

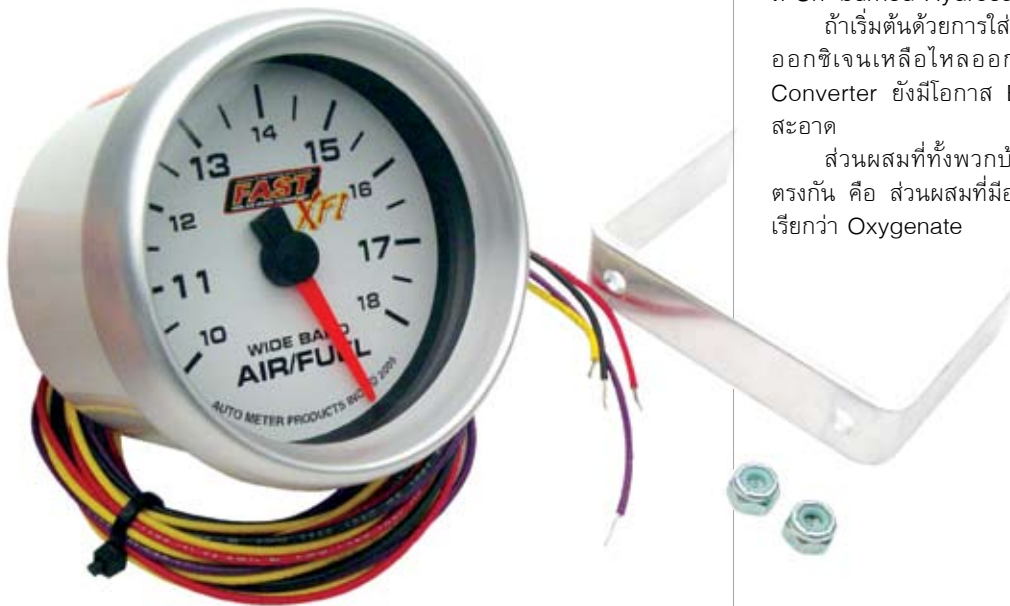
- คุยกันเรื่อง AIR/FUEL RATIO
- ทำไม A/F 14.7 แล้วไอเสียสะอาด?
- อยากรแรงต้องผสม A/F 12.5 เท่านั้นหรือ?

THAIDRIVER • A/F Ratio สำหรับแก๊สโซลีน 100% ที่ทำให้ได้ไอเสียสะอาดที่สุด คือ 14.7:1 อยากรถามว่าทำไมต้องเป็น 14.7

อ. ศิริยุรณี • เราใช้ A/F Ratio 14.7 เมื่อต้องการ Clean Air และใช้ 12.5:1 เมื่อต้องการ Full Power สูตรเคมีพิสูจน์แล้วว่าถ้าอยากได้ Clean Burning ส่วนผสมไอดี A/F 14.7 จะสะอาดที่สุด เพราะเป็นการสันดาปที่ไม่มี Un-burned Hydrocarbon ออกซิเจน คาร์บอน และไฮโดรเจน ที่ถูกนำเข้ามาในฝาสูบแล้วเผาไหม้ในอัตราส่วนผสม A/F 14.7:1 จะมีละอองน้ำฟุ้งออกปลายท่อไอเสีย

THAIDRIVER • แก๊สโซลีนที่ใช้อยู่ในปัจจุบันก็โมบิลสุกซ์ 100% แต่มีสารอื่นผสมอยู่ด้วย เช่น เอทานอล เมธานอล หรือ MTBE

อ. ศิริยุรณี • เมื่อไม่ใช่ Pure Gasoline อัตราส่วนที่เหมาะสมจริงๆ ก็จะเพี้ยนไปบ้าง แต่จะไปทางไหนต้องสังเกตว่าสารที่ผสมนั้นพาไปทางไหน เช่น ถ้าผสมด้วยเอทานอลซึ่งชอบ A/F 9:1 หรือ เมธานอลซึ่งชอบ A/F 'Gasoline ลูกผสม' ก็จะต้องการส่วนผสมเอียงไปทาง 'แก๊ซขึ้น'



THAIDRIVER • สารที่นำผสมกับแก๊สโซลีนส่วนมากชอบ A/F Ratio ต่ำกว่าแก๊สโซลีน แสดงว่าเครื่องยนต์ก็จำเป็นต้องม A/F Ratio ที่ต่ำลงด้วย

อ. ศิริยุรณี • ใช่เลย เพราะสารที่ผสมส่วนใหญ่มีออกซิเจนในตัว จึงต้องการอากาศจากภายนอกผสมน้อยลง สมมุติแก๊สโซลีนผสม เมธานอลซึ่งมีออกซิเจนในตัว (อยู่ในรูปของเหลว) ในตัวเชื้อเพลิงเองก็จะมีส่วนผสมครบทั้งคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เมื่อนี้ดีแก๊สโซลีนเข้าไปในฝาสูบ เข้าไปในห้องเผาไหม้

เมธานอลก็จะไม่ต้องการออกซิเจนและไนโตรเจนที่มากับอากาศมากนัก เพราะพวกออกซิเจนมาเองส่วนหนึ่งแล้ว ส่วนผสมที่จะ Burn

แล้วสวยงาม ไม่ว่าจะเป็น Max Power หรือ Clean Burning ก็เลยหนาขึ้น เพราะเชื้อเพลิงมีออกซิเจนในตัวอยู่แล้ว

ไนโตรมีเทน เป็นเชื้อเพลิงที่มีออกซิเจนในตัวเยอะมาก ฉีดไนโตรมีเทนเข้าไปแล้วปิดรูไอดีไม่ให้อากาศจากภายนอกเข้าไปก็ยิ่ง 'เกือบสตาร์ทได้'...ผมบอกว่าเกือบ เพราะจริงๆ แล้วสตาร์ทไม่ได้ ชนฉีด แต่ไนโตรมีเทนเข้าไปก็เจอ Hydraulic Lock เชื้อเพลิงท่วมห้องเผาไหม้ ต้องมีอากาศจากภายนอกเข้าไปอีกนิดหน่อย

เครื่องที่ทำมาสำหรับไนโตรมีเทน ถึงให้แรงม้าหลายพันตัวโดยไม่ต้องแยงฝาสูบ ไม่ต้องชดพอร์ต อดีไนโตรมีเทนเข้าห้องเผาไหม้ได้เลย เพราะตัวเชื้อเพลิงก็พกออกซิเจนเข้าไปด้วย ส่วนไนโตรเจนก็ไม่ต้องมีเยอะ เพราะทำหน้าที่แค่ช่วยกันน็อกเท่านั้น ไนโตรมีเทนจึง 'กันน็อก' ไม่ค่อยดี เพราะในตัวเองไม่มีไนโตรเจน

THAIDRIVER • ทำไมถึงเลือกส่วนผสมที่มีออกซิเจนในตัว

อ. ศิริยุรณี • เพราะต้องการให้ออกเสียมีลักษณะออกซิเจนเหลือใช้ จูกระเบิดแล้วยังมีออกซิเจนเหลืออยู่ในไอเสีย เพราะกลัวว่าในไอเสียจะมี Un-burned Hydrocarbon ปลิวเข้าจุกกุกหลานเรา

