

การพัฒนาเครื่องยนต์ผสมแบบฉีดตรง

The Development of Gasoline Direct Injection Engine

ผู้เขียน เปล่งสะอุด ● อุ่น กั้กสี*

บทนำ

บทความนี้ ได้แสดงถึงแนวความคิดในการออกแบบและพัฒนารูปแบบของเครื่องยนต์สันดาปภายในให้ตอบสนองต่อความต้องการในโลกปัจจุบันมากยิ่งขึ้น ซึ่งในปัจจุบันนี้โลกกำลังเผชิญกับปัญหาในด้านการลดลงของพลังงานและปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่มากขึ้นเรื่อยๆ ด้วยเหตุนี้วิธีการลดการปล่อยมลพิษยังคงเป็นสิ่งที่สำคัญ จึงได้มีการนำเสนอนวัตกรรมใหม่ๆ ที่ช่วยลดการปล่อยมลพิษ เช่น เครื่องยนต์ “Gasoline Direct Injection” GDI ซึ่งเป็นเครื่องยนต์ที่เกิดจากการนำข้อดีของเครื่องยนต์เบนซินรวมเข้ากับข้อดีของเครื่องยนต์ดีเซลเพื่อสร้างเป็นเครื่องยนต์ร่วม โดยเครื่องยนต์ดังกล่าวจะมีรูปแบบการทำงานคล้ายกับเครื่องยนต์ดีเซล ถ้าเครื่องยนต์อยู่ในช่วงที่ไม่ต้องการกำลังมากนักหรือความเร็วต่ำ และจะทำงานคล้ายกับเครื่องยนต์เบนซินในช่วงที่ต้องการกำลังมากหรือความเร็วสูง ซึ่งจาก การทำงานดังกล่าวเมื่อนำมาใช้งาน ที่คาดได้จากเครื่องยนต์รุ่นใหม่ปัจจุบันที่มีการเพิ่มประสิทธิภาพและลดการปล่อยมลพิษได้มากกว่า 90% ซึ่งในอนาคตเครื่องยนต์ดังกล่าวก็จะได้ถูกพัฒนาจนกลายเป็นเครื่องยนต์มาตรฐานที่ใช้ในรถยนต์ทั่วไปที่ภายในห้องตลาดต่อไป

Abstract

This article will express the designing and developing ideas in the field of internal combustion engine. At the present day, the world is facing with the big problem which is reduction of energy sources and increment of environment problems. With those reasons, automobile companies propose the new kind of engines to the markets and one of the new kinds of engines is "Gasoline Direct Injection", GDI. Gasoline Direct Injection engine or GDI is the combination of gasoline engine and diesel engine that GDI engine will have advantages of both engines. GDI engine will work as diesel engine when it doesn't need much power or low velocity. On the other hand, GDI engine will work as gasoline engine when it needs much power or high velocity. With GDI system, its overall efficiency will be much better than current system that include output power which is approximately higher 10%

* อาจารย์ประจำภาควิชากรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยศรีปทุม

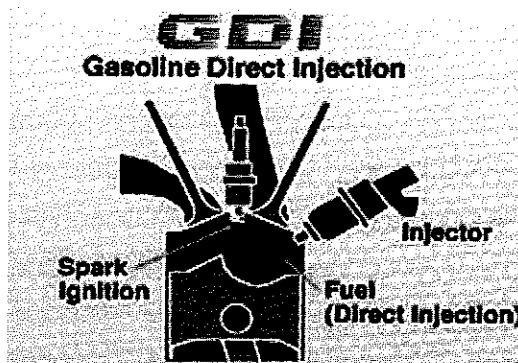
กับสิ่งแวดล้อม
เครื่องยนต์
Injection
หลักของ
(ประทาย)
เครื่องยนต์
เครื่องยนต์
(MPI E)
การทำงาน
ในหัวข้อ

