

**การศึกษาจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วสำหรับการทำงานของเครื่องยนต์ดีเซลระบบ
เชื้อเพลิงร่วมที่ภาระงานต่ำโดยใช้การจำลองวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์**

**A Study of Valve Timings for Diesel Dual Fuel Engine Operations under Low Load
Condition by Using Engine Cycle Simulations**

มงกุฎเดช พิชัยสวัสดิ์¹, ณัฐวีร์ ศรีสัตยกุล¹, กฤษฎา วรณทอง² และ ธเนศ อรุณศรีโสภณ^{*1}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 50 ถนนพหลโยธิน จตุจักร จ.กรุงเทพฯ 10900

² สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. บริษัท ปตท. จำกัด (มหาชน) 71 หมู่ 2 ตำบลสนับทึบ อำเภอวังน้อย จ.พระนครศรีอยุธยา 13170

* ติดต่อ: โทรศัพท์: +66(0) 2942-8555 ต่อ 1841, เบอร์โทรสาร +66(0) 2579-4576

E-mail: tanet.a@ku.ac.th

บทคัดย่อ

ในช่วงภาระงานต่ำ เครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงร่วมมีข้อจำกัดของการทำงานอันเนื่องมาจากอุณหภูมิของส่วนผสมในห้องเผาไหม้ที่ต่ำซึ่งส่งผลต่อเสถียรภาพและประสิทธิภาพการเผาไหม้ ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาถึงผลกระทบของจังหวะการเปิดปิดวาล์วไอดีและไอเสียที่มีผลต่ออุณหภูมิและสมรรถนะในเครื่องยนต์วัฏจักรเดียวโดยใช้โปรแกรม AVL-BOOST ซึ่งเป็นแบบจำลองวัฏจักรการทำงานของเครื่องยนต์ การศึกษาได้พิจารณาการทำงานที่สภาวะภาระงานต่ำที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 1600 และ 2400 รอบต่อนาที โดยทำการจำลองจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีและไอเสียใน 4 รูปแบบคือ 1) ปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วไอดีไปด้วยกัน (ใช้รูปแบบของระยะยกของวาล์วไอดีคงเดิม) 2) ใช้จังหวะการเปิดวาล์วไอดีที่ตำแหน่งคงเดิมและเปลี่ยนจังหวะการปิดวาล์วไอดี (ปรับเปลี่ยนรูปแบบของระยะยกของวาล์วไอดี) 3) ปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วไอเสียไปด้วยกัน (ใช้รูปแบบของระยะยกของวาล์วไอเสียคงเดิม) และ 4) ใช้จังหวะการเปิดวาล์วไอเสียที่ตำแหน่งคงเดิมและเปลี่ยนจังหวะการปิดวาล์วไอเสีย (ปรับเปลี่ยนรูปแบบของระยะยกวาล์วไอเสีย)

จากรูปแบบที่หนึ่งและสอง เมื่อเปลี่ยนจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีให้เร็วขึ้นส่งผลกระทบเพียงเล็กน้อยต่ออุณหภูมิของส่วนผสมในห้องเผาไหม้ที่ตำแหน่งเริ่มต้นจังหวะอัด ปริมาณสัดส่วนของมวลตกค้าง และ IMEP เมื่อใช้รูปแบบที่สามซึ่งปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดปิดวาล์วไอเสียให้เร็วขึ้นพบว่า Residual mass fraction เพิ่มขึ้น ทำให้อุณหภูมิของส่วนผสมที่ตำแหน่งเริ่มต้นจังหวะอัดเพิ่มขึ้น ซึ่งเหมาะสำหรับการช่วยปรับปรุงเสถียรภาพการเผาไหม้และปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ภาระงานต่ำให้ดีขึ้น แต่ข้อด้อยของวิธีนี้คือการสูญเสียงานในจังหวะการขยายตัวของกระบอกสูบ ดังนั้นเมื่อใช้รูปแบบที่สี่ซึ่งมีจังหวะการเปิดวาล์วไอเสียคงเดิมสามารถช่วยลดการสูญเสียงานในช่วงจังหวะขยายได้โดยได้อุณหภูมิที่ตำแหน่งเริ่มต้นจังหวะอัดใกล้เคียงกับรูปแบบที่สาม จากผลการจำลองพบว่าเมื่อเปิดปิดวาล์วไอเสียให้ล่วงหน้ามากกว่า 20 องศาเฟลาข้อเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที และมากกว่า 15 องศาเฟลาข้อเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2400 รอบต่อนาที จะเริ่มเห็นแนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของส่วนผสมที่ตำแหน่งเริ่มต้นจังหวะอัดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

คำหลัก: จังหวะการเปิดปิดวาล์ว, เครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วม, การเผาไหม้, วาล์วแปรผัน

Abstract

Since diesel dual fuel engines have an operation constraint regarding the low combustion temperature which affects combustion stability and engine efficiency under low load condition. The current study examined effects of valve timings on charge temperature and engine performance in a single-cylinder DDF research engine. The research was performed by using an engine cycle AVL-BOOST simulation model. The engine conditions were at low load operations of 1600 and 2400 rpm. In the simulations, four strategies of exhaust and intake valve profiles were examined: (1) shift both IVO and IVC (i.e. same intake valve lift profile) and a fixed exhaust valve profile, (2) use a standard IVO and adjust IVC (i.e. vary intake valve lift profile) and a fixed exhaust valve profile, (3) use a fixed intake valve profile and shift both EVO and EVC (i.e. same exhaust valve lift profile), and (4) use a fixed intake cam profile and a standard EVO, and adjust IVC (i.e. vary exhaust valve lift profile)

The first and second strategy showed that early intake valve timings caused small effect on mixture temperature at IVC and EVO, residual mass fraction and IMEP. The third strategy showed that early exhaust valve timings caused gas temperature at IVC and EVO to increase, and trapped more residual mass fraction at IVC. A greater IVC temperature under low-load conditions could improve combustion stability and engine efficiency. However, using the method of exhaust valve timing advance was penalized by a decrease in the net IMEP due to lower expansion work. In the fourth strategy, using a fixed EVO helped lessen the reduction in the net IMEP due to less expansion work reduction. Data suggested that an increase in the gas temperature at early compression became discernable as the EVC was advanced greater than 20°CA at 1600 rpm and 15°CA at 2400 rpm.