ถ้าเริ่มต้นด้วยการใส่ออกซิเจนให้มากเข้าไว้ เผาไหม้เสร็จแล้วยังมีออกซิเจนเหลือไหลออกทางท่อไอเสีย ไหลเข้าไปใน Catalytic Converter ยังมีโอกาส Burn ต่อในท่อไอเสียได้อีกด้วย ทำให้ไอเสียสะอาด

ส่วนผสมที่ทั้งพวกบ้าแรงม้ากับพวกบ้าไอเสียสะอาดมีความเห็นตรงกัน คือ ส่วนผสมที่มีออกซิเจนในตัว เมื่อนำมาผสมกับแก๊สโซลีนจะเรียกว่า Oxygenate

THAIDRIVER • ถ้าไม่ยอมให้ออกเสียมี Un-burned Hydrocarbon ทำไมไม่ใช้ A/F Ratio 15:1 หลังจากเผาไหม้เสร็จแล้วจะได้มีออกซิเจนเหลืออยู่ในไอเสีย ทำไมต้องเอาออกซิเจนไปพอกไว้ในเชื้อเพลิง

อ. ศิริยุรณี • การฝากออกซิเจนไว้ในเชื้อเพลิง เป็นการคลุกเคล้าแบบ Pre-mix ตั้งแต่แรกก่อนจะไปเจอกับออกซิเจนจากอากาศภายนอก เมื่อ Spray เชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้ คาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนในตัวของเชื้อเพลิง และออกซิเจนภายนอกก็จะเคล้ากันได้ดี

(Perfect Atomization) ทำให้มีโอกาสที่เครื่องจะสันดาปได้ดีกว่าการให้เชื้อเพลิงเข้ามาผสมกับออกซิเจนจากภายนอกล้วนๆ

THAIDRIVER • ในเมื่อรู้อยู่แล้วว่า ส่วนผสมของแก๊สโซลีนที่ให้ออกเสียสะอาดที่สุด คือ 14.7 ทำไมไม่จูน A/F Ratio เพิ่มออกซิเจนให้ขึ้น 15:1 เพื่อให้มั่นใจว่าไฮโดรคาร์บอนเผาไหม้ และออกซิเจนก็จะเหลือหน่อยๆ

อ. ศิริยุรณี • ถ้าเครื่องนั้นเป็นเครื่องต้นกำลังแบบตั้งแทน (Stand Engine) ไม่มีการเปลี่ยนแปลงรอบ เช่น เครื่องปั่นไฟ รอบเดินหนึ่งๆ คงที่ ก็ทำได้ไม่มีปัญหา

แต่ถ้าเป็นเครื่องรถที่มีการเปลี่ยนแปลงรอบขึ้น-ลง จะเริ่มมีปัญหา



ที่พบบอกว่าพอจะจุดระเบิดได้ ก็เพราะการฉีดน้ำมันขนาดนี้ การคลุกเคล้ากับอากาศไม่ค่อยดีนัก เนื่องจากอากาศเข้าไปรออยู่ก่อน แล้วน้ำมันจึงตามเข้าไป โอกาสที่จะคลุกเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสุดสวดยจึงเป็นไปได้ ในห้องเผาไหม้ก็จะมีส่วนผสมบางหย่อมหนาเกินไป บางหย่อมบางเกินไป และบางหย่อมพอดี เพราะฉะนั้นจึงไม่ใช่ส่วนผสมทั้งหมดในห้องเผาไหม้ที่จุดติดได้ ตรงที่บางเกินไปก็จุดไม่ติด ตรงที่หนาเกินไปก็ไม่ติดเหมือนกัน จุดติดเฉพาะตรงที่ส่วนผสมพอดีกับที่น้ำมันประเภทนี้ชอบ ตรงที่หนาเกินไปก็จะมีความดันออกท่อไอเสีย”

การเร่งรอบของเครื่องยนต์ใช้ลิ้นปีกผีเสื้อ ในรอบต่ำก็เอาลิ้นบังเอาไว้หน่อย เดินเบาที่บังเยอะหน่อย รอบกลางๆ ก็บังน้อยลงหน่อย กดคันเร่งเต็มเท้าก็เปิดลิ้นนอน (Wide-open Throttle)

ในรอบเดินเบาที่บังเกือบปิด อากาศที่วิ่งเข้าไปต้องผ่านลิ้นซึ่งห้ความหนาแน่นของอากาศ จึงมีอัตราอัดที่เดียว Geometric Compression Ratio ของเครื่องยนต์ที่มีอยู่ 10:1 ตอนลิ้นบังเหลือมากๆ อาจจะมีอยู่แค่ 3:1 เท่านั้นเอง



พิสูจน์ได้จากการวัดแรงดันใน Intake Manifold สมมุติตอนเดินเบาวัดได้ 20 นิ้วปรอท (แรงดันบรรยากาศ = 1 บาร์ Absolute หรือ 30 นิ้วปรอท) แปลว่าอากาศเข้าไปในเครื่องจริงๆ ด้วยแรงดันแค่ 10 นิ้วปรอท หรือเท่ากับ 1 ใน 3 ของบรรยากาศ เพราะฉะนั้น Volumetric Compression Ratio จึงเหลือแค่ 3.33:1 เท่านั้นเอง

ตอนเดินเบา ลูกสูบเลื่อนลงไปเพื่อดูดอากาศ แต่อากาศที่ถูกดูดเข้ามาไม่มีความหนาแน่นเนื่องจากถูกดัดยัด เมื่อลูกสูบเลื่อนขึ้นมากบีบกว่าจะเสมอดั๊กก็เหลืออยู่แค่ 3.33:1 เมื่อเริ่มเปิดคันเร่ง (Crack-open Throttle) ลูกสูบเลื่อนลงดูดอากาศแล้วคล้อยขึ้น ตรงนั้นอากาศเริ่มมีความหนาแน่นมากขึ้น

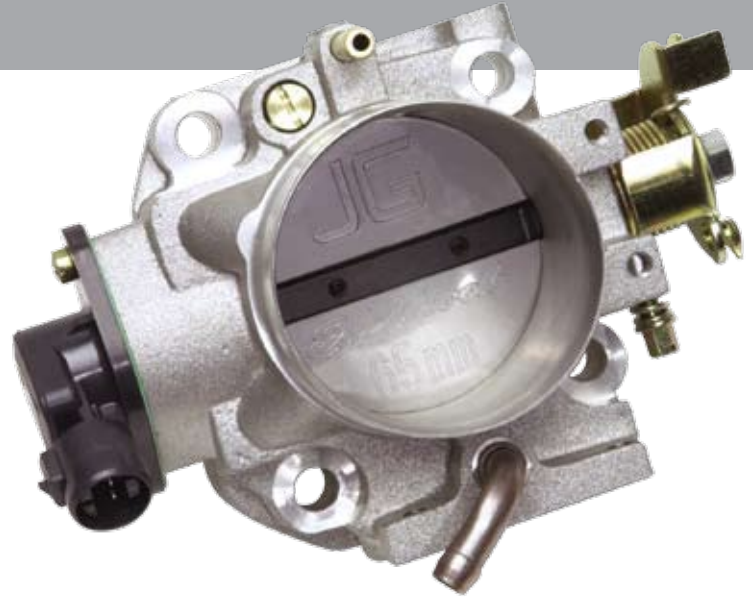
ถ้าหัวฉีดยังฉีดน้ำมันในปริมาณเท่าเดิม ก็จะไม่ทันต่อการเปลี่ยนแปลงของอากาศ เพราะทันทีที่ Crack Open อัตราส่วนการอัดเพิ่มจาก 3.33:1 ขึ้นมาเป็น 6-7:1 อากาศครั้งต่อไปที่เข้าไปในระบบสูบจะมีความหนาแน่นมากกว่าเดิม แต่กล่องอีซียูยังสั่งงานไม่ทัน เพราะเพิ่งอ่านได้ว่าลิ้นอยู่ในตำแหน่งใหม่

