

วิวัฒนาการและการใช้งานของ คาร์บูเรเตอร์ในเครื่องยนต์เบนซิน

(ตอนจบ)

น.ต.สุรศักดิ์ ปานเกษม
กองวิชาวิศวกรรมเครื่องกลเร็ว

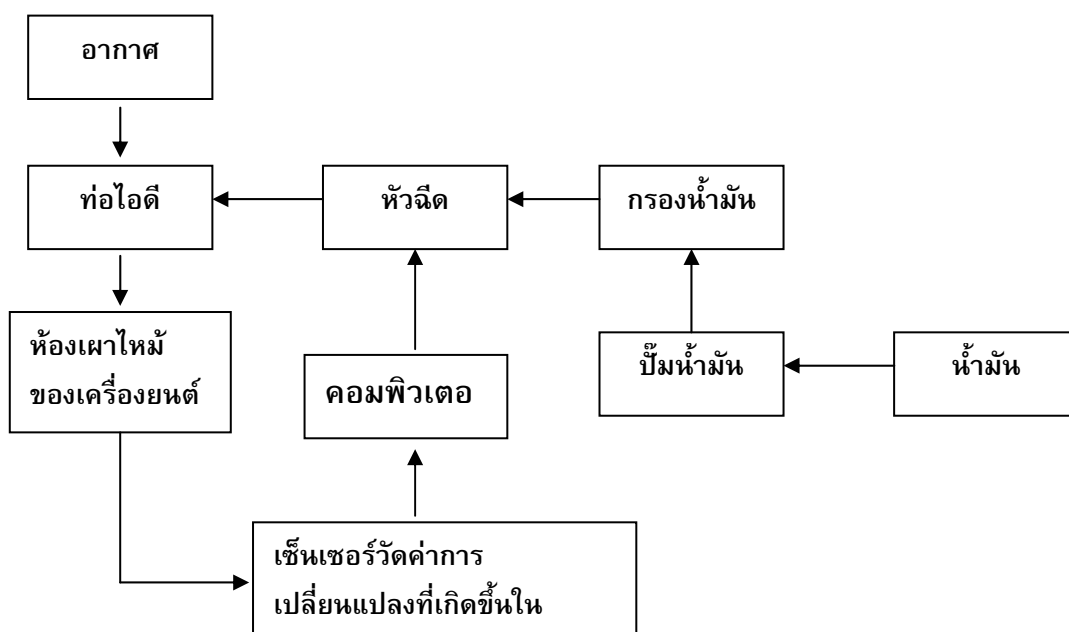
.....