2. แนวคิด GDI

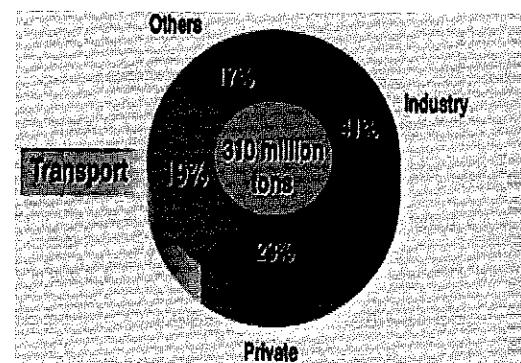
ใช้แก๊สโซลิน
แบบก๊าซ
เบนซินเจริญ
การประปา
วิศวกรผู้ดูแล
เครื่องยนต์

การพัฒนาเครื่องยนต์ผสมแบบฉีดตรง

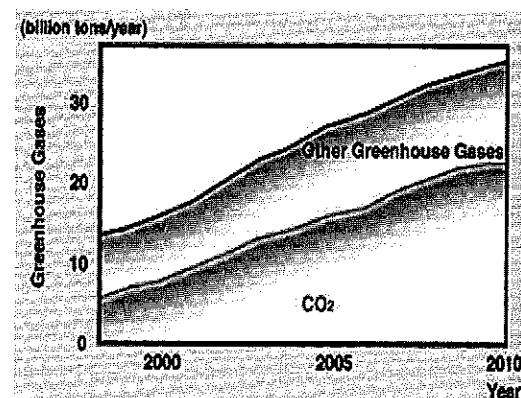
or save fuel more than 35%. Moreover, GDI engine will decrease NO_x more than 90% that in the further GDI engine will be developed and turn out to be the standard engine which will widely be used in the world market.



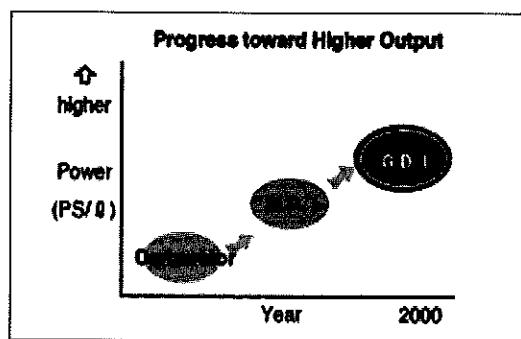
รูปที่ 1 แสดงลักษณะของเครื่องยนต์ GDI (2)



รูปที่ 2 แสดงถึงแหล่งที่มาของ CO_2 (2)



รูปที่ 3 แสดงปริมาณ CO_2 ที่เกิดขึ้นในแต่ละปี (2)



รูปที่ 4 แสดงพัฒนาการของเครื่องยนต์สันดาปภายใน (2)

