บทที่ 5

ผลการทดสอบ

ในบทนี้จะกล่าวถึงผลการทดสอบเครื่องยนต์ OEM และเครื่องยนต์ที่ปรับแปรปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เพื่อศึกษาผลของการเปลี่ยนแปรปริมาณออกซิเจนในไอเสียต่อสมรรถนะและมลภาวะของเครื่องยนต์ โดยผลการทดสอบได้ถูกแก้ไขเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับสภาวะอุณหภูมิ ความดัน ความชื้นสัมพัทธ์ ที่ p_r = 100 kPa Air Temperature T_r = 300 K (27 °C) Relative humidity ϕ_r = 60% ตามมาตรฐานการทดสอบของสำนักงานมาตรฐานออสเตรเลีย; AS 2789.1-1985 [8]

รายละเอียดที่เกี่ยวกับผลการทดสอบเครื่องยนต์ OEM และเครื่องยนต์ที่ปรับแปรปริมาณออกซิเจนแสดงอยู่ในภาคผนวก จ.

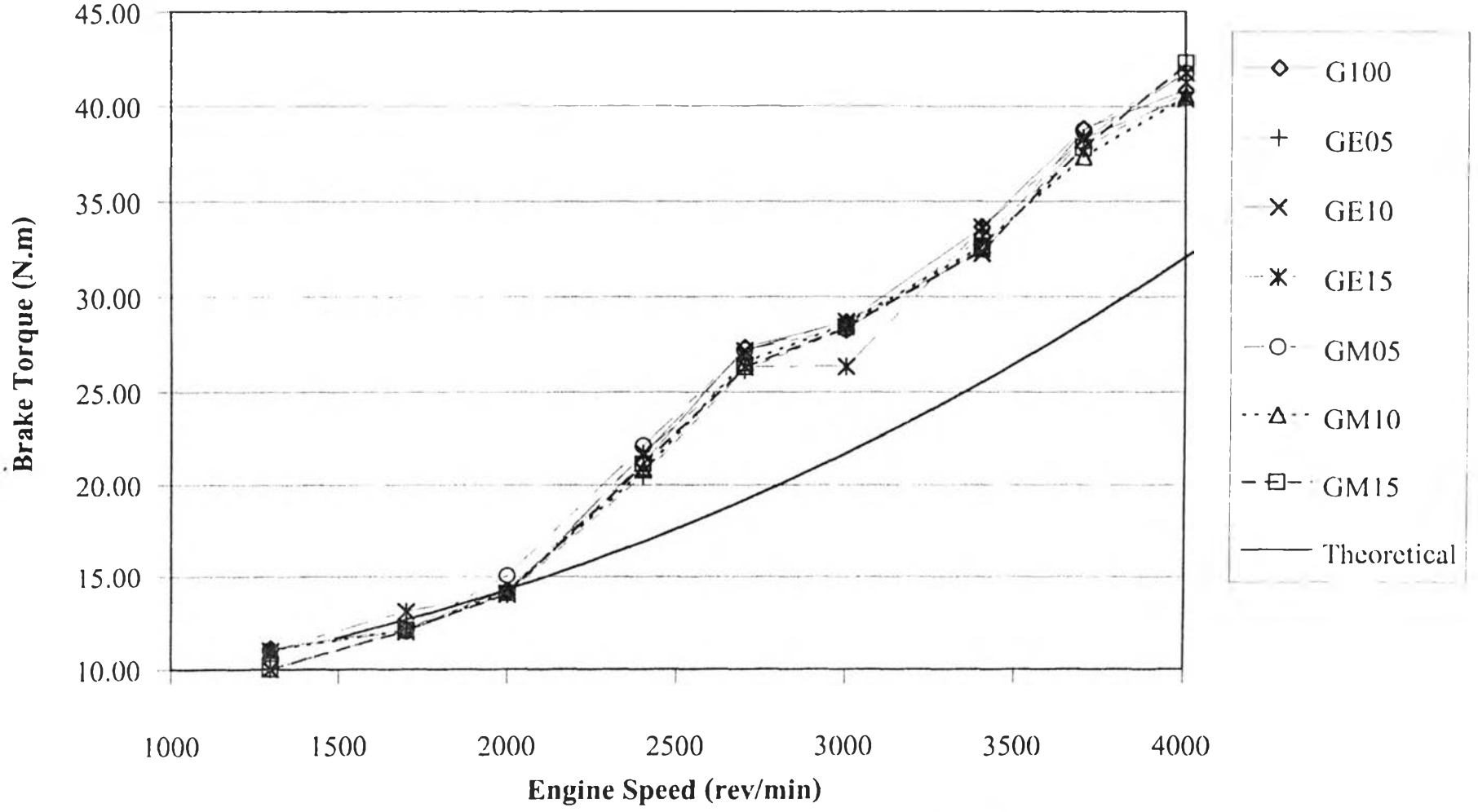
5.1 เครื่องยนต์ OEM

5.1.1 Brake Torque

Brake Torque ของเครื่องยนต์ OEM TOYOTA 4A-FE เมื่อใช้น้ำมันเบนซินผสมสารออกซิเจนเนต 7 ชนิดที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามสภาวะจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-FE ที่ติดตั้งในรถยนต์ CORONA เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่โดยใช้เกียร์ 4 บนถนนราบด้วยความเร็วคงที่ ไว้ในตารางที่ 5.1 และสามารถแสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบด้วยแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Torque กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้ดังแสดงในรูปที่ 5.1

ตาราง 5.1 แสดงค่า Brake Torque ของเครื่องยนต์ OEM TOYOTA 4A-FE ที่ Road Load ณ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่างๆ เมื่อใช้น้ำมัน G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

Engine Speed	Brake Torque (N.m)						
(rev/min)	G100	GE05	GE10	GE15	GM05	GM10	GM15
1300	11.12	10.04	10.04	11.01	11.03	11.06	10.04
1700	12.12	12.06	12.03	13.11	12.03	12.12	12.08
2000	14.27	14.02	14.05	14.08	15.07	14.18	14.08
2400	21.23	20.57	21.70	21.74	22.14	20.84	21.13
2700	27.38	26.19	27.21	26.36	27.23	26.61	26.32
3000	28.71	28.33	28.73	26.38	28.33	28.63	28.44
3400	33.68	33.08	32.31	33.35	32.51	32.74	32.51
3700	38.87	37.87	38.39	38.35	38.80	37.43	37.89
4000	40.88	40.79	40.46	41.80	41.78	40.57	42.28



รูปที่ 5.1 แสดงความสัมพันธ์ของ Brake Torque ของเครื่องยนต์ OEM กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบผลจากใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15 และ Brake Torque ที่ได้จากทางทฤษฎี

