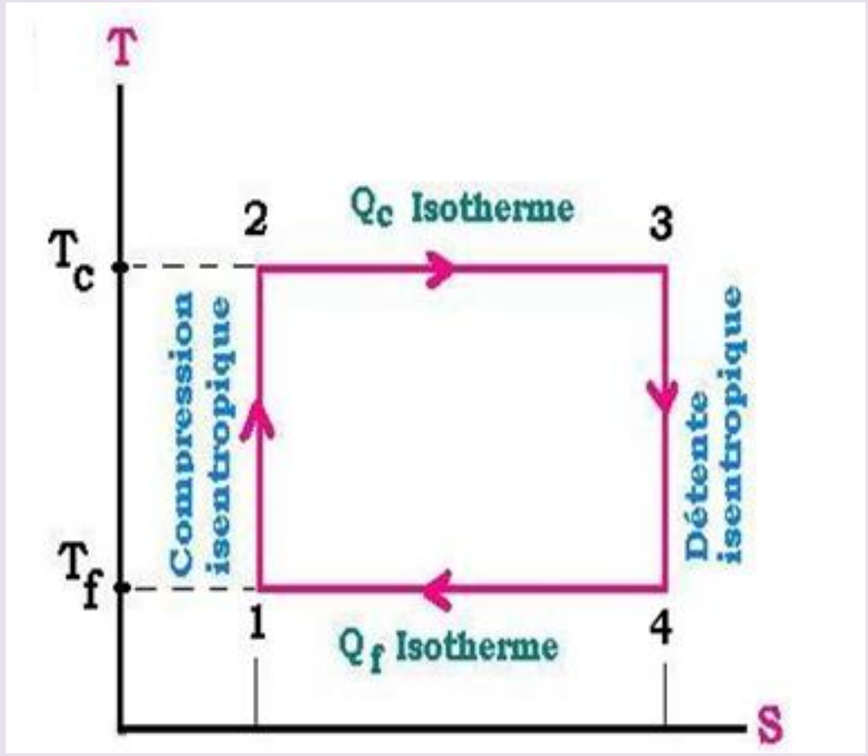
- Definition
- Carnot Cycle
- Otto Cycle
- Diesel Cycle
- mixed cycle
- Brayton Cycle
- Ericsson Cycle
- Stirling Cycle
- Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
- Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Definition

A one-phase power cycle refers to a sequence of transformations in which the system eventually returns to its initial state. In other words, the working fluid undergoes a series of transformations and ultimately reverts to its initial state.

Carnot Cycle



T_H is the temperature of the hot source

T_C is the temperature of the cold source

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

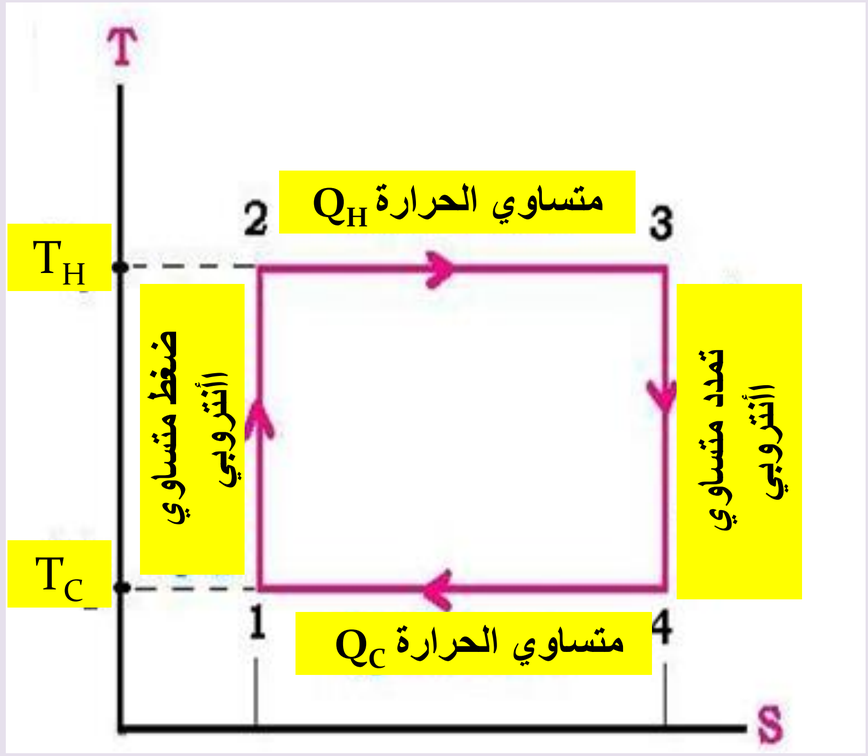
تعريف

تشير دورة الطاقة أحادية الطور إلى سلسلة من التحولات يعود فيها النظام في النهاية إلى حالته الأولية. بمعنى آخر ، يخضع مائع العمل لسلسلة من التحولات ويعود في النهاية إلى حالته الأولية.

تعريف

- دورة Carnot
- دورة Otto
- دورة Diesel
- دورة مختلطة
- دورة Brayton
- دورة Ericsson
- دورة Stirling
- دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
- مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

دورة Carnot



T_H هي درجة حرارة المصدر الساخن

T_C هي درجة حرارة المصدر البارد

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Carnot Cycle

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

We have:

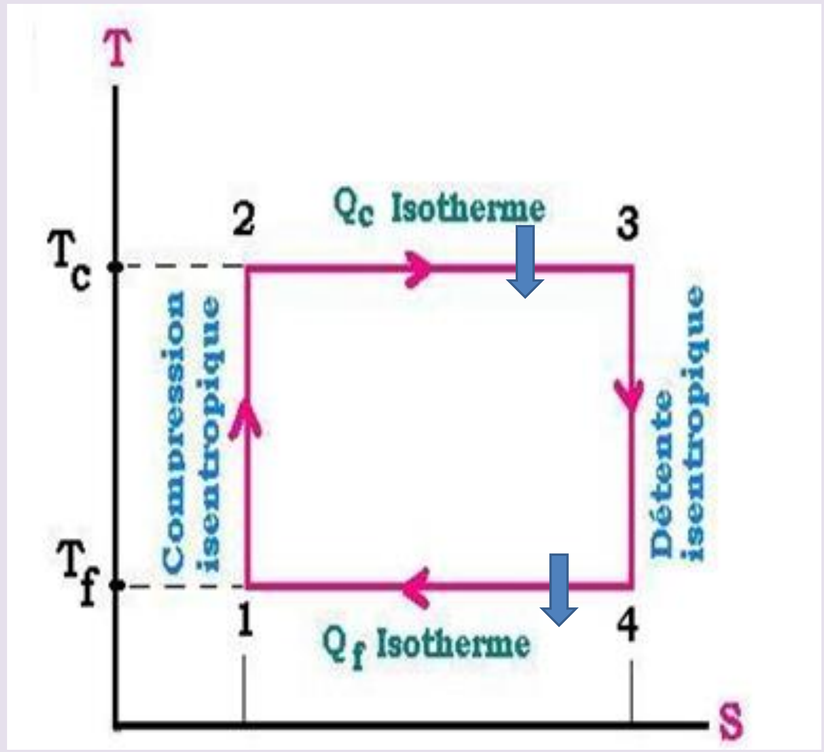
$\Delta S(1\text{-}2) = S_2 - S_1 = 0$

$\Delta S(2\text{-}3) = S_3 - S_2 = Q_c/T_c \rightarrow Q_c = T_c(S_3 - S_2)$

$\Delta S(3\text{-}4) = S_4 - S_3 = 0$

$\Delta S(4\text{-}1) = S_1 - S_4 = Q_f/T_f \rightarrow Q_f = T_f(S_1 - S_4)$

On the other hand, $\Delta S(2\text{-}3) = -\Delta S(4\text{-}1)$



Meaning:

$Q_c/T_c = -Q_f/T_f \rightarrow Q_f/Q_c = -T_f/T_c \rightarrow |Q_f|/Q_c = T_f/T_c$

$$\eta = (Q_c - |Q_f|)/Q_c = 1 - (|Q_f|/Q_c) = 1 - (T_f/T_c)$$

Carnot cycle (perfect or ideal cycle) $\eta_{carnot} = 1 - (T_f/T_c)$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Carnot

لدينا :

$$\Delta S(1\text{-}2) = S_2 - S_1 = 0$$

$$\Delta S(2\text{-}3) = S_3 - S_2 = Q_c/T_c \rightarrow Q_c = T_c(S_3 - S_2)$$

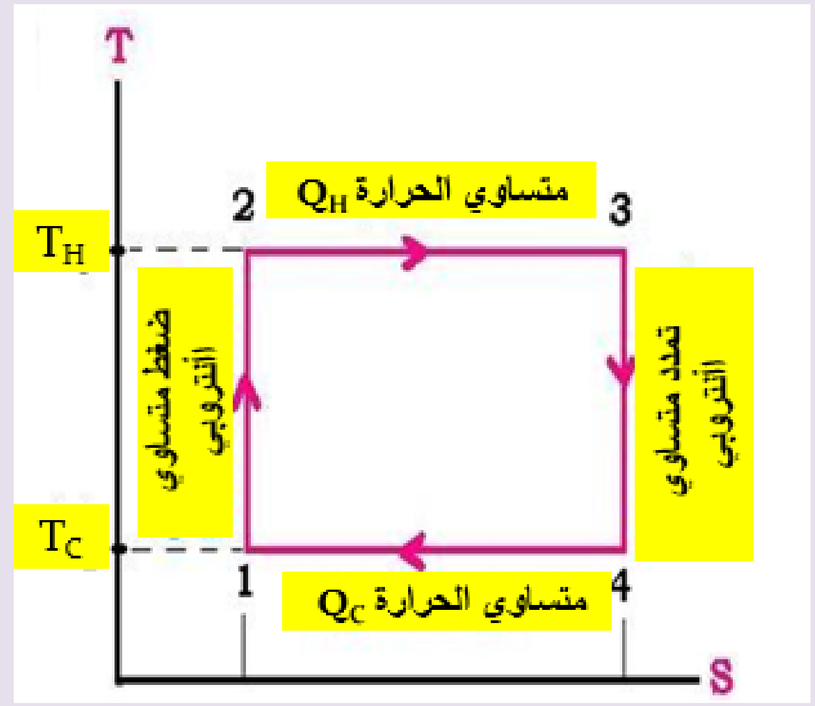
$$\Delta S(3\text{-}4) = S_4 - S_3 = 0$$

$$\Delta S(4\text{-}1) = S_1 - S_4 = Q_f/T_f \rightarrow Q_f = T_f(S_1 - S_4)$$

من ناحية أخرى,

$$\Delta S(2\text{-}3) = -\Delta S(4\text{-}1)$$

معناه



$$Q_c/T_c = -Q_f/T_f \rightarrow Q_f/Q_c = -T_f/T_c \rightarrow |Q_f|/Q_c = T_f/T_c$$

$$\eta = (Q_c - |Q_f|)/Q_c = 1 - (|Q_f|/Q_c) = 1 - (T_f/T_c)$$

Cycle de Carnot (cycle parfait ou idéal)

$$\eta_{carnot} = 1 - (T_f/T_c)$$

Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

Ericsson Cycle

Stirling Cycle

Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

Different components of a gas thermal power plant

Consider a Carnot cycle that uses water vapor as a coolant. A heat source at a temperature of 250°C transfers its heat to the coolant as it changes from a saturated liquid state to a saturated vapor state. The heat is then evacuated at a pressure of 10 kPa.

Represent the cycle in the T.S diagram

1. Determine:
   - ✓ The thermal efficiency of the cycle
   - ✓ The amount of heat evacuated
   - ✓ The net work produced

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

نعتبردورة كارنو التي تستخدم بخار الماء كمبرد. مصدر حرارة عند درجة حرارة 250 درجة مئوية ينقل حرارته إلى المبرد أثناء تغيره من حالة سائلة مشبعة إلى حالة بخار مشبع. ثم يتم إخراج الحرارة عند ضغط 10 كيلوباسكال.

- **مثل الدورة على مخطط T-S**

- **أحسب ما يلي:**

1. **الكفاءة الحرارية للدورة**
2. **كمية الحرارة المخرجة**
3. **العمل الصافي المنت**

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Solution:

7.5	40.29
10	45.81

245	3.648	0.001 240	0.054 71	1036.71	1546.7	2603.4	1061.23	1741.7	2803.0	2.7412	3.3612	6.1083
250	3.973	0.001 251	0.050 13	1080.39	1522.0	2602.4	1085.36	1716.2	2801.5	2.7927	3.2802	6.0730

According to the thermodynamic tables, at P= 10 kPa we have the corresponding saturation temperature =45.81 °C = 318.81 K

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{318.81}{523} = 0.39 = 39\%$$

$$Q_f = T_f (S_{1l} - S_{4v}) = 318.81(2.7927 - 6.073) = -1045.8 kJ / kg$$

$$W_{net} = (T_c - T_f)(250 - 45.81)(6.073 - 2.7927) = 669.8 kJ / kg$$

- تعريف
- دورة Carnot
- دورة Otto
- دورة Diesel
- دورة مختلطة
- دورة Brayton
- دورة Ericsson
- دورة Stirling
- دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
- مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

7.5					40.29						
10					45.81						
3.648	0.001 240	0.054 71	1036.71	1546.7	2603.4	1061.23	1741.7	2803.0	2.7412	3.3012	6.1083
3.973	0.001 251	0.050 13	1080.39	1522.0	2602.4	1085.36	1716.2	2801.5	2.7927	3.2802	6.0730

دورة Otto

الحل

وفقًا للجداول الديناميكية الحرارية ، عند P = 10 كيلو باسكال لدينا درجة حرارة التشبع المقابلة = 45.81 درجة مئوية = 318.81 كلفن

$$\eta = 1 - \frac{T_L}{T_H} = 1 - \frac{318.81}{523} = 0.39 = 39\%$$

$$Q_f = T_f (S_{1l} - S_{4v}) = 318.81(2.7927 - 6.073) = -1045.8 kJ / kg$$

$$W_{net} = (T_c - T_f)(250 - 45.81)(6.073 - 2.7927) = 669.8 kJ / kg$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Otto Cycle

The four-stroke internal combustion engine, like that of a car, operates under this cycle

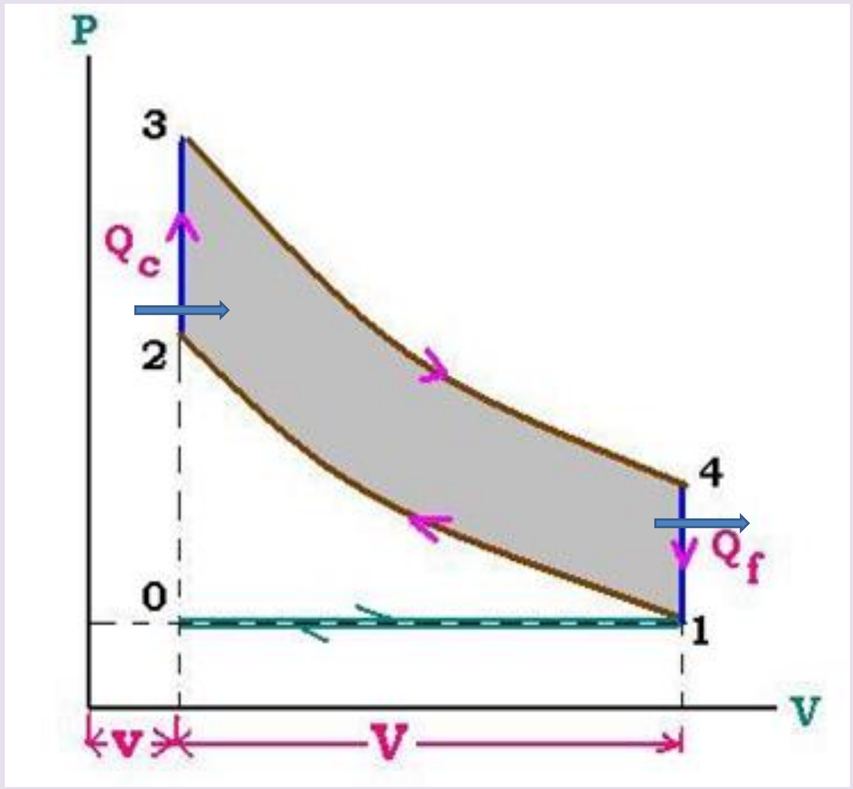
Volume compression ratio:

$\tau = (V + v)/v$

V = volume during the stroke of the piston

v = combustion chamber volume

T_H is the temperature of the hot source



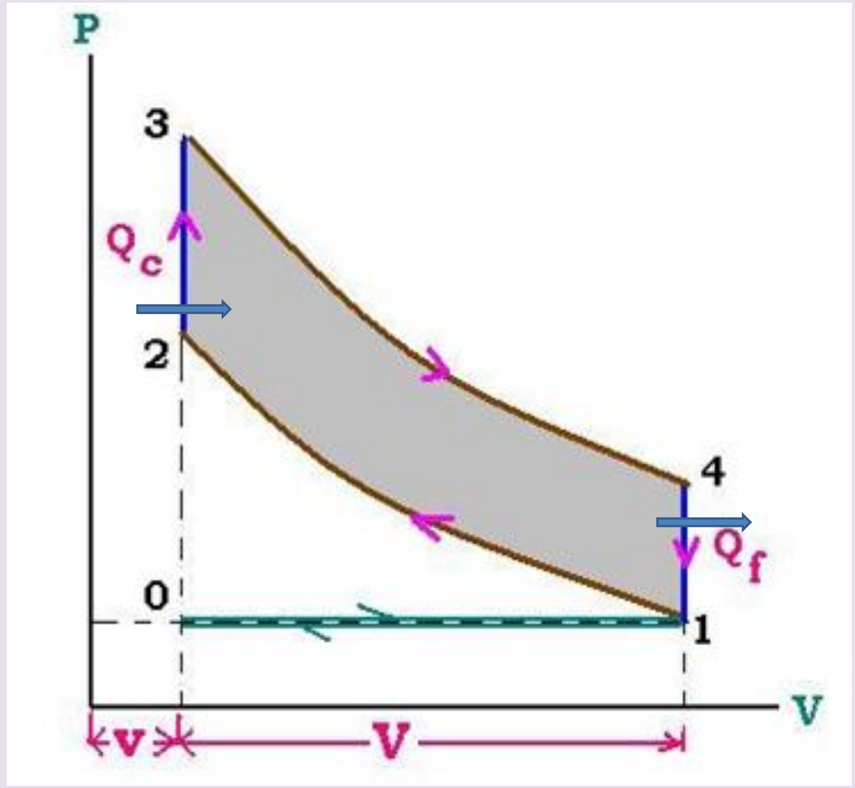
T_C is the temperature of the cold source

Point 0 is called the top dead center: TDC

Point 1 is called the bottom dead center: BDC

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور



المحرك الاحتراقي الداخلي ذو الأربعة أشواط، مثل محرك السيارة، يعمل وفق هذه الدورة."

