บทที่ 5

ผลการวิจัย และอภิปราย

ผลการวิจัย

1. การใช้เครื่องปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชันกับเครื่องยนต์แบบคาร์บูเรเตอร์

การทดสอบทำการติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชัน กับเครื่องยนต์ก๊าซโซลีน และเพิ่มภาระให้เครื่องยนต์ภายใต้ความเร็วรอบคงที่ เพื่อศึกษาผลการบำบัดมลสารตลอดจนสมรรถนะของเครื่องยนต์ การดำเนินการได้ทำการแก้ไขและปรับปรุงระหว่างช่วงเดือนธันวาคม 2537 และมกราคม 2538 แล้วทำการทดลองบันทึกผลการทดสอบช่วงเมษายน 2538 นำผลมาตรวจสอบ พบว่า

1.1 การปรับสภาพไอเสีย การใช้เครื่องปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชันสามารถบำบัดมลสารได้ โดยมีเงื่อนไขการใช้งาน คือ อุณหภูมิภายในเครื่องปรับสภาพไอเสีย และอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมัน ที่เหมาะสมกับสภาพการบำบัดไอเสีย

1.2 ข้อมูลบางจุดมีค่ากระโดด เนื่องจากเครื่องยนต์ใช้คาร์บูเรเตอร์แบบสองพอร์ท (dual port) ขณะที่พอร์ทที่สองเปิดสำหรับจ่ายน้ำมันปริมาณมาก เพื่อตอบสนองการใช้งานช่วงภาระสูงหรือขณะที่ความเร็วรอบสูง การจ่ายน้ำมันมากในช่วงนี้ ส่งผลให้ข้อมูลช่วงต่อระหว่างการเปลี่ยนแปลงนี้มีสภาพกระโดด โดยเฉพาะช่วงที่ภาระสูงของความเร็วรอบ 1000 rpm ค่าที่บันทึกมีความแตกต่างได้ชัดเจน และเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้นความแตกต่างของช่วงนี้เริ่มน้อยลง นอกจากนี้ อาจเกิดจากการบันทึกค่าขณะไม่อยู่ในภาวะคงที่ ดังนั้น จึงทำการแก้ไขโดยใช้กราฟแนวโน้ม (Curve Fitting) ของสมการโพลิโนเมียล ($ax^3 + bx^2 + cx + d$) ในการแสดงข้อมูลให้เหมาะสมขึ้น สาเหตุที่ใช้โพลิโนเมียล 4 เทอม เพราะ กราฟที่ได้จากสมการแสดงแนวโน้มเหมือนกับกราฟทางทฤษฎี และมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlatin Coefficient, R) ส่วนใหญ่มีค่าอยู่ในช่วง 0.8 ขึ้นไป ซึ่งแสดงว่า ข้อมูลมีความสัมพันธ์กับกราฟแนวโน้ม

ดังนั้น จึงใช้ผลการทดสอบนี้มาวิเคราะห์และสรุปผล ซึ่งแสดงรายละเอียดในหัวข้อถัดไป

2. การเปรียบเทียบผลความแตกต่างระหว่างติดตั้งและไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชัน

2.1 การเปรียบเทียบคุณสมบัติที่เปลี่ยนไประหว่างกรณีติดตั้งและไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย ที่ความเร็วรอบคงที่

การเพิ่มภาระของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบคงที่ เป็นการเร่งเครื่องยนต์และปรับโหลดของไดนาโมมิเตอร์ให้ได้ภาระที่ต้องการ ดังนั้น การทดสอบนี้จึงเป็นการควบคุมให้กำลังม้าของเครื่องยนต์ด้วย เพราะ กำลังม้าของเครื่องยนต์ คำนวณจากการแรงบิดที่เกิดจากภาระคูณกับความเร็วรอบ ในขณะเดียวกันการเร่งเครื่องเป็นการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อในคาร์บูเรเตอร์ให้กว้างขึ้น เพื่อให้อากาศเข้าในเครื่องยนต์มากขึ้น และขณะที่อากาศผ่านท่อเวนจูรี่เกิดสูญญากาศขึ้นบริเวณคอคอด ทำให้เกิดการดูดน้ำมันเข้ามาผสมกับอากาศเป็นส่วนผสมที่เข้าไปเผาไหม้ในเครื่องยนต์ โดยมีคาร์บูเรเตอร์จะเป็นตัวทำหน้าที่ในการจ่ายส่วนผสมให้เหมาะสมกับภาระและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ในการทดสอบนี้ วงจรของคาร์บูเรเตอร์ที่เกี่ยวข้องมีดังนี้ วงจรเดินเบา (A/F Ratio ~ 12), วงจรความเร็วปกติ (A/F Ratio เป็น 15~15.5) และวงจรเต็มกำลัง (A/F Ratio เป็น 13) ส่วนมลสาร CO และ HC ที่ออกมากับไอเสียเป็นดังนี้ ในช่วงที่มีส่วนผสมหนาจะมีปริมาณมลสารมาก และในช่วงส่วนผสมบางมลสารมีปริมาณน้อย สำหรับรายละเอียดแต่ละการทดลองเป็นดังนี้

2.1.1 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1000 rpm ดังแสดงในรูป 5-1,5-2

- พฤติกรรมโดยรวม

ช่วงภาระ 0.7 ถึง 5 kg ทั้งสองกรณีมีส่วนผสมหนาทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ จึงเกิด CO และ HC มาก แต่กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีส่วนผสมหนากว่า ทำให้ค่า CO และ HC มากกว่า ดังนั้น ค่า BSFC ของกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียสูงขึ้น เพราะมีการสูญเสียพลังงานไปกับการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ การบำบัดมลสารเกิดขึ้นน้อย เพราะ เครื่องปรับสภาพไอเสียมีอุณหภูมิภายในต่ำ จากข้อมูลพบว่า อุณหภูมิไอเสียมีค่าไม่สูง($\approx$ 300 ^{o}C) ทำให้เครื่องปรับสภาพไอเสียมีอุณหภูมิภายใน$\approx$ 250 ^{o}C ส่วนสาเหตุกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีมลสารมากกว่า อาจเกิดจากเครื่องยนต์มีผลกระทบของไอเสียตกค้าง ซึ่ง "ไอเสียตกค้างเกิดขึ้นในช่วงความเร็วรอบต่ำ หรือภาระน้อย" [หลาบ รังสิริ (2518)] โดยกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีผล กระทบมากกว่า ซึ่งดูได้จาก ความดันย้อนกลับสูงขึ้น และปริมาณ CO และ HC มาก

ช่วงภาระ 5 ถึง 10 kg ในช่วงนี้ คาร์บูเรเตอร์จ่ายส่วนผสมในช่วงความเร็วปกติ ส่งผลให้ A/F Ratio สูงขึ้น การเผาไหม้สมบูรณ์ขึ้น ค่า CO และ HC มีค่าน้อยกว่าช่วงอื่น ดังนั้น ค่า BSFC ต่ำลง แต่กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีประสิทธิภาพการบำบัดมลสารดีขึ้น แต่ค่า HC สูงอยู่

ช่วงภาระมากกว่า 10 kg กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีส่วนผสมหนาขึ้น สาเหตุเกิดจากพอร์ทที่ 2 ของคาร์บูเรเตอร์เริ่มทำงาน (พอร์ทที่ 2 จ่ายน้ำมันให้ตอนที่ภาระสูง หรือ ช่วงความเร็วรอบสูง) ผลที่ตามมาทำให้การกินน้ำมันสูงขึ้น ดังนั้น ค่า A/F Ratio ต่ำลง, การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์, มี CO และ HC เพิ่มขึ้น, อุณหภูมิไอเสียมีค่าใกล้เคียงกับกรณีไม่ติดตั้ง, ค่า BSFC สูงขึ้น, และ η_{th} ต่ำลง เพราะ สูญเสียไปกลับ CO และ HC ใกล้ช่วงภาระสูงสุด ส่วนผสมอากาศและน้ำมันดีขึ้น การเผาไหม้ดีขึ้น CO และ HC ลดลงกว่าช่วงพอร์ทที่ 2 เปิด ค่า BSFC โค้งลง เพราะ การนำเชื้อเพลิงใช้ได้ดีขึ้น η_{th} สูงขึ้น

- ผลสรุปของความเร็วรอบ 1000 rpm กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย

1. มลสาร CO และ HC มีค่าสูงกว่า [CO และ HC มีค่าเฉลี่ยสูงกว่า 1.7 %(โดยปริมาตร) และ 136 ppm ตามลำดับ] เพราะ (1) ผลกระทบไอเสียตกค้าง ในช่วงไม่มีภาระหรือ ช่วงเดินเบา ทำให้ส่วนผสมหนา (2) ช่วงที่พอร์ทที่ 2 เริ่มเปิด ทำให้ส่วนผสมหนา (3) อุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสียมีค่าไม่สูงมาก (ประมาณ 250 °C) เครื่องปรับสภาพไอเสียมีประสิทธิภาพการบำบัดมลสารได้น้อย (ต่ำกว่า 10%) ซึ่งการทำงานของเครื่องปรับสภาพไอเสียมีประสิทธิภาพการบำบัดมลสารได้เต็มความสามารถเมื่ออุณหภูมิผิวสูงกว่า 300 °C สำหรับ CO และ 400 °C สำหรับ HC

2. สมรรถนะลดลง ดูจาก (1) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) มีค่าเฉลี่ยลดลง 1.3 % (2) ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.064 kg/kw.hr (3) ที่ภาระเครื่องยนต์เท่ากัน กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยมากขึ้น 0.11 *l*/hr.

การที่สมรรถนะลดลง เพราะ (1) ไอเสียตกค้างมากขึ้นในช่วงภาระต่ำ หรือรอบเดินเบา ต้องเปิดลิ้นปีกผีเสื้อให้อากาศและน้ำมันเข้ามากขึ้น เพื่อมาชดเชยกับส่วนนี้ (2) ช่วงพอร์ทที่ 2 เปิด มีการกินน้ำมันสูง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้สูญเสียไปกับ CO, HC ที่ออกมากับไอเสีย (3) ความดันขาออกที่สูงขึ้น ทำให้ไอเสียไหลออกได้ยากขึ้น แต่ มีบางช่วงที่สมรรถนะใกล้เคียง เมื่อมีการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ขึ้น ค่าCO และ HC น้อย

3. อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นเล็กน้อย (ผลต่างอยู่ในช่วง 0-20 °C) เพราะการติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียเป็นการขวางทางออกของไอเสีย ทำให้การถ่ายเทความร้อนของไอเสียลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิสูงขึ้น แต่ในบางช่วงอุณหภูมิไอเสียใกล้เคียงเมื่อส่วนผสมหนา เพราะ การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีก๊าซ CO และ HC ไม่ถูกเผาไหม้ อุณหภูมิไอเสียจะต่ำ

2.1.2 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 1500 rpm ดังแสดงในรูป 5-3, 5-4

- พฤติกรรมโดยรวม

ช่วงภาระต่ำ (ภาระต่ำสุด ถึง 11 kg) คาร์บูเรเตอร์จ่ายส่วนผสมหนาในช่วงภาระต่ำสุดทั้งสองกรณี ส่วนผสมหนาทำให้เกิด CO และ HC สูงขึ้นด้วย และยังสูญเสียพลังงานไปกลับมลสาร ดังนั้น ค่าBSFC ในช่วงนี้สูง, อุณหภูมิไอเสียไม่สูง, และ การบำบัดมลสารเกิดขึ้นได้น้อย สาหตุที่ใช้ส่วนผสมหนา เพราะ ผลกระทบของไอเสียตกค้างในช่วงไม่มีภาระเกิดขึ้นอยู่ คาร์บูเรเตอร์จึงจ่ายส่วนผสมให้หนา เพื่อมาชดเชยให้มีอุณหภูมิและความดันในช่วงจังหวะระเบิดมีค่าสูงเพียงพอกับภาระงาน แต่เนื่องจากกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียต้องการน้ำมันมาชดเชยกับการสูญเสียจากความดันย้อนกลับด้วย การจ่ายน้ำมันเกิดจากการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อไม่เท่ากัน การเปิดลิ้นปีกผีเสื้อที่มากกว่าทำให้มีอากาศและน้ำมันเข้ามาเผาไหม้มากกว่า ขณะเดียวกันกรณีติดตั้งเข้าช่วงความเร็วปกติของคาร์บูเรเตอร์ จึงปรับตัวเป็นส่วนผสมบางได้ก่อน ดังนั้นที่ภาระถัดมา การบำบัดมลสาร CO และ HC จึงบำบัดได้จนถึงภาระ 11 kg ขณะเดียวกัน BSFC ต่ำลงด้วยในช่วงนี้ เพราะ สามารถนำเชื้อเพลิงไปเผาไหม้เป็นกำลังม้าของเครื่องยนต์ได้มากขึ้น

ช่วงภาระมากกว่า 11 kg การจ่ายส่วนผสมหนา จากพอร์ทที่ 2 ของคาร์บูเรเตอร์เริ่มทำงาน การกินน้ำมันสูงขึ้น ดังนั้น ค่า A/F Ratio ต่ำลง, การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์, มี CO และ HC เพิ่มขึ้น, อุณหภูมิไอเสียมีค่าใกล้เคียงกับกรณีไม่ติดตั้ง, ค่า BSFC สูงขึ้น, และ η_{th} ต่ำลง เพราะ สูญเสียไปกลับ CO และ HC

- ผลสรุปของความเร็วรอบ 1500 rpm กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย

1. มลสาร CO และ HC ลดลงในช่วงภาระเครื่องยนต์น้อยกว่า 11 kg เพราะ อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันใกล้กับจุดที่ทำปฏิกิริยากันพอดี (A/F Ratio สูงกว่า 14) ทำให้ออกซิเจนที่ยังไม่ได้เผาไหม้มาทำปฏิกิริยากับมลสาร ผลที่ได้ คือ ปริมาณมลสาร CO และ HC ที่ออกมาลดลง และ ค่า CO และ HC เพิ่มขึ้น ในช่วงภาระเครื่องยนต์สูงกว่า 11 kg เพราะ (1)

อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันหนา ทำให้ออกซิเจนเหลือไม่เพียงพอกับการปรับสภาพไอเสีย (2) ช่วงที่ port ที่ 2 เปิดมีการกินน้ำมันสูง ทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2. สมรรถนะลดลง โดยพิจารณาจาก (1) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) มีค่าเฉลี่ยลดลง 2.0% (2) ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) มีค่าเพิ่มขึ้น 0.080 kg/kw.hr (3) ที่ภาระเครื่องยนต์เท่ากัน กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยมากขึ้น 0.16 *l*/hr

การที่สมรรถนะลดลงเกิดจากสาเหตุเช่นเดียวกันกับความเร็ว 1000 rpm

3. อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น ช่วงภาระเครื่องยนต์น้อยกว่า 11 kg (ผลต่างอยู่ในช่วง 50 °C) เพราะ (1) การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียเป็นการขวางทางออกของไอเสีย ทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิสูง (2) เกิดจากการเผาไหม้ในช่วงส่วนผสมบางจะมีอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น ภาวะที่ไอเสียมีอุณหภูมิมีค่าต่างกันเล็กน้อย ในช่วงภาระเครื่องยนต์มากกว่า 11 kg (ผลต่างอยู่ในช่วง 0-20 °C) เพราะ ส่วนผสมหนาทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และเกิดก๊าซ CO และ HC มาก ผลที่ตามมาอุณหภูมิไอเสียจะต่ำ แต่ยังมีผลกระทบการขวางกันไอเสียทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง ดังนั้น ผลการทดลองที่บันทึกจึงแสดงผลอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย

2.1.3 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 2000 rpm ดังแสดงในรูป 5-5, 5-6

- พฤติกรรมโดยรวม

ช่วงภาระต่ำสุดจนถึง 14 kg ทั้งสองกรณี คาร์บูเรเตอร์จ่ายส่วนผสมในช่วงความเร็วปกติ ส่วนผสมที่ได้จึงเป็นส่วนผสมบาง (A/F Ratio ~ 15) ค่า CO และ HC ออกมาน้อย กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย ค่า BSFC สูงขึ้นเล็กน้อย และ η_{th} ต่ำลงเล็กน้อย เพราะการสันดาปและนำไปใช้เป็นพลังงานใกล้กัน แต่บางส่วนสูญเสียไปกับความดันย้อนกลับที่เพิ่มขึ้นจากการขวางกันทางออกของไอเสีย นอกจากนี้ ยังส่งผลให้เกิดการถ่ายเทความร้อนได้น้อย อุณหภูมิในท่อไอเสียสูงขึ้น

ช่วงภาระ 14 kg จนถึง 20 kg การจ่ายส่วนผสมเริ่มหนาขึ้น กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย ค่า BSFC สูงขึ้นเล็กน้อย และ η_{th} ต่ำลงเล็กน้อย เพราะ การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงเริ่มไม่ดี มี CO และ HC มากขึ้น แต่การบำบัดมลสารของเครื่องปรับสภาพไอเสียยังสามารถปรับสภาพไอเสียให้ CO และ HC น้อยลง

ช่วงภาระ 20 kg จนถึงภาระสูงสุด คาร์บูเรเตอร์จ่ายส่วนผสมในช่วงวงจรกำลัง ส่วนผสมที่ได้จึงเป็นส่วนผสมหนา (A/F Ratio ~ 13) การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์เกิดมลสาร CO และ HC ออกมากขึ้น กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย การบำบัดมลสารอาศัยออกซิเจนที่เหลือ แต่เนื่องจากมลสารมีมากการบำบัดไอเสียจึงไม่ได้ผล ค่า η_{th} ต่ำลงเล็กน้อย เพราะ สูญเสียไปกับมลสาร และความดันย้อนกลับ นอกจากนี้ การขวางทางออกของไอเสีย ยังส่งผลให้อุณหภูมิในท่อไอเสียสูงขึ้นเล็กน้อย

- ผลสรุปของความเร็วรอบ 2000 rpm กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย

1. มลสาร CO และ HC ลดลงในช่วงภาระเครื่องยนต์น้อยกว่า 20 kg เพราะ (1) อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันมากกว่า 14 ทำให้ออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้มีเพียงพอกับการปรับสภาพไอเสีย (2) อุณหภูมิของ CO และ HC สูง จึงทำให้ CO ,HC และ O_2 มีพลังงานจลน์สูง การทำปฏิกิริยากันได้มากขึ้น ส่วนค่า CO และ HC มีค่าเพิ่มขึ้น ในช่วงภาระเครื่องยนต์สูงกว่า 20 kg เพราะ (1) อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันหนา ทำให้ออกซิเจนเหลือไม่เพียงพอกับการปรับสภาพไอเสีย (2) ช่วงที่ port ที่ 2 เปิด การกินน้ำมันสูง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์

2. สมรรถนะลดลง โดยพิจารณาจาก (1) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) มีค่าเฉลี่ยลดลง 0.5% (2) ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น 0.059 kg/kw.hr (3) ที่ภาระเครื่องยนต์เท่ากัน กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยมากขึ้น 0.03 *l*/hr

การที่สมรรถนะลดลง เพราะ (1) ช่วง พอร์ทที่ 2 เปิด มีการกินน้ำมันสูง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้สูญเสียไปกับ CO, HC ที่ออกมากับไอเสีย (2) ความดันขาออกที่สูงขึ้น ทำให้ไอเสียไหลออกได้ยากขึ้น

3. อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น ช่วงภาระเครื่องยนต์น้อยกว่า 20 kg (ผลต่างอยู่ในช่วง 60~80 °C) เพราะ (1)การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง ทำให้อุณหภูมิสูง (2) เกิดจากการเผาไหม้ในช่วงส่วนผสมบางจะมีอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น ส่วนที่ไอเสียมีอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย ในช่วงภาระเครื่องยนต์มากกว่า 20 kg (ผลต่างอยู่ในช่วง 0-40 °C) เพราะ (1) การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียเป็นการขวางทางออกของไอเสีย ทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิสูง (2) บางช่วงที่ส่วนผสมหนา การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มีก๊าซ CO และ HC ไม่ถูกเผาไหม้ อุณหภูมิไอเสียจะต่ำ ดังนั้น ผลการทดลองที่บันทึกจึงแสดงผลอุณหภูมิสูงขึ้นเล็กน้อย

2.1.4 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 2500 rpm ดังแสดงในรูป 5-7, 5-8

- พฤติกรรมโดยรวม

ช่วงภาระต่ำสุดจนถึง 8 kg เป็นช่วงวงจรเดินความเร็วปกติ ส่วนผสมบางทำให้ค่า CO และ HC ออกมาน้อย ด้านสมรรถนะของกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย ค่า BSFC สูงขึ้น และ η_{th} ต่ำลง เพราะต้องสูญเสียไปกับความดันย้อนกลับ ดังนั้นอัตราการกินน้ำมันสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการขวางทางออกไอเสีย ทำให้อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น

ช่วงภาระ 8 kg จนถึง ภาระสูงสุด เป็นช่วงของวงจรกำลัง ซึ่งพฤติกรรมส่วนใหญ่จะเป็นหน้าที่ของพอร์ทที่ 2 ของคาร์บูเรเตอร์เริ่มทำงาน กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย การกินน้ำมันสูงขึ้น ค่า A/F Ratio ต่ำลง การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ มี CO และ HC เพิ่มขึ้น, อุณหภูมิไอเสียมีค่าใกล้เคียงกับกรณีไม่ติดตั้ง, ค่า BSFC สูงขึ้น, และ η_{th} ต่ำลง เพราะ บางส่วนสูญเสียไปกับความดันย้อนกลับที่เกิดจากการขวางกันทางออกของไอเสีย ส่วนการบำบัดมลสารสามารถปรับสภาพไอเสียให้มีค่าน้อยลงได้ เพราะ มี O_2 เหลือ และ อุณหภูมิของ CO และ HC สูง (มีพลังงานจลน์สูง)

- ผลสรุปของความเร็วรอบ 2500 rpm กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย

1. มลสาร CO และ HC มีค่าลดลง เพราะ (1) อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเฉลี่ยใกล้กับจุดที่ทำปฏิกิริยากันพอดี ทำให้ออกซิเจนเหลือเพียงพอกับการปรับสภาพไอเสีย ผลที่ได้ปริมาณ CO และ HC ที่ออกมาลดลงมากกว่ากรณีไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย (2) อุณหภูมิของ CO และ HC สูง จึงทำให้ CO ,HC และ O_2 มีพลังงานจลน์สูง ทำปฏิกิริยากันได้มากขึ้น

2. สมรรถนะลดลง โดยพิจารณาจาก (1) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (h_{th}) มีค่าเฉลี่ยลดลง 0.5% (2) ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) มีค่าเฉลี่ยสูงขึ้น 0.014 kg/kw.hr (3) ที่ภาระเครื่องยนต์เท่ากัน กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ยมากขึ้น 0.16 l/hr%

การที่สมรรถนะลดลงมีสาเหตุเช่นเดียวกันกับ ความเร็วรอบ 2000 rpm

3. อุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น (ผลต่างอยู่ในช่วง 40~60 $^{\circ}$C) เพราะ (1) การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง ทำให้อุณหภูมิสูงขึ้น (2) เกิดจากการเผาไหม้ในช่วงส่วนผสมบางจะมีอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น

2.1.5 ผลการทดลองที่ความเร็วรอบ 3000 rpm ดังแสดงในรูป 5-9, 5-10

- พฤติกรรมโดยรวม

ช่วงภาระต่ำสุดจนถึง 10 kg อัตราส่วนผสมของกรณีติดตั้งมีอัตราส่วนผสมบางกว่าเล็กน้อย เพราะ อุณหภูมิช่วงทดสอบแตกต่างกัน (กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียอุณหภูมิอากาศเป็น 32 $^{\circ}$C กรณีเครื่องยนต์เปล่าอุณหภูมิอากาศเป็น 35 $^{\circ}$C) สมรรถนะลดลงของกรณีติดตั้งเครื่องเครื่องปรับสภาพไอเสีย ดูจาก ค่า BSFC สูง และ η_{th} ต่ำลง เพราะต้องสูญเสียไปกับความดันย้อนกลับ ดังนั้นอัตราการกินน้ำมันสูงขึ้น นอกจากนี้ยังมีการขวางทางออกไอเสียทำให้การถ่ายเทความร้อนได้น้อยอุณหภูมิภายในท่อไอเสียสูงขึ้น

ช่วงภาระ10 kgจนถึง 17 kg อัตราส่วนผสมของอากาศต่อน้ำมันใกล้กัน มลสาร CO และ HC ที่ออกมาใกล้กัน แต่กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียสามารถปรับสภาพไอเสียให้มีค่าน้อยกว่า สมรรถนะลดลงเล็กน้อย ดูจากค่า η_{th} ต่ำ และอัตราการกินน้ำมันสูงขึ้น เพราะพลังงานบางส่วนต้องสูญเสียไปกลับความดันย้อนกลับ ซึ่งเกิดจากการขวางกันของทางออกไอเสียและยังส่งผลให้อุณหภูมิในท่อไอเสียสูงขึ้น

ช่วงภาระ 17 kg ถึงภาระสูงสุด อัตราส่วนผสมของอากาศต่อน้ำมันหนาขึ้นเพื่อให้มีกำลังม้ามากขึ้น แต่การปรับให้ส่วนผสมของกรณีไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีส่วนผสมหนากว่า ทำให้มลสาร CO และ HC ออกมาก และ กรณีไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีส่วนผสมบางกว่า ทำให้มลสาร CO และ HC มาน้อยลง สมรรถนะลดลงเล็กน้อย ดูจาก η_{th} ต่ำกว่าเล็กน้อย สาเหตุที่สมรรถนะลดลง เพราะ พลังงานบางส่วนขดเขยกับการสูญเสียของความดันย้อยกลับ

- ผลสรุปของความเร็วรอบ 3000 rpm กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย

1. มลสาร CO และ HC มีค่าลดลง เพราะ (1) อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมัน มีค่าสูงหรือใกล้กับจุดที่ทำปฏิกิริยากัน ทำให้ออกซิเจนเหลือเพียงพอกับการปรับสภาพไอ

เสีย ผลที่ได้ปริมาณ CO และ HC ที่ออกมาลดลง (2) อุณหภูมิของ CO และ HC สูง จึงทำให้มีพลังงานจลน์สูงเกิดปฏิกิริยากับออกซิเจนได้มากขึ้น

2. <u>สมรรถนะ</u> ของกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีค่าลดลง โดยพิจารณาจาก (1) ประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) มีค่าเฉลี่ยลดลง 0.05% (2) ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 0.010 kg/kw.hr(3) ที่ภาระเครื่องยนต์เท่ากันมีอัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้นเล็กน้อย

3. <u>อุณหภูมิไอเสีย</u>สูงขึ้น (ผลต่างอยู่ในช่วง 30~60 °C) เพราะ (1) การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียเป็นการขวางทางออกของไอเสีย ทำให้การถ่ายเทความร้อนลดลง ส่งผลให้อุณหภูมิสูง (2) การเผาไหม้ในช่วงส่วนผสมบาง ทำให้อุณหภูมิไอเสียสูง

