

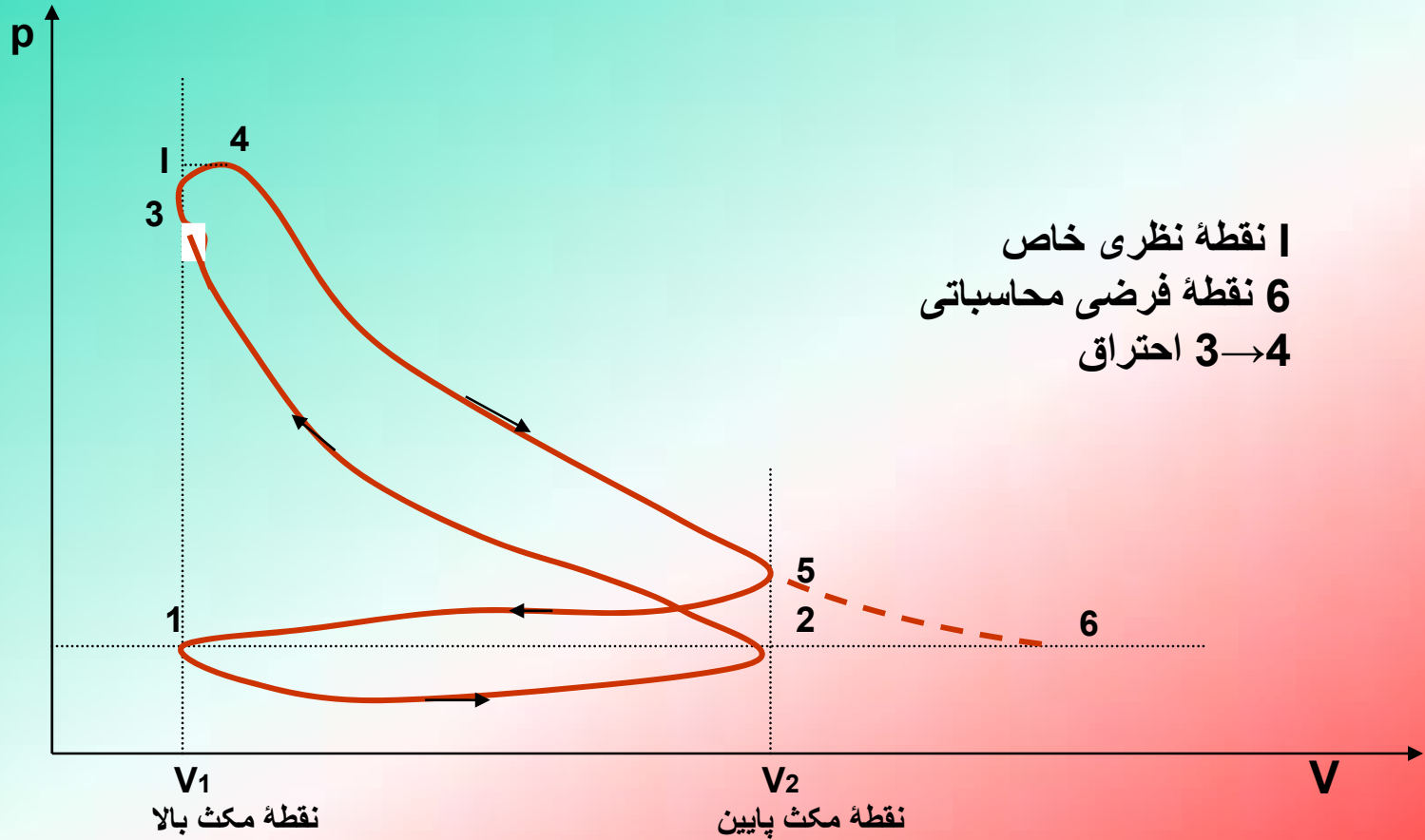


کاربرد گرمای پویایی در موتور

فهرست مطالب

۱. کلیات و یادآوری
۲. چرخه های نظری
۳. تقریبهای محاسباتی
۴. چرخه های واقعی
۵. راه حلهای بهبود بازده