สัญญาณจากการเปลี่ยนแปลงของลิ้น ต้องวิ่งแข่งกับอากาศที่กำลังทะลักเข้ากระบอกสูบ สัญญาณต้องรีบวิ่งไปที่กล่องอีซียู แล้วบอกกล่องว่าต้องสั่งหัวฉีดให้ฉีดน้ำมันอย่างแรงเข้าไปในห้องเผาไหม้ ซึ่งในเวลาที่มีอากาศให้บีบมากขึ้น (ถึงแม้จะยังไม่ใช่ 100%) ถ้าฉีดน้ำมันไม่ทันเครื่องจะสะดุ้งเพราะน้ำมันบางเกินไป

THAIDRIVER • ตอูเริบ Crack Open ต้องฉีดน้ำมันเพื่อให้ได้ A/F Ratio เท่าไร

อ. ศิริยุภรณ์ • ถ้านับตามจำนวนมิลลิเซนที่สั่งเปิดลิ้นจริงในเวลานั้น ค่าของแลมด้าจะอยู่ที่ประมาณ 0.55-0.60 เพื่อให้แก๊สอากาศที่ทะลักเข้าไป ต้องฉีดน้ำมันแรงเข้าไปในห้องเผาไหม้เลย เพราะอากาศวิ่งนำหน้าไปก่อนแล้ว

เมื่อได้สัญญาณก็ต้องรีบฉีดเพื่อให้ได้แลมด้า 0.55-0.6 ถ้าจะให้ดีต้องวัดปริมาณอากาศว่าทะลักเข้าไปกี่กรัม เพื่อให้คำนวณได้อย่าง



แม่นยำว่าต้องแกมน้ำมันเพิ่มกี่กรัม จึงจะเพียงพอกับปริมาณอากาศที่วิ่งเข้าไปก่อนแล้ว

อย่างไรก็ตามการฉีดน้ำมันครั้งแรกหลังจาก Crack Open ต้องฉีดเป็นจำนวนมาก เพราะรู้ว่าอากาศทะลักเข้าไปก่อนแล้ว และเข้าไปได้เร็วมากด้วย เพื่อให้ได้ส่วนผสมที่พอจะจุดระเบิดได้

ที่พบบอกว่าพอจะจุดระเบิดได้ ก็เพราะการฉีดน้ำมันขนาดนี้ การคลุกเคล้ากับอากาศจะไม่ค่อยดีนัก เนื่องจากอากาศเข้าไปรออยู่ก่อน แล้วน้ำมันจึงตามเข้าไป โอกาสที่จะคลุกเป็นเนื้อเดียวกันอย่างสุดสวดยจึงเป็นไปได้

ในห้องเผาไหม้ก็จะมีส่วนผสมบางหย่อมหนาเกินไป บางหย่อมบางเกินไป และบางหย่อมพอดี เพราะฉะนั้นจึงไม่ใช่ส่วนผสมทั้งหมดในห้องเผาไหม้ที่จุดติดได้ ตรงที่บางเกินไปก็จุดไม่ติด ตรงที่หนาเกินไปก็ไม่ติดเหมือนกัน

จะจุดติดเฉพาะตรงที่ส่วนผสมพอดีกับที่น้ำมันประเภทนี้ชอบ ตรงที่หนาเกินไปก็จะมีควันดำออกท่อไอเสีย ตรงบางเกินไปจุดไม่ติดไม่มีการเผาไหม้ ก็จะมีออกซิเจนไหลออกท่อไอเสียพร้อมกับเชื้อเพลิง ตามไป Burn ต่อในท่อไอเสีย

การใช้งานในสภาพรอบต่ำแล้ว Crack Open ทันที เช่น การเร่งออกตัว เป็นสภาพที่ยากเย็นเย็นใจ จะจูนกล่องอีซียูให้ได้ตรงนี้สวยๆ นั้นยากมาก ถ้าสามารถคำนวณปริมาณเชื้อเพลิงและอากาศเป็นกรัมได้ก็จะดี

แต่ถ้าต้องอ่านจากออกซิเจนเซ็นเซอร์แบบ Wide-band ชนิดความเร็วสูงซึ่งมี Delay ประมาณ 50 มิลลิเซน ก็ต้องพยายามจูนให้อ่านค่าได้ 0.55-0.60 แลมด้า แล้วค่อยไล่ขึ้นไปหา 1.0 แลมด้า ตอนวิ่งแบบ Cruising

แต่ถ้าขี้คันเร่งแซ่วไว้ก็ต้องไปที่ 0.85-0.90 แลมด้า เพื่อให้เป็น Full-power (Open-loop) ยกตัวอย่างเครื่องอยู่บนไต่โนแล้วจะหา Max Power แซ่คันเร่งนานๆ แลมด้าจะไม่กลับมาเป็น 1.0



THAIDRIVER • เครื่องรถจ่ายกับข้าวพินจนให้ได้ 15:1 เพื่อให้ออกซิเจนเหลือหลังการเผาไหม้จะเกิดอะไรขึ้น

อ. ศิริบุญ • Power Loss จากนั้นจะเกิดความร้อนขึ้นในห้องเผาไหม้ โดยเฉพาะที่ลูกสูบและวาล์วไอเสีย เมื่อเอา Probe วัดอุณหภูมิไอเสียจะพบว่าความร้อนสูงกว่าเดิมมาก

THAIDRIVER • ดูแล้วไม่น่าจะเป็นอะไรมาก เพราะเพิ่มขึ้นแค่ 0.3 จาก 14.7 เป็น 15.0 และไม่ได้ใช้งานแบบ Full Load แค่วิ่งด้วยความเร็วกลางๆ

อ. ศิริบุญ • แม้จะเป็น Light Load แต่การวิ่งที่รอบกลางๆ แซ่ไปครึ่งชั่วโมง ชิ้นส่วนภายในเครื่องก็ละลายได้ โดยเฉพาะวาล์วไอเสียซึ่งรับความร้อน 1,600 องศาฟาเรนไฮต์ ทำให้ใช้วาล์วไอเสียตัวละ 500 บาทไม่ได้ ต้องเปลี่ยนเป็นตัวละ 4,000 บาท

