

บทที่ 5

สมรรถนะที่เหมาะสมในเชิงประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ในบทนี้เป็นการทดสอบ mixture loop test เพื่อนำผลไปวิเคราะห์หาสมรรถนะที่เหมาะสมในเชิงประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงของน้ำมันที่จำหน่ายภายในประเทศทั้ง 3 เกรด คือ RON98 RON97 และ RON92 ลำดับการทดสอบ ผลการทดสอบพร้อมบทสรุปโดยสังเขป จากผลการทดสอบที่แสดงด้วยแผนภูมิ ช่วยอธิบายผลที่ได้ ให้เห็นชัดเจนว่าประสิทธิภาพความร้อนที่เกิดขึ้นในเครื่องยนต์ที่มีการปรับแต่ง operating parameters เหมาะสม จะมีค่าสูงกว่าเครื่องยนต์ OEM ในบางความเร็รรอบ โดยเฉพาะในรอบเครื่องยนต์สูง โดยมีประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดถึงประมาณ 35 % ข้อมูลการทดสอบโดยละเอียดแสดงอยู่ในภาคผนวก ข4-ข6

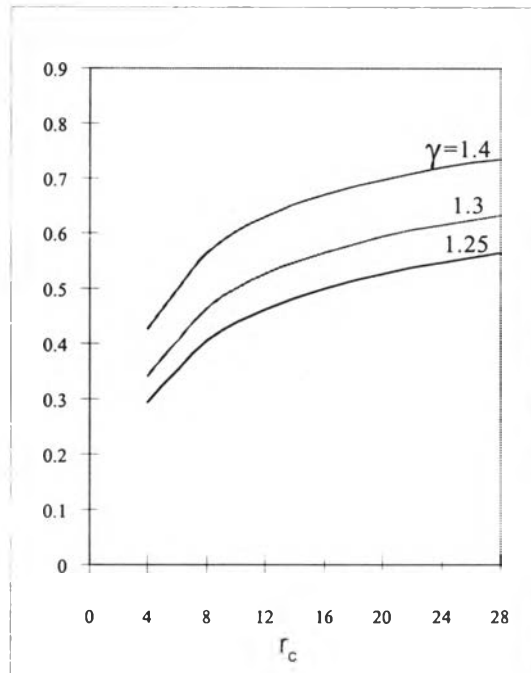
5.1 วิธีการทดสอบ

การศึกษานี้เป็นการทดสอบสมรรถนะเพื่อศึกษาผลของตัวแปรในการทำงานหลัก อาทิ ปริมาณเชื้อเพลิง ด้วยวิธี mixture loop test และองศาจุดระเบิด MBT เพื่อนำผลมาวิเคราะห์หาสมรรถนะที่ดีที่สุด (optimum) ของเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-FE เมื่อใช้น้ำมันเบนซินที่มีออกเทนต่างกัน 98, 97 และ 92 ตามลำดับ

จากความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับวัฏจักรออตโต ซึ่งเป็นวัฏจักรอุดมคติที่จำลองการทำงานในแต่ละรอบของเครื่องยนต์เอสไอ พลังงานเคมีที่มีอยู่ในเชื้อเพลิงจะถูกแปลงให้เป็นพลังงานความร้อนและเป็นงานกล ทางเพลลาของเครื่องยนต์ ตามลำดับซึ่ง สามารถแสดงความสัมพันธ์ทางเทอร์โมไดนามิกส์ของวัฏจักรการอุดมคติ ได้ดังสมการ 5.1 เมื่อ γ เป็นสัดส่วนของ c_p/c_v และสรุปความสัมพันธ์ดังแสดงในกราฟรูปที่ 5.1

$$\eta_{th} = 1 - \frac{1}{r_c^{(\gamma-1)}} \quad (5.1)$$

ประสิทธิภาพจะมีค่ามากขึ้น เมื่อ γ ของ mixture เข้าใกล้ค่า γ ของ standard air เมื่อส่วนผสมมีสัดส่วนของอากาศผสมอยู่มาก หรือส่วนผสมบาง (lean mixture) โดยอยู่ภายใต้ขีดจำกัดของส่วนผสมค่าหนึ่งซึ่งส่วนผสมนั้นยังคงสามารถถูกเปลี่ยนให้เป็นพลังงานความร้อนและเป็นงานกลทางเพลลาของเครื่องยนต์เพียงพอที่จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานเป็นวัฏจักรอย่างต่อเนื่อง



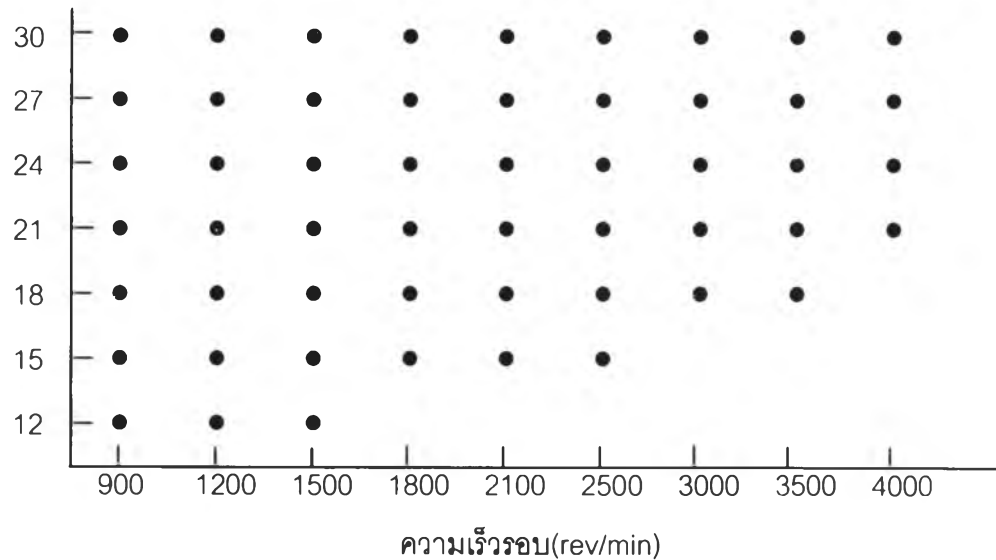
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Thermal conversion efficiency กับ r_c และ γ

การทดสอบจึงมุ่งปรับสัดส่วนผสมที่จ่ายให้แก่เครื่องยนต์ทดสอบที่ติดตั้งบนไดนาโมมิเตอร์ในห้องทดสอบโตโยต้า ภาควิศวกรรมเครื่องกล ทุกจุดสภาวะการทำงานบนเมตริกทดสอบ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 เมื่อนำน้ำมันเบนซินพิเศษไร้สารตะกั่ว น้ำมันเบนซินพิเศษไร้สารตะกั่วสูตรทดแทน และน้ำมันเบนซินธรรมดาไร้สารตะกั่ว การปรับค่าส่วนผสมกระทำด้วยการเปลี่ยน duty cycle ของหัวฉีด (ความถี่และความกว้างของสัญญาณควบคุมการทำงานของหัวฉีด) ด้วยแอดซิฟเวเตอร์ของ Bosch KDJE P800 แทน การใช้ ECU ที่ติดตั้งมากับเครื่องยนต์ OEM

โดยที่แต่ละจุดทำงานบนเมตริกทดสอบจะปรับเปลี่ยนส่วนผสมอากาศเชื้อเพลิงประมาณ 3-5 ค่าจากส่วนผสมบางเข้าใกล้ Misfire limit จนผ่านจุด Stoichiometric ออกไปทางส่วนผสมหนาเล็กน้อย และที่แต่ละค่าส่วนผสมที่เลือกทดสอบจะทำการปรับค่าองศาจุดระเบิดให้

ได้ค่าแรงบิดสูงสุด (the Minimum advance for the Best Torque :MBT) ด้วยการหมุนปรับจานจ่ายของเครื่องยนต์

ความดันท่อร่วมไอดี (MAP)
(นิ้วปรอท)



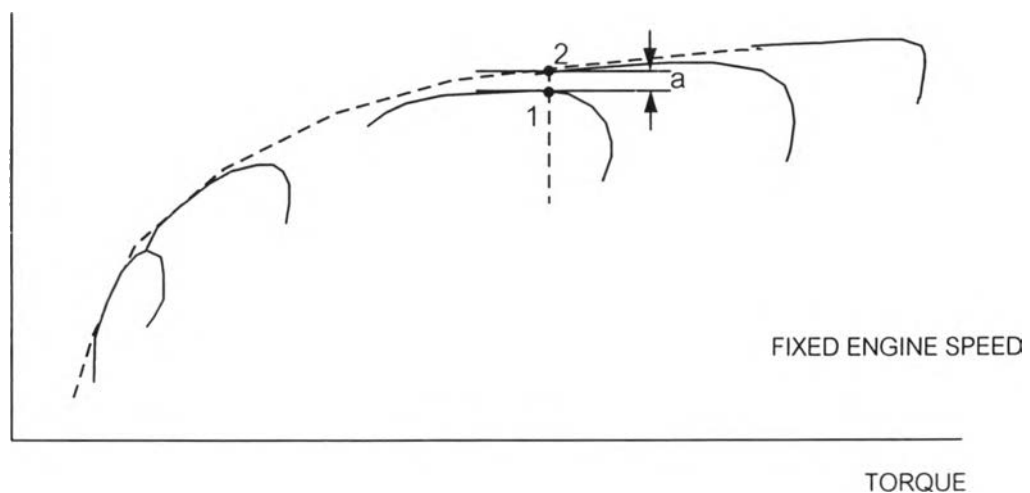
รูปที่ 5.2 แสดงจุดทำงานที่จะทดสอบในรูปของ Test matrix บนแกนของความเร็วรอบกับความดันในท่อร่วมไอดี (MAP) โดยแต่ละจุดจะทำการทดสอบเพื่อวัดหาค่า Brake Torque, Fuel Consumption, Emissions และ MBT timing เมื่อทดสอบด้วยน้ำมันต่างคุณภาพ

การทดสอบเริ่มด้วยการปรับโหมดการทดสอบของไดนาโมมิเตอร์ไปที่โหมดความเร็วรอบคงที่ และตรวจสอบการทำงานของเครื่องวัดระบบน้ำหล่อเย็นและระบบไฟฟ้า จากนั้นจึงอุ่นเครื่องยนต์จนได้อุณหภูมิทำงานตามกำหนด เช่น ในอุณหภูมิน้ำหล่อเย็น และ อุณหภูมิน้ำมันหล่อลื่น การปรับสภาวะการทำงานให้เข้าถึงแต่ละจุดทำงานบนเมตริกทดสอบนั้นทำได้โดยการปรับความเร็วรอบเครื่องยนต์จากการหมุนสวิทควบคุมวงจรรควบคุมไดนาโมมิเตอร์และความดันท่อไอดี โดยการปรับ actuator ควบคุมการเปิดของปีกผีเสื้อ

ปริมาณการจ่ายเชื้อเพลิงทำโดยการควบคุม duty cycle ของหัวฉีดด้วยอุปกรณ์ แอคชูเอเตอร์ Bosch รุ่น KDJE P800 และปริมาณการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงวัดจาก digital fuel consumption meter ที่ใช้คู่กับ Burette stand ส่วนปริมาณอากาศที่ไหลเข้าเครื่องยนต์วัดจาก air flow meter ชนิด Hot-wire

เพื่อการเปรียบเทียบผลการทดสอบที่กระทำต่างเวลาและต่างสภาวะอากาศของห้องทดสอบ ข้อมูลการทดสอบได้จึงถูกปรับแก้ไขให้เป็นค่า ณ สภาวะมาตรฐานตามข้อแนะนำของ มาตรฐานออสเตรเลีย AS 2789:1.1985 และนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิ เพื่อวิเคราะห์หาแนว สมรรถนะที่ประหยัดที่สุด (Optimum economy performance path) (รูปที่ 5.3) ซึ่งให้ค่า ประสิทธิภาพสูงสุด ที่ความเร็วรอบหนึ่ง ๆ จากแผนภูมิในรูปจะสังเกตได้ว่าจุดที่มีค่าประสิทธิภาพ สูงสุด (เช่น จุดที่ 1) แต่ละค่า MAP ของแต่ละความเร็วรอบ มักไม่ใช่จุดที่อยู่บนแนวสมรรถนะที่ ประหยัดที่สุด ซึ่งมักเป็นจุดที่เครื่องยนต์ทำงานด้วยส่วนผสมที่บางกว่า (เช่นจุดที่ 2) ซึ่งจะให้ ประสิทธิภาพที่สูงกว่า 'a' การที่ประสิทธิภาพ ณ จุดที่ 2 ให้ประสิทธิภาพสูงกว่า โดยที่ให้ค่าแรงบิด เดียวกัน สาเหตุหลักเนื่องจากจุดที่ 2 มี % การเปิดปีกผีเสื้อมากกว่าทำให้มีค่า (Throttle losses) น้อยกว่าจุดที่ 1 เนื่องจากปีกผีเสื้อเปิดกว้างขึ้นในขณะที่งานที่ใช้ในการไล่ไอเสียเปลี่ยนแปลงไม่ มากเพราะอุสรรคในทางเดินระบบท่อไอเสียยังคงเดิม