۱- کلیات

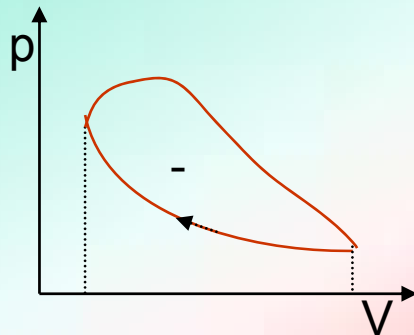


۱ نقطه نظری خاص
۶ نقطه فرضی محاسباتی
۳→۴ احتراق

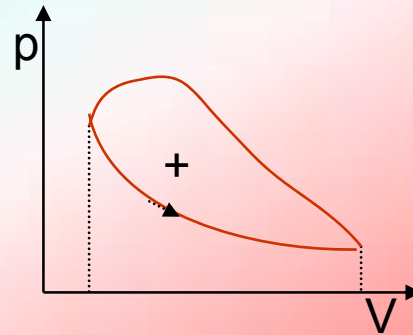
چرخه سبته Sabathé

یادآوری

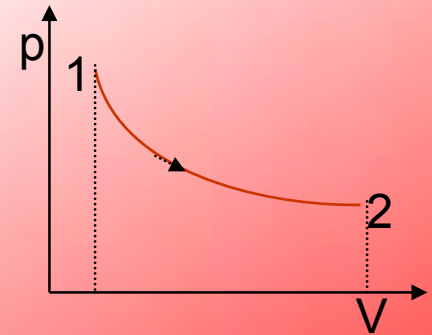
- محورهاى نمودار کلپرون Clapeyron $p-V$
- کار جزئی دریافتی سیال: $\delta W = -pdV$
- کار دریافتی در فرآیند بازگشت پذیر $1 \rightarrow 2$: $W = -\int pdV$



چرخهٔ محرک $W < 0$



چرخهٔ مقاوم $W > 0$



$$W_e = -W$$

کار دریافتی محیط خارج

اصل اول گرماپویایی

برای فرآیند $1 \rightarrow 2$ و سامانه بسته

$$(W + Q)_{1 \rightarrow 2} = U_2 - U_1 + Cin_2 - Cin_1 + Pot_2 - Pot_1$$

در فرآیند چرخه ای : $(W + Q)_{چ} = 0$; Q گرمای دریافتی

اصل اول برای فرآیند جزئی :

$$\delta W + \delta Q = dU + dCin + dPot$$

اصل اول گرماپویایی (ادامه)

برای فرآیند $1 \rightarrow 2$ و سامانه باز

$$(W' + Q)_{1 \rightarrow 2} = H_2 - H_1 + Cin_2 - Cin_1 + Pot_2 - Pot_1$$

این حالت برای دستگاههای حرارتی معتبر است

و در آن $H=U+pV$ آنتلیپی است

و کار فنی W' این قبیل دستگاهها را، در حالت بازگشت پذیری، می توان از این معادله بدست آورد :

$$W' = \int_1^2 V dp$$

در فرآیند بی دررو: $Q=0$ و در فرآیند همدمما: $T = cte$

اصل اول برای احتراق حجم ثابت: $Q_v = U_2 - U_1$

و برای احتراق فشار ثابت: $Q_p = H_2 - H_1$

اصل اول گرماپویایی (ادامه)

• تغییر گرمای واکنش بر حسب دما $dQ_p / dT = \Delta C_p$

که در آن $\Delta C_p = C_{p2} - C_{p1}$ و C_p حرارت مخصوص در

فشار ثابت است

• معادله وضع گاز کامل $pV=rT$ که در آن r ثابت و وابسته

به جنس گاز است و T دمای مطلق است .

