هذه الطريقة باستخدام طريقة بروني

٢ ـ الديناموميتر الامتصاصى ـ فرملة برونى:

هذا النوع يقيس القدرة وفى نفس الوقت يحولها الى شكل اخر من الطاقة غالبا حرارية وفرملة برونى من أقدم أشكال ديناموميتر الامتصاص وهو مبين فى الشكل التالى و الذي يتكون من قطع خشبية (a) يمكنها أن تمسك بشدة أو بخفة حول بكرة المحرك (b) بواسطة العجلة اليدوية) c (. عندما يدور السهم باتجاه السهم المبين يضغط ذراع العتلة (d) على المقياس (e) الذي يمكن أخذ القراءة F منه.

و تعتبر فكرة عمل فرملة برونى الأساس الذى بنى عليه معظم أجهزة الديناموميتر . بفرض أن العجلة (b) فرملة وأن الاحتكاك أمكن توليده بواسطة العجلة اليدوية (c) وإذا كانت هناك قوة مقدارها F تبدل على الذراع (d) الذى يسمح له بالدوران دورة واحدة على طول الخط المنقط فان الشغل المنجز لكل دورة واحدة يساوى F مضروبا فى السافة $2\pi L$

والآن نفرض أن الذراع (d) ثابت والعجلة (b) دارت لفة واحدة داخل الكتل الخشبية فان الشغل الناتج فى أي حالة سيكون هو الشغل الضروري للتغلب على الاحتكاك بين الكتل الخشبية والعجلة وبالتالي فان الشغل فى الحالة الثانية سيكون أيضا ($2\pi LF$) وإذا دارت العجلة (b) عدد N من الدورات فى الدقيقة فان الشغل الناتج سيكون ($2\pi LFN$) و هذا يعنى أن القدرة تساوى :

$$B.P = 2\pi LFN / 60000 \quad kw$$

ويمكن قياس عزم الدوران بواسطة فرملة وبنفس الديناموميتر وفى المعادلة السابقة عزم الدوران يساوى FL وبالتالى

$$B.P = 2\pi N\, T / 60000 \quad kw$$

حيث (T)=عزم الدوران نيوتن.متر

و تعد فرملة برونى غير مناسبة بصورة كلية لإيجاد قيم القدرة مقابل قيم السرعة لمحرك الاحتراق الداخلى نظرا لأن منحنيات عزم الدوران مقابل السرعة للفرامل والمحرك متساوية تقريبا وبالتالى فان السيطرة على السرعة تكون ضعيفة .وبالاستعمال الدقيق يتوقع لفرملة برونى أن تقيس قدرة مع خطأ لا يتجاوز ١ %.

٣ـ ديناموميتر الامتصاص الهيدروليكى

الديناموميتر الهيدروليكى ويعرف أيضا FROUDE DYNAMOMETER ويتكون الديناموميتر الهيدروليكى المبين بالشكل من طارة داخلية بجانبها تجاويف ومتصلة بعمود المحرك المراد قياس قدرتة الفرملية تدور معه بنفس سرعتة وعلى جانبى الطارة الداخلية طارتان أخريتان بهما تجاويف متقابلة مع تجاويف الطارة الداخلية وهاتان الطارتان متصلتان ببعضهما. فحينما يمر الماء فى الجهاز يندفع إلي فجوات الطارة الساحبة بفعل قوة الطرد المركزية ثم يتجه بسرعة كبيرة إلي التجاويف المتقابلة معه فى الطارة المسحوبة بقوة اندفاع كبيرة تؤدى الي دورانه فى نفس الاتجاه وبواسطة حاجزين STOPS يمكن وقف الذراع المتصل بجسم الطارتين الخارجيتين على الدوران وبواسطة تحميل طرفه بالحمل W وشد الطرف بزنبرك قوته S يمكن إعادته إلى وضعه الأصلى . ويكون العزم يساوى W-S

بإهمال الاحتكاك فى كراسي التحميل فان عزم الدوران المنتج يساوى عزم الدوران المبذول على الديناموميتر.
من المعروف أن قابلية امتصاص القدرة لتصميم معين تتناسب طرديا مع مكعب سرعة الدوران ومع الأس الخامس للقطر ومعادلة القدرة الحصانية هى نفسها فى حالة فرملة برونى.

