Perfect Thermal Engine Cycles -

الدورات الحرارية المثالية لمحركات الاحتراق الداخلي

إن دراسة الدورة المثالية (غاز مثالي) تعطي صورة عن كفاءة الدورة المستخدمة في محركات الاحتراق الداخلي. وتعتبر الدورة مثالية في حالة تحقق الشروط التالية:

- ليس هناك فقد في الغاز، وليس هناك غاز متبقي
- غاز مثالي ذو معاملي سعة حرارية ثابتان و النسبة بينهما 1.4
- إضافة سريعة للحرارة ولفقدها
- ليس هناك فقد في الانسياب

* محركات الاحتراق الداخلي لا تعمل حسب الدورات المثالية وتستخدم الغازات الحقيقية حيث تخضع لفقد في الانسياب، وفقد حراري، و فقد ميكانيكي.

الدورات الحرارية:

يعمل محرك الاحتراق الداخلي حسب أحدى الدورات التالية:

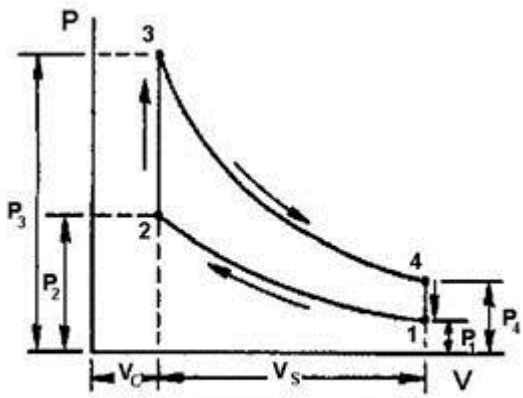
- دورة أوتو (ثبوت الحجم) Constant volume cycle (Otto cycle)
- دورة ديزل (ثبوت الضغط) Constant pressure cycle (Diesel cycle)
- دورة مزدوجة Duel combustion cycle
- دورة اتكنسون Atkinson cycle

دورة ثبوت الحجم (أوتو)

تتبع محركات الإشعال بالشرارة دورة أوتو ولكن على غازات حقيقية (خليط من الهواء والوقود) بدلاً من الهواء. وتتكون دورة أوتو من أربع إجراءات حرارية (أديباتي- ثبوت حجم – أديباتي – ثبوت حجم)

1. أجراء ديباتي (لا يحدث تبادل حراري) من نقطة 1 إلى نقطة 2

(انضغاط الشحنة، شغل مبذول على الغاز)



Constant volume cycle
دورة ثبوت الحجم

ويكون مقدار الشغل المبذول على الغاز W_{in}

$$W_{in} = \frac{(p_1 V_1 - p_2 V_2)}{\gamma - 1} \qquad (18)$$

2. أجراء ثبوت الحجم من نقطة 2 إلى نقطة 3

(إضافة حرارة عند ثبوت الحجم، الاحتراق)

وتكون كمية الحرارة المضافة للغاز Q_{in}

$$Q_{in} = n\, c_V\, (T_3 - T_2) \qquad (19)$$

3. أجراء أديباتي (لا يحدث تبادل حراري) من نقطة 3 إلي نقطة 4

(تمدد الشحنة، شغل مبذول من النظام)

ويكون مقدار الشغل المبذول من الغاز W_{out}

$$W_{out} = \frac{(p_3 V_3 - p_4 V_4)}{\gamma - 1} \qquad (20)$$

4. أجراء ثبوت الحجم من نقطة 4 إلى نقطة 1

(التخلص من الحرارة عند ثبوت الحجم، العادم)

وتكون كمية الحرارة المسحوبة (المتخلص منها) من الغازQ_{out}

$$Q_{out} = n\, c_V\, (T_1 - T_4) \qquad (21)$$

* وعليه يكون مقدار الشغل الإجمالي للدورة W يساوي الشغل المبذول من الغاز ناقص الشغل المبذول على الغاز (المساحة المحصورة داخل الدورة)

$$W = W_{out} - W_{in} \qquad (22)$$

$$W = \frac{(p_3 V_3 - p_4 V_4) - (p_1 V_1 - p_2 V_2)}{\gamma - 1} \qquad (23)$$

حيث:

γ = النسبة بين السعتين الحراريتين (ثبوت الضغط و ثبوت الحجم)

و p_1, p_2, p_3, p_4 مقدار الضغط عند النقاط 1، 2، 3، 4 بالترتيب

و V_1, V_2, V_3, V_4 مقدار الحجم عند النقاط 1، 2، 3، 4 بالترتيب

c_v السعة الحرارية النوعية للغاز عند ثبوت الحجم

*وتكون كفاءة الدورة η تساوي شغل الدورة مقسوم على الحرارة المعطاة، حيث أن الشغل يساوي الفرق بين الحرارة المعطاة والحرارة المفقودة (القانون الثاني للديناميكا الحرارية):

$$\eta = \frac{Q_{in} - Q_{out}}{Q_{in}} \quad (24)$$

$$\eta = \frac{n c_V (T_3 - T_2) - n c_V (T_4 - T_1)}{n c_V (T_3 - T_2)} \quad (25)$$

$$\eta = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)} \quad (26)$$

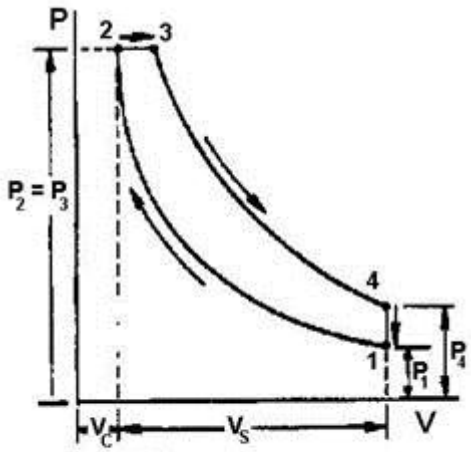
والتي تساوي لدورة الهواء المثالية η_{air} Air Standard Efficiency (ASE)

$$\eta_{air} = 1 - \left(\frac{1}{r}\right)^{\gamma - 1} \quad (27)$$

حيث T_1, T_2, T_3, T_4 مقدار درجة الحرارة عند النقاط 1، 2، 3، 4 بالترتيب.

دورة ثبوت الضغط (ديزل)

تتبع محركات الإشعال بالضغط دورة ديزل ولكن على غازات حقيقية بدلاً من الهواء. تتكون دورة ديزل من أربع إجراءات حرارية (أديباتي- ثبوت ضغط- أديباتي- ثبوت حجم)



Constant pressure cycle
دورة ثبوت الضغط

1. أجراء أديباتي (لا يحدث تبادل حراري) من نقطة 1 إلى نقطة 2

ويكون مقدار الشغل المبذول على الغاز كما في معادلة (18)

(انضغاط الشحنة، شغل مبذول على النظام

2. أجراء ثبوت الضغط من نقطة 2 إلى نقطة 3

(إضافة حرارة عند ثبوت الضغط، الاحتراق)

وتكون كمية الحرارة المضافة للغاز Q_{in}

$$Q_{in} = n\, c_p\, (T_3 - T_2) \qquad (28)$$

ويكون مقدار الشغل المبذول من الغاز خلال هذا الإجراء $W_{out\,(1)}$

$$W_{out} = p_2\, (V_3 - V_2) \qquad (29)$$

3. أجراء أديباتي (لا يحدث تبادل حراري) من نقطة 3 إلي نقطة 4

(تمدد الشحنة، شغل مبذول من النظام)

ويكون مقدار الشغل المبذول من الغاز كما في معادلة (20)

4. أجراء ثبوت الحجم من نقطة 4 إلى نقطة 1

(التخلص من الحرارة عند ثبوت الحجم، شوط العادم)