نسبة ضغط الحجم: $\tau = (V + v)/v$

V = الحجم خلال شوط المكبس

v = حجم غرفة الاحتراق

T_H هي درجة حرارة المصدر الساخن

T_C هي درجة حرارة المصدر البارد

النقطة 0 تسمى المركز الميت الأعلى: TDC

النقطة 1 تسمى المركز الميت السفلي: BDC

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Otto Cycle

Time 0-1 The volume increases from v to V in an isobaric manner

Time 1-2

The gas is compressed adiabatically and reversibly, the volume of the cylinder decreases from (V + v) to v, its pressure increases from P1 to P2, and its temperature increases from T1 to T2

So we have

$$Q = 0 \rightarrow W = -\Delta H = -Cp\,\Delta T$$
$$= -Cp\,(T_2 - T_1),$$

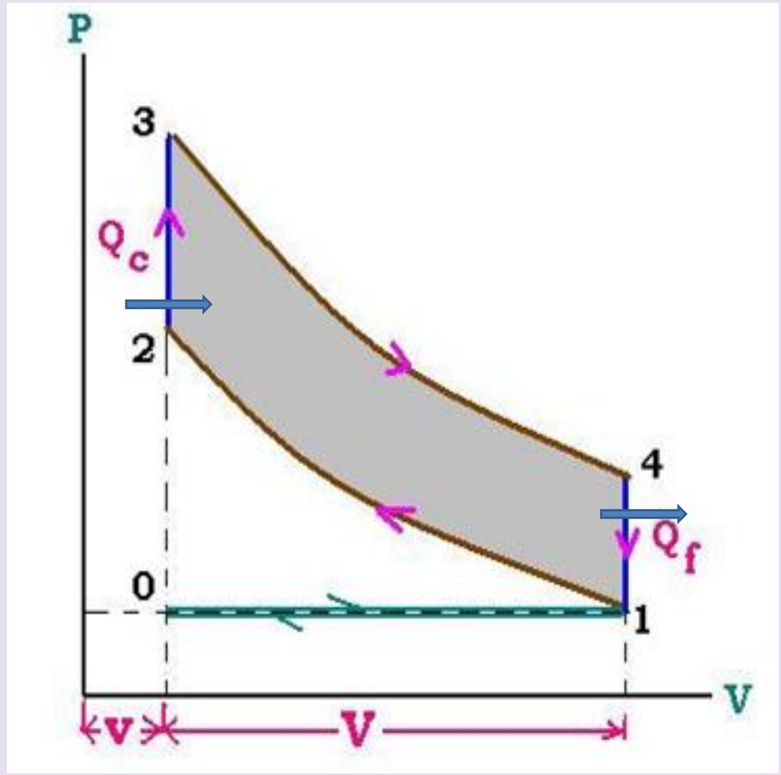
$$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1\,(V_1/V_2)^{\gamma} = P_1[(V + v)/v]^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1\,\tau^{\gamma}$$

$$T_2/T_1 = (V_1/V_2)^{\gamma - 1} = (P_2/P_1)^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$T_2 = T_1\,[(v + V)/v]^{\gamma - 1} \qquad T_2 = T_1\,[\tau]^{\gamma - 1}$$



τ : Compression ratio

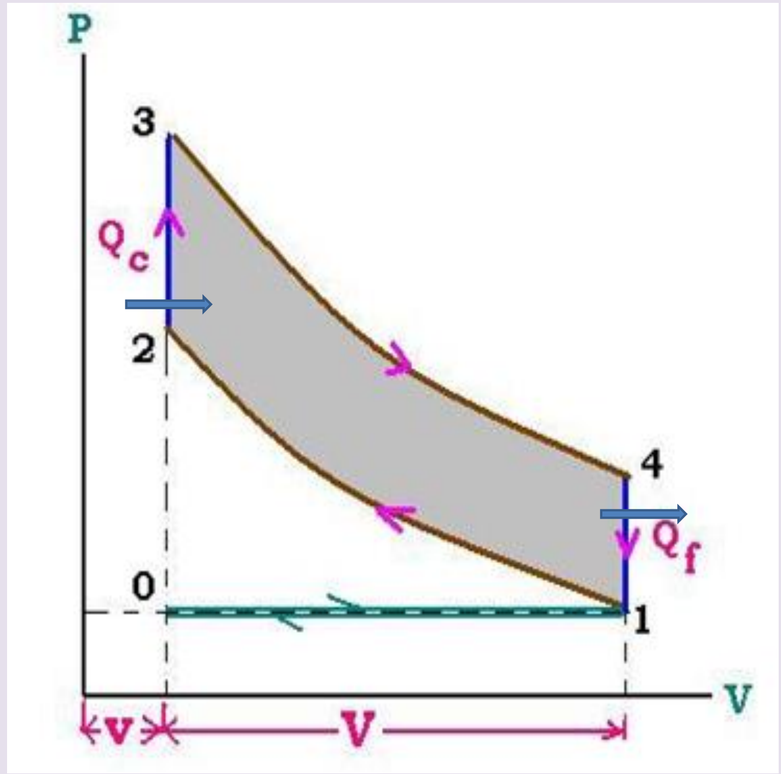
تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

الشوط 1-0 يزداد الحجم من v إلى V بطريقة متساوية الضغط

الشوط 2-1 يتم ضغط الغاز بشكل غير مبادل للحرارة وقابل للانعكاس ، ويقل حجم الأسطوانة من ((V + v) إلى v، ويزداد ضغطها من P_1 إلى P_2، وتزداد درجة حرارته من T_1 إلى T_2



اذا لدينا

$$Q = 0 \rightarrow W = -\Delta H = -Cp\,\Delta T = -Cp\,(T_2 - T_1),$$

$$P_1V_1^{\gamma} = P_2V_2^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1\,(V_1/V_2)^{\gamma} = P_1[(V + v)/v]^{\gamma}$$

$$P_2 = P_1\,\tau^{\gamma}$$

$$T_2/T_1 = (V_1/V_2)^{\gamma - 1} = (P_2/P_1)^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$T_2 = T_1\,[(v + V)/v]^{\gamma - 1} \qquad T_2 = T_1\,[\tau]^{\gamma - 1}$$

τ : Compression ratio

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Otto Cycle

Time 2-3

Since the combustion is isochoric, the heat supplied to the gases is.

$$Qc = \Delta U = Cv\,\Delta T = Cv\,(T_3 - T_2)$$

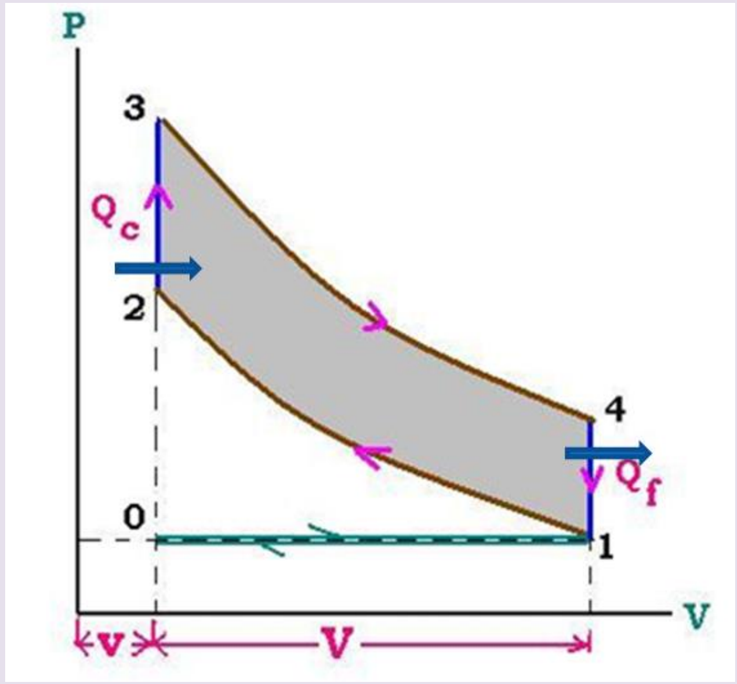
From where $T_3 = Qc/Cv + T_2$

As $P_3/P_2 = T_3/T_2$

So $P_3 = P_2\,(T_3/T_2) = P_1\,\tau^{\gamma}\,(T_3/T_2)$

$$P_3 = P_1\,\tau^{\gamma}\,(Q_c/T_2.Cv + 1)$$

$$P_3 = P_1\,\tau^{\gamma}\,[(Q_c/(T_1\,[\tau]^{\gamma-1})C_v) + 1]$$



تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

الشوط 3-2

نظرًا لأن الاحتراق يحدث عند حجم ثابت (بدون تغير في الحجم)، يتم توفير الحرارة للغازات بشكل إيزوكوريك

$$Qc = \Delta U = Cv\,\Delta T = Cv\,(T_3 - T_2)$$

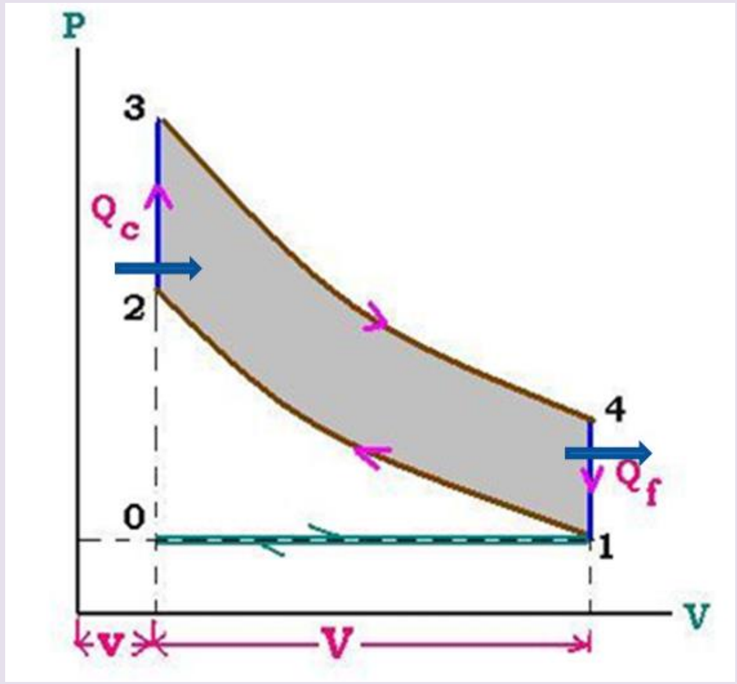
$$T_3 = Qc/Cv + T_2$$ حيث

$$P_3/P_2 = T_3/T_2$$ ما دام

$$P_3 = P_2\,(T_3/T_2) = P_1\,\tau^{\gamma}\,(T_3/T_2)$$ إذا

$$P_3 = P_1\,\tau^{\gamma}\,(Q_c/T_2.Cv + 1)$$

$$P_3 = P_1\,\tau^{\gamma}\,[(Q_c/(T_1\,[\tau]^{\gamma-1})C_v) + 1]$$



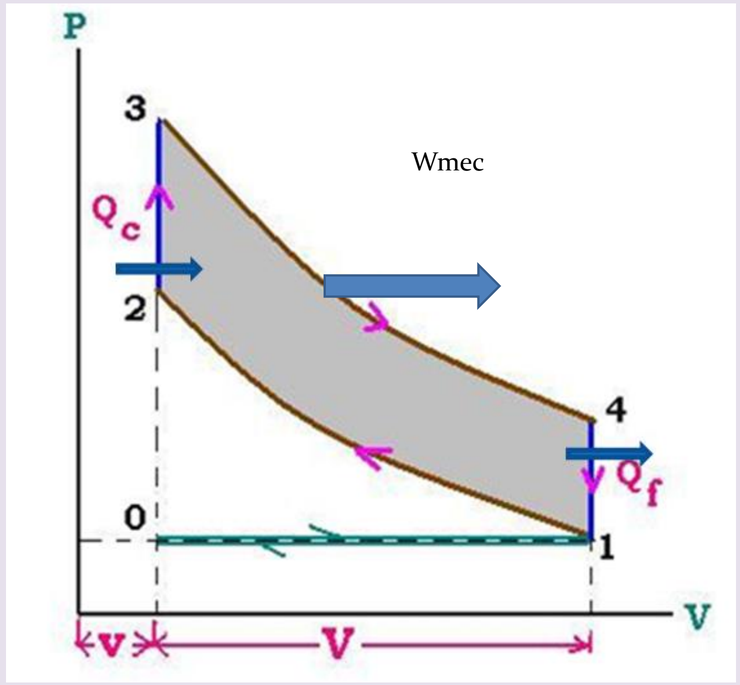
Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Cycle d'Otto

Time 3-4 **The transformation is adiabatic and reversible**

The gases expand, providing mechanical work



$$T_4/T_3 = (V_3/V_4)^{\gamma - 1} = [v/(V + v)]^{\gamma - 1} = [1/\tau]^{\gamma - 1}$$

$$T_4 = T_3[1/\tau]^{\gamma - 1}$$

We have: $P_3V_3^{\gamma} = P_4V_4^{\gamma}$

Then: $P_4 = P_3 (V_3/V_4)^{\gamma} = P_3 [v/(V + v)]^{\gamma} = P_3 [1/\tau]^{\gamma}$

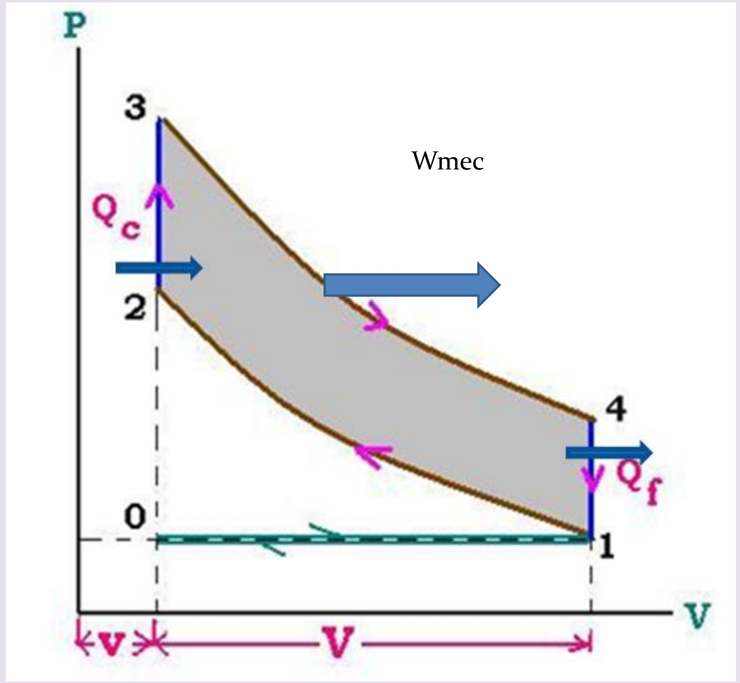
تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