THERMAL EFFICIENCY

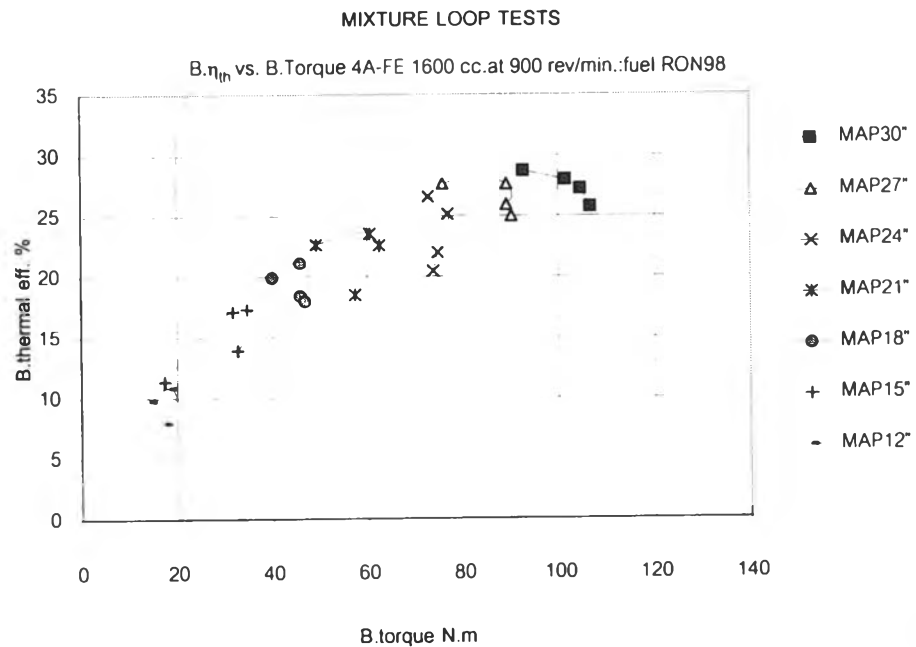


รูปที่ 5.3 ตัวอย่างการทดสอบ mixture loop โดยเปลี่ยนค่า MAP ต่างๆ

5.2 ผลของ Mixture loop test ที่ความเร็วรอบคงที่

ผลของ Mixture loop test ของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98, 97 และ 92 สมรรถนะเครื่องยนต์จากการทำ Mixture loop test เมื่อใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98, 97 และ 92 แสดงโดยความสัมพันธ์ระหว่างค่าแรงบิดที่แก๊สและประสิทธิภาพทางความร้อนที่แต่ละ ความเร็วรอบคงที่แสดงในภาคผนวก ข

รูปที่ 5.4 แสดงตัวอย่างผลของการทำ Mixture loop test เครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98 ที่ความเร็วรอบ 900 rpm

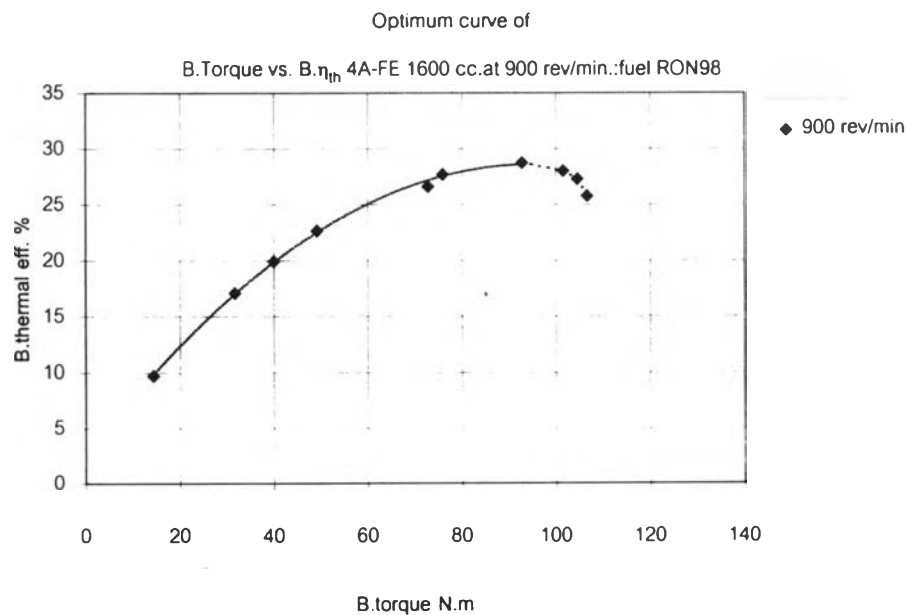


รูปที่ 5.4 ความสัมพันธ์ระหว่าง brake thermal efficiency ,brake torque และ MAP สำหรับความเร็วรอบ 900 rev/min ที่แตกต่างของน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 98

5.3 แนวสมรรถนะที่ประหยัดที่สุดที่ความเร็วรอบคงที่ (Constant Speed Optimum Economic Performance Path)

ได้จากการวิเคราะห์ผลจากการ mixture loop โดยพิจารณาแนวสมรรถนะของเครื่องยนต์ที่ให้ค่าประสิทธิภาพทางความร้อนสูงสุดตลอดช่วงการทำงานที่ความเร็วรอบคงที่สมรรถนะเครื่องยนต์ใช้น้ำมันที่มีออกเทน 98, 97 และ 92 แสดงโดยแผนภูมิสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพทางความร้อนและแรงบิดที่แก้ไข ที่แต่ละความเร็วรอบคงที่ แสดงไว้ในภาคผนวก ข

รูปที่ 5.5 แสดงตัวอย่างผลของสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98 ที่ความเร็วรอบ 900 rpm



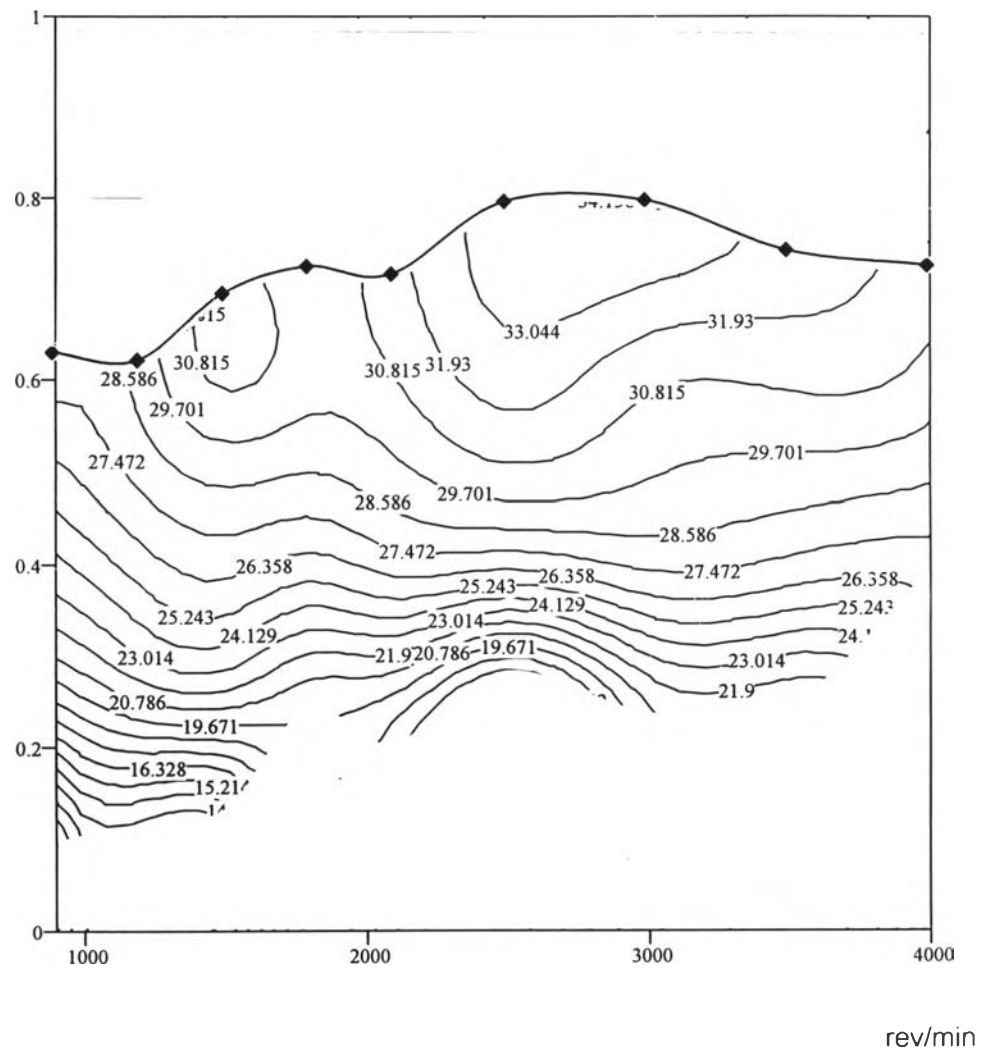
รูปที่ 5.5 สมรรถนะที่เหมาะสมสำหรับความเร็วรอบ 900 rev/min .
ของน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 98 .

5.4 แผนภูมิสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ (Engine Maps)

สมรรถนะที่ความเร็วรอบต่างๆ ของเครื่องยนต์ได้ถูกนำมาเขียนเป็นแผนภูมิหลายมิติซึ่งโดยทั่วไปมักนิยมที่จะย่อและแสดงในรูปของ แผนภูมิสมรรถนะของเครื่องยนต์ (Engine Maps) บนแกนของ normalized torque {T} และความเร็วรอบเครื่องยนต์

รูปที่ 5.6 (ก) ถึง (ค) ตามลำดับ แสดง Optimum Engine Efficiency Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) เมื่อใช้น้ำมัน RON98, RON97 และ RON92

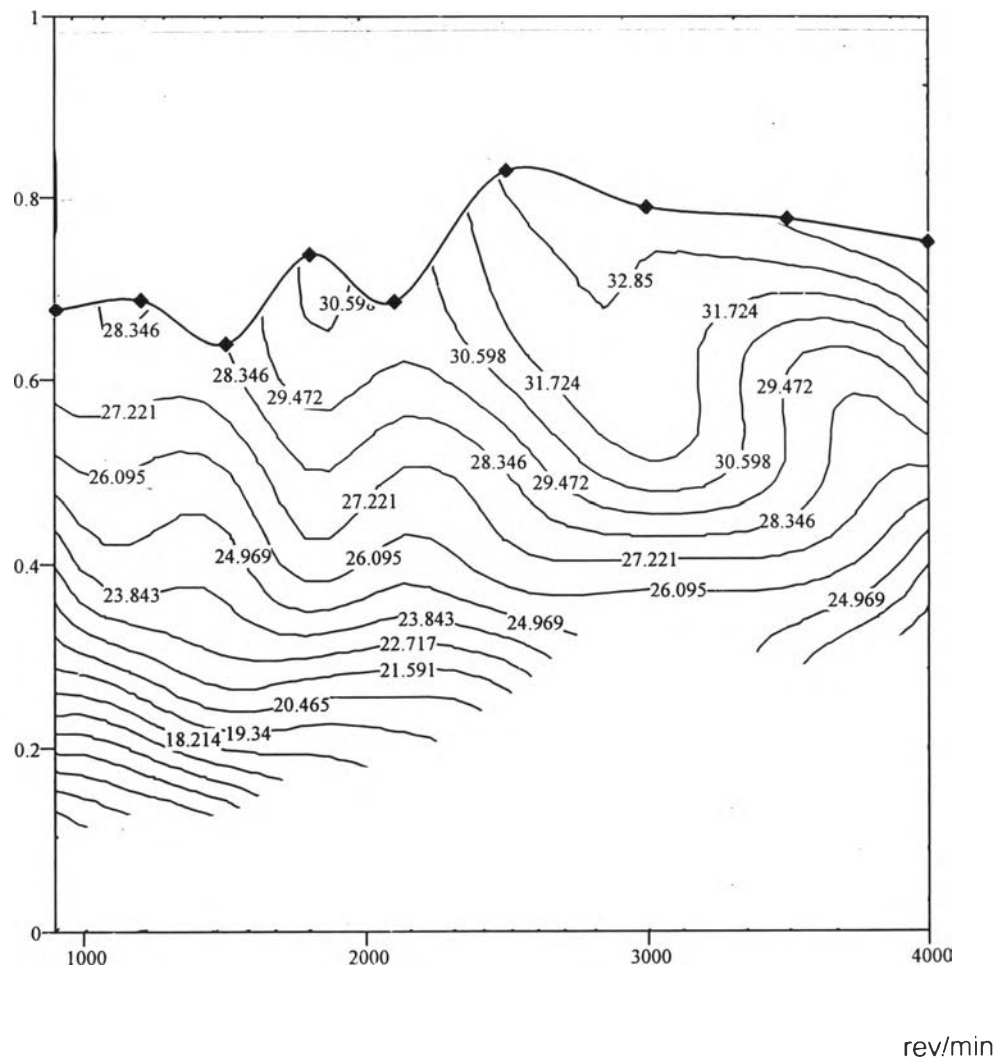
normalized torque {T}



(ก) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98

รูปที่ 5.6 Optimum Engine Efficiency Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) ที่ควบคุมการฉีดด้วย Bosch KDJE P800 โดยน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ ; Efficiency = %

