

## บทที่ 6

### ผลการทดสอบ

#### 6.1 ผลการคำนวณ

จากผลการทดสอบสมรรถนะของเครื่องยนต์ต่างๆ ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก ก. ซึ่งสามารถนำไปคำนวณค่าทางสมรรถนะของเครื่องยนต์ เช่น แรงบิดเบรค, กำลังเบรค, ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค, ความดันเฉลี่ยเบรค(bmep), อัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเบรค (bsfc) ได้ ดังที่แสดงไว้ในภาคผนวก ข. ซึ่งจากผลการคำนวณที่ได้ในภาคผนวก ข. เราสามารถนำไปสร้างเป็น Performance Map ได้ โดยป้อนค่า ประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรค, แรงบิดเบรค, ความเร็วรอบของเครื่องยนต์และความดันท่อร่วมไอดีเพื่อให้ โปรแกรมคอมพิวเตอร์คำนวณค่าประสิทธิภาพที่จะนำไปสร้างเป็นแผนภูมิ Performance Map สำหรับเนื้อหาในส่วนนี้ได้แสดงถึงผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่แสดงค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์ระหว่างแรงบิดเบรคและความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ซึ่งได้แสดงไว้ดังตารางที่ 6.1-6.6 ดังต่อไปนี้

ตารางที่ 6.1 แสดงผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่จะนำไปสร้าง Performance Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE เมื่อใช้น้ำมันออกเทน 91

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)	แรงบิดเบรค (N.m)									
	13.12	26.24	39.36	52.48	65.60	78.72	91.84	104.96	118.08	131.2
1000	-	13.03	18.74	22.91	25.53	26.61	26.15	-	-	-
1200	-	14.21	19.42	23.30	25.85	27.07	26.96	-	-	-
1400	-	15.29	20.08	23.70	26.16	27.46	27.60	26.58	-	-
1600	-	16.23	20.66	24.07	26.45	27.80	28.12	27.41	-	-
1800	-	-	21.15	24.39	26.70	28.09	28.54	28.07	-	-
2000	-	-	21.53	24.65	26.92	28.34	28.90	28.60	-	-
2200	-	-	21.78	24.84	27.09	28.54	29.19	29.03	28.07	-
2400	-	-	-	24.94	27.21	28.71	29.43	29.38	28.55	26.95
2600	-	-	-	-	27.27	28.83	29.62	29.65	28.91	27.41
2800	-	-	-	-	27.27	28.90	29.76	29.85	29.17	-
3000	-	-	-	-	27.22	28.94	29.87	30.00	29.34	-
3200	-	-	-	-	27.10	28.93	29.93	30.09	29.43	-
3400	-	-	-	-	26.94	28.89	29.96	30.14	29.43	-
3600	-	-	-	-	26.75	28.82	29.94	30.12	29.35	-
3800	-	-	-	-	26.51	28.72	29.90	30.05	29.18	-
4000	-	-	-	-	-	28.60	29.82	29.93	28.92	-

ตารางที่ 6.2 แสดงผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่จะนำไปสร้าง Performance Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE เมื่อใช้น้ำมันออกเทน 95

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)	แรงบิดเบรค (N.m)									
	13.17	26.34	39.51	52.68	65.85	79.02	92.19	105.36	118.53	131.7
1000	-	14.94	19.72	23.39	25.95	27.39	27.72	26.94	-	-
1200	-	16.21	20.55	23.93	26.35	27.81	28.31	27.86	-	-
1400	-	17.22	21.24	24.41	26.72	28.19	28.81	28.57	-	-
1600	-	17.98	21.78	24.80	27.05	28.53	29.22	29.15	-	-
1800	-	-	22.16	25.11	27.33	28.82	29.58	29.61	28.91	-
2000	-	-	22.38	25.32	27.55	29.07	29.88	29.98	29.38	-
2200	-	-	22.44	25.42	27.70	29.27	30.13	30.29	29.74	-
2400	-	-	22.33	25.41	27.77	29.41	30.33	30.53	30.00	-
2600	-	-	22.06	25.29	27.78	29.51	30.49	30.71	30.18	28.90
2800	-	-	-	25.07	27.71	29.55	30.59	30.83	30.28	28.92
3000	-	-	-	-	27.57	29.54	30.65	30.90	30.29	28.82
3200	-	-	-	-	27.36	29.48	30.66	30.91	30.22	-
3400	-	-	-	-	27.10	29.38	30.63	30.86	30.07	-
3600	-	-	-	23.19	26.78	29.23	30.56	30.75	29.82	-
3800	-	-	-	-	26.42	29.06	30.44	30.58	29.46	-
4000	-	-	-	-	-	28.85	30.28	30.32	28.97	-

ตารางที่ 6.3 แสดงผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่จะนำไปสร้าง Performance Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 3E เมื่อใช้น้ำมันออกเทน 91

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)	แรงบิดเบรค (N.m)									
	9.23	18.46	27.69	36.92	46.15	55.38	64.61	73.84	83.07	92.3
1000	-	13.86	18.15	20.46	20.80	19.16	15.55	9.96	-	-
1200	-	-	18.96	20.23	20.65	20.23	18.96	16.84	-	-
1400	-	-	19.60	20.10	20.39	20.47	20.35	20.02	19.48	-
1600	-	-	20.13	20.04	20.13	20.39	20.84	21.45	22.25	-
1800	-	-	-	20.02	19.90	20.19	20.90	22.02	23.56	-
2000	-	-	-	20.03	19.71	19.96	20.77	22.14	24.07	-
2200	-	-	-	20.05	19.57	19.73	20.54	22.00	24.12	-
2400	-	-	-	20.08	19.45	19.52	20.28	21.73	23.88	-
2600	-	-	-	20.09	19.36	19.33	20.00	21.36	23.42	-
2800	-	-	-	20.07	19.29	19.17	19.71	20.91	22.77	25.28
3000	-	-	-	20.00	19.23	19.03	19.40	20.34	21.85	23.93
3200	-	-	-	19.87	19.18	18.91	19.04	19.59	20.54	-
3400	-	-	-	19.61	19.14	18.79	18.58	18.51	18.57	-
3600	-	-	-	-	19.08	18.66	17.90	16.80	15.36	-
3800	-	-	-	-	19.01	18.48	16.75	13.82	9.69	-
4000	-	-	-	-	18.90	18.14	14.51	7.99	-	-

ตารางที่ 6.4 แสดงผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่จะนำไปสร้าง Performance Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 3E เมื่อใช้น้ำมันออกเทน 95

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)	แรงบิดเบรค(N.m)									
	9.79	19.58	29.37	39.16	48.95	58.74	68.53	78.32	88.11	97.9
1000	-	-	19.64	22.27	23.61	23.66	22.42	19.89	-	-
1200	-	-	18.80	21.27	22.83	23.47	23.20	22.01	-	-
1400	-	-	18.21	20.42	22.02	23.02	23.41	23.19	-	-
1600	-	-	17.87	19.73	21.25	22.43	23.26	23.74	23.88	-
1800	-	-	17.76	19.23	20.57	21.79	22.89	23.86	24.71	-
2000	-	-	-	18.90	19.99	21.16	22.39	23.68	25.05	-
2200	-	-	-	18.75	19.54	20.56	21.82	23.31	25.03	-
2400	-	-	-	18.78	19.22	20.03	21.23	22.80	24.76	-
2600	-	-	-	18.97	19.01	19.57	20.63	22.21	24.28	-
2800	-	-	-	19.31	18.93	19.18	20.05	21.54	23.66	-
3000	-	-	-	19.79	18.96	18.86	19.48	20.82	22.89	-
3200	-	-	-	20.41	19.09	18.59	18.90	20.03	21.98	24.74
3400	-	-	-	21.15	19.31	18.36	18.31	19.16	20.90	-
3600	-	-	-	22.01	19.59	18.15	17.67	18.16	19.62	-
3800	-	-	-	22.96	19.93	17.92	16.94	16.99	18.07	-
4000	-	-	-	-	20.28	17.64	16.06	15.56	16.14	-

ตารางที่ 6.5 แสดงผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่จะนำไปสร้าง Performance Map ของเครื่องยนต์ Mitsubishi Model G32B เมื่อใช้น้ำมันออกเทน 91

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)	แรงบิดเบรค (N.m)									
	9.01	18.02	27.03	36.04	45.05	54.06	63.07	72.08	81.09	90.1
1000	6.21	10.44	14.02	16.94	19.20	20.80	21.74	22.02	21.64	20.60
1200	-	10.52	14.32	17.38	19.70	21.27	22.10	22.19	21.54	-
1400	-	10.57	14.57	17.75	20.11	21.65	22.38	22.29	21.37	-
1600	-	10.60	14.77	18.05	20.45	21.95	22.57	22.29	21.13	19.08
1800	-	10.66	14.95	18.30	20.70	22.15	22.65	22.21	20.81	18.47
2000	-	10.76	15.13	18.50	20.87	22.25	22.64	22.02	20.42	-
2200	-	10.94	15.31	18.65	20.97	22.25	22.51	21.74	19.95	-
2400	-	11.22	15.51	18.76	20.97	22.14	22.27	21.36	19.41	-
2600	-	11.58	15.72	18.82	20.89	21.92	21.92	20.89	18.83	-
2800	-	12.04	15.93	18.82	20.70	21.58	21.46	20.34	-	-
3000	-	12.57	16.13	18.74	20.40	21.12	20.89	19.71	-	-
3200	-	-	16.28	18.56	19.98	20.53	20.21	19.03	-	-
3400	-	-	-	18.27	19.42	19.81	19.44	18.32	-	-
3600	-	-	-	17.84	18.72	18.98	18.61	17.61	-	-
3800	-	-	-	17.23	17.87	18.03	17.73	16.95	-	-
4000	-	-	-	16.45	16.87	17.00	16.84	16.38	-	-



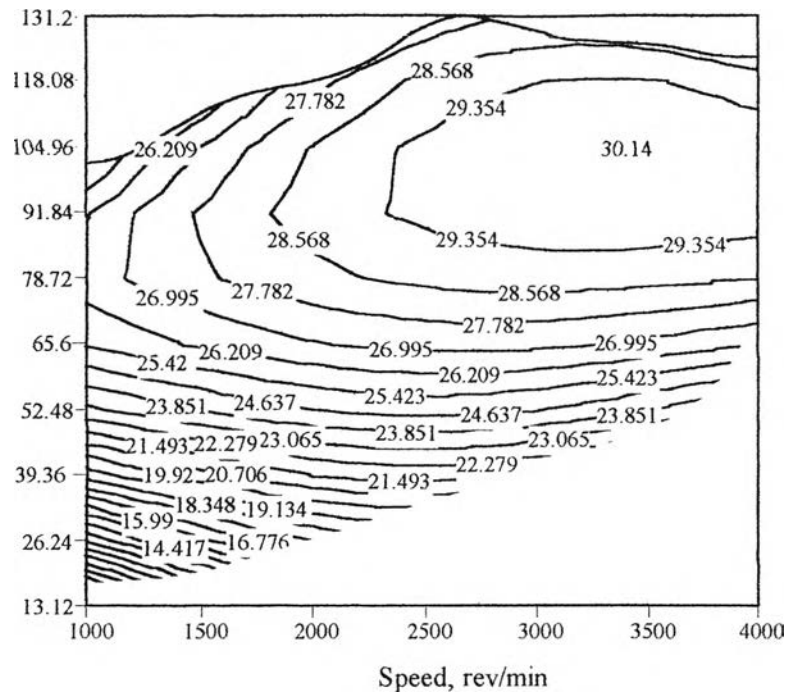
ตารางที่ 6.6 แสดงผลการคำนวณค่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคที่จะนำไปสร้าง Performance Map ของเครื่องยนต์ Mitsubishi Model G32B เมื่อใช้น้ำมันออกเทน 95

ความเร็วรอบเครื่องยนต์ (rev/min)	แรงบิดเบรค (N.m)									
	9.24	18.48	27.72	36.96	46.2	55.44	64.68	73.92	83.16	92.4
1000	-	-	17.11	20.21	22.48	23.92	24.54	24.33	23.28	-
1200	-	12.52	16.64	19.88	22.23	23.69	24.27	23.96	22.76	-
1400	-	11.95	16.23	19.57	21.98	23.44	23.96	23.54	22.18	-
1600	-	11.50	15.89	19.30	21.72	23.16	23.61	23.08	21.56	-
1800	-	11.17	15.63	19.06	21.47	22.86	23.23	22.57	20.89	18.18
2000	-	10.96	15.43	18.85	21.22	22.53	22.80	22.01	20.17	-
2200	-	-	15.30	18.66	20.95	22.17	22.32	21.41	-	-
2400	-	10.90	15.23	18.49	20.67	21.78	21.81	20.76	-	-
2600	-	11.04	15.22	18.33	20.37	21.34	21.24	20.07	-	-
2800	-	11.30	15.26	18.18	20.04	20.86	20.63	19.35	-	-
3000	-	11.64	15.34	18.02	19.69	20.34	19.97	18.60	-	-
3200	-	12.07	15.44	17.84	19.29	19.76	19.28	17.83	-	-
3400	-	12.56	15.55	17.64	18.84	19.14	18.54	17.05	-	-
3600	-	-	-	17.40	18.34	18.46	17.77	16.27	-	-
3800	-	-	-	17.11	17.78	17.74	16.98	15.52	-	-
4000	-	-	-	16.76	17.16	16.97	16.18	14.81	-	-

## 6.2 แผนภูมิ Performance Map

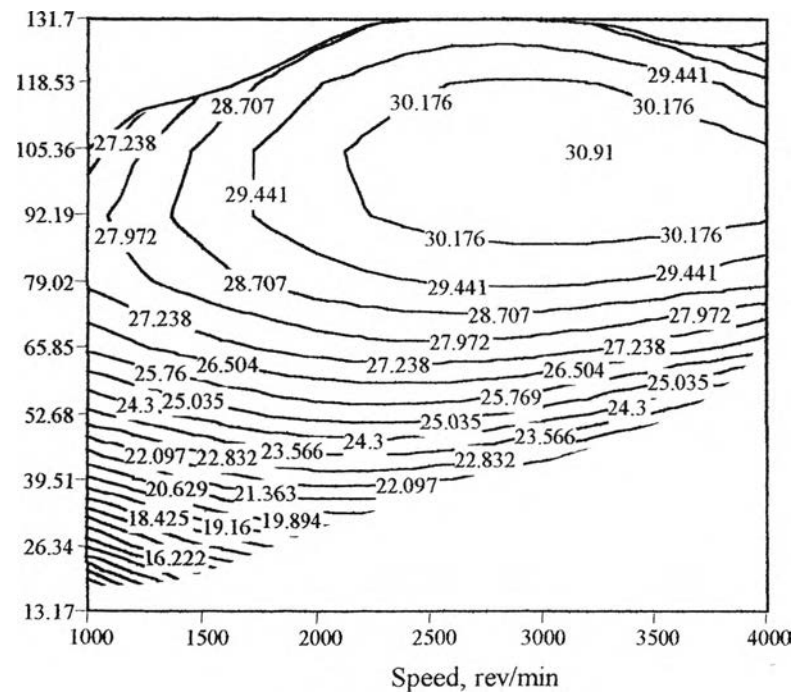
จากผลการคำนวณดังที่แสดงไว้ในตารางที่ 6.1-6.6 เมื่อลากเส้นต่อจุดที่มีประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคเท่ากัน ก็จะได้ Performance Map ซึ่งแสดงเส้นประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคคงที่ระหว่างแกนของแรงบิดเบรคของเครื่องยนต์และความเร็วรอบของเครื่องยนต์ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6.1-6.6 ดังนี้

Brake Torque, N.m



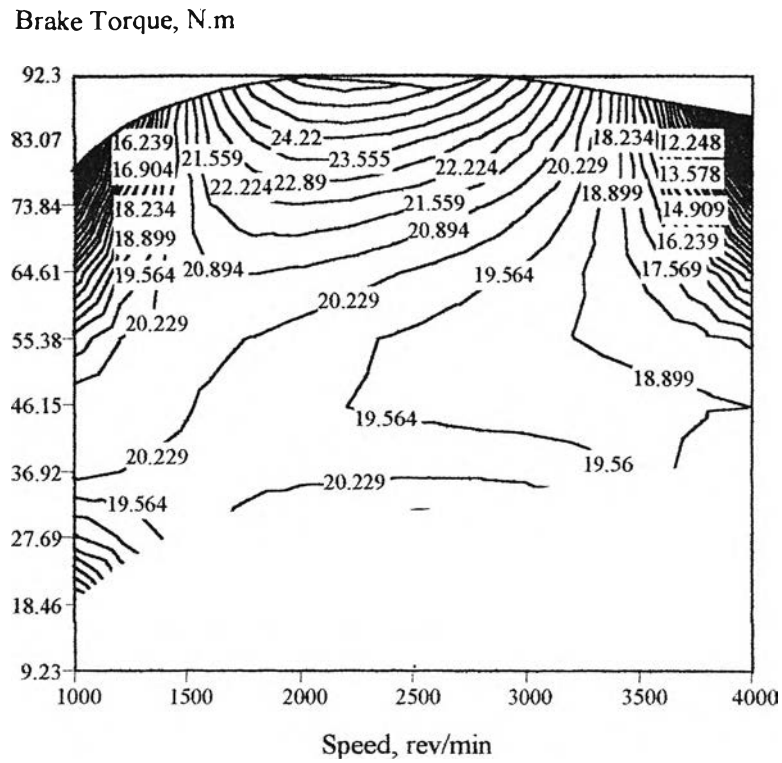
รูปที่ 6.1 แสดง Performance Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE โดยใช้น้ำมันออกเทน 91

Brake Torque, N.m

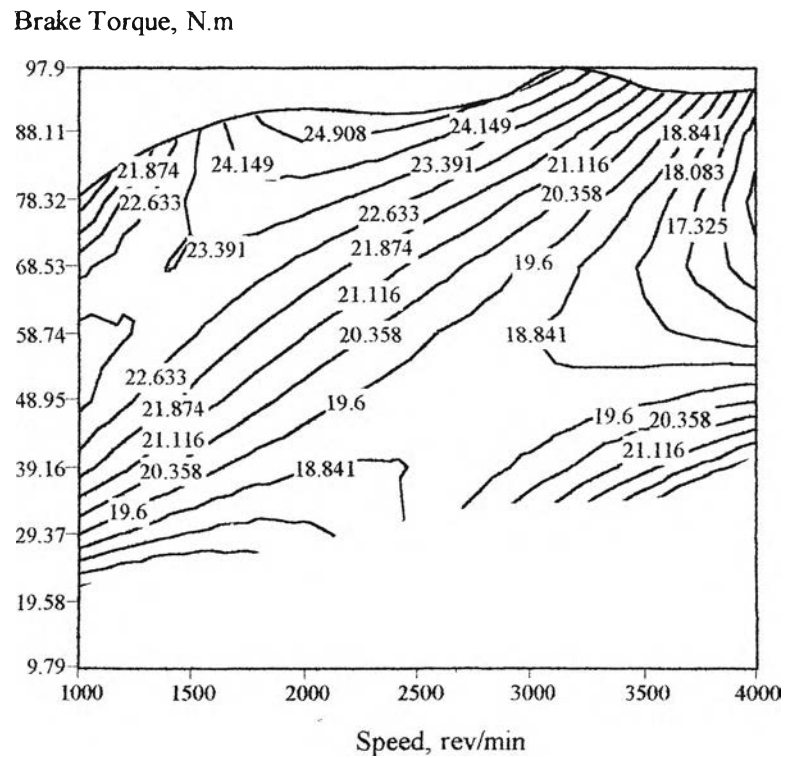


รูปที่ 6.2 แสดง Performance Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE โดยใช้น้ำมันออกเทน 95

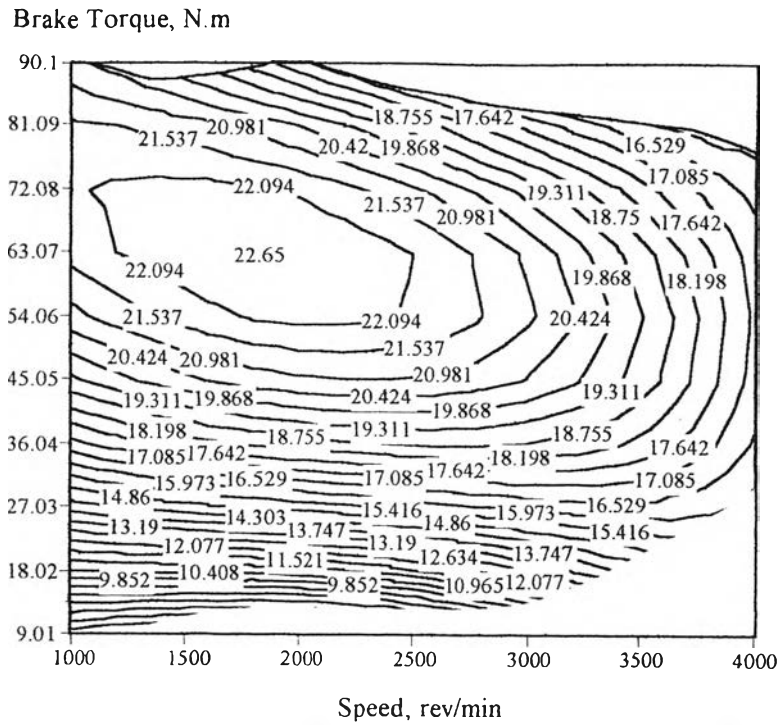




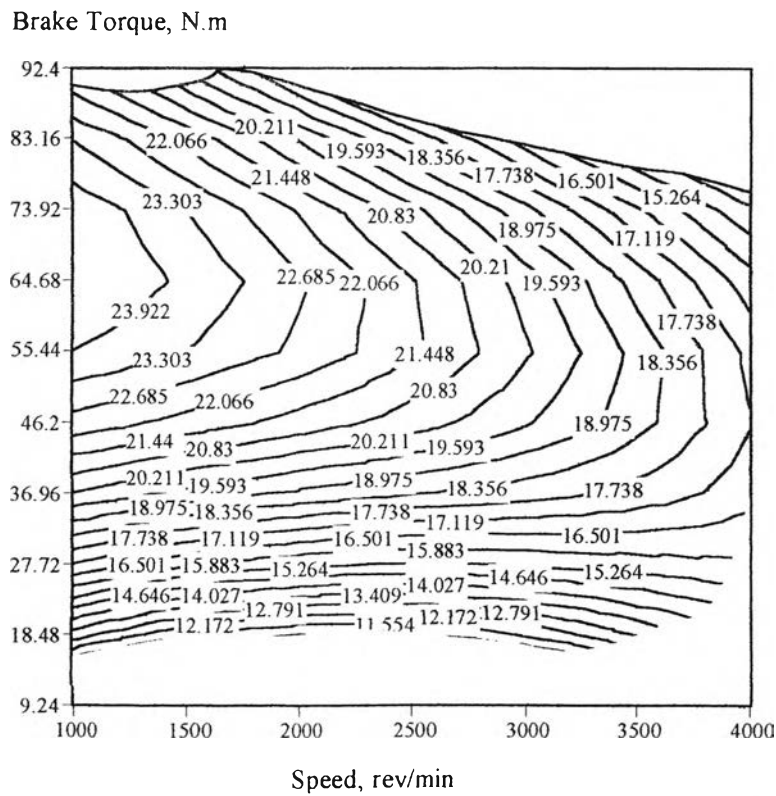
รูปที่ 6.3 แสดง Performance Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 3E โดยใช้น้ำมันออกเทน 91



รูปที่ 6.4 แสดง Performance Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 3E โดยใช้น้ำมันออกเทน 95



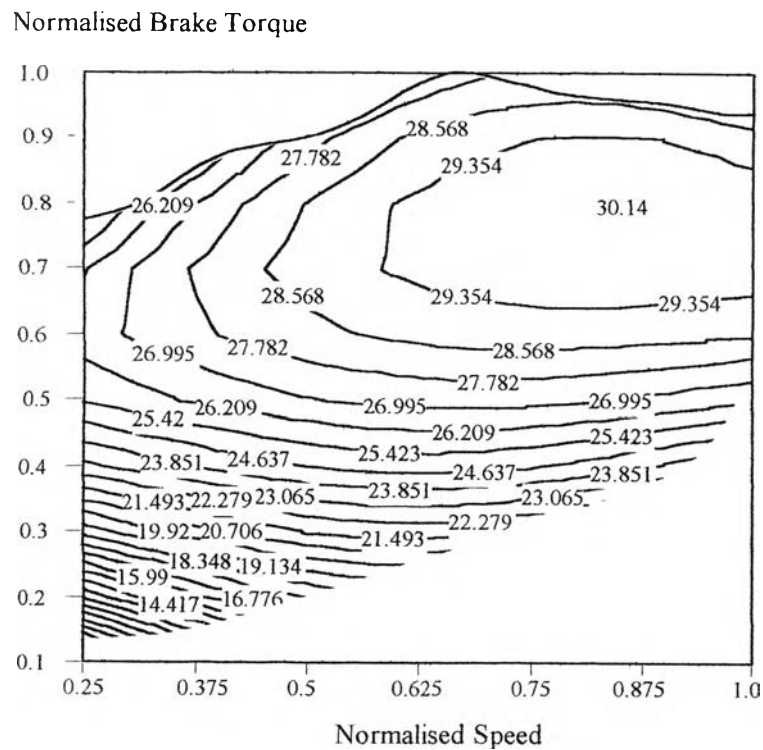
รูปที่ 6.5 แสดง Performance Map ของเครื่องยนต์ Mitsubishi Model G32B โดยใช้น้ำมันออกเทน 91



รูปที่ 6.6 แสดง Performance Map ของเครื่องยนต์ Mitsubishi Model G32B โดยใช้น้ำมันออกเทน 95

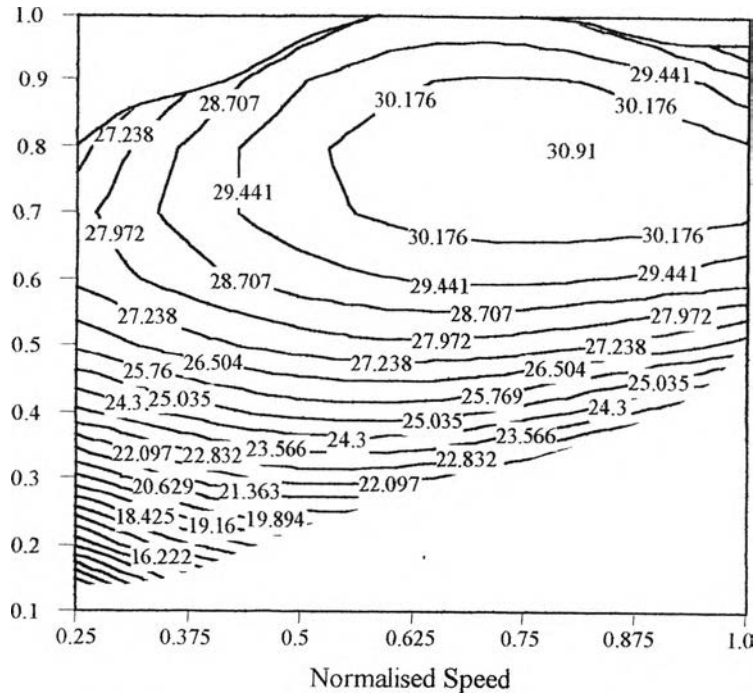
### 6.3 แผนภูมิ Normalised Map

แผนภูมิ Normalised Map เกิดจากการแปลง Performance Map โดยจะมีลักษณะคล้ายคลึงกัน เพียงแต่ Normalised Map จะเป็นแผนภูมิแสดงเส้นประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคคองที่บนแกนระหว่างอัตราส่วนแรงบิดเบรคกับอัตราส่วนความเร็วรอบของเครื่องยนต์ซึ่งได้แสดงรูปของ Normalised Map ไว้ ดังรูปที่ 6.7-6.12



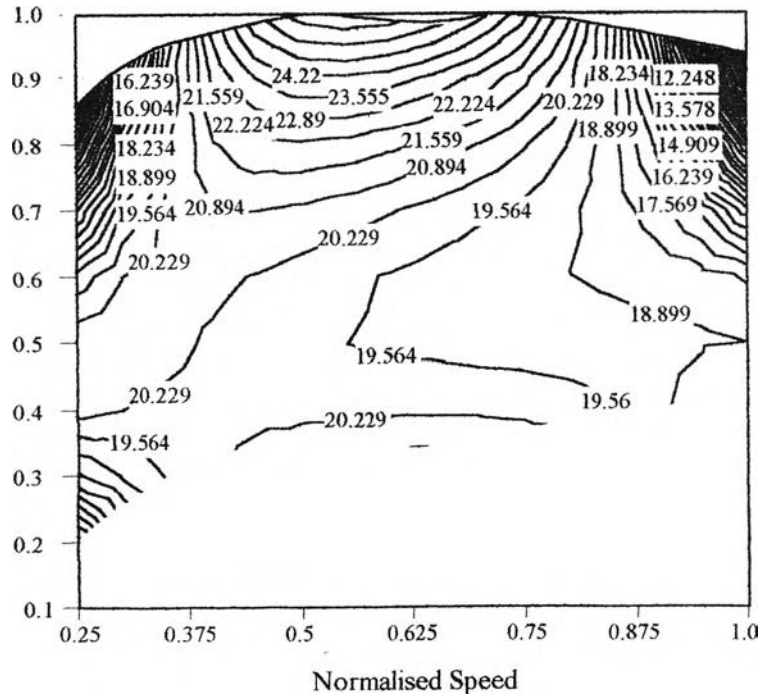
รูปที่ 6.7 แสดง Normalised Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE โดยใช้น้ำมันออกเทน 91

Normalised Brake Torque



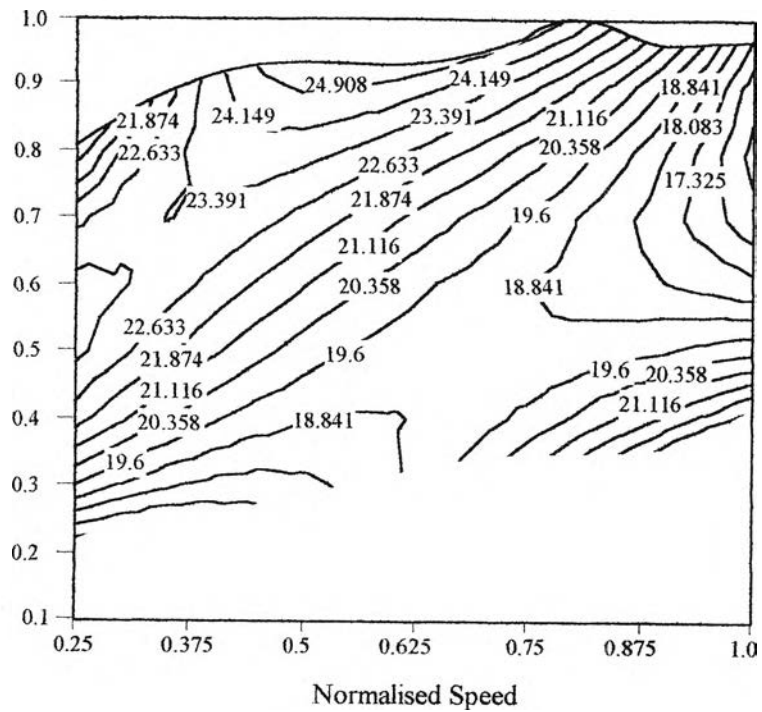
รูปที่ 6.8 แสดง Normalised Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE โดยใช้น้ำมันออกเทน 95

Normalised BrakeTorque



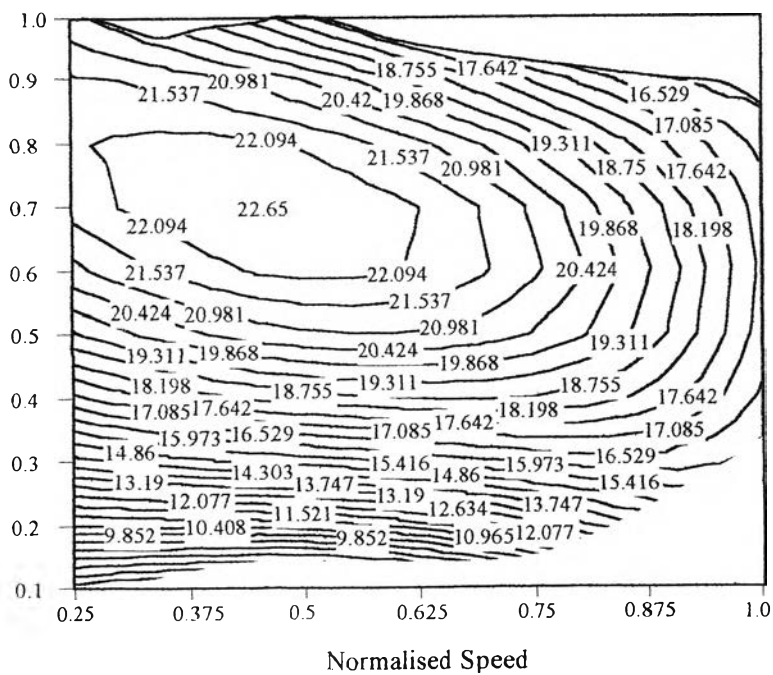
รูปที่ 6.9 แสดง Normalised Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 3E โดยใช้น้ำมันออกเทน 91

Normalised Brake Torque



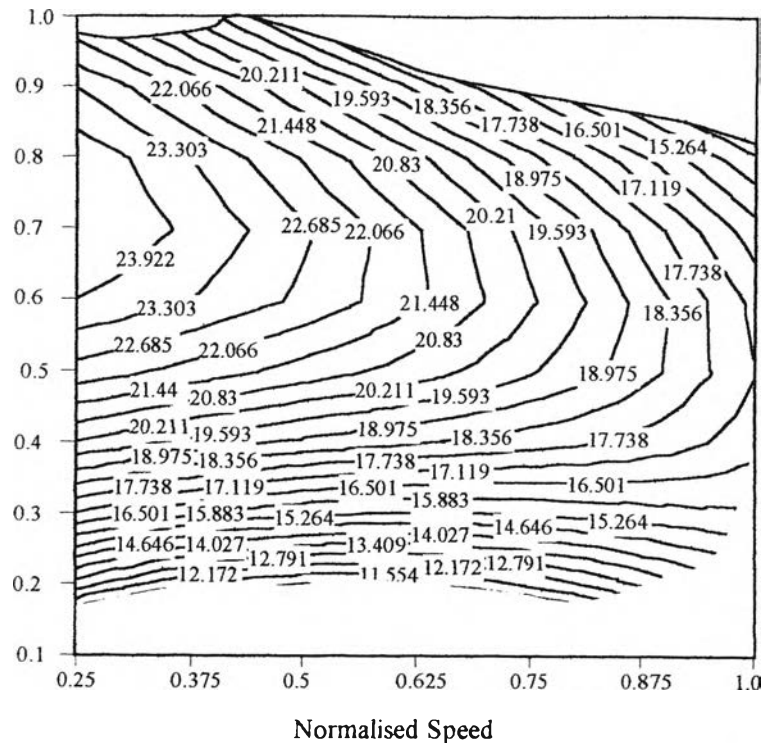
รูปที่ 6.10 แสดง Normalised Map ของเครื่องยนต์ Toyota Model 3E โดยใช้น้ำมันออกเทน 95

Normalised Brake Torque



รูปที่ 6.11 แสดง Normalised Map ของเครื่องยนต์ Mitsubishi Model G32B โดยใช้น้ำมันออกเทน 91

Normalised Brake Torque



รูปที่ 6.12 แสดง Normalised Map ของเครื่องยนต์ Mitsubishi Model G32B โดยใช้น้ำมันออกเทน 95

#### 6.4 แผนภูมิ Generalised Map

ในการสร้างแผนภูมิ Generalised Map ทำได้โดยการเฉลี่ยข้อมูลทั้งหมดที่ได้จาก Normalised Map ของเครื่องยนต์ทุกเครื่อง โดยการเฉลี่ยข้อมูลนั้น จำเป็นจะต้องใช้วิธีทางสถิติโดยจะต้องทำการถ่วง weight ด้วยปริมาณสัดส่วนร้อยละของแต่ละเครื่องยนต์ในท้องตลาดด้วย ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้กำหนด weight ของเครื่องยนต์ในแต่ละเครื่องยนต์ดังนี้

1. เครื่องยนต์ Toyota Model 4A-FE กำหนด weight = 10.06
2. เครื่องยนต์ Toyota Model 3E กำหนด weight = 10.36
3. เครื่องยนต์ Mitsubishi Model G32B กำหนด weight = 9.84

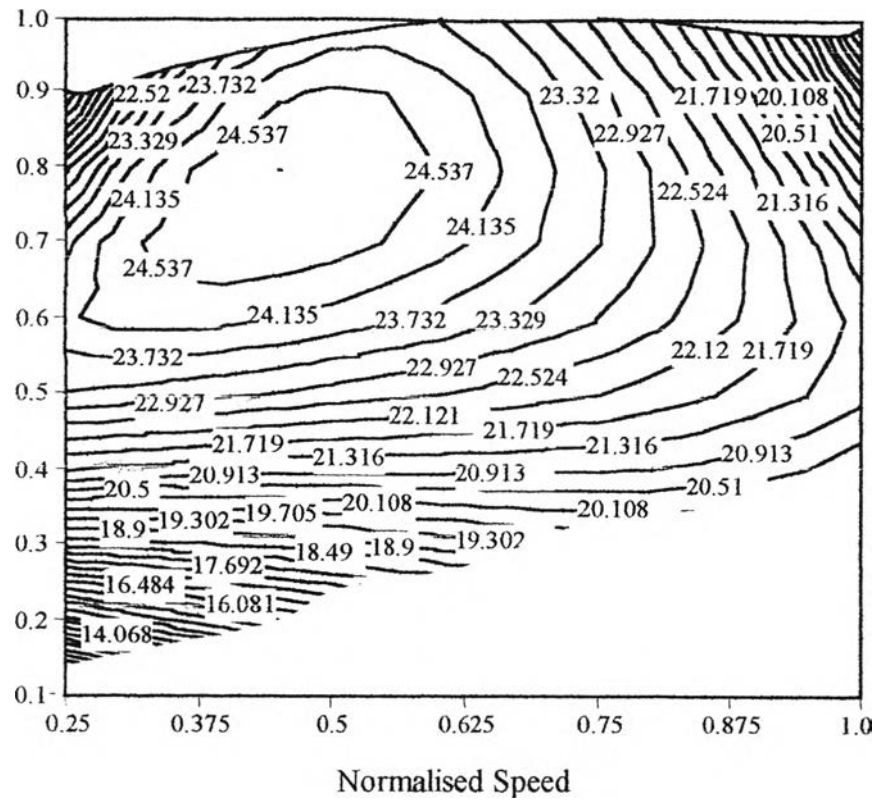
หลักการกำหนด weight ได้อธิบายไว้ในบทที่ 4 ของวิทยานิพนธ์เล่มนี้ ซึ่งค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์ทั้งหมดได้แสดงไว้ในตารางที่ 6.7 และจากค่าของประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคทั้งหมดในตารางที่ 6.7 ก็จะสามารถนำไปสร้างเป็น Generalised Map ได้ดังในรูปที่

6.13

ตารางที่ 6.7 แสดงค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพเชิงความร้อนเบรคของเครื่องยนต์ทั้งหมดที่จะนำไปสร้างเป็น Generalised Map

Normalised Speed	Normalised Brake Torque									
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
0.25	-	13.93	18.25	21.37	23.32	24.07	23.64	22.02	19.22	-
0.3	-	14.47	18.33	21.25	23.24	24.29	24.4	23.57	21.81	19.1
0.35	-	14.92	18.43	21.16	23.13	24.32	24.74	24.39	23.27	21.38
0.4	-	-	18.54	21.1	23.01	24.26	24.86	24.8	24.08	22.71
0.45	-	-	18.66	21.06	22.89	24.14	24.83	24.94	24.48	23.46
0.5	-	-	18.79	21.03	22.77	23.99	24.71	24.91	24.61	23.8
0.55	-	-	-	21.02	22.65	23.82	24.52	24.77	24.55	23.86
0.6	-	-	-	21.01	22.53	23.62	24.29	24.53	24.34	23.72
0.65	-	-	-	21	22.41	23.41	24.01	24.22	24.02	23.42
0.7	-	-	-	20.99	22.27	23.18	23.7	23.85	23.61	22.98
0.75	-	-	-	20.95	22.13	22.93	23.36	23.42	23.1	22.42
0.8	-	-	-	20.9	21.96	22.65	22.97	22.92	22.5	21.72
0.85	-	-	-	20.82	21.77	22.34	22.53	22.35	21.78	20.83
0.9	-	-	-	20.69	21.55	22	22.04	21.66	20.86	19.65
0.95	-	-	-	20.5	21.31	21.62	21.44	20.77	19.61	17.95
1.0	-	-	-	20.19	21.02	21.18	20.68	19.5	17.67	15.16

## Normalised Brake Torque



รูปที่ 6.13 แสดง Generalised Map