الشوط 3-4 التحويل يكون قابلاً للعكس وغير مبادل للحرارة

تمدد الغازات وتوفير العمل الميكانيكي



$$T_4/T_3 = (V_3/V_4)^{\gamma - 1} = [v/(V + v)]^{\gamma - 1} = [1/\tau]^{\gamma - 1}$$

$$T_4 = T_3[1/\tau]^{\gamma - 1}$$

We have: $P_3V_3^{\gamma} = P_4V_4^{\gamma}$

Then: $P_4 = P_3 (V_3/V_4)^{\gamma} = P_3 [v/(V + v)]^{\gamma} = P_3 [1/\tau]^{\gamma}$

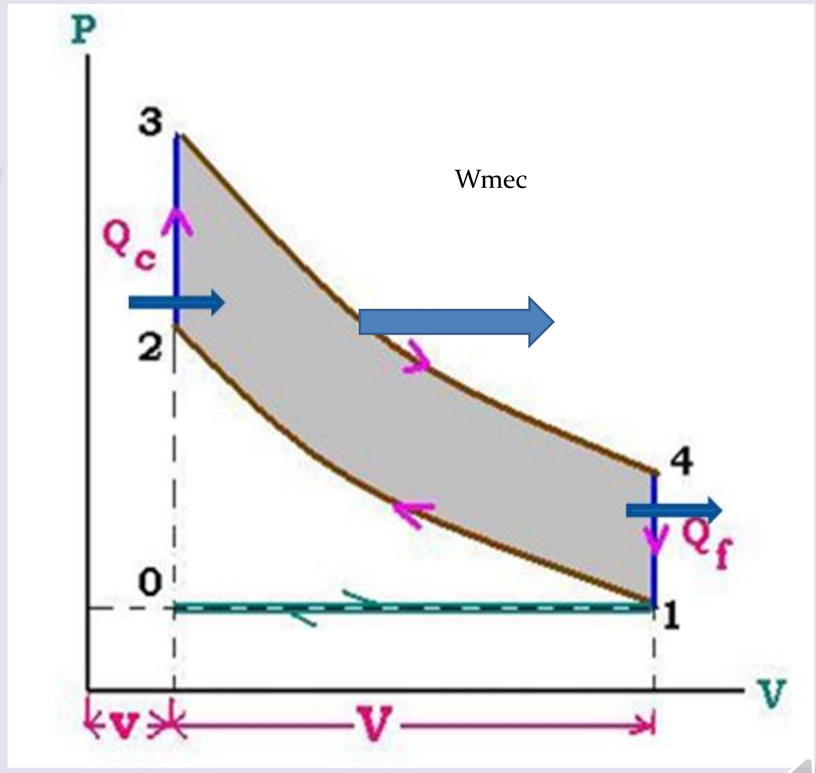
Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Otto Cycle

During the time 4-1

The system releases heat to the outside.



$$Q_f = C_v \Delta T = C_v (T_1 - T_4) = C_v (T_1 - T_3[1/\tau]^{\gamma - 1})$$

During the time 1-0

The gases escape into the atmosphere isobaric and the cycle begins again.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

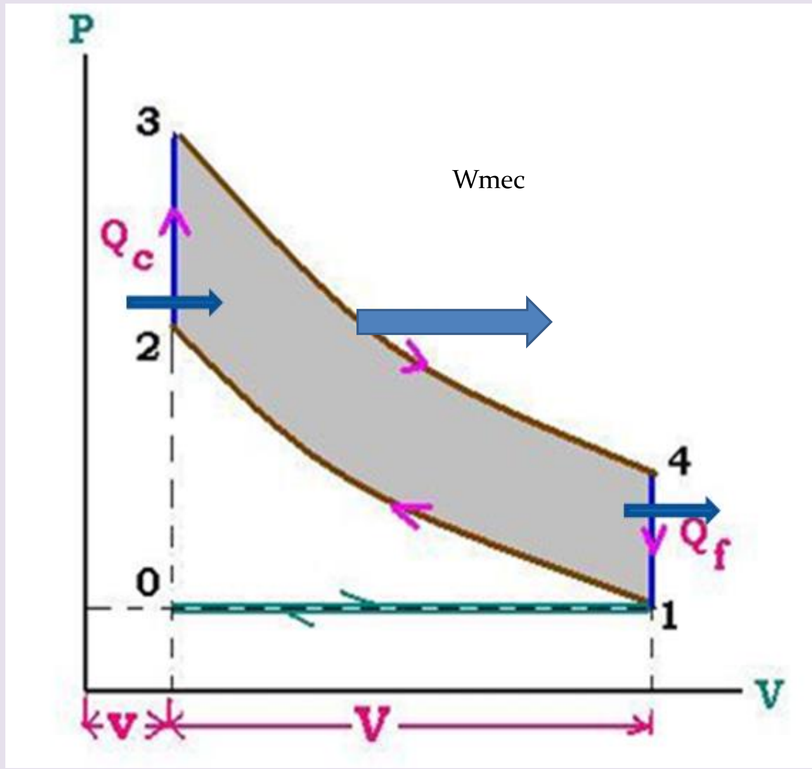
الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

الشوط 1-4

يقوم النظام بإطلاق الحرارة إلى الخارج

$$Q_f = C_v \Delta T = C_v (T_1 - T_4) = C_v (T_1 - T_3[1/\tau]^{\gamma - 1})$$



الشوط 0-1

تخرج الغازات إلى المحيط الخارجي بشكل إيزوباري (بضغط ثابت)، وتبدأ الدورة من جديد

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Cycle d'Otto

the efficiency" or "the yield:

$$\eta = 1 - (|Q_f|/Q_c) = 1 - |(C_v (T_1 - T_4)|/C_v (T_3 - T_2)$$

$$Q_f/Q_c = C_v (T_1 - T_4)/C_v (T_3 - T_2)$$

$$= (T_1 - T_3[1/\tau]^{\gamma - 1})/(T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma - 1})$$

$$= [1/\tau]^{\gamma - 1} (T_1[\tau]^{\gamma - 1} - T_3)/(T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma - 1}) = -[1/\tau]^{\gamma - 1}$$

So: $|Q_f|/Q_c = [1/\tau]^{\gamma - 1}$

$$\eta_{otto} = 1 - (1/\tau)^{\gamma - 1}$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

الكفاءة أو العائد

$$\eta = 1 - (|Q_f|/Q_c) = 1 - |(C_v (T_1 - T_4)|/C_v (T_3 - T_2)$$

$$Q_f/Q_c = C_v (T_1 - T_4)/C_v (T_3 - T_2)$$

$$= (T_1 - T_3[1/\tau]^{\gamma - 1})/(T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma - 1})$$

$$= [1/\tau]^{\gamma - 1} (T_1[\tau]^{\gamma - 1} - T_3)/(T_3 - T_1 [\tau]^{\gamma - 1}) = -[1/\tau]^{\gamma - 1}$$

$$|Q_f|/Q_c = [1/\tau]^{\gamma - 1}$$

إذا

$$\eta_{otto} = 1 - (1/\tau)^{\gamma - 1}$$

و منه

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

EXERCICE OttoCycle

The compression ratio of a theoretical Otto cycle is 8. At the beginning of the compression stroke, the pressure is 0.1 MPa, and the temperature is 15°C. The heat supplied to the air per cycle is 1800 kJ/kg of air.

Determine:

The pressure and temperature at the end of each cycle phase.

The thermal efficiency.

Given:

$r_{(air)}$ =287J/kg.K $Cv_{(air)}$ =710 J/kg.K γ=1.4

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Otto

تمرين دورة أوتو

تبلغ نسبة الضغط في دورة أوتو النظرية 8. في بداية الإنضغاط، يكون الضغط 0.1 ميجا باسكال ودرجة الحرارة 15 درجة مئوية. تبلغ الحرارة المزودة للهواء في كل دورة 1800 كيلو جول / كجم من الهواء .أحسب :

- الضغط ودرجة الحرارة في نهاية كل مرحلة من مراحل الدورة
- الكفاءة الحرارية

المعطيات :

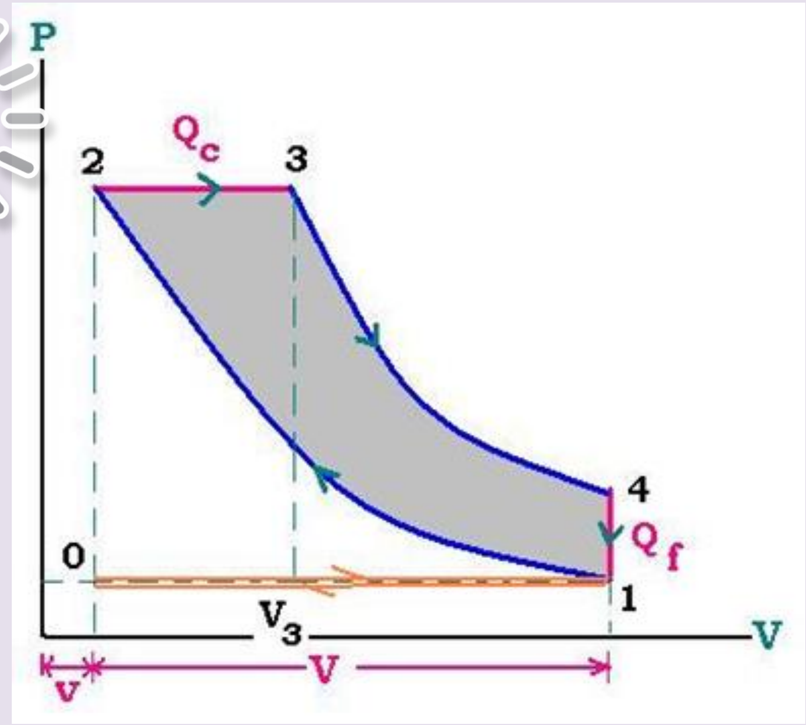
$\gamma=1.4$.. $Cv_{(air)}=710\ J/kg.K$ $r_{(air)}=287J/kg.K$

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Diesel Cycle

The difference between the Diesel cycle and the Otto cycle is that during the time 2-3, the received heat Qc occurs in an isobaric manner, which means at a constant pressure.



We have $P_2 = P_3$,

The volume changes from V_2 **to** V_3

$$Q_c = \Delta H = C_p \Delta T = C_p (T_3 - T_2)$$

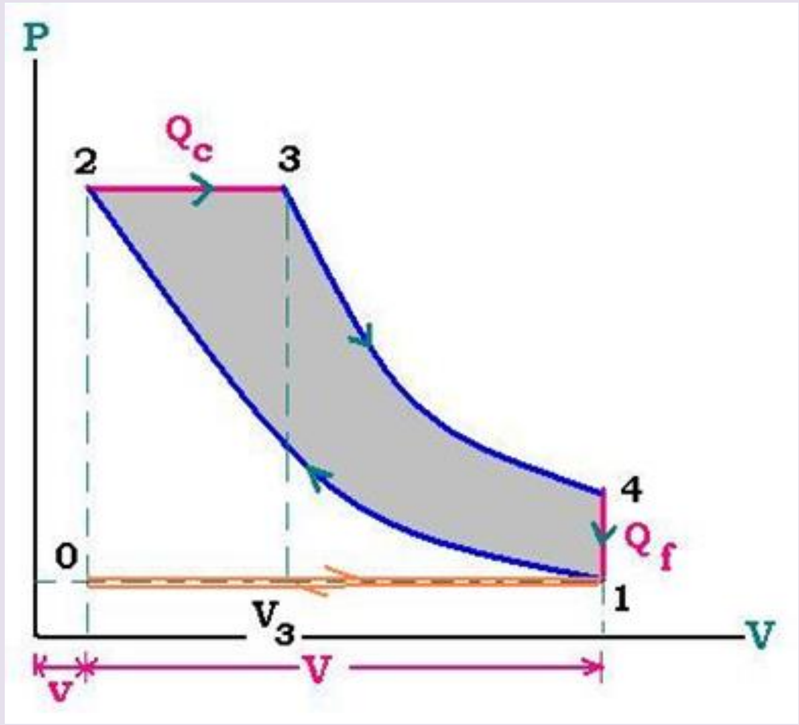
so

$$T_3 = Q_c/C_P + T_2$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Diesel



الاختلاف بين دورة ديزل ودورة أوتو يكمن في أن خلال الفترة من 2 إلى 3، يحدث تسليم الحرارة Qc بشكل إيزوباري، وهذا يعني عند ضغط ثابت

لدينا $P_2 = P_3$,

الضغط يتغير من V_2 الى V_3

لدينا $Q_c = \Delta H = C_p \Delta T = C_p (T_3 - T_2)$

و منه $T_3 = Q_c/C_P + T_2$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Diesel Cycle

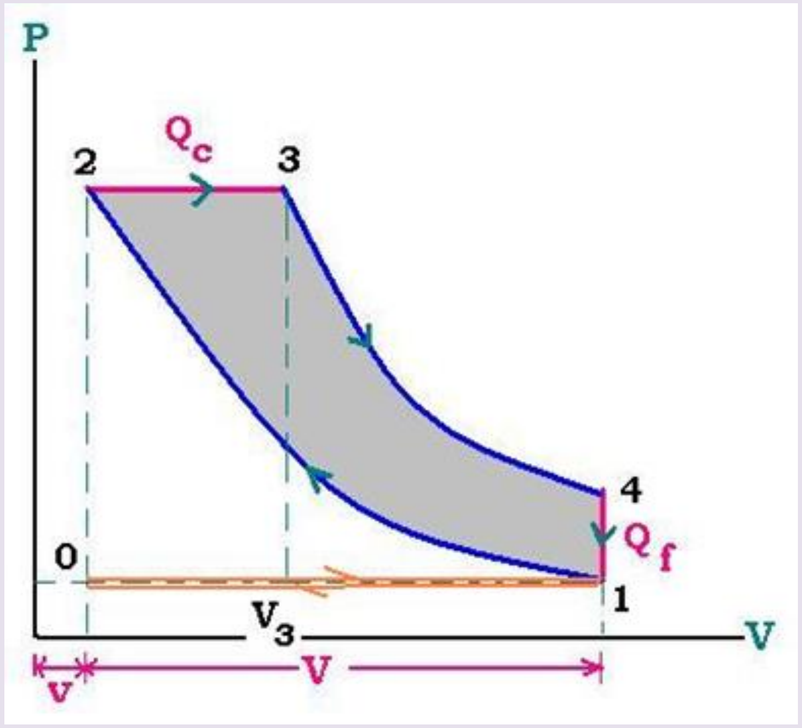
volumetric expansion ratio τ(3-4) is the ratio of V_3 and V_4

$$V_4 = V_1 \text{ et } P_2 = P_3$$

In the case of an ideal gas we have:

$$V_3 = RT_3/P_3 \text{ et } V_4 = V_1 = RT_1/P_1$$

$$\rightarrow V_3/V_4 = (T_3/T_1) \times (P_1/P_3)$$



τ (1-2) is the volume compression ratio during phase 1-2.

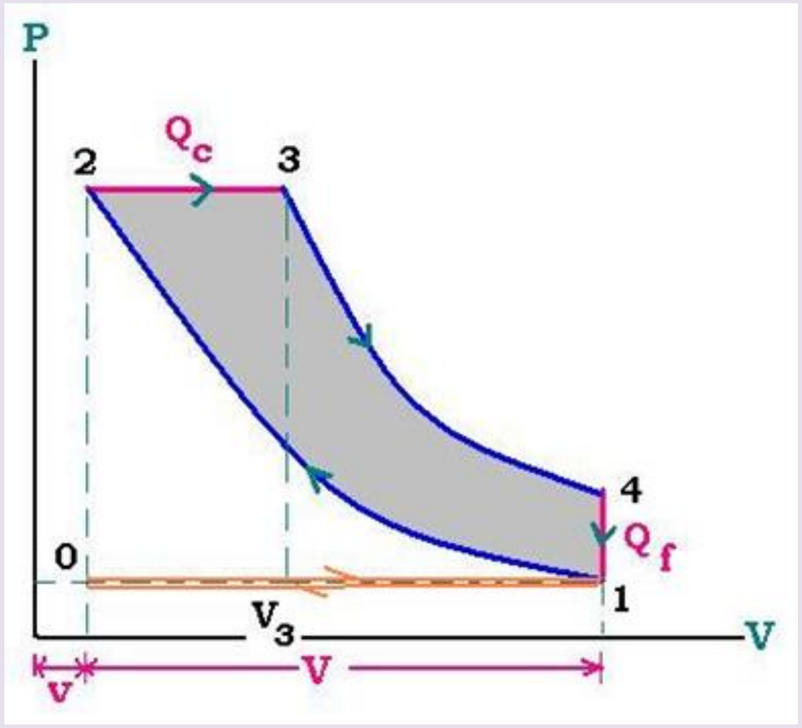
$\tau(1\text{-}2) = (V1/V2) = (P_2/P_1)^{1/\gamma}$ **Donc:** $\tau(3\text{-}4) = (T3/T1) / \tau(1\text{-}2)^{\gamma}$

The yield : $\eta = 1 - (|Q_f|/Q_c)$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Diesel



نسبة التمدد الحجمي $\tau(3\text{-}4)$ هي نسبة بين V_3 وV_4.