Keywords: Valve timing, Diesel Dual Fuel Engine, Combustion, Variable valve.

1. บทนำ

ในปัจจุบันน้ำมันดีเซลในประเทศไทยมีราคาสูง จึงได้มีการใช้พลังงานทางเลือกที่มีราคาถูกกว่า และเชื้อเพลิงตัวหนึ่งที่มีใช้กันอย่างแพร่หลายและมีหลายงานวิจัยทั่วโลกได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับก๊าซธรรมชาติที่ใช้กับเครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงร่วม [1-5] ยิ่งไปกว่านั้นเครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงร่วมมีอัตราส่วนอัดที่สูงเหมือนเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไปจึงทำให้มีประสิทธิภาพการเผาไหม้ที่สูงเทียบเท่ากับเครื่องยนต์ดีเซล เครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงร่วมใช้การผสมเชื้อเพลิงล่วงหน้าทำให้ส่วนผสมคลุกเคล้าเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นจึงทำให้มีปริมาณมลพิษเขม่าที่ต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลและเนื่องจากอุณหภูมิในการเผาไหม้ที่ต่ำกว่าจึงทำให้มีปริมาณมลพิษไนโตรเจนออกไซด์ต่ำกว่าเครื่องยนต์ดีเซลทั่วไป [2-3] แต่

อย่างไรก็ตามที่ภาระงานต่ำเครื่องยนต์ดีเซลแบบเชื้อเพลิงร่วมมีข้อจำกัดมาจากส่วนผสมที่บางและอุณหภูมิของส่วนผสมในห้องเผาไหม้ที่ต่ำซึ่งส่งผลต่อเสถียรภาพและประสิทธิภาพของการเผาไหม้จึงส่งผลทำให้มีปริมาณมลพิษไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนนอกไซด์ที่สูง [1]

การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดปิดวาล์วเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการเผาไหม้ [6] และปรับปรุงสมรรถนะของเครื่องยนต์ [7] ในเครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วม ได้มีการศึกษาการปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วไอเสียให้เร็วขึ้น เพื่อเพิ่มปริมาณของก๊าซไอเสียตกค้างซึ่งจะช่วยเพิ่มอุณหภูมิไอเสียที่กักเก็บในวัฏจักรต่อไปให้สูงขึ้น อุณหภูมิของไอเสียที่สูงขึ้นจะเอื้ออำนวยต่อการจุดระเบิดด้วยตัวเองของส่วนผสมให้ง่ายขึ้น [5,8] แต่การเปิด

โดยค่า Wiebe function ได้มาจากการทดลองที่มุม
การเปิดปิดวาล์วมาตรฐานและได้ใช้เป็นค่าคงที่ตลอด
ทุกตำแหน่งการปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์ว และมี
การปรับเปลี่ยนตามความเร็วรอบและภาระงานเท่านั้น
ตามตารางที่ 3

ตารางที่1.รายละเอียดข้อมูลเทคนิคของเครื่องยนต์

Engine Type	2-Valve DI Diesel Ricardo Hydra
#Cylinder	1 Cylinder
Aspiration	Naturally aspirated
Compression ratio	17.5:1
Displacement	449.77 cc
Bore	80.26 mm
Stroke	88.90 mm
Connecting rod	158.0 mm
Valve timings:	
Intake valve open	8° BTDC(+352° after firing TDC)
Intake valve close	42° ABDC(-138° after firing TDC)
Exhaust valve open	60° BBDC(+120° after firing TDC)
Exhaust valve close	12° ATDC(-348° after firing TDC)

ตารางที่2.รายละเอียดปริมาณการใช้เชื้อเพลิง

	rpm	IMEP [bar]	Diesel [mg/cyc]	NG [mg/cyc]
1	1600	2	3.02	5.82
2	2400	2.4	3.03	5.83
3	1600	2.9	3.93	7.57
4	2400	3.3	3.97	7.64

ตารางที่3.รายละเอียด Wiebe function

	rpm	IMEP [bar]	m [-]	SOC [deg CA BTDC]	CombDur [deg CA]
1	1600	2	1.79	15.7	39.5
2	2400	2.4	1.88	15.4	37.5
3	1600	2.9	2.66	15	36
4	2400	3.3	2.8	14.2	32

