บทที่ 4
การทดสอบกับเครื่องยนต์ทดสอบ

4.1 วัตถุประสงค์

4.1.1 เพื่อทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ดีเซล เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันดีเซลขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิปกติ

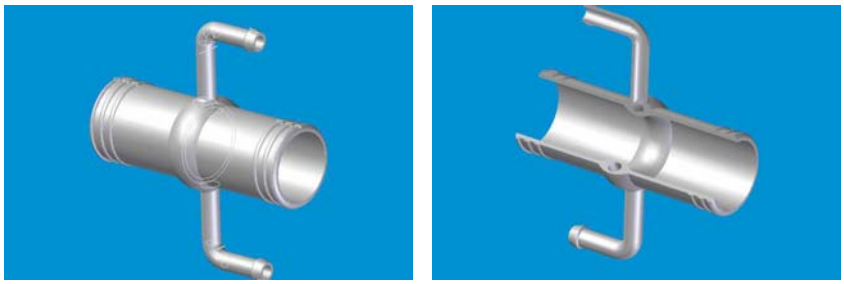
4.1.2 เพื่อทดสอบไอเสีย เมื่อทำการเพิ่มอุณหภูมิน้ำมันดีเซลขึ้นสูงกว่าอุณหภูมิปกติ

4.1.3 เพื่อศึกษาอัตราสิ้นเปลืองของน้ำมันดีเซลในสภาวะเดินเครื่องเปล่า(No Load)

4.2 อุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

อุปกรณ์ประหยัดน้ำมันมีหลายชนิด ซึ่งแต่ละชนิดจะมีหลักการการทำงานที่แตกต่างกัน โดยอุปกรณ์ประหยัดน้ำมันที่เราเลือกที่จะศึกษานั้นเป็นอุปกรณ์ประหยัดน้ำมันที่ใช้ความร้อนจากน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ในการแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำมันเชื้อเพลิงโดยอุปกรณ์ประหยัดน้ำมันชนิดนี้เรียกว่า Pro R

โดยชิ้นงานเดิมของอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน นั้นผลิตจากเหล็กจึงเกิดปัญหาสนิม ดังนั้นจึงได้เลือกใช้ Stainless Steel 304L ซึ่งจะทนต่อการกัดกร่อนได้ดี



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

4.2.1 หลักการทำงานของ อุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

หลักการทำงานของอุปกรณ์เพื่อการประหยัดน้ำมันดีเซล (Diesel Economizer) นั้นอยู่บนพื้นฐานของกระบวนการแตกตัวด้วยความร้อน(Thermal Cracking)โดยจะทำหน้าที่เป็นเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (Heat Exchanger) ที่คอยแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างน้ำมันดีเซลกับน้ำร้อนจากระบบระบายความร้อนของเครื่องยนต์ เพื่อให้โมเลกุลของไฮโดรคาร์บอนของน้ำมันดีเซลสลายตัวให้มีขนาดเล็กลงทำให้มีค่าความหนาแน่นและค่าความหนืดลดลง จึงมีผลทำให้ระบบการฉีดพ่นน้ำมันของเครื่องยนต์สามารถพ่นน้ำมันได้เป็นละอองได้ดีขึ้นส่งผลให้ละอองน้ำมันสามารถรวมตัวกับออกซิเจนได้ดีขึ้น จึงทำให้เกิดการเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้นสามารถลดควันดำและประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้

4.2.2 คุณสมบัติของอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

4.2.2.1 เพิ่มอุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิงให้มีอุณหภูมิประมาณ 63-67 องศาเซลเซียส(ขึ้นอยู่กับยี่ห้อและอายุการใช้งานของเครื่องยนต์)

4.2.2.2 ปริมาตรน้ำมันเพิ่มขึ้นประมาณ 6.5-7.2 %

4.2.2.3 ประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงประมาณ 7-22 %

4.2.2.4 ลดควันดำลงประมาณ 35 % (หรือมากกว่า)

4.2.2.5 ประสิทธิภาพการเผาไหม้ในเครื่องยนต์ดีขึ้น อัตราเร่งดีขึ้น เครื่องยนต์เดินเงียบ

(ที่มา จากคู่มือของบริษัทผู้ผลิต)

