การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมเครื่องกลแห่งประเทศไทยครั้งที่ 18
18-20 ตุลาคม 2547 จังหวัด-ขอนแก่น

ผลกระทบต่อรูปแบบการเผาไหม้เมื่อใช้เชื้อเพลิงแก๊สโซลีนผสมเอทานอลในเครื่องยนต์ SI

Effect of Ethanol-Gasoline Fueled on Combustion Characteristics for SI Engine

ประชาสันติ ไตรยสุทธิ์
ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
อ.วารินชำราบ จ.อุบลราชธานี 34190
โทร (045) 288400-3, (06)5605480 E-mail: prachasanti.t@ubu.ac.th, prachasati@eng.ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อที่จะศึกษา ผลกระทบต่อรูปแบบการเผาไหม้ในเครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟที่ยังไม่มีการ ปรับแต่งเครื่องยนต์ เมื่อใช้น้ำมันเชื้อเพลิงผสมระหว่างแก๊สโซลีน(ออกเทน 91) กับเอทานอล 99.5% ในอัตราส่วนต่างๆดังนี้คือ 10%, 20%, 30% โดยปริมาตร และทำการทดลองที่ภาระสูงสุด ความเร็วรอบ 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที โดยเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิง แก๊สโซลีน (ออกเทน 95) จากผลการทดลองพบว่า ตัวแปรต่างๆของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(ออกเทน 95) กับเชื้อเพลิงผสมระหว่างแก๊สโซลีน(ออกเทน 91)กับเอทานอลในอัตราส่วน 10% จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของเอทานอลมากยิ่งขึ้นตัวแปรต่างๆ จะมีค่าแตกต่างไปจากเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(ออกเทน 95) มากขึ้นตามอัตราส่วนผสมคือ ความดันสูงสุดจะมีค่าลดลง, ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ความดันสูงสุดจะอยู่หลังตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนมากขึ้น, ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่50% ของเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วจะอยู่หลังตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนมากขึ้นเช่นเดียวกัน, มุมการขยายตัวของเปลวไฟจะมีค่ามากขึ้น, มุมการเผาไหม้อย่างรวดเร็วก็จะมีค่ามากขึ้นด้วย, ค่าความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้มีค่าลดลง และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้ มีค่าใกล้เคียงกันทุกส่วนผสม

Abstract

The main objective of this research is to study effect of ethanol-gasoline blends on combustion characteristics for standard SI engine. The fuels are gasoline95, gasoline91 blend ethanol99.5% at ratio of 10%, 20%, 30% by volume. The experiment was conducted with engine operating under full load and 2000, 3000, 4000 rpm conditions, the experimental result is compared between gasoline95 and other blend fuels. In general, it was found that the combustion characteristic of gasaline95 and gasoline-ethanol 10% blend are in the same trend, but detailed values are different gradually when the ethanol blend ratio is higher. As the ethanol blend ratio is going higher, some experimental findings are; the peak pressure drops and crank angle position of the peak pressure moves further from TDC as well as the crank angle position of 50% mass fraction burned. The flame-development angle and rapid-burning expands. The indicated mean effective pressure drops and its' COV is similar at some blend ratio of ethanol.

