

บทที่ 2

ทฤษฎีพื้นฐานของเครื่องยนต์สันดาปภายใน

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีพื้นฐานต่างๆของเครื่องยนต์สันดาปภายในที่เป็นพื้นฐานของเครื่องยนต์เชื้อเพลิงร่วมแก๊สธรรมชาติกับน้ำมันดีเซล ซึ่งเป็นหัวข้อในการวิจัยครั้งนี้

2.1 การเปรียบเทียบวัฏจักรออตโต วัฏจักรดีเซลและวัฏจักรร่วม (Comparison of Otto, Diesel and Dual cycles) [7]

การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของวัฏจักรนั้นจะใช้สมการในการคำนวณเดียวกัน

$$\eta_t = 1 - (q_{out} / q_{in})$$

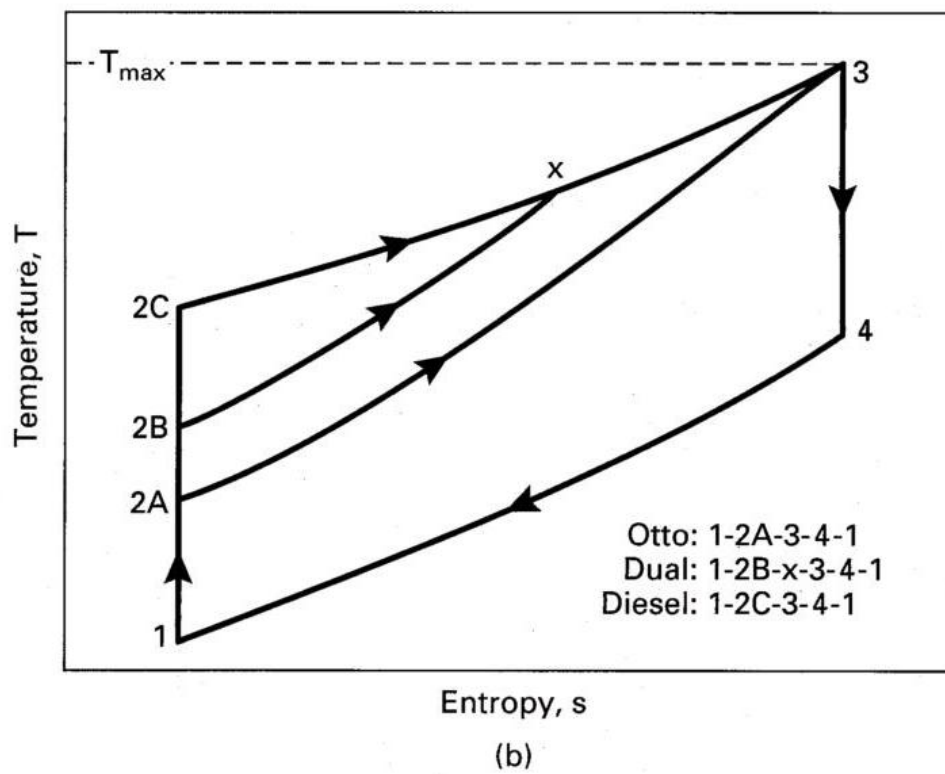
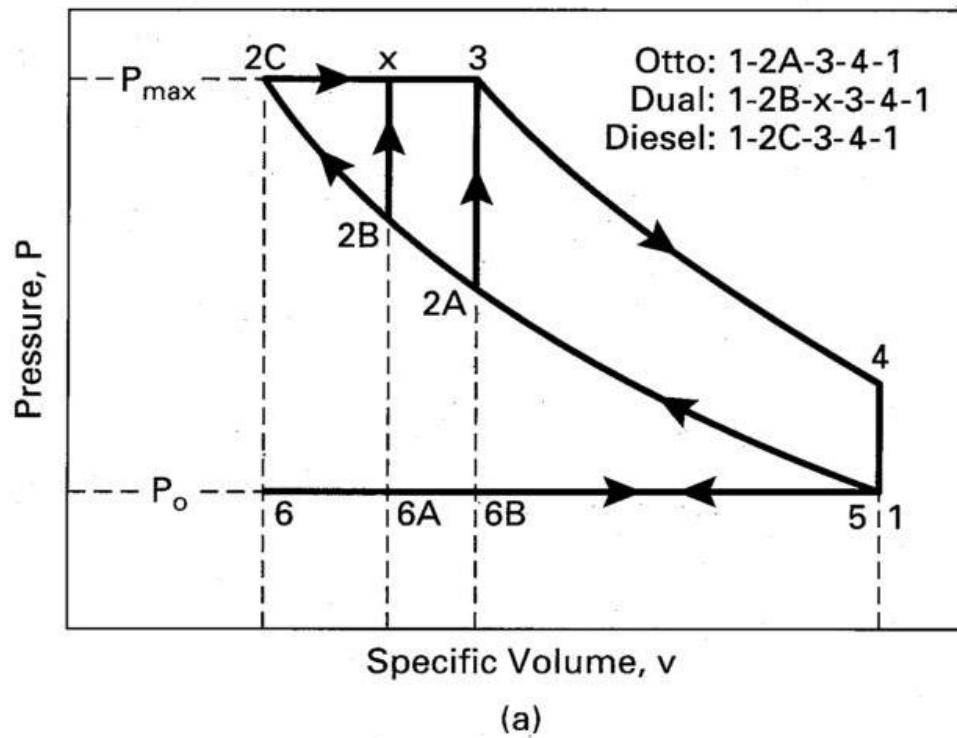
ในกรณีที่ควบคุมสถานะทางเข้าของระบบให้เหมือนกันและควบคุมให้อัตราส่วนการอัดเท่ากันจะพบว่าประสิทธิภาพของวัฏจักรออตโตสูงที่สุดและวัฏจักรดีเซลต่ำสุด