THAIDRIVER • ถ้าจูนไว้ที่ 15:1 แล้วติดเครื่องเดินเบา จะเกิดอาการนี้หรือไม่



อุณหภูมิเครื่องจะยิบลง ณ ตำแหน่งใกล้เคียง Optimum เพราะการจุดระเบิดเร็ว ด้วยดีเวลจวบ Timing อยู่ในตำแหน่งที่ดี ทำให้การ Burn สั้นมาก ความร้อนสะสมจึงไม่ค่อยมี รวมทั้งน้ำมันที่บีบอัดขึ้นและเผาไหม้ไม่หมดทำให้เกิด Cooling Effect การเผาไหม้ที่เกิดขึ้น: Burn เฉพาะส่วนที่จุดระเบิดได้ด้วยออกซิเจนเท่าที่มี เมื่อออกซิเจนหมด ปลายของ Burning ก็จะยิบลง เนื่องจากไม่มีออกซิเจนอีกต่อไปแล้ว เหลือแต่ Un-burned Hydrocarbon ก็ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ (แต่ไม่ถูกเผาไหม้) ก็จะกลายเป็นสีดำ แทนที่จะเป็น Clean Burning ก็จะมีสีดำไว้ให้ดูต่างหน้า”

อ. ศิริบุญ • จะเกิดหรือไม่ขึ้นอยู่กับห้องเผาไหม้ว่ามีความสามารถในการเอาไอดีเข้ามาแล้วมี Tumble หรือเปล่า? ถ้ามี Tumble ในรอบเดินเบาจะจูนให้เป็น 15, 16 หรือ 17:1 ก็ได้

แต่ถ้าไม่มี Tumble อากาศไหลลงมาเฉยๆ หัวฉีดก็สักแต่ฉีดน้ำมันเข้าไปตามยถากรรม แบบนี้จะจูนให้เป็น Lean มากไม่ได้ เพราะถ้า Lean มาก ส่วนผสมกลุ่มที่จุดระเบิดได้จะมีอยู่นิดเดียว ส่วนที่เหลือซึ่ง Lean จะจุดไม่ติดเลย



ถ้าไอดีวิ่งเข้าไปในห้องเผาไหม้แล้วเจอหัวลูกสูบที่ทำให้ไอดีเกิด Tumble มีหัวเทียนจ่ออยู่ตรงกลาง แบบนี้ถึงจะ Lean ก็ยังจุดระเบิดได้ เพราะเมื่อจุดแล้วด้วยส่วนผสมซึ่งอยู่อีกฝั่งก็จะ Tumble มาให้จุดอีก ทำให้ไม่มี End Gas ที่จะรอให้ไหลมาปิด จะทำ 18-19:1 ก็ทำได้

THAIDRIVER • เครื่องรถบ้านทั่วไป A/F Ratio เริ่มต้น 14.7 อยากจูนให้เป็น 15 แต่ไม่มี Probe

อ. ศิริบุญ • ถ้าจูนแล้วเร่งแล้วไม่สะดุด ไม่มีความร้อนสะสมอยู่ที่ไหน ไม่มี Probe ก็ดูความร้อนหน้า ถ้าความร้อนไม่ขึ้น ท่อไอเสียตรง ‘เขาควย’ ไม่เปลี่ยนเป็นสีแดง ก็ใช้ได้ กินน้ำมันน้อยลงด้วย

THAIDRIVER • ประเด็นหลักที่จะถาม คือ จาก 14.7 เป็น 15 เพิ่มขึ้นแค่ 0.3 มีความหมายมากแค่ไหน?

อ. ศิริบุญ • มีความหมายในแง่ Horse-power และในแง่ของความร้อนว่าเครื่องจะพังหรือไม่พัง ถือว่ามีความหมายมากพอหรือยังล่ะ?! ถ้าร้อนมากๆ วาล์วไอเสียไหม้ เครื่องนั้นก็ใช้หมดที่ได้เลย

เครื่องบางเครื่องก็ใช้วาล์วไอเสียแพงมากไม่ได้ ถ้ารถนั้นราคาเป็นสิบล้าน ก็พอจะแน่ใจได้ว่าใช้วาล์วไอเสียราคาหลายพันบาท อาจเป็น Super Alloy ทนความร้อนได้ถึง 1,700 องศาฟาเรนไฮต์

แต่ถ้าเป็นรถจากประเทศด้อยพัฒนาที่เพิ่งจะหัดทำรถยนต์ ผมไม่เชื่อว่าจะใช้วาล์วไอเสียราคา (ทุน) เกินกว่า 500 บาท ผมจึงไม่กล้าเสี่ยงด้วย

เครื่องนั้นจะมี Combustion Chamber ที่เอื้อต่อการเกิด Tumble หรือไม่? ให้ดูที่ ‘โหวงเฮ้ง’ ถ้า Combustion Chamber มีรูปร่างว่า หัวลูกสูบมีแฉ่งลงไป โอกาสจะเกิด Tumble ก็มีเยอะ แต่บางทีก็ไม่มีโอกาสเปิดดู



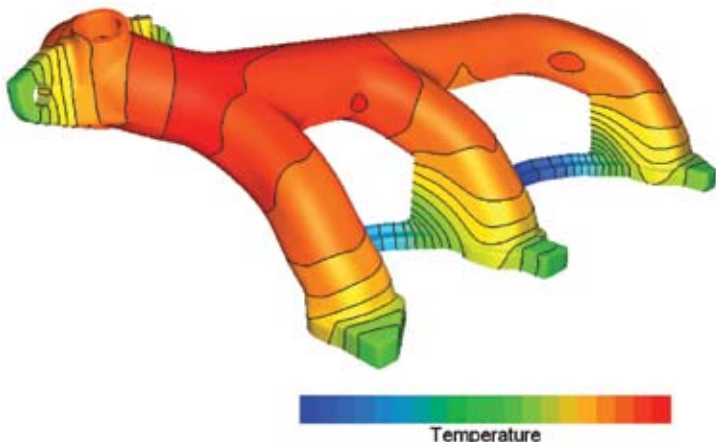
THAIDRIVER • ลูกสูบรถบ้านส่วนใหญ่เป็นสันอยู่ตรงกลาง

อ. ศิริยุภรณ์ • ถ้าอย่างนั้นไม่มี Tumble แทบไม่มีโอกาสจนให้วิ่ง Lean ถ้าอยากวิ่ง Lean ลูกสูบต้องเป็นหลุมคล้ายลูกสูบของเครื่อง Direct Injection ซึ่งตั้งใจทำให้เกิด Tumble ด้วยการตั้งหัวฉีดให้ฉีดเข้าไปตรงแอ่งบนหัวลูกสูบ

THAIDRIVER • ถ้าใบเมื่อจูนให้ Lean ขึ้นนิดเดียวจาก 14.7 เป็น 15 อุณหภูมิในห้องเผาไหม้ถึงสูงขึ้นมา เพราะเชื้อเพลิงก็มีน้อยลง

อ. ศิริยุภรณ์ • เชื้อเพลิงมีนิดเดียวนะใช่ แต่ในเมื่อมีออกซิเจนเยอะอะ Time of Burning ก็ยาว ติดไฟแบบเอื่อยๆ ช้าๆ แต่แลบลิ่นยาว เพราะฉะนั้นจึงมีเวลาในการเผาวัสดุที่อยู่ข้างๆ ตัวได้นานกว่า (หัวเชื่อมแก๊สที่เร่งออกซิเจนแล้วเป็นไงล่ะ?)