• برای هوا : $p_0=101325Pa$, $v_p=22.4litre/28.9 g.mol=1/1.293m^3/kg$, $r=287J/K.kg$

• معادله میّر Mayer : $r = C_p - C_v$; $\gamma = C_p / C_v$

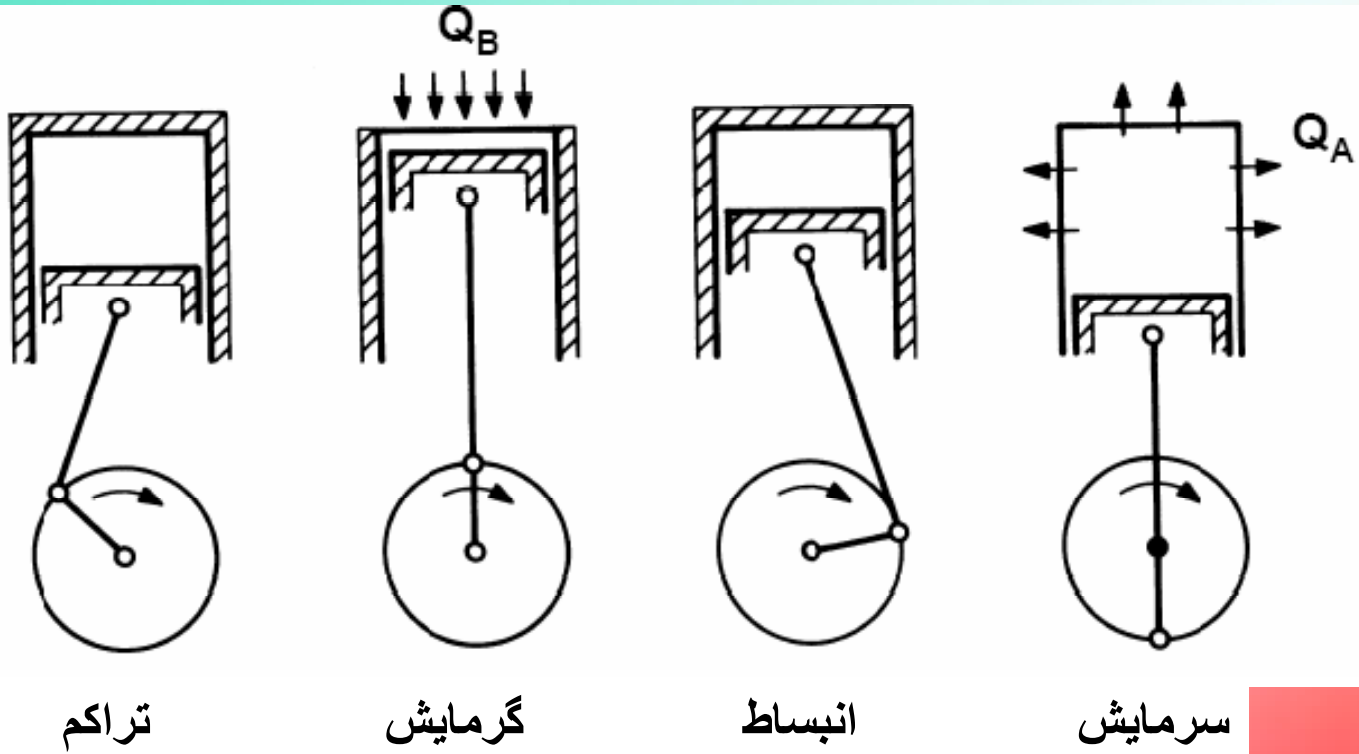
فرآیندهای گاز کامل (بازگشت پذیر)

$$w = -\int_{v_1}^{v_2} p dv = -rT \int_{v_1}^{v_2} \frac{dv}{v} = rT \cdot \text{Ln} \frac{v_1}{v_2} = rT \cdot \text{Ln} \frac{p_2}{p_1} = -Q = w' \quad \bullet \text{ دما ثابت}$$