$V_4 = V_1$ et $P_2 = P_3$

في حالة الغاز المثالي لدينا

$V_3 = RT_3/P_3$ et $V_4 = V_1 = RT_1/P_1$

$\rightarrow V_3/V_4 = (T_3/T_1)\ x\ (P_1/P_3)$

$\tau(1\text{-}2)$ هو نسبة ضغط الحجم خلال المرحلة 2-1

$\tau(1\text{-}2) = (V1/V2) = (P_2/P_1)^{1/\gamma}$ اذا $\tau(3\text{-}4) = (T3/T1) / \tau(1\text{-}2)^{\gamma}$

العائد أو الكفاءة: $\eta = 1 - (|Q_f|/Q_c)$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

EXERCICE Diesel Cycle

The compression ratio of a theoretical diesel cycle is 16. At the start of the compression stroke, the pressure is 0.1 Mpa and the temperature is 15°C. The heat supplied to the air per cycle set to 1800 kJ/kg of air.

Determine:

1. **The Pressure and temperature at the end of each evolution of the cycle**
2. **The Thermal efficiency**

$r_{(air)}$ =287J/kg.K $Cv_{(air)}$ =710 J/kg.K γ=1.4

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Diesel

EXERCICE Diesel Cycle

نسبة الضغط لدورة ديزل النظرية هي 16. في بداية الانضغاط، يكون الضغط هو 0.1 ميغاباسكال والحرارة 15 درجة مئوية. الحرارة الموفرة للهواء في الدورة الواحدة تكون 1800 كيلوجول/كجم من الهواء.

أحسب:

1. **الضغط والحرارة في نهاية كل تطور من دورة العمل.**
2. **الكفاءة الحرارية.**

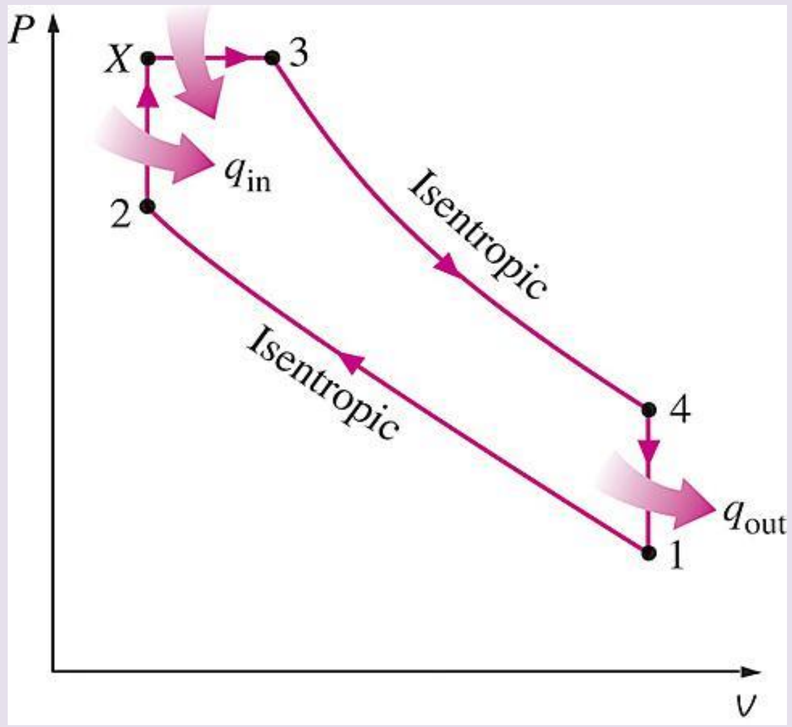
$\gamma=1.4$ $r_{(air)}=287 J/kg.K$ $Cv_{(air)}=710\ J/kg.K$

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Cycle mixte

The two cycles can be combined (one part of the heat can be supplied to the system at constant volume; which represents the Otto cycle, and another part at constant pressure; which represents the Diesel cycle.

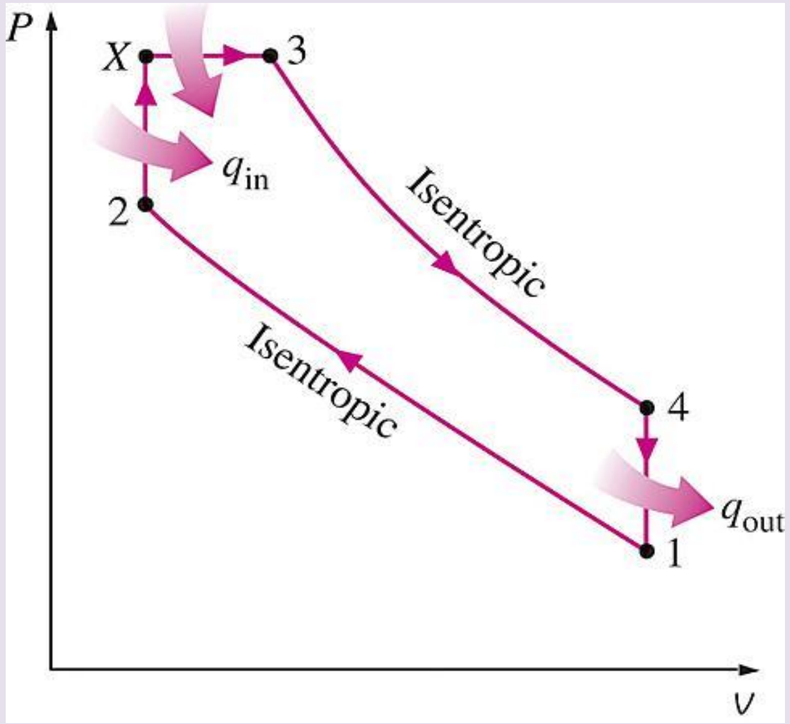


تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة مختلطة

يمكن دمج الدورتين (يمكن توفير جزء من الحرارة للنظام عند حجم ثابت، وهو يمثل دورة أوتو، وجزء آخر عند ضغط ثابت، وهو يمثل دورة ديزل

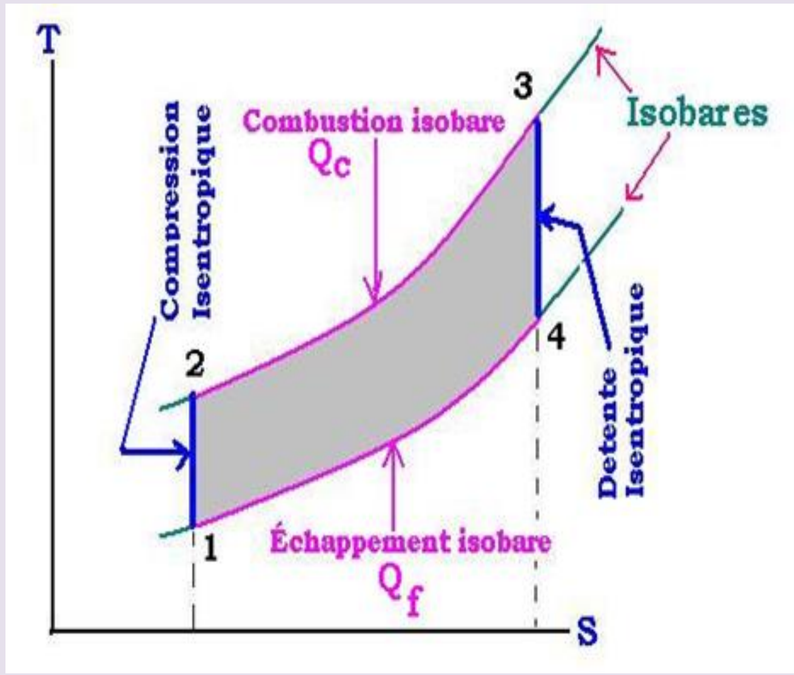


Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Brayton Cycle

The Brayton cycle is the gas turbine cycle



1-2 The process being adiabatic

$$T_2 = T_1[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1,$$

$$\text{donc } T_2 - T_1 = T_1[[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

ou, avec $\tau = P_2/P_1$

$$T_2 - T_1 = T_1[[\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

$$\text{et } W(\text{reçu}) = C_p\Delta T = C_p(T_2 - T_1)$$

2-3: at the level of the combustion chamber:

the process is isobaric P2 = P3.

the temperature rises from T2 to T3.

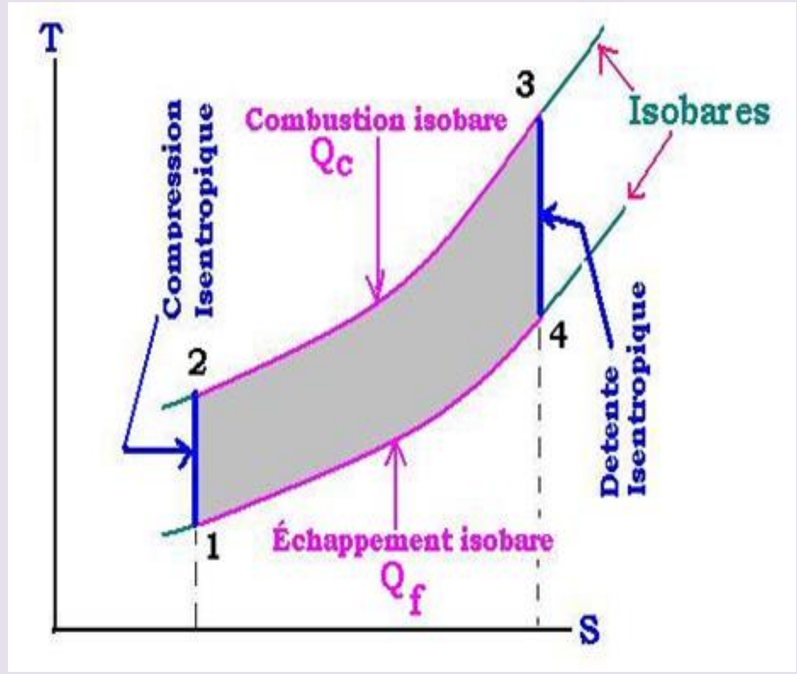
We have: $Q_c = C_p\Delta T = C_p(T_3 - T_2)$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Brayton

دورة برايتون هي دورة توربينة الغاز



العملية تكون غير مبادلة للحرارة 1-2

$$T_2 = T_1[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

$$\Delta T = T_2 - T_1,$$

اذا $T_2 - T_1 = T_1[[P_2/P_1]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$

ما دام $\tau = P_2/P_1$

اذا $T_2 - T_1 = T_1[[\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$

et $W(\text{مستلم}) = Cp\Delta T = Cp(T_2 - T_1)$

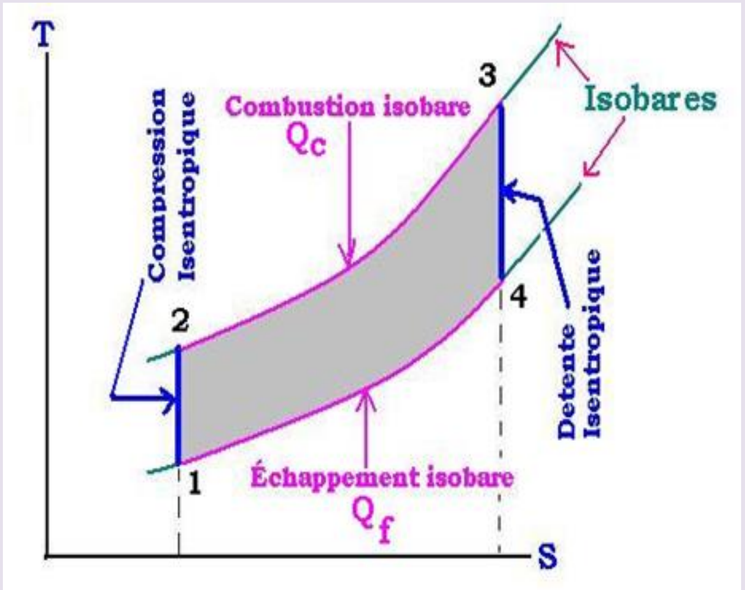
2-3: على مستوى غرفة الاحتراق:
العملية هي إيزوبارية حيث P2 = P3
ترتفع درجة الحرارة من T2إلى .T3

لدينا: $Q_c = C_p\Delta T = C_p(T_3 - T_2)$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Cycle de Brayton



Process 3-4: at the turbine stage.

The temperature decreases from T3 to T4.

The process is adiabatic, hence Q = 0.

$$\rightarrow W = -\Delta H = -C_p\Delta T$$

$$W_{(supplied)} = -C_p\Delta T \qquad \text{avec } \Delta T = T_4 - T_3$$

$$W_{(supplied" or "provided)} = -C_p(T_4 - T_3)$$

$$T4 = T_3[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} \qquad \text{So, } T_4 - T_3 = T_3[[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

$$\text{où } T_4 = T_3[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} \quad \text{et } T_4 - T_3 = T_3[[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

Process 4-1: at the cooling stage.

During the process 4-1, which is isobaric, the gas is cooled by releasing a quantity of heat Qf.

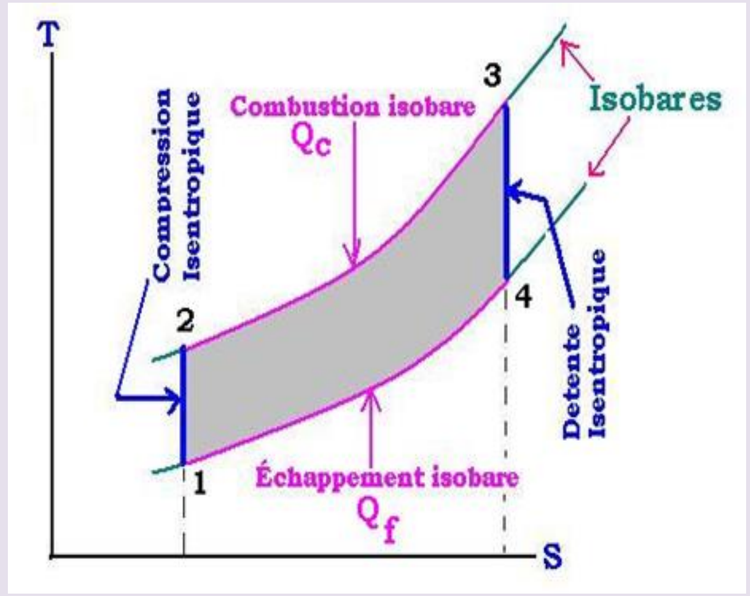
$$\text{We have } Q_f = -C_p\Delta T = -Cp(T_1 - T_4)$$

$$T_1 - T_4 = T_1 - T_3[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Brayton



العملية 3-4: على مستوى مرحلة التوربينة.
تنخفض درجة الحرارة من T3 إلى T4.
العملية غير مبادلة للحرارة، وبالتالي Q = 0.

$$\rightarrow W = -\Delta H = -Cp\Delta T$$

$$W\ (\text{مُزَوَّد}) = -Cp\Delta T \qquad \text{avec } \Delta T = T_4 - T_3$$

$$W\ (\text{مُزَوَّد}) = -Cp(T_4 - T_3)$$

$$T4 = T_3[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} \qquad \text{اذا, } T_4 - T_3 = T_3[[P_4/P_3]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

$$T_4 = T_3[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} \quad \text{et } T_4 - T_3 = T_3[[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma} - 1]$$

عملية 4-1: على مستوى مرحلة التبريد.

خلال العملية 4-1، التي هي إيزوبارية، يتم تبريد الغاز عن طريق إطلاق كمية حرارة Qf.

لدينا $Q_f = -C_p\Delta T = -Cp(T_1 - T_4)$

$$T_1 - T_4 = T_1 - T_3[1/\tau]^{(\gamma - 1)/\gamma}$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Cycle de Brayton

The efficiency of this machine is given by: $\eta = W(net) / W(input)$

The efficiency of this machine can be expressed as:
$\eta = (W(input) - |W(output)|) / W(input)$

Received at the compressor and provided at the turbine.