ความร้อนที่วิ่งออกท่อไอเสีย ผ่านหน้าแปลนท่อไอเสียที่ปะอยู่ข้างฝาสูบ ทำให้ฝาสูบฝั่งหนึ่งร้อนจี๋ ไม่ใช่ร้อนแค่ Red Hot แต่เป็น White Hot! ส่วนฝาสูบฝั่งอีกฝั่งเย็น อุณหภูมิที่แตกต่างกันมากๆ (Heat Gradient) ทำให้ฝาสูบเบี้ยว คราวนี้ก็ต้องมีอะไรพังสักอย่าง (หรือหลายอย่าง)



THAIDRIVER • การจูน A/F Ratio ให้เป็น Lean Burn ก็เกิดความร้อนด้วยเหตุผลนี้

อ. ศิริยุภรณ์ • Lean Burn แล้วไฟจะลุกนาน ทำให้ชิ้นส่วนในห้องเผาไหม้ได้รับความร้อนมากกว่าปกติ

อีกเหตุผลเป็นเรื่องอัตราส่วนการอัด ถ้าฉีดน้ำมันด้วยส่วนผสมเดียวกัน เครื่องที่อัตราส่วนการอัดที่ต่ำ การเผาไหม้จะช้า ดันลูกสูบได้ไม่เท่าไรวาล์วไอเสียก็เปิด

แทนที่จะเอาความร้อนที่ได้จากการเผาไหม้ไปดันลูกสูบ ก็จะถูกปล่อยออกทางท่อไอเสีย เราต้องการให้เผาไหม้เสร็จอย่างรวดเร็ว เพื่อให้เกิดแรงดันและใช้ในการดันลูกสูบ ก่อนที่วาล์วไอเสียจะเปิด

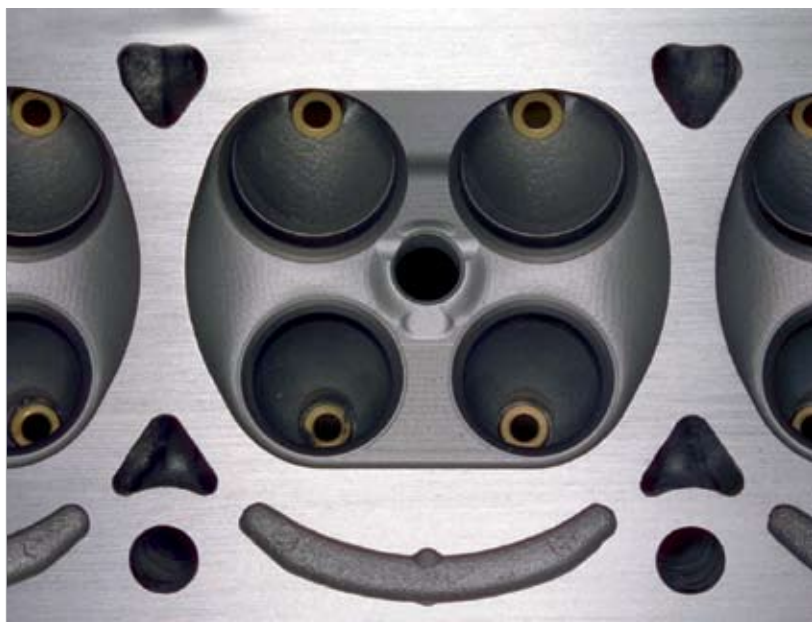
THAIDRIVER • ถ้าจูนเป็น Rich จะเกิดอะไรขึ้น

อ. ศิริยุภรณ์ • อุณหภูมิเครื่องจะเย็นลง ณ ตำแหน่งใกล้เคียงกับ Optimum เพราะการจุดระเบิดเร็ว เดียวเดียวจบ Timing อยู่ในตำแหน่งที่ดี ทำให้การ Burn ลื่นมาก ความร้อนสะสมจึงไม่ค่อยมี รวมทั้งน้ำมันที่มีเยอะขึ้นและเผาไหม้ไม่หมดทำให้เกิด Cooling Effect

การเผาไหม้ที่เกิดขึ้นจะ Burn เฉพาะส่วนที่จุดระเบิดได้ด้วย ออกซิเจนเท่าที่มี เมื่อออกซิเจนหมด ปลายของ Burning ก็จะเย็นลง เนื่องจากไม่มีออกซิเจนอีกต่อไปแล้ว เหลือแต่ Un-burned Hydrocarbon ที่ได้รับความร้อนจากการเผาไหม้ (แต่ไม่ถูกเผาไหม้) ก็จะกลายเป็นสีดำ แทนที่จะเป็น Clean Burning ก็จะมีสีดำไว้ให้ดูต่างหน้า

THAIDRIVER • ถ้าใบเมื่อจูน A/F Ratio ให้เป็น Rich แล้วเครื่องเร่งขึ้น 14.7 Wide-open Throttle และ Open-loop ไม่ได้ ต้องเป็น 12.5?

อ. ศิริยุภรณ์ • A/F Ratio 14.7:1 Wide-open Throttle จะทำได้ก็ต่อเมื่อไม่มีผนังห้องเผาไหม้ ซึ่งไม่มีในโลก ขึ้นชื่อว่า ‘ห้อง’ เผาไหม้ ยังไงก็ต้องมีผนัง



ละอองเชื้อเพลิงที่ลอยอยู่กลางห้อง มีออกซิเจนล้อมรอบตัวลูกกลิ้งเล็กกันอยู่ จะผสมกันด้วยอัตราส่วน 14.7 ก็เผาไหม้ได้ แต่เชื้อเพลิงที่อยู่ติดผนังด้านหนึ่งจะไม่มีออกซิเจน ทำให้ส่วนผสมตรงนั้นหนาเกินไป

ดังนั้นเมื่อต้องการ Full-power จึงต้องฉีดน้ำมันเข้าไปในจำนวนมากกว่าที่จะ Produce Power ด้วยออกซิเจนที่มีอยู่ทั้งหมด โดยต้องยอมเสียน้ำมันส่วนหนึ่งที่ติดผนังและ Burn ไม่ได้เนื่องจากมีออกซิเจนอยู่แค่ครึ่งเดียว

ถ้าฉีดน้ำมันเข้าไปด้วยอัตราส่วน 14.7:1 น้ำมันส่วนที่ติดผนังมีออกซิเจนไม่ครบก็ Burn ไม่ได้และไหลออกทางท่อไอเสีย ทำให้น้ำมันที่ฉีดเข้าไปใช้ประโยชน์ได้ไม่หมด จึงต้องฉีดน้ำมันมากกว่าที่ต้องการเพื่อให้หาออกซิเจนและใช้ให้หมด โดยยอมให้น้ำมันส่วนที่เหลือทิ้งออกทางท่อไอเสีย

THAIDRIVER • ถ้าเป็น Open-loop แล้วไม่พบน้ำมันเป็น 12.5 แต่ให้เป็น 14.7 เท่าดี

อ. ศิริยุภรณ์ • ก็จุดระเบิดติด แต่ไม่ได้ Power อ่านค่าจากไดโนแล้วได้ตัวเลขไม่ดีที่สุด ถ้าลองจูนน้ำมันให้หนาขึ้นทีละนิด จะพบว่าแรงม้าเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนกระทั่งถึงประมาณ 12.5 ซึ่งเท่ากับ 0.85-0.86 แลมด้า

THAIDRIVER • เครื่องทั่วไป Open-loop 12.5 วัตแรมบ่าได้ 100 ตัว ถ้าจูนใหม่ให้เป็น 14.7 ตลอดกาล แรมบ่าจะหายไปเปอร์เซ็นต์