1. บทนำ

ปัจจุบันการคิดค้นพัฒนาเชื้อเพลิงที่เป็นทางเลือกใหม่ๆ สำหรับเครื่องยนต์แก๊สโซลีน เป็นสิ่งที่ได้รับความสนใจอยู่อย่างต่อเนื่อง การใช้เชื้อเพลิงเอทานอลที่ผลิตจากพืช เพื่อมาทดแทนแก๊สโซลีนทั้งในรูปของการนำมาผสมกับแก๊สโซลีนในอัตราส่วนต่าง ๆ หรือใช้ทดแทน 100% จึงเป็นทางเลือกที่น่าสนใจในปัจจุบัน แต่อย่างไรก็ตามในรถยนต์ที่ใช้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟแบบทั่วไปถูกออกแบบมาให้ใช้สำหรับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ดังนั้นเครื่องยนต์เมื่อเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่างเอทานอลกับแก๊สโซลีน จะทำให้คุณลักษณะการเผาไหม้เปลี่ยนแปลงไป โดยเฉพาะเมื่อใช้อัตราส่วนผสมของเอทานอลในสัดส่วนที่สูงขึ้น เนื่องจากอัตราการเผาไหม้ของเอทานอลจะช้ากว่าแก๊สโซลีน[4] ดังนั้นการนำเอทานอลมาผสมกับน้ำมันแก๊สโซลีนปัจจุบันยังจำเป็นที่จะต้องมีการศึกษาผลกระทบในด้านต่าง ๆ ของเครื่องยนต์ด้วยเช่นกัน เนื่องจากในเครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน คุณลักษณะหรือรูปแบบการเผาไหม้จะส่งผลโดยตรงต่อสมรรถนะ ประสิทธิภาพ และมลพิษของเครื่องยนต์ หากทราบความสัมพันธ์ของตัวแปรการทำงานของเครื่องยนต์ต่อคุณลักษณะการเผาไหม้ได้ ก็จะเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบระบบควบคุมการทำงานของเครื่องยนต์ เมื่อคุณสมบัติของเชื้อเพลิงเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาผลกระทบต่อคุณลักษณะการเผาไหม้เมื่อนำเอทานอลมาผสมกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีนในอัตราส่วนผสมต่างๆ โดยตัวแปรที่ทำการศึกษาประกอบไปด้วย ความดันสูงสุด, ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ความดันสูงสุด, ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่50% ของเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้ว, มุมการขยายตัวของเปลวไฟ, มุมการเผาไหม้อย่างรวดเร็ว, มุมการเผาไหม้อย่างรวดเร็วและสัมประสิทธิ์การแปรผันของความดันยังผลเฉลี่ย

บ่งชี้ การทดสอบใช้เครื่องยนต์จุดระเบิดด้วยประกายไฟ สี่สูบแถวเรียง ขนาดความจุกระบอกสูบ 1796 ซีซี โดยไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์

2. อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การทดลองนี้ทำการทดลองที่ ห้องปฏิบัติการเครื่องยนต์สันดาปภายใน ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ(องครักษ์) โดยใช้เครื่องยนต์ Ford รุ่น MVH-418 16 V สี่สูบแถวเรียง ปริมาตรกระบอกสูบ 1798 ซีซี เส้นผ่านศูนย์กลางกระบอกสูบ 80.6 mm ระยะชัก 88 mm ระบบหัวฉีดอิเลคโทนิกส์ โดยไม่มีการดัดแปลงเครื่องยนต์ รายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบดังแสดงในตารางที่ 1 เชื้อเพลิงที่ใช้ในการทดสอบ ประกอบด้วย แก๊สโซลีน(ออกเทน 95) และ แก๊สโซลีน(ออกเทน 91) ผสมกับเอทานอล 99.5% ในอัตราส่วน 10%, 20% และ 30% โดยปริมาตร

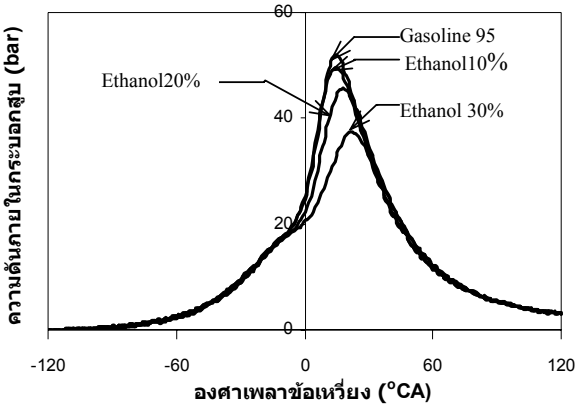
ตารางที่ 1 ตารางแสดงอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบ

Equipment	Model
-Engine	Ford / MVH-418 16V
-Dynamometer	Eddy current test bed / ECETB 250
-High speed data acquisition and engine indicator system	PLINT&PARTNERS LTD / EIS 1000
-Shaft encoder	British Encoder / 764-HV
-Charge amplifier	Kistler / 5041E0
-Pressure transducer	Kistler / 6123A1
-Exhaust gas analyser	RE 2000
-Automatic volumetric fuel gage	TE12
-Air consumption meter	TE40DL
-Timing light	Tecnotest/231