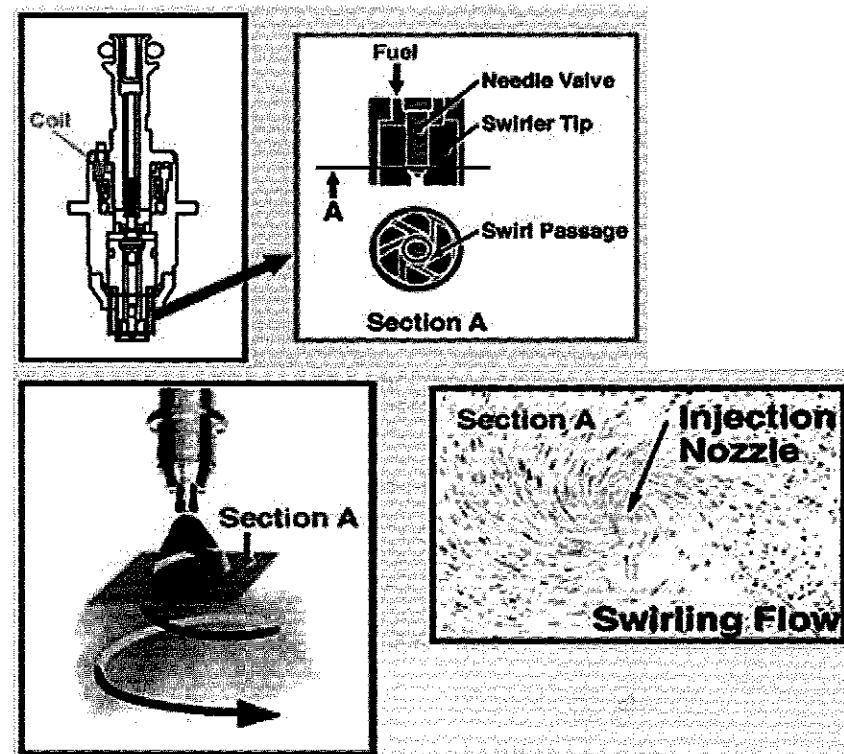


รูปที่ 5 บ

ความเข้าใจ

ในอดีตที่ผ่านมานั้นการพัฒนาเครื่องยนต์สันดาปภายในมักจะมุ่งเน้นไปที่การพัฒนาให้ได้เครื่องยนต์ที่มีประสิทธิภาพหรือกำลังสูงสุดเพียงอย่างเดียว แต่ในปัจจุบันมีภาระการลดลงของพลังงานเชื้อเพลิงและปัญหาทางด้านสิ่งแวดล้อม ได้เข้ามามีอิทธิพลต่อการพัฒนาเครื่องยนต์มากยิ่งขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 2 และ 3 ซึ่งแสดงถึงปริมาณ CO_2 และแนวโน้มของการเพิ่มขึ้นของบริมาณ CO_2 ในอากาศซึ่งจะส่งผลทำให้เกิดผลกระทบทางสิ่งแวดล้อม (Green-House Effect) ด้วยเหตุนี้ การพัฒนาเครื่องยนต์ในรุ่นใหม่จึงต้องคำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ควบคู่ไปกับการอนุรักษ์พลังงานและสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กันด้วยซึ่งค่ายรถต่างๆ ได้มีความพยายามที่จะนำเสนองานแนวคิดของเครื่องยนต์ที่ตอบสนองต่อความต้องการทุกๆ ด้าน พร้อมกับโดยเป็นเครื่องยนต์ที่สามารถให้ประสิทธิภาพสูงภายใต้การใช้เชื้อเพลิงอย่างเหมาะสมและเป็นมิตร

การพัฒนาเครื่องยนต์ผสมแบบอัดฉีด

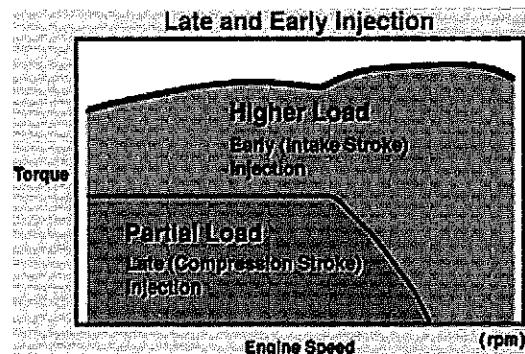


รูปที่ 12 เป็นการแสดงถึงลักษณะของหัวฉีดที่ใช้ในเครื่องยนต์ GDI

4. คุณลักษณะที่สำคัญของเครื่องยนต์ GDI

ในการออกแบบให้เครื่องยนต์ได้ ให้ประหยัดเชื้อเพลิง แต่ในขณะเดียวกันก็ให้กำลังออกมากสูงนั้น ในอดีตดูเหมือนจะเป็นเรื่องที่เป็นไปไม่ได้แต่ในปัจจุบัน ได้มีการออกแบบสร้างให้เครื่องยนต์สามารถทำงานได้ทั้งสองอย่างพร้อมๆ กันโดยอาศัยรูปแบบการเผาไหม้ และช่วงจังหวะในการฉีดเชื้อเพลิงเข้าสู่ห้องเผาไหม้ที่แตกต่างกันไปในแต่ละสภาวะของการขับขี่ โดยสามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะ ดังนี้