4.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

4.3.1 อุปกรณ์เพื่อการประหยัดน้ำมัน

4.3.2 เครื่องยนต์ดีเซล

4.3.3 สายเทอร์โมคัพเปิล (Thermo couple)

4.3.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ

4.3.5 นาฬิกาจับเวลา

4.3.6 ท่อเหล็กเชื่อมต่อระหว่างท่อน้ำหล่อเย็น

4.3.7 เครื่องวัดควันดำ ECOS มาตรฐาน EEC

4.3.8 สายส่งน้ำมัน

4.3.9 น้ำมันดีเซล

4.4 การเตรียมอุปกรณ์เพื่อใช้ในการทดสอบ

4.4.1 อุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

ในการที่จะวัดอุณหภูมิของน้ำมันดีเซลก่อนอุ่นและหลังอุ่นนั้นจำเป็นต้องมีการดัดแปลงอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน ดังนี้

4.4.1.1 ทำการเจาะท่อส่งผ่านน้ำมันของอุปกรณ์ประหยัดน้ำมันทั้งสองด้าน(ด้านเข้าและออก) ด้วยขนาดของรูที่เหมาะสม

4.4.1.2 เสียบสายเทอร์โมคัพเปิลเข้าไปในรูที่เจาะเตรียมไว้แล้ว

4.4.1.3 ทำการพอก Epoxy Resin ตรงรูที่เจาะเพื่อป้องกันน้ำมันรั่วซึม และทิ้งไว้ประมาณ 8 ชั่วโมงเพื่อที่จะให้ Epoxy Resin แห้งและพร้อมใช้งาน

4.4.2 ท่อต่อระหว่างท่อน้ำน้ำหล่อเย็น

ท่อต่อนี้จะใช้ในการวัดอุณหภูมิของน้ำน้ำหล่อเย็นที่ออกจากเครื่องยนต์ โดยสามารถทำได้ดังนี้

4.4.2.1 ใช้ท่อเหล็กที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกที่ใกล้เคียงกับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายในของท่อน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ โดยขึ้นอยู่กับยี่ห้อและรุ่นของเครื่องยนต์นั้นๆ โดยความยาวของท่อเหล็กประมาณ 10 เซนติเมตร

4.4.2.2 ทำการเจาะรูขนาดพอเหมาะตรงกลางของท่อเหล็ก

4.4.2.3 เสียบสายเทอร์โมคัพเปิลเข้าไปในรูที่เจาะไว้ แล้วทำการพอก Epoxy Resin เพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำหล่อเย็นและทิ้งไว้ให้แห้งสนิท

รูปที่ 4.2 แสดงการเตรียมท่อต่อเพื่อวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

4.5 การติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

อุปกรณ์เพื่อการประหยัดน้ำ มันดีเซลจะติดตั้งระหว่างตัวกรองเชื้อเพลิงกับปั๊มฉีดเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซลจะไหลจากถังน้ำมันผ่านที่กรองน้ำมันและไหลผ่านอุปกรณ์เพื่อการประหยัดน้ำมันดีเซล เพื่อแลกเปลี่ยนความร้อนน้ำมันดีเซลที่ผ่านการแลกเปลี่ยนความร้อนก็จะไหลเข้าสู่ปั๊มแล้วไปที่หัวฉีดเพื่อฉีดเข้าห้องเผาไหม้ต่อไป

โดยมีขั้นตอนการติดตั้งดังนี้

4.5.1 ทำการตัดท่อน้ำหล่อเย็นที่ส่งจากหม้อน้ำไปยังเครื่องยนต์ โดยจะเลือกตัดตรงกลางระหว่างหม้อน้ำกับเครื่องยนต์ ทั้งนี้เพื่อความสะดวกในการติดตั้ง

4.5.2 สวมท่อส่งผ่านน้ำหล่อเย็นของเครื่อง Pro R เข้ากับท่อน้ำระบายความร้อนของเครื่องยนต์เข้าด้วยกันทั้งสองด้าน

4.5.3 ใช้ห่วงรัดช่วงต่อระหว่างอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน กับท่อน้ำหล่อเย็นให้แน่นทั้งสองด้าน