$$(\eta)_{OTTO} > (\eta)_{DUAL} > (\eta)_{DIESEL}$$

แต่อย่างไรก็ตามไม่ถือว่าเป็นการเปรียบเทียบที่ถูกต้องเพราะในทางปฏิบัติแล้วอัตราส่วนการอัดของวัฏจักรทั้งสามแบบไม่เท่ากัน ดังนั้นวิธีการเปรียบเทียบอีกวิธีการหนึ่งคือการกำหนดให้ความดันสูงสุดเท่ากัน จะพบว่าวัฏจักรดีเซลสูงที่สุดและวัฏจักรออตโตต่ำสุด

$$(\eta)_{DIESEL} > (\eta)_{DUAL} > (\eta)_{OTTO}$$

ในทางอุดมคติแล้วเครื่องยนต์จะมีประสิทธิภาพมากที่สุดเมื่อเป็นเครื่องยนต์ที่ทำงานด้วยขบวนการปริมาตรคงที่และจุดระเบิดด้วยการอัด ซึ่งทำงานที่อัตราส่วนการอัดสูงที่สุด อย่างไรก็ตามมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องพัฒนาให้ดีขึ้นกว่าปัจจุบัน



รูปที่ 2.1 Comparison of air-standard Otto cycle, Dual cycle and Diesel cycle. All engine have the same cylinder input conditions and same maximum temperature and pressure.

2.2 เครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงผสมแก๊สกับน้ำมันดีเซล (DDF-Engine) [4]

ในหัวข้อนี้จะกล่าวถึงการเปรียบเทียบการทำงานและการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ทั้งสามชนิดคือ Spark plug type natural gas engine, Diesel engine and DDF Natural gas engine.

2.2.1 The combustion of spark plug type natural gas engine

แก๊สธรรมชาติกับอากาศจะถูกผสมให้ใกล้เคียงกับ Stoichiometric mixture เชื้อเพลิงถูกจุดระเบิดด้วยประกายไฟจากหัวเทียน และเกิดการเผาไหม้แบบ Premixed combustion โดยจะเพิ่มขึ้นในอัตราที่คงที่ ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2(a) มีผลโดยตรงทำให้เสียงจากการเผาไหม้ต่ำ และปริมาณควันดำต่ำ เพราะเชื้อเพลิงถูกผสมเป็นเนื้อเดียวกันกับอากาศใกล้เคียง Stoichiometric mixture แต่อย่างไรก็ตามอุณหภูมิในห้องเผาไหม้จะสูงกว่าเมื่อเทียบกับเครื่องยนต์ดีเซล