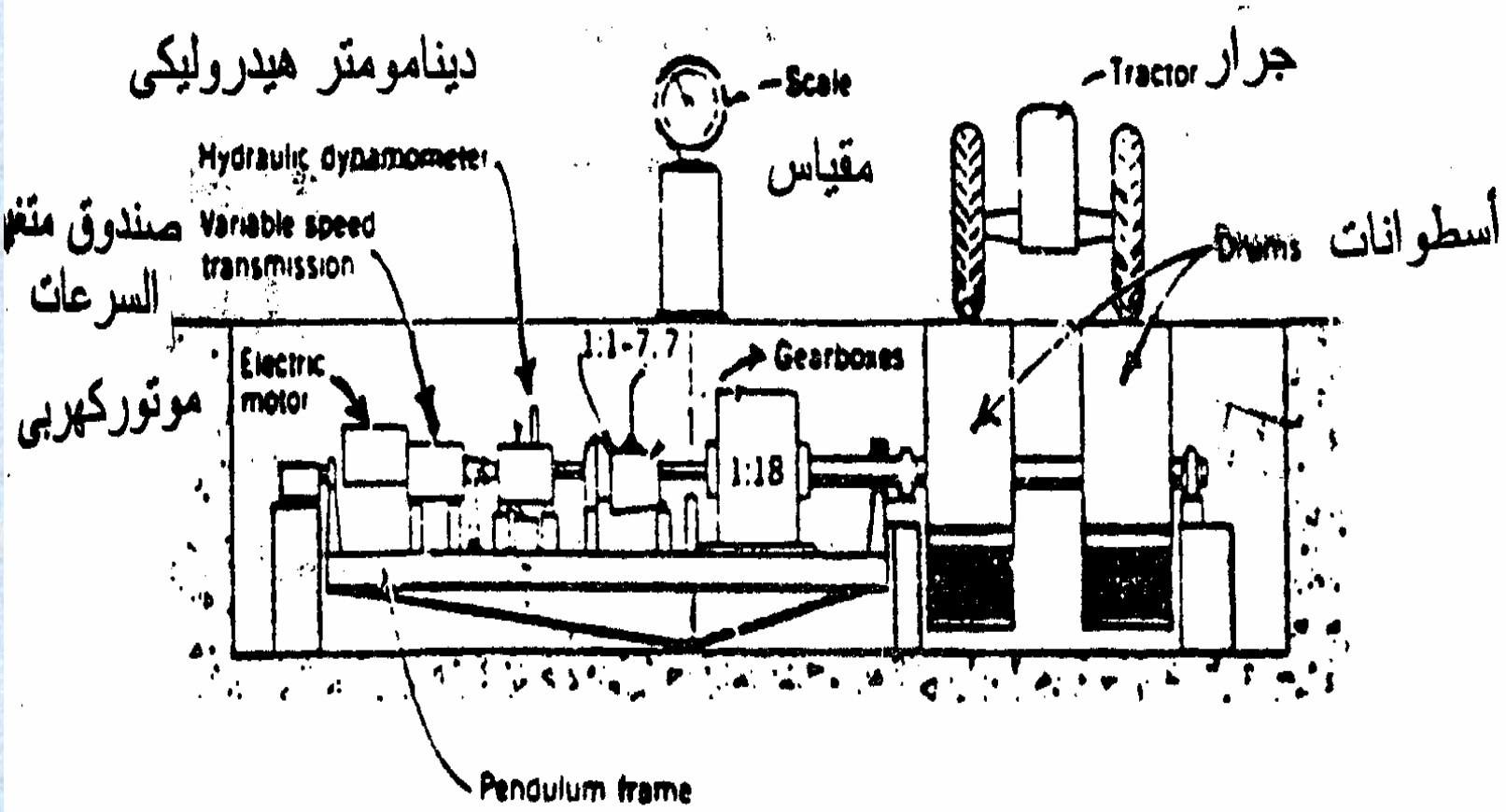
و يتميز الديناموميتر ذو الفرملة الهيدروليكية بأنه ذو دقة أفضل إلى حد ما من فرملة برونى إلا أنها تقل عن دقة الديناموميتر المتأرجح الكهربي . وبما ان عزم الدوران على الديناموميتر الكهربائى يزداد مع مكعب السرعة فيكون من الأفضل أجراء الاختبار مع فتحة كاملة للوقود ويتم التحكم فى السرعة بواسطة الحمل . كذلك فان خطر دوران المحرك الغير مسيطر علية (RUNNING AWAY) غير موجود هنا والذى دائما يشكل خطرا مع فرملة برونى

٤ـ ديناموميتر الهيكل (CHASSIS DYNAMOMETER

يستخدم الديناموميتر الهيكلى عندما يراد فحص المركبة ـ سيارة أو جرار بصورة كاملة بمعنى اختبار المحرك أثناء وجود المركبة ويوضح الشكل الديناموميتر الهيكلى. وعند استخدامه توضع العجلات الخلفية على اسطوانة ثم يدار المحرك وتعشق مجموعة نقل الحركة وحينئذ تدار الاسطوانة بالمحرك وتتصل هذه الاسطوانة بالديناموميتر لقياس القدرة الناتجة من المحرك . وقد أصبح استعمال ديناموميتر الهيكل أكثر شيوعا فى محيط خدمة السيارات لأنه يمكن إعطاء تقرير سريع جدا عن حالة المحرك (بقياس إنتاج المحرك عند سرعات وأحمال متنوعة) كما أنه مفيد أيضا فى اختبار وضبط مجموعات نقل الحركة

وفى الغالب يحدث اختلاف بين نتائج ديناموميتر الهيكل والنتائج المعلن عنها من المنتج للمحرك حيث تقل القدرة الناتجة من المحرك عند اختباره بديناموميتر الهيكل عن الاختبارات الأخرى ويرجع ذلك بسبب أنه عند القياس بديناموميتر الهيكل يحدث فقدان للقدرة نتيجة الاحتكاك فى مجموعة نقل الحركة والمحاور الخلفية والاختلاف الأخر يرجع لاختلاف العوامل الجوية من درجات حرارة وضغط الهواء فعندما تكون العوامل الأخرى متساوية سيرتفع إنتاج قدرة المحرك مع ارتفاع الضغط وسينخفض مع زيادة درجة الحرارة (فى حدود معينة).