<u>ผลการเปรียบเทียบโดยรวมมีดังนี้</u>

- <u>ค่า HC และ CO</u> ในการติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย ค่า HC และ CO มีการเปลี่ยนลดลง ก็ต่อเมื่อ (1) อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันที่มีค่ามากกว่า หรือใกล้กับจุดที่ทำปฏิกิริยากันพอดี (Stochiometic) เนื่องจากมีออกซิเจนที่เหลือจากการสันดาปมีปริมาณเพียงพอกับการปรับสภาพไอเสีย การปรับสภาพไอเสียจึงสามารถบำบัดได้ (2) อุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสียสูง ซึ่งอุณหภูมิที่การบำบัดมลสารได้เต็มความสามารถ เมื่ออุณหภูมิผิวสูงกว่า 300 °C สำหรับ CO และ 400 °C สำหรับ HC (รูปที่ 2-12)

กรณีที่ HC และ CO มีปริมาณเพิ่มขึ้นมากกว่ากรณีไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย เมื่ออัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันมีส่วนผสมหนา เนื่องจากไม่มีออกซิเจนเหลือเพียงพอกับการปรับสภาพไอเสีย

- <u>สมรรถนะ</u> ของกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีค่าลดลง ซึ่งแสดงผลมาทางประสิทธิภาพเชิงความร้อน (η_{th}) มีค่าลดลง และความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ(BSFC) มีค่าเพิ่มขึ้นที่กำลังเครื่องยนต์เท่ากัน อัตราการกินน้ำมันสูงขึ้น เพราะ (1) ต้องสูญเสียพลังงานไปกับการความดันย้อนกลับ (back pressure) ที่เกิดจากการขว้างกันทางออกไอเสีย (2) ไอเสียที่ตกค้างในกระบอกสูบมีค่ามากในช่วงรอบเดินเบา และรอบต่ำ ต้องเร่งเครื่องเพื่อให้ส่วนผสมเข้าไปมากขึ้น ทำให้การกินน้ำมันสูงขึ้น

- <u>อุณหภูมิไอเสีย</u> กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้อุณหภูมิไอเสียมีค่าใกล้เคียงกันหรือสูงขึ้น จะขึ้นอยู่กับการเผาไหม้ คือ ที่การเผาไหม้ที่ส่วนผสมพอดีจนส่วนผสมบางเล็ก

น้อยจะมีอุณหภูมิไอเสียสูง ส่วนที่การเผาไหม้ที่ส่วนผสมหนา การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้อุณหภูมิไอเสียใกล้เคียงกับกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย

หมายเหตุ การทดสอบไม่ได้ทดลองถึงช่วงภาระสูงสุดเครื่องยนต์ เนื่องจากเครื่องยนต์ที่ใช้ทดสอบเป็นเครื่องยนต์เก่า ขณะที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์สูง เครื่องยนต์มีอาการสั่นจึงไม่ได้ทำการทดสอบถึงค่าดังกล่าว

2.2 การเปรียบเทียบคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปเมื่อเครื่องยนต์มีภาระสูงสุด

ข้อมูลที่ได้จากเครื่องยนต์ที่ภาระสูงสุดของความเร็วคงที่มาแสดงในเอกสารผนวก ง-11 และนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ภาระ, สมรรถนะ, มลสาร, อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง และอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบต่างๆ ดังกราฟแสดงในรูปที่ 5-11

- ค่า CO ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งลง โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 3.46, 7.15, 2.48, 4.60, และ 4.12 % โดยปริมาตร ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่า CO ส่วนใหญ่ลดลง ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมหนา ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเป็น +20.2 %, -11.0%, –45.6 % , -60.9%, และ -22.8% ตามลำดับ

- ค่า HC ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งลง โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 280, 320, 170, 180, และ 160 PPM ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่า HC ลดลง ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที เนื่องจากมีอัตราส่วนผสมหนา ส่วนค่า HC ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเป็น +32.1%, –9.4%, -41.2%, –50.0%, และ -43.8% ตามลำดับ

- ค่า A/F Ratio ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมคล้ายรูปพาราโบร่าคว่ำ โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 12.4, 11.7, 13.6, 12.8, และ 12.8 ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่า A/F Ratio มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าความแตกต่างเป็น +2.6%, +3.0%, +2.5%, +2.4%, และ +4.6% ตามลำดับ

- อุณหภูมิไอเสีย ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งขึ้น โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 404, 490, 610, 628, และ 638 ^{o}C ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่าอุณหภูมิไอเสียเพิ่มขึ้น ส่วนค่าอุณหภูมิไอเสียมีความ

แตกต่างเป็น +6.4%, +7.3%, +4.3%, +6.5%, และ +7.2% ตามลำดับ

- ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมเป็นรูปโค้งลง โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 0.283, 0.297, 0.251, 0.270, และ 0.260 kg/kW-hr ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่า ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะมีค่าความแตกต่างเป็น -0.9%, +4.8%, +6.0%, +1.7%, และ -1.0% ตามลำดับ

- ประสิทธิภาพทางความร้อน ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมเป็นรูปโค้งขึ้น โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 28.6, 27.2, 32.3, 30.0, และ 31.1 % ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนมีค่าลดลง ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนมีค่าความแตกต่างเป็น 0.9%,-4.6%, -5.6% , -1.7%, และ 1.0% ตามลำดับ

- กำลังม้าของเครื่องยนต์ ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งขึ้น โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 11.5, 18.3, 25.3, 31.0, และ 38.7 kW ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่ากำลังม้าของเครื่องยนต์ลดลง ส่วนค่ากำลังม้าของเครื่องยนต์มีค่าความแตกต่างเป็น-1.3%, -7.0 %, -7.5 %, -0.8%, และ -2.3 % ตามลำดับ

2.3 การเปรียบเทียบคุณสมบัติที่เปลี่ยนไปที่ตำแหน่งความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะต่ำสุดของความเร็วรอบต่างๆ (rated power)

ข้อมูลการทดสอบในแสดงเอกสารผนวก ง-12 และนำผลการทดลองที่ได้มาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง ภาระ, สมรรถนะ, มลสาร, อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง และอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็วรอบต่างๆ ดังกราฟรูปที่ 5-12

- ค่า CO ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งขึ้น โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 1.66, 2.47, 3.66, 4.60, และ 3.66 % โดยปริมาตร ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่า CO ส่วนใหญ่ลดลง ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเป็น +86.5%, –3.6%,-63.1%, -60.9%, และ -85.5% ตามลำดับ

- ค่า HC ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งลง โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 260, 230, 170, 180, และ 170 PPM ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่า HC ลดลง ยกเว้นที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที เนื่องจาก

มีอัตราส่วนผสมต่ำกว่า 13 ส่วนค่า HC ค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเป็น +34.6%, —17.4%, 41.2%, -50.0%, และ -91.3% ตามลำดับ

- ค่า A/F Ratio ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งเป็นตัวS โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 13.3, 13.6, 13.0, 12.8, และ 12.8 ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่า A/F Ratio มีค่าเพิ่มขึ้น และมีค่าค่าเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างเป็น -2.2%, +0.5%, -7.1%, +2.4%, และ +4.6% ตามลำดับ

- อุณหภูมิไอเสีย ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งขึ้น โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 410, 532, 593, 628, และ 638 ^{o}C ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่าอุณหภูมิไอเสียเพิ่มขึ้น ส่วนค่าอุณหภูมิไอเสียมีความแตกต่างเป็น +3.4%, +5.3%, +7.3%, +6.5%, และ +7.2% ตามลำดับ

- ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมเป็นรูปโค้งลง โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 0.273, 0.269, 0.269, 0.270, และ 0.260 kg/kW-hr ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่า ความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (BSFC) มีค่าแนวโน้มเพิ่มขึ้น ส่วนค่าความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะมีค่าความแตกต่างเป็น +5.9%, +7.9%, -1.2%, +1.7%, และ –1.0% ตามลำดับ

- ประสิทธิภาพทางความร้อน ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมเป็นรูปโค้งขึ้นเล็กน้อย โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 29.6, 30.1, 30.1, 30.0, และ 31.1 % ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนมีแนวโน้มลดลง ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนมีค่าความแตกต่างเป็น -5.4%, –7.3%, +1.2%, -1.7%, และ +1.0% ตามลำดับ

- กำลังม้าของเครื่องยนต์ในการเพิ่มความเร็วรอบ ค่านี้จะแสดงพฤติกรรมโค้งขึ้น โดยช่วงความเร็วรอบ 1000 ถึง 3000 รอบต่อนาที มีค่าเป็น 11.5, 16.1, 23.2, 31.0, และ 38.7 kW ตามลำดับ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียทำให้ค่ากำลังม้าของเครื่องยนต์ลดลง ส่วนค่ากำลังม้าของเครื่องยนต์มีค่าความแตกต่างเป็น -6.7%, -8.4%, +0.9%, -0.8%, และ –2.3% ตามลำดับ

3. ผลการบำบัดมลสารและประสิทธิภาพการบำบัดมลสาร

3.1 ผลการบำบัดมลสารที่ได้จากข้อมูลช่วงการทดลองหาสมรรถนะของเครื่องยนต์เปรียบเทียบระหว่างการติดตั้งและไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย พบว่า

- อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง ที่ใกล้เคียงกับจุดทำปฏิกิริยากันพอดี หรือ ส่วนผสมบาง การบำบัดมลสารจะสัมฤทธิ์ผล (กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีมลสารออกมาสู่บรรยากาศน้อยกว่ากรณีไม่ติดตั้ง) ในการทดลองพบว่า ที่ความเร็วรอบ 1500 รอบต่อนาที (อุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียอยู่ในช่วง 407 - 524 ^{o}C)ค่า A/F Ratio มากกว่า 14.4 การบำบัดมลสารจะสัมฤทธิ์ผล และ เมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น ทำให้อุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียสูงขึ้น (อยู่ในช่วง 489 - 725 ^{o}C) มีผลทำให้ A/F Ratio ที่สูงกว่า 14.0 สามารถบำบัดมลสารสัมฤทธิ์ผล

แต่ในช่วงที่ส่วนผสมหนา การบำบัดมลสารไม่สัมฤทธิ์ผล ได้แก่ การทดลองที่ความเร็วรอบ 1000 rpm มีค่า A/F Ratio ในช่วง 10.7 ถึง 13.0 ค่า CO และ HC มากกว่าไม่ติดตั้ง

สาเหตุที่อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันมีผลต่อการบัดมลสารที่ความเร็วรอบต่างๆ เพราะ การบำบัดมลสารต้องอาศัยออกซิเจนที่เหลือจากการเผาไหม้มาทำปฏิกิริยากับ CO และ HC ส่วนผสมที่ใกล้กับจุดทำปฏิกิริยากันพอดี หรือส่วนผสมบางจะมีออกซิเจนเหลือ สำหรับปรับสภาพมลสาร CO และ HC เป็น CO_2 และ H_2O

- ส่วนอุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสีย พบว่า อุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสียมีค่าต่ำ การบำบัดมลสารเกิดขึ้นน้อย (อุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสีย 250^{o}C ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารต่ำกว่า 10%) และ เมื่ออุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสียมีค่าสูงขึ้นจนอยู่ในช่วงใช้งานแล้ว (ข้อมูลการทดลองพบว่าอุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียสูงกว่า 407^{o}C) การบำบัดมลสารแปรผันโดยตรงกับอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันและอุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสีย

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ขณะที่เครื่องยนต์มีความเร็วรอบคงที่ และอุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสียจะอยู่ในช่วงที่สามารถบำบัดมลสารแล้ว (407 ^{o}C ขึ้นไป) ตัวแปรที่เกี่ยวข้องเป็นค่าอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมัน ที่ใกล้เคียงกับจุดทำปฏิกิริยากันพอดี หรือ ส่วนผสมบาง การบำบัดมลสารจะสัมฤทธิ์ผล

3.2 <u>ประสิทธิภาพการบำบัดมลสาร</u> การวิเคราะห์ได้พิจารณาตัวแปรของอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีผลต่อประสิทธิภาพการบำบัดมลสารของความเร็วรอบต่างๆ ซึ่งผลที่ได้นำมาเขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงที่อุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียค่าต่างๆ กับประสิทธิภาพการบำบัดมลสาร ดังกราฟแสดงในรูปที่ 5-13 และ 5-14 ผลการทดลองที่ได้ คือ

3.2.1 ประสิทธิภาพการบำบัดมลสาร CO, HC มีค่ามากขึ้นตามอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง หรือ มีค่ามากขึ้นตามอุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสีย

3.2.2 ที่อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงและอุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียเท่ากัน ประสิทธิภาพการบำบัด CO มีค่ามากกว่าประสิทธิภาพการบำบัด HC