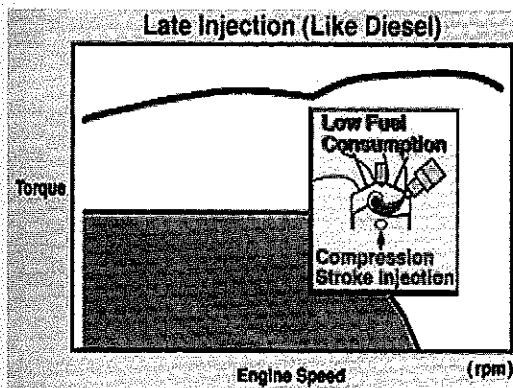
1. การทำงานในช่วง Partial Load
 2. การทำงานในช่วง Higher Load
- ดังแสดงในรูปที่ 13



รูปที่ 13 เป็นการแสดงถึงลักษณะการทำงานของเครื่องยนต์

● Ultra-lean Combustion Mode

เป็นโหมดการทำงานในสภาวะ Partial Load เป็นสภาวะการขับขี่โดยทั่วไป การขับขี่ในเมืองซึ่งความเร็วของรถจะไม่เกิน 120 km/h ไม่ต้องการกำลังขับเคลื่อนสูงนัก โดยในโหมดนี้การฉีดเชื้อเพลิงจะ



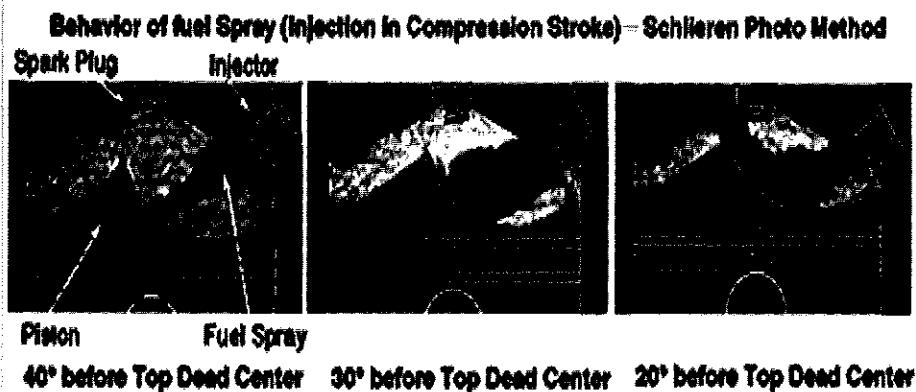
รูปที่ 14 แสดงการทำงานใน Ultra-lean Combustion Mode (2)

เกิดขึ้นในปลายจังหวะอัด (Late Injection) ซึ่งการฉีดในลักษณะดังกล่าวจะทำให้การผสมกันระหว่างอากาศ กับเชื้อเพลิงจะเป็นแบบที่เชื้อเพลิงเพียงเล็กน้อยจะถูกฉีดเข้ามาอย่างอากาศ จำนวนมากที่อยู่ในห้องเผาไหม้ (Stratified air-fuel mixture) ดังที่แสดงในรูปที่ 14 (ด้านซ้าย) โดยคล้ายกับการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซล และจะเกิดการจุดระเบิดโดยมีอัตราส่วน ระหว่างอากาศ กับเชื้อเพลิงที่บ่อมาก(Ultra-lean A/F ratio) ซึ่ง A/F ratio ของการจุดระเบิดมีค่าอยู่ในช่วง 30-40 และเมื่อผ่านไปเทียบกับเครื่องยนต์แบบเต้มซึ่งจะมีค่า A/F ratio