ديناموميتر الهيكل

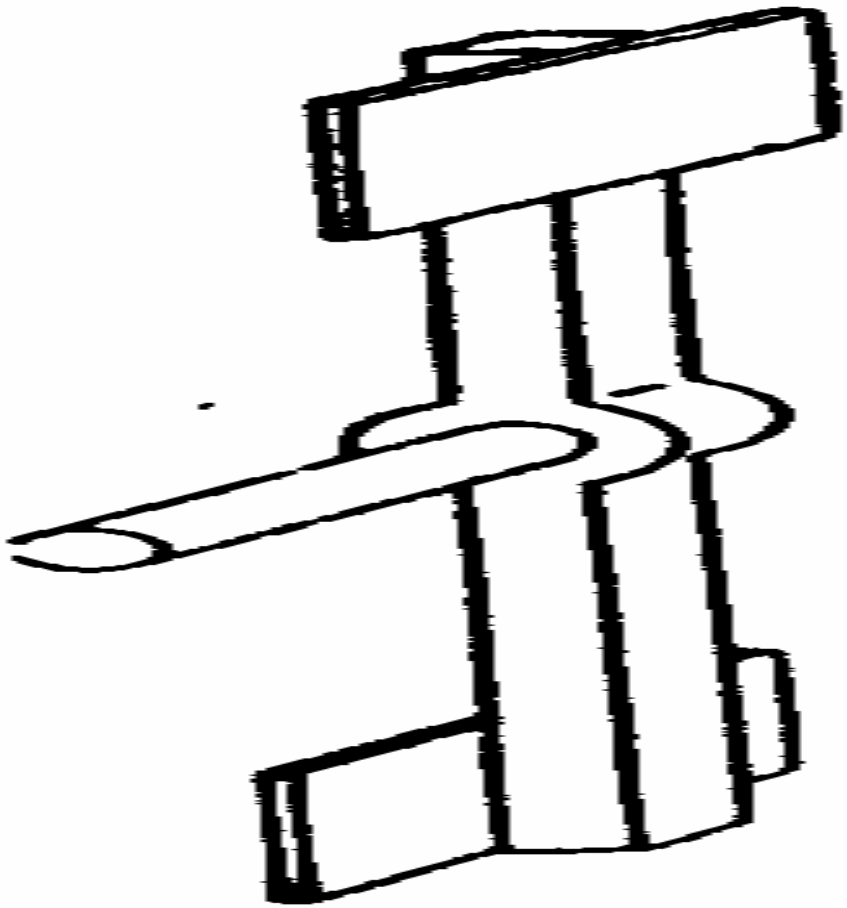


٥ـ ديناموميتر الأمتصاص ذو الفرملة الهوائية

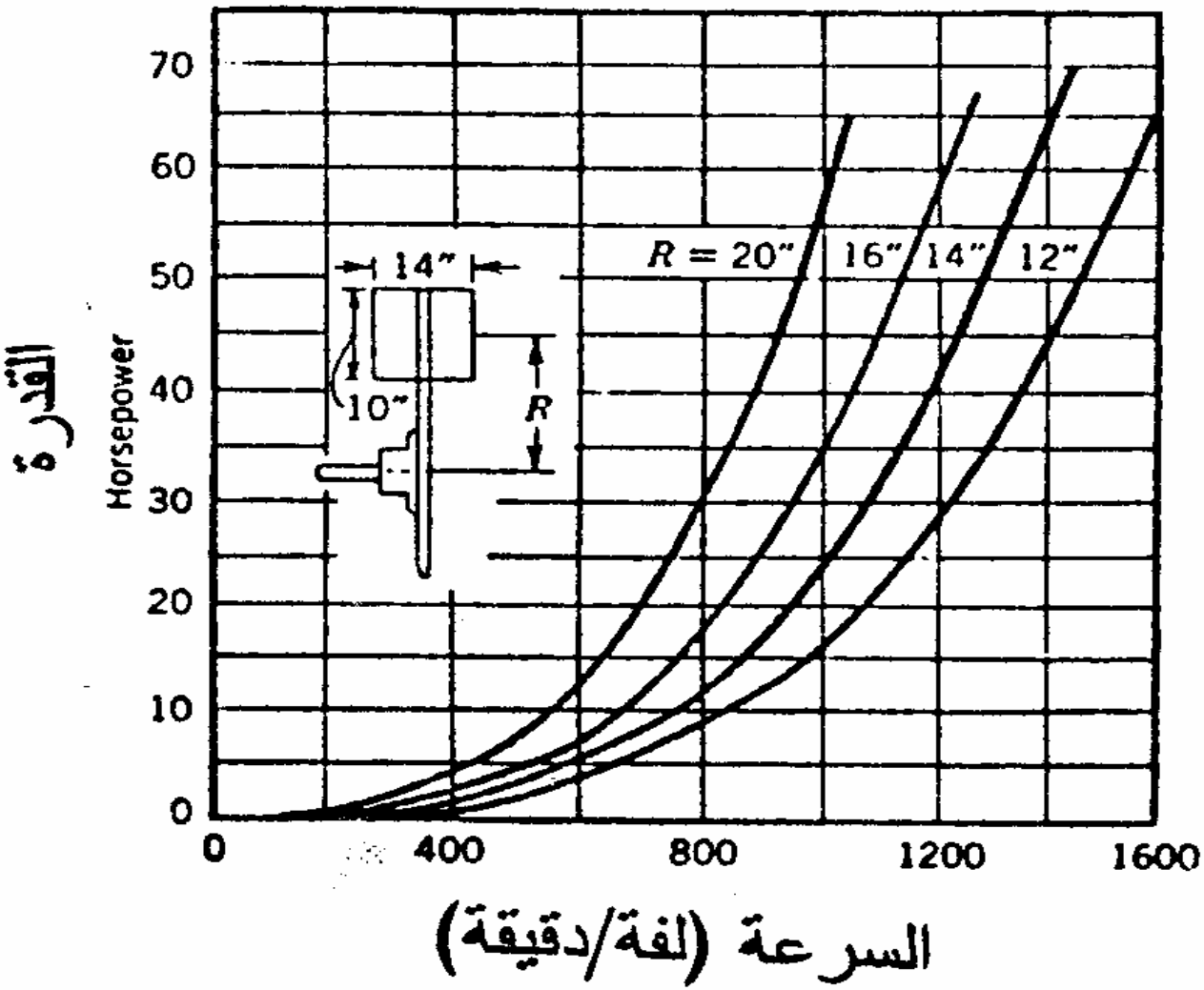
Absorption Dynamometer Air Brake

هذا النوع من الديناموميترات يناسب فقط حالة تحميل المحركات لأغراض تليين المحرك والاختبارات التقريبية عند السرعة العالية نسبيا . القدرة التى تنتقل إلى الهواء بواسطة المروحة تعتمد على حجم الريش وبعدها عن مركز الدوران. الخطأ المحتمل هنا قد يكون فى حدود ٢٠ % نظرا لأن الفرامل يتأثر بدرجة حرارة وضغط الهواء .وبتوقيع السرعة على منحنى معايرة الفرملة الهوائية يمكن الحصول على القدرة حيث يمثل هذا المحنى العلاقة بين سرعة الهواء والقدرة الناتجة بحجم ريشة معين ولأبعاد مختلفة لمركز الدوران

ديناموميتر الامتصاص ذو الفرملة الهوائية



منحني معايرة الفرملة الهوائية



٦-الديناموميترات الكهربائية ذات التيار المستمر

Electric Direct Current Dynamometers

يوجد نوعان رئيسيان من هذا النوع الأول عبارة عن مولد كهربائى بسيط وتقاس القدرة بقياس الكهرباء الناتج من المولد والثانى المتأرجح المعلق الذى يكون فيه إطار المجال الكهربائى معلق على موازين أثقال مناسبة .