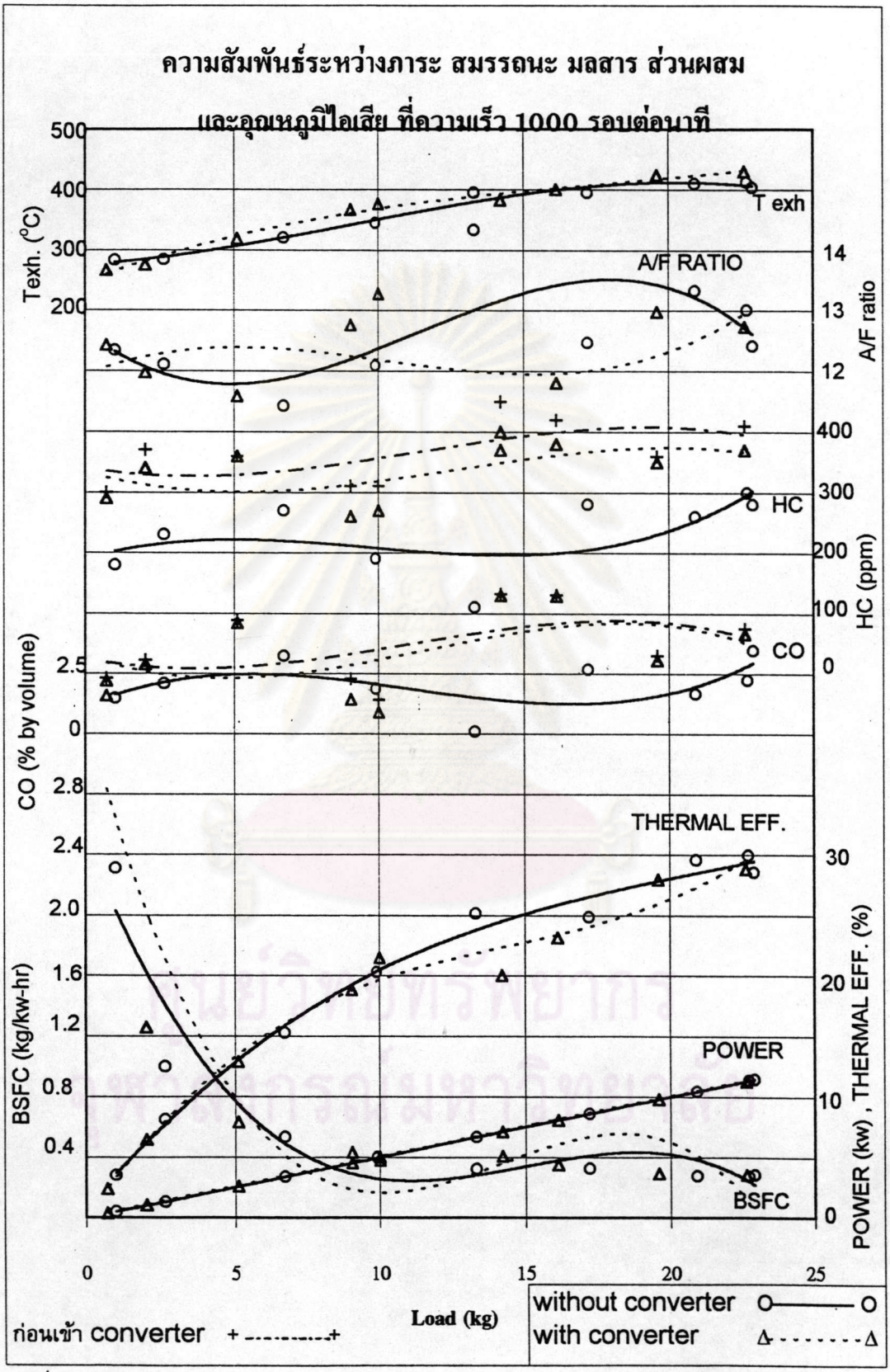
4. <u>เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายในการใช้อุปกรณ์ปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชัน</u>

การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายเป็นการประเมินค่าอุปกรณ์รวมการติดตั้ง ตลอดทั้งการบำบัดมลสาร โดยเทียบเป็นควมแตกต่างของค่าเฉลี่ยของอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันและมลสารที่ความเร็วรอบตั้งแต่ 1,000 ถึง 3,000 รอบต่อนาที ดังรูปที่ 5-15

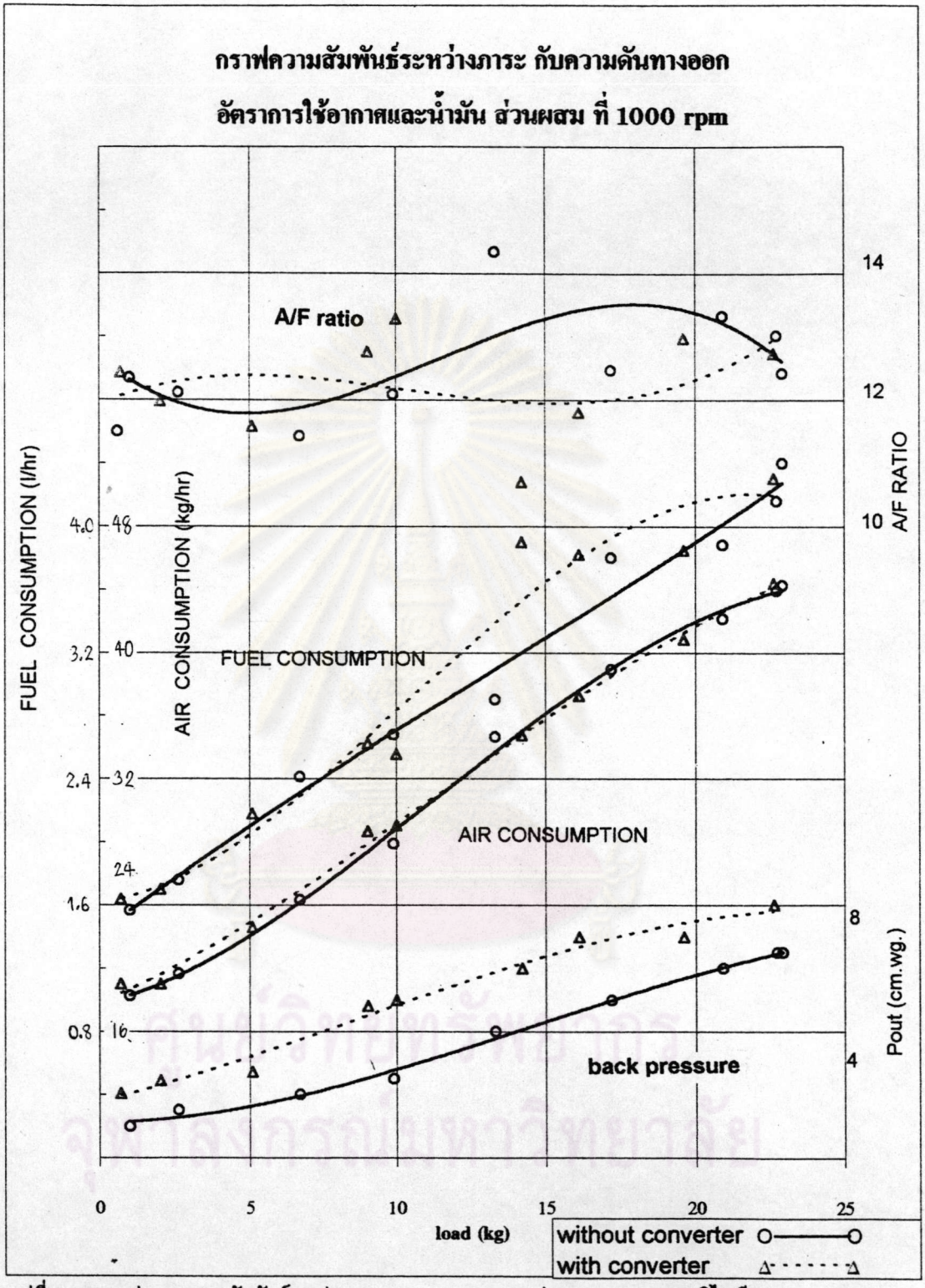
ค่าใช้จ่ายเบื้องต้นของอุปกรณ์ปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชันประมาณ 10,000 บาท และค่าติดตั้งประมาณ 1,000 บาท

จากรูปที่ 5-15 พบว่า การใช้เครื่องปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชันจะเพิ่มค่าใช้จ่ายอัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น (1–80 g/kw-hr) หรือ อัตราการใช้เฉลี่ยน้ำมันเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (0- 0.16 *l*/hr) โดยขึ้นอยู่กับสภาพการใช้งาน แต่ถ้าพิจารณาในด้านการควบคุมมลภาวะ พบว่า สามารถลดมลสาร เมื่อเครื่องปรับสภาพไอเสียอยู่ในช่วงตัวแปรที่เกี่ยวข้องเหมาะสม (A/F Ratio และอุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสีย) ค่า CO ลดลงในช่วง 0.04 – 1.14 % โดยปริมาตร และ HC ลดลงในช่วง 15 – 47 ppm

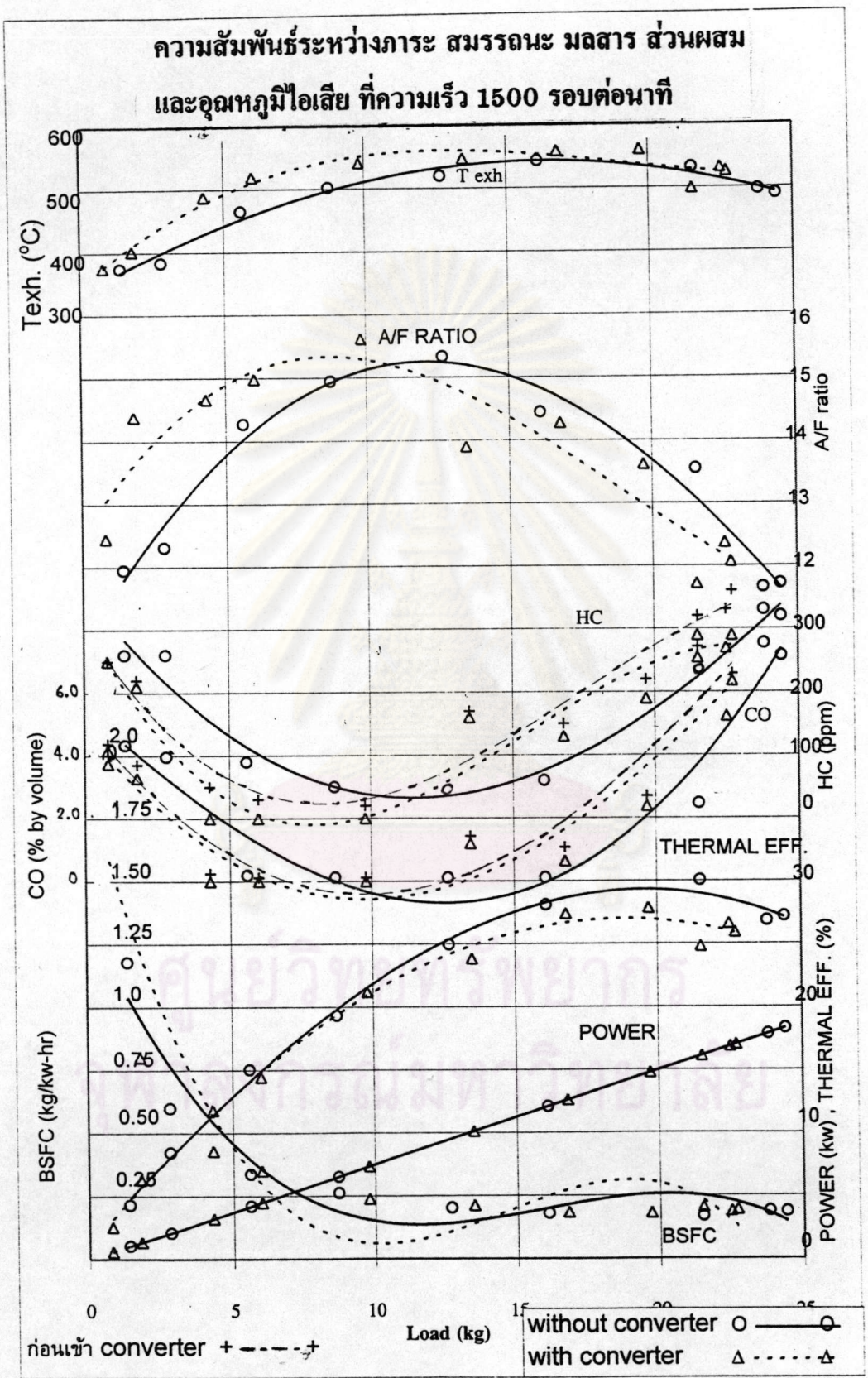
ค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นนี้เป็นตัวเงินเพื่อสภาวะแวดล้อมที่ดีขึ้น ซึ่งผลที่ตามมาจะส่งผลดีในด้านคุณภาพชีวิต และสุขภาพของคน ดังนั้น การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียแบบออกซิเดชันจึงเป็นหนทางเลือกทางหนึ่งในการควบคุมมลสาร