การทำงานของคาร์บูเรเตอร์ดังกล่าวเป็นหลักการทำงานสำหรับเครื่องยนต์เบนซินสี่สูบที่มีการใช้งานในชีวิตประจำวัน แต่สำหรับเครื่องยนต์ที่ต้องการกำลังขับสนองการบูเรเตอร์ยังต้องมีการพัฒนาเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการส่งน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปยังห้องเผาต่อไป ในขณะที่คาร์บูเรเตอร์ยังคงถูกพัฒนาต่อไป แนวความคิดอื่นในการทำให้ น้ำมัน มีขนาดอนุภาคเล็กลงแทนที่จะใช้ความรู้ทางกลศาสตร์ของไหลดังหลักการของคาร์บูเรเตอร์แต่ใช้ปั๊มขนาดเล็กในการเพิ่มกำลังให้น้ำมันแล้วส่งผ่านหัวฉีดเพื่อให้เกิดละอองน้ำมันที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาการเผาไหม้ก็มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและยาวนานเช่นกัน เทคนิคดังกล่าวมีการนำมาใช้กับเครื่องยนต์เบนซินของออดโตในรุ่นแรก ๆ เช่นกัน และวิศวกรยานยนต์ก็ได้พบกับปัญหาของการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยตรง (**Direct Injection**) ที่ทำให้พวกเขาต้องยอมแพ้ไปในที่สุด เนื่องจากระดับอุณหภูมิภายในห้องเผาไหม้มีค่าสูงมากจนทำให้น้ำมันเชื้อเพลิง ที่ฉีดเข้าไป เกิดการเผาไหม้ในทันทีโดยไม่รอการทำงานของหัวเทียนจุดระเบิด นอกเหนือจากนี้แล้ว การควบคุมอัตราการไหลของเชื้อเพลิงในปริมาณที่น้อย ๆ ดังเช่นที่ต้องกระทำในวิศวกรรมยานยนต์ก็เป็นปัญหาทางเทคนิคที่สำคัญอีกประการหนึ่ง เป็นระยะเวลานานกว่าห้าสิบปีที่วิธีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้าไปในห้องเผาไหม้โดยตรงมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและประสบความสำเร็จครั้งแรกในช่วงต้นปี ค.ศ. ๑๕๐๐ กับการใช้งานในเครื่องยนต์ทดสอบของเมอร์เซเดสเบ็นซ์รุ่น 300 SL และรุ่นโกไลแอต ซึ่งสามารถทำความเร็วได้สูงถึง ๒๖๐ กม./ชม. จากผลการทดลองและผลการทดสอบที่เมอร์เซเดสได้เก็บสะสมมาตั้งแต่หลังสงครามโลกครั้งที่สองแสดงให้เห็นว่าการใช้เทคนิคการฉีดน้ำมันเข้าห้องเผาไหม้โดยตรงนี้กับเครื่องยนต์เบนซินขนาดเล็กเป็นเรื่องที่ยุ่งยากและต้องใช้ต้นทุนที่สูงมาก ดังนั้นจึงหาทางออกของปัญหานี้โดยใช้การฉีดแบบ **INDIRECT INJECTION** นั่นคือหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงจะไม่วางอยู่ใน ห้องเผาไหม้ตรงบริเวณหัวเทียนจุดระเบิด แต่จะถูกออกแบบให้อยู่บริเวณส่วนปลายของท่อดูดอากาศดีก่อนเข้าสู่ห้องเผาไหม้ น้ำมันจะถูกฉีดลงบนบ่าวาล์วท่อดูดอากาศดีที่มีอุณหภูมิสูงถึง 600°C ซึ่งทำให้ น้ำมันระเหยกลายเป็นไอและถูกดูดเข้าไปในห้องเผาไหม้ต่อไปโดยอากาศที่ไหลเข้ามาอย่างต่อเนื่อง ทำให้ไอน้ำมันถูกส่งเข้าไปในห้องเผาไหม้อย่างต่อเนื่อง ข้อดีของ **INDIRECT INJECTION** เมื่อ เปรียบเทียบกับคาร์บูเรเตอร์คือ เครื่องยนต์มีกำลังสูงขึ้นและมีอัตราความสิ้นเปลืองลดลง ในขณะที่ ข้อเสียคือเครื่องยนต์จะมีความซับซ้อนทางเทคนิคมากขึ้นและมีราคาสูงขึ้น

ในช่วงกลางคริสต์ศตวรรษที่ ๑๖ เทคโนโลยีด้านอิเล็กทรอนิกส์มีพัฒนาการอย่างรวดเร็วและส่งผลแนวความคิดในการพัฒนาทางเทคโนโลยียานยนต์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์หรือคอมพิวเตอร์ ซึ่งหัวฉีดจะถูกควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงด้วยชุดควบคุมส่วนผสม (CONTROL UNIT) ซึ่งกลไกในการควบคุมที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอยู่ ๓ รูปแบบคือ

๑. ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมโดยระบบกลไก (K-JETRONIC)
๒. ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมโดยระบบกลไกร่วมกับระบบอิเล็กทรอนิกส์ (KE-JETRONIC)
๓. ระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงควบคุมโดยระบบอิเล็กทรอนิกส์ (D-JETRONIC และ L-JETRONIC)