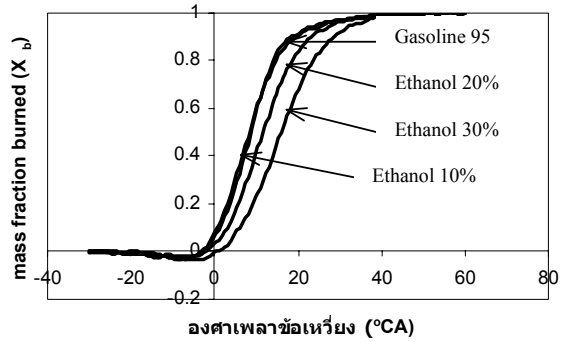
วิธีการทดลองเริ่มจากเดินเครื่องยนต์ด้วยเชื้อเพลิงด้วยแก๊สโซลีน (ออกเทน 95) ในรอบเดินเบาเป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นปรับรอบไดนาโมมิเตอร์ไปที่ 2000 รอบต่อนาทีและทำการปรับลิ้นปีกผีเสื้อไปที่ 100% ทำการบันทึกข้อมูลของ ความดัน - องศาเพลาข้อเหวี่ยง จำนวน 500 วัฏจักร โดยทำการบันทึกค่าทุกๆหนึ่งองศาเพลาข้อเหวี่ยง และใช้ Timing light อ่านตำแหน่งองศาการจุดระเบิด นำข้อมูลความดัน – องศาเพลาข้อเหวี่ยง ที่ได้ไปคำนวณเป็นกราฟเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้ว – องศาเพลาข้อเหวี่ยง หาค่าตัวแปรคุณลักษณะของการเผาไหม้การในแต่ละวัฏจักร แล้วนำมาหาค่าเฉลี่ย ทำการเปลี่ยนรอบเป็น 3000, 4000 รอบต่อนาที เมื่อครบแล้วทำการเปลี่ยนเชื้อเพลิงเป็น แก๊สโซลีน(ออกเทน91)ผสมกับเอทานอล ในอัตราส่วน 10%, 20% และ 30% โดยปริมาตรตามลำดับ

รูปที่ 1 เครื่องยนต์ Ford / MVH-418 16V

3.ผลการทดลองและวิเคราะห์ผล



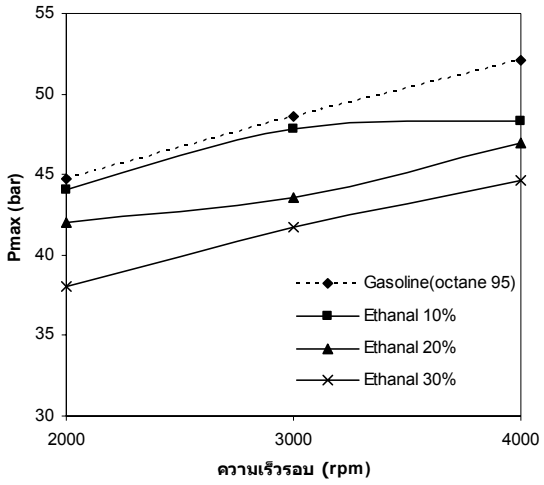
รูปที่ 2 ความดันภายในกระบอกสูบต่อองศาเพลาข้อเหวี่ยง ที่ภาระสูงสุด และความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที



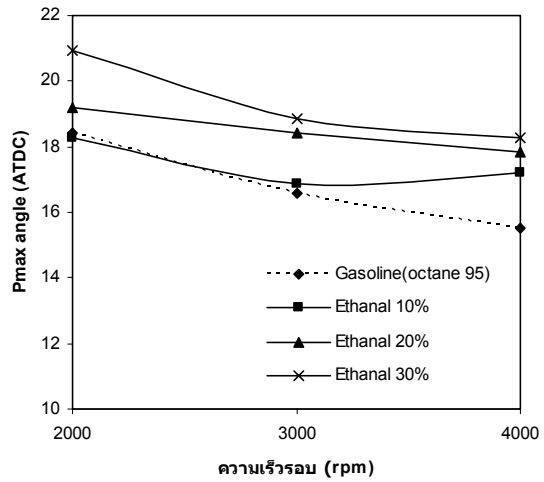
รูปที่ 3 เศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วต่อองศาเพลาข้อเหวี่ยง ที่ภาระสูงสุด และความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที

จากการทดลองพบว่า เมื่อใช้เชื้อเพลิงที่มีอัตราส่วนผสมของเอทานอลเพิ่มขึ้นจะทำให้คุณลักษณะการเผาไหม้เปลี่ยนไป เมื่อเปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 95 ดังรูปที่ 2 ซึ่งแสดงความดันภายใน