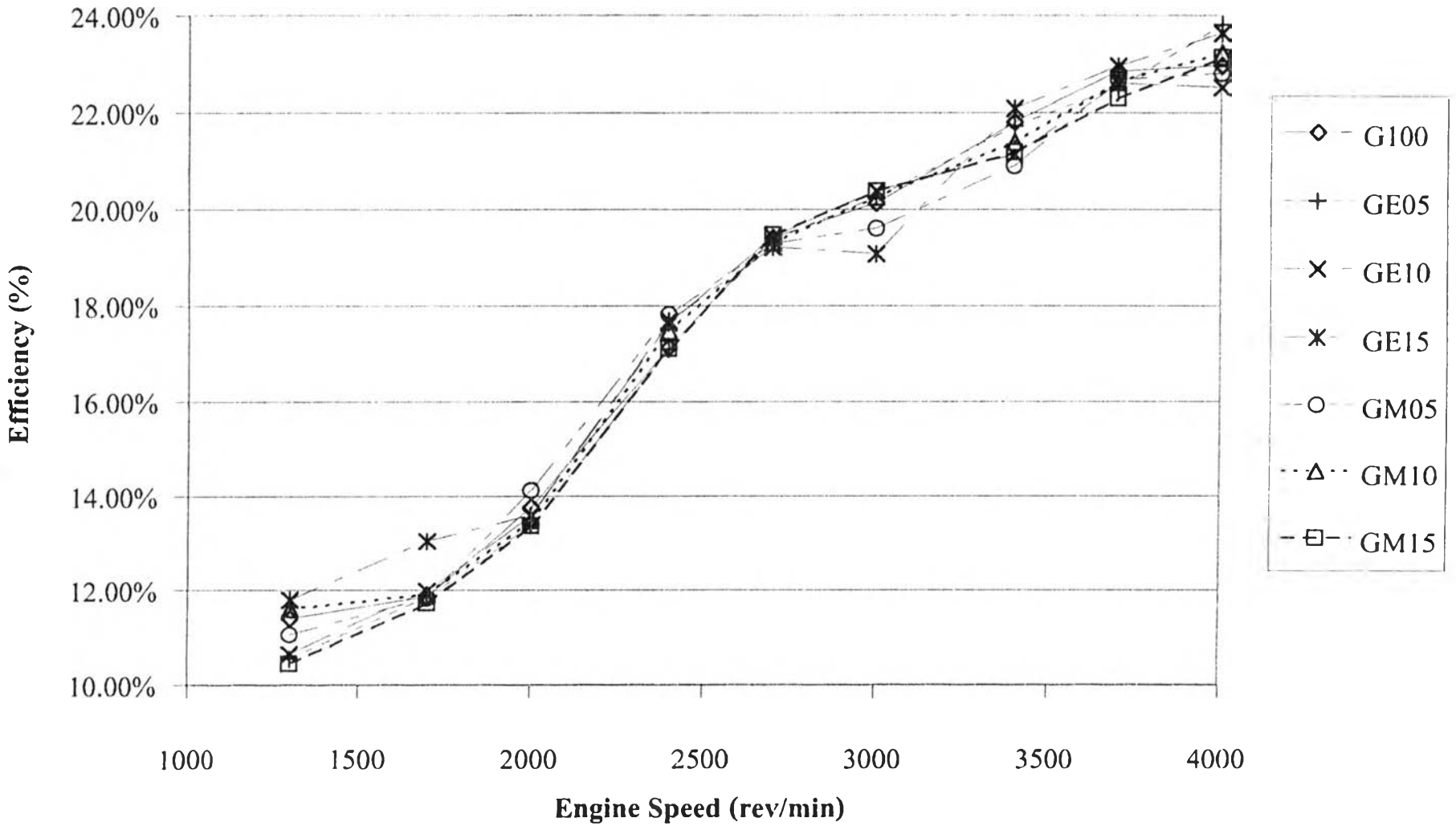
5.1.2 ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

ในงานวิจัยนี้เลือกใช้แกนประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์แทนการใช้แกน bfsc กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ก็เนื่องมาจากน้ำมันเชื้อเพลิงที่ใช้ทำการทดสอบมีหลายตัวอย่าง และแต่ละตัวอย่างก็มีค่า Heating Value ที่ไม่เท่ากัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกใช้แกนของประสิทธิภาพเพื่อใช้ในการเปรียบเทียบผลของน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละตัวอย่าง

ประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ OEM TOYOTA 4A-FE เมื่อใช้น้ำมันเบนซินผสมสารออกซิเจนเนต 7 ชนิดที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามสภาวะจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-FE ที่ติดตั้งในรถยนต์ CORONA เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่โดยใช้เกียร์ 4 บนถนนราบด้วยความเร็วคงที่ แสดงในตารางที่ 5.2 และสามารถแสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบด้วยแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับความเร็วรอบได้ดังรูปที่ 5.2

ตาราง 5.2 แสดงค่า Efficiency ของเครื่องยนต์ OEM TOYOTA 4A-FE ที่ Road Load ณ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่างๆ เมื่อใช้น้ำมัน G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