การพัฒนาและผลิตรบบฉีดน้ำมันทั้ง ๓ แบบกระทำโดยบริษัท BOSCH แห่งประเทศเยอรมัน ระบบฉีดน้ำมันรุ่นแรกที่มีการควบคุมโดยหน่วยควบคุม (JETRONIC) มีการผลิตและประกอบเครื่องยนต์เป็นซีรี่ย์ในรถยนต์ Volkswagen 1600 E ปี ค.ศ. ๑๙๖๗ และด้วยแนวโน้มความต้องการของตลาดที่ต้องการรถยนต์ที่ให้อัตราการสูงขึ้นและมีอัตราความสิ้นเปลืองที่ต่ำ ทำให้ระบบควบคุมหัวฉีดได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น กอปรด้วยการพัฒนาหน่วยควบคุมความจำของเครื่องคอมพิวเตอร์เป็นไปอย่างรวดเร็วและการแข่งขันทางตลาดเป็นไปอย่างเข้มข้น ทำให้ราคาของชุดควบคุมไม่ได้สูงขึ้นตามไปด้วยดังนั้นระบบควบคุมหัวฉีดสมัยใหม่จึงมีจำนวนเซ็นเซอร์ที่เพิ่มมากขึ้น เซ็นเซอร์เหล่านี้จะวัดและส่งข้อมูลที่วัดได้ไปยังศูนย์กลางการประมวลข้อมูลอย่างต่อเนื่องและรวดเร็ว ทำให้ชุดควบคุมมีเงื่อนไขและขอบเขตมากขึ้น จึงสามารถสร้างภาพและสถานะการณ์ต่าง ๆ พร้อมทั้งคำนวณค่าที่เหมาะสมที่สุดในการฉีดน้ำมันเข้าไปในห้องเผาไหม้ ซึ่งค่านี้ก็จะสอดคล้องกับการทำงานของหัวเทียนจุดระเบิด ซึ่งจะเหมาะต่อการทำงานของเครื่องยนต์ในแต่ละสภาวะการทำงานของ ? นั่นเอง หลักการทำงานเบื้องต้นของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์สามารถแสดงได้ด้วยรูปที่ ๕



รูปที่ ๕ หลักการทำงานของระบบฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงอิเล็กทรอนิกส์

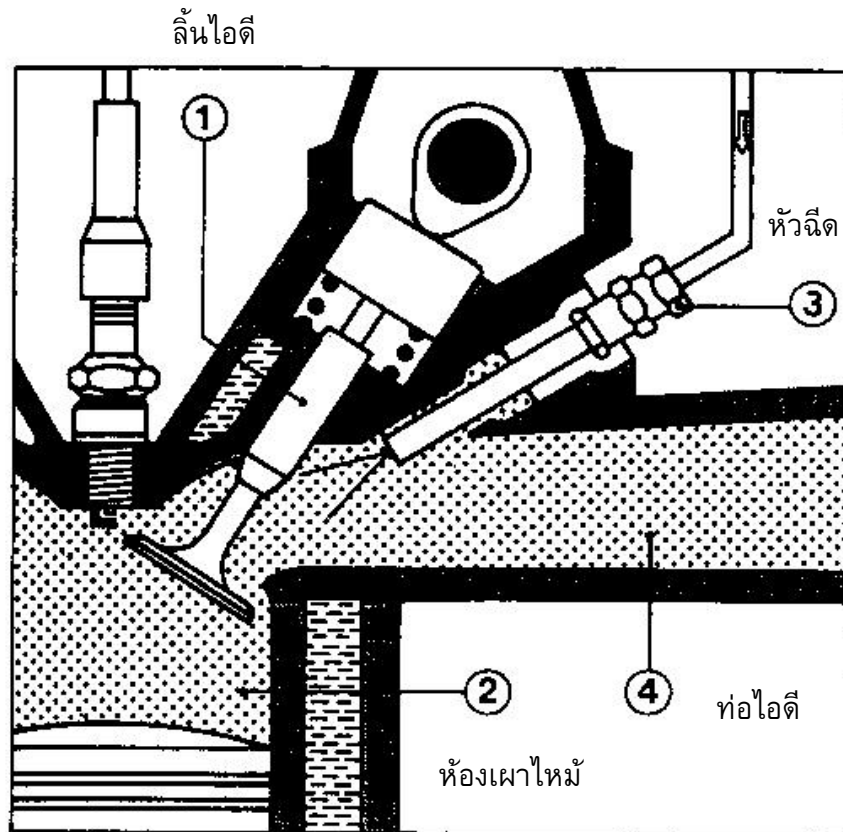
จากการเปิดเผยข้อมูลของบริษัทผู้ประกอบการเครื่องยนต์แห่งประเทศไทยรายงานว่า ผลจากการนำระบบควบคุมหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเข้ามาใช้ในเครื่องยนต์เบนซินตั้งแต่ปี ค.ศ. ๑๙๗๐ ถึงปี ค.ศ. ๑๙๘๕ ทำให้สามารถลดอัตราการความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ถึง ๒๔% นอกเหนือจากนั้นแล้วมลภาวะทางอากาศอันเกิดจากก๊าซที่เกิดจากการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ก็ลดลงด้วย