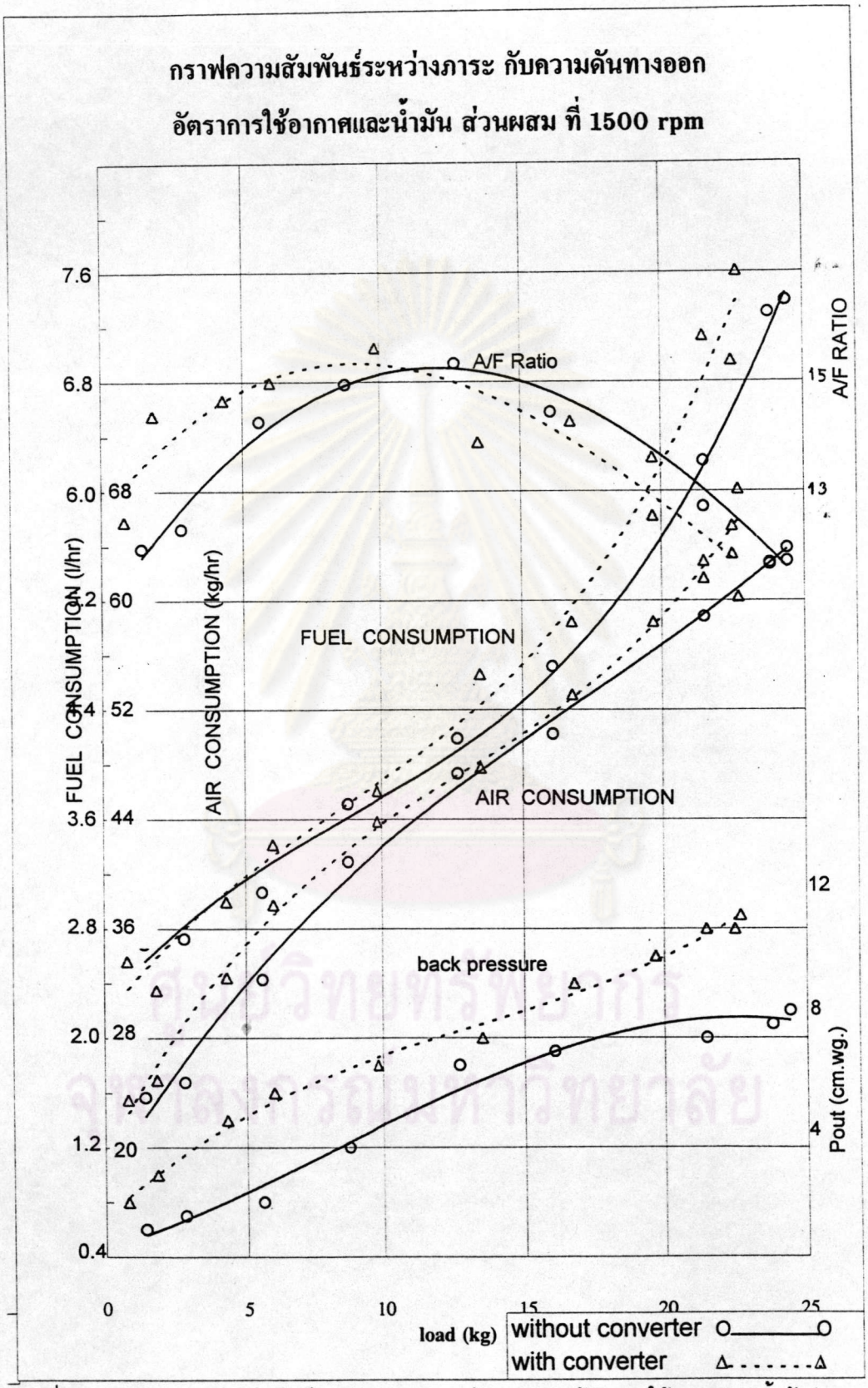
รูปที่ 5-1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ สมรรถนะ มลสาร ส่วนผสม และอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็ว 1000 รอบต่อนาที ทดสอบกรณีติดตั้ง 21 เม.ย. 38 ทดสอบกรณีไม่ติดตั้ง 10 เม.ย. 38



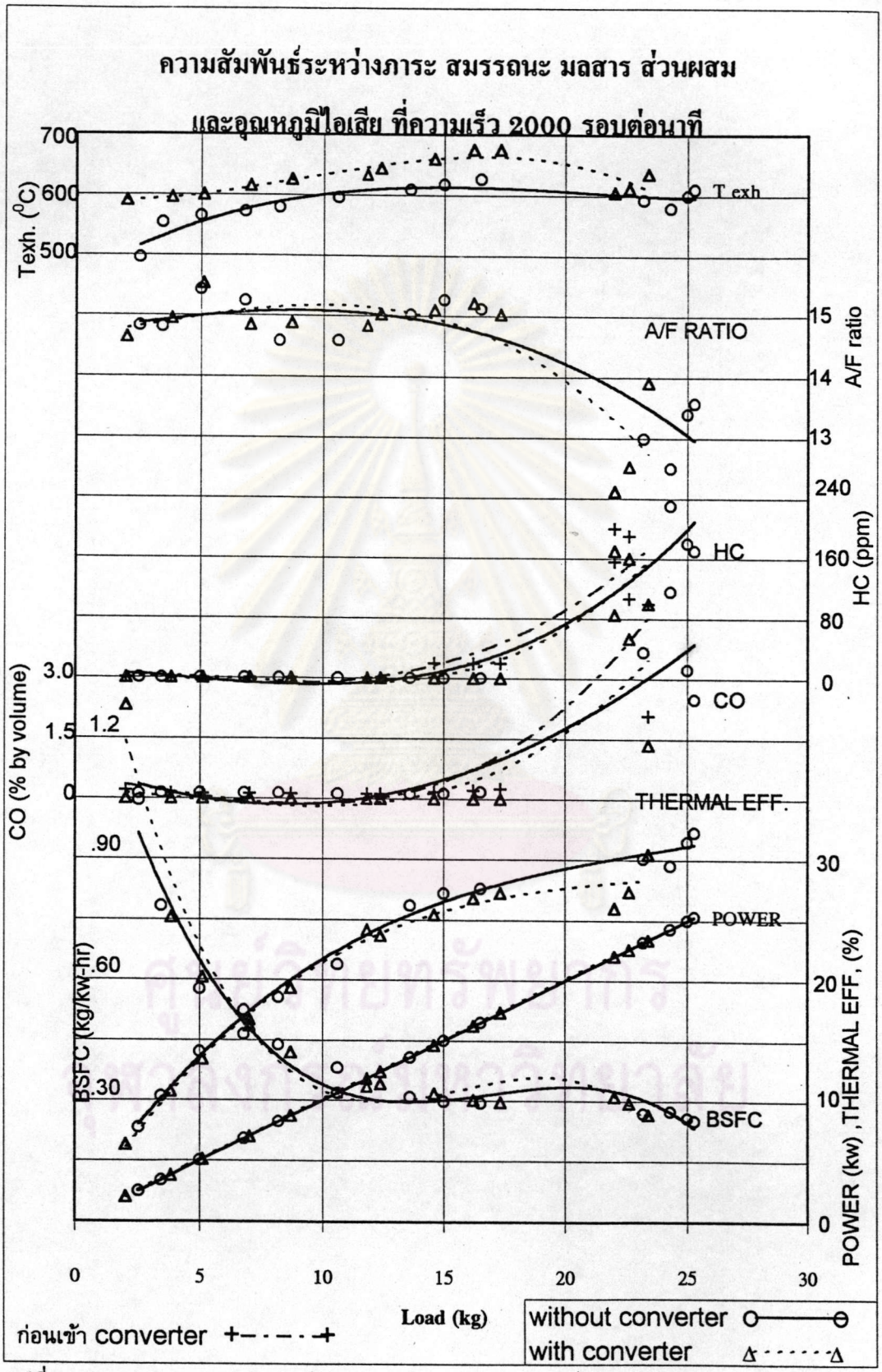
รูปที่ 5-2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ สมรรถนะ มลสาร ส่วนผสม และอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็ว 1000 รอบต่อนาที ทดสอบกรณีติดตั้ง 21 เม.ย. 38 ทดสอบกรณีไม่ติดตั้ง 10 เม.ย. 38



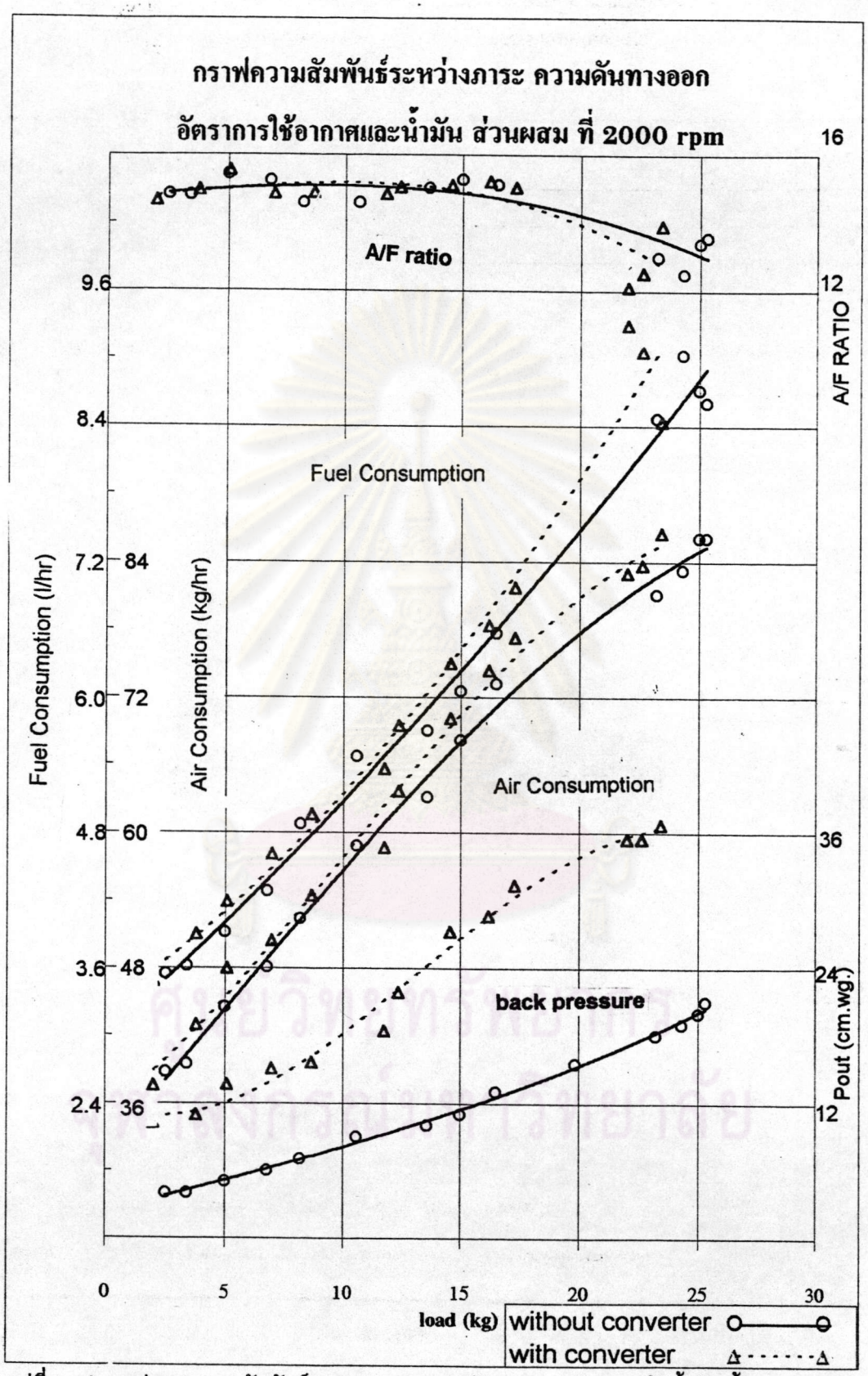
รูปที่ 5-3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ สมรรถนะ มลสาร ส่วนผสม และอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็ว 1500 รอบต่อนาที ทดสอบกรณีติดตั้ง 24 เม.ย. 38 ทดสอบกรณีไม่ติดตั้ง 30 มี.ค. 38



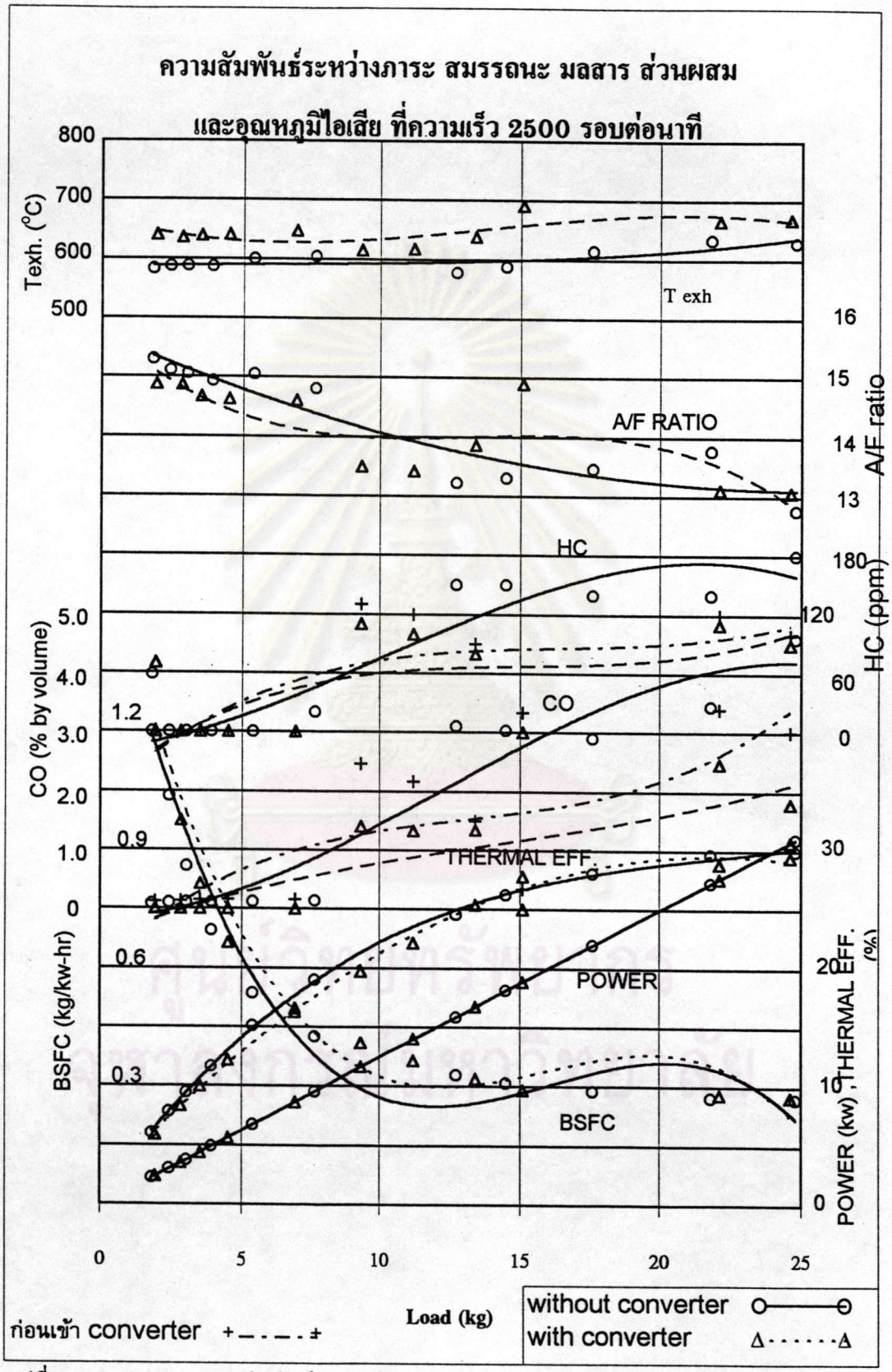
รูปที่ 5-4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ ความดันทางออก อัตราการใช้อากาศและน้ำมันส่วนผ
ที่ความเร็ว 1500 รอบต่อนาที ทดสอบกรณีติดตั้ง 24 เม.ย. 38 ทดสอบกรณีไม่ติดตั้ง 30 มี.ค. 38