กระบอกสูบต่อองศาเพลาข้อเหวี่ยง ที่ภาระสูงสุด (ลิ้นปีกผีเสื้อเปิด 100%) และความเร็วรอบ 2000 รอบต่อนาที จะเห็นได้ว่าเมื่ออัตราส่วนผสมของเอธานอลเพิ่มขึ้น ความดันสูงสุดภายในกระบอกสูบจะลดลง และตำแหน่งของความดันสูงสุดจะอยู่หลังจุดศูนย์ตายบนมากขึ้น แต่ที่อัตรส่วนผสมของเอทานอล 10% ทั้งค่าความดันสูงสุด และตำแหน่งของความดันสูงสุดจะมีค่าใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 95 มาก ส่วนรูปที่ 3 แสดงเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วต่อองศาเพลาข้อเหวี่ยง จะเห็นได้ว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน 95 และเชื้อเพลิงที่ผสมของเอทานอล 10% จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่ออัตราส่วนผสมของเอทานอลเพิ่มเป็น 20%, 30% ลักษณะของกราฟจะเลื่อนมาทางด้านขวามือหรืออยู่หลังตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนมากขึ้น

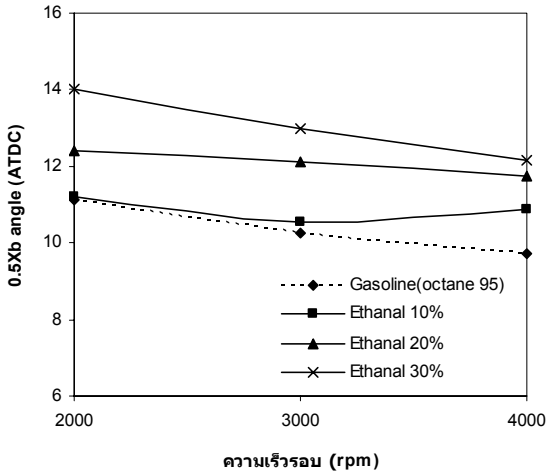


รูปที่ 4 ความดันสูงสุดภายในกระบอกสูบ ที่ 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที

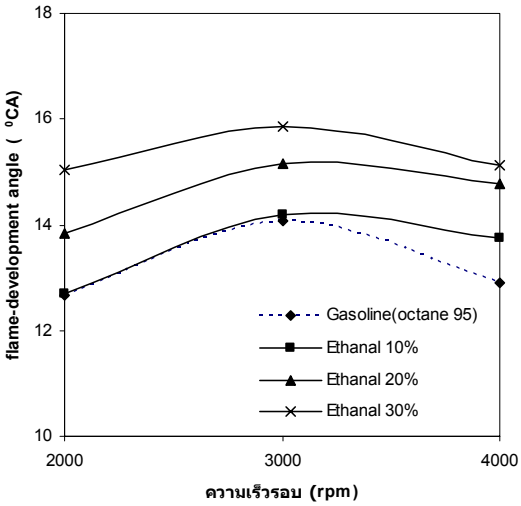


รูปที่ 5 ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ความดันสูงสุด ที่ 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที

จากกราฟรูปที่ 4 พบว่าค่าความดันสูงสุดภายในกระบอกสูบมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่าง เชื้อเพลิงผสมเอทานอลกับเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน95 พบว่าที่อัตราส่วนผสมของเอทานอล 20% และ 30% ค่าความดันสูงสุดจะต่ำกว่าแก๊สโซลีน 95 ทุกความเร็วรอบ แต่สำหรับที่อัตราส่วนผสมของเอทานอล 10% จะมีค่าใกล้เคียงกับแก๊สโซลีน 95 มากแต่หลังจาก 3000 รอบต่อนาทีแล้วค่าความดันสูงสุดจะมีแนวโน้มคงที่ ส่วนกราฟรูปที่ 5 แสดงตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ความดันสูงสุด พบว่าเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ความดันสูงสุดจะมีค่าลดลง หรือเข้าใกล้จุดศูนย์ตายบนมากขึ้น และเมื่อทำการเปรียบ เทียบระหว่าง เชื้อเพลิงผสมเอทานอลกับ เชื้อเพลิงแก๊สโซลีน95 พบว่าเมื่ออัตราส่วนผสมของเอทานอลเพิ่มมากขึ้น ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ความดันสูงสุดจะมีค่ามากขึ้นด้วย

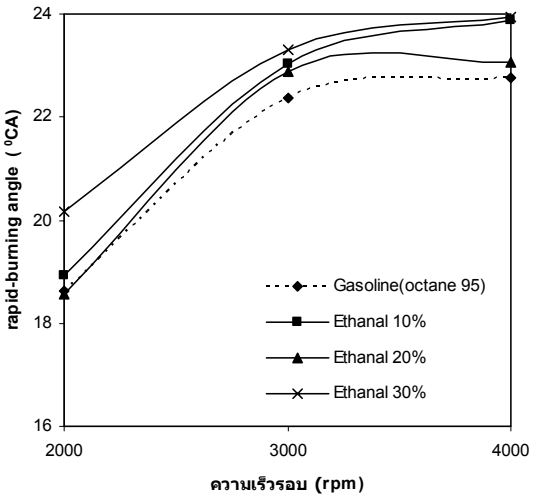


รูปที่ 6 ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ 50% ของเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้ว ที่ 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที

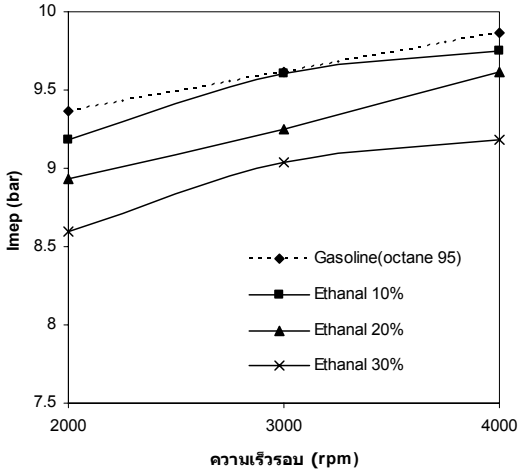


รูปที่ 7 มุมการขยายตัวของเปลวไฟ ที่ 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที

จากกราฟรูปที่ 6 แสดงตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ 50% ของเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้ว พบว่ามีแนวโน้มลดลงเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น และเมื่ออัตราส่วนผสมของเอทานอลเพิ่มขึ้นตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ 50% ของเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้วจะมีค่ามากขึ้นด้วย แต่ในกรณีอัตราส่วนผสม 10% ที่ความเร็วรอบ 2000-3000 รอบต่อนาทีจะมีค่าใกล้เคียงกับแก๊สโซลีน95 ส่วนในกราฟรูปที่ 7 มุมการขยายตัวของเปลวไฟจะมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นและสูงสุดที่ 3000 รอบต่อนาทีหลังจากนั้นจะเริ่มลดลง และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิง พบว่าเมื่ออัตราส่วนผสมของ เอทานอลมากขึ้น มุมการขยายตัวของเปลวไฟก็จะมีค่ามากขึ้นด้วย

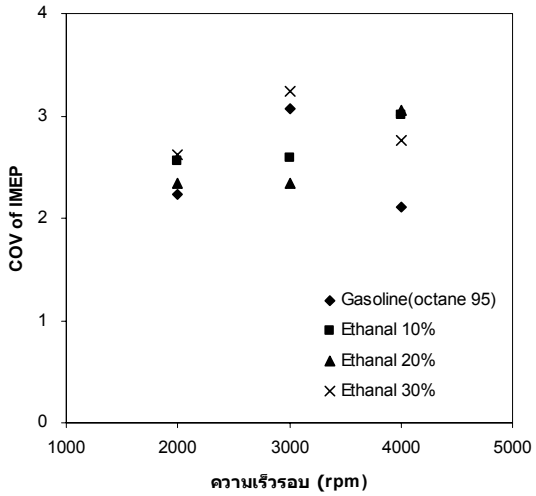


รูปที่ 8 มุมการเผาไหม้อย่างรวดเร็วที่ 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที



รูปที่ 9 ความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้ ที่ 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที

ส่วนรูปที่ 8 แสดงมุมการเผาไหม้อย่างรวดเร็วซึ่งจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้น แต่จะเริ่มคงที่หลังจาก 3000 รอบต่อนาที และเมื่อทำการเปรียบเทียบระหว่างเชื้อเพลิงพบว่า เมื่ออัตราส่วนผสมของเอทานอลมากขึ้น มุมการเผาไหม้อย่างรวดเร็วจะมีค่ามากขึ้นตามอัตราส่วนผสมของเอทานอล รูปที่ 9 แสดงค่าความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้ พบว่าเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน95 จะมีค่าสูงสุดและมีค่าใกล้เคียงกับเชื้อเพลิงที่ผสมเอทานอล 10% และจะมีค่าลดลงเมื่ออัตราส่วนผสมของเอทานอลสูงขึ้น ส่วนค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้จะมีค่าใกล้เคียงกัน



รูปที่ 10 สัมประสิทธิ์การแปรผันของความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้ ที่ 2000, 3000 และ 4000 รอบต่อนาที