เทคโนโลยีการฉีดน้ำมันที่ใช้ในปัจจุบันคือแบบ "SINGLE-POINT-INJECTION" และ "LAMBDA-REGULATION" สำหรับเครื่องกรองอากาศเสีย (CATALYZER) ชื่อ "SINGLE POINT" หมายความว่าสำหรับทุก ๆ ห้องเผาไหม้ของแต่ละกระบอกสูบจะมีหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงของตัวเอง (รูปที่ ๖) น้ำมันที่ถูกฉีดออกจากแต่ละหัวฉีดจะมีปริมาณเท่ากันและมีความเหมาะสมกับปริมาณอากาศและภาวะการทำงาน ขณะนั้น ซึ่งจะทำให้สามารถลดอัตราการความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและเพิ่มกำลังงานให้เครื่องยนต์ได้ อัตราส่วนผสมของอากาศและน้ำมันเชื้อเพลิงโดยน้ำหนักตามทฤษฎีที่ทำให้เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้ที่สมบูรณ์มีค่าเท่ากับ ๑๔.๗ : ๑ หรือประมาณ ๑๕ : ๑ ถ้าค่าอัตราส่วนที่ใช้มีค่ามากกว่า ๑๔.๗ : ๑ เรา จะเรียกว่าการเผาไหม้มีส่วนผสมบาง (LEAN MIXTURE) และถ้าค่าอัตราส่วนที่ใช้มีค่าน้อยกว่า ๑๔.๗ : ๑ จะเรียกว่าส่วนผสมหนา (RICH MIXTURE)