2.2.2 The combustion of diesel engine

การเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลแบ่งเป็นสองส่วนคือ ส่วนแรกเป็นการเผาไหม้ซึ่งเกิดจากการจุดระเบิดด้วยตัวเองของส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศเรียกว่า Premixed combustion และหลังจากนั้นเป็นการเผาไหม้ของส่วนผสมเชื้อเพลิงกับอากาศที่เหลือจากการเผาไหม้ช่วงแรก เรียกว่า Diffusive combustion ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2(b)

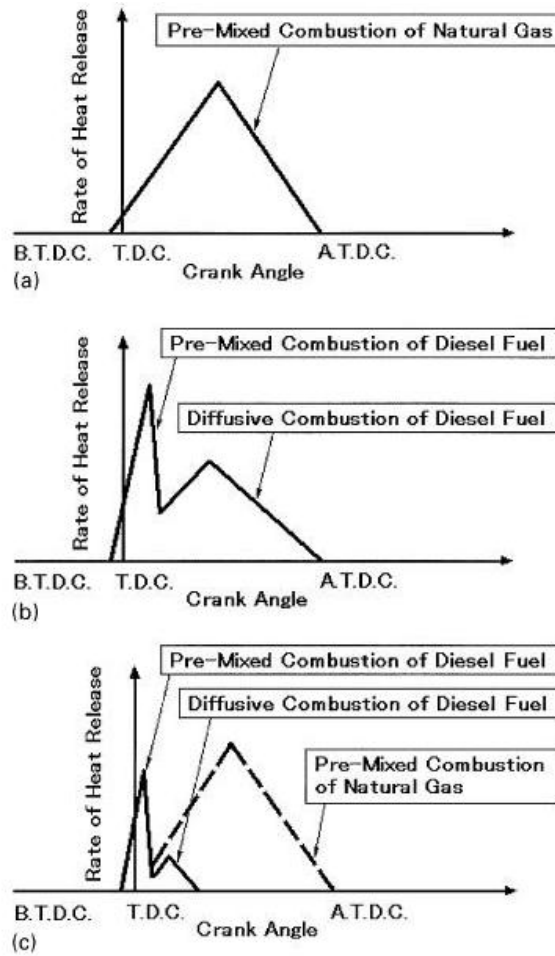
การเผาไหม้ในช่วงแรกของ Premixed combustion โดยปกติแล้วมีปริมาณมลพิษ NOx มีค่าสูงเนื่องจากมีอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงมาก และความดันในห้องเผาไหม้ที่มีค่าสูงก็มีผลทำให้มีเสียงดังจากการเผาไหม้มากขึ้น

การเผาไหม้ในช่วงที่สอง Diffusive combustion ส่วนผสมเชื้อเพลิงต่ออากาศที่หนา มีผลทำให้ PM, smoke, CO and THC มีค่าสูงตามไปด้วย

2.2.3 The combustion of DDF engine

เครื่องยนต์ DDF เป็นการใช้เชื้อเพลิงสองชนิดร่วมกันดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น โดยเชื้อเพลิงดีเซลที่ใช้ในการเผาไหม้จะถูกออกแบบให้ลดลงในปริมาณที่เหมาะสม ซึ่งมีหน้าที่หลักคือช่วยในการจุดระเบิดนั่นเอง

การเผาไหม้ถูกแบ่งออกเป็นสองส่วนคือ ช่วงแรกเป็นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลที่จุดระเบิดด้วยตัวเอง Premixed combustion และช่วงที่สองเป็นการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงดีเซลที่เหลือเป็นแบบ Diffusive combustion ไปพร้อมๆกับการเผาไหม้ของส่วนผสมแก๊สกับอากาศ ซึ่งเป็นการเผาไหม้แบบ Premixed combustion ดังที่ได้แสดงไว้ในรูปที่ 2.2(c) เสียงจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์มีค่าต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลเนื่องจากปริมาณดีเซลที่ลดลง



รูปที่ 2.2 Schematic diagram of heat release for Engine: (a) Spark plug type natural gas engine, (b) Diesel engine, (c) DDF Natural gas engine [4]