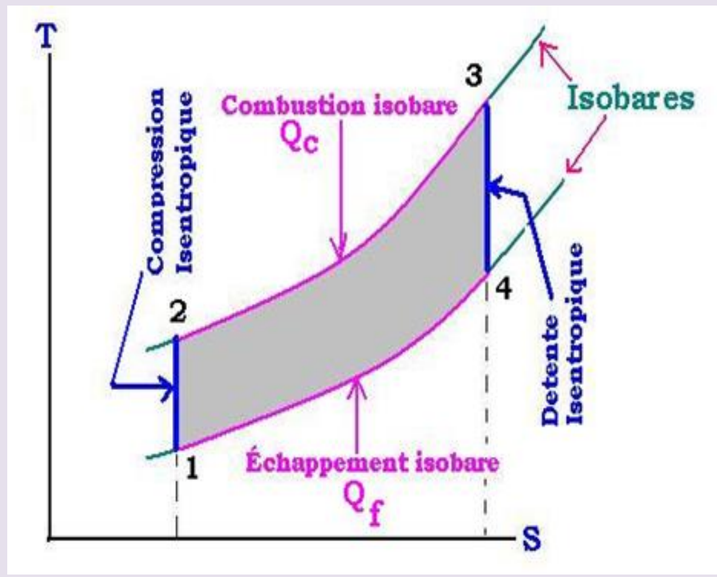
$$W(net) = W(input) - W(output) = Cp(T2 - T1) - Cp(T4 - T3)$$

$$\eta = [Cp(T_2 - T_1) - Cp(T_4 - T_3)]/ [Cp(T_2 - T_1)] = 1 - [|(T_4 - T_3)|/(T_2 - T_1)]$$

$$\eta = (Q_c - Q_f)/Q_c = 1 - (Q_f/Q_c)$$

$$= 1 - [Cp(T_1 - T_4)/Cp(T_3 - T_2)]$$
$$= 1 - [|(T_1 - T_4)|/(T_3 - T_2)]$$

Let the compression ratio be denoted by:
$\tau_p = P_2/P_1 = P_3/P_4$



So

$$\eta_{brayton} = 1 - [[1/\tau_p]^{(\gamma - 1)/\gamma}]$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Brayton

$\eta = W(\text{صافي}) / W(\text{داخل})$

يمكن تعبير كفاءة هذا الجهاز على النحو التالي:

$\eta = (W(\text{داخل}) - |W(\text{خارج})|) / W(\text{داخل})$

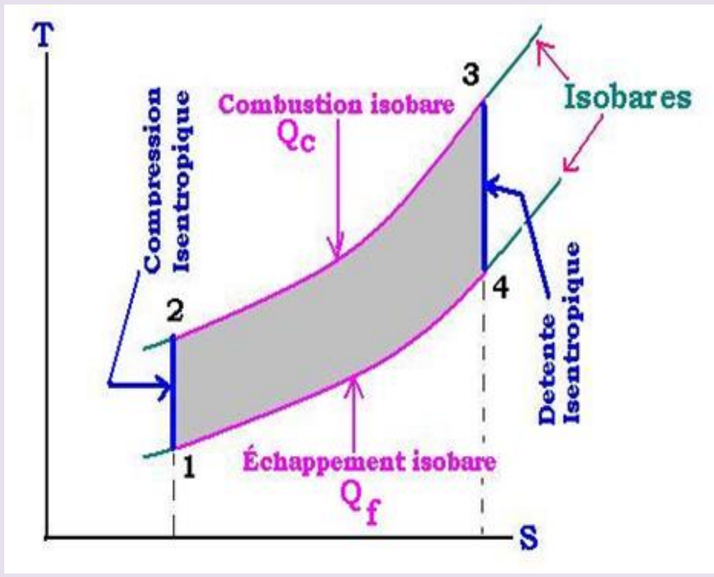
متلقى عند الضاغط ومُزَوَّد عند التوربينة.

$$W(\text{صافي}) = W(\text{داخل}) - W(\text{خارج}) = Cp(T2 - T1) - Cp(T4 - T3)$$

$$\eta = [Cp(T_2 - T_1) - Cp(T_4 - T_3)]/ [Cp(T_2 - T_1)] = 1 - [|(T_4 - T_3)|/(T_2 - T_1)]$$

$$\eta = (Q_c - Q_f)/Q_c = 1 - (Q_f/Q_c)$$

$$= 1 - [\ Cp(T_1 - T_4)/Cp(T_3 - T_2)]$$
$$= 1 - [|(T_1 - T_4)|/(T_3 - T_2)]$$



لنعتبر نسبة الضغط معرفة بواسطة

$$\tau_p = P_2/P_1 = P_3/P_4$$

اذا

$$\eta_{brayton} = 1 - [[1/\tau_p]^{(\gamma - 1)/\gamma}]$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

Exercice Brayton cycle

In a theoretical Brayton cycle, air enters the compressor at 0.1 MPa and 15°C. The outlet pressure of the compressor is 0.5 MPa, and the maximum cycle temperature is 900°C. Determine:

The pressure and temperature at each point of the cycle.

1. **The compressor work.**
2. **The turbine work.**
3. **The cycle efficiency.**

Données:

Cp = 1,0035kJ/Kg.K

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Brayton

Exercice cycle de Brayton

في دورة برايتون النظرية ، يدخل الهواء إلى الضاغط عند 0.1 ميجا باسكال و 15 درجة مئوية. ضغط مخرج الضاغط 0.5 ميجا باسكال ، وأقصى درجة حرارة للدورة هي 900 درجة مئوية

أحسب

1. الضغط ودرجة الحرارة في كل نقطة من الدورة
2. .يعمل الضاغط.
3. عمل التوربينات.
4. كفاءة الدورة.

المعطيات

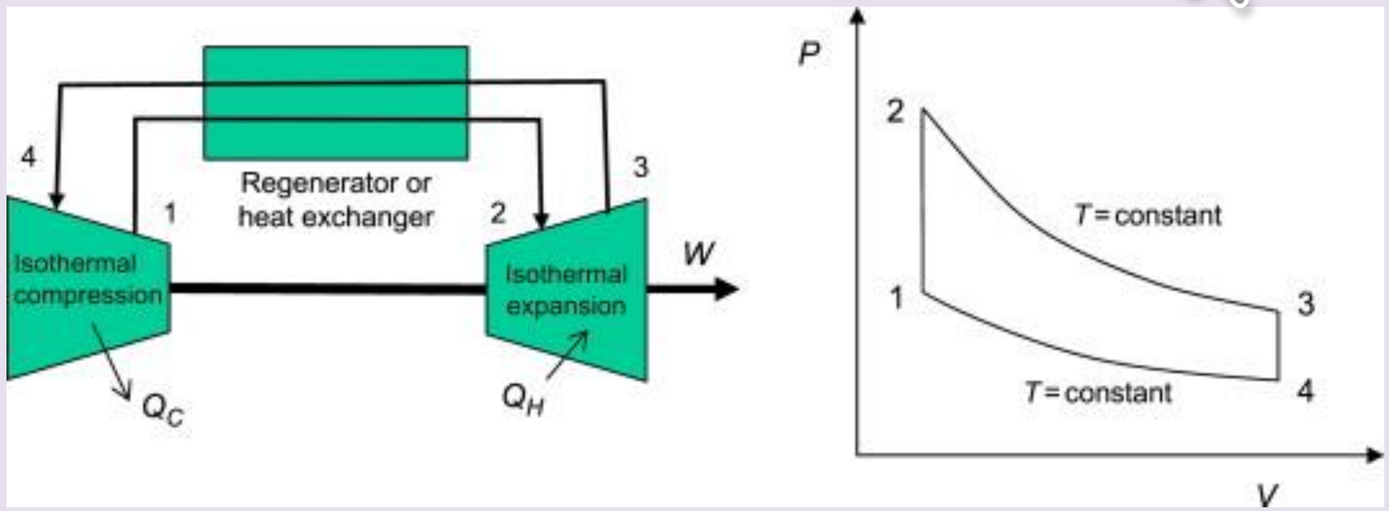
$Cp = 1{,}0035 kJ/Kg.K$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Ericsson Cycle
Stirling cycle

There are two other cycles that involve an isothermal heat addition process at Tc and an isothermal heat rejection process at Tf: the Stirling cycle and the Ericsson cycle. They differ from the Carnot cycle in that the two isentropic processes are replaced by two constant-volume regeneration processes in the Stirling cycle, and by two constant-pressure regeneration processes in the Ericsson cycle.



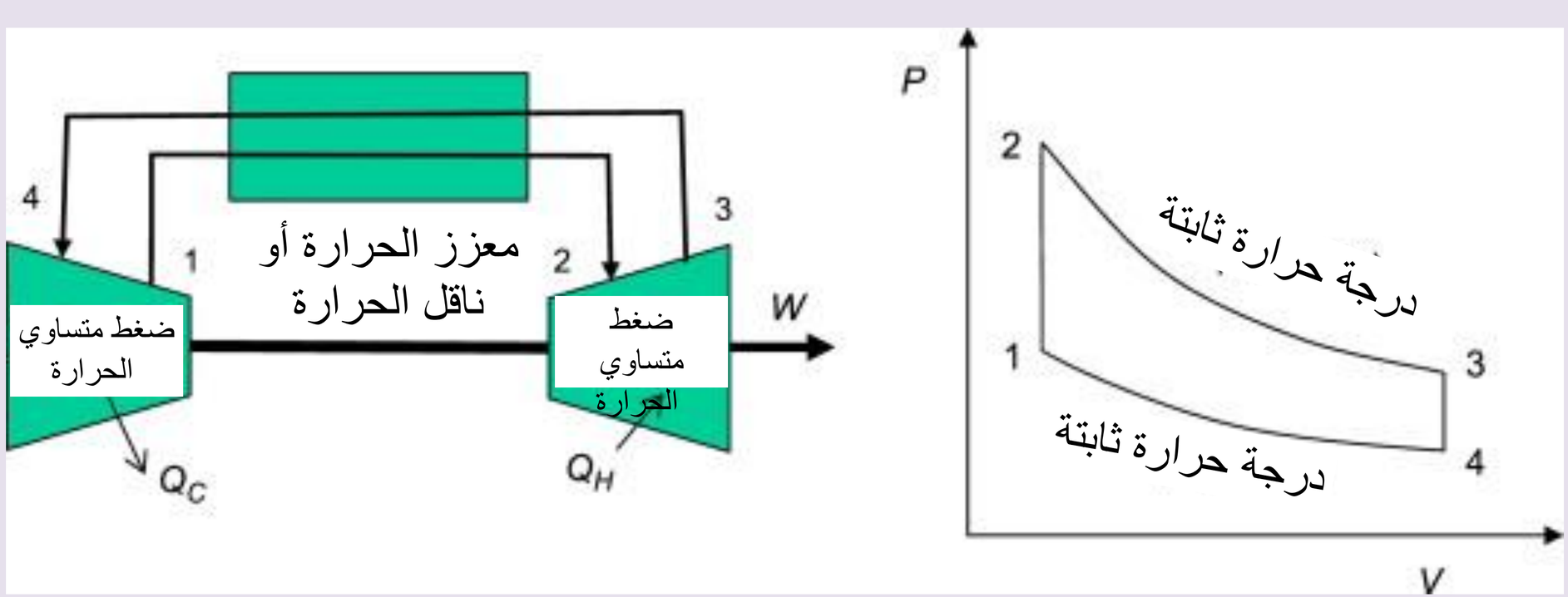
Engine operating on the Ericsson cycle.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

Ericsson Cycle
Stirling cycle

هناك دورتان أخريان تتضمنان عملية إضافة حرارة في درجة حرارة متساوية في Tc و عملية طرد حراريفي ضغط متساوي في Tf و هما دورة Stirling و دورة Ericsson وهما تختلفان عن دورة كارنو حيث يتم استبدال العمليتين المتماثلتين بعمليتي تجديد ثابت الحجم في دورةStirling ، وعمليتي تجديد بضغط ثابت في دورة Ericsson.



Engine operating on the Ericsson cycle.

Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

Ericsson Cycle

Stirling Cycle

Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

Different components of a gas thermal power plant

Cycle d'Ericsson

Cycle de Stirling

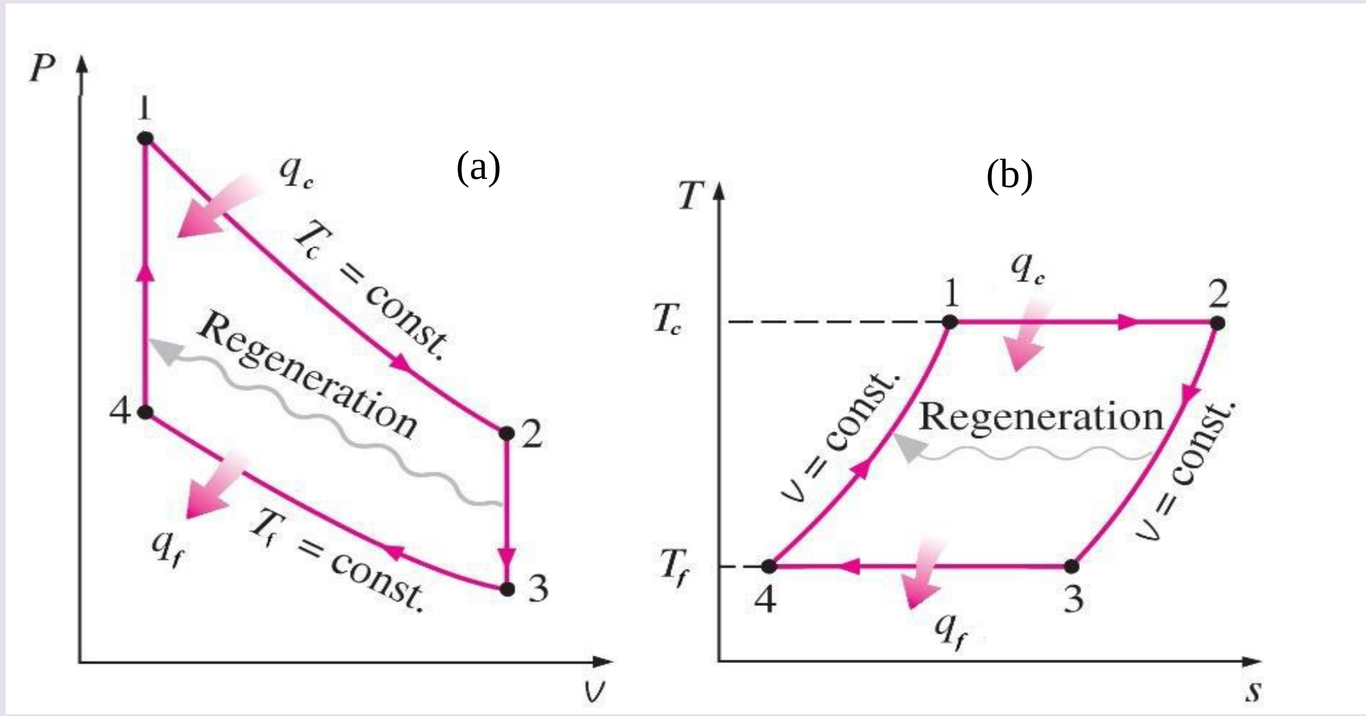
CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

1-2. T = Constant, Isothermal Expansion (addition of heat from the external hot source).

2-3. V = Constant, Regeneration (internal heat transfer from working fluid to the regenerator).

3-4. T = Constant, Isothermal Compression (heat rejection to the cold source).

4-1. V = Constant, Regeneration (internal heat transfer from the regenerator to the working fluid).



Stirling Cycle (a) Diagram PV, (b) Diagram TS.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

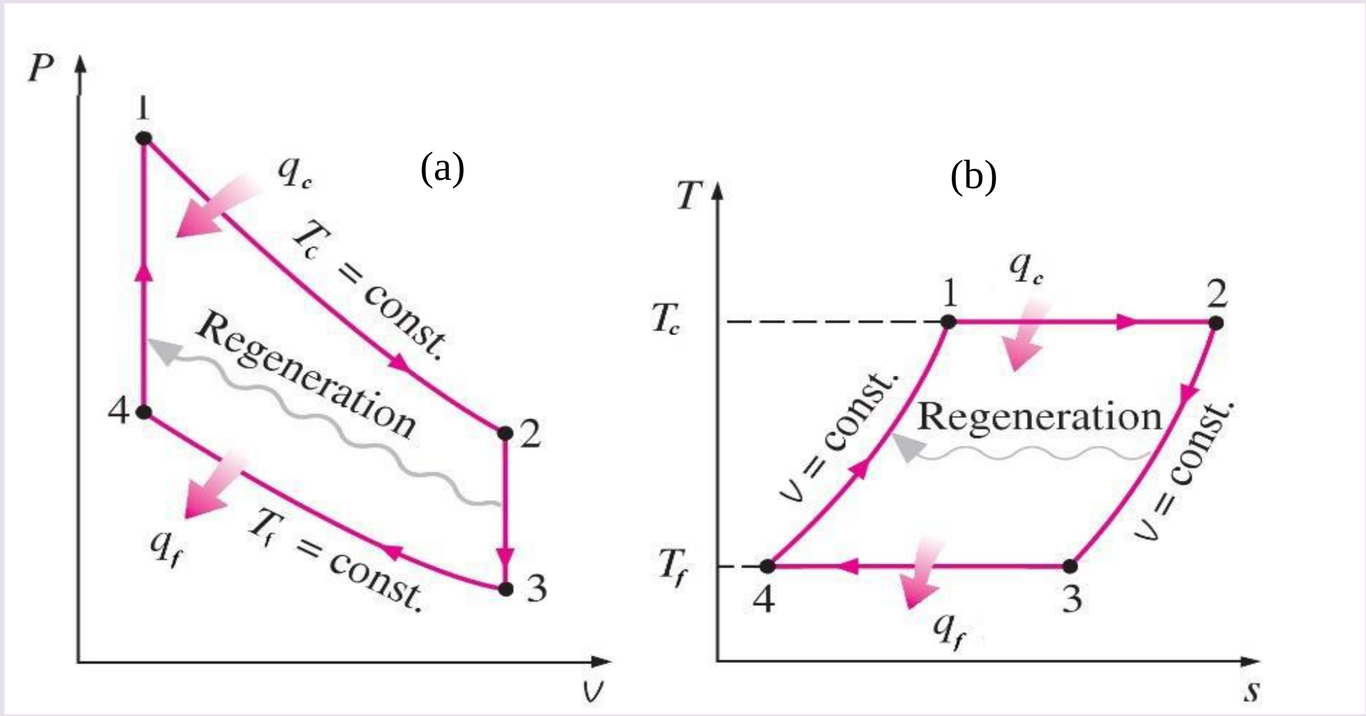
دورة Ericsson
دورة Stirling

1-2 T ثابت، تمدد الايزوثيرمي (إضافة حرارة من مصدر حراري ساخن خارجي).