รูปที่ ๖ ระบบหัวฉีดและท่อทางส่งน้ำมันเชื้อเพลิง

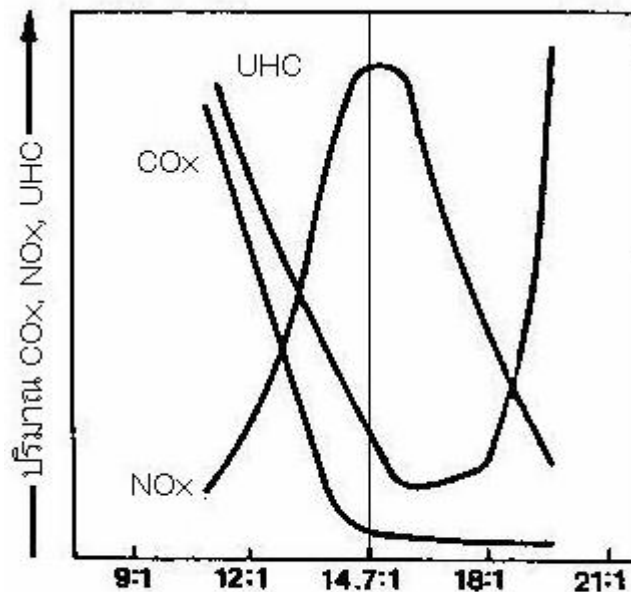
รูปที่ ๗ แสดงให้ตำแหน่งการวางหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งจะถูกออกแบบให้วางอยู่ด้านข้างของลิ้นอากาศดี ซึ่งมีข้อดีคือทำให้ลิ้นอากาศดีนี้ได้รับการหล่อเย็นในจังหวะที่มีการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิง น้ำมันเชื้อเพลิงที่กลายเป็นไอน้ำมันเนื่องจากความร้อนที่ลิ้นไอดีจะผสมกับอากาศที่ถูกดูดเข้ามา สารผสมระหว่างอากาศและน้ำมันเบนซินนี้จะมีการไหลวนที่รุนแรงทำให้มีการผสมตัวกันได้ดีและเหมาะต่อการเผาไหม้ในจังหวะต่อไป



รูปที่ ๗ การวางหัวฉีดแบบ **INDIRECT INJECTION**

ส่วน LAMBDA-REGULATION นั้นเป็นเทคโนโลยีที่ใช้ในการควบคุมปริมาณสารซึ่งก่อให้เกิดมลพิษต่อสภาพแวดล้อม โดยจะมีอุปกรณ์ตรวจวัดที่เรียกว่า LAMBDA PROBE สำหรับวัดปริมาณก๊าซออกซิเจนในก๊าซเสียที่เกิดจากปฏิกิริยา OXIDATION และ REDUCTION ในห้องเผาไหม้ ค่าที่วัดได้จะถูกส่งอย่างต่อเนื่อง ไปยังหน่วยประมวลผลเพื่อทำการปรับค่าอัตราส่วนอากาศดีและน้ำมันเชื้อเพลิงหรือที่วิศวกรยานยนต์เรียกว่าค่า LAMBDA (λ) นั้นเองที่เหมาะสมต่อไป โดยกำหนดว่าที่ $\lambda=1$ คือค่าอัตราส่วนอากาศต่อน้ำมันเบนซินที่เกิดปฏิกิริยาการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ซึ่งถ้าคิดอัตราส่วนโดยน้ำหนักจะมีค่า ๑๔.๗ : ๑ หรือถ้าเป็นอัตราส่วนโดยปริมาตรจะมีค่าประมาณ ๑๐,๐๐๐ : ๑ รูปที่ ๘ แสดงให้เห็นถึงก๊าซต่างๆที่เป็นส่วนผสมของก๊าซเสียซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงไปตามค่า λ ตามปกติก๊าซเสียจะมี

ส่วนผสมของ NO_x , CO_x และ UHC (UNBURNED HYDROCARBON) และเมื่อ λ มีค่าเปลี่ยนไป อัตราส่วนขององค์ประกอบของก๊าซเสียก็จะแตกต่างกันไป ที่ค่า $\lambda < 1$ ก๊าซเสียจะมีปริมาณ CO_x ที่สูงกว่าปกติ ในขณะที่ค่า $\lambda > 1$ ก๊าซเสียจะมีค่า NO_x ที่สูงกว่าปกติ ดังนั้นเราจึงพยายามควบคุมให้การเผาไหม้เกิดขึ้นในช่วงค่า $\lambda \approx 1$