$$\left. \begin{aligned} \delta Q &= \frac{1}{r} (C_p \cdot p \cdot dv + C_v \cdot v \cdot dp) = 0 \Rightarrow r \frac{dv}{v} + \frac{dp}{p} = 0 \Rightarrow \\ p v^\gamma &= cte \Rightarrow w = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{\gamma - 1} \quad \& \quad w' = \frac{\gamma}{\gamma - 1} (p_2 - p_1) \end{aligned} \right\} \bullet \text{ بی دررو}$$

$$p v^n = cte \Rightarrow w = \frac{p_2 v_2 - p_1 v_1}{n - 1} \quad \& \quad w' = \frac{n}{n - 1} (p_2 v_2 - p_1 v_1) \quad \bullet \text{ پلی تروپیک}$$

چرخه کاری



خواص سیال عامل

موتور اشتعال تراکمی	موتور اشتعال جرقه ای	فرآیند
<p>هوا دود باقیمانده از چرخه قبل دود بازگرداند</p>	<p>هوا سوخت (مایع و بخار) دود باقیمانده از چرخه قبل دود بازگردانده</p>	<p>تنفس</p>
<p>هوا دود باقیمانده + دودبازگردانده</p>	<p>هوا + سوخت (اساساً بخار) دود باقیمانده + دود بازگردانده</p>	<p>تراکم</p>
<p>مشابه جرقه ای</p>	<p>محصولات احتراق: مخلوط CO₂, H₂O, N₂, O₂, H₂, CO, O, H, OH, NO</p>	<p>انبساط</p>
<p>محصولات احتراق عمده: CO₂, N₂, O₂, H₂O</p>	<p>محصولات احتراق عمده: H₂O, CO₂, N₂, O₂ برای مخلوط فقیر و H₂, CO برای مخلوط غنی</p>	<p>تخلیه</p>

خواص سیال عامل (ادامه)

A رقت = نسبت جرم هوا به جرم سوخت؛

A* رقت درست = نسبت جرم هوای لازم و کافی برای احتراق کامل سوخت؛

غنا = نسبت رقت درست به رقت واقعی $r=A^*/A$ ؛

λ اضافه هوا : $\lambda=1/r$

توجه: وجود C,HC,H₂,CO در دود نشاندهنده کاهش بازده احتراق است

دود باقی مانده

• نسبت جرمی دود باقیمانده: $f = m_f / m$

که در آن m جرم کل محبوس و m_f جرم دود موجود در استوانه است :

• $m = m_e + m_a + m_c + m_f$; جرم دود بازگردانده است.

• در موتورهای جرقه ای ، با افزایش توان مقدار f کاهش می یابد :