Engine Speed	**Efficiency (%)**						
(rev/min)	**G100**	**GE05**	**GE10**	**GE15**	**GM05**	**GM10**	**GM15**
1300	11.39	10.55	10.65	11.80	11.06	11.60	10.44
1700	11.86	11.84	11.99	13.05	11.83	11.92	11.73
2000	13.77	13.39	13.59	13.61	14.13	13.49	13.37
2400	17.15	17.11	17.65	17.70	17.82	17.49	17.11
2700	19.42	19.37	19.43	19.23	19.30	19.31	19.47
3000	20.14	20.25	20.39	19.08	19.61	20.27	20.39
3400	21.82	21.75	21.15	22.10	20.92	21.40	21.20
3700	22.86	22.52	22.62	22.97	22.69	22.66	22.30
4000	22.98	23.83	22.52	23.64	22.81	23.23	23.14



รูปที่ 5.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพเครื่องยนต์ OEM กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

5.1.3 มลภาวะ

ปริมาณมลภาวะอันได้แก่ CO, CO_2, และ HC ที่ได้จากเครื่องยนต์ OEM TOYOTA 4A-FE เมื่อทดสอบกับน้ำมันเชื้อเพลิง 7 ชนิด ที่ความเร็วรอบต่างๆ ตามสภาวะจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-FE ที่ติดตั้งในรถยนต์ CORORA เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่โดยใช้เกียร์ 4 บนถนนราบด้วยความเร็วคงที่ โดยแสดงค่า Specific CO, Specific CO_2, และ Specific HC ในตารางที่ 5.3 ถึง 5.5 ตามลำดับ และแสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบด้วยแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Specific CO, Specific CO_2, และ Specific HC กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ได้ดังรูปที่ 5.3 ถึง 5.5 ตามลำดับ

ตาราง 5.3 แสดงค่า Specific CO ของเครื่องยนต์ OEM TOYOTA 4A-FE ที่ Road Load ณ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่างๆ เมื่อใช้น้ำมัน G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