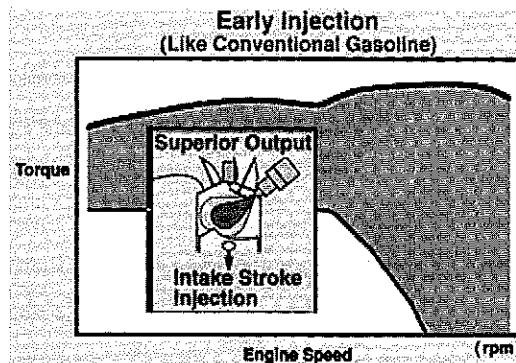
ที่ stoichiometric อุ豫ที่ประมาณ 15:1 ซึ่งจะเห็นได้ว่า เครื่องยนต์แบบ GDI สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ถึง 3 เท่า (แต่ถ้าใช้กระบวนการ EGR เข้ามาเกี่ยวข้องด้วย จะสามารถเพิ่มขึ้นได้ถึง 35-55 อีกด้วย) สำหรับเหตุผล ของความสามารถในการประหยัดเชื้อเพลิงของเครื่องยนต์ แบบนี้ ได้แก่ การออกแบบลักษณะของถังสูบเป็นพิเศษ โดย การค้นคว้าด้านบนของถังสูบเพื่อให้เกิดความถูกต้องขึ้น เพื่อจะช่วยในการควบคุมทิศทางการไหลวนของสารผสม ภายในห้องเผาไหม้ให้ได้ทิศทางตามที่ต้องการได้ดังแสดง ในรูปที่ 15 ซึ่งเป็นการแสดงถึงทิศทางการไหลวนของ เชื้อเพลิง (บริเวณสีดำ) เมื่อเชื้อเพลิงเพียงเล็กน้อย ถูกฉีดเข้ามาในช่วงปลายของจังหวะอัดจะกระทบกับ ผิวโคลงของด้านบนถังสูบทำให้เกิดการม้วนตัวกลับเข้าไป ในทิศทางที่ผุ่งเข้าหาหัวเทียนดังนั้นจึงทำให้บริเวณรอบๆ หัวเทียนมีความหนาแน่นของเชื้อเพลิงเพียงพอต่อ การจุดระเบิดได้

● Superior Output Mode

เป็นโหมดการทำงานในสภาวะ Higher Load ซึ่งเป็นการขับขี่ที่ต้องการกำลังขับเคลื่อนสูงหรือการขับขี่ที่ความเร็วสูงๆ โดยในโหมดนี้การฉีดเชื้อเพลิงจะเกิดขึ้น ในระหว่างจังหวะดูด (Early Injection) ซึ่งการฉีดในลักษณะดังกล่าวได้แสดงไว้ในรูปที่ 16 ส่วนในรูปที่ 17

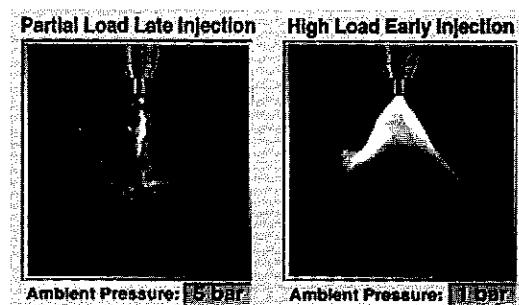


รูปที่ 15 แสดงทิศทางการไหลวนของสารผสมภายในห้องเผาไหม้ (2)

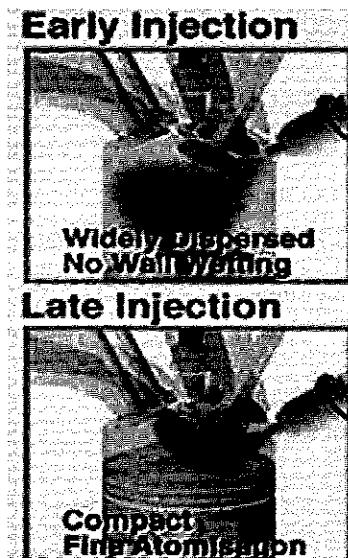


รูปที่ 16 แสดงการทำงานใน Superior Output Mode (2)