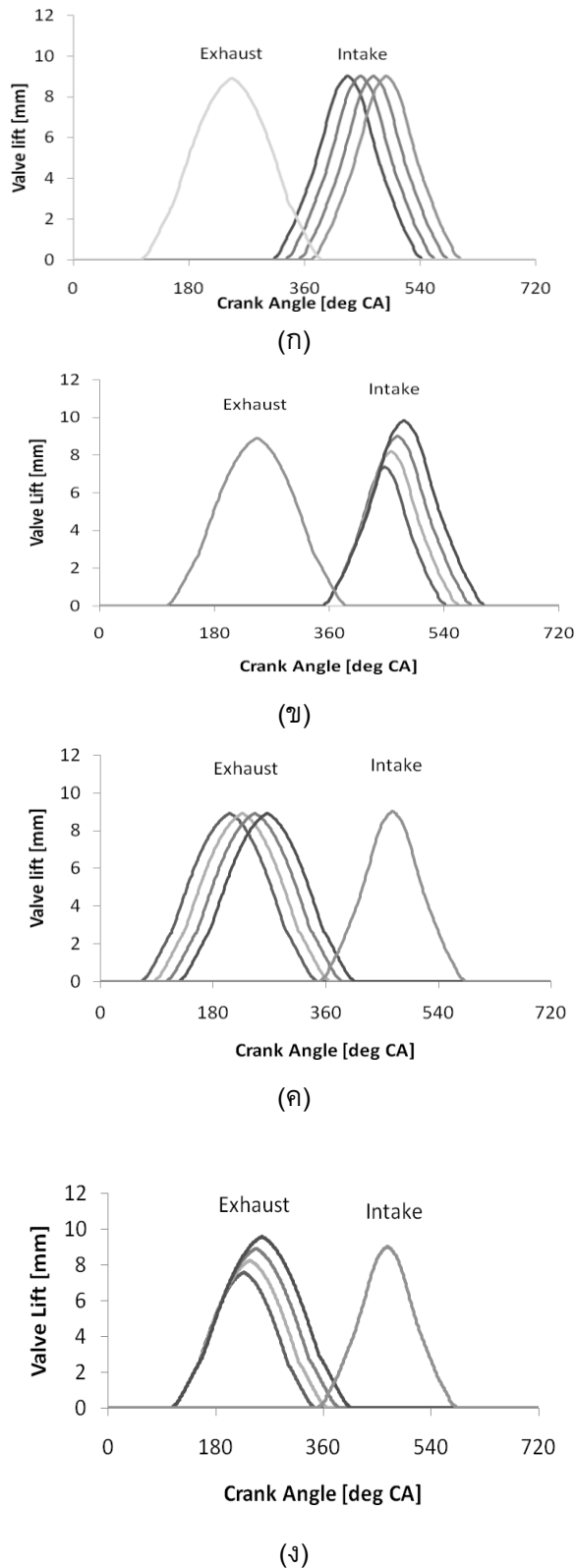
ตารางที่4.รูปแบบการปรับวาล์วแบบต่างๆ

Type	Valve timing shift [deg CA]
A	0 (คงเดิม)
B	-40,-35,-30,-25,-20,-15,-10,-5,0,10,20

ตารางที่5.วิธีการปรับวาล์วแบบต่างๆ

วิธี	IVO	IVC	EVO	EVC
1	B	B	A	A
2	A	B	A	A
3	A	A	B	B
4	A	A	A	B

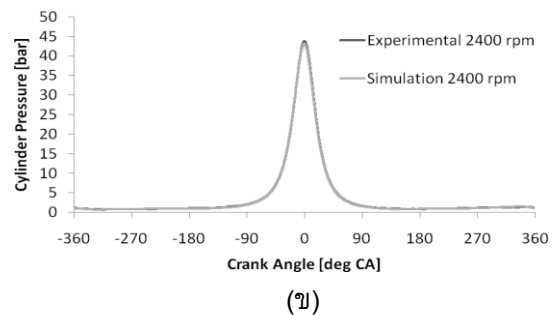
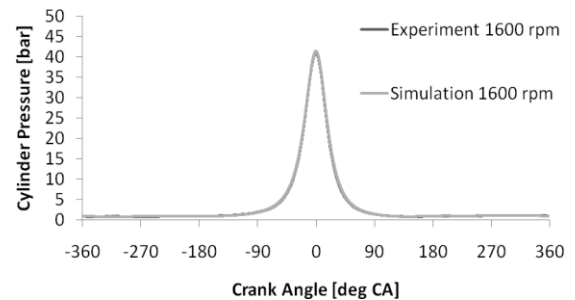
ทำการจำลองจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วใน 4 วิธีคือ 1) ปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วไอดีไปด้วยกัน (ใช้รูปแบบของระยะยกของวาล์วไอดีคงเดิม) 2) ใช้จังหวะการเปิดวาล์วไอดีที่ตำแหน่งคงเดิมและเปลี่ยนจังหวะการปิดวาล์วไอดี (ปรับเปลี่ยนรูปแบบของระยะยกของวาล์วไอดี) 3) ปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วไอเสียไปด้วยกัน (ใช้รูปแบบของระยะยกของวาล์วไอเสียคงเดิม) และ 4) ใช้จังหวะการเปิดวาล์วไอเสียที่ตำแหน่งคงเดิมและเปลี่ยนจังหวะการปิดวาล์วไอเสีย (ปรับเปลี่ยนรูปแบบของระยะยกวาล์วไอเสีย) โดยการปรับให้วาล์วปิดเร็วขึ้นทีละ 5 deg CA จนถึง 40 deg CA และปรับให้ปิดช้าลง 10 deg CA และ 20 deg CA ตามตารางที่ 4 และตารางที่ 5 โดยใช้ความเร็วรอบเครื่องยนต์ที่ 1600 รอบต่อนาทีและ 2400 รอบต่อนาที



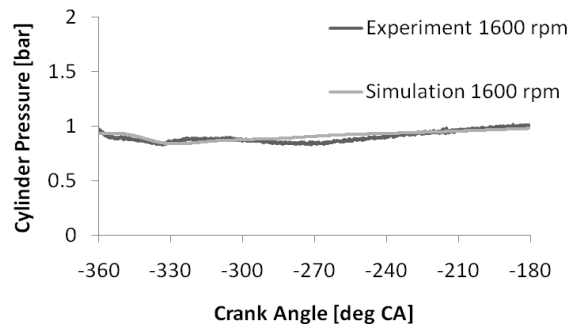
รูปที่ 3. การปรับจังหวะการเปิดและปิดวาล์วแบบต่าง ๆ (ก) วิธีที่ 1, (ข) วิธีที่ 2, (ค) วิธีที่ 3 และ (ง) วิธีที่ 4

3. การเปรียบเทียบแบบจำลองกับการทดลอง

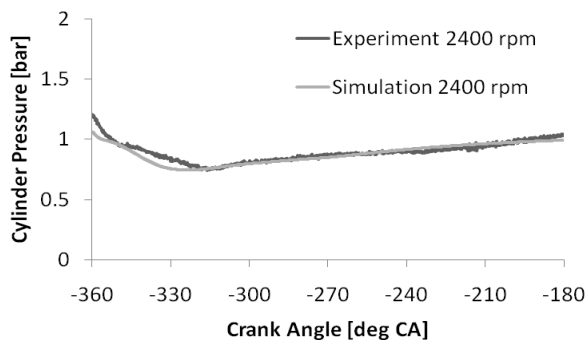
ในงานวิจัยนี้ ได้มีการปรับจูนแบบจำลองให้ใกล้เคียงกับเครื่องยนต์ทดสอบโดยการวัดค่าความดันในกระบอกสูบจากการทดลองและนำมาเปรียบเทียบกับค่าความดันในกระบอกสูบของแบบจำลอง ซึ่งค่าความดันในกระบอกสูบจากแบบจำลองและการทดลองมีแนวโน้มเดียวกัน โดยได้เก็บค่าความดันในกระบอกสูบที่รอบ 1600 รอบต่อนาทีและ 2400 รอบต่อนาทีแบบไม่มีการเผาไหม้ และค่าความดันในกระบอกสูบที่รอบ 1600 รอบต่อนาทีและ 2400 รอบต่อนาทีแบบมีการเผาไหม้ใช้มุมการปิดเปิดวาล์วไอดีและไอเสียมาตรฐาน