รูปที่ 4.3 แสดงการต่อท่อน้ำหล่อเย็นเครื่องยนต์เข้ากับอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

4.5.4 ทำการต่อสายส่งน้ำมันที่ออกจากปั๊มส่งน้ำมันเข้ากับท่อส่งผ่านน้ำมันของอุปกรณ์ประหยัดน้ำมันด้านใดด้านหนึ่ง และอีกด้านหนึ่งก็ต่อท่อส่งน้ำมันไปยังหัวฉีด

4.5.5 ทำการรัดช่วงต่อระหว่างสายส่งน้ำมันกับท่อส่งน้ำมันของอุปกรณ์ประหยัดน้ำมันให้แน่นทั้งสองข้าง

รูปที่ 4.4 แสดงการต่อสายน้ำมันเข้าอุปกรณ์ประหยัดน้ำมันและการติดตั้งเข้ากับเครื่องยนต์

4.5.6 ทำการไล่อากาศที่มีอยู่ในสายส่งน้ำมันให้เรียบร้อย

รูปที่ 4.5 แสดงการติดตั้งเข้ากับเครื่องยนต์เสร็จเรียบร้อย

4.6 การติดตั้งท่อเหล็กวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

4.6.1 ตัดท่อน้ำหล่อเย็นของเครื่องยนต์ออกเป็นสองส่วน

4.6.2 ต่อปลายทั้งสองด้านของท่อเหล็กที่จะใช้วัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เตรียมไว้เข้ากับปลายทั้งสองของท่อน้ำหล่อเย็นที่เราทำการตัด

4.6.3 รัดสายรัดที่รอยต่อให้แน่นเพื่อป้องกันการรั่วซึมของน้ำหล่อเย็น

รูปที่ 4.6 แสดงการติดตั้งท่อวัดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น

4.7 ขั้นตอนการทดลอง

4.7.1 ตรวจสอบอุปกรณ์ต่างๆให้พร้อม เช่น น้ำมันเครื่อง การรั่ว ฟองอากาศ วาล์วจากถังน้ำมัน และเติมน้ำมันลงในถังน้ำมันให้เต็มหรือมากพอ

4.7.2 ต่อแบตเตอรี่ และทำการติดเครื่องยนต์ ปล่อยให้อุ่นเครื่องด้วยรอบเบาประมาณ 10 นาที

4.7.3 ทำการวัดความเร็วรอบของเครื่องยนต์ วัดอัตราการไหล และอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิง จดบันทึกค่าต่างๆเหล่านี้ทั้งหมด

4.7.4 เร่งเครื่องยนต์เพื่อเพิ่มความเร็วรอบขึ้นประมาณ 1000 , 1300 , 1600 , 2000 โดยแต่ละความเร็วรอบจะใช้เวลาในการเดินเครื่อง 30 นาที ทำการวัดและจดบันทึกค่าต่างๆตามข้อ 4.7.3 ในแต่ละช่วงความเร็วรอบ

4.7.5 ผ่อนเครื่องให้เป็นเดินเบา แล้วทำการทดลองหาปริมาณควันดำด้วยเครื่องมือวัด EKOS

4.7.6 ดับเครื่องยนต์ทิ้งไว้ประมาณ 30 นาที เพื่อให้เครื่องเย็น

4.7.7 ทำการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมันและไล่ฟองอากาศออกจากระบบ

4.7.8 ทำตามข้อที่ 4.7.1 ถึง 4.7.4

4.7.9 ดับเครื่องยนต์รอให้เครื่องเย็นก่อนแล้วถอดเก็บอุปกรณ์ต่างๆให้เรียบร้อย

4.7.10 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

4.8 ผลการทดลองก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าอัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงก่อนการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

อุณหภูมิน้ำมันที่ถังน้ำมัน 25.3 ºC

ความเร็วรอบ(rpm)	อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง(cm^3/s)	อุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิง(ºC)
785	0.243	26.8
784	0.242	26.9
784	0.240	27.0
779	0.242	27.1
1025	0.309	27.2
1020	0.307	27.1
1022	0.308	27.2
1024	0.305	27.3
1379	0.410	27.4
1383	0.411	27.6
1380	0.414	27.6
1389	0.412	27.6
1612	0.481	27.6
1618	0.480	27.6
1621	0.481	27.6
1619	0.482	27.7
2277	0.814	28.0
2279	0.812	28.0
2281	0.811	27.9
2281	0.804	28.0

4.9 ผลการทดลองเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

ตารางที่ 4.2 แสดงค่าอัตราการไหลและอุณหภูมิของน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

อุณหภูมิน้ำมันที่ถังน้ำมัน = 27.6 ºC

ความเร็วรอบ(rpm)	อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง(cm^3/s)	อุณหภูมิน้ำมันเชื้อเพลิง(ºC)	
		เข้าเครื่องอุ่น	ออกเครื่องอุ่น
779	0.218	35.4	46.4
773	0.218	35.9	46.8
770	0.218	34.9	46.7
775	0.218	35.1	47.0
1016	0.279	35.5	46.0
1006	0.279	35.1	45.5
1011	0.284	35.5	45.9
1007	0.280	35.1	45.6
1320	0.363	34.9	44.3
1332	0.365	35	44.8
1340	0.371	35.1	45.0
1345	0.372	35.1	45.1
1613	0.455	35	44.1
1611	0.457	34.9	44.3
1612	0.460	34.8	44.0
1614	0.460	34.8	44.8
2189	0.738	35.6	46.9
2215	0.743	35.7	47.2
2228	0.754	35.6	47.4

4.10 ผลการวัดปริมาณควันดำก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

การวัดปริมาณควันดำด้วยเครื่องวัด ECOS นี้ จะให้ค่าออกมาเป็นปริมาณความเข้มข้นของควันดำต่อปริมาณของไอเสียที่ถูกปล่อยออกมาได้ผลดังนี้

4.10.1 ก่อนติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

ค่าความเข้มข้นของควันดำ = 38.20%

4.10.2 หลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

ค่าความเข้มข้นของควันดำ = 30.98%

4.11 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากผลการทดสอบ พบว่าอุณหภูมิของน้ำมันเมื่อผ่านอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน จะมีค่าเท่าๆกันตลอดทุกช่วงความเร็วรอบแม้ว่าความร้อนของน้ำหล่อเย็นเพิ่มขึ้น เพราะเนื่องมาจากเครื่องยนต์ไม่มีภาระ(Load) ภายนอกมากระทำ ทำให้อุณหภูมิไม่สูงมากและค่อนข้างจะคงอุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นแสดงดังตาราง

ตาราง 4.3 แสดงค่าอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ความเร็วรอบต่างๆของเครื่องยนต์

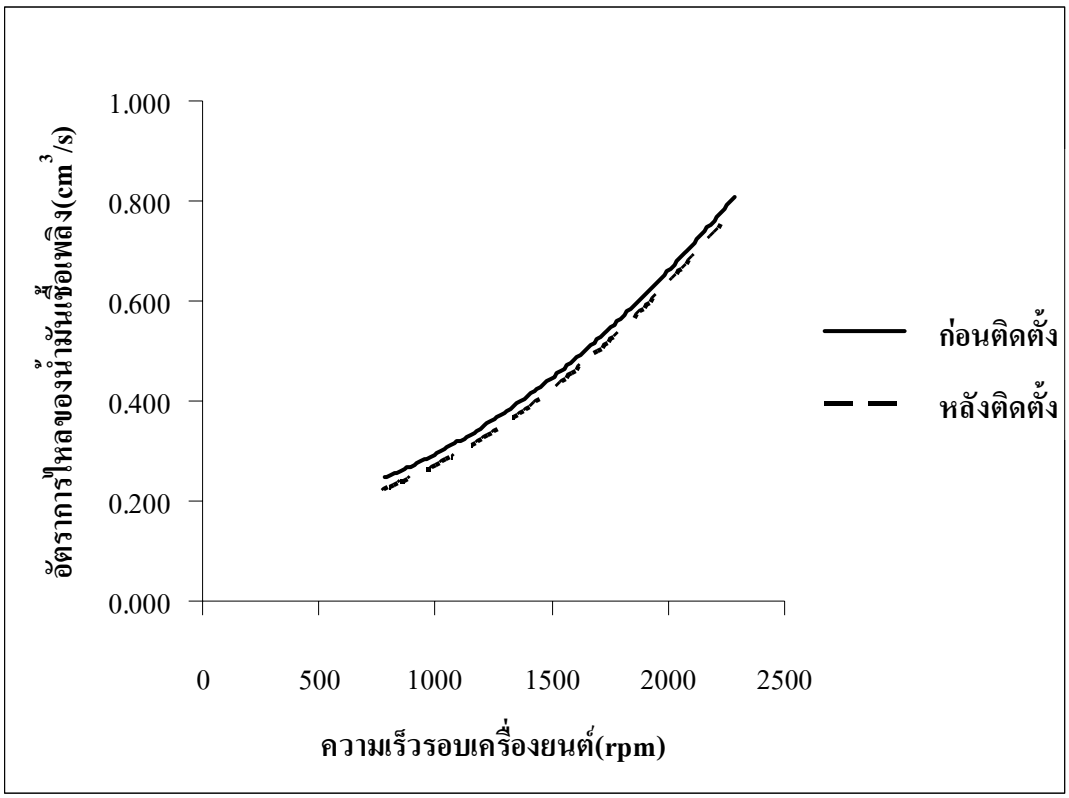
ความเร็วรอบ(rpm)	อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น(ºC)	อุณหภูมิเพิ่มขึ้นของน้ำมัน(ºC)
800	57.1	11.3
1000	56.9	10.5
1200	57.4	10.1
1400	58.0	9.7
1600	58.9	9.4
1800	59.7	10.1
2000	60.5	10.8
2200	61.3	11.5

จากตาราง 4.3 อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็นที่ความเร็วรอบ 800-1,000 rpm มีการเปลี่ยนแปลงน้อยมาก คือ อยู่ระหว่าง 56.9 – 57.1 ºC โดยเฉลี่ย ซึ่งน่าจะเป็นอุณหภูมิปกติเมื่อเครื่องยนต์เดินเบา แต่ต่อมาก็เริ่มมีอุณหภูมิที่สูงขึ้น ตั้งแต่ที่รอบประมาณ 1,200 rpm ขึ้นไป ส่วนการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำมันเมื่อผ่านเครื่องอุ่นน้ำมันแล้วนั้น ก็มีความแตกต่างกันตามความเร็วรอบ การเพิ่มอุณหภูมิในการทดลองครั้งนี้เพิ่มได้มากที่สุดคือ 11.5 ºC ที่ความเร็วรอบ 2,200 rpm ส่วนอุณหภูมิที่เพิ่มต่ำสุดคือ เพิ่มขึ้น 9.4 ºC ที่ความเร็วรอบ 1,600 rpm

ทางด้านผลการวิเคราะห์อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมัน ก็ให้ผลที่แตกต่างกันระหว่างก่อนและหลังติดตั้ง ซึ่งใช้อัตราการไหลของน้ำมันและความเร็วรอบของเครื่องยนต์เป็นตัวบ่งชี้ ให้ผลดังนี้

ตารางที่ 4.4 เปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงที่ความเร็วรอบต่างๆก่อนและหลังการติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

ความเร็วรอบ	อัตราการไหลของน้ำมันเชื้อเพลิง(cm^3/s)		การประหยัดน้ำมัน
	ก่อนติดตั้ง	หลังติดตั้ง	
800	0.246	0.225	8.8%
1000	0.301	0.278	7.6%
1200	0.359	0.332	7.5%
1400	0.417	0.389	6.7%
1600	0.476	0.454	4.7%
1800	0.572	0.548	4.2%
2000	0.671	0.644	4.1%
2200	0.770	0.740	4.0%



รูปที่ 4.7 กราฟเปรียบเทียบอัตราการสิ้นเปลือง(อัตราการไหล)ของน้ำมันเชื้อเพลิงในช่วงความเร็วรอบต่างๆ ก่อนและหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน

จากตารางที่ 4.4 และรูปที่ 4.8 จะพบว่า อัตราการไหลของน้ำมันก่อนติดตั้งนั้นมีค่าสูงกว่าหลังติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน นั่นก็คือเมื่อทำการอุ่นน้ำมันก่อนเผาไหม้จะมีการสิ้นเปลืองน้ำมันที่น้อยกว่า หรือประหยัดน้ำมันกว่านั่นเอง โดยที่เมื่อเดินรอบเบา ที่ประมาณ 800 rpm จะประหยัดน้ำมันได้ 8.8% และเมื่อเพิ่มความเร็วขึ้นจะพบว่าประหยัดน้ำมันได้น้อยลงเมื่อเทียบเป็นอัตราส่วนร้อยละ เช่นที่ความเร็วรอบ 1,600 rpm ประหยัดน้ำมันได้ 4.7% และที่ความเร็วสูง เช่น 2,000 rpm ขึ้นไป จะประหยัดน้ำมันได้ประมาณ 4.0-4.1% และมีแนวโน้มว่าจะลดลงหากเพิ่มความเร็วรอบขึ้นอีก

ส่วนปริมาณความเข้มข้นของควันดำเมื่อติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำมันให้ผลออกมาว่า ลดลงโดยรวมประมาณ 7.22 % ของปริมาณไอเสียทั้งหมด

ข้อสังเกตอีกประการที่พบก็คือ ความแตกต่างของอัตราการไหลของน้ำมันก่อนติดตั้งและหลังติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำมัน มีค่าต่างกันคือก่อนติดตั้งมีอัตราการไหลที่สูงกว่าหลังติดตั้งประมาณ 0.02-0.03 cm^3/s ในทุกๆความเร็วรอบของเครื่องยนต์

4.12 สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดลองที่ได้ทดสอบกับเครื่องยนต์ Toyota 2L-T โดยรวมแล้วพบว่า การอุ่นน้ำมันก่อนเข้าห้องเผาไหม้ของเครื่องยนต์ดีเซลจะทำให้โดยรวมแล้วประหยัดน้ำมันมากขึ้น ดังที่วิเคราะห์ไว้ อัตราการไหลน้ำมันแบบติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำมันจะน้อยกว่าแบบที่ไม่ได้ติดตั้งในทุกๆ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ตั้งแต่ รอบเดินเบาที่ 750-800 rpm ถึงที่รอบสูงๆ คือ 2,200 rpm ขึ้นไป โดยเฉลี่ยแล้ว ต่างกันประมาณ 0.02-0.03 cm^3/s หรือคิดอัตราการสิ้นเปลืองต่อชั่วโมงได้ออกมาว่า เมื่อติดตั้งอุปกรณ์ประหยัดน้ำมัน จะใช้น้ำมันน้อยกว่าเมื่อไม่ติดตั้งประมาณ 70-100 cm^3 คิดเป็นเปอร์เซ็นต์คือที่ความเร็วรอบ 800 rpm ประหยัดได้ 8.8% และที่ความเร็วรอบ 2,200 rpm ประหยัดได้ 4.1%

ในขณะที่อุณหภูมิของน้ำมันมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นประมาณ 9-12 ºC เมื่อติดตั้งเครื่องอุ่นน้ำมัน โดยที่รอบเดินเบาจะอุ่นน้ำมันได้ดีกว่าที่ความเร็วรอบ 1200-1800 rpm ซึ่งอุ่นได้น้อยที่สุดที่ 1,600 rpm ได้ 9.4 ºC ส่วนที่รอบสูงกว่านี้ก็จะอุ่นน้ำมันได้มากขึ้นเช่นที่ 2,200 rpm อุ่นน้ำมันได้เพิ่มขึ้น 11.5 ºC เป็นต้น ซึ่งความแตกต่างนี้เป็นผลมาจากหลายๆด้านด้วยกันเช่น อัตราการไหลของน้ำหล่อเย็นและของน้ำมัน อุณหภูมิของน้ำหล่อเย็น ซึ่งขึ้นอยู่กับความเร็วรอบและภาระ

ในการทดลองครั้งนี้เป็นการทดลองที่ไม่มีภาระหรือไม่มีแรงบิดภายนอกมากระทำ แต่ผลการทดลองก็ทำให้ทราบว่ามีการเปลี่ยนแปลง นั่นก็คือ ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงลดลงเมื่อน้ำมันมีอุณหภูมิสูงขึ้นในย่านความเร็วรอบเครื่องยนต์ตั้งแต่ 800 ถึง 2,200 rpm ในสภาวะที่เดินเครื่องเปล่า