3-2 V ثابت، تجدد (نقل حرارة داخلي من وسط العمل إلى المعزز الحراري).

4-3 T ثابت، الانضغاط في حرارة ثابتة (طرد الحرارة إلى مصدر البرودة).

1-4 V ثابت، تجدد (نقل حرارة داخلي من المعزز الحراري إلى وسط العمل)



Stirling Cycle (a) Diagram PV, (b) Diagram TS.

Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

Ericsson Cycle
Stirling Cycle

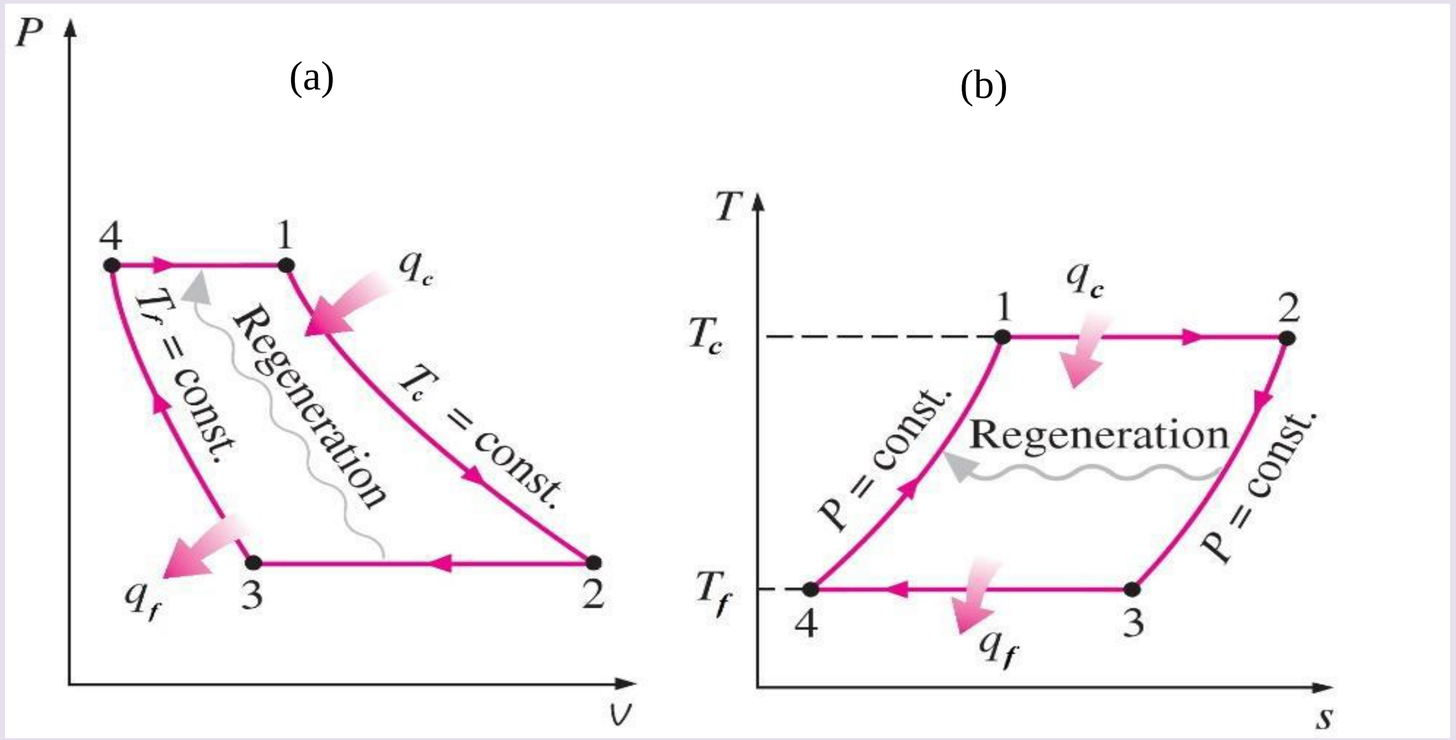
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Cycle d'Ericsson
Cycle de Stirling

The Ericsson cycle bears a strong resemblance (very similar) to the Stirling cycle, except that the two constant-volume processes are replaced by two constant-pressure processes.



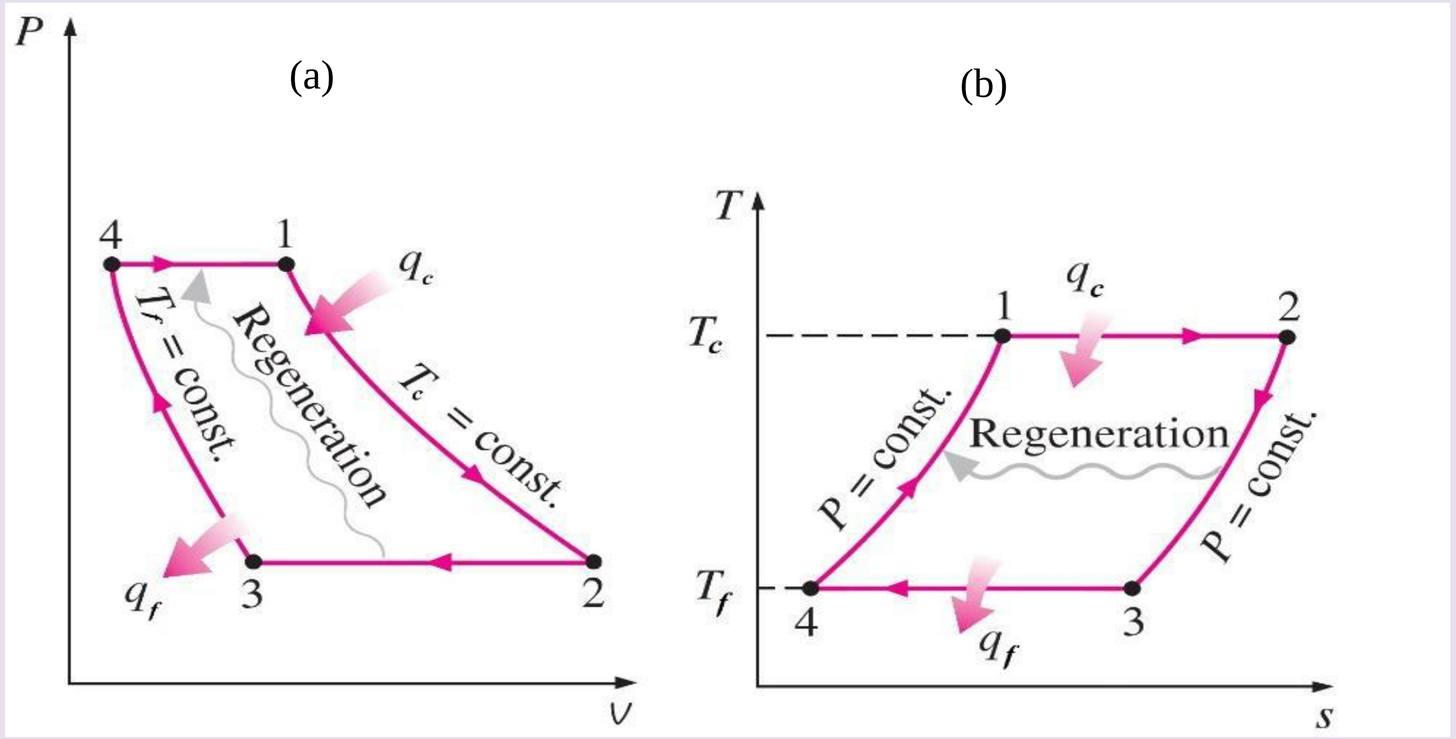
Ericsson Cycle
(a) PV Diagram, (b) TS Diagram.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

Cycle d'Ericsson
Cycle de Stirling

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة إريكسون تشبه إلى حد كبير دورة ستيرلينج، باستثناء أن العمليتين ذات الحجم الثابت تم استبدالهما بعمليتين ذات الضغط الثابت



Ericsson Cycle
(a) PV Diagram, (b) TS Diagram.

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Cycle d'Ericsson
Cycle de Stirling

The Stirling and Ericsson cycles are completely reversible, just like the Carnot cycle. According to the principle of the Carnot cycle, all three cycles must have the same thermal efficiency when operating between the same temperature limits.

$$\eta_{th,Stirling} = \eta_{th,Ericsson} = \eta_{th,Carnot} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة Ericsson
دورة Stirling

دورتي ستيرلينج وإريكسون هما قابلتين للعكس تمامًا، تمامًا مثل دورة كارنو. وفقًا لمبدأ دورة كارنو، يجب أن تكون لدى الدورات الثلاث نفس الكفاءة الحرارية عند التشغيل بين حدود درجات حرارة متماثلة

$$\eta_{th,Stirling} = \eta_{th,Ericsson} = \eta_{th,Carnot} = 1 - \frac{T_f}{T_c}$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power planr

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Multi-stage cycle with regenerator, cooling, and intermediate reheating

We can improve the thermal efficiency of the gas turbine cycle and simultaneously increase the work and power output of the system by adding to the simple Joule or Brayton cycle:

Intermediate air cooling using a two-stage (possibly multi-stage) compression with two compressor stages, C1 and C2, resulting in a reduction in compression work.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

يمكننا تحسين الكفاءة الحرارية لدورة التوربينات الغازية وزيادة عمل النظام وإخراج الطاقة في نفس الوقت عن طريق إضافة دورة جول أو برايتون البسيطة:تبريد هواء متوسط باستخدام ضغط من مرحلتين (ربما متعدد المراحل) مع مرحلتين من الضاغط ، C1 و C2، مما أدى إلى تقليل عمل الضغط

Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

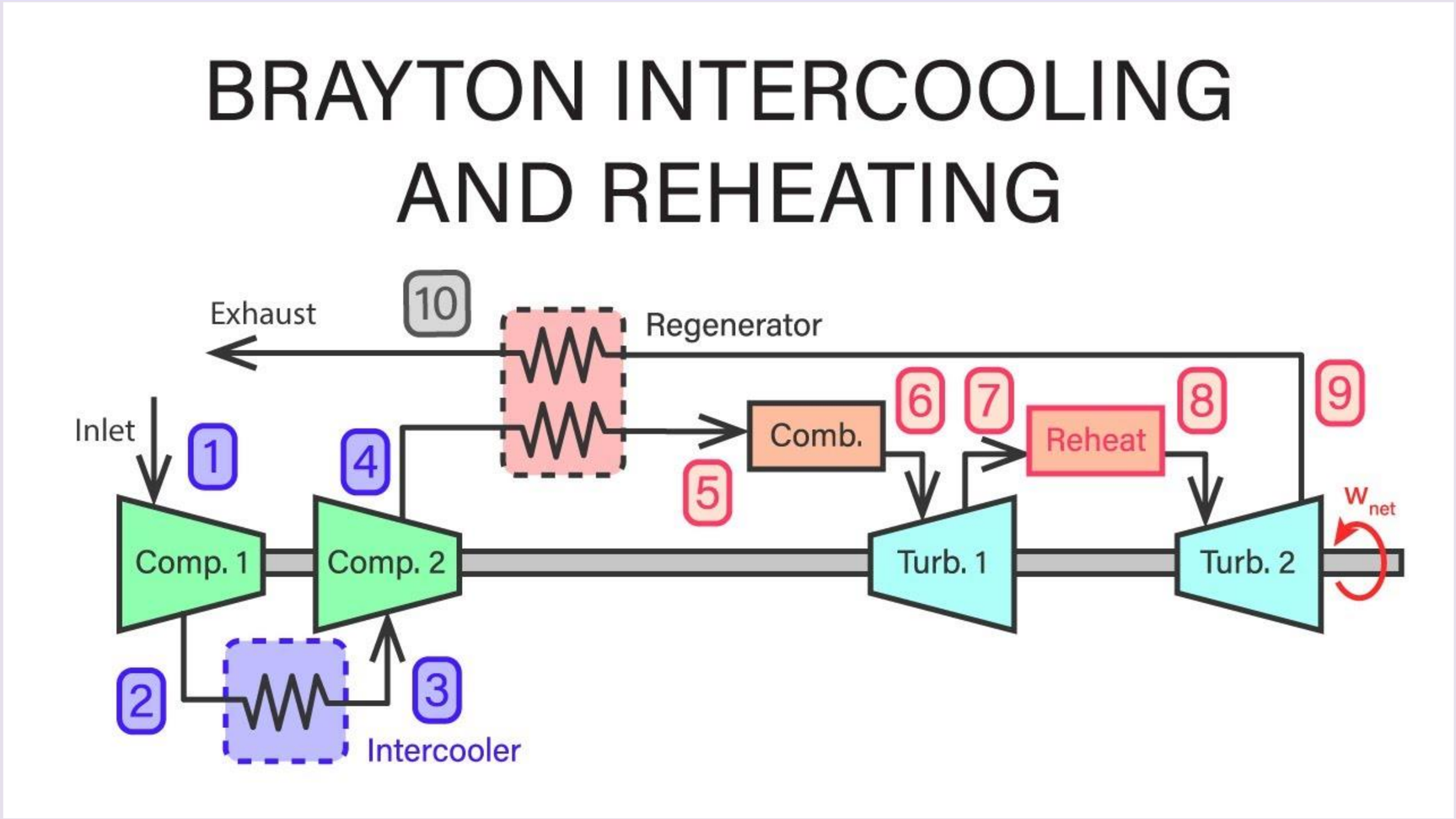
Ericsson Cycle
Stirling Cycle

Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

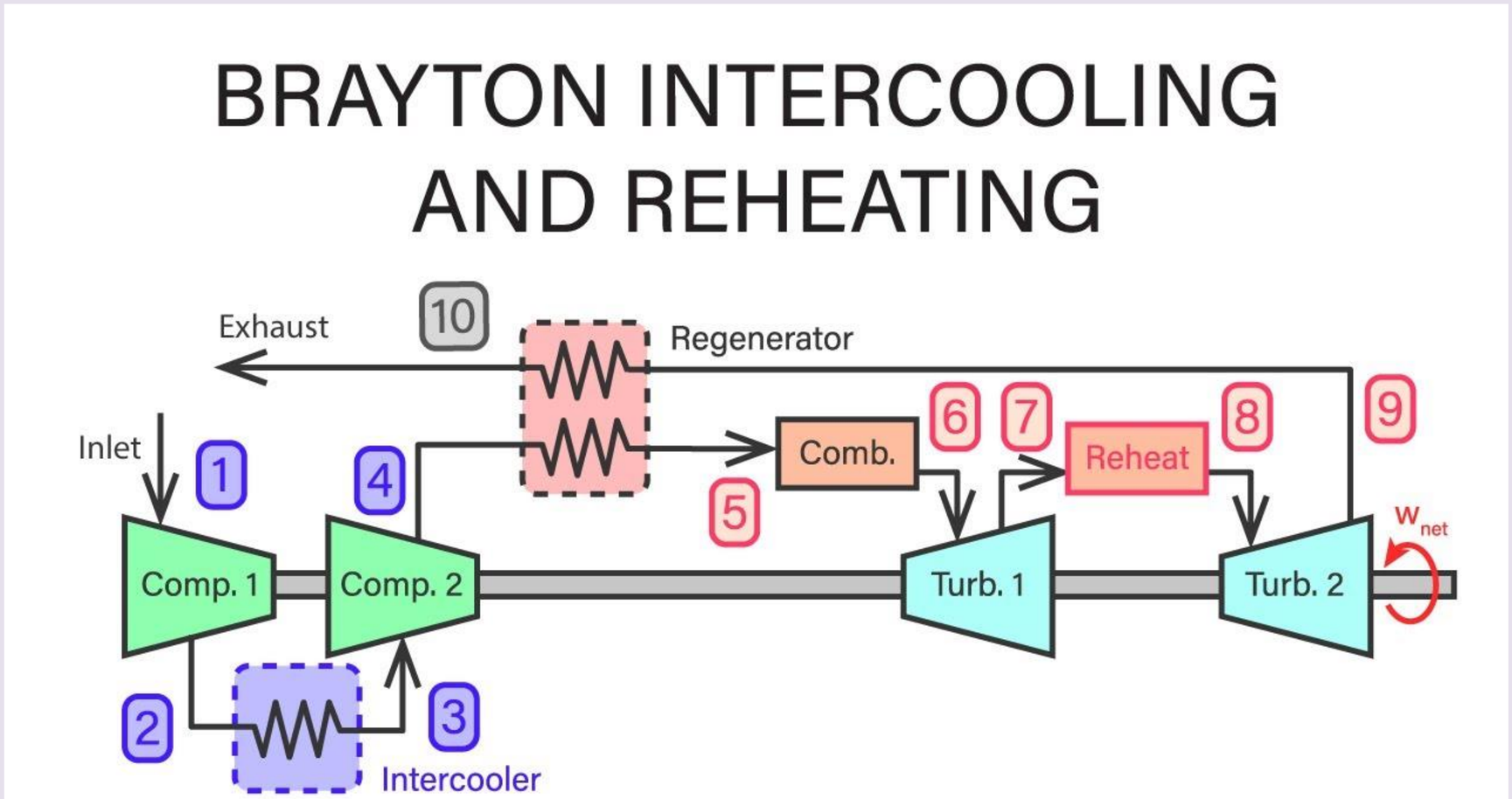


Gas turbine installation with multi-stage expansion and compression cycle with intermediate cooling, recovery and intermediate heating.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