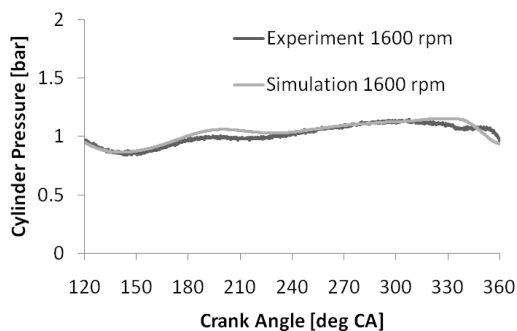
รูปที่ 4. ความดันในกระบอกสูบของการทดลองและแบบจำลองที่ความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที (ก) และ 2400 รอบต่อนาที (ข) ขณะยังไม่มีการเผาไหม้ที่มุมการเปิดและปิดวาล์วมาตรฐาน



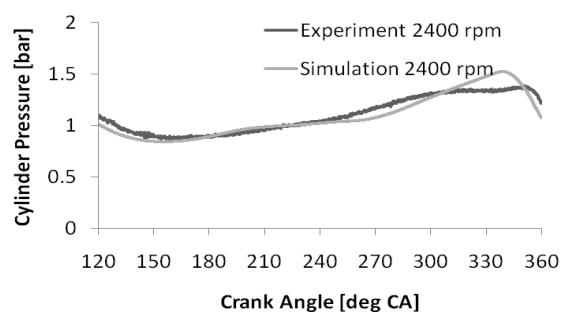
(ก)



(ข)

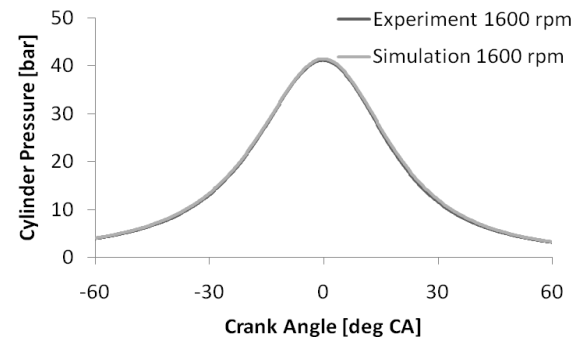


(ค)

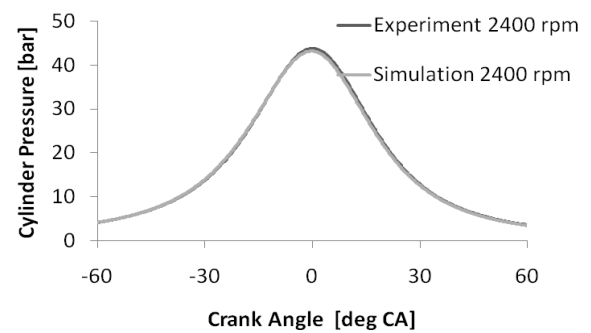


(ง)

รูปที่ 5. ความดันในกระบอกสูบของการทดลองและแบบจำลองในช่วง gas exchange process ที่ความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที (ก,ค) และ 2400 รอบต่อนาที (ข,ง) ขณะยังไม่มีการเผาไหม้ที่มุมการเปิดและปิดวาล์วมาตรฐาน

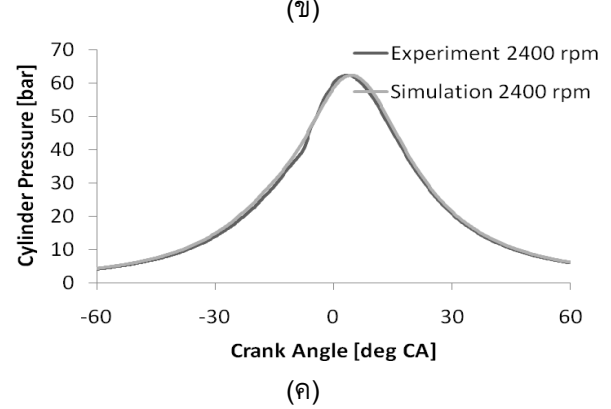
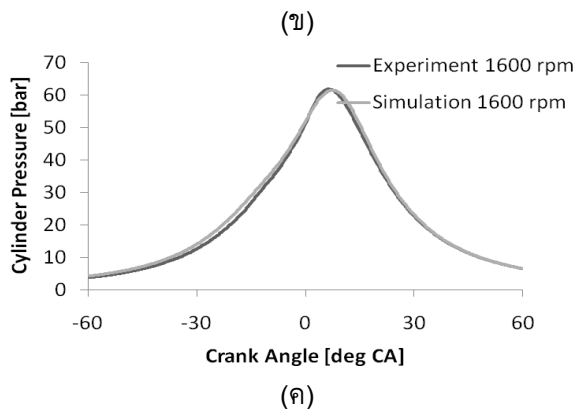
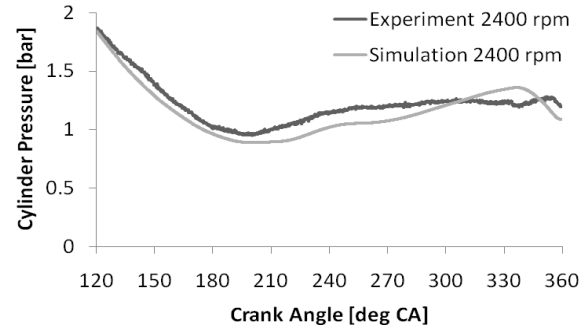
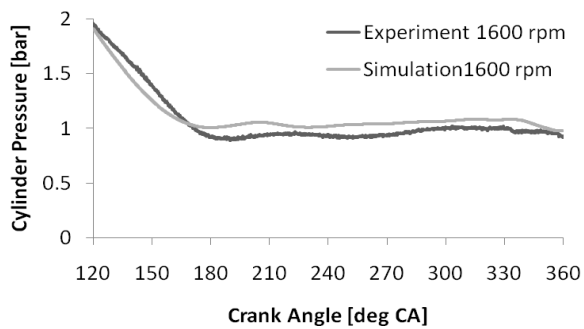
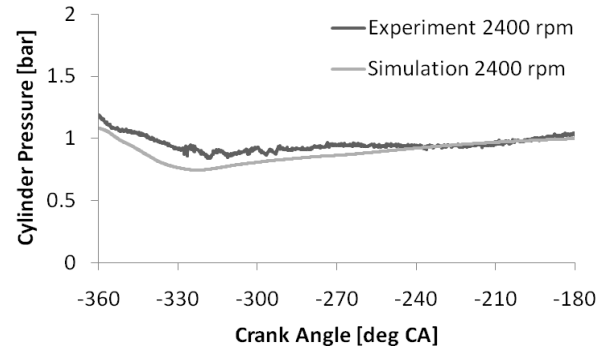
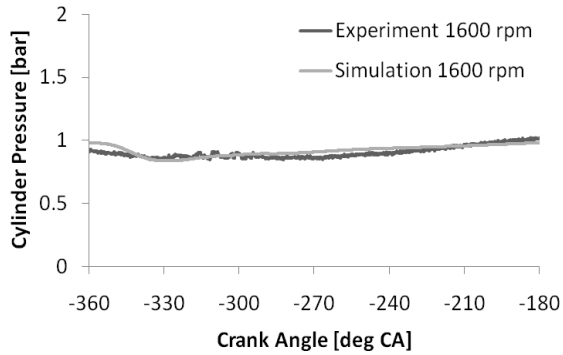