فى حالة ربط محرك بمولد كهربائى يمكن قياس القدرة بصورة صحيحة اذا عرفت كفاءة ذلك المولد وذلك عند سرعة معينة والقدرة الحصانية الداخلة للمولدات ذات التيار المستمر هى

$$B.P = I\ V\ /\ 0.746\ \eta$$

حيث V =فرق الجهد فولت

I =التيار أمبير

H= كفاءة المحرك

الدينامومتر المتأرجح المعلق ذو التيار المستمر عبارة عن مولد كهربائى موصل على التوازى – **Shunt Wound Generator** مع مجال ذو إثارة منفصلة يكون فيه إطار المجال الكهربائى حر الحركة . وبما أن جهد يبذل لتدوير عضو الإنتاج **Armature** يسبب فى تدوير المجال المغناطيسى فان عزم الدوران الناتج عن هذا سوف يعمل على تسجيل قوة ما على المقياس . الدقة هنا مستقلة عن الكفاءة الكهربائية للالة وتكون فى حدود **0.25 %** . هذا النوع يمكن أن ينضم ليعمل كمحرك كهربائى وفى أى ترتيب القدرة الحصانية الداخلة إلى أو الناتجة من الوحدة هى :

$$B.P = 2\pi N\, FL \,/\, 60000 \quad kw$$

قياس القدرة البيانية والقدرة المفقودة فى الاحتكاك

القدرة البيانية (Indicated Power) (I.P)

تعرف القدرة البيانية I.P بالقدرة فوق سطح المكبس ويتم قياس القدرة البيانية بواسطة جهاز يقوم بقياس تغيرات الضغط داخل الاسطوانة خلال الدورة الحرارية ويعمل الجهاز على رسما بيانيا لهذه الضغوط وتنسبها لوضع المكبس فى الاسطوانة .

ولا يستخدم الرسم البيانى أو المخطط البيانى indicator digramلإيجاد القدرة البيانية فقط ولكنه يستخدم أيضا لدراسة ظاهرة الاحتراق فى المحرك ومشاكل السحب وخروج العادم وتخلف الاشتعال ..الخ

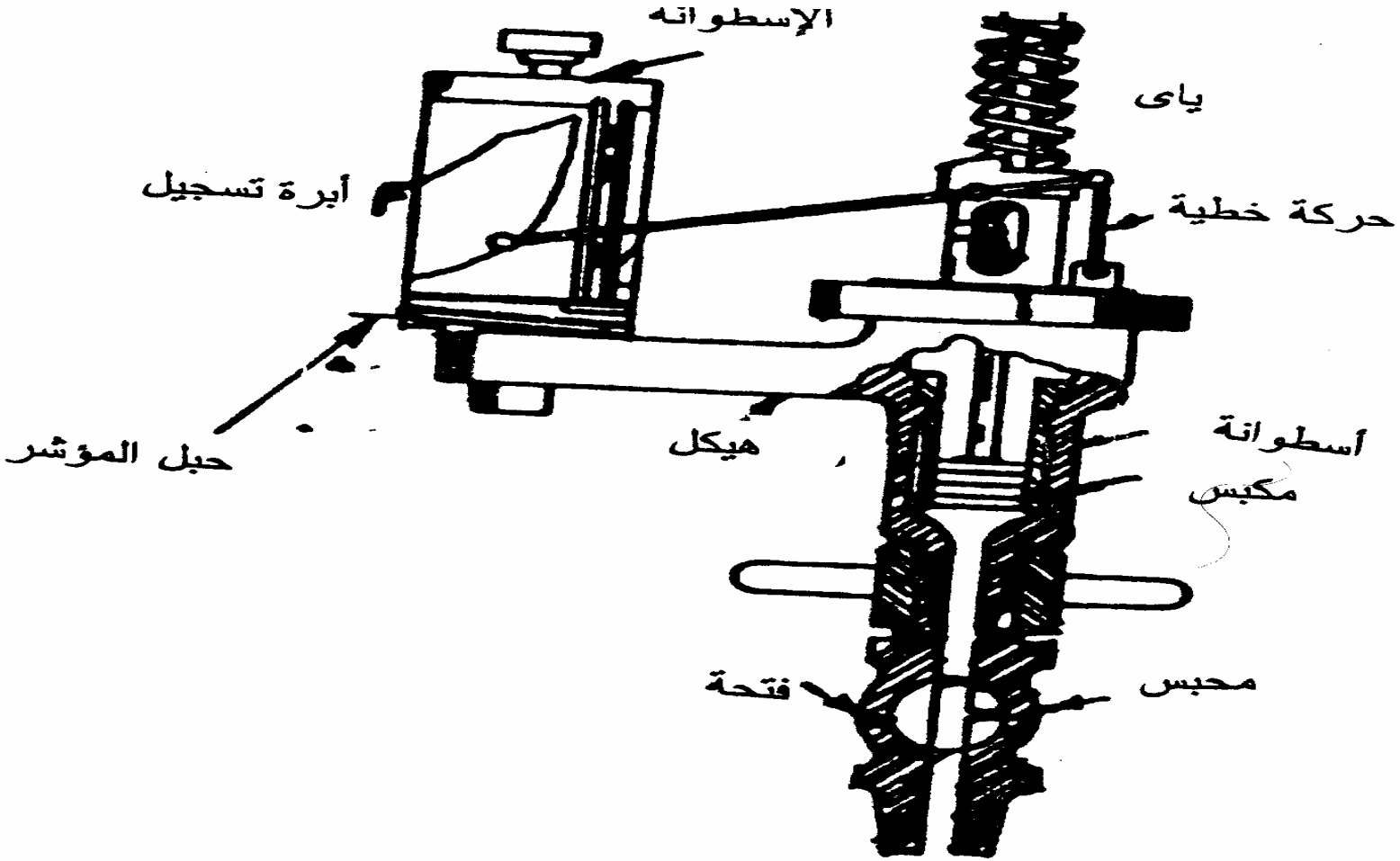
وهناك نوعان رئيسيان من المخططات البيانية يمكن الحصول عليها وهما :