$$0.07 < f < 0.20$$

• در موتورهای دیزل : $f < 0.04$

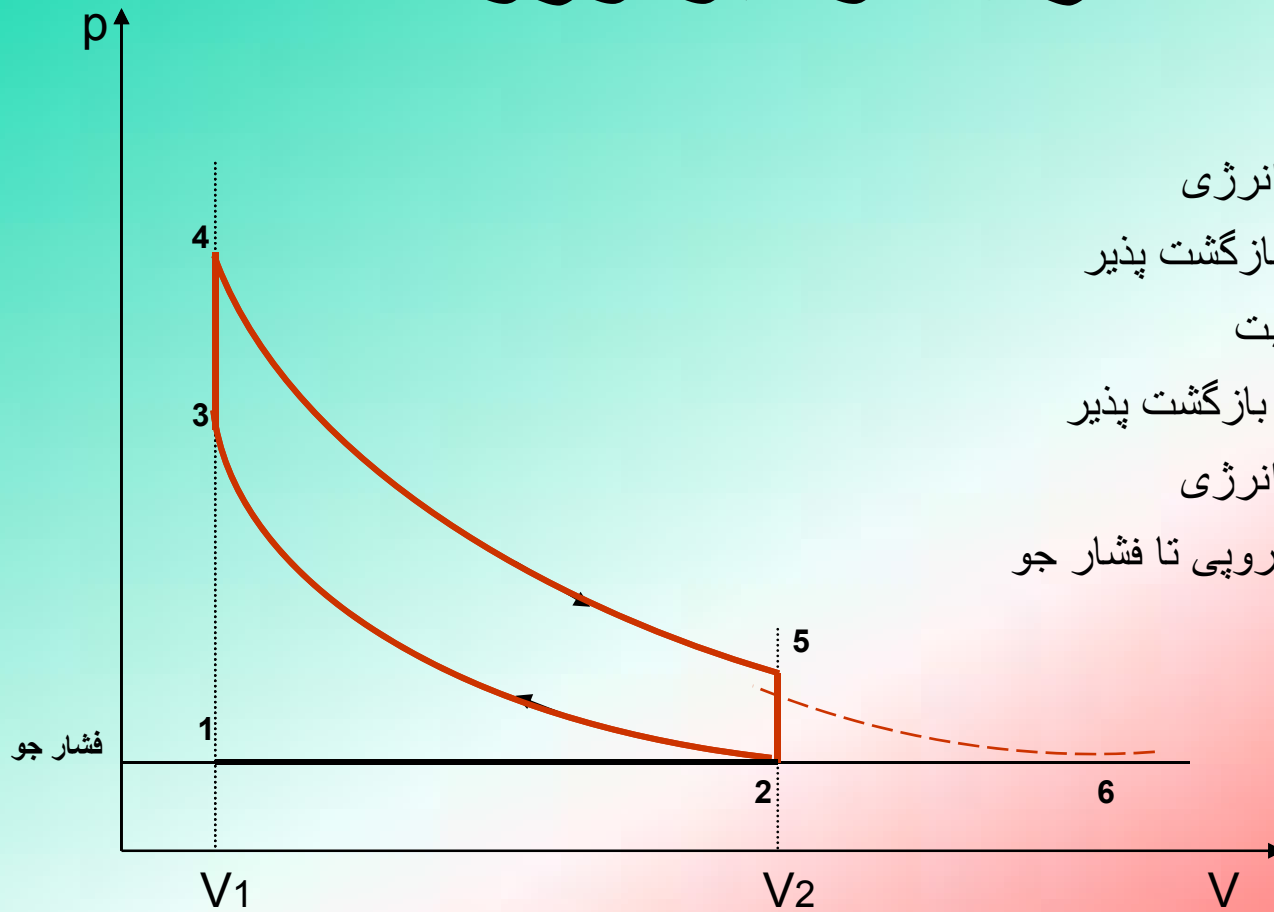
• اگر جرم تنفسی را با $m_i = m_e + m_a + m_c$ نشان دهیم

درصد دود بازگشتی برابرست با: $EGR = m_e / m_i$

۲- چرخه های نظری

- چرخه اتو- بودوروشا
- نمونه محاسبات نظری
- چرخه دیزل- ژول
- چرخه مختلط
- چرخه پرخورانی
- چرخه خفانشی
- بازده چرخه های نظری

چرخه نظری اتو-بودوروشا



- 1→2 تنفس بدون اتلاف انرژی
- 2→3 تراکم بی درروی بازگشت پذیر
- 3→4 احتراق در حجم ثابت
- 4→5 انبساط بی درروی بازگشت پذیر
- 2→1 تخلیه بدون اتلاف انرژی
- 5→6 ادامه انبساط هم آنتروپی تا فشار جو

$$\tau = \frac{V_2}{V_1}$$

$$\eta_o = 1 - \frac{1}{\tau^{\gamma-1}}$$

محاسبات چرخه نظری اتو-بودروشا

$$p_2 = p_1, T_2 = T_1, V_2 = \tau \cdot V_1$$

$$p \cdot V^\gamma = cte, V_3 = V_1 \Rightarrow p_3, T_3$$

$$q_{34} = m_c \cdot P_c^* = (m_a + m_c) \cdot C_v \cdot (T_4 - T_3) \Rightarrow p_4, T_4$$