(ก)



(ข)

รูปที่ 6. ความดันในกระบอกสูบของการทดลองและแบบจำลองในช่วงเริ่มกระบวนการอัดและขยายตัวที่ความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาที (ก) และ 2400 รอบต่อนาที (ข) ขณะยังไม่มีการเผาไหม้ที่มุมการเปิดและปิดวาล์วมาตรฐาน



รูปที่ 7. ความดันในกระบอกสูบของการทดลองและแบบจำลองที่ความเร็วรอบ 1600 รอบต่อนาทีขณะมีการเผาไหม้ IMEP ประมาณ 2.9 บาร์ ที่มุมการเปิดและปิดวาล์วมาตรฐาน

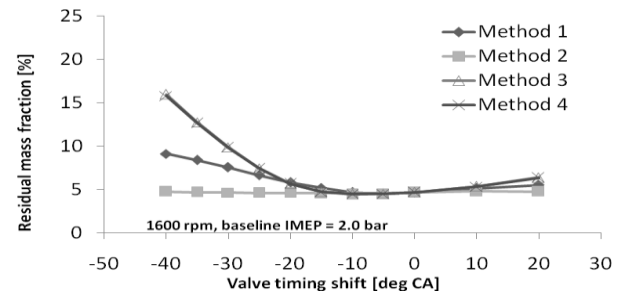
รูปที่ 8. ความดันในกระบอกสูบของการทดลองและแบบจำลองที่ความเร็วรอบ 2400 รอบต่อนาทีขณะมีการเผาไหม้ IMEP ประมาณ 2.4 บาร์ ที่มุมการเปิดและปิดวาล์วมาตรฐาน

4. ผลและวิจารณ์

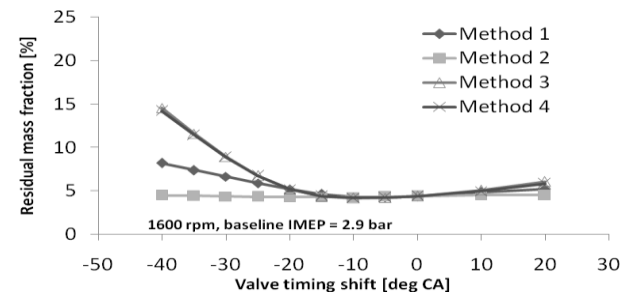
ในการปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วในวิธีที่ 1 ช่วยให้ปริมาณ Residual mass fraction เพิ่มขึ้นเล็กน้อย (รูป 9 ก-ง) ส่วนในจังหวะการเปิดและปิดวาล์วในวิธีที่ 2 ไม่มีผลทำให้ Residual mass fraction เปลี่ยนแปลง (รูป 9 ก-ง)

ในการปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 และ 4 ช่วยให้ปริมาณ Residual mass fraction เพิ่มขึ้น (รูป 9 ก-ง) ในปริมาณที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่ความเร็วรอบ 2400 รอบต่อนาทีให้แนวโน้มของปริมาณ Residual mass fraction ที่สูงกว่าความเร็วรอบรอบ 1600 รอบต่อนาทีเนื่องจากระยะเวลาในการเปิดปิดวาล์วสั้นกว่าจึงทำให้มีมวลตกค้างภายในห้องเผาไหม้มากกว่าและที่ภาระงานสูงจะมีปริมาณ Residual mass fraction ที่น้อยกว่าที่ภาระงานต่ำเนื่องจากอุณหภูมิในห้องเผาไหม้สูงจึงทำให้เหลือมวลตกค้างอยู่น้อย

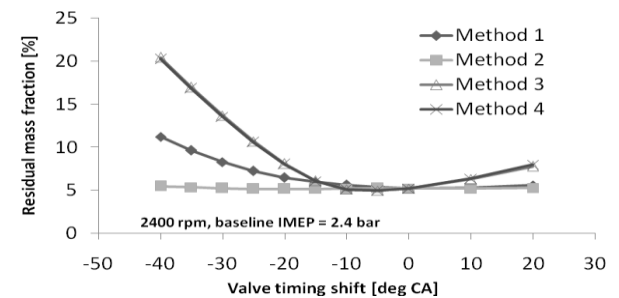
แบบจำลองในงานวิจัยนี้ จังหวะการปิดวาล์วไอดีมาตรฐานปิดที่ 138 deg CA ก่อนศูนย์ตายบน แต่ในการจำลองได้มีการปรับจังหวะการปิดวาล์วไอดีให้ช้าลงอีก 20 deg CA .(ในการปรับการเปิดและปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1 และ 2) ดังนั้นการเปรียบเทียบข้อมูลต่างๆ ที่วาล์วไอดีปิดจึงเทียบที่ 118 deg CA ก่อนศูนย์ตายบน การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1 ผลทำให้อุณหภูมิที่ตำแหน่งวาล์วไอดีปิดไม่เปลี่ยนแปลง (รูป 10 ก-ง) และในจังหวะการเปิดวาล์วแบบวิธีที่ 2 ทำให้อุณหภูมิที่ตำแหน่งวาล์วไอดีปิดมีแนวโน้มลดลงเล็กน้อยเพราะปริมาณ Residual mass fraction ที่น้อยกว่าการปรับวาล์วไอดีแบบวิธีที่ 1 (รูป 10 ก-ง) การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 และวิธีที่ 4 ช่วยให้อุณหภูมิที่ตำแหน่ง 118 CA ก่อนศูนย์ตายบนมีแนวโน้มที่สูงขึ้นกว่าที่การปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 (รูป 10 ก-ง) และที่ความเร็วรอบ 2400 รอบต่อนาทีให้แนวโน้มของอุณหภูมิที่สูงกว่าความเร็วรอบรอบ 1600 รอบต่อนาทีเนื่องจากมีปริมาณ Residual mass fraction ที่สูงกว่า