أ- مخطط الضغط – الحجم (P -V)

ب-مخطط الضغط –زاوية المرفق (P - ϕ)

ويعتبر مخطط الضغط زاوية المرفق أكثر أهمية من مخطط الضغط والحجم .ومن الرسم البيانى يمكن تعيين مقدار الشغل البيانى . وذلك بحسب المساحة الموجبة بالشكل البيانى الموضح. ويتكون جهاز القدرة البيانية من جهاز لقياس الضغط وأخر لتسجيل إزاحة المحرك أو زاوية المحرك خلال دورة كاملة ثم وسيلة لتوقيع الضغط والإزاحة على ورقة أو على شاشة ويوضح الشكل جهاز توقيع التغير فى الضغط وإزاحة المحرك والذي يعرف بمؤشر المكبس .

جهاز توقيع التغير في الضغط و ازاحة المحرك



قياس القدرة المفقودة فى الاحتكاك (Friction Power) (M.P)

تعد القدرة المفقودة فى الاحتكاك حلقة الوصل بين القدرة الفرملية والقدرة البيانية للمحرك وهى تمثل الفرق بين القدرة البيانية والقدرة الفرملية

$$M.P = I.P - B.P$$

وللاحتكاك تأثير كبير على أداء المحرك . إذ أن الفرق بين المحرك الجيد والمحرك السيئ يعود إلى اختلاف فى فواقد الاحتكاك فيهما .ويؤثر الفاقد فى الاحتكاك على حجم نظام التبريد اللازم للمحرك .فالاحتكاك الأقل دليل على وجود قدرة فرملية أكبر وبالتالى فإن استهلاك الوقود النوعى الفرملى يكون أقل .إن الاقتصاد فى الوقود مهم لأنه هو الذى يحدد السرعة التى يستغل فيها المحرك بصورة اقتصادية يزداد استهلاك الوقود النوعى الفرملى بزيادة السرعة . لذا فان الاحتكاك يلعب دورا مهما فى تحديد الحد الأقصى لقدرة المحرك التى يمكن الحصول عليها بصورة اقتصادية

توجد طريقة نموذجية لحساب القدرة الاحتكاكية وتتلخص هذه الطريقة بأن تحسب القدرة البيانية (I.P) من المخطط البيانى وتحسب القدرة الفرملية (B.P) بواسطة الديناموميتر والفرق بين I.P وB.P يمثل القدرة المفقودة فى الاحتكاك .أن الطريقة أعلاه تستخدم فقط في مختبرات الأبحاث وعلى نطاق تجارى محدود جدا وذلك لصعوبة الحصول على مخططات بيانية دقيقة وخصوصا للمحركات ذات السرعة العالية .وتعتبر هذه الطريقة من أدق الطرق المستخدمة لحساب القدرة المفقودة فى الاحتكاك .

ويمكن إيجاد القدرة المفقودة فى الاحتكاك للمحرك بالطرق الآتية :

أ- طريقة خط ولن Willan s Line

ب- اختبار مورس Morse Test

ج- فحص المولد

و فيما يلى شرح تفصيلى لكل من هذه الطرق

أ-طريقة خط ولن Willan"s Line

تستخدم هذه الطريقة مع محركات الاشتعال بالضغط فقط، و تتم كالاتى:

١- يرسم منحنى استهلاك الوقود كدالة للقدرة الفرملية و ذلك عند سرعة ثابتة.

٢- يتم استكمال المنحنى الى استهلاك الوقود الصغرى (كما فى الشكل المبين)

.

٣ـالنقطة التى يقطع فيها المنحنى محور القدرة البيانية تمثل القدرة الاحتكاكية للمحرك عند تلك السرعة.

٤ـمقدار الشغل السالب = الفاقد فى الاحتكاك الميكانيكى + الفواقد الناتجة عن تسرب غازات الاحتراق

ملحوظات:

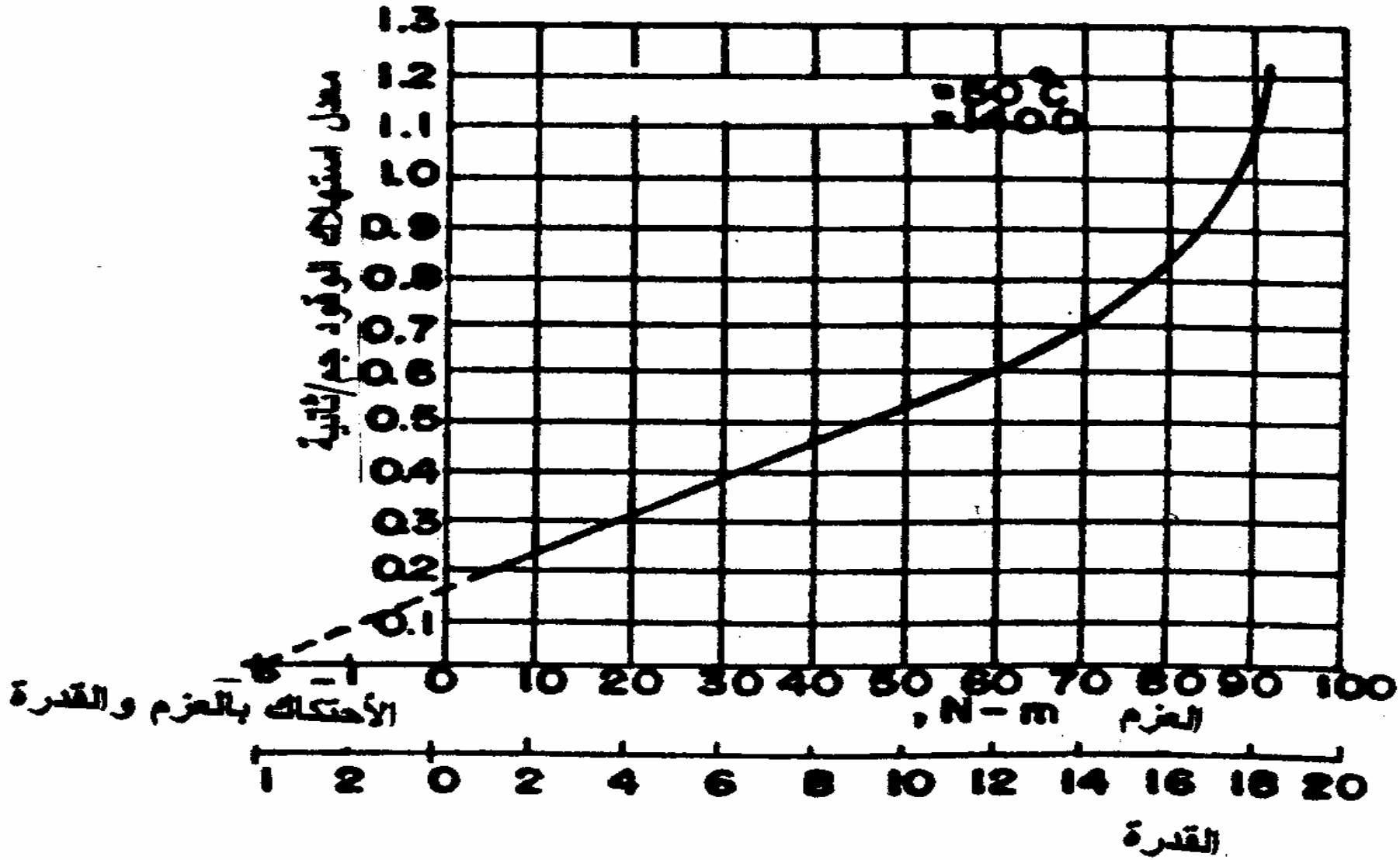
عدم استقامة المنحنى تؤدى إلى زيادة الخطأ فى تحديد الاتجاه.

تغير الميل على امتداد المنحنى يعبر عن الكفاءات الجزئية لزيادة الوقود.

تغير الميل بالقرب من الحمل الكامل يعبر عن مدى تأثير نسبة الهواء إلى الوقود و نوعية الاحتراق.

يجب أخذ أكبر عدد ممكن من القراءات عند الأحمال الخفيفة للحصول على منحنى عالي الدقة.

طريقة خط ولن لتعين الفاقد في الاحتكاك



ب- اختبار مورس

تجرى هذه الطريقة مع المحركات متعددة الاسطوانات فقط، كما يلى:

١- يتم تشغيل المحرك عند سرعة محددة، ومنها تقاس قدرة المحرك البيانية.

٢- يتم إلغاء عمل إحدى الاسطوانات (بفصل الرشاش أو عمل دائرة قصيرة على الشمعة) وقياس قدرة المحرك البيانية عند ذات السرعة السابقة.

٣- الفرق بين القدرتين السابقتين يمثل قدرة الاسطوانة التى تم إيقافها.

٤- يتم قياس قدرة كل اسطوانة بنفس الطريقة السابقة.

٥-مجموع قدرات كل اسطوانة على حدة = قدرة المحرك البيانية.

ملحوظات:

قطع إحدى الاسطوانات قد يؤدى إلى حدوث تغيرات فى توزيع الخليط و الكفاءة الحجمية و بالتالى عدم دقة النتائج المسجلة.

احتواء معظم المحركات على ماسورة عادم مشترك قد يحدث تأثيرا على دفع العادم عند إلغاء عمل إحدى الاسطوانات ومن ثم التغير فى أداء المحرك لتعرضه لضغوط خلفية مختلفة

ج- فحص المولد

يجرى كما يلى هذا الاختبار :

١-يتم تشغيل المحرك بقدرته الذاتية عند سرعة محددة، ويظل لفترة زمنية مناسبة (تحت هذه السرعة و تحت حمل معين) والتى تصبح فيها كل من درجة حرارة الزيت و الماء و أجزاء المحرك فى حالة استقرار.

٢-بواسطة ديناموميتر كهربائى ذو المجال المتأرجح، يتم امتصاص قدرة المحرك خلال الفترة سالفة الذكر.

٣-يتم انقطاع تجهيز الوقود، و يتم تحويل الديناموميتر الى مولد (بواسطة وصلات كهربائية) ليقوم بدوره بإدارة المحرك بنفس السرعة السابقة لانقطاع تجهيز الوقود.

٤-يتم قياس القدرة المجهزة للمولد وهى = القدرة الفرملية للمحرك أثناء فحص المولد بقطع تجهيز الماء للمحافظة على درجة حرارة المحرك الفعلية

ملحوظات:

- استخدام فحص المولد لإيجاد القدرة الفرملية عند درجات حرارة مشابهة لحد كبير لتلك التى تحدث فى ظروف التشغيل الفعلية و تحت سرعة وحمل محددين لا يعطى الفواقد الفعلية للمحرك أثناء التشغيل الفعلى، و يرجع ذلك لمايأتى:

١_ اختلاف درجة حرارة المحرك عند إدارته بواسطة محرك كهربى عن نظيرها عند الإدارة بواسطة الاحتراق حتى عند قطع تجهيز دورة المياه.

٢_ درجة حرارة الهواء الداخل أقل من نظيره عند الإدارة بواسطة الاحتراق، لعدم اكتسابه حرارة من الاسطوانة مما يسبب فاقدا حراريا.

٣_ الإدارة بواسطة محرك كهربي ينتج عنها عدم وجود فرق كاف فى الضغط بحيث تكتسب الغازات الطاقة الحركية اللازمة لطردها من العادم.

٤_ الخلوص بين المكبس و جدران الاسطوانة أكبر (نتيجة التبريد) مما يقلل من احتكاك المكبس.