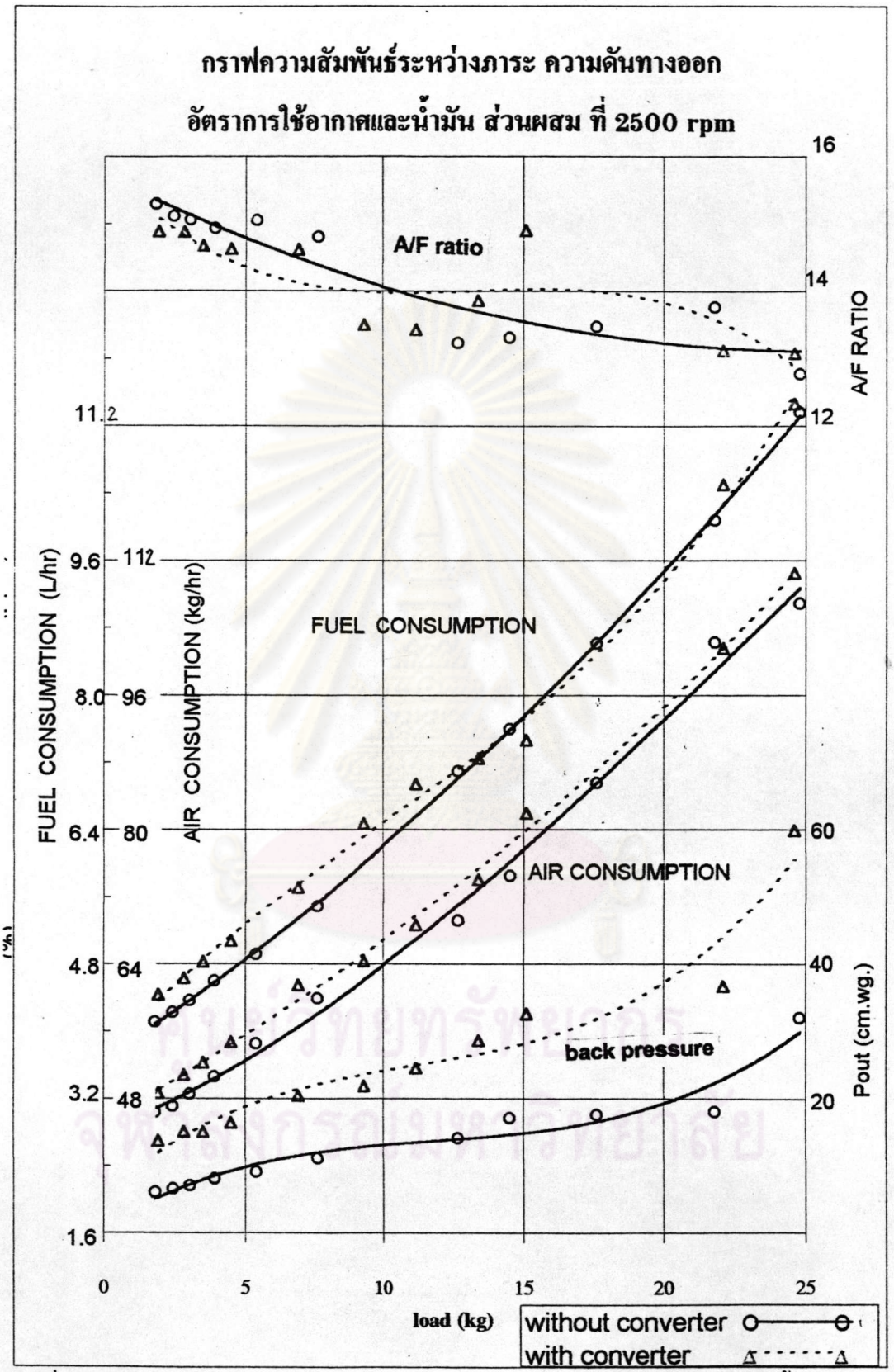
รูปที่ 5-5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ สมรรถนะ มลสาร ส่วนผสม และอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที กรณีติดตั้งทดสอบ 21/4/38 กรณีไม่ติดตั้งทดสอบ 10/4/38



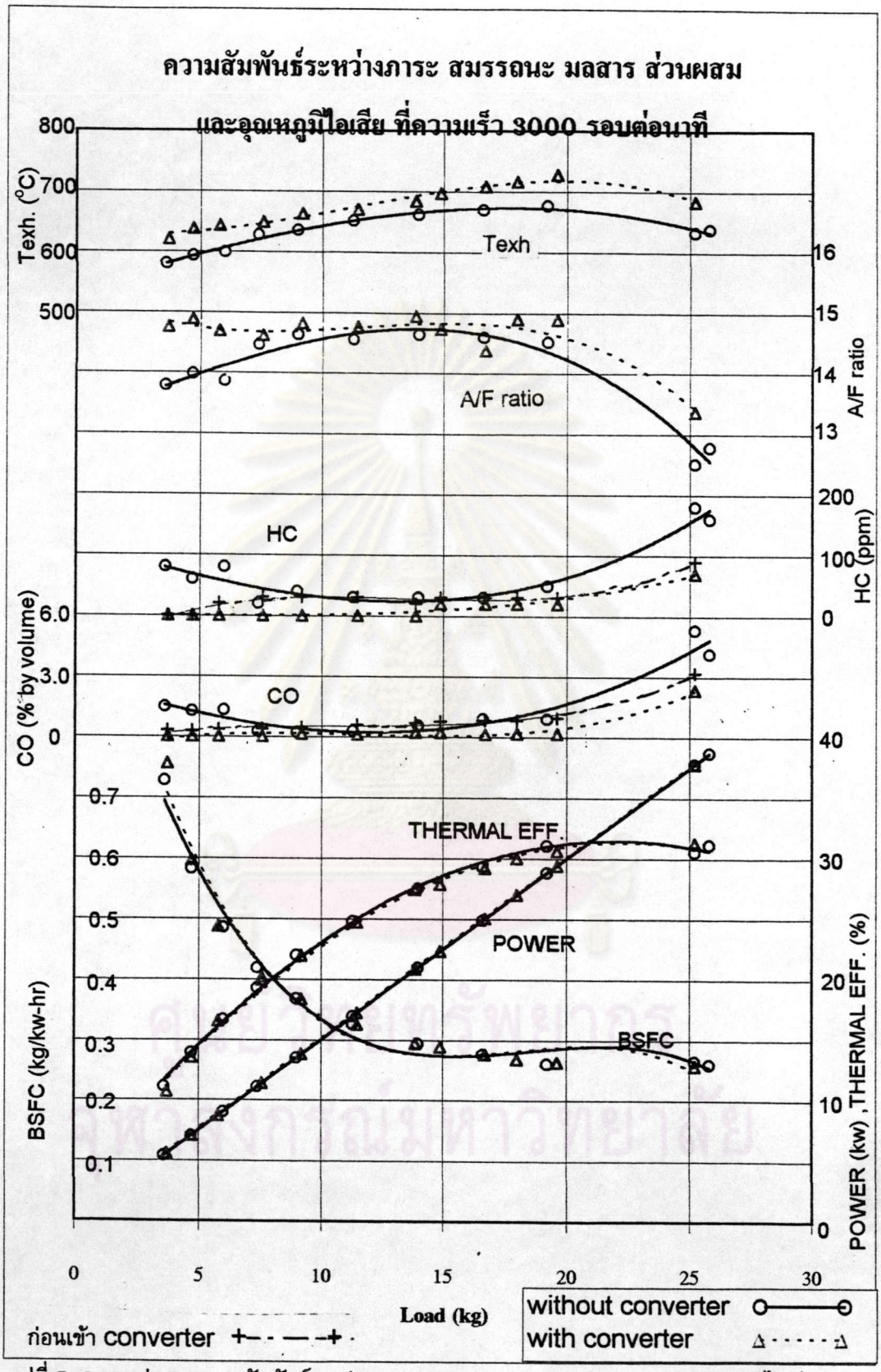
รูปที่ 5-6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ ความดันทางออก อัตราการใช้น้ำมันเชื้อเพลิง ส่วนผสม ที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที กรณีติดตั้งทดสอบ 21/4/38 กรณีไม่ติดตั้งทดสอบ 10/4/38



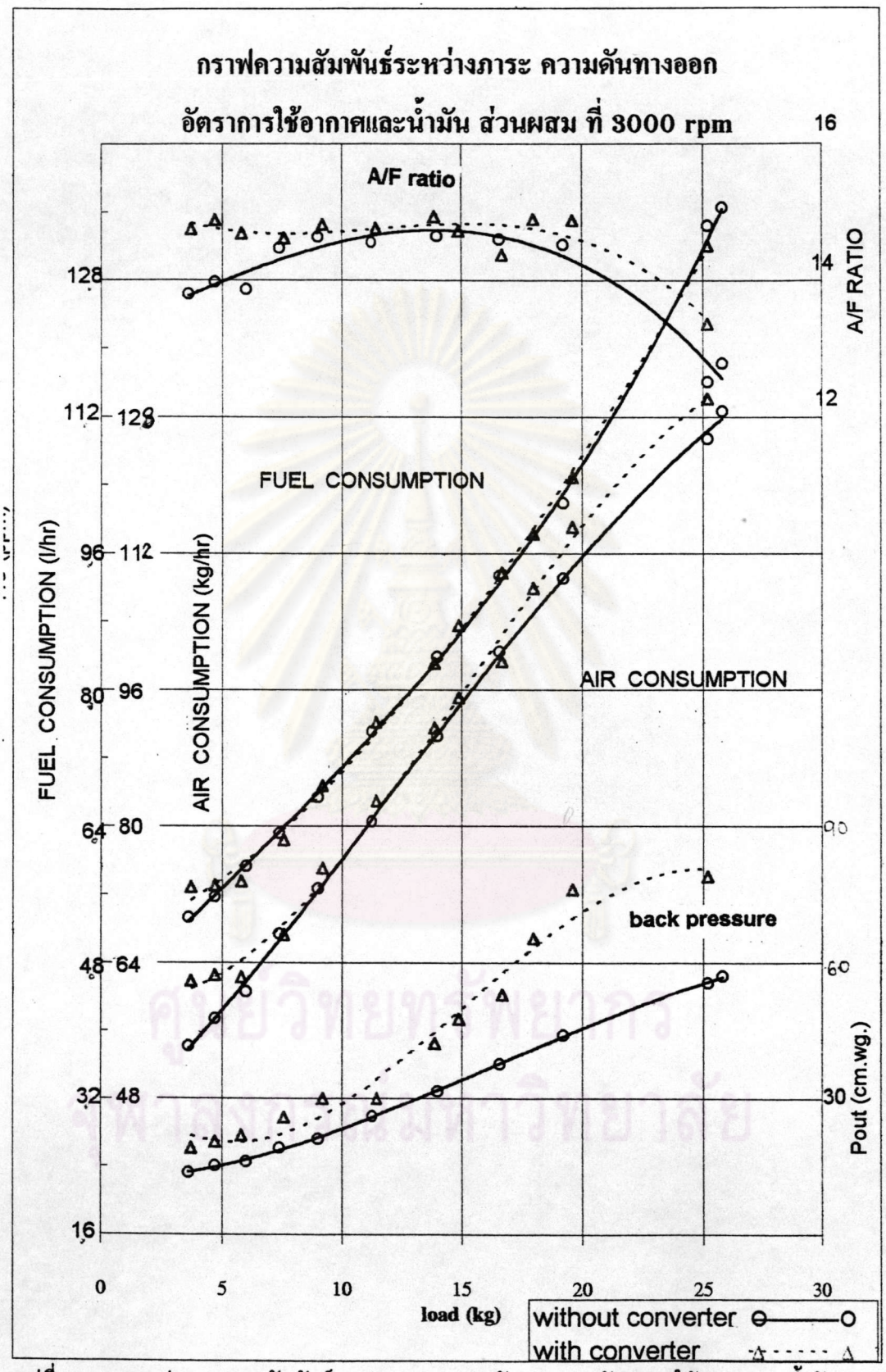
รูปที่ 5-7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ สมรรถนะ มลสาร ส่วนผสม และอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที กรณีติดตั้งทดสอบ28/4/38 กรณีไม่ติดตั้งทดสอบ3/4/38