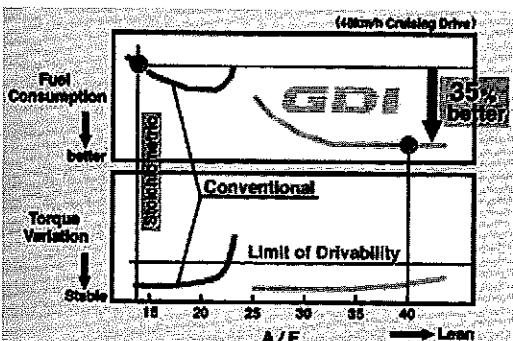
นั้น จะแสดงรูปว่างของเชื้อเพลิงที่ถูกฉีดออกมาน้ำซึ่งจะมีลักษณะเป็นรูปกรวย (Cone Shape Spray) โดยความดันขั้นต่ำของการฉีดจะมีค่าอยู่ที่ประมาณ 50 MPa ด้วยความดันดังกล่าวจะทำให้เชื้อเพลิงสามารถที่จะแตกตัวเป็นละเอียงได้ดีมากยิ่งขึ้น จึงทำให้การผสมกันของอากาศ กับเชื้อเพลิงนั้นสามารถรวมเป็นเนื้อเดียวกันได้ดีมากขึ้นด้วย (Homogeneous air-fuel mixture) คล้ายกับการทำงานของเครื่องยนต์เบนซิน และเมื่อเกิดการจุดระเบิดขึ้นเครื่องยนต์จะส่งกำลังออกมากสูงได้ตามที่ต้องการ ซึ่ง A/F ratio ของการจุดระเบิดมีค่าอยู่ในช่วง 13-24 นอกจากนี้การฉีดเชื้อเพลิงเข้ามาในจังหวะดุยังมีผลทำให้อุณหภูมิของสารผสมในห้องเผาไหม้ลดลง ได้ซึ่งจะทำให้โอกาสในการเกิดการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ลดลงได้อีกด้วย และสำหรับรูปที่ 18 นั้นจะแสดงถึงข้อสรุปของความต้องการลักษณะของการฉีดเชื้อเพลิง ของการทำงานในแต่ละ荷模式



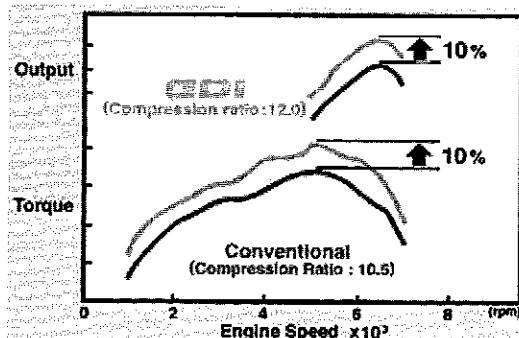
รูปที่ 17 แสดงลักษณะของการกระจายตัวของลดของน้ำมันที่ออกจากหัวฉีด (2)



รูปที่ 18 สรุปรูปแบบการฉีดน้ำมันในการทำงานของหัวสูบ Mode (2)



รูปที่ 19 แสดงการเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงและ การให้แรงบิดที่ A/F ratio (2)

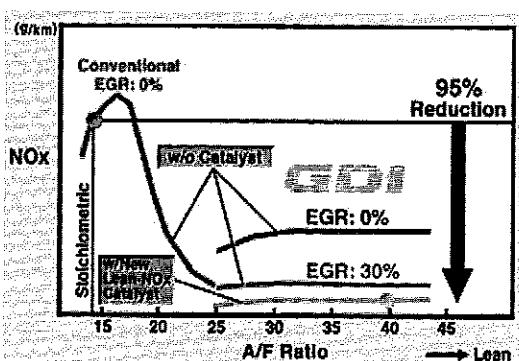


รูปที่ 20 การเปรียบเทียบกำลังแรงบิดที่ได้ออกมา จากเครื่องยนต์แบบใหม่กับแบบเดิมที่ ความเร็ว迥ต่างๆ (2)

5. การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของ เครื่องยนต์ GDI กับเครื่องยนต์แบบเดิม