وتكون كمية الحرارة المسحوبة (المتخلص منها) من الغاز كما في معادلة (21)

* وعليه يكون مقدار الشغل الإجمالي للدورة W يساوي الشغل المبذول من الغاز ناقص الشغل المبذول على الغاز كما في معادلة (22) ويساوي

$$W = p_2 (V_3 - V_2) - \frac{(p_1 V_1 - p_2 V_2)}{\gamma - 1} \qquad (30)$$

وتكون الكفاءة للدورة كما في معادلة (24)

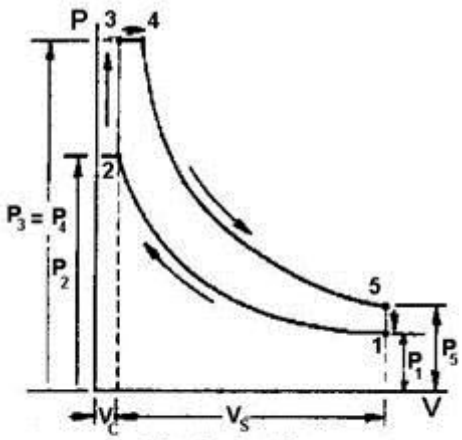
$$\eta = \frac{n c_p (T_2 - T_3) - (n c_V (T_4 - T_1)}{n c_p (T_2 - T_3)} = 1 - (\frac{1}{\gamma})(\frac{(T_4 - T_1)}{(T_2 - T_3)} \qquad (31)$$

حيث:

c_p السعة الحرارية النوعية للغاز عند ثبوت الضغط

الدورة المزدوجة

محركات الإشعال بالضغط ذات السرعة العالية عند الحمل الكامل تحرق جزء من الوقود عند ثبوت الحجم وجزء بسيط عند ثبوت الضغط. وتكون الدورة مشابه في هذه الحالة بالدورة المزدوجة.



The dual cycle
الدورة المزدوجة

تتكون الدورة المزدوجة من خمس إجراءات حرارية

1. إجراء أديباتي (لا يحدث تبادل حراري) من نقطة 1 إلى نقطة 2

(انضغاط الشحنة، شغل مبذول على الغاز)

ويكون مقدار الشغل المبذول على الغاز كما في معادلة (18)

2. إجراء ثبوت الحجم (لا يحدث شغل) من نقطة 2 إلى نقطة 3

(إضافة حرارة عند ثبوت الحجم)

وتكون مقدار الحرارة المضافة كما في معادلة (19)

3. إجراء ثبوت الضغط من نقطة 3 إلى نقطة 4

(إضافة حرارة عند ثبوت الضغط، الاحتراق)

وتكون كمية الحرارة المضافة للغاز Q_{in}كما في المعادلة (28)

ويكون مقدار الشغل المبذول من الغاز كما في المعادلة (29)

4. إجراء أديباتي (لا يحدث تبادل حراري) من نقطة 4 إلي نقطة 5

(تمدد الشحنة، شغل مبذول من النظام)

ويكون مقدار الشغل المبذول من الغاز كما في معادلة (20)

5. أجراء ثبوت الحجم من نقطة 5 إلى نقطة 1

(التخلص من الحرارة عند ثبوت الحجم، شوط

العادم)

ويكون كمية الحرارة المسحوبة كما في معادلة (21)

الإجمالي للدورة W

* ويكون الشغل

$$W = p_2 (V_4 - V_3) + \frac{(p_4 V_4 - p_5 V_5) - (p_1 V_1 - p_2 V_2)}{\gamma - 1} \qquad (32)$$

وتكون الكفاءة للدورة كما في معادلة (24)

$$\eta = \frac{(n c_V (T_2 - T_3) + n c_P (T_3 - T_4)) - (n c_V (T_4 - T_1))}{(n c_V (T_2 - T_3) + n c_P (T_3 - T_4))} \qquad (33)$$

$$\eta = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_2 - T_3) + \gamma (T_3 - T_4)} \qquad (34)$$