2.3 Air and Fuel flow in Carburetor and Mixer [7]

The air flow through a venturi throat can be written:

$$\dot{m}_a = (C_{Dt} A_t P_0 / \sqrt{(RT_0)}) (P_t/P_0)^{1/k} \{ [2k/(k-1)] [1 - (P_t/P_0)^{(k-1)/k}] \}^{1/2}$$

where: C_{Dt} = discharge coefficient of venturi throat

A_t = flow area of venturi throat

T_0, P_0 = ambient temperature and pressure

P_t = throat pressure

R = gas constant

The pressure differential in the air will be:

$$\Delta P_a = P_0 - P_t = P_1 - P_2$$

where: P_1 = the surrounding pressure

P_2 = the pressure in the throat

Pressure differential through the fuel capillary will be:

$$\Delta P_f = \Delta P_a - \rho_f g h$$

where: ρ_f = density of fuel

g = acceleration due to gravity

h = height differential in the fuel capillary tube

Liquid fuel flow through a capillary tube is:

$$\dot{m}_f = C_{Dc} A_c \sqrt{(2\rho_f \Delta P_f)}$$

where: C_{Dc} = discharge coefficient of the capillary tube

$A_c \sqrt{(2\rho_f \Delta P_f)}$ = cross sectional flow area of the capillary tube

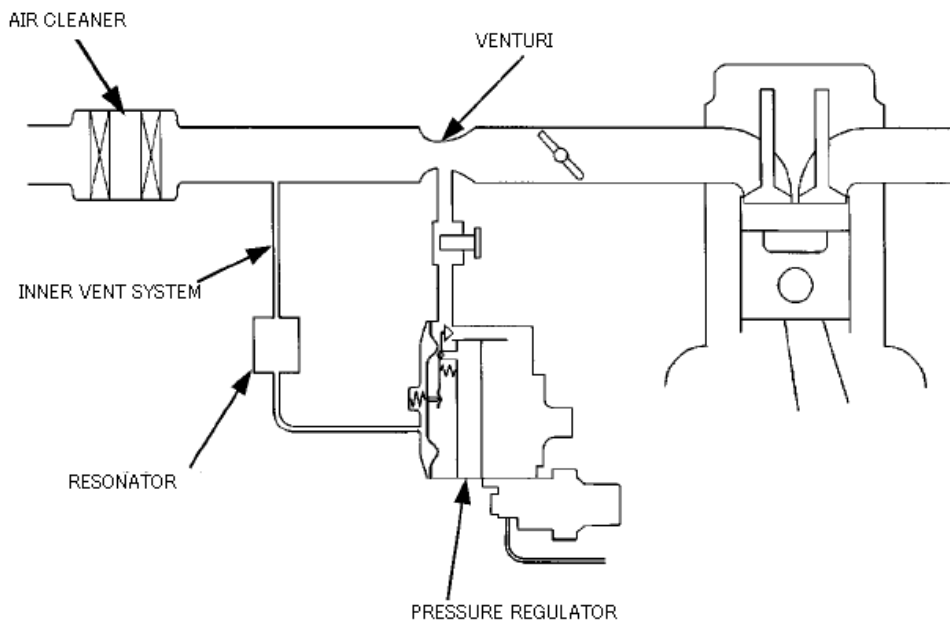
The air-fuel ratio supplied by the carburetor can be obtained:

$$AF = \dot{m}_a / \dot{m}_f = (C_{Dt} / C_{Dc}) (A_t / A_c) (\rho_a / \rho_f)^{1/2} \Omega \Pi$$