อ. ศิริยุภรณ์ • ฟันธงไม่ได้ว่าดีกว่าเปอร์เซ็นต์ เพราะแต่ละเครื่องมีความแตกต่างกัน ตอบกว้างๆ ว่าประมาณ 3-5% ไม่ได้มีผลมากเป็นหลายสิบเปอร์เซ็นต์

แต่ที่แน่ๆ คือ ความร้อนจะสูงขึ้นกว่าปกติ เพราะส่วนผสมบางกว่า ยิ่งถ้ามีไหลออกมาๆ แล้วชิ้นใจเครื่องให้เป็น 14.7 ตลอดเวลา ก็ยิ่งร้อนมากขึ้นโดยเฉพาะวาล์วไอเสีย ลูกสูบ ฝาสูบ และปะเก็น วังลักพักก็ต้องมีอะไรเบี้ยวหรือพัง

THAIDRIVER • 14.7 ตอนอดคันเร่งอมๆ กับตอนอดคันเร่งสุด ความร้อนของไอเสียก็ไม่เท่ากัน

อ. ศิริยุภรณ์ • ใช้ 14.7 ตอนอดคันเร่งสุด เช่น ขึ้นโตโนเพื่อหา Torque จำนวนหนึ่งซึ่งไม่ใช่ Maximum ความร้อนที่อ่านได้จากท่อไอเสียก็จะเป็นค่าหนึ่ง

เมื่อขยับคันเร่งหนักขึ้นไปอีกแต่ RPM อยู่ที่เดิม (เพิ่มไหลอย่างเดียว) ความร้อนก็จะยิ่งสูงขึ้น ตอนอดคันเร่งครั้งเดียว ลื่นเปิดไม่สุด เครื่อง 4 สูบ 2,000 ซีซี ลูกสูบลูกละ 500 ซีซี แต่อากาศเข้าไปเพียงแค่ 300 ซีซี น้ำมันเข้าไปผสมกับอากาศ 300 ซีซี ก็จะได้แรงม้าและแรงบิดจำนวนหนึ่ง

เมื่อกดคันเร่งมิด ลิ้นที่เคบบังๆ อยู่ที่เปิดสุด ลูกสูบมีอากาศเต็ม 500 ซีซี น้ำมันเข้าไปหาอากาศ 500 ซีซี รอบยังเท่าเดิม แต่อากาศมีเนื้อและความหนาแน่นมากขึ้น น้ำมันก็เข้าไปได้มากขึ้น ความร้อนก็ต้องมากขึ้น เพราะความร้อนมาจากการ Burn ของเชื้อเพลิง ('เชื้อ' มาก 'เพลิง' ก็มาก) แต่มี 'เชื้อ' มากแล้วต้องมีออกซิเจนมากด้วยนะ ถึงจะมี 'เพลิง' มาก

THAIDRIVER • การเพิ่มน้ำมันเป็น 12.5 เมื่อกดคันเร่งหนักๆ ก็เป็นหลัก การดึงเดิมของคาร์บูเรเตอร์อยู่แล้ว เมื่อไรรก็ตามที่ต้องการ Power เชื้อเพลิงต้องหนา เหมือนที่คาร์บูเรเตอร์มีลิ้น 2 หรือมีหลอดพลม

อ. ศิริยุสณี • ใช่ เรามีความรู้เรื่องคาร์บูเรเตอร์มาก่อนนานมาก จากนั้นจึงมารู้เรื่องหัวฉีดที่หลัง คาร์บูเรเตอร์พยายามฉีดให้หนาดอนกดคันเร่ง เมื่อฉีดหมดแล้วก็กลับไปเป็น 14.7 แต่ถ้ายังนอนคันเร่งอยู่ก็อาจต้องเพิ่มน้ำมันด้วยลิ้นที่สอง (Secondary Throttle...รู้จักหรือเปล่า?)

แต่ก็ต้องแน่ใจว่าลิ้นสองจ่ายน้ำมันได้มากพอ เพราะลิ้นแรกเมื่อกดคันเร่งลงไป น้ำมันที่แถมหมดไปแล้วลิ้นหลังถึงเปิด หรืออีกอย่าง คือ รอบสูงขึ้น ความเร็วของอากาศที่ผ่าน Venturi จึงสูงขึ้น น้ำมันก็หนาขึ้นได้เพราะ Suction มีมากขึ้น นมหนูเบอร์เดิมก็เพิ่มความหนาของน้ำมันได้ (Air-corrector ก็ช่วยได้)

THAIDRIVER • คุณค่าเครื่องคาร์บูเรเตอร์ ก็อยากให้เวลา Open-loop แล้วน้ำมันหนาค้างอยู่ที่ 12-13 ไม่อยากให้อ่อนมา 14.7

อ. ศิริยุสณี • ใช่ จนกระทั่งรอบหยุดขึ้นแล้วก็ยังต้องการ 12.5 เพื่อให้เป็น Maximum Power

THAIDRIVER • คงไม่มีใครจูน A/F Ratio ของเครื่องคาร์บูเรเตอร์ให้เป็น 14.7 ตลอดเวลา

อ. ศิริยุสณี • ลองจูนเล่นๆ อาจจะมี แต่คงไม่มีใครจูนเพื่อใช้งานจริง เพราะมันไม่ Work เนื่องจากเครื่องจะสะอึกตอนกดคันเร่งแบบจับพลัน แต่ถ้าค่อยๆ กดยังมีทางรอด เพราะอากาศไม่ทะลัก

A/F Ratio 14.7 ได้จากการคำนวณว่านมหนูเบอร์นี้ กับคอขวดเท่านี้ ผสมกันแล้วได้ 14.7 แต่ถ้านมหนูเบอร์เดิมแล้วกดคันเร่ง 'กระทีบ' อากาศทะลักเข้าห้องเผาไหม้ นมหนูก็จะไม่พอสำหรับ 14.7:1 และอาจกลายเป็น 20:1 เครื่องก็สะอึกจนกว่ารอบจะสูงขึ้น นมหนูถึงจะเริ่มดูดน้ำมันได้จาก Venturi แล้วถึงจะกลับมาเป็น 14.7 ได้

THAIDRIVER • ใน Open-loop ถ้าเป็น 14.7 จะทำให้เครื่องร้อนและแรงม๊าดก และถ้าหนามากๆ เกิน 12.5 เครื่องจะยังเย็นหรือไม่? และถ้าไบน้ำมันหนามากๆ แล้วแรงม๊าดก?