อัตราส่วนผสมของอากาศ:น้ำมันเชื้อเพลิง

รูปที่ ๘ องค์ประกอบของก๊าซเสียที่อัตราส่วนผสมต่าง ๆ

แม้ว่าในปัจจุบันจะมีชุดควบคุมการฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงมากกว่า ๕๐ ชนิดแต่โดยหลักการแล้วทุกชนิดมีหลักการทำงานที่เหมือนกัน คือน้ำมันเบนซินในท่อส่งน้ำมันเชื้อเพลิงจนถึงหัวฉีดจะถูกปั๊มจนมีระดับความดันสูง โดยมีคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมปริมาณน้ำมันและช่วงเวลาที่ จะทำการฉีดน้ำมันเข้าไปในห้องเผาไหม้ นั่นหมายความว่าคอมพิวเตอร์เป็นตัวควบคุมช่วงเวลาการเปิดปิดลิ้นหัวฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นตัวกำหนดว่าลิ้นของหัวฉีดใดต้องทำงานและควบคุมข้อมูลการทำงานที่เกี่ยวข้องทั้งหมด ประมาณ ๑๕ ปีที่แล้วเครื่องยนต์เบนซินที่ทำงานด้วยเครื่องคาร์บูเรเตอร์ยังคงเป็นทางเลือกสำหรับผู้ขับที่ไม่ต้องการความเร็วสูงมากนัก แต่ด้วยกฎหมายควบคุมมลพิษที่ถูกออกมาและมีการบังคับใช้อย่างเข้มงวดในประเทศที่พัฒนาแล้ว ทำให้ต้องมีการนำอุปกรณ์ควบคุมก๊าซเสียมาใช้งานและทำให้การใช้งานของคาร์บูเรเตอร์มาถึงทางตันและเป็นจุดสิ้นสุดสำหรับการใช้งานในรถยนต์นั่งส่วนบุคคล แม้จะมีความพยายามในการสร้างคาร์บูเรเตอร์ที่ควบคุมด้วยคอมพิวเตอร์ที่สามารถใช้งานได้ดีและสามารถผ่านการทดสอบตามกฎหมายและมาตรฐานต่าง ๆ ที่บัญญัติขึ้น แต่เมื่อพิจารณาที่ต้นทุนการผลิตก็ต้องยอมรับสภาพว่าไม่สามารถผลิตเพื่อการค้าเสรีได้

และก็คงจะเป็นเหมือนกับวงการด้านอื่น ๆ ที่อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้าไปมีส่วนร่วม นั่นคือในช่วงแรกอุปกรณ์ที่ผลิตใหม่และควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์จะมีราคาแพง อุปกรณ์เก่าที่ทำงานโดยเครื่องยนต์กลไกยังสามารถยืนหยัดต่อสู้ได้ แต่เมื่อเวลาผ่านไปและด้วยเงื่อนไขการแข่งขันทั้งทางด้านประสิทธิภาพของการทำงาน ความคุ้มทุนทางเศรษฐศาสตร์ กฎหมายควบคุมสิ่งแวดล้อม ฯลฯ ทำให้การใช้งานเทคโนโลยีดิจิทัลมีความเหมาะสมมากกว่าจึงถูกนำมาใช้งานและทดแทนเทคโนโลยีเก่า ๆ จนถึง การทดแทนทั้งหมดโดยสิ้นเชิง สำหรับคาร์บูเรเตอร์แล้วการใช้งานในรถมอเตอร์ไซด์ทั่วไปคงจะยังมีการใช้งานต่อไป จนกระทั่งถึงยุคที่รถมอเตอร์ไซด์จะถูกควบคุมด้วยระบบอิเล็กทรอนิกส์โดยสมบูรณ์ และมอเตอร์ไซด์ที่เราใช้อยู่ในปัจจุบันถึงเวลาที่จะถูกจัดเก็บเข้าพิพิธภัณฑ์ให้ลูกหลานดูต่อไป ณ เวลานั้น ก็คงเป็นจุดสิ้นสุดของคาร์บูเรเตอร์อย่างสิ้นเชิง