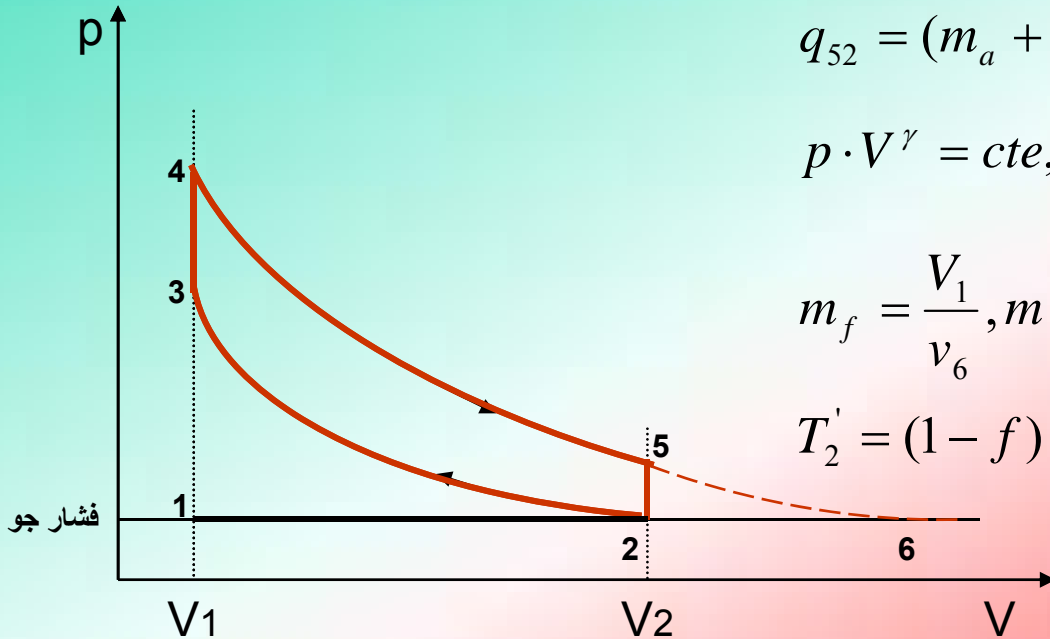
$$p \cdot V^\gamma = cte, V_4 = V_3, V_5 = V_2 \Rightarrow p_5, T_5$$

$$q_{52} = (m_a + m_c) \cdot C_v \cdot (T_2 - T_5)$$

$$p \cdot V^\gamma = cte, p_6 = p_1 \Rightarrow V_6, T_6, v_6 = \frac{R \cdot T_6}{p_6}$$

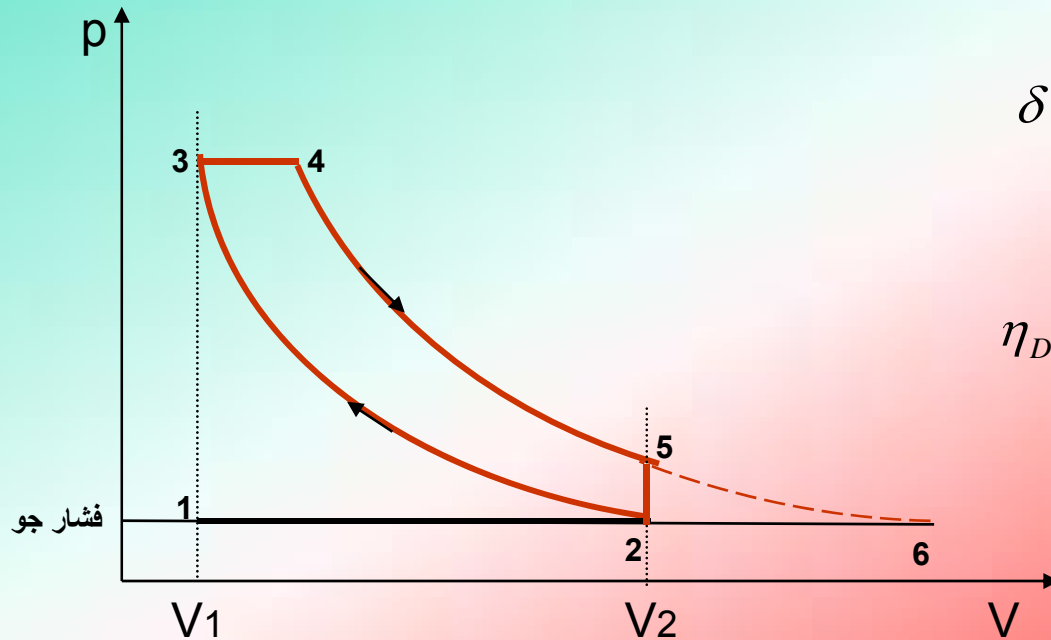
$$m_f = \frac{V_1}{v_6}, m = \frac{V_2}{v_2} \Rightarrow f = \frac{1}{\tau} \cdot \frac{v_2}{v_6}$$