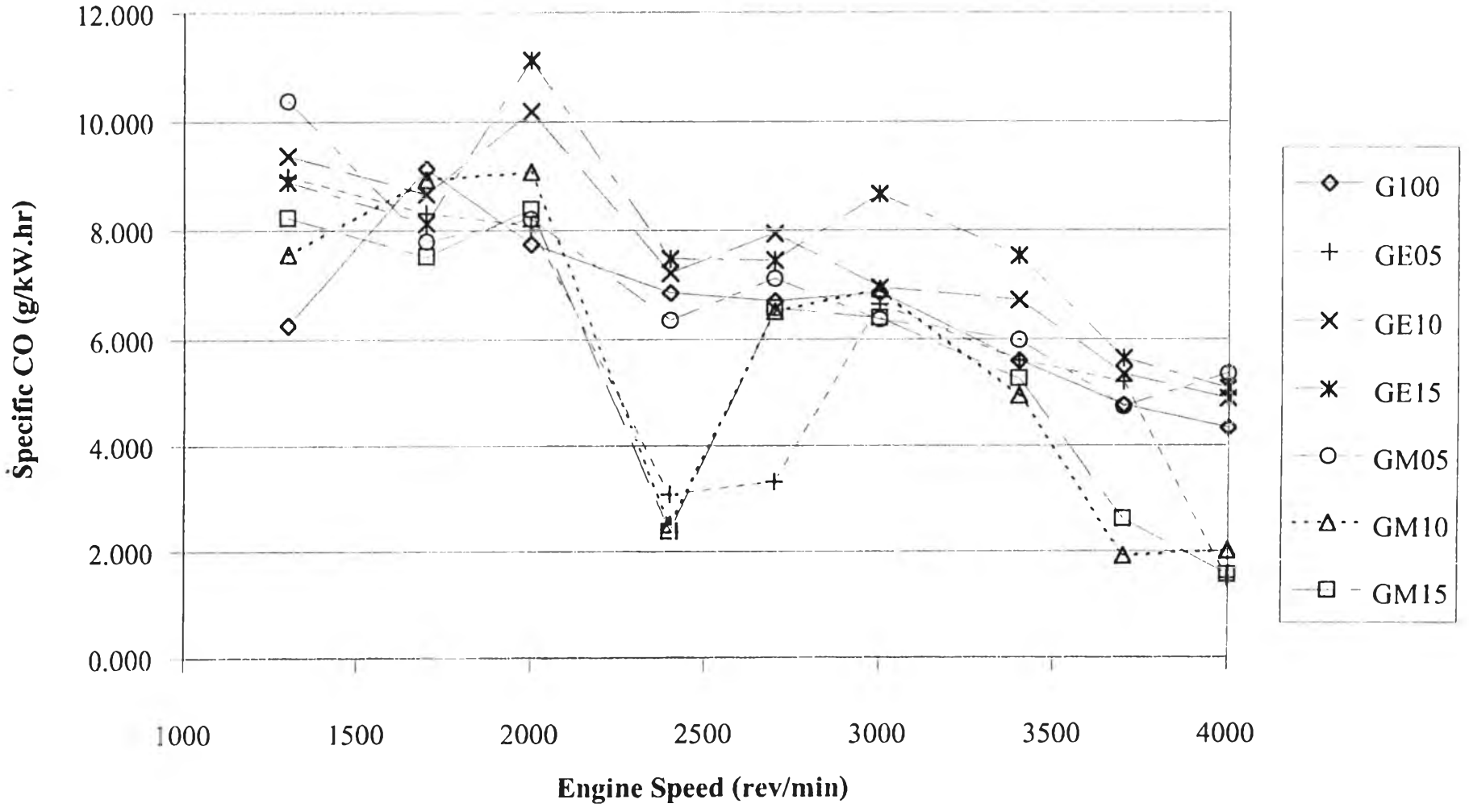
Engine Speed	**Specific CO (g/kW.hr)**						
(rev/min)	**G100**	**GE05**	**GE10**	**GE15**	**GM05**	**GM10**	**GM15**
1300	6.262	9.002	9.389	8.904	10.389	7.567	8.236
1700	9.147	8.319	8.672	8.141	7.800	8.949	7.527
2000	7.756	8.087	10.191	11.131	8.211	9.090	8.383
2400	6.865	3.083	7.228	7.489	6.351	2.512	2.385
2700	6.702	3.327	7.949	7.452	7.121	6.511	6.571
3000	6.857	6.649	6.954	8.677	6.362	6.924	6.390
3400	5.599	5.607	6.727	7.541	5.986	4.946	5.265
3700	4.765	5.203	5.353	5.651	4.737	1.919	2.611
4000	4.338	1.503	4.891	5.079	5.364	2.020	1.552

ตาราง 5.4 แสดงค่า Specific CO_2 ของเครื่องยนต์ OEM TOYOTA 4A-FE ที่ Road Load ณ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่างๆ เมื่อใช้น้ำมัน G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