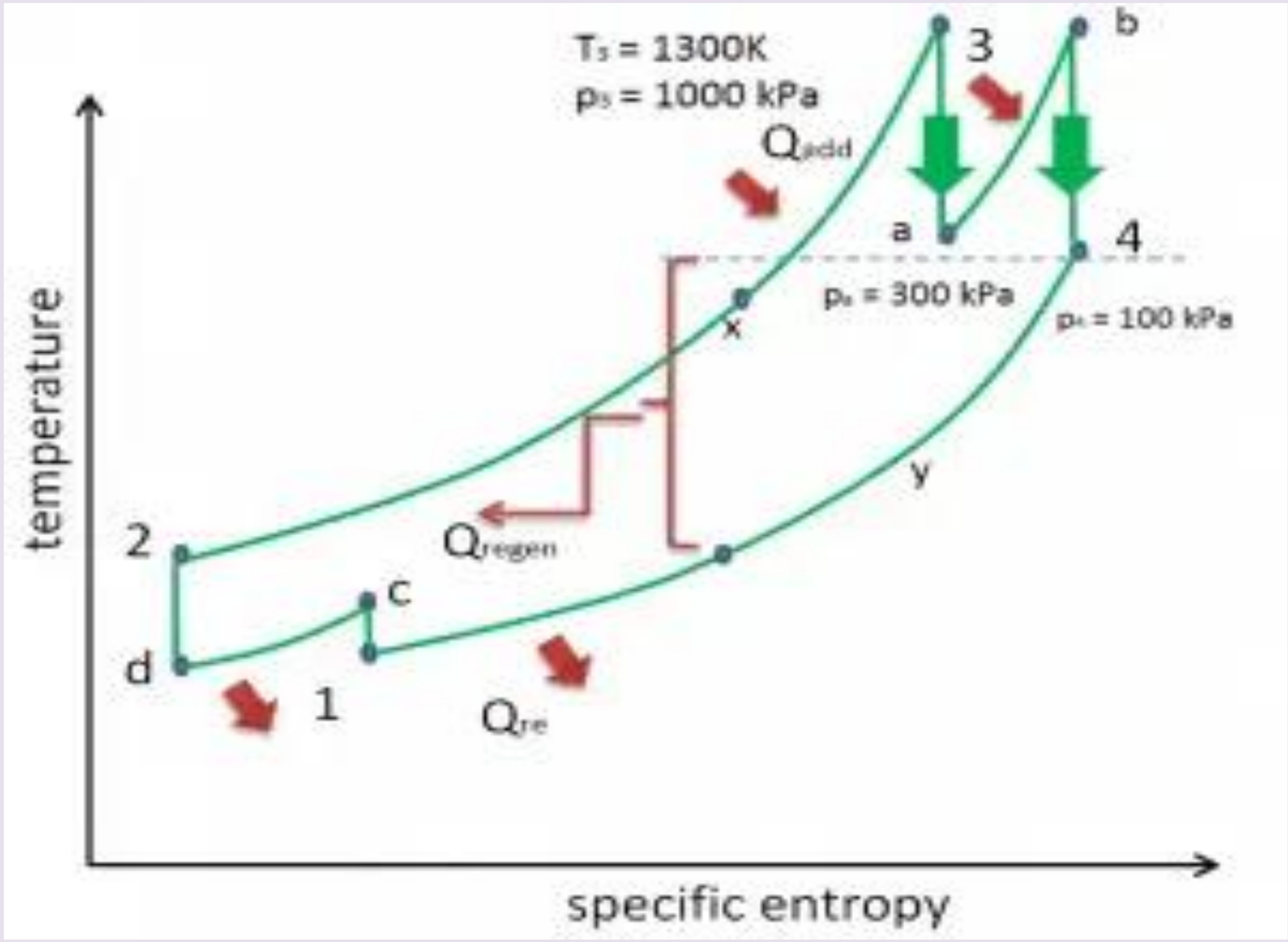


تركيب توربينات غازية مع تمدد متعدد المراحل ودورة ضغط مع تبريد متوسط واستعادة وتدفئة وسيطة.

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Multi-stage cycle with regenerator, cooling, and intermediate reheating



Cycle d'une installation de turbine à gaz avec à détente et compression multi étagées avec refroidissement intermédiaire, récupération et réchauffe intermédiaire : (a) réversible (b) irréversible.

تعريف

دورة Carnot

دورة Otto

دورة Diesel

دورة مختلطة

دورة Brayton

دورة Ericsson

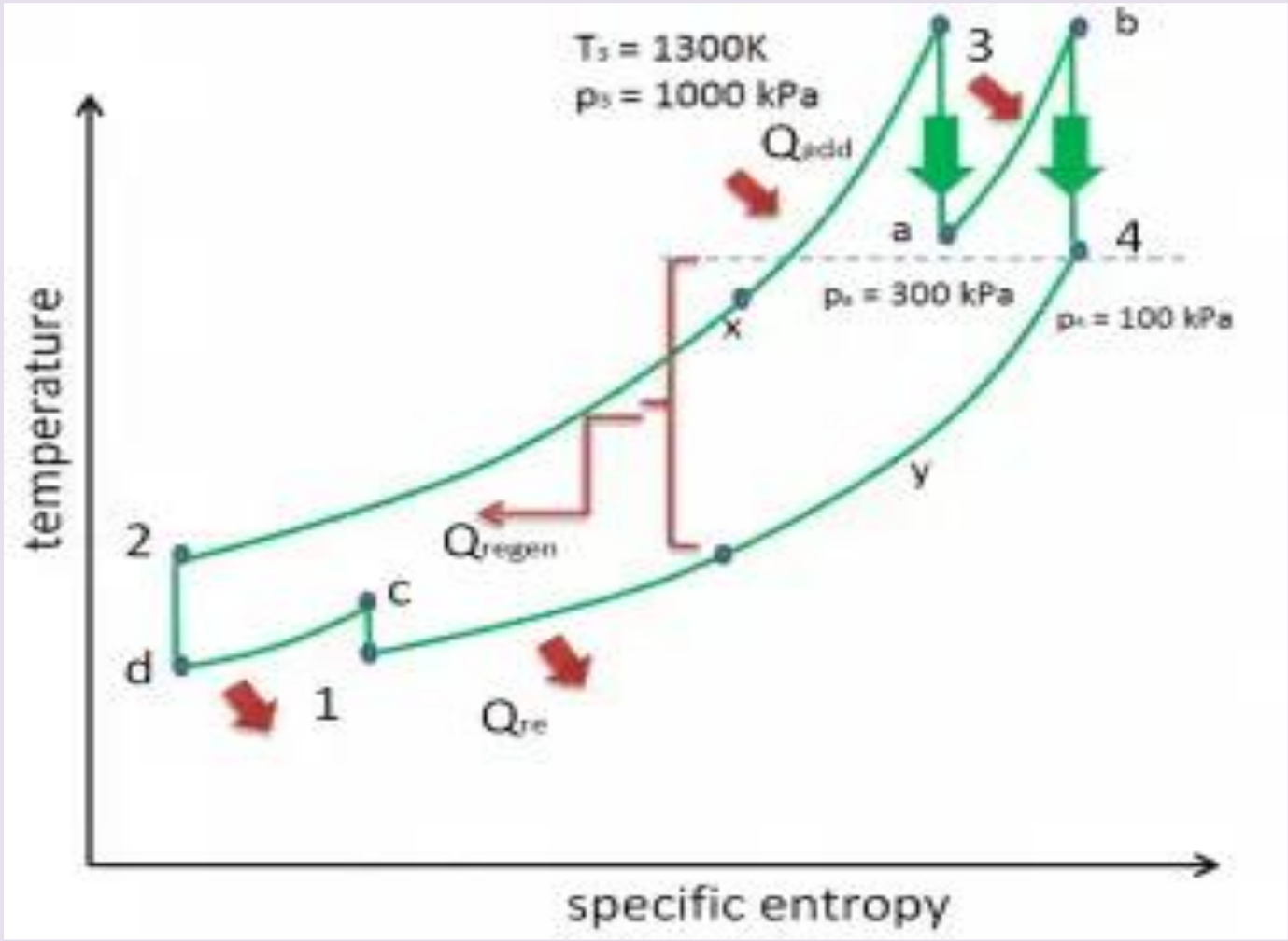
دورة Stirling

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط



دورة لتركيبة توربينة غاز مع توسع وضغط متعدد المراحل، تبريد متوسط، استرداد الحرارة وإعادة التسخين المتوسط: (أ) قابلة للعكس (ب) غير قابلة للعكس.

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Multi-stage cycle with regenerator, cooling, and intermediate reheating

Heat recovery (or regeneration) is achieved by using a surface recuperator (regenerator) to preheat the compressed air exiting compressor C2 before entering the combustion chamber. This is accomplished by transferring heat from the hot gases exiting the second turbine stage T2 before being released into the atmosphere. Additionally, a second combustion process (reheat) takes place in the second combustion chamber Ch-C2, with the gases exiting turbine T1 being introduced for a second expansion in the second turbine stage T2.

This increase in thermal efficiency of the cycle and power output comes at the expense of higher costs and increased complexity of the corresponding system.

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

تُحقَق استرداد الحرارة (أو التجدّد) عن طريق استخدام مسترجع حراري (معزز حراري) لتسخين الهواء المضغوط الخارج من الضاغط C2 قبل دخوله غرفة الاحتراق. يتم ذلك عن طريق نقل الحرارة من الغازات الساخنة المخرجة من مرحلة التوربين الثانية T2 قبل أن تخرج إلى الجو. بالإضافة إلى ذلك، يحدث عملية احتراق ثانية (إعادة التسخين) في غرفة الاحتراق الثانية Ch-C2، حيث يتم إدخال الغازات المخرجة من التوربين T1 لتجريب تمدد ثانٍ في مرحلة التوربين الثانية .T2

يتم تحقيق هذا الارتفاع في كفاءة الحرارة للدورة وزيادة الطاقة المولدة على حساب تكاليف أعلى وتعقيد متزايد للنظام المقابل.

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Multi-stage cycle with regenerator, cooling, and intermediate reheating

Considering Cp and the mass (m) of the working fluid remain constant, the energy balance for the reversible cycle (1-2-3-4-10-5-6-7-8-9-1) and the irreversible cycle (1-2'-3-4'-10'-5-6'-7-8'-9'-1), represented by figures a and b, respectively, provide the following information regarding compression work, expansion work, and heat exchange:

$$W_{C1} = W_{1\text{-}2} = (H_2 - H_1) = m.Cp.(T_2 - T_1) \quad \textit{réversible}$$

$$W_{C2} = W_{3\text{-}4} = (H_4 - H_3) = m.Cp.(T_4 - T_3) \quad \textit{réversible}$$

$$W_{T1} = W_{6\text{-}7} = (H_7 - H_6) = m.Cp.(T_7 - T_6) \quad \textit{réversible}$$

$$W_{T2} = W_{8\text{-}9} = (H_9 - H_8) = m.Cp.(T_9 - T_8) \quad \textit{réversible}$$

$$Q_1 = Q_{Ch\text{-}C1} + Q_{Ch\text{-}C2} = Q_{5\text{-}6} + Q_{7\text{-}8} = m.Cp[(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)] \quad \textit{réversible}$$

$$Q_2 = Q_{2\text{-}3} + Q_{10\text{-}1} = m.Cp[(T_3 - T_2) + (T_1 - T_{10})] \quad \textit{réversible}$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

باعتبار ثابتًا قيمة Cp وكتلة (m) المادة العاملة، فإن التوازن الحراري للدورة القابلة للعكس (1-2-3-4-5-10-6-7-8-9-1) والدورة غير القابلة للعكس (1-2'-3-4'-5-10'-6-7-8'-9-1')، والتي يتم تمثيلها بالشكلين أ وب، يوفران المعلومات التالية بشأن العمل الضاغط والعمل التوسعي وتبادل الحرارة

$$W_{C1} = W_{1\text{-}2} = (H_2 - H_1) = m.Cp.(T_2 - T_1) \quad \textit{réversible}$$

$$W_{C2} = W_{3\text{-}4} = (H_4 - H_3) = m.Cp.(T_4 - T_3) \quad \textit{réversible}$$

$$W_{T1} = W_{6\text{-}7} = (H_7 - H_6) = m.Cp.(T_7 - T_6) \quad \textit{réversible}$$

$$W_{T2} = W_{8\text{-}9} = (H_9 - H_8) = m.Cp.(T_9 - T_8) \quad \textit{réversible}$$

$$Q_1 = Q_{Ch\text{-}C1} + Q_{Ch\text{-}C2} = Q_{5\text{-}6} + Q_{7\text{-}8} = m.Cp[(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)] \quad \textit{réversible}$$

$$Q_2 = Q_{2\text{-}3} + Q_{10\text{-}1} = m.Cp[(T_3 - T_2) + (T_1 - T_{10})] \quad \textit{réversible}$$

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Multi-stage cycle with regenerator, cooling, and intermediate reheating

Cooling and intermediate reheating cycle:

Et nous avons pour le cycle irréversible :

$$W'_{C1} = W_{1\text{-}2'} = (H_{2'} - H_1) = m.Cp.(T_{2'} - T_1) \qquad \textit{irréversible}$$

$$W'_{C2} = W_{3\text{-}4'} = (H_{4'} - H_3) = m.Cp.(T_{4'} - T_3) \qquad \textit{irréversible}$$

$$W'_{T1} = W_{6\text{-}7'} = (H_{7'} - H_6) = m.Cp.(T_{7'} - T_6) \qquad \textit{irréversible}$$

$$W'_{T2} = W_{8\text{-}9'} = (H_{9'} - H_8) = m.Cp.(T_{9'} - T_8) \qquad \textit{irréversible}$$

$$Q'_2 = Q_{2'\text{-}3} + Q_{10'\text{-}1} = m.Cp[(T_3 - T_{2'}) + (T_1 - T_{10'})] \qquad \textit{irréversible}$$

Les rendements thermiques correspondants sont :

$$\eta_{th} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{(T_2 - T_3) + (T_{10} - T_1)}{(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)} \qquad \textit{réversible}$$

$$\eta'_{th} = 1 - \frac{|Q'_2|}{|Q'_1|} = 1 - \frac{(T_{2'} - T_3) + (T_{10'} - T_1)}{(T_6 - T_{5'}) + (T_8 - T_{7'})} \qquad \textit{irréversible}$$

تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط

دورة التبريد وإعادة التسخين الوسيطة

Et nous avons pour le cycle irréversible :

$$W'_{C1} = W_{1\text{-}2'} = (H_{2'} - H_1) = m.Cp.(T_{2'} - T_1) \qquad irréversible$$

$$W'_{C2} = W_{3\text{-}4'} = (H_{4'} - H_3) = m.Cp.(T_{4'} - T_3) \qquad irréversible$$

$$W'_{T1} = W_{6\text{-}7'} = (H_{7'} - H_6) = m.Cp.(T_{7'} - T_6) \qquad irréversible$$

$$W'_{T2} = W_{8\text{-}9'} = (H_{9'} - H_8) = m.Cp.(T_{9'} - T_8) \qquad irréversible$$

$$Q'_2 = Q_{2'\text{-}3} + Q_{10'\text{-}1} = m.Cp[(T_3 - T_{2'}) + (T_1 - T_{10'})] \qquad irréversible$$