$$T_2' = (1 - f) \cdot T_1 + f \cdot T_6$$



چرخه دیزل نظری

3→4 احتراق در فشار ثابت



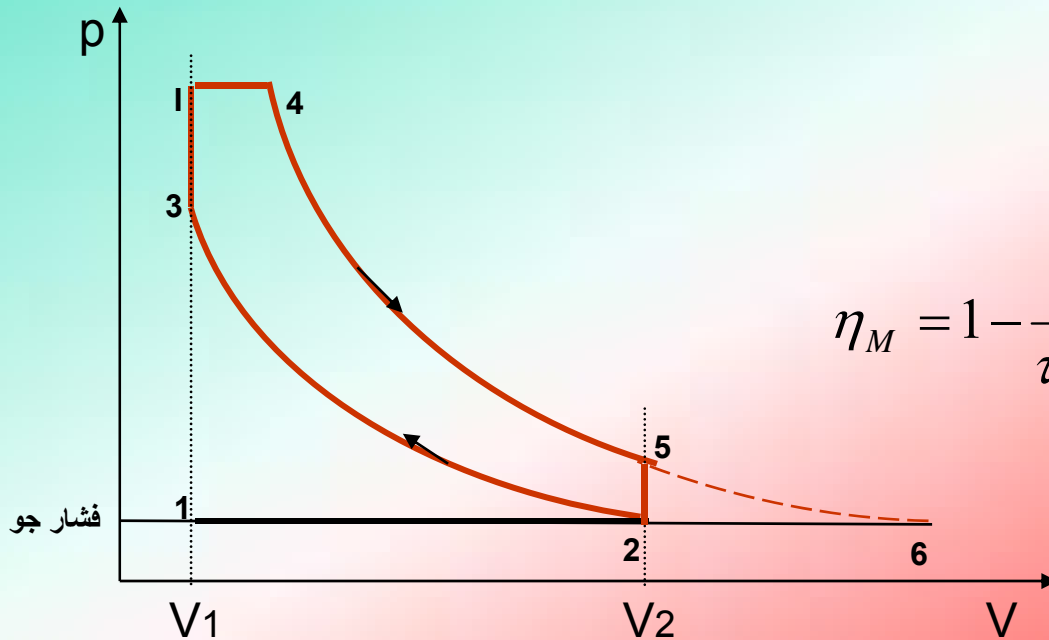
$$\delta = \frac{V_4}{V_3} = \frac{T_4}{T_3}$$

$$\eta_D = 1 - \frac{1}{\tau^{\gamma-1}} \times \frac{\delta^\gamma - 1}{\gamma(\delta - 1)}$$

چرخه مختلط نظری

3→4 احتراق در حجم ثابت

1→2 احتراق در فشار ثابت



$$\varepsilon = \frac{p_4}{p_3}$$

$$\eta_M = 1 - \frac{1}{\tau^{\gamma-1}} \times \frac{\varepsilon \delta^\gamma - 1}{\varepsilon - 1 + \gamma \varepsilon (\delta - 1)}$$

چرخه پر خورانی نظری