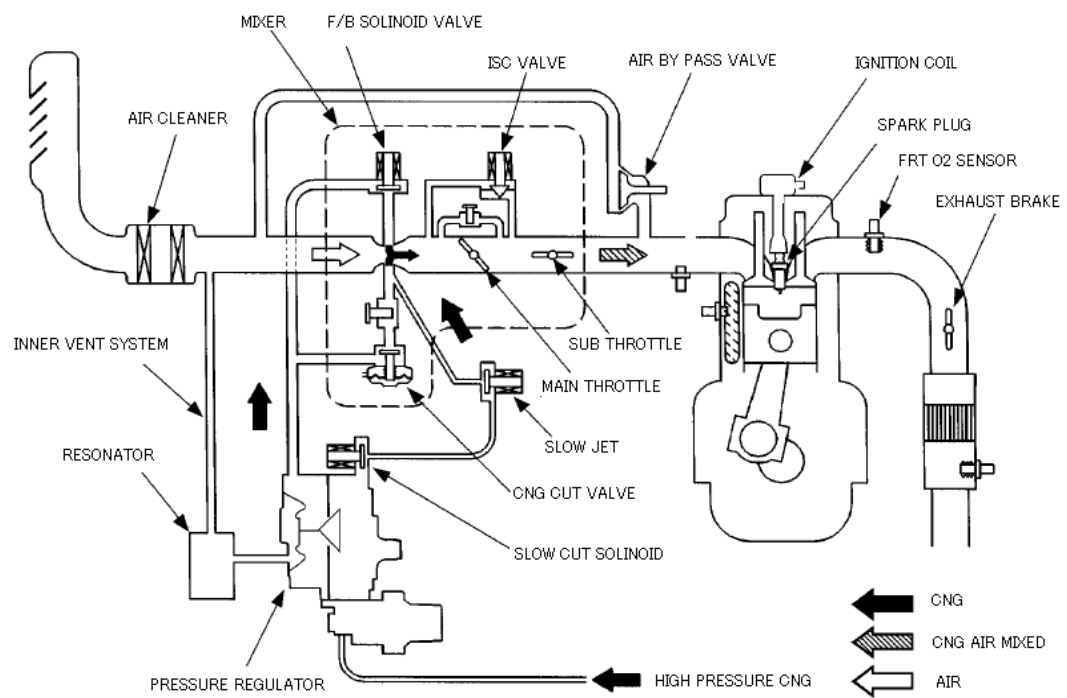
with $\Omega = [\Delta P_a / (\Delta P_a - \rho_f g h)]^{1/2}$

$$\Pi = \{ [k / (k-1)] [(P_t / P_0)^{2/k} - (P_t / P_0)^{(k+1)/k}] / [1 - (P_t / P_0)] \}^{1/2}$$

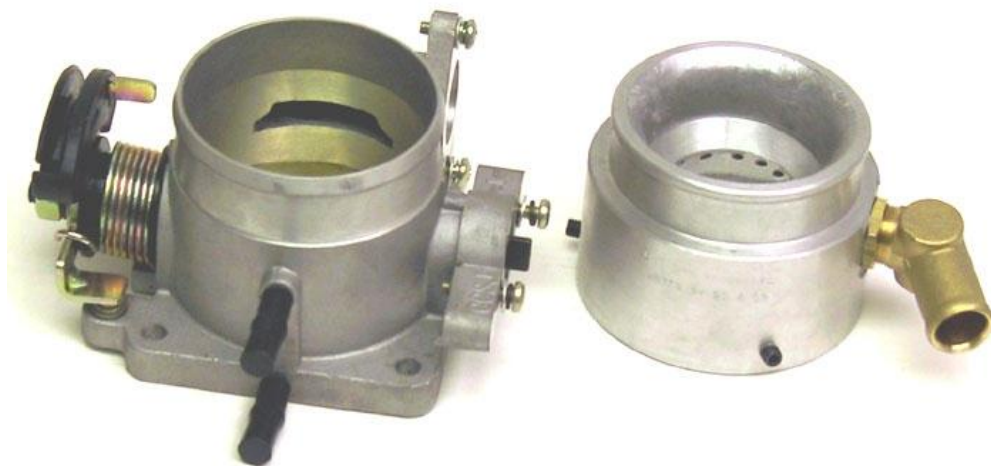
รูปที่ 2.3 และ 2.4 เป็นแผนภาพแสดงเครื่องยนต์เชื้อเพลิงแก๊สธรรมชาติ โดยใช้หลักการของ Mixer ขนาดหรืออุปกรณ์ที่ใช้ควบคุมจะต่างกัน ขึ้นอยู่กับการใช้งานของเครื่องยนต์แต่ละชนิด



รูปที่ 2.3 Schematic diagram of gas and air mixer [11]



รูปที่ 2.4 Schematic diagram of natural gas engine with mixer [11]



รูปที่ 2.5 The throttle and mixer of natural gas engine [12]