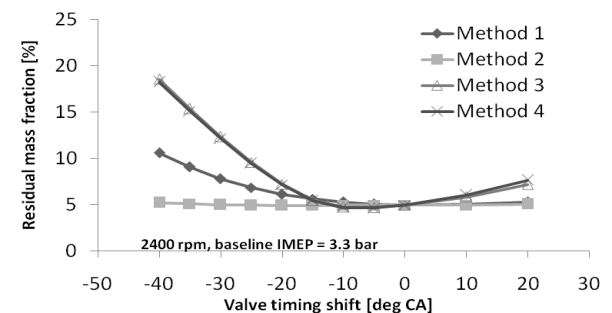
(ก)



(ข)



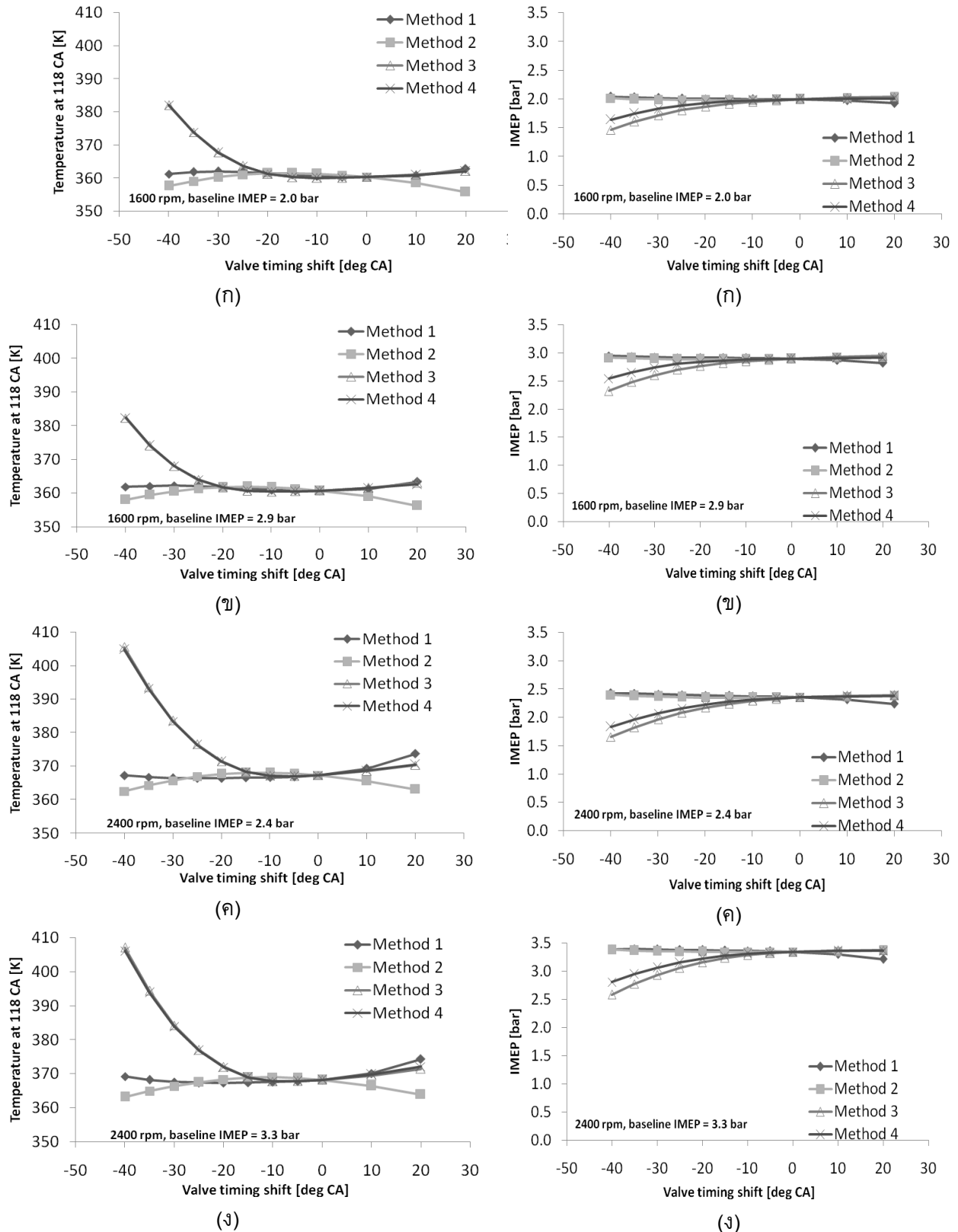
(ค)



(ง)

รูปที่ 9. ปริมาณ Residual mass fraction ในการปรับจังหวะการเปิดและปิดวาล์วทั้ง 4 วิธี

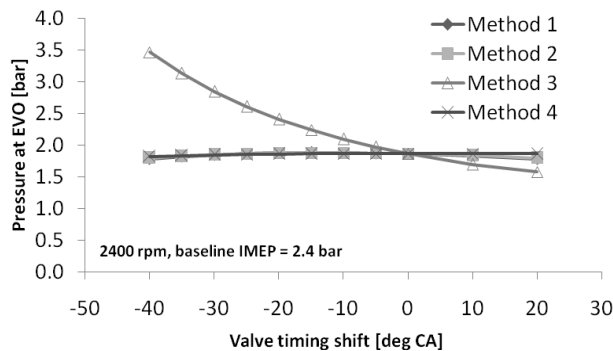
การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ไม่มีผลทำให้ IMEP เปลี่ยนแปลง (รูป 11 ก-ง) แต่การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 IMEP มีค่าลดลงและแนวโน้มลดลงมากกว่าการปรับจังหวะการเปิดวาล์วแบบวิธีที่ 4 (รูป 11 ก-ง)