يمكن تقدير الفواقد الناتجة عن أجزاء المحرك عن طريق إدارة المحرك أولا كهربيا، ثم فك المحرك تدريجيا مع الاحتفاظ بدوران الزيت و الماء، ثم إزالة رأس الاسطوانة ويحسب فاقد الانضغاط (عبارة عن الفرق فى الضغط قبل و بعد إزالة رأس الاسطوانة. و بالمثل شنابر المكبس ثم المكبس .... لتقدير تأثير هذه الأجزاء على الاحتكاك الكلى

قياس استهلاك الوقود Fuel Consumption

يتم قياس استهلاك الوقود بواسطة أنبوبة زجاجية مدرجة و صمام ثلاثى Ways cock و ساعة إيقاف Stop watch .

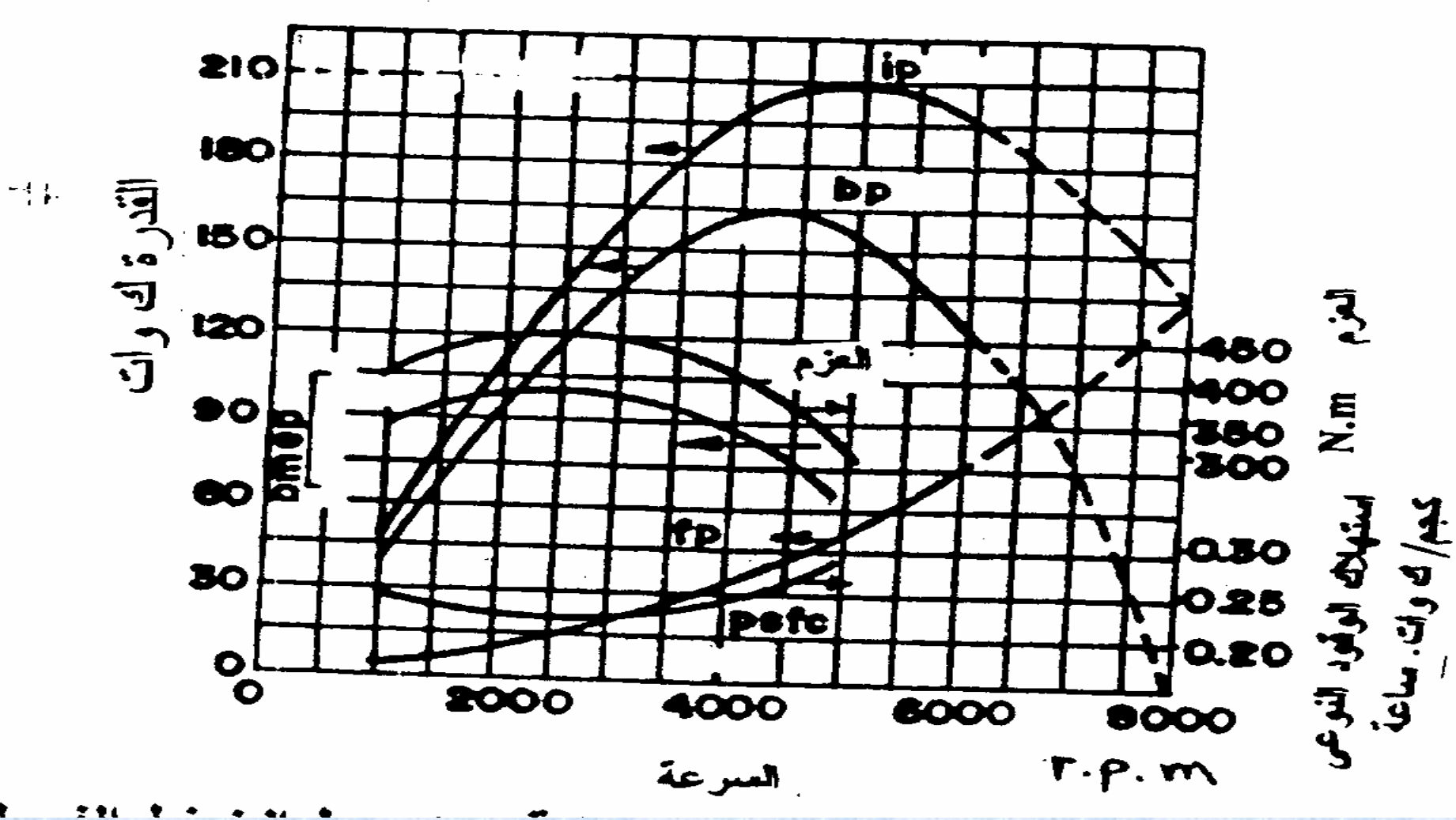
بفرض أن حجم الوقود المستهلك V فى زمن قدره T و أن كثافة الوقود ρ فان:

$$F = V \rho / T \quad kg / h$$

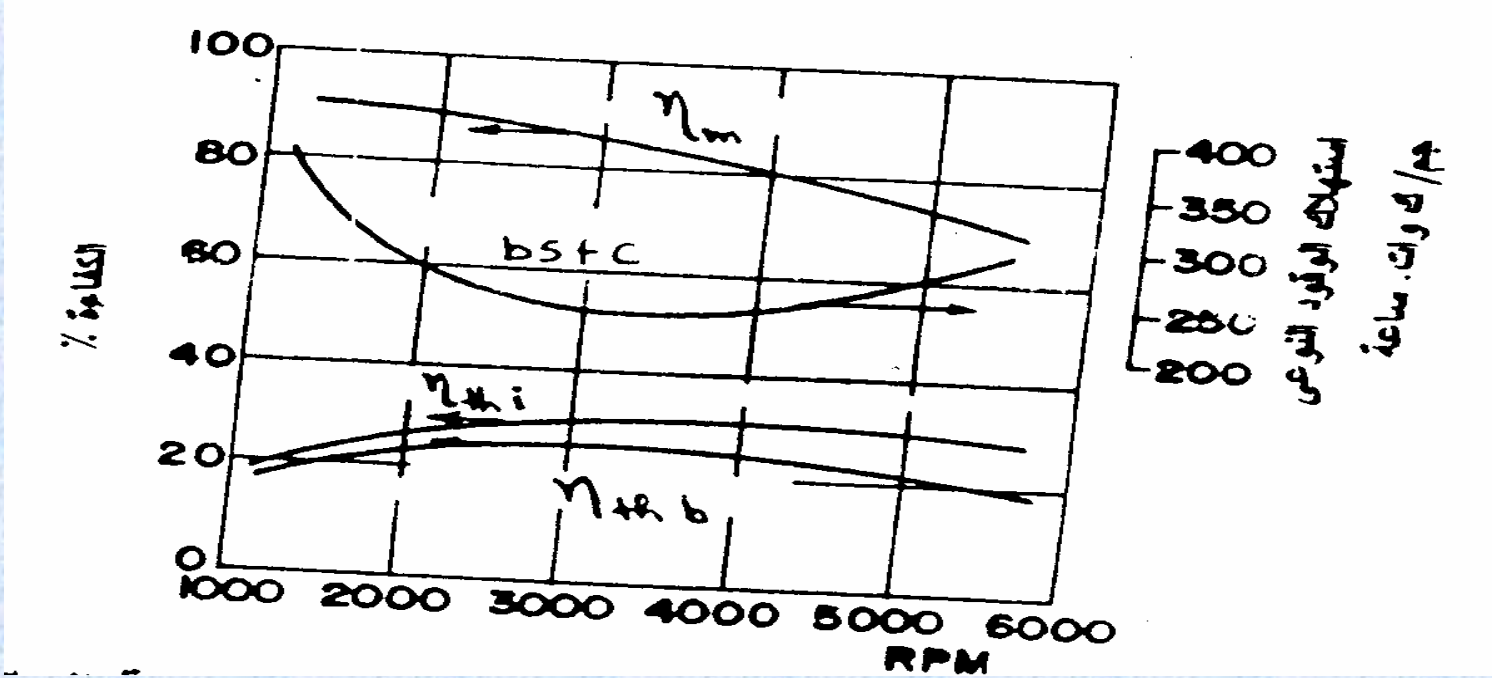
F = استهلاك الوقود كجم / س

و يمكن استخدام الميزان لتقدير الوزن المستهلك G فى زمن قدره T ومنه يكون المعدل

$$F = G / T \quad kg / h$$



الشكل البيانى الأول يوضح أن منحنى الاستهلاك النوعى للوقود مسطحا بدرجة كبيرة جدا و ذلك خلال نطاق واسع من سرعة المحرك.



الشكل البيانى الثانى يوضح أن امتداد منحنى استهلاك الوقود فى الاتجاه السلب (خط ولن) يقطع محور bmep عند قيمة قدرها (180 kN / m2) والتى تعبر عن الفواقد الميكانيكية. و حيث أن أقصى bmepقدرها (600 kN / m2) فان :

$$\eta mech = 600 / (600 + 180) = 0.77 \text{ or } 77\%$$

أجهزة قياس استهلاك الهواء Air Consumption

يمكن قياس استهلاك الهواء بعدة طرق مختلفة أهمها:

أ- فتحة القياس Orifice Meter

توضع هذه الفتحة قبل دخول الهواء للمحرك ، متصل بأنبوبة السحب ثم قياس الضغط قبل و بعد الأنبوبة. يتم حساب استهلاك الهواء من المعادلة التالية:

$$A = \text{Const. } pa\ (\pi/4)\ d2\ (2g\ \Delta\ h\ pHg / pa\ )0.5$$

Where:

A = Air consumption kg/h

ρa = Air density kg/m3

d = Orifice diameter

Δ h = Pressure drop across orifice

pHg = Mercury density

ب - بوق القياس Venture Meter

يوضع البوق عند مدخل أنبوبة السحب و يقاس فرق الضغط بين مقطع الأنبوبة و مقطع الخانق. يتم حساب استهلاك الهواء من المعادلة السابقة

ج _ أنيمومیتر Anemometer

و هى عبارة عن ريشة مروحة توضع عند مدخل أنبوبة السحب فتدور المروحة بنفس سرعة الهواء المسحوب.

هذا و يمكن حساب استهلاك الهواء بدون إجراء اختبار القياس و ذلك بمعرفة حجم الاسطوانة و عدد لفات المحرك، مع فرض كفاءة حجمية مناسبة للمحرك كما توضح المعادلة التالية:

$$A = Const.\ Vs\ \rho a\ (N/2)\ \eta v \quad \ldots\ldots\ldots$$ *for four stroke engine*

$$A = Const.\ Vs\ \rho a\ (N)\ \eta v \quad \ldots\ldots\ldots$$ *for two stroke engine*

Where:

V = Cylinder Volume,

N = RPM for engine

ηv= Volumetric efficiency (75% for high speed engine & 85% for low speed engine).

قياس فاقد التبريد Cooling Loss

أ – التبريد بالماء

يتم قياس درجة حرارة المياه عند مدخل المحرك (T1) مخرج المحرك (T2) و كذلك قياس كمية الماء المستهلك فى زمن معين بواسطة عداد مياه أو عن طريق تجميع الماء فى وعاء معلوم الحجم.

$$C.W.\ Loss = (Const.)\ (Water\ rate)\ (T2 - T1)$$

$$C.W.\ Loss\ \% = [\ C.W.\ Loss / (F * L.C.V)\ ]\ 100$$

Where:

C .W. Loss = Cooing water loss

F = Fuel consumption

L.C.V = Lower Calorific Value of fuel

ب – التبريد بالهواء

تقاس درجات حرارة الهواء قبل و بعد المحرك، مع قياس معدل مرور هواء التبريد عند مدخل الضاغط و بمعرفة ضغط هواء التبريد يمكن حساب كثافة الهواء ρA

$$C.\ A.\ Loss = A * \rho A\ (I2 - I1)$$

$$C.\ A.\ Loss\ \% = [\ C\ .A.\ Loss\ /\ (\ F * L.C.V\ )\ ]\ 100$$

Where:

C. A. Loss = Cooling air loss

A = Air flow rate

I2 = Enthalpy of outlet air

I1 = Enthalpy of inlet air