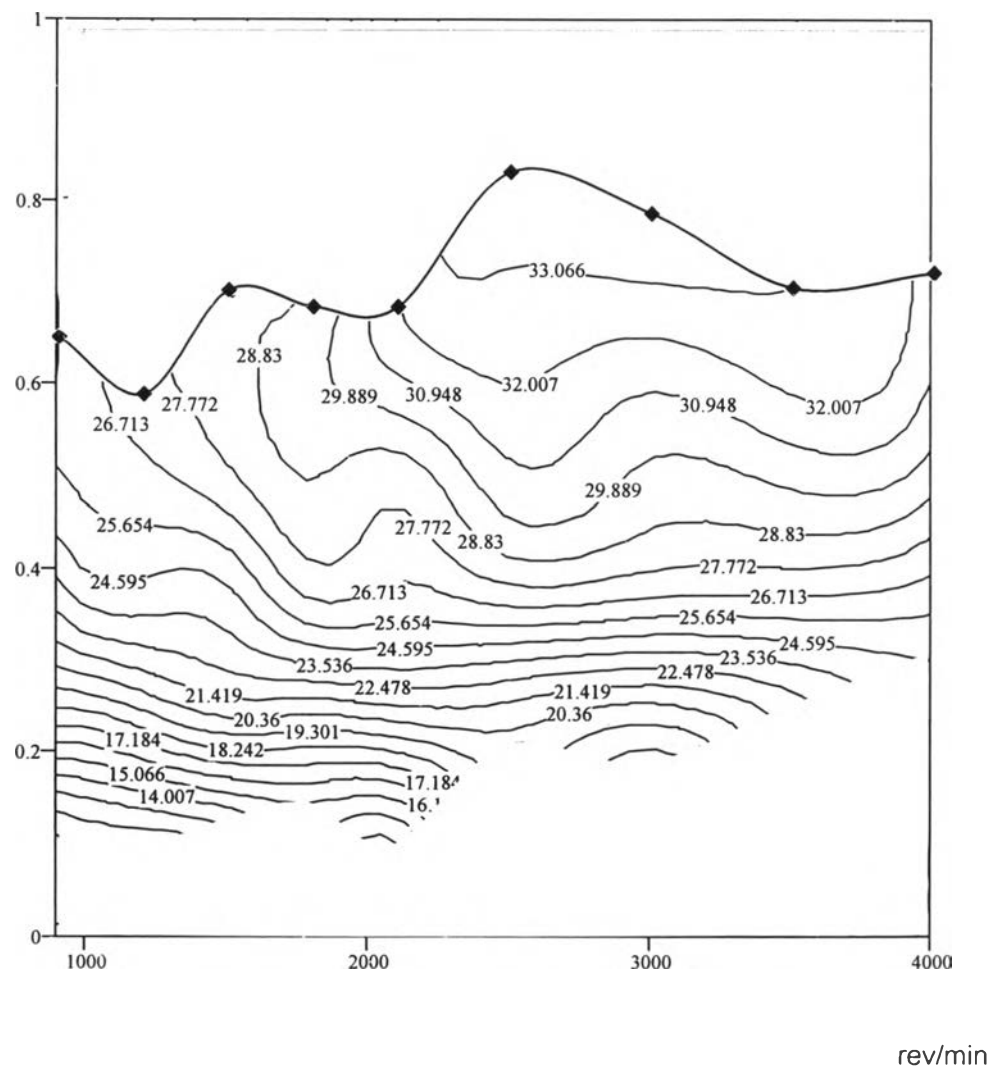
normalized torque {T}



(ข) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 97

รูปที่ 5.6(ต่อ) Optimum Engine Efficiency Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) ที่ควบคุมการฉีดด้วย Bosch KDJE P800 โดยน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ ; Efficiency = %

normalized torque {T}

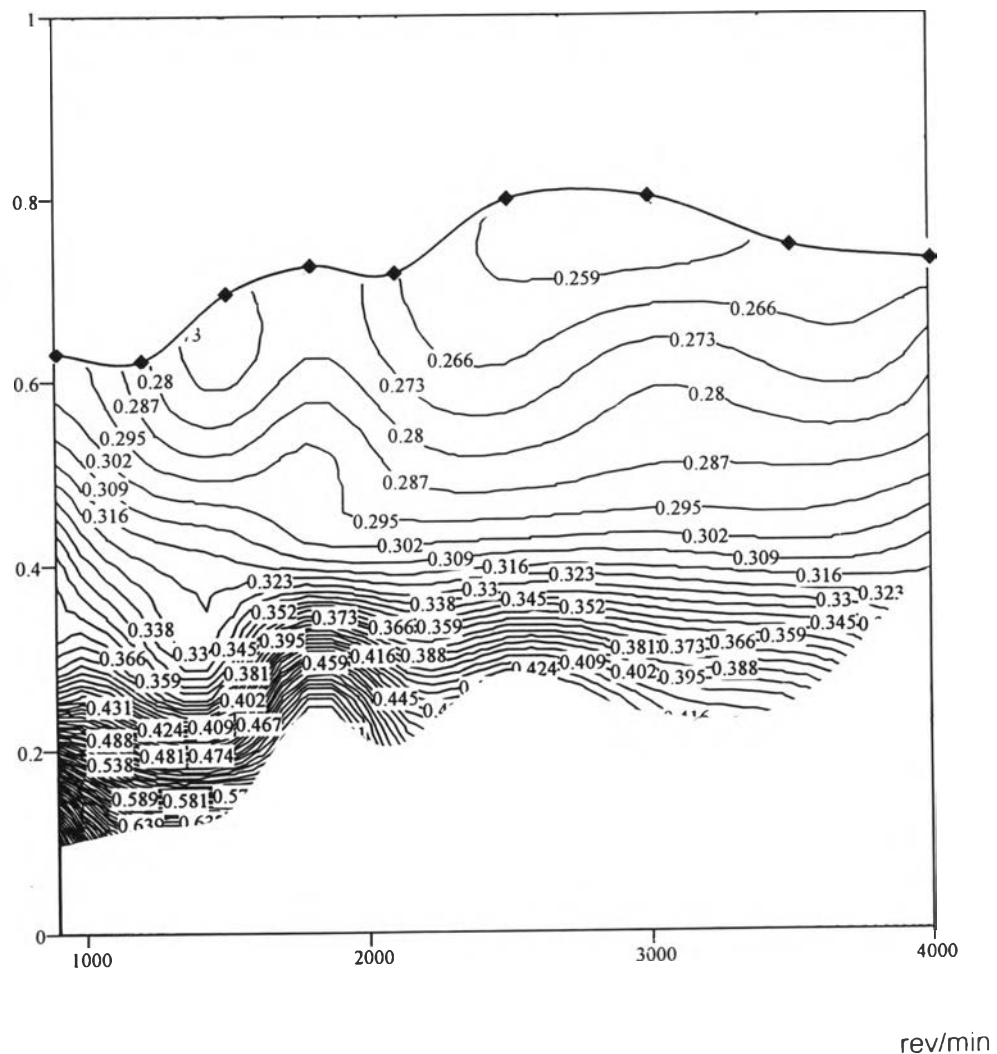


(ค) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 92

รูปที่ 5.6(ต่อ) Optimum Engine Efficiency Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) ที่ควบคุมการฉีดด้วย Bosch KDJE P800 โดยน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ ;Efficiency = %

ส่วนความสัมพันธ์ของ Bsfค ค่าอัตราส่วนแรงบิดที่แก๊ส และความเร็วรอบ แสดงในรูปของ Mapping ของน้ำมัน RON 98, RON 97 และ RON 92 แสดงดังรูปที่ 5.7(ก) ถึง (ค) ตามลำดับ

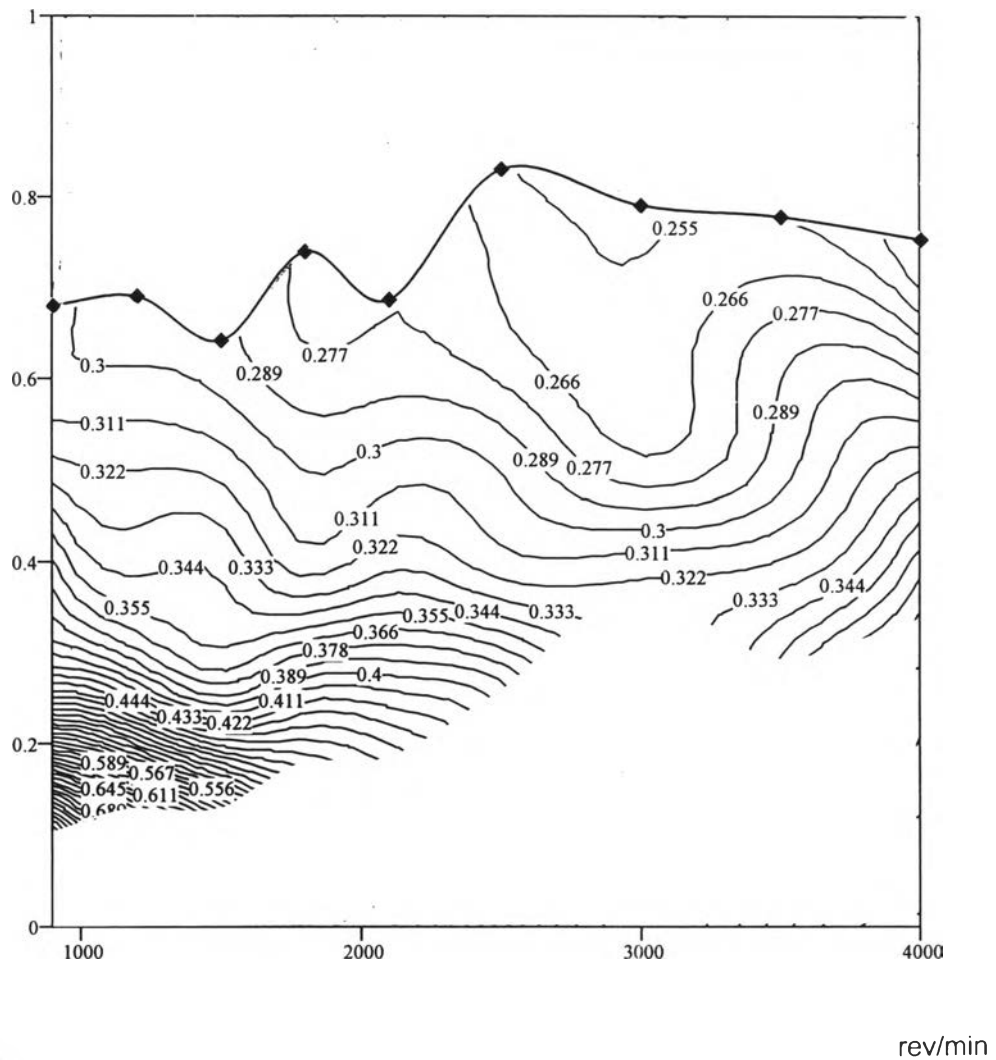
normalized torque {T}



(ก) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98

รูปที่ 5.7 Optimum Engine Bsfค Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) ที่ควบคุมการฉีดด้วย Bosch KDJE P800 โดยน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ (Bsfค=kg/kW-h)

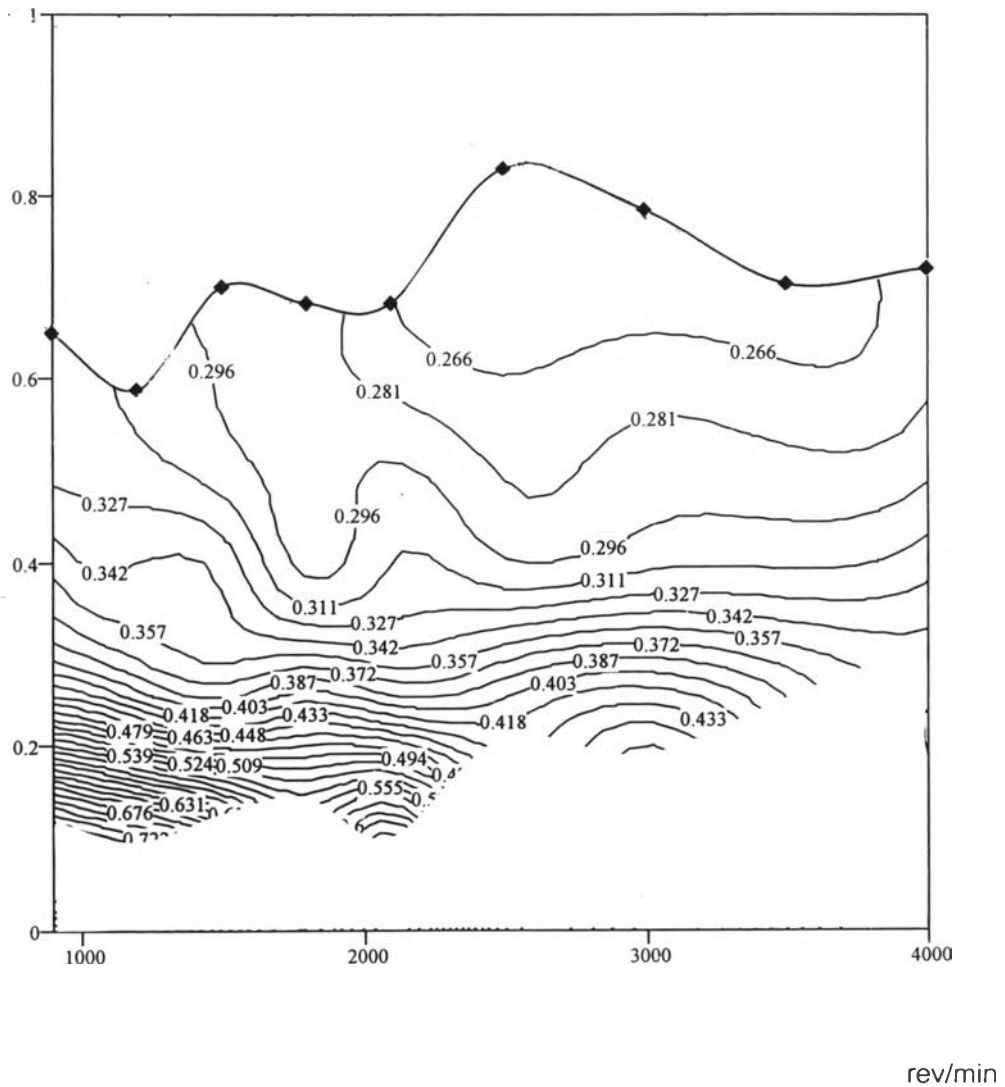
normalized torque {T}



(ข) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 97

รูปที่ 5.7(ต่อ) Optimum Engine Bsfrc Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) ที่ควบคุมการฉีดด้วย Bosch KDJE P800 โดยน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ (Bsfrc=kg/kW-h)