พิจารณาจากกราฟในรูปที่ 19 จะเป็นกราฟที่ เปรียบเทียบถึงการใช้เชื้อเพลิงและการให้แรงบิดที่ A/F ratio ต่างๆ ระหว่างเครื่องยนต์แบบเดิมกับเครื่องยนต์ GDI ซึ่งจากการฟังของการใช้เชื้อเพลิงจะพบว่าสำหรับ เครื่องยนต์แบบใหม่นั้นจะสามารถลดการใช้เชื้อเพลิง ลงได้ถึง 35% จากของเดิมโดยมีค่า A/F ratio ของ เครื่องใหม่อยู่ที่ 40:1 โดยของเดิมจะอยู่ที่ประมาณ 20:1 และสำหรับกราฟของแรงบิดที่ให้ออกมาจากเครื่องยนต์ แบบใหม่นั้นจะพบว่าสำหรับเครื่องยนต์แบบใหม่นั้น จะมีความเสถียรมากกว่าของเครื่องยนต์แบบเดิม

สำหรับรูปที่ 20 จะแสดงถึงการเปรียบเทียบ กำลังและแรงบิดที่ได้ออกมาจากเครื่องยนต์แบบใหม่กับ แบบเดิมที่ความเร็ว迥ต่างๆ ซึ่งจากการฟังจะพบว่า ทั้งกำลังและแรงบิดที่ได้ออกมาจากเครื่องยนต์แบบ ใหม่นั้น จะมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์แบบเดิมประมาณ 10% โดยค่าตัวเลขนี้อาจจะมีการเปลี่ยนแปลงได้อีก ซึ่งจะขึ้น อยู่กับประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ในแต่ละเครื่องที่นำ มาเปรียบเทียบกัน



รูปที่ 21 แสดงประสิทธิภาพของการลดปริมาณของ มลภาวะของเครื่องยนต์ในแบบ GDI (2)

และในรูปที่ 21 จะแสดงถึงประสิทธิภาพของ การลดปริมาณของมลภาวะของเครื่องยนต์ในแบบ GDI ซึ่งในเครื่องยนต์ที่มีการเผาไหม้แบบบาง (Lean-burn engine) นั้นเม้มากของก๊าซในโตรเจน ออกไซด์ (NO_x) ที่ออกกือเป็นปัจจัยสำคัญของเครื่องยนต์ชนิดนี้ และ เนื่องจากในปัจจุบันความสามารถของตัว three-way catalysts ที่ใช้ในการลดปริมาณก๊าซดังกล่าวยังไม่ดี เพียงพอ ด้วยเหตุนี้เครื่องยนต์แบบใหม่จึงมีการนำตัว catalysts แบบใหม่มาใช้โดยจะเรียกตัว catalysts

แบบใหม่นี้ว่า Lean- NO_x catalysts และเมื่อใช้ร่วมกับ %EGR ที่ประมาณ 30% ซึ่งเมื่อพิจารณาจากการฟังก์ชันร่วมกันของ NO_x ที่ออกมาจากเครื่องยนต์แบบใหม่นี้จะสามารถลดลงไปได้มากกว่า 90%

๖. สรุป

ดังนั้นจากคุณสมบัติต่างๆ และรูปแบบการทำงานของเครื่องยนต์แบบ GDI นี้ทำให้สามารถที่จะสรุปได้ว่าเครื่องยนต์ดังกล่าวเนี้ยมีประสิทธิภาพโดยรวมดีกว่าเครื่องยนต์ในแบบเดิม และในอนาคตข้างหน้า เครื่องยนต์ชนิดนี้คงจะได้มีการนำผลิตใช้เป็นเครื่องยนต์มาตรฐานสำหรับรถยนต์ต่อไปได้

บรรณานุกรม

1. Available : <http://www.mitsubishi-motors.co.jp/inter/technology/GDI>
2. Kijima, Akira, "Environment-friendly GDI Engine", Mitsubishi Motors Corporation, 2000.
3. Heywood, John B. "Internal Combustion Engine Fundamentals", International ed. New York : McGraw-Hill, C 1988.
4. Pukrabek, Willard W., "Engineering Fundamentals of the Internal Combustion Engine", Second ed. Upper Saddle River : Pearson Higher Education, C 2004.