อ. ศิริยุสณี • 14.7 Open-loop ร้อนและแรงม๊าดก...ใช่ แต่ถ้าหนาเกิน 12.5 แรงม๊าดกอีก เพราะน้ำมันเข้าไปแทนที่ออกซิเจนในห้องเผาไหม้ ทำให้จุดระเบิดไม่ได้ กลายเป็นควันท่าป้อออกท่อไอเสีย

THAIDRIVER • 12.5 ก็เป็นตัวกลางๆ ไม่ได้พอดี:

อ. ศิริยุสณี • โกลัศเคียง ความจริงอาจเป็น 12.35 หรือ 12.47 ขึ้นอยู่กับ Tumble ของห้องเผาไหม้ด้วยว่าทำงานได้ดีแค่ไหน

THAIDRIVER • เคยเห็นเครื่องรถบ้านไปแน่ใจว่าเป็นเครื่องบีบอัดบีบลูหรือเปล่า ขับปกติ A/F Ratio 14 ปลายๆ เมื่อเป็น Open-loop ก็ไม่เคยเห็นต่ำกว่า 13 แต่ก็ยังวิ่งได้

อ. ศิริยุสณี • เครื่องของบีเอ็มช ก็มีแบบนั้นเหมือนกัน เพราะเวลาขายรถต้องถูกทดสอบโดย 'Thai Driver' ถ้ากินน้ำมันมากก็ไม่มีใครซื้อ เพราะอัตราสิ้นเปลืองเป็นตัวเลขหนึ่งที่ต้องใช้ในการขายรถ

ถ้าจูนน้ำมันไว้บางกว่า 12.5 กดคันเร่งแล้วเครื่องไม่สะอึก ก็ถือว่าใช้ได้ คนที่ขับรถบีเอ็มช ไม่ใช่ประเภทกดคันเร่งพรวดพราดทำให้อากาศทะลักเข้าไป จนกระทั่งต้องจูนให้น้ำมันหนารอไว้ แต่ถ้าเป็นบางยี่ห้อ เช่น ซูบารุ คนขับมักเป็นประเภทกระทีบคันเร่ง ก็ต้องเตรียมน้ำมันหนารอไว้ ไม่งั้นเครื่องสะอึกเสียชื่อ

THAIDRIVER • Open-loop เดิมจูนมาบางแค่ประมาณ 13 กว่าๆ ถ้าปรับให้หนาขึ้นเป็น 12.5 เท่าปกติ จะได้แรงม้าเพิ่มขึ้นหรือไม่?

อ. ศิริยุสณี • มีโอกาสได้แรงม้าเพิ่มขึ้น ที่บีเอ็มช ทำแบบนี้ผมเข้าใจว่าเพื่อความประหยัด รถบีเอ็มช น้ำหนักมากและไม่เคยได้ชื่อว่าเป็น

น้ำมันน้อย จึงต้องพยายามทำให้ตัวเลขการกินน้ำมันไม่เลวเกินไปเมื่อเปรียบเทียบกับยี่ห้ออื่น

THAIDRIVER • ถ้าจากโรงงานจูนมาบาง แล้วคนขับนอนคันเร่งเหยียบวอนอโต้บัทน อัตราเร่งก็ต้องแยกจูนไว้ 12.5 และความร้อนก็ต้องมากกว่าด้วย

อ. ศิริยุสณี • แรงม้าสู้ 12.5 ไม่ได้แน่ ส่วนเรื่องความร้อนไม่เป็นปัญหาสำหรับบีเอ็มช เพราะวัสดุที่ใช้ไม่ใช่ของซีไค่ สิ่งที่จะกลัว คือ สมรรถนะสู้ยี่ห้ออื่นได้หรือเปล่า

สมมุติเป็นรถรุ่น 520 เครื่องไม่ค่อยมีแรงอยู่แล้ว คนที่ซื้อรุ่นนี้ไปส่วนใหญ่ก็ขับเอื่อยๆ ไม่ต้องห่วงเรื่องสมรรถนะ เพราะยังไ้สู้ยี่ห้ออื่นไม่ได้ ตกกลางความต้องการด้านสมรรถนะใน 520 นั้นไม่มี

ถ้าเป็นรุ่น 535 เครื่องใหญ่ ตัวรถไม่ค่อยใหญ่ ยังไ้ก็วิ่งอยู่แล้ว ก็ไม่จำเป็นต้องทำเครื่องให้เห็นสมรรถนะอีกเหมือนกัน แต่ถ้าเป็นรถบางรุ่น เช่น M3 ที่ต้องไปเจอกับคู่แข่งน้ำหนักอย่าง 350Z อย่างนี้ก็ต้องทำ Maximum Power จะกินน้ำมันมากขึ้นก็ต้องยอม



THAIDRIVER • อีกรุ่นที่เคยทดสอบ คือ ฮอด้ A4-1.8 ไซ้ออกซิเจนเซ็นเซอร์ Wide-band ราคาไม่แพง กดคันเร่งขยับยังไ้ก็ไ้เกิน 13.5 ก็เป็นเพราะต้องการความประหยัดเหมือนกันใช่หรือไม่ และถ้าจูนให้เป็น 12.5 อัตราเร่งก็น่าจะดีขึ้น

อ. ศิริยุสณี • สาเหตุที่รถบ้านจูน A/F Ratio ไว้สูงกว่า 12.5:1 ส่วนใหญ่เป็นเหตุผลเรื่องความประหยัด และเมื่อจูนเพิ่มน้ำมันให้หนาขึ้นหรือให้เป็น 12.5 แล้วอัตราเร่งก็น่าจะดีขึ้น

ก็เหมือนที่สำนักแต่งโฆษณา 'จูนกล่อง' เพิ่มแรงม้า ก็เพิ่มน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างเดียว ถ้าผมอยากทำให้รถแรงขึ้น ไม่ต้องเดินเข้าสำนักแต่งให้โดนฟัน แค่เปลี่ยน Pressure Regulator ใหม่ให้เล็กลงก็ได้แล้ว หรือจะเอาค้อนทุบหัวให้แบนลงหน่อย แรงดันน้ำมันก็เพิ่มขึ้นแล้ว ไม่ต้องยุ่งกับกล่องอีซียูเลยแม้แต่น้อย

THAIDRIVER • ทีเปลาใจ คือ โตโยต้า วิออส Close-loop 5缸 A/F Ratio ได้ 13 ปลายๆ ถ้าไ้ก็จูนน้ำมันไว้หนานขนาดนั้น แล้วถ้าไ้เครื่องกึ่งยอมให้หนน ก็ที่ออกซิเจนเซ็นเซอร์ Narrow-band ของกล่องอีซียูอ่านไ้ไ้ใน Range นั้นอยู่แล้ว

อ. ศิริยุสณี • ต้องถามโตโยต้า อายาถามผม

THAIDRIVER • เครื่องคาร์บูเรเตอร์ เร่งตัวเปล่าบนไ้ 6,000 รอบ/นาที A/F Ratio 14.7 เมื่อไ้ไ้โหลดเข้าไ้ปรอบลาคือ 3,000 รอบๆ A/F Ratio จะยังเป็น 14.7 อยู่หรือไม่?

๑. ศิริยุสณ • เร่งตัวเปล่า แสดงว่าคณเร่งลงไปนิดเดียวก็ได้ 6,000 รอบฯ แล้ว ล้ออาจเปิดแค่ประมาณ 25% ก็ได้ 14.7 เมื่อเพิ่มโหลดทำให้รอบลดลงเหลือ 3,000 รอบฯ คณเร่งยังอยู่ที่เดิม ล้อยังเปิดด้วยองศาเท่าเดิม จำนวนอากาศก็ต้องเท่าเดิม/นาที (Flow Per Minute เท่ากัน)

ตอนที่ เป็น 6,000 รอบฯ อากาศก่อนนั้นจะถูกหารด้วย 6,000 เพราะฉะนั้นอากาศจึงเป็นค่าเล็กๆ เมื่อเพิ่มโหลดรอบลดลงเหลือ 3,000 รอบฯ ล้อเปิดเท่าเดิม อากาศจำนวนเดิมจะถูกหารด้วย 3,000 รอบฯ แต่ละค่าจึงใหญ่กว่าเดิม

คำถาม คือ A/F Ratio จะเป็น 14.7 เท่าเดิมหรือไม่?