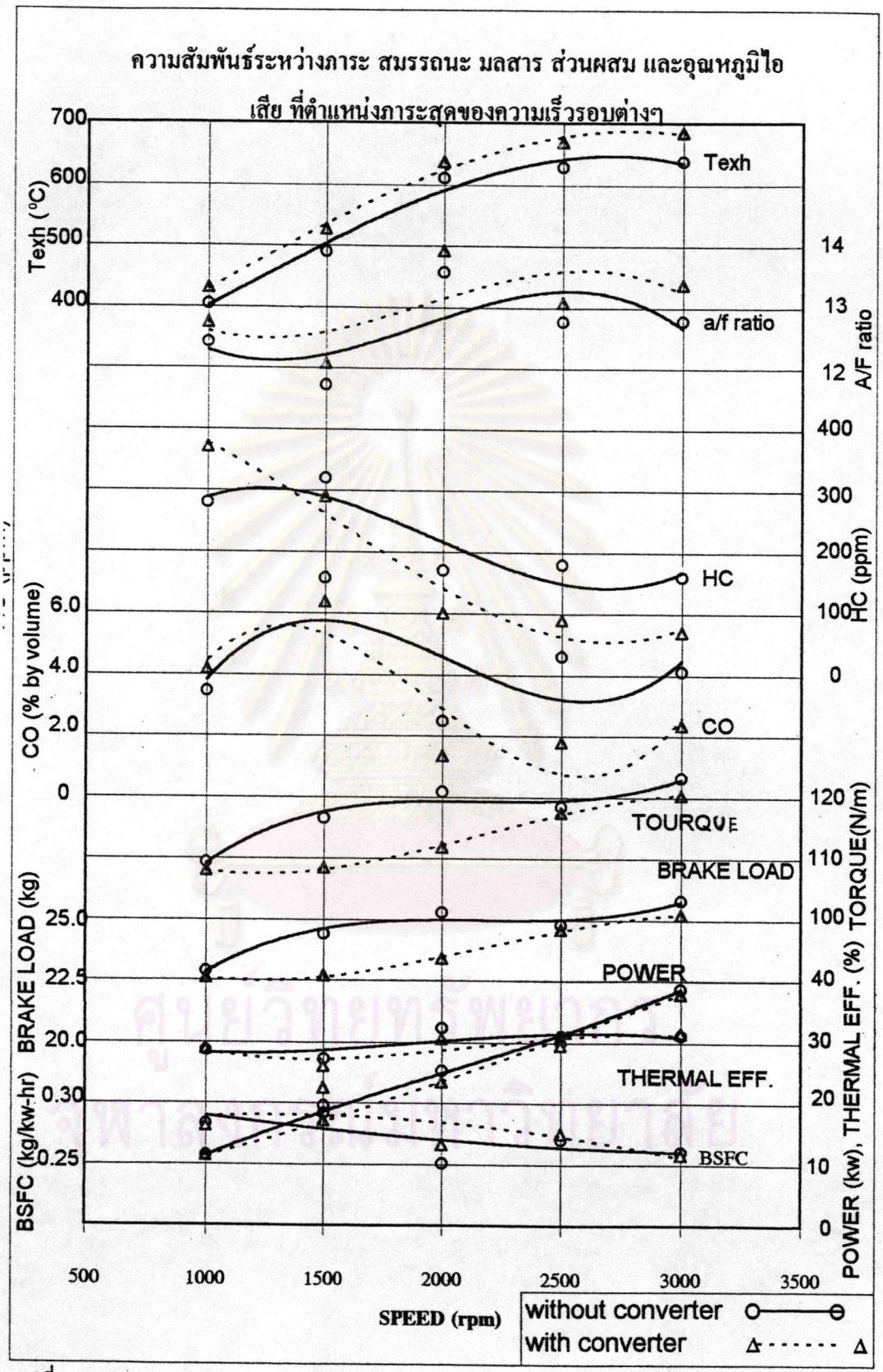
รูปที่ 5-8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ ความดันทางออก อัตราการใช้อากาศและน้ำมัน ส่วนผส
ที่ความเร็ว 2500 รอบต่อนาที กรณีติดตั้งทดสอบ28/4/38 กรณีไม่ติดตั้งทดสอบ3/4/38



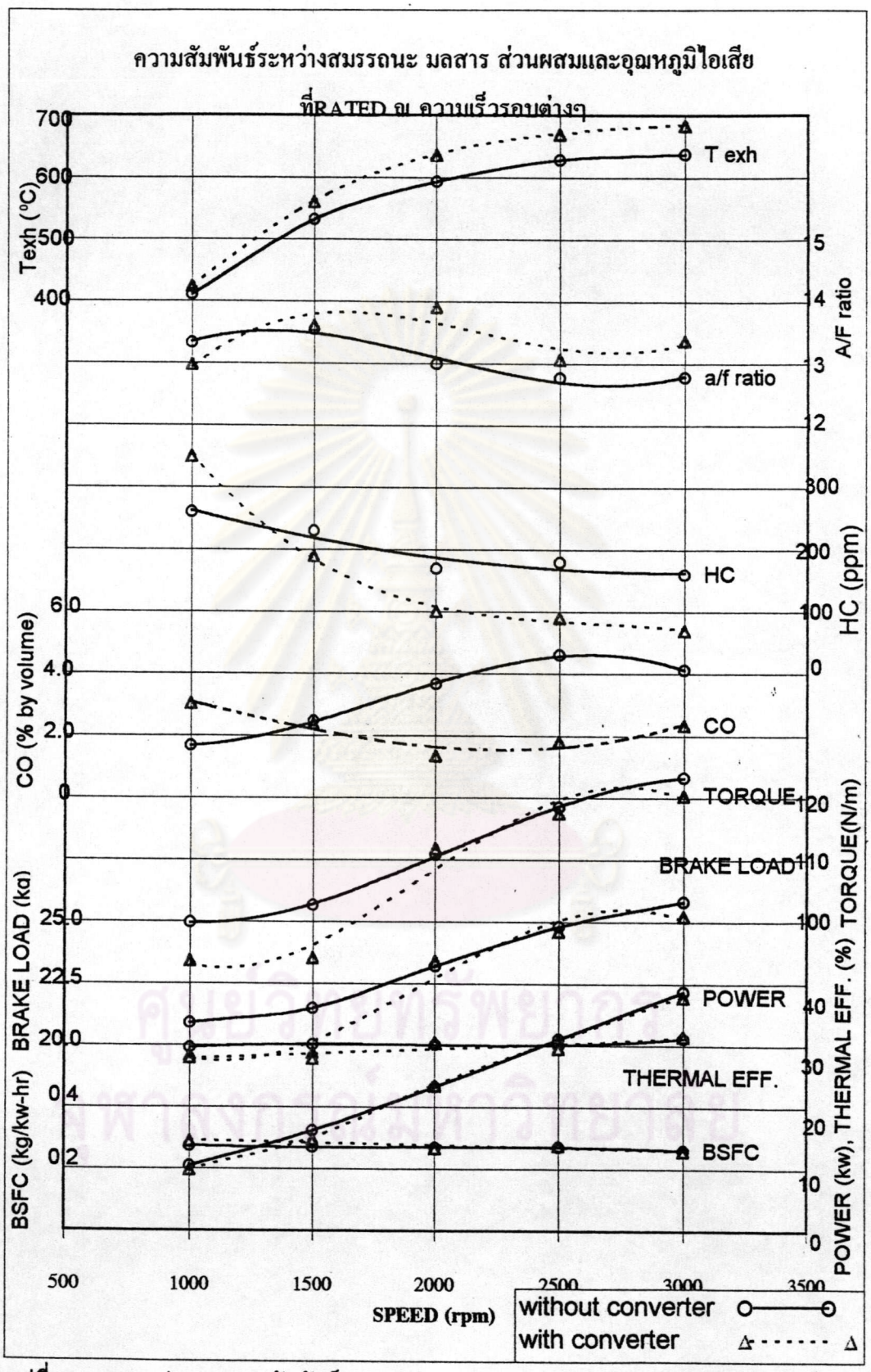
รูปที่ 5-9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ สมรรถนะ มลสาร ส่วนผสม และอุณหภูมิไอเสีย ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที กรณีติดตั้งทดสอบ 28/4/38 กรณีไม่ติดตั้งทดสอบ 4/4/38



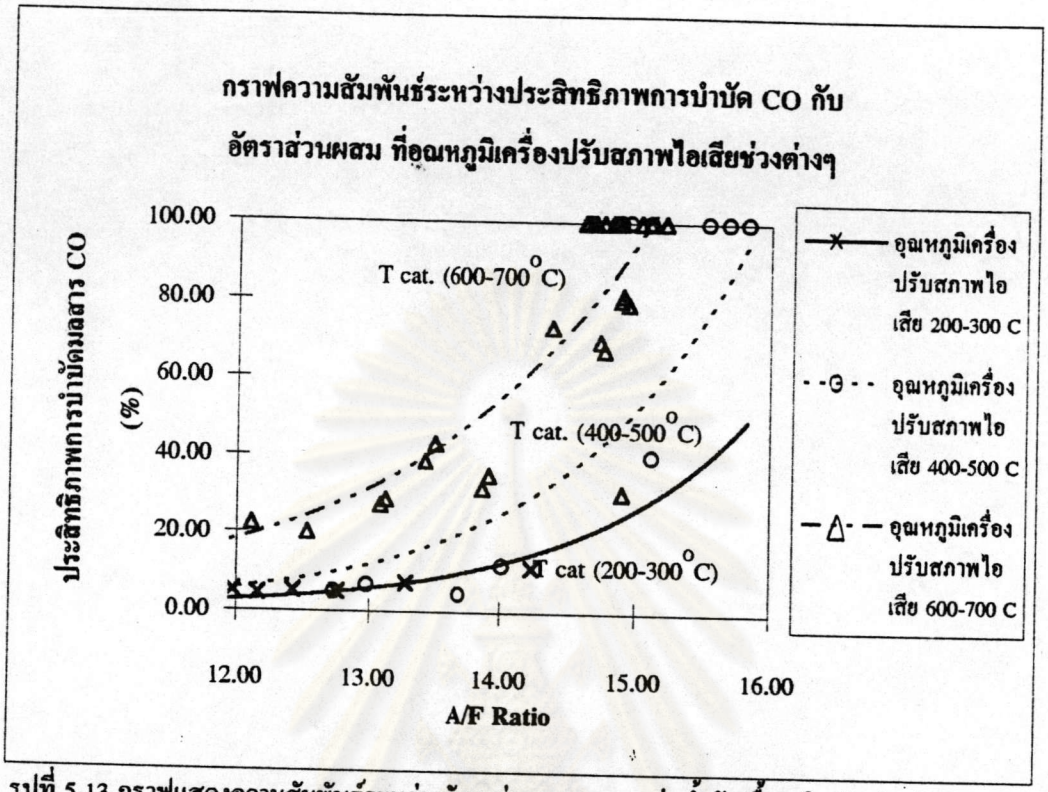
รูปที่ 5-10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ ความดันทางออก อัตราการใช้อากาศและน้ำมัน ส่วนผ
ที่ความเร็ว 3000 รอบต่อนาที กรณีติดตั้งทดสอบ 28/4/38 กรณีไม่ติดตั้งทดสอบ 4/4/38



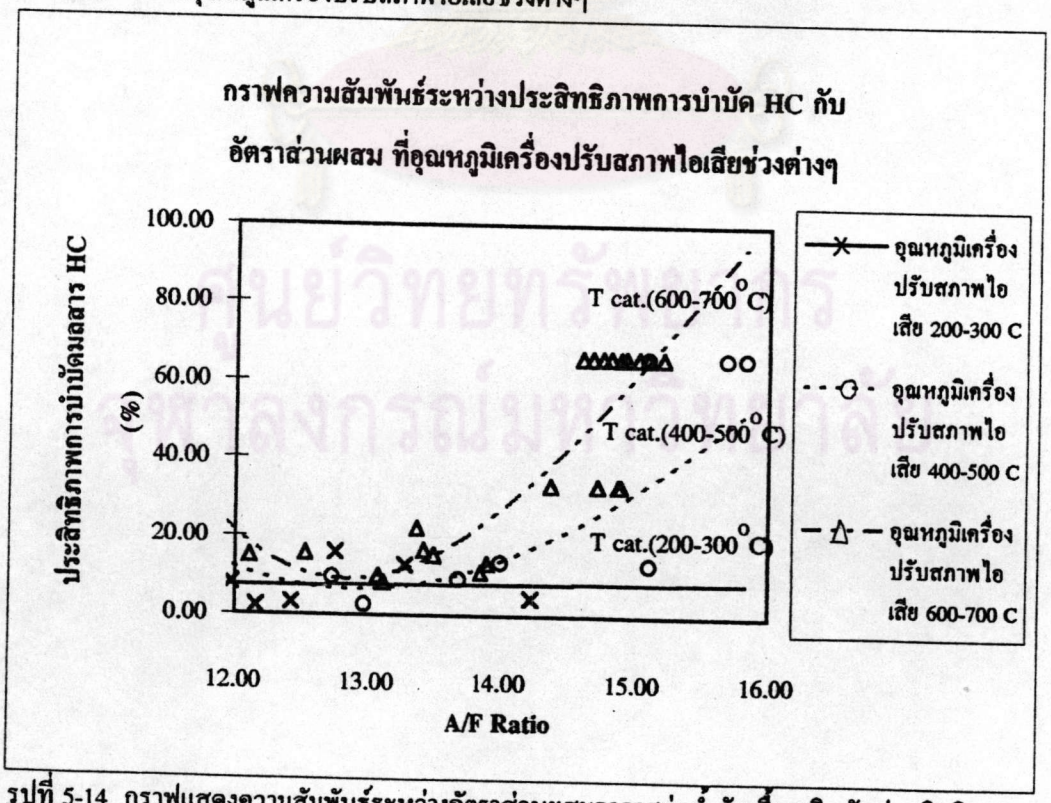
รูปที่ 5-11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ สมรรถนะ มลสาร ส่วนผสม และอุณหภูมิไอเสีย ที่ตำแหน่งภาระสุดของความเร็วรอบต่างๆ