Les rendements thermiques correspondants sont :

$$\eta_{th} = 1 - \frac{|Q_2|}{|Q_1|} = 1 - \frac{(T_2 - T_3) + (T_{10} - T_1)}{(T_6 - T_5) + (T_8 - T_7)} \qquad réversible$$

$$\eta'_{th} = 1 - \frac{|Q'_2|}{|Q'_1|} = 1 - \frac{(T_{2'} - T_3) + (T_{10'} - T_1)}{(T_6 - T_{5'}) + (T_8 - T_{7'})} \qquad irréversible$$

Definition

Carnot Cycle

Otto Cycle

Diesel Cycle

mixed cycle

Brayton Cycle

Ericsson Cycle
Stirling Cycle

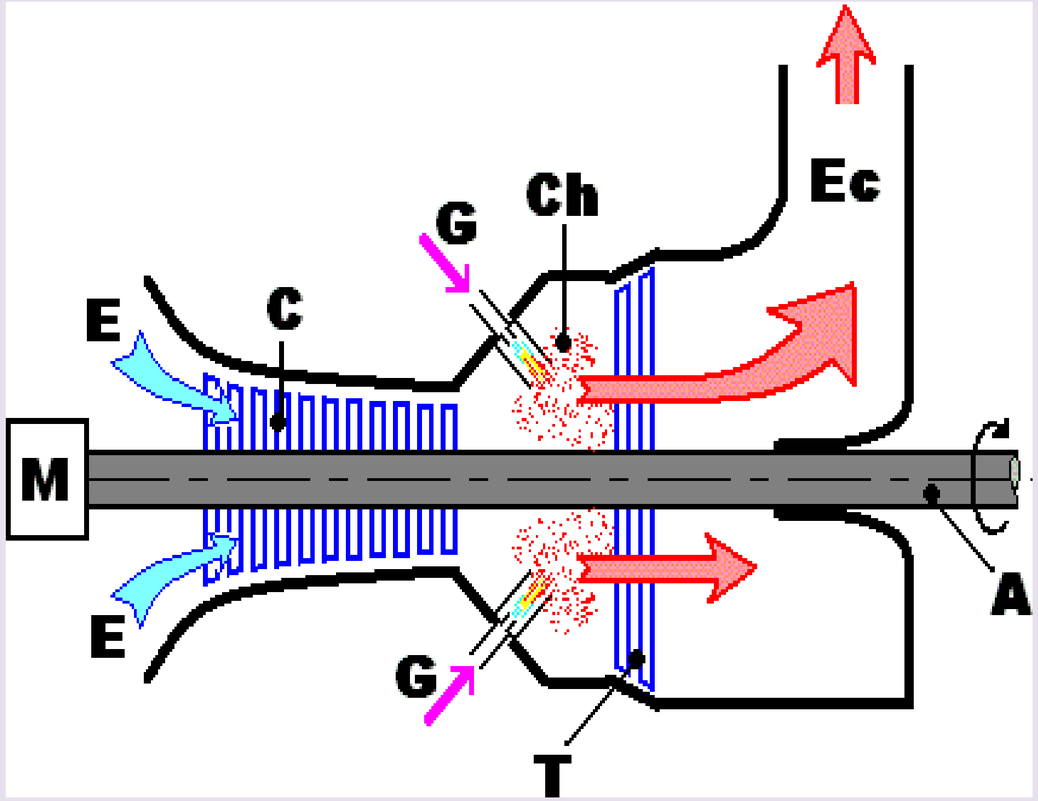
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating

Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Different components of a gas power plant.

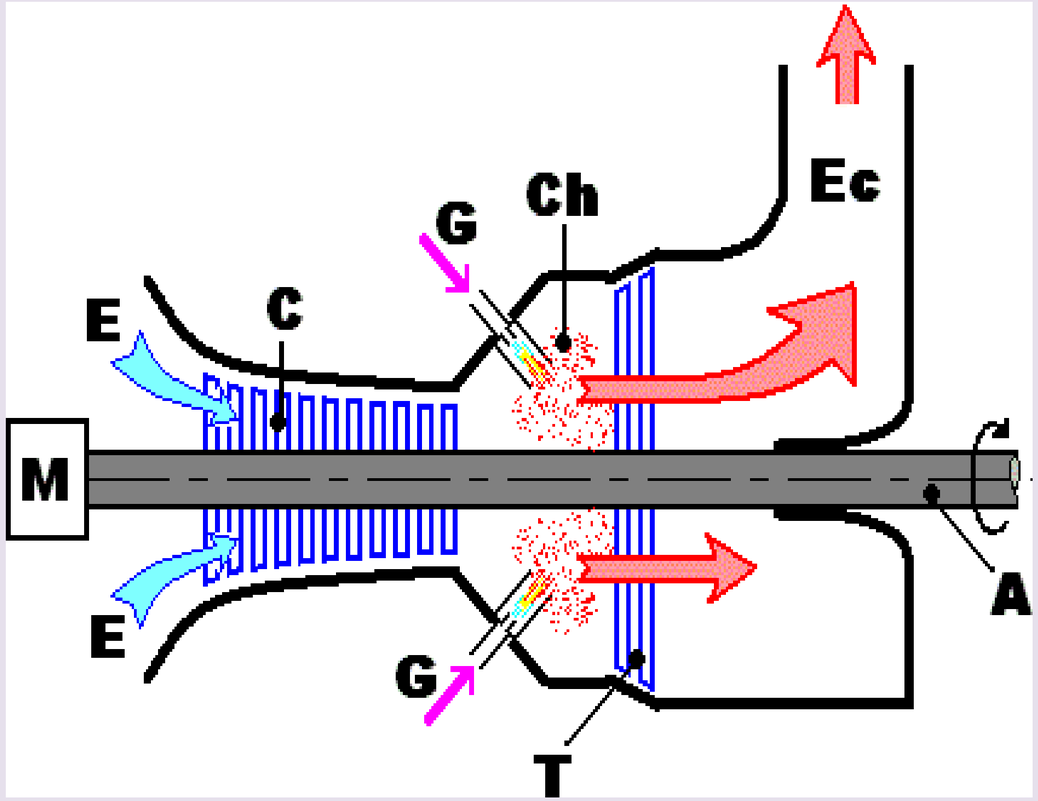
The gas turbine is essentially an internal combustion engine (similar to a diesel engine) but built in the form of a turbine. The turbine consists of a driving shaft A that powers a compressor C. Fuel G is injected into the combustion chamber Ch, driving a turbine T. The load to be driven M is located on the compressor side (cooler side).



تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

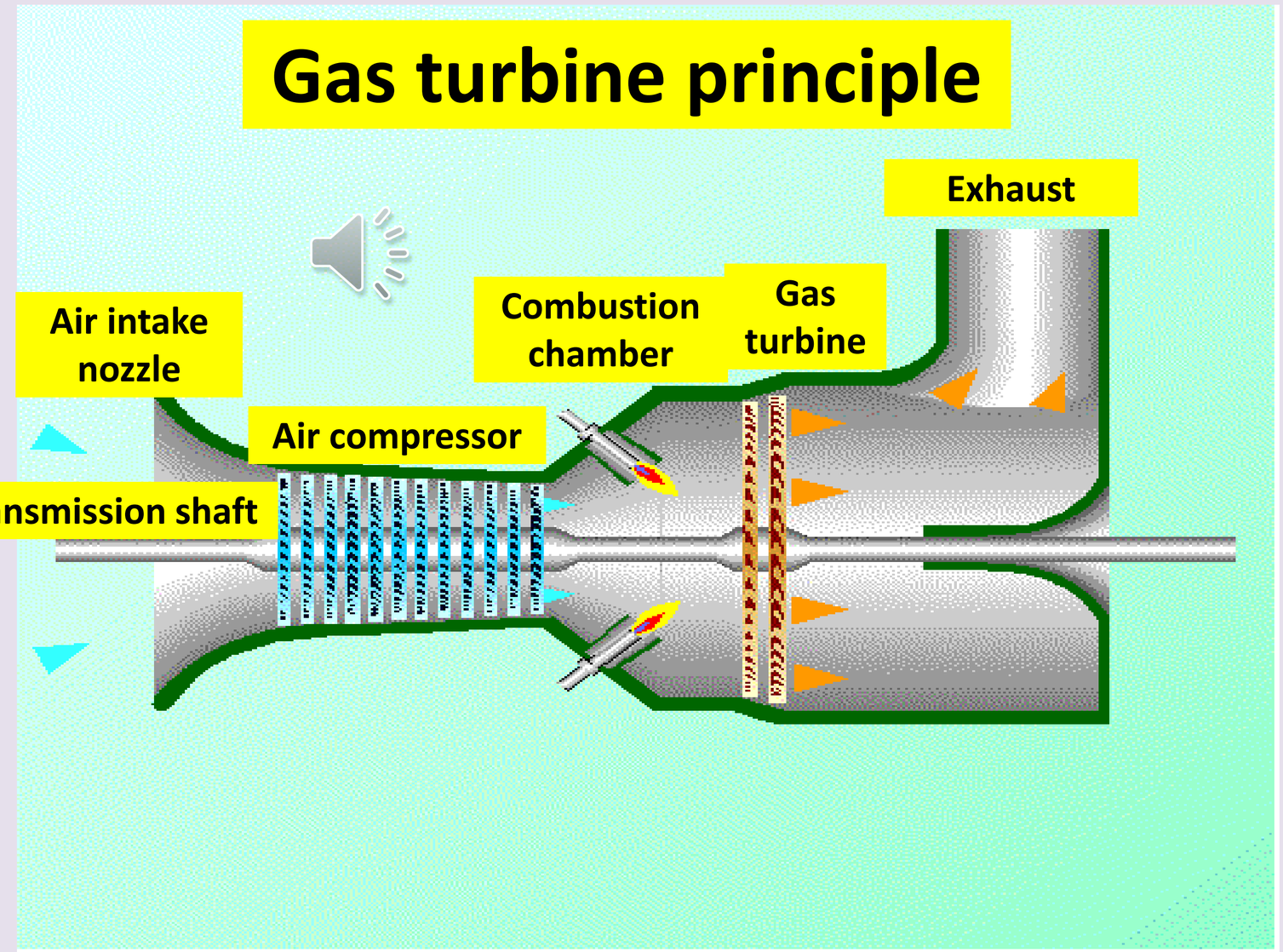


التوربينة الغازية هي في الأساس محرك احتراق داخلي (مشابه لمحرك الديزل) ولكنه مبني على شكل توربينة. تتكون التوربينة من عمود دفع A يشغل ضاغط C. يتم حقن الوقود G في غرفة الاحتراق Ch، مما يدفع التوربينة T. يتم وضع الحمل الذي يجب تشغيله M على جانب الضاغط (الجانب الأبرد).

Definition
Carnot Cycle
Otto Cycle
Diesel Cycle
mixed cycle
Brayton Cycle
Ericsson Cycle
Stirling Cycle
Multi-stage cycle with regenerator, cooling and intermediate heating
Different components of a gas thermal power plant

CHAPTER 1 . SINGLE PHASE POWER CYCLES

Different components of a gas thermal power

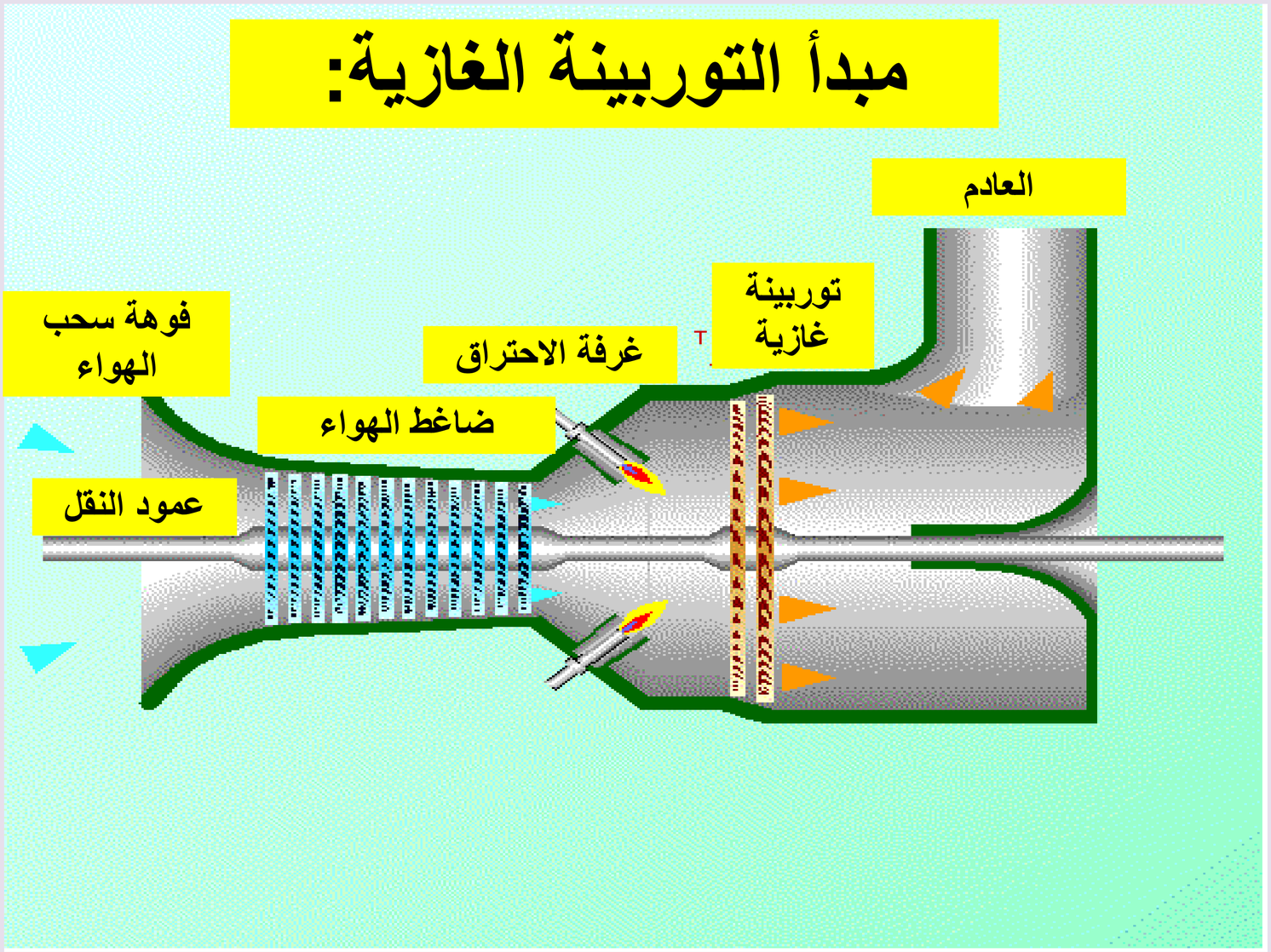


تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية بالغاز تشمل:

مبدأ التوربينة الغازية:



تعريف
دورة Carnot
دورة Otto
دورة Diesel
دورة مختلطة
دورة Brayton
دورة Ericsson
دورة Stirling
دورة متعددة المراحل مع معزز حراري، تبريد وتسخين متوسط
مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية الغازية

الفصل 1 . دورات طاقة أحادية الطور

مكونات محطة توليد الطاقة الحرارية بالغاز تشمل:

المحرك (التوربينة الغازية): تستخدم لتحويل الطاقة الحرارية إلى طاقة ميكانيكية.

المولد: يستخدم لتحويل الطاقة الميكانيكية المولدة من المحرك إلى طاقة كهربائية.

غرفة الاحتراق: تحتوي على الوقود وتسمح بحدوث عملية الاحتراق لتوليد الحرارة.

الضاغط: يستخدم لسحب الهواء الجوي وضغطه قبل دخوله إلى غرفة الاحتراق.

التسخين: يتم استخدام مبادلات حرارية لتسخين الهواء المضغوط قبل دخوله إلى غرفة الاحتراق.

التبريد: يتم استخدام مبادلات حرارية لتبريد الغازات الخارجة من المحرك قبل دخولها إلى مبادلات الحرارة الأخرى أو التصريف.

نظام الوقود: يشمل توريد الوقود (مثل الغاز الطبيعي أو النفط الخفيف) إلى غرفة الاحتراق.

نظام التحكم: يستخدم للتحكم في أداء المحرك وضبط العمليات الحرارية والكهربائية في المحطة.

نظام التبريد: يستخدم لتبريد المكونات الحرارية في المحرك والمبادلات الحرارية الأخرى.

نظام التصريف: يستخدم لإزالة الغازات الناتجة عن عملية الاحتراق والمواد الضارة الأخرى من المحرك.

نظام المياه: يستخدم لتبريد المحرك والتحكم في درجة حرارة المكونات الحرارية.

هذه هي بعض المكونات الأساسية لمحطة توليد الطاقة الحرارية بالغاز، ويمكن أن تختلف التركيبة والمكونات الدقيقة بناءً على نوع المحرك وحجم المحطة واحتياجات الطاقة.