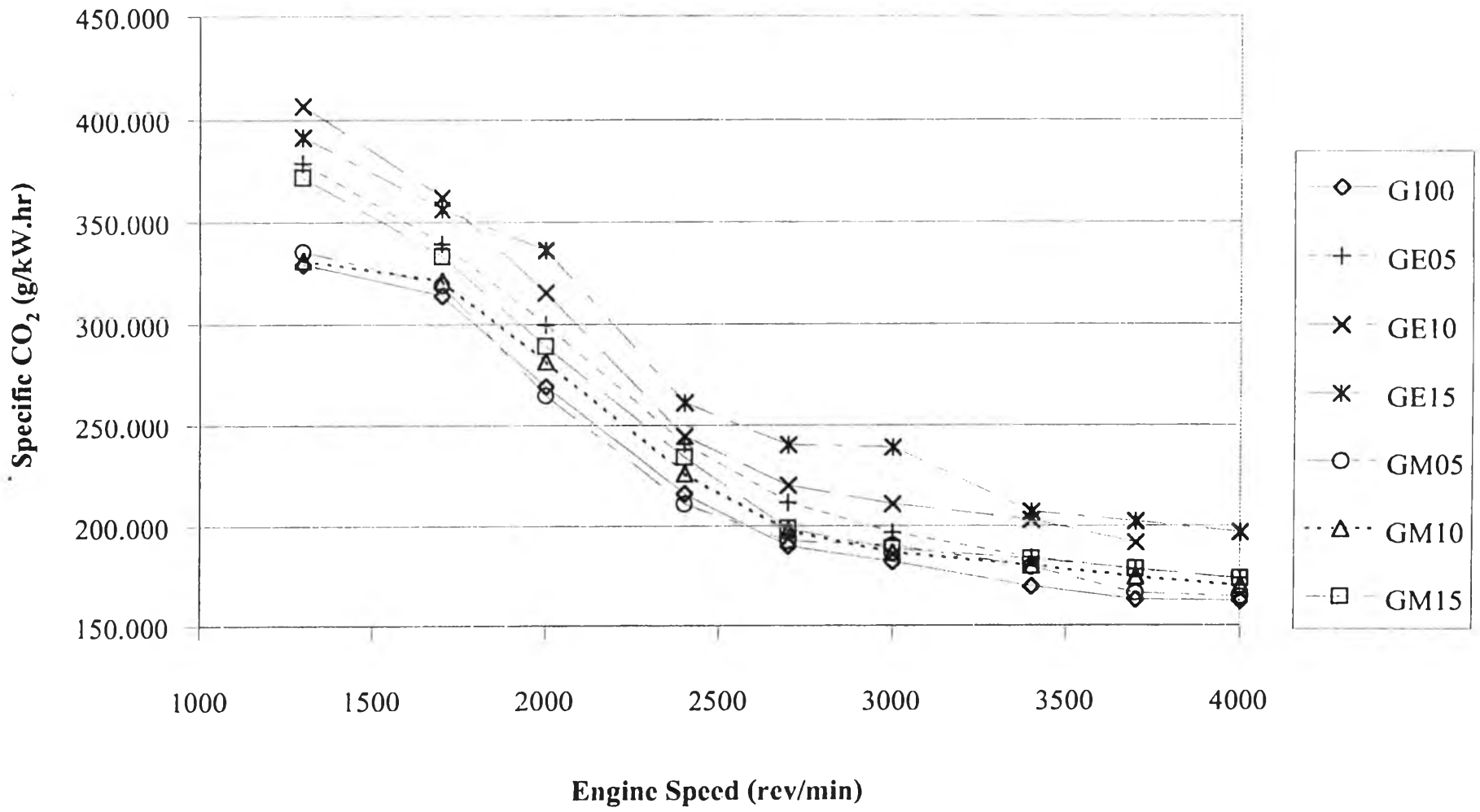
Engine Speed (rev/min)	Specific CO_2 (g/kW.hr)						
	G100	GE05	GE10	GE15	GM05	GM10	GM15
1300	329.167	379.042	406.661	391.796	335.638	331.219	371.946
1700	313.893	339.523	362.194	356.357	319.090	321.324	333.166
2000	269.512	299.835	315.593	336.433	264.715	281.863	289.033
2400	215.958	240.878	244.647	261.160	210.767	226.057	233.765
2700	189.849	211.752	219.953	240.199	192.344	197.878	198.572
3000	182.047	196.700	210.897	239.115	190.474	186.815	188.550
3400	169.793	184.237	202.921	207.030	179.297	180.082	183.587
3700	163.131	178.198	191.766	202.093	166.475	174.590	178.387
4000	162.637	173.889	193.370	196.819	164.659	170.107	173.466

ตาราง 5.5 แสดงค่า Specific HC ของเครื่องยนต์ OEM TOYOTA 4A-FE ที่ Road Load ณ ความเร็วรอบของเครื่องยนต์ต่างๆ เมื่อใช้น้ำมัน G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