normalized torque {T}

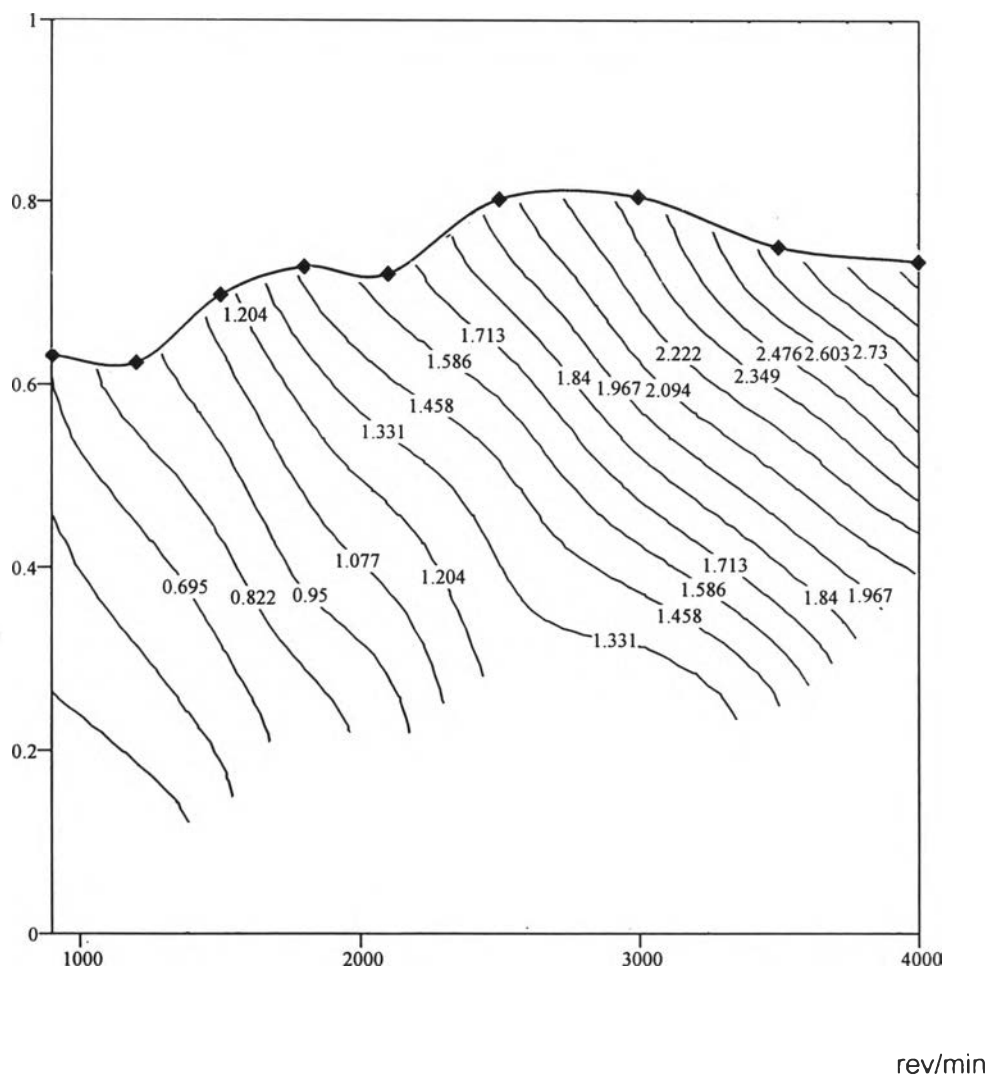


(ค) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 92

รูปที่ 5.7(ต่อ) Optimum Engine Bsfrc Maps ของเครื่องยนต์ (TOYOTA 4A-FE) ที่ควบคุมการฉีดด้วย Bosch KDJE P800 โดยน้ำมันที่คุณภาพต่าง ๆ (Bsfrc=kg/kW-h)

รูปที่ 5.8 (ก) ถึง (ค) แสดง Engine fuel flow consumption Maps ของสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์(TOYOTA 4A-FE) เมื่อใช้น้ำมัน RON98, RON97 และ RON92 ตามลำดับ

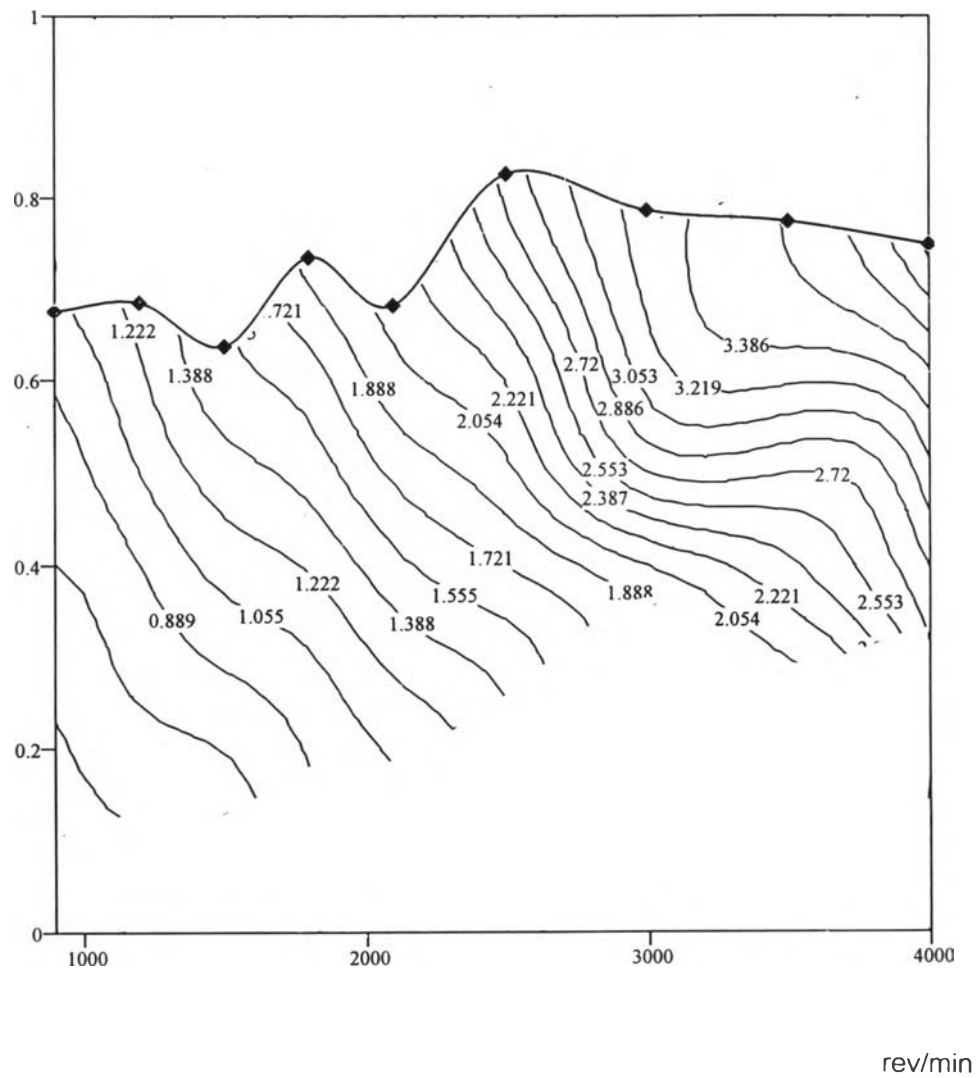
normalized torque {T}



(ก) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98

รูปที่ 5.8 Optimum Fuel Flow Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 98 (fuel consumption = 10⁻³ลิตรต่อวินาที)

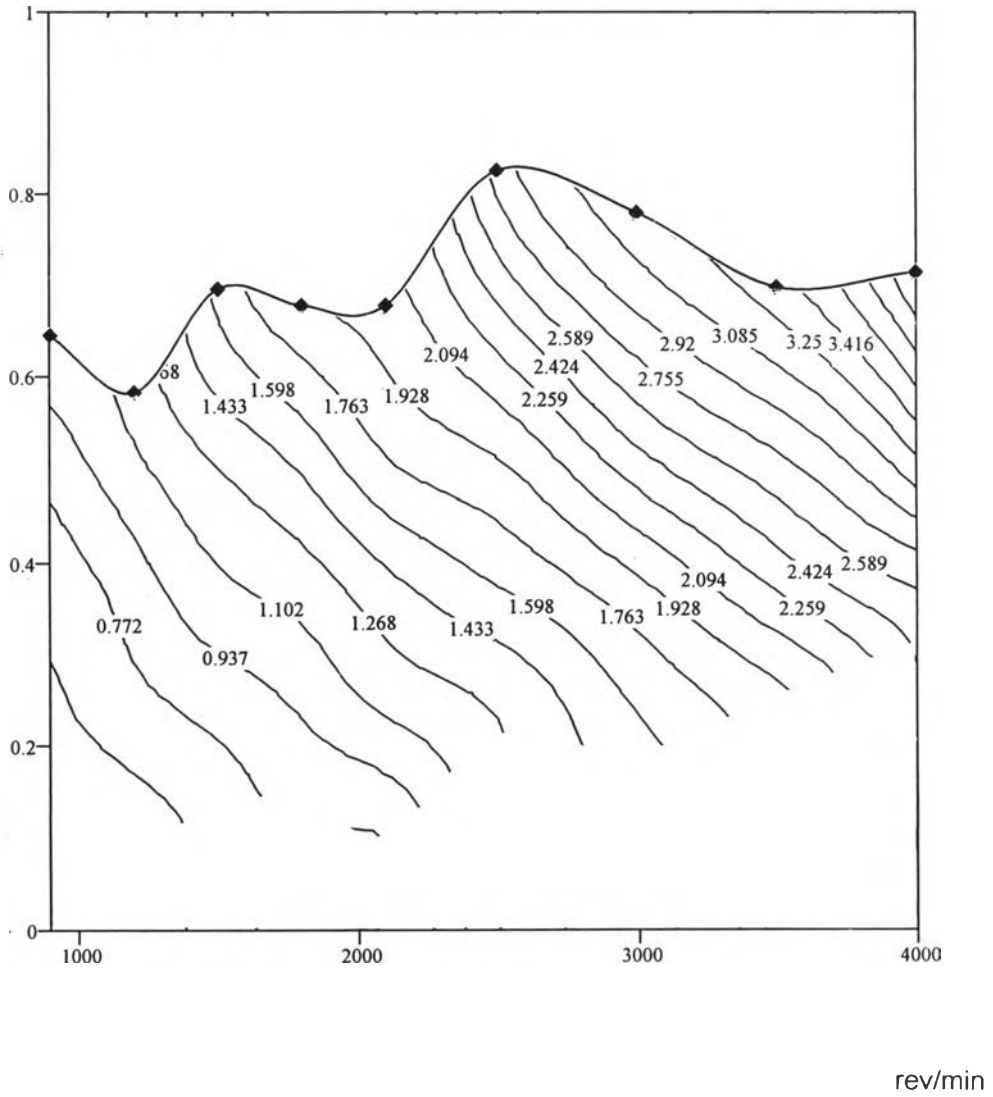
normalized torque {T}



(ข) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 97

รูปที่ 5.8(ต่อ) Optimum Fuel Flow Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 97
(fuel consumption = 10^{-3} ลิตรต่อวินาที)

normalized torque {T}



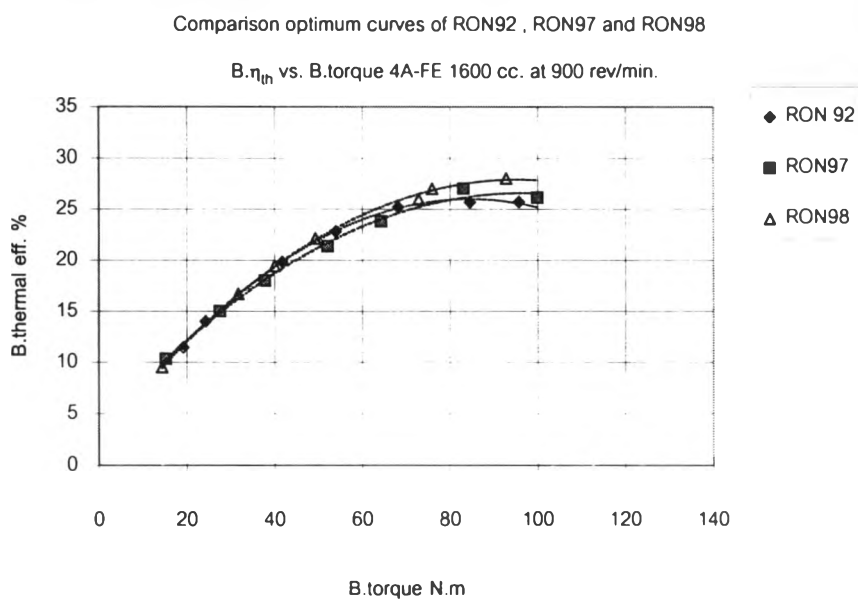
(ค) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 92

รูปที่ 5.8(ต่อ) Optimum Fuel Flow Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 97 (fuel consumption = 10⁻³ลิตรต่อวินาที)

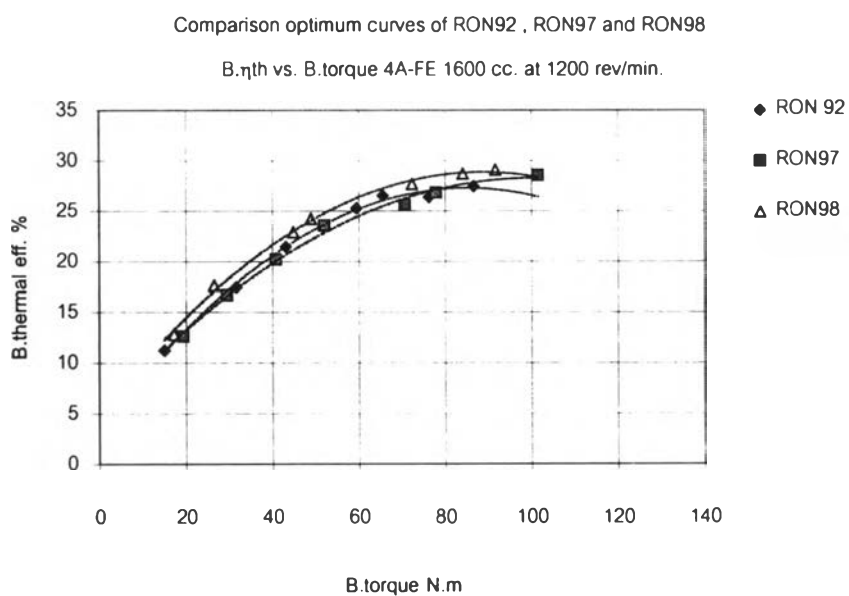
5.5 การเปรียบเทียบ Optimum Economic Performance Path ของเครื่องยนต์เมื่อใช้น้ำมันต่าง คุณภาพ

5.5.1 การเปรียบเทียบ Optimum Engine Performance Path ที่ความเร็วรอบคงที่

Optimum Engine Performance Path ของน้ำมันเชื้อเพลิงทั้ง 3 ชนิด เปรียบเทียบโดย
การนำค่า optimum thermal efficiency ที่แต่ละความเร็วรอบคงที่ของน้ำมันแต่ละชนิดมาเขียนลง
บนแผนภูมิความสัมพันธ์ของประสิทธิภาพทางความร้อนและค่าแรงบิดเดียวกัน ดังแสดงในรูปที่
5.9(ก) ถึง (ฉ)