คำตอบ คือ ไม่ และอาจจะ Lean ไปเลย เพราะเป็น 3,000 รอบฯ แบบมีโหลด อากาศที่วิ่งผ่านล้อเข้าไปก็ไม่น้อย Venturi ในคาร์บูเรเตอร์เริ่มทำงานได้แล้ว เมื่อรอบฯลดเหลือครึ่งเดียว อากาศค่าใหญ่ขึ้น แต่ Venturi ยังเห็น Signal เหมือนเดิม

เพราะฉะนั้นน้ำมันที่จะเข้าไปผสมกับอากาศค่าใหญ่ ก็จะมีอัตราส่วนผสมที่ต่ำลง ดังนั้นเมื่อเพิ่มโหลด รอบลดลงเหลือ 3,000 รอบฯ ล้อยังอยู่ที่เดิม A/F Ratio จึงควรจะ Lean

ตอนเครื่องหมุน 6,000 รอบฯ มี RPM นะใช้ แต่ไม่มี Torque เพราะสู้กับ Friction ของเครื่องเพียงอย่างเดียว แต่ตอนเพิ่มโหลดแล้ว เครื่องหมุน 3,000 รอบฯ โหลดที่มีอยู่ คือแรงม้าที่มากขึ้น

THAIDRIVER • ถ้าเปลี่ยนจากคาร์บูเรเตอร์เป็นหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ ใช้น้ำมันทุกอย่างเหมือนเดิม A/F Ratio ตอนเป็น Close-loop และ Open-loop จะเป็นอย่างไร?

๑. ศิริยุสณ • เครื่องหัวฉีดอิเล็กทรอนิกส์ใน Close-loop จะมีการปรับตัวเองตลอดเวลาโดยรับข้อมูลจากออกซิเจนเซ็นเซอร์ เราจะโปรแกรมให้เป็นยังไงก็ได้เสมอ

ส่วนใน Open-loop เมื่อดึงโหลดให้เกิดสภาพนั้นขึ้นมา กล้องอ็อกซิยูจะไม้อาข้อมูลจากออกซิเจนเซ็นเซอร์ แต่จะเอาข้อมูลจากเซ็นเซอร์อื่นที่ยังทำงานอยู่ เช่น อุดหมูมิน้ำ และอุดหมูมิไอเสีย

เพราะฉะนั้นเมื่อใส่โหลดเข้าไป เครื่องจะต้องออกแรงมากกว่าเดิม อุดหมูมิของไอเสียและน้ำจะสูงขึ้น กล้องอ็อกซิยูต้องสั่งแถมน้ำมันให้มากกว่าเดิม

ใน Open-loop กล้องอ็อกซิยูจะทดแทนโดย Sensitivity กับค่า Trim อุดหมูมิน้ำและอุดหมูมิไอเสีย ถ้า Calibrate ไว้ให้ Sensitive มากๆ อุดหมูมิสูงขึ้นนิดเดียวก็เริ่มแถมแล้ว อาจทำให้น้ำมันหนาเกินไป แต่ถ้า Calibrate ให้มีความรู้สึกเข้าเกินไป เครื่องร้อนจนเกือบจะพังกว่าจะแถม ส่วนผสมจะบางเกินไป

THAIDRIVER • ใน Close-loop กล้องอ็อกซิยูใช้ออกซิเจนเซ็นเซอร์ ในการปรับ Stoichiometric เพื่อให้อัตราส่วน =1 กดสองพวงกลองฯ เข้าไปที่ Output และเพิ่มความหนาในการยกหัวฉีดที่รอบเดินเบาเป็นเปอร์เซ็นต์ ทำให้อัตราส่วนฯ หลักรังยอบให้ทำ

๑. ศิริยุสณ • กล้องฯ หลักรังยอบพยายามพาลับมาตามเป้าหมายแล้ว แต่ทำไม่ได้เพราะเมื่อออกคำสั่งมาแล้ว ก็ถูกกล้องฯ พวง 'แต่ง' คำสั่งใหม่ (เพราะพวงที่ Output)

เช่น ต้องการให้ยัด Pulse-width ของหัวฉีดออกไปอีก 10% จากเดิม 10 เป็น 11 มิลลิเซคัน เมื่อยัดแล้วไอเสียที่วิ่งออกไปก็จะมีน้ำมันปนออกไปด้วย ออกซิเจนเซ็นเซอร์ตรวจพบก็สั่งกล้องฯ หลักรังยอบให้ลด Pulse-width เหลือ 9 มิลลิเซคัน น้ำมันก็บางลง

ที่ถามมาว่าทำไมกล้องฯ หลักรังยอบให้แถมน้ำมันได้ ก็น่าจะเป็นเพราะ Out of Range เกินกว่ากล้องฯ หลักรังยอบ Maintain ได้ เพราะกล้องฯ หลักรังยอบต้องมี Range ที่ทำงานได้ (กล้องฯ โรงงาน Range ไม่กว้าง) ถ้ากล้องฯ สั่งงานได้แบบไม่จำกัดหรือไม่มี Range เราก็คงใช้หัวฉีดเบอร์เดียวกับทุกเครื่องได้เลย บริษัทผลิตหัวฉีดเจ๋งแน่...

ใบสมัครสมาชิก THAIDRIVER MAGAZINE



ชื่อ

นามสกุล

ที่อยู่

โทรศัพท์

ค่าสมัครสมาชิก

- 6 เดือน 300 บาท
- 1 ปี 600 บาท
- 2 ปี 1,200 บาท

เริ่มจากเล่มที่

วิธีการชำระเงิน

ส่งจ่ายในนามบริษัท ไทยโดร์ฟวอร์ มัลติมีเดีย จำกัด โดย

- เช็คธนาคาร เลขที่
- ธนาณัติ (บ.บ. สามแสนใบ)
- ตัวเลขเงิน
- เงินสด

• โอนเงินเข้าธนาคารไทยพาณิชย์ ชอยอารีสัมพันธ์ ออมทรัพย์ เลขที่ 056-2-22438-6 ชื่อบัญชี บริษัท ไทยโดร์ฟวอร์ มัลติมีเดีย จำกัด

• กรณีโอนเงินผ่านธนาคารให้พิมพ์ใบโอนเงินพร้อมใบสมัครมาที่ 0-2615-7410 หรือติดต่อ คุณสุพรรณ โทร.0-2615-7405-9

• กรณีชำระเงินทางไปรษณีย์ให้ส่งพร้อมใบสมัครมาตามที่อยู่ด้านล่าง บริษัท ไทยโดร์ฟวอร์ มัลติมีเดีย จำกัด 73 อาคารธุรกิจบัณฑิตย ถนนพหลโยธิน แขวงสามเสนใน เขตพญาไท กทม.10400

หมายเหตุ : สมาชิกท่านใดที่ต้องการใบเสร็จรับเงินกรุณาแจ้งที่อยู่ในการออกใบเสร็จฯ ให้ชัดเจน