4. สรุป

เนื่องจากเครื่องยนต์ได้ถูกออกแบบระบบควบคุมจังหวะการทำงานจากบริษัทผู้ผลิตบนพื้นฐานของเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน ซึ่งเป็นตำแหน่งที่เหมาะสมหรือใกล้เคียงกับตำแหน่ง MBT ทำให้สมรรถนะสูงสุด ดังนั้นเมื่อทำการเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงผสมระหว่าง เอทานอลกับแก๊สโซลีนจึงมีผลกระทบต่อรูปแบบและโครงสร้างการเผาไหม้ จากผลการทดลองเมื่อนำเครื่องยนต์ที่ยังไม่ได้ปรับแต่งเครื่องยนต์มาใช้กับ เชื้อเพลิงที่ผสมเอทานอลในอัตรา ส่วน 10%, 20% และ 30% โดยปริมาตร พบว่ามีผลกระทบต่อรูปแบบและโครงสร้างการเผาไหม้ดังนี้ คือ ตัวแปรต่างๆ ของการเผาไหม้ระหว่างเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน(ออกเทน 95) เปรียบเทียบกับเชื้อเพลิงผสมระหว่างแก๊สโซลีน(ออกเทน91)กับเอทานอล ในอัตราส่วน 10% จะมีค่าใกล้เคียงกัน แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนผสมของเอทานอลให้มากยิ่งขึ้นตัวแปรต่างๆ จะมีค่าแตกต่างไปจากเชื้อเพลิงแก๊สโซลีน (ออกเทน 95) มากขึ้นตามอัตราส่วนผสมดังนี้คือ ความดันสูงสุดจะมีค่าลดลง, ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่ความดันสูงสุดจะอยู่หลังตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนมากขึ้น, ตำแหน่งองศาเพลาข้อเหวี่ยงที่50% ของเศษส่วนมวลที่เผาไหม้แล้ว จะอยู่หลังตำแหน่งจุดศูนย์ตายบนมากขึ้นด้วย, มุมการขยายตัวของเปลวไฟจะมีค่ามากขึ้น, มุมการเผาไหม้อย่างรวดเร็วก็จะมีค่ามากขึ้นเช่นเดียวกัน, ค่าความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้มีค่าลดลง และค่าสัมประสิทธิ์การแปรผันของความดันยังผลเฉลี่ยบ่งชี้มีค่าใกล้เคียงกันทุกส่วนผสม ดังนั้นในกรณีที่ต้องการเพิ่มอัตราส่วน

ของเอทานอลให้สูงกว่า 10% จึงจำเป็นที่จะต้องมีการปรับแต่งจังหวะการทำงานของเครื่องยนต์ใหม่ เพื่อให้ได้ตำแหน่ง MBT ซึ่งจะทำให้เครื่องยนต์มีสมรรถนะหรือกำลังออกมาสูงขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] วีระศักดิ์ กรัยวิเชียร, “เครื่องยนต์เผาไหม้ภายใน” แปลจาก Internal Combustion Engine Fundamentals โดย John B. Heywood

[2] ธนกร สุไวศยวรรณ, “ผลกระทบของตัวแปรการทำงานของเครื่องยนต์ต่อลักษณะการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ SI”, วิทยานิพนธ์ ISBN 974-13-0471-4, จุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย, ปี พ.ศ. 2543

[3] Yanrong Zhang, Keshav Varde “Investigation of Combustion and Emissions from Gasoline-Ethanol Fueled Engine” University of Michigan-Darborn, 2003

[4] Beyerlein Steven, McIlroy David, Blackkketter Donald, Steciak Judi, Clarke Eric, Morton Andron “Homogeneous Charge Combustion of Aqueous Ethanol” Research and special programs administration U.S Department of Transportation, Report Budget Number KLK316, Report N01-09, 2001

[5] P.G.Aleiferis, A.M.K.P.Taylor, K.Ishii, and Y.Urata ”The nature of early flame development in a lean-burn stratified-charge spark-ignition engine” Science Direct, Combustion and Flame 136 (2004) 283-302

[6] P.G.Aleiferis, Y.Hardalupas, A.M.K.P.Taylor, K.Ishii, and Y.Urata ”Flame chemiluminescence studies of cyclic combustion variations and air-to-fuel ratio of the reacting mixture in a lean-burn stratified-charge spark-ignition engine” Science Direct, Combustion and Flame 136 (2004) 72-90

[7] Efthimios Zervas “Correlation between cycle-to-cycle variations and combustion parameters of a spark ignition engine” Science Direct, Applied Thermal Engineering, 2004