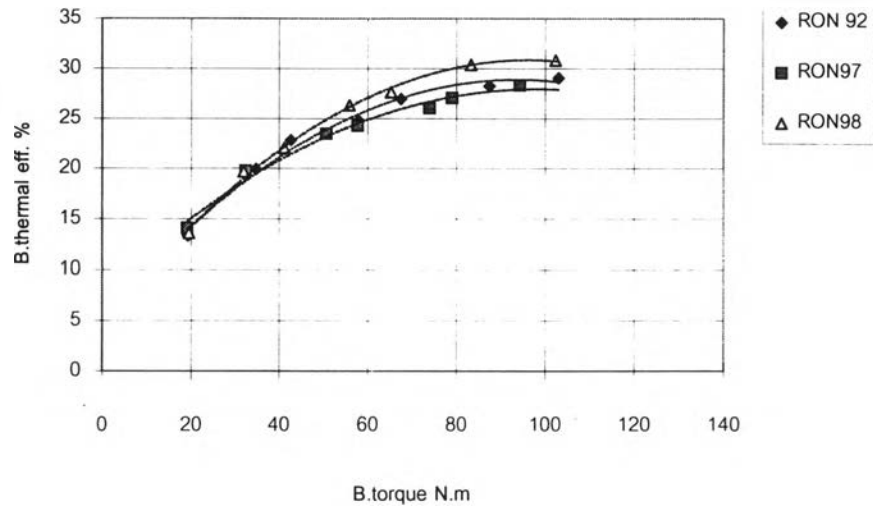
n) 900 rev/min



บ) 1200 rev/min

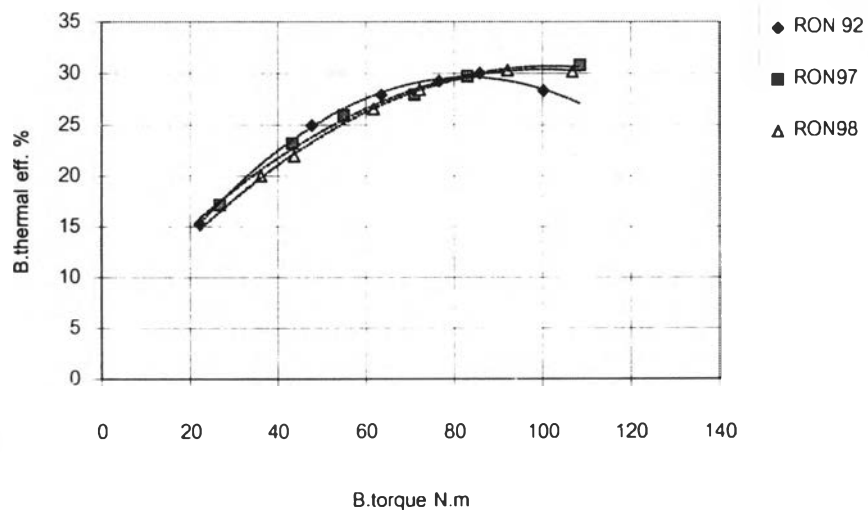
รูปที่ 5.9 แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ 4A-FE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพความร้อนกับแรงบิดที่แก๊ซ ที่ความเร็วรอบคงที่ต่างๆเมื่อนำน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนต่างกัน

Comparison optimum curves of RON92 , RON97 and RON98

B. η_{th} vs. B.torque 4A-FE 1600 cc. at 1500 rev/min.

ค) 1500 rev/min

Comparison optimum curves of RON92 , RON97 and RON98

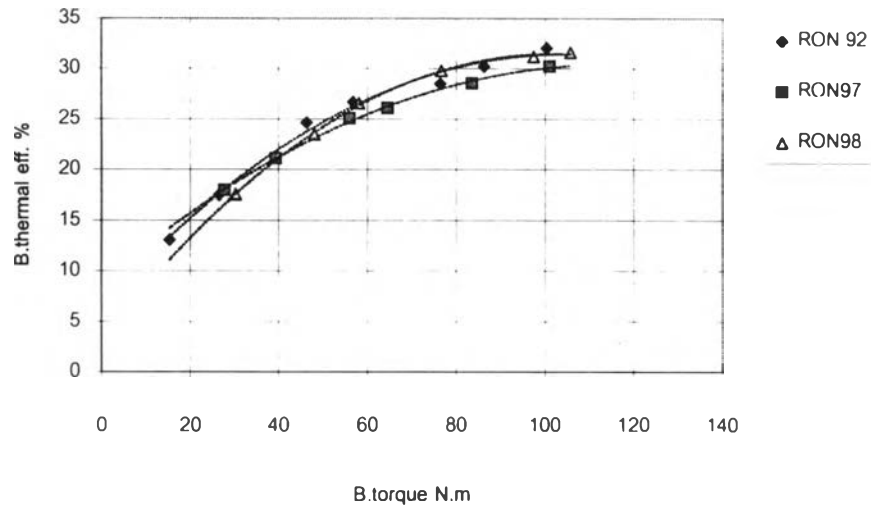
B. η_{th} vs. B.torque 4A-FE 1600 cc. at 1800 rev/min.

จ) 1800 rev/min

รูปที่ 5.9(ต่อ) แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ 4A-FE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพความร้อนกับแรงบิดที่แก๊ส ที่ความเร็วรอบคงที่ต่างๆเมื่อน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนต่างกัน

Comparison optimum curves of RON92 , RON97 and RON98

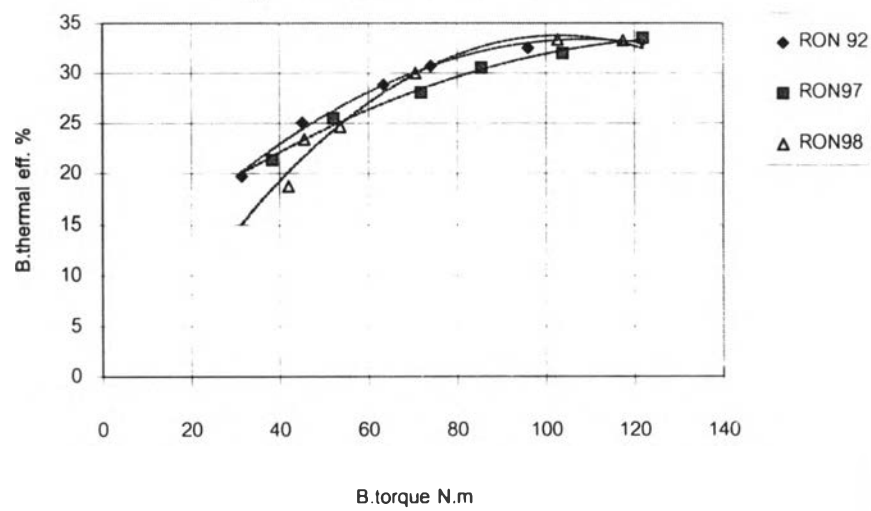
B.η_{th} vs. B.torque 4A-FE 1600 cc. at 2100 rev/min.



จ) 2100 rev/min

Comparison optimum curves of RON92 , RON97 and RON98

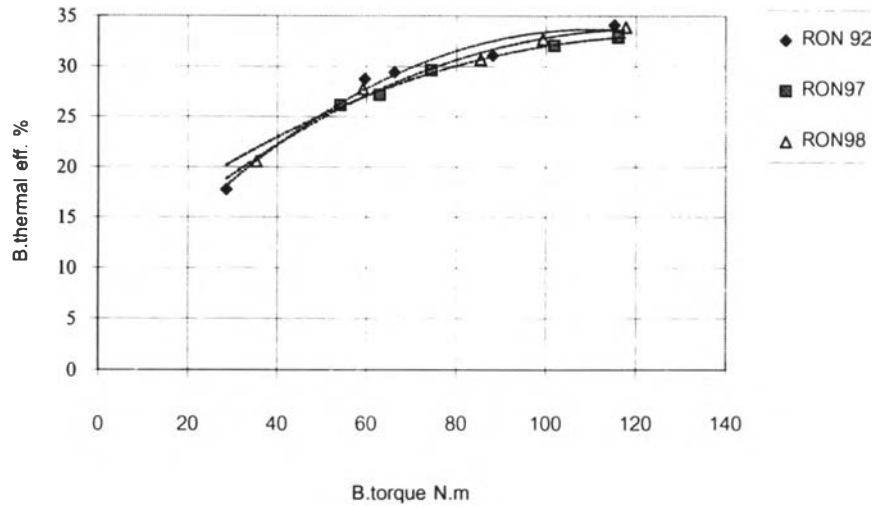
B.η_{th} vs. B.torque 4A-FE 1600 cc. at 2500 rev/min.



ข) 2500 rev/min

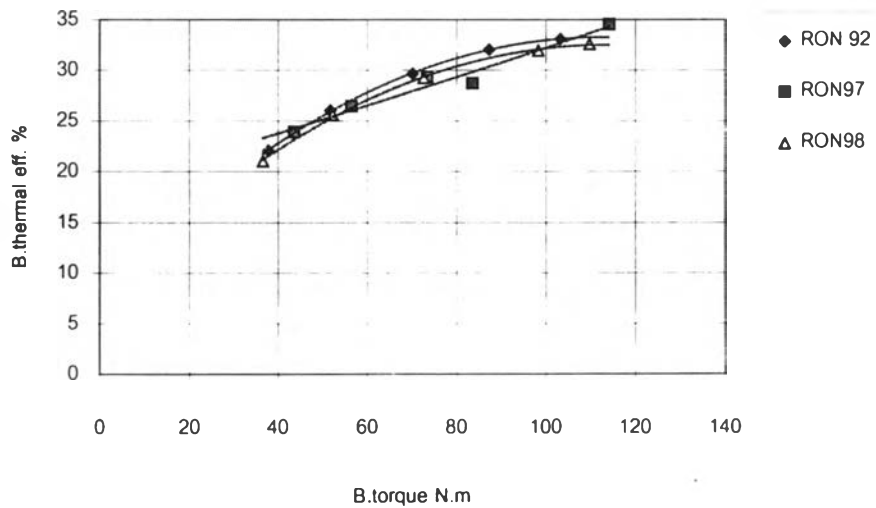
รูปที่ 5.9(ต่อ) แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ 4A-FE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพความร้อนกับแรงบิดที่แก๊ซ ที่ความเร็วรอบคงที่ต่างๆเมื่อนำน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนต่างกัน

Comparison optimum curves of RON92 , RON97 and RON98

B. η_{th} vs. B.torque 4A-FE 1600 cc. at 3000 rev/min.

a) 3000 rev/min

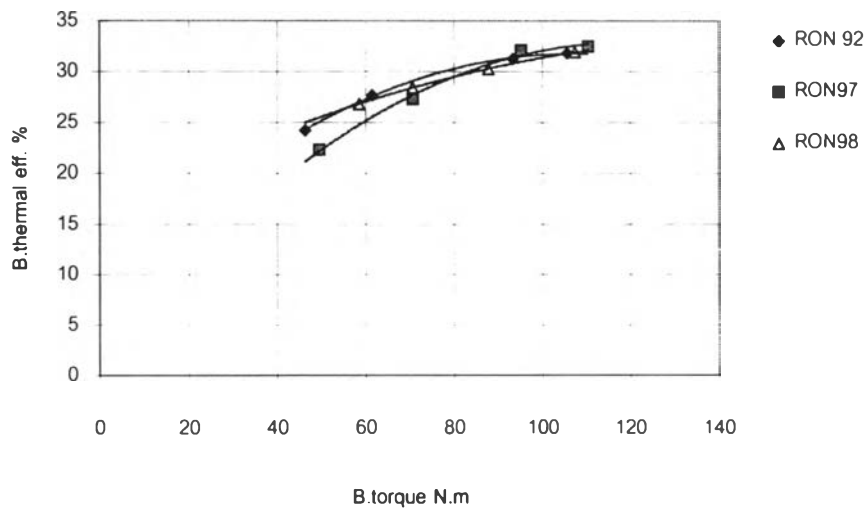
Comparison optimum curves of RON92 , RON97 and RON98

B. η_{th} vs. B.torque 4A-FE 1600 cc. at 3500 rev/min.

b) 3500 rev/min

รูปที่ 5.9(ต่อ) แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ 4A-FE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพความร้อนกับแรงบิดที่แก๊ซ ที่ความเร็วรอบคงที่ต่างๆเมื่อน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนต่างกัน

Comparison optimum curves of RON92 , RON97 and RON98

B. η_{th} vs. B.torque 4A-FE 1600 cc. at 4000 rev/min.

๘) 4000 rev/min

รูปที่ 5.9(ต่อ) แผนภูมิเปรียบเทียบสมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ 4A-FE แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าประสิทธิภาพความร้อนกับแรงบิดที่แก๊ส ที่ความเร็วรอบคงที่ต่างๆเมื่อน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทนต่างกัน

5.6 ตัวแปรในการทำงานของสมรรถนะของ Optimum Economy Performance ในเครื่องยนต์ 4A-FE

ดังสมรรถนะที่เหมาะสมแสดงมาแล้วข้างต้นเกิดจากการควบคุม parameter ในการทำงานซึ่งแตกต่างกันของน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละคุณภาพออกแทน operating parameter นั้นควบคุมทั้งปริมาณการฉีดจ่ายและองศาการจุดระเบิด ในหัวข้อนี้เป็นการแสดงข้อมูลของอัตราการจ่ายน้ำมันเชื้อเพลิงและองศาการจุดระเบิดที่เลือกมาเป็นจุดที่เหมาะสมของการทดสอบ mixture loop

ค่าองศาการจุดระเบิดจะเปลี่ยนแปลงเมื่อความเร็วรอบของเครื่องยนต์และความดันท่อไอดีเปลี่ยน (MAP) และปริมาณน้ำมันเชื้อเพลิงในสวนผสมโดยมาจากการทดสอบ mixture loopแล้วเลือกจุด MBT มาบันทึกค่าองศาการจุดระเบิด ดังแสดงในตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ตาราง MBT timing จากการทำ mixture loop เครื่องยนต์ 4A-FE ที่ความเร็วรอบและ MAP ต่างๆในน้ำมันออกแทน98

	MBT spark advance (degree BTDC)								
MAP	speed rev/min								
(in.Hg)	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
30	8	13	13	15	19	20	28	27	30
27	15	14	22	21	22	31	27	29	25
24	14	17	30	26	31	35	25	31	28
21	13	26	30	26	28	30	33	37	27
18	13	19	25	23	22	36	35	33	
15	17	30	26	25	27	26			
12	25	26	26						

ตารางที่ 5.2 ตาราง MBT timing จากการทำให้ mixture loop เครื่องยนต์ 4A-FE ที่ความเร็วรอบและ MAP ต่างๆในน้ำมันออกเทน97

		MBT spark advance (degree BTDC)							
MAP	speed rev/min								
(in.Hg)	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
30	7	13	13	16	25	26	25	29	26
27	13	20	17	25	27	26	26	26	29
24	14	10	15	24	31	29	32	33	31
21	14	27	19	34	30	27	29	32	
18	15	23	24	32	30	30	35	35	
15	16	22	28	31	35	33			
12	30	21	30						

ตารางที่ 5.3 ตาราง MBT timing จากการทำ mixture loop เครื่องยนต์ 4A-FE ที่ความเร็วรอบและ MAP ต่างๆในน้ำมันออกเทน92

	MBT spark advance (degree BTDC)								
MAP	speed rev/min								
(in.Hg)	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
30	4	7	8	8	20	20	25	30	23
27	5	8	15	18	22	25	28	33	27
24	12	16	25	23	18	32	27	33	35
21	17	16	20	25	27	32	29	31	34
18	20	23	27	37	34	36	31	29	
15	26	20	21	27	26	34			
12	21	25	26						

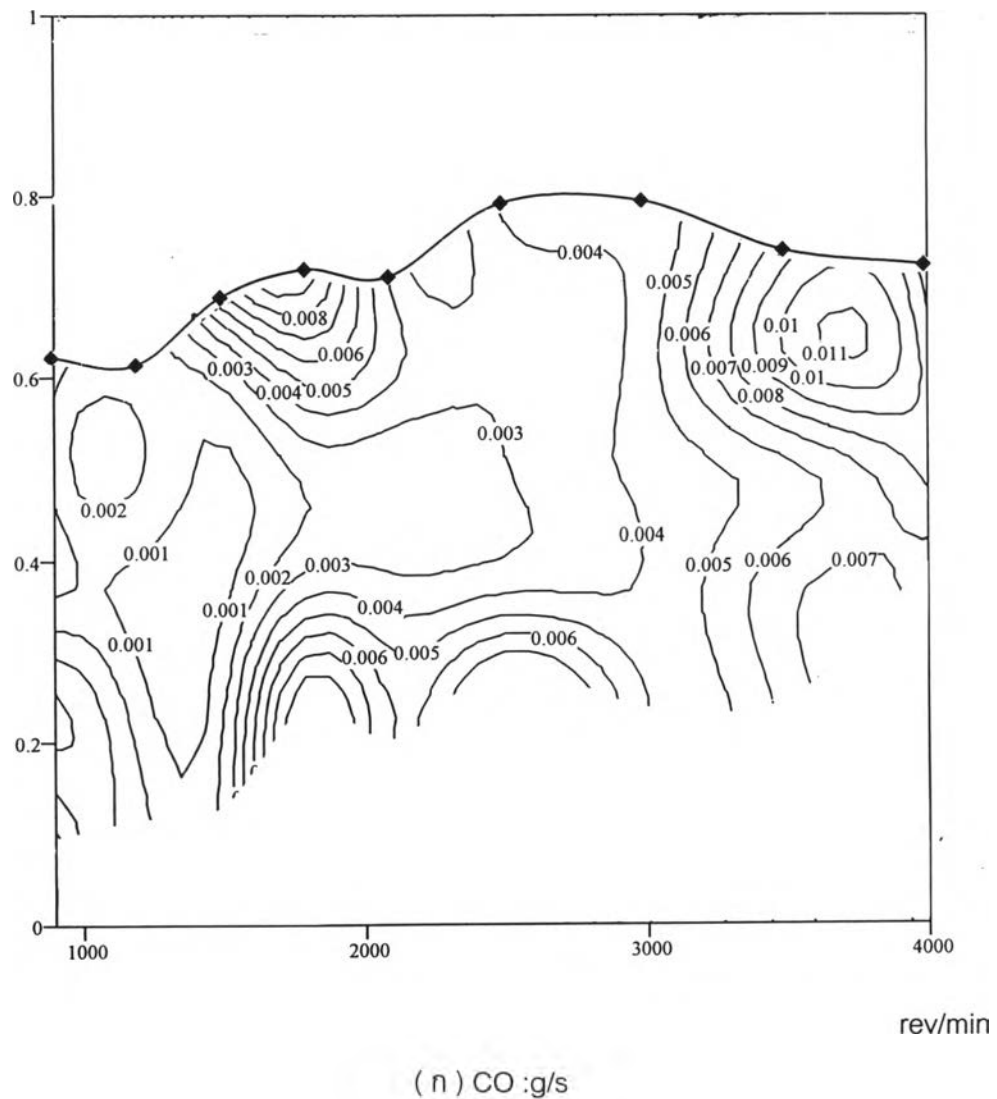
5.7 มลพิษในไอเสีย

ข้อมูลแสดงค่ามลพิษในไอเสียแสดงในภาคผนวก ค โดยค่าของมลพิษในไอเสีย (CO,CO₂,HC) ได้ถูกนำมาแสดงในรูปของแผนภูมิอัตราส่วนแรงบิดและความเร็วรอบ

5.7.1 Optimum Engine Emission Maps ที่ใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98

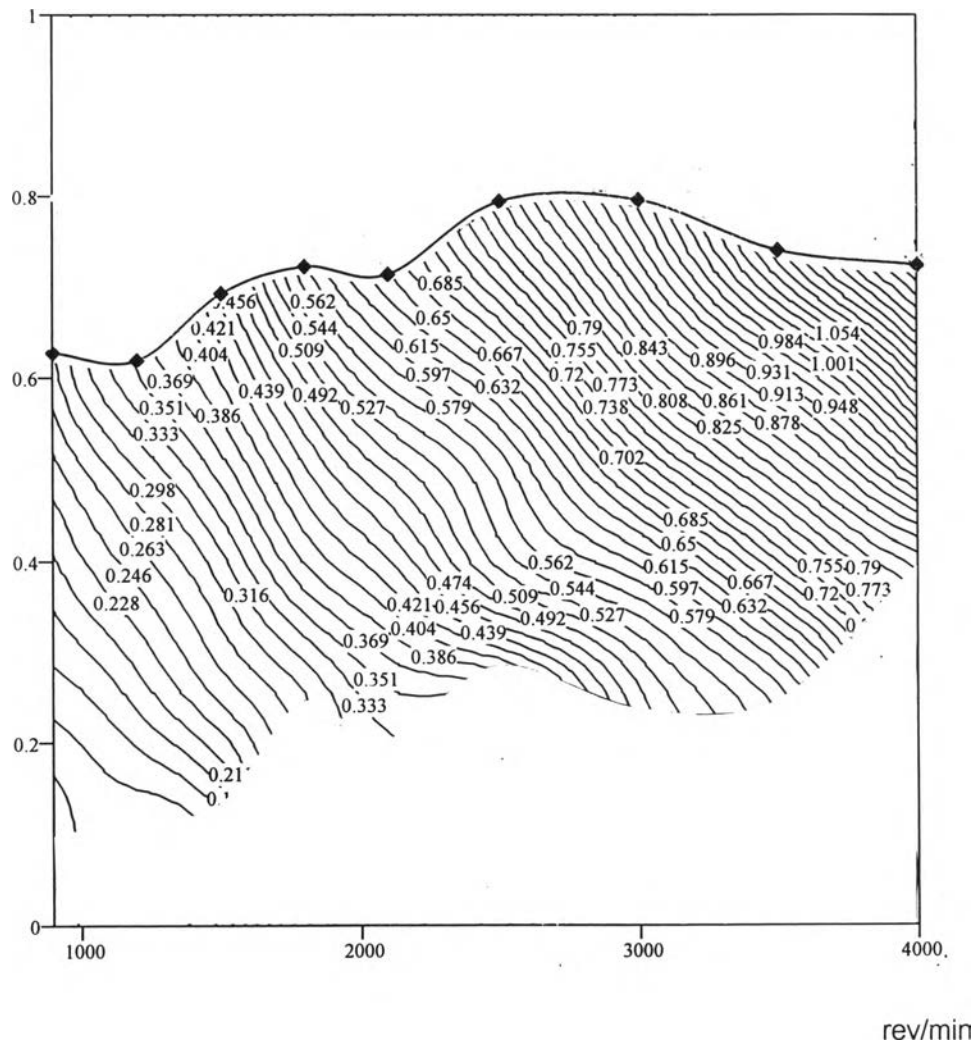
Optimum Engine Emission Maps. (CO, CO₂, HC) แสดงในรูปที่ 5.10 (ก) ถึง (ค)

normalized torque {T}



รูปที่ 5.10 Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 98 จากการทดสอบ mixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

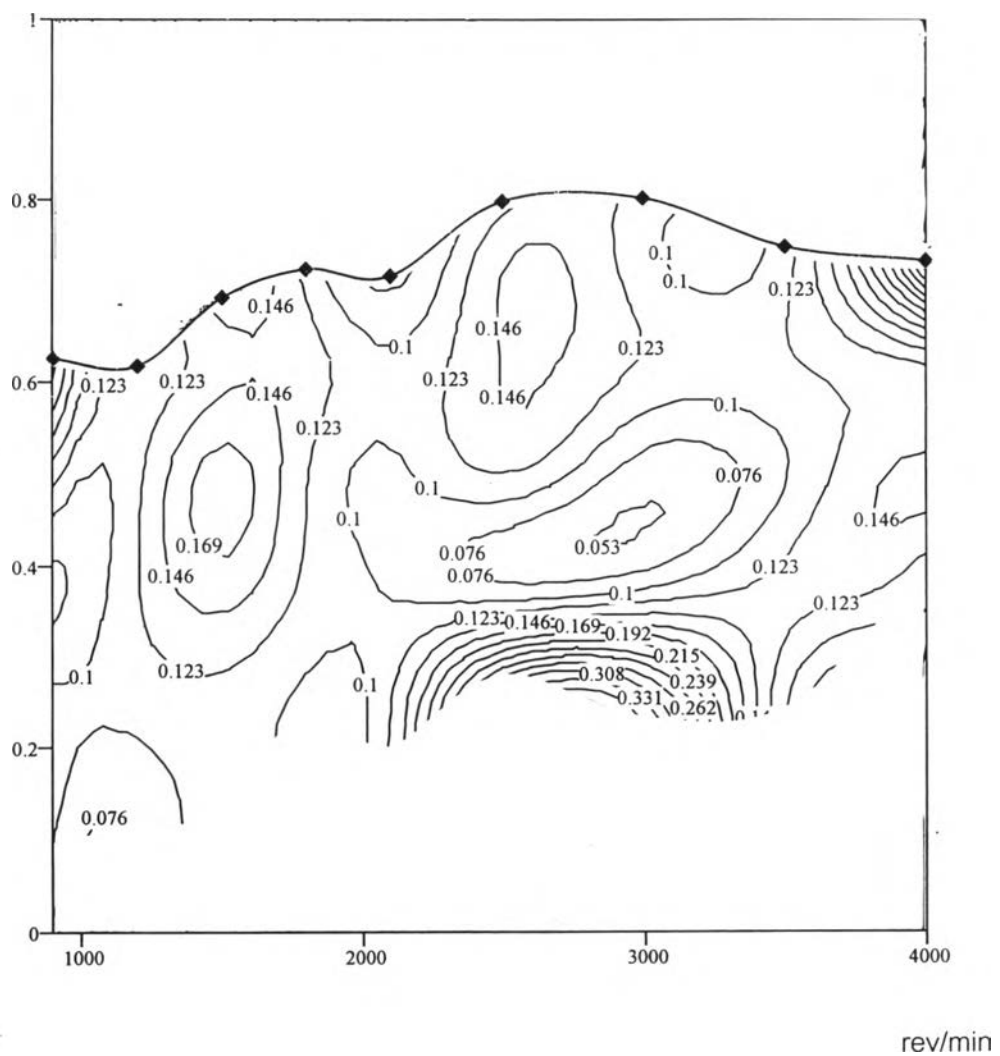
normalized torque {T}



(ข) CO₂ :g/s

รูปที่ 5.10(ต่อ) Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 98 จากการทดสอบmixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

normalized torque {T}



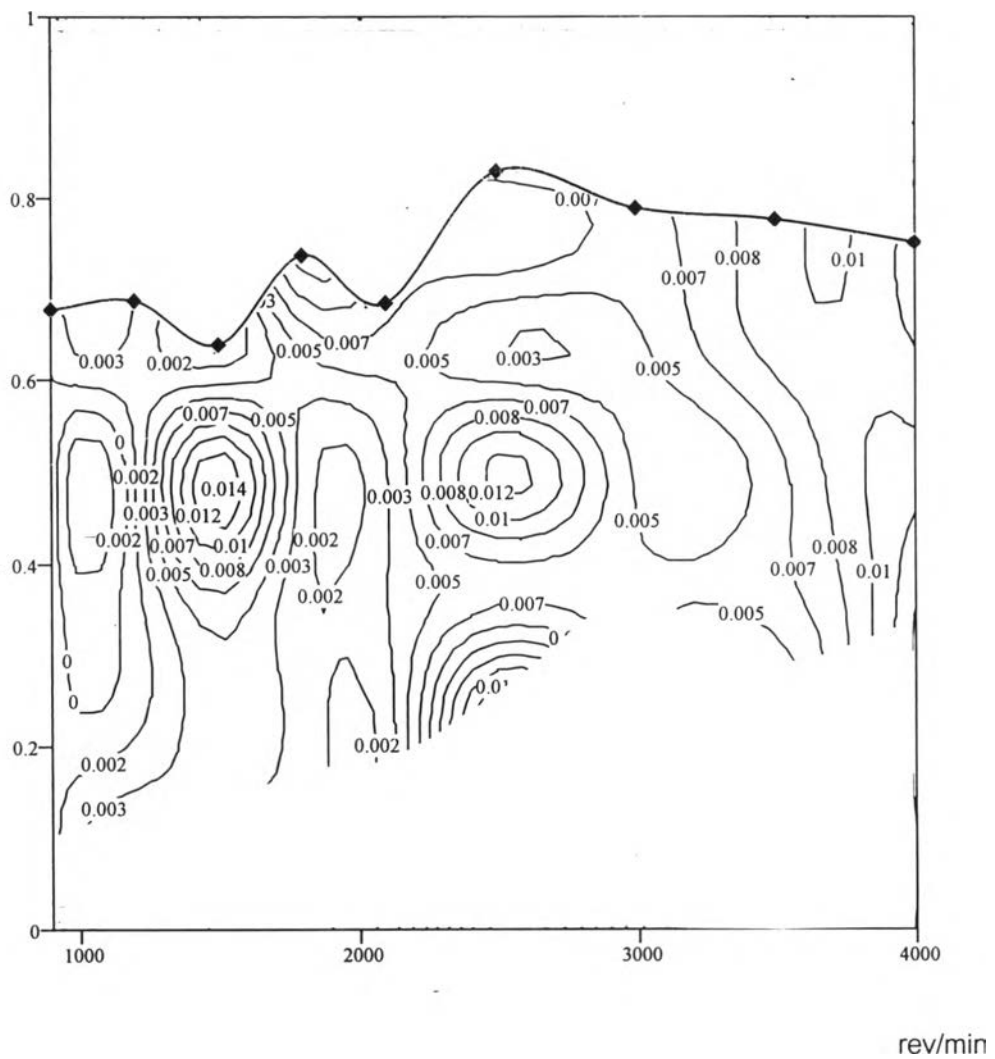
(ค) HC : 10^{-3} g/s

รูปที่ 5.10(ต่อ) Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 98 จากการทดสอบ mixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

5.7.2 Optimum Engine Emission Maps ที่ใช้น้ำมันที่มีออกเทน 97

Optimum Engine Emission Maps (CO, CO₂, HC) แสดงในรูปที่ 5.11 (ก) ถึง (ค)

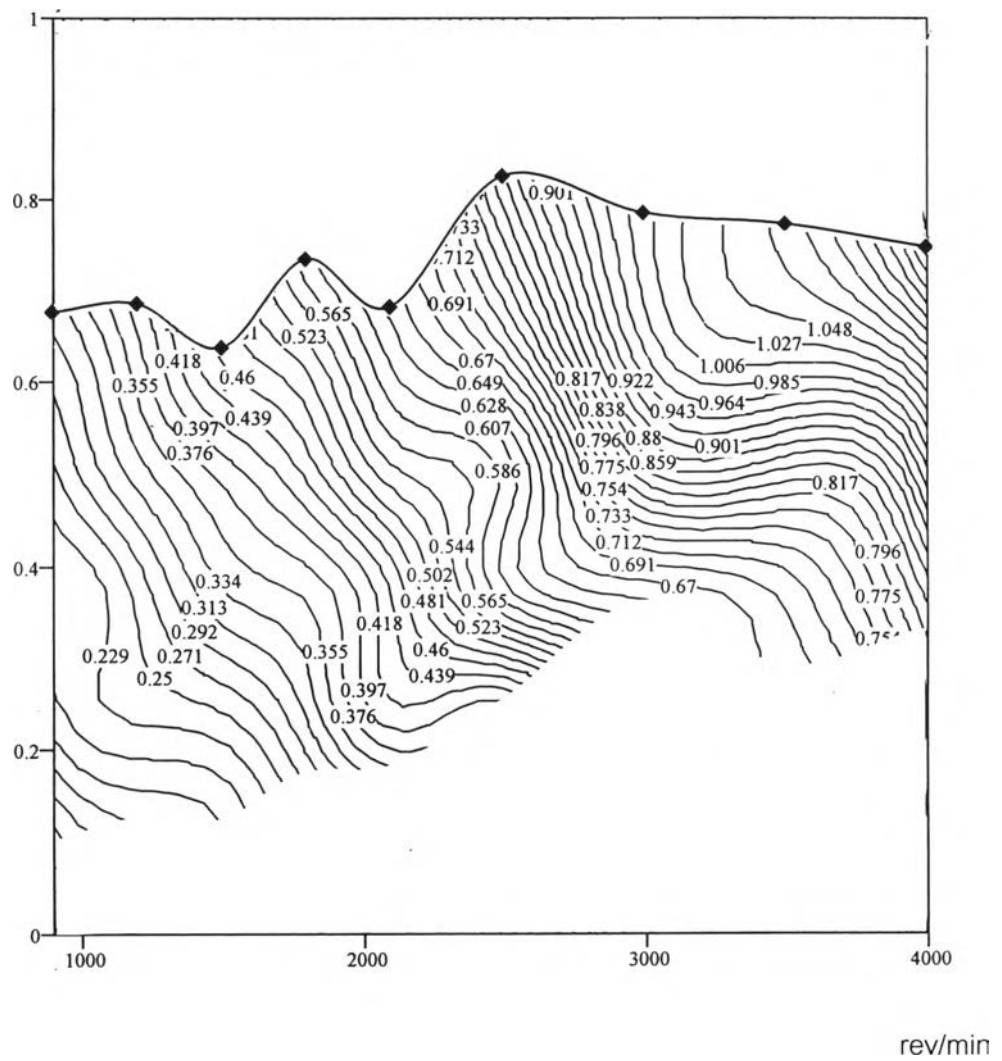
normalized torque {T}



(ก) CO :g/s

รูปที่ 5.11 Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 97 จากการทดสอบ mixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสียโดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

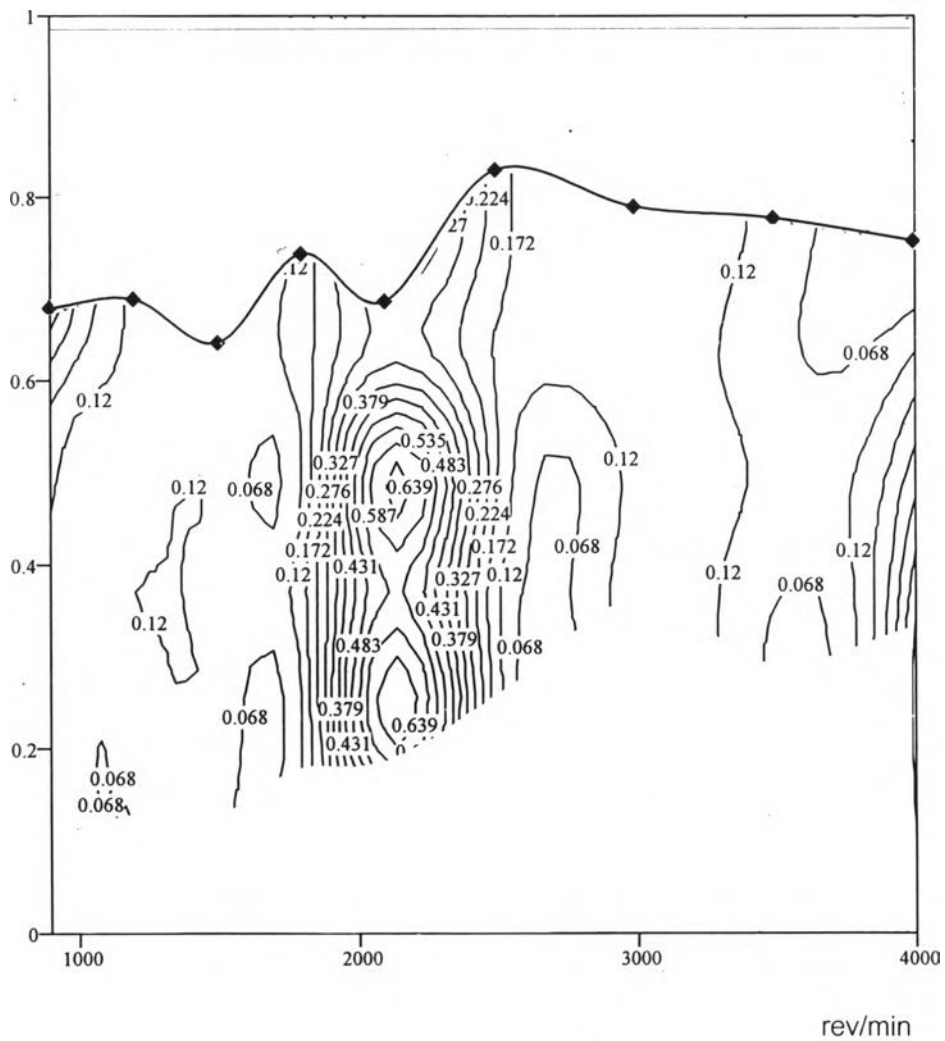
normalized torque {T}



(ข) CO_2 :g/s

รูปที่ 5.11(ต่อ) Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 97 จากการทดสอบ mixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

normalized torque {T}



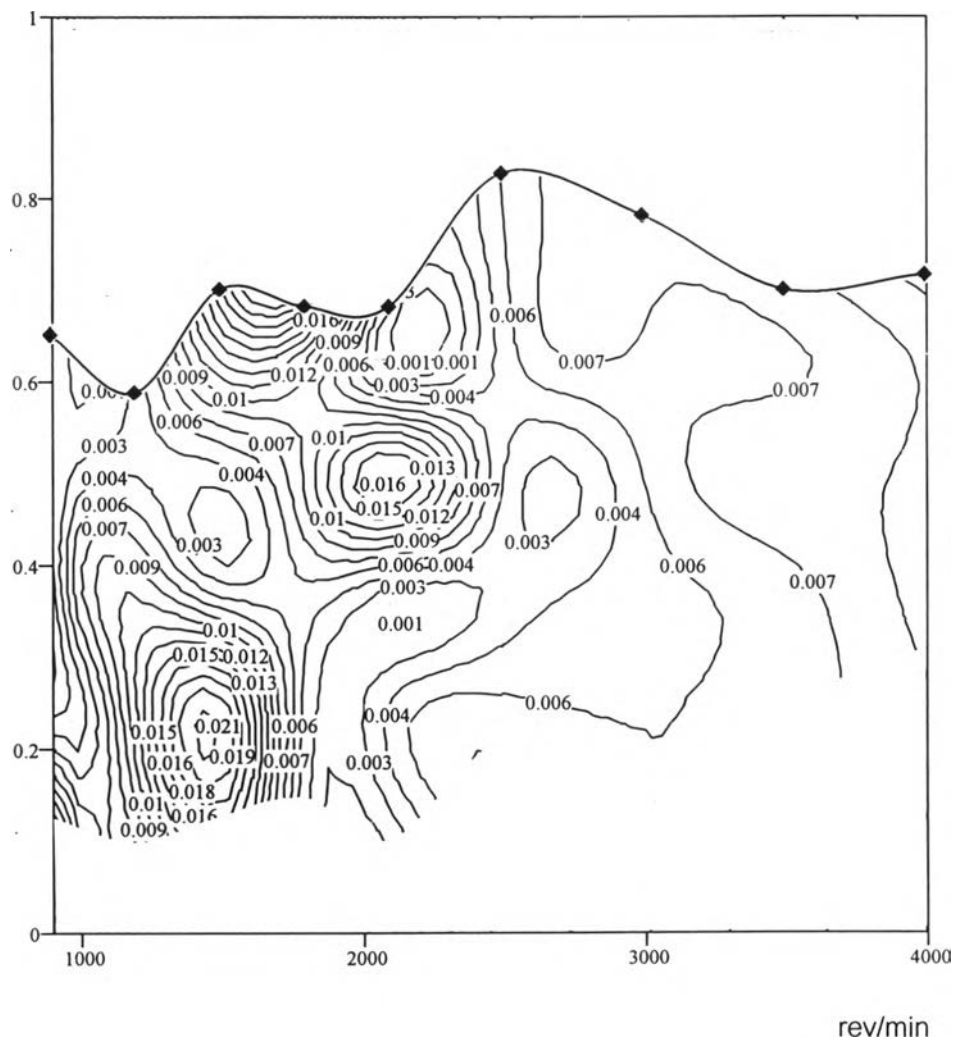
(ค) HC : 10^{-3} g/s

รูปที่ 5.11(ต่อ) Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 97 จากการทดสอบ mixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

5.7.3 Optimum Engine Emission Maps ที่ใช้น้ำมันที่มีออกเทน 92

Optimum Engine Emission Maps (CO,CO₂,HC) แสดงในรูป 5.12 (ก) ถึง (ค)

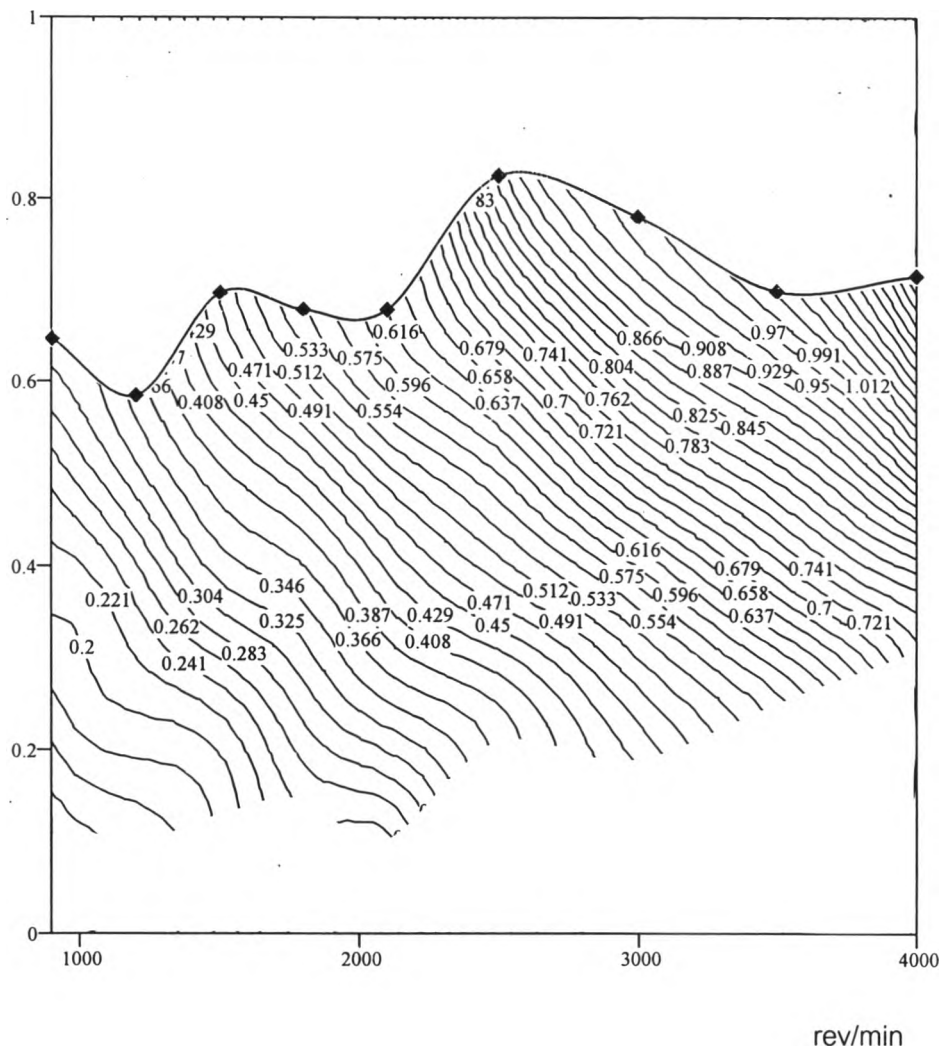
normalized torque {T}



(ก) CO :g/s

รูปที่ 5.12 Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 92 จากการทดสอบmixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสียโดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

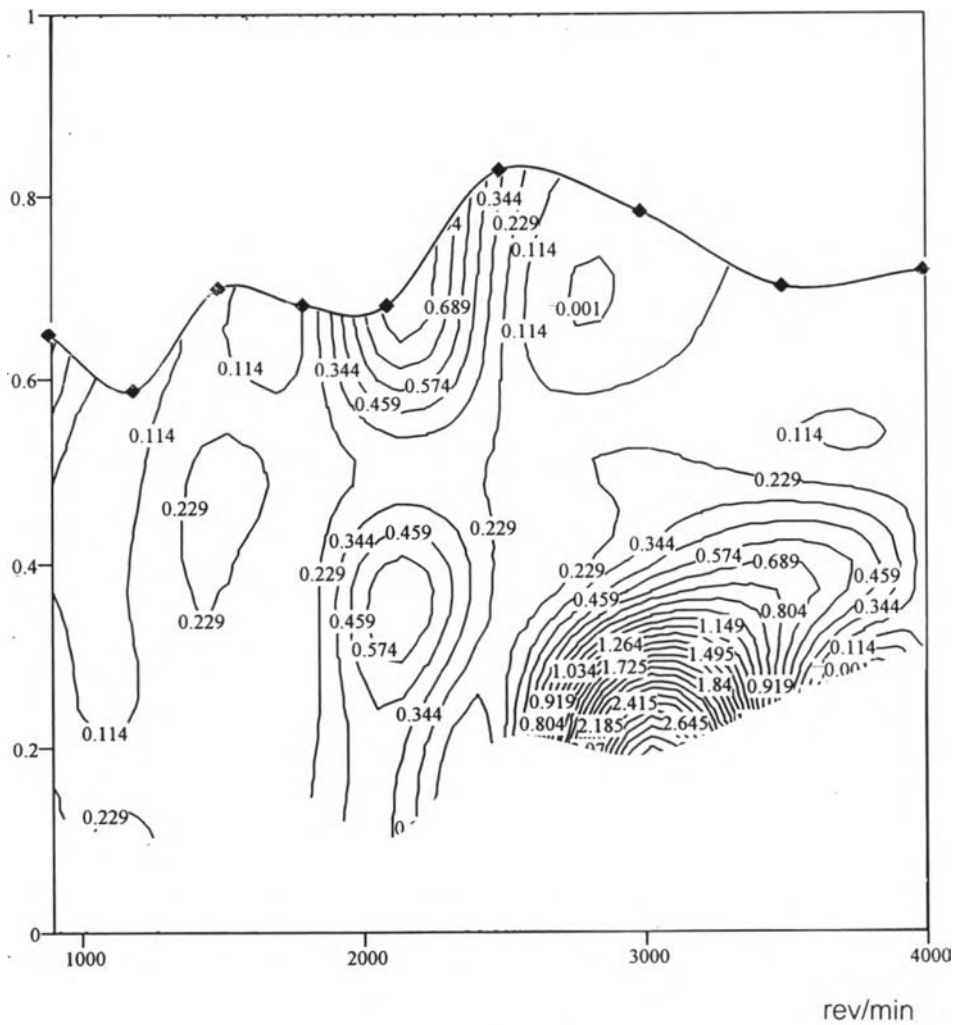
normalized torque {T}



(ข) CO_2 :g/s

รูปที่ 5.12(ต่อ) Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 92 จากการทดสอบmixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

normalized torque {T}



(ค) HC : 10^{-3} g/s

รูปที่ 5.12(ต่อ) Optimum Engine Emission Maps ของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันออกเทน 92 จากการทดสอบmixture loop โดยแก้ไขแรงบิดตามมาตรฐาน AS2789.1- 1985 และคำนวณค่าไอเสีย โดยมาตรฐาน SAE J1088 FEB93

5.8 อภิปรายและสรุปผลการทดสอบสมรรถนะที่เหมาะสม

ค่าแรงบิดสูงสุด (N.m) ที่แต่ละความเร็วรอบของน้ำมันต่างคุณภาพทั้งสามเกรดแสดงอยู่ในตารางที่ 5.4 พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำ (900 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทน97 (RON97) ให้ค่าแรงบิดสูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทน92 และ98 และที่ความเร็วรอบปานกลาง(1200-1800 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทนสูง (RON98, RON97) ยังคงให้ค่าแรงบิดสูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทนต่ำ (RON92) และที่ความเร็วรอบสูง (2100-4000 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทนสูง (RON98, RON97) ยังคงให้ค่าแรงบิดสูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทนต่ำ (RON92)

ตารางที่ 5.4 แสดงผลของค่าแรงบิด (N.m) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อนำน้ำมันต่างคุณภาพ

torque	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
RON98	92.7834	91.6142	102.352	106.802	105.694	117.426	117.766	109.766	107.432
RON97	99.9205	101.425	94.2561	108.55	101.016	121.922	116.104	114.194	110.519
RON92	95.6895	86.5848	103.077	100.284	100.363	121.855	115.253	103.249	105.755

ค่าของประสิทธิภาพความร้อนสูงสุด (%) ที่แต่ละความเร็วรอบของน้ำมันต่างคุณภาพทั้งสามเกรดแสดงอยู่ในตารางที่ 5.5 พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำ(900 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทนสูง (RON98, RON97) ให้ค่าประสิทธิภาพความร้อนสูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทนต่ำ (RON92) และที่ความเร็วรอบปานกลาง (1200-1800 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทนสูง (RON98, RON97) ยังคงให้ค่าประสิทธิภาพความร้อนสูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทนต่ำ (RON92) และที่ความเร็วรอบสูง (2100-4000 rev/min) น้ำมันทั้งสามชนิดมีแนวโน้มที่จะให้ค่าประสิทธิภาพความร้อนใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.5 แสดงผลของประสิทธิภาพความร้อน (%) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ

efficiency	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
RON98	28.0426	29.0892	30.3934	30.3259	31.6066	33.3443	33.8859	32.5938	31.9306
RON97	27.0411	28.5386	28.3431	30.7802	30.2354	33.5057	32.8832	34.5368	32.5005
RON92	25.4813	27.1756	28.8064	29.7294	31.7508	32.9286	33.7648	32.7903	31.5111

ค่าของมลพิษ CO (g/s) สูงสุด ที่แต่ละความเร็วรอบของน้ำมันต่างคุณภาพทั้งสามเกรด แสดงอยู่ในตารางที่ 5.6 พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำ (900 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 97 และ 92 (RON97, RON92) ให้ค่ามลพิษ CO สูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทน 98 (RON98) และที่ความเร็วรอบปานกลาง (1200-1800 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 92 (RON92) ให้ค่ามลพิษ CO สูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทน 97 และ 98 และที่ความเร็วรอบสูง (2100-4000 rev/min) น้ำมันทั้งสามชนิดมีแนวโน้มที่จะให้ค่ามลพิษ CO ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.6 แสดงผลมลพิษ CO (g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ

CO	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
RON98	0.00179	0.00256	0.00313	0.0068	0.00537	0.00918	0.00547	0.01232	0.0091
RON97	0.00267	0.00405	0.00442	0.00243	0.00854	0.0161	0.00609	0.00958	0.00989
RON92	0.0117	0.0162	0.02366	0.02967	0.01764	0.00729	0.00704	0.00853	0.01102

ค่าของมลพิษ CO₂ (g/s) สูงสุด ที่แต่ละความเร็วรอบของน้ำมันต่างคุณภาพทั้งสามเกรด แสดงอยู่ในตารางที่ 5.7 พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำ(900 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 97 และ 92 (RON97, RON92) ให้ค่ามลพิษ CO₂ สูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทน 98 และที่ความเร็วรอบปานกลาง (1200-1800 rev/min) น้ำมันทั้งสามชนิดมีแนวโน้มที่จะให้ค่ามลพิษ CO₂ ใกล้เคียงกันและที่ความเร็วรอบสูง (2100-4000 rev/min) น้ำมันทั้งสามชนิดมีแนวโน้มที่จะให้ค่ามลพิษ CO₂ ใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 5.7 แสดงผลมลพิษ CO₂ (g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ

CO ₂	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
RON98	0.28104	0.35649	0.45764	0.58892	0.66284	0.83042	0.98423	1.10817	1.26821
RON97	0.3216	0.39916	0.46981	0.58508	0.65239	0.85862	0.99698	1.08489	1.27746
RON92	0.31772	0.35848	0.47719	0.56615	0.61922	0.87083	0.96373	1.03571	1.26058

ค่าของมลพิษ HC (10³g/s) สูงสุด ที่แต่ละความเร็วรอบของน้ำมันต่างคุณภาพทั้งสามเกรด แสดงอยู่ในตารางที่ 5.8 พบว่าที่ความเร็วรอบต่ำ (900 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 92 (RON92) ให้ค่ามลพิษ HC สูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทน 97 และ 98 ตามลำดับและที่ความเร็วรอบปานกลาง (1200-1800 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 92 (RON92) ให้ค่ามลพิษ HC สูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทน 97 และ 98 และที่ความเร็วรอบสูง (2100-4000 rev/min) น้ำมันที่มีค่าออกเทน 92 และ 98 (RON92, RON98) ให้ค่ามลพิษ HC สูงกว่าน้ำมันที่มีค่าออกเทน 97

ตารางที่ 5.7 แสดงผลมลพิษ HC (10³g/s) สูงสุดที่ความเร็วรอบต่างๆเมื่อน้ำมันต่างคุณภาพ

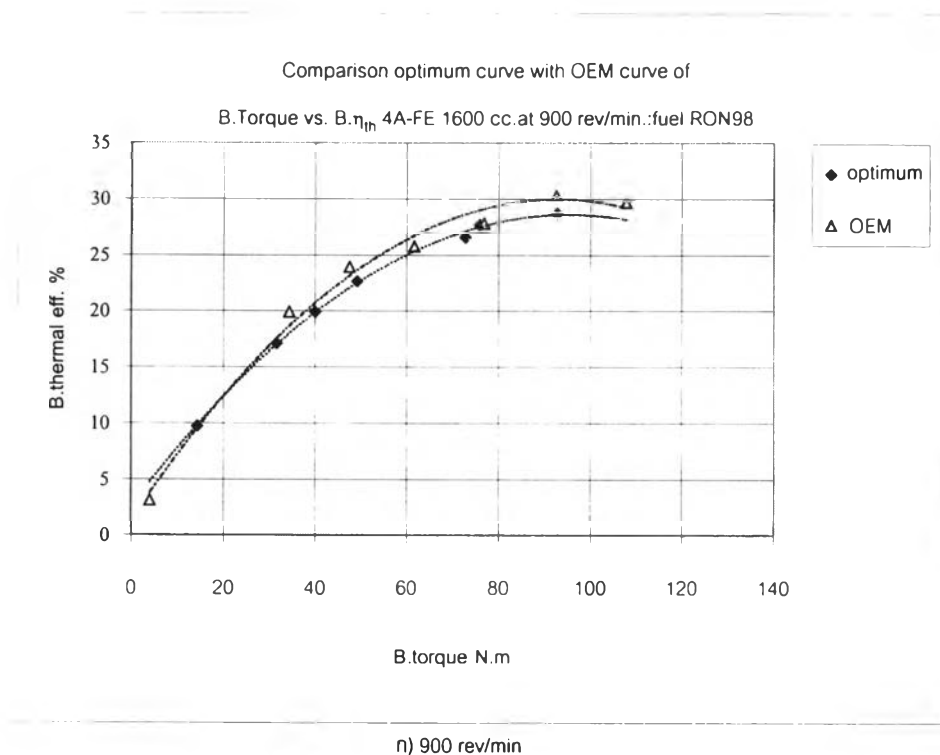
HC	900	1200	1500	1800	2100	2500	3000	3500	4000
RON98	0.00023	0.00012	0.0002	0.00013	0.00012	0.00034	0.00035	0.00013	0.00043
RON97	0.00041	0.00012	0.00013	0.00015	0.00076	0.00019	0.00016	0.0001	0.00038
RON92	0.00048	0.00026	0.00047	0.00021	0.0009	0.00039	0.00318	0.00084	0.00019

เนื่องจากการทดสอบ mixture loop มีจำนวนข้อมูลจำกัดตลอดจนขีดจำกัดของเครื่องมือในการปรับปริมาณการฉีดของน้ำมันเชื้อเพลิงทำให้ข้อมูลที่นำมาวิเคราะห์สมรรถนะที่เหมาะสมไม่สูงเท่าที่ควร

5.9 การเปรียบเทียบสมรรถนะเครื่องยนต์ OEM และ สมรรถนะที่เหมาะสมของเครื่องยนต์ 4A-FE ที่ใช้น้ำมันที่มีค่าออกเทน 98, 97 และ 92

ผลการเปรียบเทียบสมรรถนะที่ความเร็วรอบคงที่ระหว่างสมรรถนะ OEM และสมรรถนะที่เหมาะสมของน้ำมันที่มีค่า RON98, 97 และ 92 แสดงไว้ในภาคผนวก ข

รูปที่ 5.13 แสดงตัวอย่างผลการเปรียบเทียบสมรรถนะที่ความเร็วรอบคงที่ระหว่างสมรรถนะ OEM และสมรรถนะที่เหมาะสมของน้ำมันที่มีค่า RON98 ที่ความเร็วรอบ 900 รอบต่อนาที



รูปที่ 5.13 แสดงการเปรียบเทียบสมรรถนะที่เหมาะสมกับสมรรถนะ OEM ที่ความเร็วรอบเครื่องยนต์คงที่ ของน้ำมันเบนซินที่มีค่าออกเทน 98.