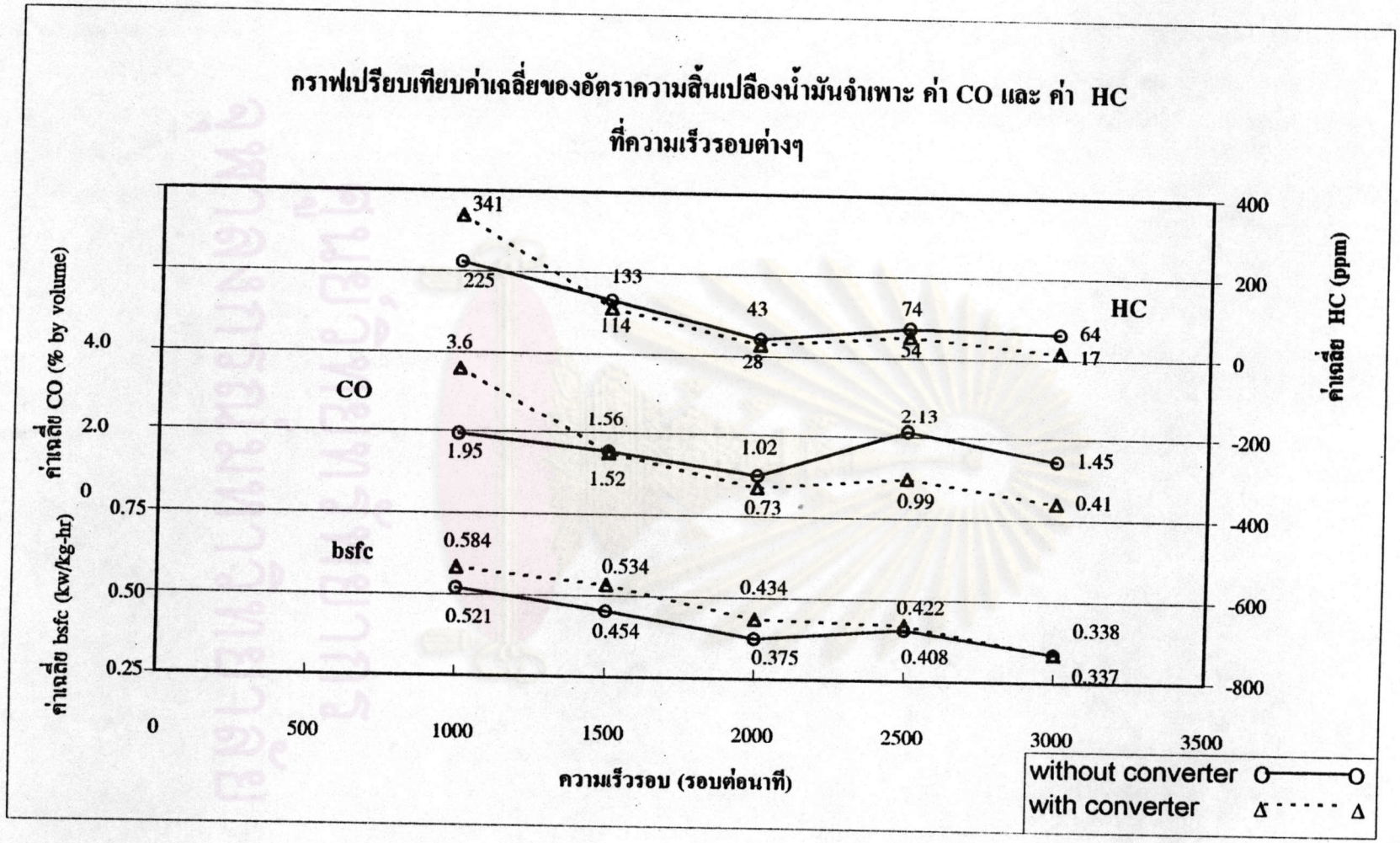
รูปที่ 5-12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างภาระ สมรรถนะ มลสาร ส่วนผสม และอุณหภูมิไอเสีย ที่ RATED POWER ของความเร็วรอบต่างๆ



รูปที่ 5-13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง กับประสิทธิภาพการบำบัด CO ที่อุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียช่วงต่างๆ



รูปที่ 5-14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิง กับประสิทธิภาพการบำบัด HC ที่อุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียช่วงต่างๆ



รูปที่ 5-15 กราฟเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของอัตราการใช้น้ำมันจำเพาะ ปริมาณ CO และ ปริมาณ HC ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ

การอภิปราย

การอภิปรายผลการวิจัยมีดังนี้

1. ความสัมพันธ์ระหว่างสมรรถนะของเครื่องยนต์ กับภาระงานที่เพิ่มขึ้นภายใต้ความเร็วรอบคงที่

อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ (bsfc) เมื่อเพิ่มภาระงานที่ความเร็วรอบคงที่ ค่า bsfc ที่ได้จากการทดลอง พบว่า มีพฤติกรรมเหมือนกับทางทฤษฎี ดังรูป 2-21 สาเหตุที่พฤติกรรมเป็นรูปดังกล่าว เพราะ คุณสมบัติของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบคงที่มีค่าความฝืดทางกล (ความฝืดที่สูญเสียไปกับแบริ่ง แหวนลูกสูบ) และงานที่สูญเสียกับการขับสิ่งต่างๆ (เช่น ปั๊มน้ำมันเครื่อง, ปั๊มน้ำมันเชื้อเพลิง ,ปั๊มน้ำหล่อเย็น) เป็นค่าคงที่ แต่การสูญเสียพลังงานที่เปลี่ยนแปลงไป เมื่อภาระงานเพิ่มขึ้น คือ การสูญเสียจากกระบวนการทรอดเตอลิง โดยที่ค่านี้ขึ้นอยู่กับตำแหน่งการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อ และอัตราการไหลของอากาศ การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวทำให้สัดส่วนการสูญเสียพลังงานจากความฝืดกับพลังงานที่วัดได้จากเพลาเครื่องยนต์ มีค่าน้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงกลสูงขึ้น (รูปที่ 2-22, สมการที่ 2-13) ดังนั้นการเพิ่มภาระงานทำให้ค่า bsfc มีค่าโค้งลงในช่วงแรก เนื่องจากการสัดส่วนการสูญเสียพลังงานน้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงกลสูงขึ้น และเมื่อเพิ่มภาระงานขึ้นอีกจนพอร์ทที่ 2 ของคาร์บูเรเตอร์เริ่มทำงาน เพื่อจ่ายน้ำมันปริมาณมากให้กับเครื่องยนต์ ทำให้ค่า bsfc ช่วงนี้สูงขึ้น เนื่องจากน้ำมันจ่ายเข้าไปมากทำให้พลังงานสูญเสียไปกับการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และเมื่อเพิ่มภาระงานขึ้นอีก ค่า bsfc ลดลง เนื่องจากสัดส่วนสูญเสียพลังงานน้อยลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพเชิงกลสูงขึ้น

ประสิทธิภาพทางความร้อนเป็นส่วนกลับของความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ ดังนั้นประสิทธิภาพทางความร้อนแสดงพฤติกรรมที่ตรงข้ามกันกับความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ คือ เมื่อเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ เส้นกราฟประสิทธิภาพทางความร้อนกับภาระที่เพิ่มขึ้นจะเป็นรูปโค้งขึ้น และมีช่วงที่ลดลงเล็กน้อย ในช่วงพอร์ทที่ 2 ของคาร์บูเรเตอร์เริ่มทำงาน เพื่อจ่ายน้ำมันเข้าไปปริมาณมาก สาเหตุที่ประสิทธิภาพทางความร้อนมีค่าลดลง เพราะ การจ่ายน้ำมันเข้าไปมากทำให้ส่วนผสมหนา การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และมีการสูญเสียพลังงานไปกับมลสาร CO และ HC

2. สมรรถนะของเครื่องยนต์ที่เปลี่ยนแปลงไปเมื่อติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย

สมรรถนะของเครื่องยนต์ การติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียเป็นการขวางกันทางออกของไอเสีย ส่งผลให้ความดันย้อนกลับสูงขึ้น ความดันย้อนกลับนี้เป็นแรงต้านให้ไอเสียออกได้

ยากขึ้น ผลกระทบที่ตามมาทำให้ประสิทธิภาพทางปริมาตรลดลง แต่ในการทดสอบนี้ เป็นการทดสอบสมรรถนะแบบความเร็วรอบคงที่ ดังนั้น ช่วงที่ภาระของเครื่องยนต์เท่ากัน เครื่องยนต์ต้องการน้ำมันเพิ่มขึ้น เพื่อมาชดเชยกับพลังงานที่สูญเสียไปกับความดันย้อนกลับ นอกจากนี้ การสูญเสียบางส่วนเกิดจากผลการะทบของไอเสียตกค้างในช่วงรอบเดินเบา หรือช่วงภาระน้อยของความเร็วรอบต่ำ คือ ในช่วงนี้"ลิ้นปีกผีเสื้อจะเปิดให้ส่วนผสมเข้าห้องเผาไหม้ได้บางส่วนเท่านั้น ปริมาณส่วนผสม (mixture) ในห้องเผาไหม้มีน้อย ความดันสูงสุด และความดันเฉลี่ยจึงมีน้อย นอกจากนี้ไอเสียตกค้างเพิ่มขึ้น จะเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของเปลวไฟ" [หลาบ รังสิริ, 2528] ดังนั้น การทำให้ภาระของเครื่องยนต์เท่ากับกรณีไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย คาร์บูเรเตอร์ต้องจ่ายน้ำมันให้เป็นส่วนผสมหนา เพื่อชดเชยกับไอเสียตกค้าง ทำให้การเคลื่อนที่ของเปลวไฟดีขึ้น และมีความดันเฉลี่ยสูงพอกับภาระงาน แต่การที่ส่วนผสมหนาทำให้การเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ และมีการสูญเสียพลังงานไปกับมลสารที่ไม่ได้เผาไหม้

<u>อัตราความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ</u> (bsfc) ในกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีพฤติกรรมเหมือนกับทางทฤษฎี และมีค่าสูงกว่ากรณีไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย เนื่องจากการสูญเสียพลังงานไปกับความดันย้อนกลับ และชดเชยกับไอเสียตกค้างในช่วงรอบเดินเบา หรือภาระน้อยของความเร็วรอบต่ำ

<u>ประสิทธิภาพทางความร้อน</u> จะเป็นส่วนกลับของความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ ดังนั้น ประสิทธิภาพทางความร้อนแสดงพฤติกรรมที่ตรงข้ามกับความสิ้นเปลืองน้ำมันจำเพาะ การเปรียบเทียบกรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียกับกรณีเครื่องยนต์เปล่า กรณีติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสียมีค่าประสิทธิ์ภาพทางความร้อนต่ำกว่ากรณีไม่ติดตั้งเครื่องปรับสภาพไอเสีย เนื่องจากการสูญเสียพลังงานไปกับความดันย้อนกลับ และชดเชยกับไอเสียตกค้างในช่วงรอบเดินเบา หรือช่วงภาระน้อยของความเร็วรอบต่ำ

3. <u>ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมันกับการเพิ่มภาระงานของเครื่องยนต์</u> การเพิ่มภาระงานของเครื่องยนต์เป็นการเปิดลิ้นปีกผีเสื้อของคาร์บูเรเตอร์ให้กว้างขึ้น เพื่อให้อัตราไหลของอากาศและน้ำมันเพิ่มขึ้น การปรับตัวของลิ้นปีกผีเสื้อและอุปกรณ์ต่างๆ ในคาร์บูเรเตอร์ จะส่งผลให้เกิดการปรับตัวของอัตราส่วนผสมอากาศต่อเชื้อเพลิงเปลี่ยนไป ซึ่งการเปลี่ยนแปลงของคาร์บูเรเตอร์ประกอบด้วย 3 วงจรคือ วงจรเดินเบา, วงจรความเร็วปกติ และวงจรเต็มกำลัง ดังนั้น เมื่อเพิ่มภาระงานของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบต่ำ (1000-1500 rpm) อัตราส่วนผสมอากาศต่อน้ำมัน จะแสดงพฤติกรรมเป็น 3 ช่วง ลักษณะคล้ายกับรูปพาราโบร่าคว่ำ ซึ่ง

เป็นผลจากวงจรเดินเบา, วงจรความเร็วปกติ, และวงจรเต็มกำลัง ส่วนการเพิ่มภาระงานของเครื่องยนต์ที่ความเร็วรอบสูง (2000 rpm ขึ้นไป) อัตราส่วนผสมของอากาศต่อน้ำมันเป็นโค้งคว่ำลง ซึ่งประกอบด้วยส่วนของวงจรความเร็วปกติ และวงจรเต็มกำลัง

4. <u>ส่วนผสมอากาศต่อน้ำมัน และอุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารสูงขึ้น</u>

ส่วนผสมของอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มขึ้น (ส่วนผสมบาง) ทำให้ปริมาณออกซิเจนที่เหลือจากกระบวนการเผาไหม้มีปริมาณมากขึ้น เครื่องปรับสภาพไอเสียช่วยเร่งปฏิกิริยาระหว่างออกซิเจน (O_2) ที่เหลือ กับมลสารคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ไฮโดรคาร์บอน (HC) ในไอเสีย ให้ปรับสภาพเป็นกาซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และ น้ำ (H_2O) ดังนั้น การที่ส่วนผสมของอากาศต่อน้ำมันเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้น ออกซิเจนที่เหลือทำปฏิกิริยาได้มากขึ้น และทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารสูงขึ้น

อุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสียที่สูงขึ้น เกิดจากการถ่ายเทความร้อนที่ได้จากไอเสีย และ อีกส่วนหนึ่งเกิดจากความร้อนที่ได้จากกระบวนการทำปฏิกิริยาของ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ไฮโดรคาร์บอน (HC) ดังนั้น การที่อุณหภูมิของเครื่องปรับสภาพไอเสียที่สูงขึ้นเป็นผลจากอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นด้วย ที่สภาวะอุณหภูมิไอเสียสูงขึ้นนี้ มลสารคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ไฮโดรคาร์บอน (HC) จะมีพลังงานจลน์สูงขึ้นด้วย ส่งผลให้เศษส่วนของโมเลกุลที่มีพลังงานจลน์สูงเพียงพอกับพลังงานกระตุ้นมีจำนวนมากขึ้น (รูปที่ 2-29) การเกิดปฏิกิริยาจึงเกิดมากขึ้นด้วย ดังนั้น อุณหภูมิเครื่องปรับสภาพไอเสียเพิ่มขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารสูงขึ้น

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย