

ดร. คณิต วัฒนวิเชียร
 อาจารย์
 ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล
 คณะวิศวกรรมศาสตร์
 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
 กรุงเทพฯ ๙ 10330

การศึกษาขั้นต้น - แผนภูมิทั่วไปสำหรับ ทำนายอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง ของเครื่องยนต์

The Generalised Map for Engine Fuel Consumption : A Preliminary Study

ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเครื่องยนต์ที่สภาวะคงที่บนแท่นไดนาโมมิเตอร์ได้ถูกนำมาสร้างเป็น Performance Map ซึ่งเป็นแผนภูมิที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนแรงบิด, อัตราส่วนความเร็วรอบ, ประสิทธิภาพทางความร้อน ซึ่งสามารถใช้เปรียบเทียบกับเครื่องยนต์ที่แตกต่างกันได้ ดังนั้นจากจำนวนการทดสอบของเครื่องยนต์ชนิดต่างๆ ที่เหมาะสมจะสามารถนำมาสร้างเป็นแผนภูมิทั่วไป (Generalised Map) ที่แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างค่าต่างๆในสภาวะคงที่ได้ และเมื่อผสมเข้ากับความรู้อัตราการเกิดเชื้อเพลิงและรูปแบบการขับขี่ แผนภูมินี้จะสามารถใช้ประมาณอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่เกิดขึ้นได้ในเครื่องยนต์ชนิดใดๆ ได้

Generalised Map สามารถใช้แทนสำหรับแก้ปัญหาความยุ่งยากในกรณีที่ไม่มี Performance Map ของเครื่องยนต์ที่ต้องการ ซึ่งผู้วิจัยสามารถใช้ช่วยในการประเมินคาดการณ์สมรรถนะของเครื่องยนต์ใดๆ ได้ นอกจากนี้ยังสามารถขยายไปใช้งานกับศูนย์บริการหรือบริษัทที่ทำการวิจัยเพื่อปรับปรุงเครื่องยนต์ต่างๆ ได้ นั่นคือเมื่อมี Generalised Map แล้ว ความจำเป็นที่จะต้องมีข้อมูลเฉพาะของเครื่องยนต์แต่ละเครื่องก็จะลดลงได้

Data obtained during the engine dynamometer testing is used to produced engine performance maps. The engine maps employ normalised torque, speed, thermal efficiency to allow comparison between dissimilar engines. A sufficient number of tests has been carried out and sufficient data collected to construct a generalised engine map for use under steady state and transient conditions. With the application of suitable equations and a knowledge of which gear the vehicle is in, over a driving cycle, this map may be used to determine the fuel consumption for a variety of different engines.

A generalised map also has potential in areas of trouble-shooting. In absent of engine performance map, for researcher, it may be employed to check the engine's expected performance. Furthermore, this could be extended to tuning centres and engine modified companies whom deal with many different makes. The existence of a generalised map would implied that carry the data for each individual engine would unnecessary.

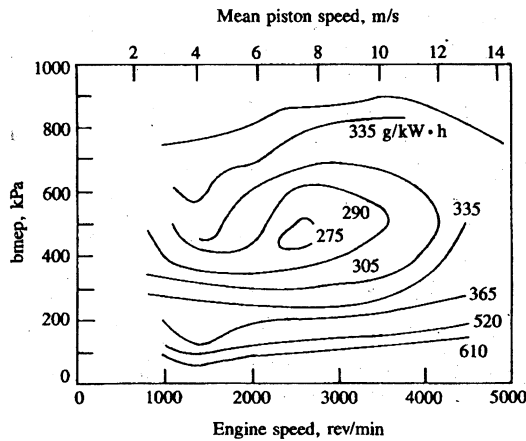
1. บทนำ

ในสภาพความเป็นอยู่ในปัจจุบัน รถยนต์นั้นเป็นสิ่งที่มีความสำคัญเป็นอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้มีจำนวนรถยนต์เพิ่มขึ้นมากมาย โดยเฉพาะในเขตกรุงเทพมหานครนั้นพบว่ามียอดรถยนต์หนึ่งส่วนบุคคลอยู่เป็นจำนวนถึง 2 ล้านคัน ซึ่งประกอบไปด้วยรถยนต์รุ่นและยี่ห้อที่แตกต่างกันออกไปกว่า 20 ยี่ห้อ เช่นเดียวกับรุ่นและแบบของเครื่องยนต์ก็มีความแตกต่างกันไป ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะศึกษาถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงตัวแปรบางอย่างต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันโดยรวม อาทิ การวิเคราะห์ความคุ้มค่าของการเปลี่ยนแปลงระบบจากร หรือการวิเคราะห์ความสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่เพิ่มขึ้นโดยรวมจากการก่อสร้างระบบ

คมนาคมในปัจจุบันที่ส่งผลให้การจราจรติดขัด ซึ่งถ้ามีแบบจำลองที่สามารถใช้เป็นตัวแทนของเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในปัจจุบันจะช่วยให้ความสะดวกในการศึกษาหรือพิจารณาผลกระทบที่จะเกิดขึ้นต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้โดยรวม นอกจากนี้ยังช่วยในการประมาณและพยากรณ์ปริมาณการใช้พลังงานของรถยนต์ส่วนบุคคลได้อีกด้วย

โดยทั่วไปการที่จะศึกษาถึงสมรรถนะของเครื่องยนต์นั้นสามารถวิเคราะห์ได้จาก Performance curve ของเครื่องยนต์ ซึ่งจะเป็นการแสดงความสัมพันธ์ของ power, torque, brake specific fuel consumption, efficiency บนแกนของความเร็วรอบและกำลังของเครื่อง

ยนต์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 1 อย่างไรก็ตาม Performance curve แม้จะได้จากเครื่องยนต์ต่างชนิดกันที่มีขนาดต่างๆ กัน ล้วนมีความคล้ายคลึงกัน จึงเป็นเหตุผลที่สามารถที่จะนำ Performance curve ของเครื่องยนต์แต่ละรุ่นแต่ละขนาดมาวิเคราะห์รวมกันเป็นแผนภูมิทั่วไป (Generalised model หรือ Generalised map) เพียงรูปเดียวได้ ดังนั้นจึงให้ความสำคัญสะดวกในงานที่ต้องการวิเคราะห์ผลของ Parameter ต่างๆ ที่จะมีครอบคลุมถึงเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ที่มีใช้อยู่ โดยใช้ Generalised map เพียงแผนภูมิเดียว



รูปที่ 1 Performance curve for 2-dm³ four cylinder^[1]

จุดประสงค์ของบทความนี้เพื่อ เสนอแนวทางในการสร้าง Generalised map ซึ่งสามารถใช้เป็นตัวแทนกลุ่มของเครื่องยนต์ขนาดใหญ่ เพื่อใช้ในการศึกษาถึงผลกระทบจากอิทธิพลต่างๆ ที่มีต่ออัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงรวมทั้งการทำนายถึงอัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงได้ในเครื่องยนต์ส่วนใหญ่

2. ขั้นตอนการสร้าง Generalised map

ขั้นตอนต่างๆ ที่ใช้ในการสร้าง Generalised map สามารถจำแนกได้ตามลำดับดังนี้

2.1 สํารวจและคัดเลือกรุ่นและแบบของเครื่องยนต์เพื่อใช้เป็นกลุ่มศึกษา กลุ่มตัวแทนของเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ที่มีใช้อยู่ในท้องตลาดสามารถหาได้จากข้อมูลจากกรมการขนส่งทางบกซึ่งแจกแจงทั้งปริมาณ, รุ่นและแบบของรถยนต์ที่มีใช้อยู่ในเขตกรุงเทพมหานคร ในที่นี้ข้อมูลรถยนต์สำหรับช่วงปี 2535-2539 ได้นำมาแสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดง ปริมาณรถยนต์ใหม่ยี่ห้อต่างๆ ในท้องตลาด ในช่วงปี พ.ศ. 2535-2539

อันดับ	ยี่ห้อ	ขนาดเครื่องยนต์ (cc.)	ปริมาณ (คัน)	ร้อยละ
1	โตโยต้า	1,301 - 1,600	116,701	20.42
2	มิตซูบิชิ	1,301 - 1,600	56,238	9.84
3	ฮอนด้า	1,301 - 1,600	55,491	9.71
4	นิสสัน	1,301 - 1,600	31,684	5.54
5	เบนซ์	2,000 ขึ้นไป	31,274	5.47

ตารางที่ 1 (ต่อ) แสดง ปริมาณรถยนต์ใหม่ยี่ห้อต่างๆ ในท้องตลาด ในช่วงปี พ.ศ. 2535-2539

อันดับ	ยี่ห้อ	ขนาดเครื่องยนต์ (CC)	ปริมาณ (คัน)	ร้อยละ
6	วอลโว่	2,000 ขึ้นไป	18,679	3.27
7	ฮอนด้า	2,000 ขึ้นไป	17,886	3.13
8	โตโยต้า	1,801 - 2,000	16,628	2.91
9	โตโยต้า	ไม่เกิน 1,300	13,320	2.33
10	นิสสัน	1,801 - 2,000	12,613	2.21
11	มิตซูบิชิ	ไม่เกิน 1,300	11,618	2.03
12	ฮอนด้า	1,801 - 2,000	10,929	1.91
13	บีเอ็มดับเบิลยู	1,601 - 1,800	10,418	1.82
14	ฮุนได	1,301 - 1,600	10,055	1.76
15	อีซูซุ	2,000 ขึ้นไป	9,640	1.69
16	โตโยต้า	2,000 ขึ้นไป	9,419	1.65
17	มิตซูบิชิ	1,801 - 2,000	9,224	1.61
18	บีเอ็มดับเบิลยู	2,000 ขึ้นไป	9,012	1.58
19	เบนซ์	1,601 - 1,800	8,996	1.57
20	นิสสัน	ไม่เกิน 1,300	8,960	1.57
21	ฟอร์ด	1,301 - 1,600	7,435	1.30
22	มาสด้า	1,801 - 2,000	7,309	1.28
23	ไดฮัทสึ	ไม่เกิน 1,300	7,104	1.24
24	โอเปิล	1,301 - 1,600	6,861	1.20
25	มาสด้า	1,301 - 1,600	6,101	1.07

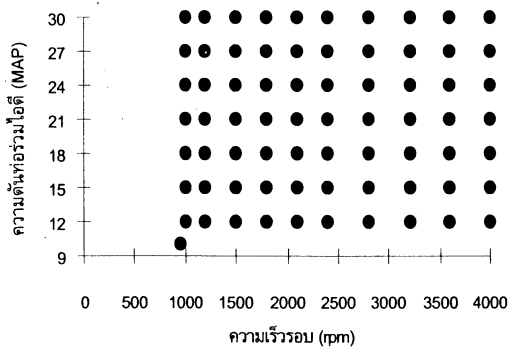
จากตารางดังกล่าวจะเห็นได้ว่าปริมาณรถยนต์ที่มีใช้อยู่ในเขตกรุงเทพฯ มีอยู่ด้วยกันกว่าสี่สิบล้าน คัน แต่เนื่องจากปริมาณรวมของรถยนต์สี่ล้อดับแรกนั้นมีอยู่ประมาณ 45 % ของปริมาณรถยนต์ส่วนบุคคลทั้งหมดจึงสามารถใช้เป็นตัวแทนของเครื่องยนต์ส่วนใหญ่ที่มีใช้อยู่ในท้องตลาดได้ ดังนั้นการสร้าง Generalised model หรือ Generalised map จึงควรสร้างจากการนำ Performance curve ของเครื่องยนต์ทั้ง 4 แบบ มาวิเคราะห์รวมกัน

เนื่องจากในช่วงที่นำเสนอผลงานวิจัยนี้ เป็นช่วงต้นของงานวิจัย ดังนั้นจึงจะยกตัวอย่างของผลที่ได้จากการศึกษาขั้นต้น เฉพาะผลจากการวิเคราะห์หา Generalised Model จากเครื่องยนต์โตโยต้า ซึ่งมีปริมาณร้อยละ 20.42 ของปริมาณทั้งหมดเพียงยี่ห้อเดียว รายละเอียดของเครื่องยนต์ และอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดสอบโดยสังเขปแสดงไว้ในภาคผนวก ก.

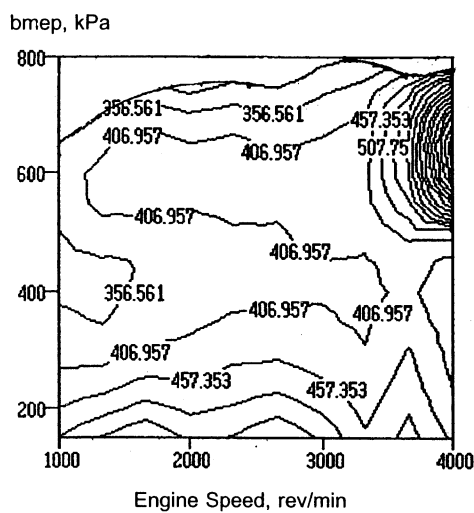
2.2 จัดทำ Performance map ของเครื่องยนต์ที่ได้คัดเลือกมาจากขั้นตอนที่ 2.1 โดยการทดสอบบนแท่นไดนาโมมิเตอร์

การที่จะสร้าง Performance map ได้จะต้องทำการทดลองเก็บข้อมูลการทำงานที่สภาวะคงที่ของเครื่องยนต์บนแท่นทดสอบ^[2] โดยทำการทดสอบและวัดค่าการทำงานต่างๆ จุดบนเมตริกทดสอบดังแสดงไว้ในรูปที่ 2 สำหรับข้อมูลการทำงานที่จะทำการบันทึกค่าได้แก่ ค่าแรงบิด, อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงและค่าตัวแปรในการทำงานที่เกี่ยวข้องของเครื่องยนต์ อาทิ อุณหภูมิ น้ำหล่อเย็น, อุณหภูมิและความดันบรรยากาศ เป็นต้น ซึ่งข้อมูลเหล่านี้จะถูกปรับแก้ไขตามสภาวะของห้องทดสอบตาม AS 2789.1-1985^[3] แล้วจึงใช้ในการสร้าง Performance map ดังแสดงในรูปที่ 3 และรูปที่ 4 ซึ่งแสดงการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงบนแกนระหว่าง brake mean effective pressure กับ speed ของเครื่อง

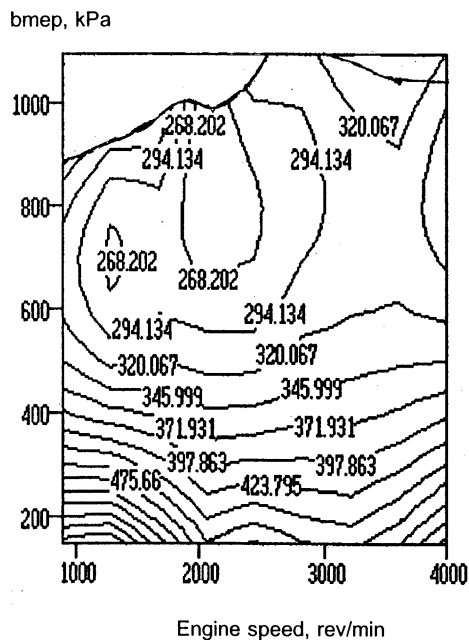
ยนต์ Toyota Model 3E 12 valve 1500 cc. และเครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE 16 valve 1600 cc. ตามลำดับ



รูปที่ 2 แสดงจุดเมตริกที่ใช้ในการทดสอบ



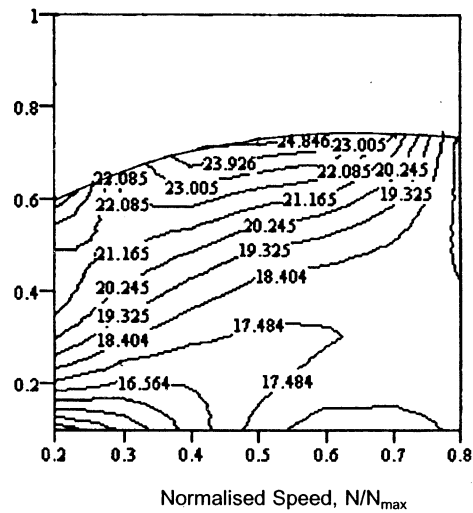
รูปที่ 3 Performance map ของเครื่องยนต์ Toyota 3E 1500 cc. แสดง contours ของ constant bsfc, g/kW.h



รูปที่ 4 Performance map ของเครื่องยนต์ Toyota 4A-FE1600cc. แสดง contours ของ constant bsfc, g/kW.h

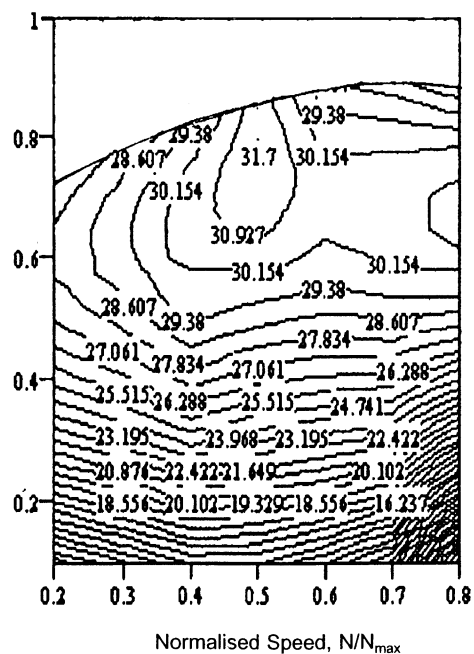
2.3 จัดทำ Normalised map เพื่อให้ Performance map ที่ได้มีความสะดวกในการใช้งาน จึงทำการแปลงเป็น Normalised map เพื่อแสดงประสิทธิภาพของเครื่องยนต์บนแกนของอัตราส่วนแรงบิด (Normalised Torque, T/T_{max}) และแกนของอัตราส่วนความเร็วรอบ (Normalised Speed, N/N_{max}) โดยเมื่อนำค่าประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ไปเขียนกราฟบนแกนความสัมพันธ์ระหว่าง อัตราส่วนแรงบิดกับอัตราส่วนความเร็วรอบก็จะได้เป็น Normalised Map ดังแสดงตัวอย่างไว้ในรูปที่ 5 และรูปที่ 6 ซึ่งแสดง Normalised map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 3E ขนาดเครื่องยนต์ 1500 CC. และเครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE ขนาดเครื่องยนต์ 1600 CC. ตามลำดับ

Normalised Torque, T/T_{max}



รูปที่ 5 แสดง Normalised map ของเครื่องยนต์ Toyota 3E1500 CC. แสดง contours ของ constant efficiency, %

Normalised Torque, T/T_{max}



รูปที่ 6 Normalised map ของเครื่องยนต์ Toyota 4A-FE1600 CC. แสดง contours ของ constant efficiency, %