รูปที่ 10. อุณหภูมิที่ตำแหน่ง 118 CA ก่อนศูนย์ตาย
บนของการปรับจังหวะการเปิดและปิดวาล์วทั้ง 4 วิธี

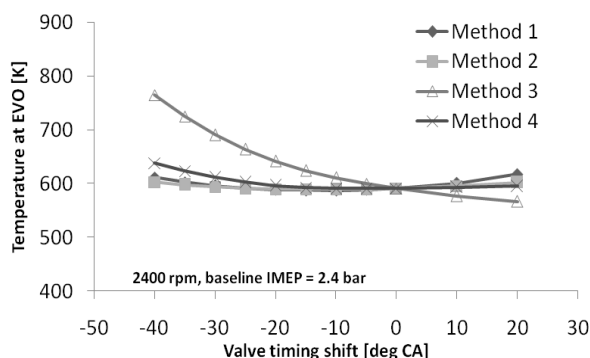
รูปที่ 11. ภาระงานต่างๆของการปรับจังหวะการเปิด
และปิดวาล์วทั้ง 4 วิธี

การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1,2 และวิธีที่ 4 ให้ค่าความดันขณะที่วาล์วไอเสียเปิดไม่เปลี่ยนแปลงแต่การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 ให้ค่าความดันขณะที่วาล์วไอเสียเปิดมีแนวโน้มที่สูงขึ้น(รูป 12) จึงทำให้สูญเสียงานในจังหวะขยายตัว



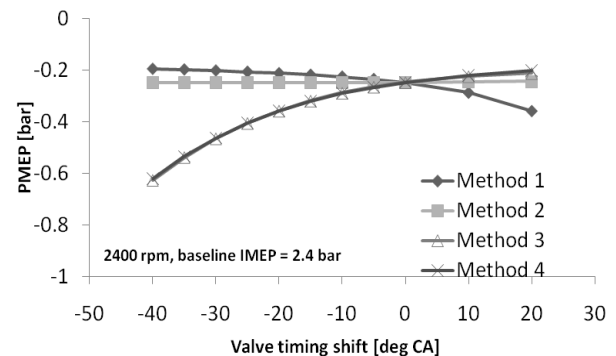
รูปที่ 12. ความดันในกระบอกสูบที่ตำแหน่งวาล์วไอเสียเปิดของการปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วทั้ง 4 วิธี

การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1,2 และวิธีที่ 4 (รูป 13) ให้ค่าอุณหภูมิขณะที่วาล์วไอเสียเปิดเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยแต่การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 ให้ค่าอุณหภูมิขณะที่วาล์วไอเสียเปิดมีแนวโน้มที่สูงขึ้นซึ่งจะเป็นสถานะที่เอื้ออำนวยต่อประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ฟอกไอเสีย



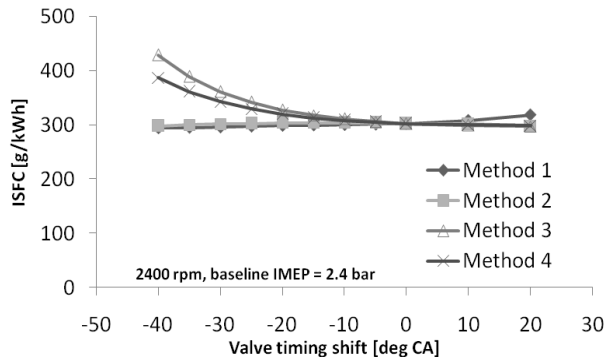
รูปที่ 13. อุณหภูมิในกระบอกสูบที่ตำแหน่งวาล์วไอเสียเปิดของการปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วทั้ง 4 วิธี

การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1 ทำให้แนวโน้มของ Pumping loss ลดลงแบบวิธีที่ 2 ให้แนวโน้มของ Pumping loss คงที่ แต่การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 และวิธีที่ 4 ทำให้แนวโน้มของ Pumping loss เพิ่มขึ้น (รูป 14)



รูปที่ 14. Pumping loss ของการปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วทั้ง 4 วิธี

เนื่องจากงานวิจัยนี้ได้ศึกษาในเครื่องยนต์แบบสูบเดียว การวัดอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงสามารถวัดได้จากกระบอกสูบนั่นได้โดยตรงโดยไม่มีผลกระทบจากสูบล้อเข้ามาเกี่ยวข้องโดยการปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ใช้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะบ่งชี้ก่อนข้างคงที่แต่การปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 และวิธีที่ 4 ใช้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะบ่งชี้ที่มีแนวโน้มที่สูงขึ้นเนื่องจาก IMEP ลดลงเพราะการสูญเสียงานในช่วงจังหวะขยายตัวและ Pumping loss โดยการปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 ใช้อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะบ่งชี้ที่สูงกว่าการปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วแบบวิธีที่ 4 (รูป 15)



รูปที่ 15. อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงจำเพาะของ การปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วทั้ง 4 วิธี

5. สรุป

จากการทำแบบจำลองวัฏจักรการทำงานของ เครื่องยนต์ดีเซลเชื้อเพลิงร่วมแบบสูบเดี่ยวโดย พิจารณาการทำงานที่สภาวะภาระงานต่ำที่ความเร็ว รอบเครื่องยนต์ที่ 1600 และ 2400 รอบต่อนาที โดย ทำการจำลองจังหวะการเปิด-ปิดวาล์วไอดีและไอเสีย ใน 4 วิธีคือ 1) ปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิด วาล์วไอดีไปด้วยกัน (ใช้รูปแบบของระยะยกของวาล์ว ไอดีคงเดิม) 2) ใช้จังหวะการเปิดวาล์วไอดีที่ตำแหน่ง คงเดิมและเปลี่ยนจังหวะการปิดวาล์วไอดี (ปรับเปลี่ยนรูปแบบของระยะยกของวาล์วไอดี) 3) ปรับเปลี่ยนจังหวะการเปิดและการปิดวาล์วไอเสียไป ด้วยกัน (ใช้รูปแบบของระยะยกของวาล์วไอเสียคง เดิม) และ 4) ใช้จังหวะการเปิดวาล์วไอเสียที่ตำแหน่ง คงเดิมและเปลี่ยนจังหวะการปิดวาล์วไอเสีย (ปรับเปลี่ยนรูปแบบของระยะยกวาล์วไอเสีย) ได้ ข้อสรุปดังนี้

- การปรับจังหวะการเปิดและปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 ไม่มีผลกระทบอย่างชัดเจนต่ออุณหภูมิของ ส่วนผสมในห้องเผาไหม้ที่ตำแหน่งช่วงต้นจังหวะอัด แต่การปรับจังหวะการเปิดและปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 และวิธีที่ 4 เมื่อปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วไอเสียให้ ล่วงหน้ามากกว่า 20 องศาเฟลาข้อเหวี่ยงที่ความเร็ว รอบ 1600 รอบต่อนาทีและมากกว่า 15 องศาเฟลาข้อ เหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 2400 รอบต่อนาที จะเริ่มเห็น แนวโน้มการเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิของส่วนผสมที่ ตำแหน่งเริ่มต้นจังหวะอัดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน

- อุณหภูมิที่ตำแหน่งวาล์วไอดีปิดที่เพิ่มสูงขึ้น เกิดจาก Residual mass fraction ที่ถูกกักอยู่ในห้อง เผาไหม้จากวัฏจักรโดยการปรับจังหวะการเปิดปิด วาล์วไอเสียทำให้มีปริมาณ Residual mass fraction อยู่ถึงประมาณ 20 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ เครื่องยนต์ 2400 รอบต่อนาทีที่มุมการปรับวาล์วไอ เสียล่วงหน้า 40 deg CA

- การปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วแบบวิธีที่ 1 และวิธีที่ 2 มีผลทำให้ IMEP เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย การปรับจังหวะการเปิดปิดวาล์วแบบวิธีที่ 3 ทำให้ IMEP ลดลงเนื่องจากการสูญเสียงานในช่วงจังหวะ ขยายตัวและจาก Pumping loss แต่วิธีที่ 4 สามารถ ลดการสูญเสียงานในช่วงจังหวะขยายตัวของวิธีที่ 3 ได้ ซึ่งวิธีที่ 4 นี้เป็นวิธีที่ทำให้อุณหภูมิของส่วนผสมที่ ตำแหน่งเริ่มต้นจังหวะอัดเพิ่มสูงขึ้น ในขณะที่ สมรรถนะก็ลดลงเพียงเล็กน้อย

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ AVL-AST ที่สนับสนุนโปรแกรม AVL-BOOST สำหรับในการทำแบบจำลองและ สถาบันวิจัยและเทคโนโลยี ปตท. ในการสนับสนุนทุน ห้องปฏิบัติการ และอุปกรณ์เครื่องมือทดสอบต่างๆ ที่ เป็นประโยชน์ในการศึกษาวิจัย

7. เอกสารอ้างอิง

- [1] Aroonsrisopon, T., Mongkol S., Wirojsakunchai, E., Wannatong, K., Siangsanorh, S., and Akarapanjavit, N., "Injection Strategies for Operational Improvement of Diesel Dual Fuel Engines under Low Load Conditions," SAE Technical Paper No. 2009-01-1855, 2009.
- [2] Karim, G.A., Liu, Z., and Jones, W., "Exhaust Emissions from Dual Fuel Engines at Light Load," SAE Technical Paper No. 932822, 1993.
- [3] Karim, G.A., "Combustion in Gas Fuelled Compression-Ignition Engines," ASME ICE Fall Technical Conference, 351, 2000.

- [4] Tepimonrat, T., Aroonsrisopon, T. and Wannatong, K. (2010) An Engine Cycle Simulation Study of Exhaust Valve Timings for a Diesel Dual Fuel Engine, Journal of Research in Engineering&Technology, vol. 7, October-December 2010, pp. 21 – 38.
- [5] Wannatong, K., Akarapanjavit, N., Siangsanoth, S., Aroonsrisopon, T., and Chanchaona, S., “New Diesel Dual Fuel Concepts: Part Load Improvement,” SAE Technical Paper No. 2009-01-1797, 2009.
- [6] Caton, P.A., Song, H.H., Kaahaaina, N.B., and Edwards, C.F., “Strategies for Achieving Residual-Effectuated Homogeneous Charge Compression Ignition Using Variable Valve Actuation,” SAE Technical Paper No. 2005-01-0165, 2005.
- [7] Bohac, S.V. and Assanis, D.N., “Effect of Exhaust Valve Timing on Gasoline Engine Performance and Hydrocarbon Emissions,” SAE Technical Paper No. 2005-01-1726, 2005
- [8] Jang, J. and Bae, C., “Effect of Valve Events on the Engine Efficiency in a Homogeneous Charge Compression Ignition Engine Fueled by Dimethyl Ether.” Fuel 2009(88): 1228-1234.

8. สัญลักษณ์และตัวย่อ

ADV	Advance (Valve timing)
BDC	Bottom dead center
CA	Crank Angle
CombDur	Combustion duration
Cyc	Cycle
Deg	Degree
EVC	Exhaust valve close
EVO	Exhaust valve open
ISFC	Indicated specific fuel consumption
IMEP	Indicated mean effective pressure

IVC	Intake valve close
IVO	Intake valve open
Mg	Milligram
NG	Natural gas
PMEP	Pumping mean effective pressure
TDC	Top dead center
RET	Retard (Valve timing)
SOC	Start of combustion
STD	Standard (Valve timing)

9. Appendix

ตาราง ก.1 คุณสมบัติของเชื้อเพลิงก๊าซธรรมชาติที่ใช้ในงานวิจัยนี้

Lower heating value, MJ/kg	34.14
Stoichiometric A/F	11.71
Specific gravity	0.77
MW, kg/kmole	22.20
Methane, % by mole	74.89
Ethane, % by mole	5.57
Propane, % by mole	2.10
n-Butane, % by mole	0.39
i-Butane, % by mole	0.48
n-Pentane, % by mole	0.06
i-Pentane, % by mole	0.12
Larger HC (> C6), % by mole	0.12
CO ₂ , % by mole	14.30
N ₂ , % by mole	1.97

ตาราง ก.2 คุณสมบัติของน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซล (B2) ที่ใช้ในงานวิจัยนี้

Lower heating value, MJ/kg	42.8
Stoichiometric A/F	14.5
Specific gravity	0.83
MW, kg/kmole	170
C (est.)	12.30
H (est.)	22.13