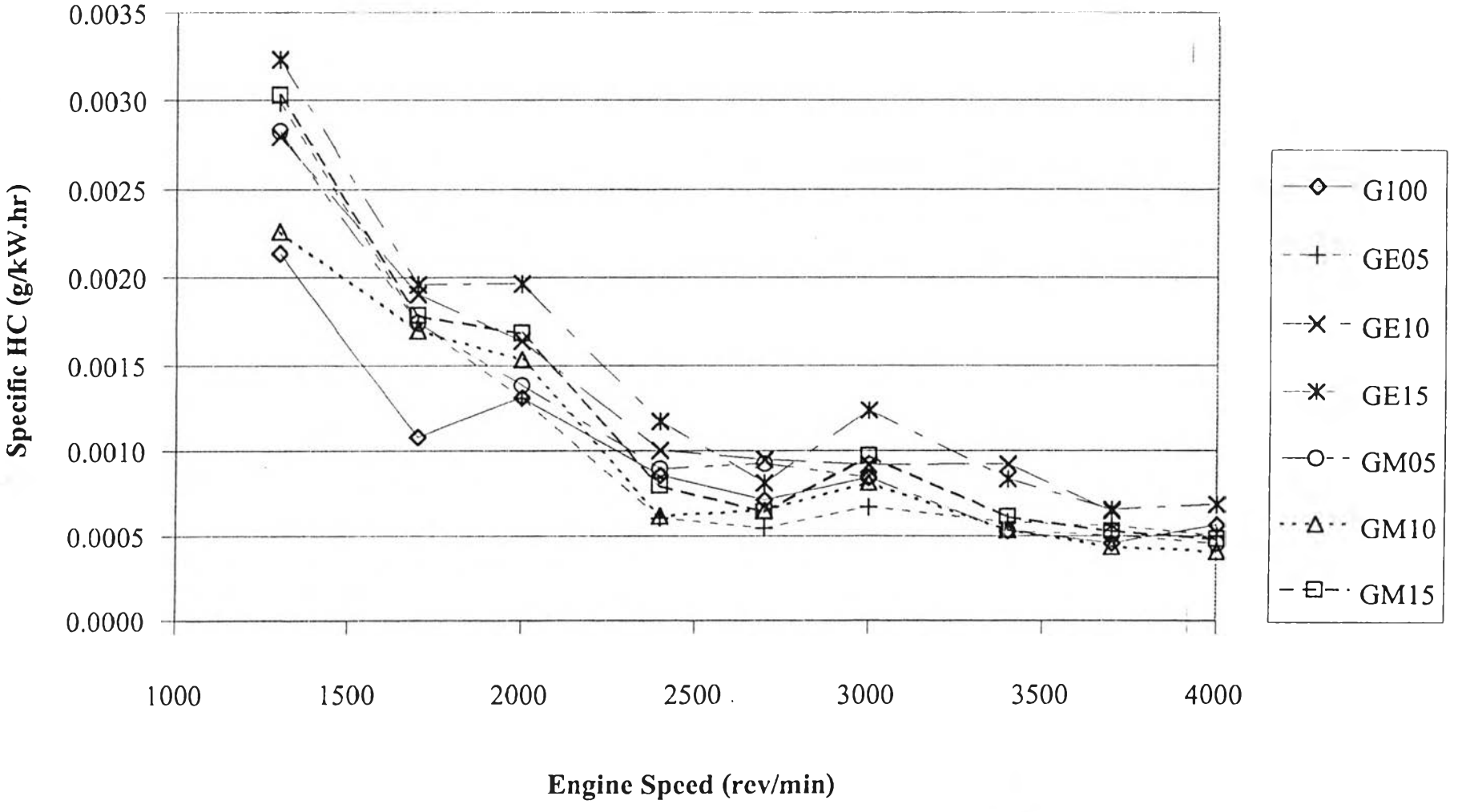
Engine Speed (rev/min)	Specific HC (g/kW.hr)						
	G100	GE05	GE10	GE15	GM05	GM10	GM15
1300	0.0021	0.0030	0.0028	0.0032	0.0028	0.0023	0.0030
1700	0.0011	0.0017	0.0019	0.0020	0.0017	0.0017	0.0018
2000	0.0013	0.0013	0.0016	0.0020	0.0014	0.0015	0.0017
2400	0.0009	0.0006	0.0010	0.0012	0.0009	0.0006	0.0008
2700	0.0007	0.0005	0.0010	0.0008	0.0009	0.0007	0.0006
3000	0.0008	0.0007	0.0009	0.0012	0.0008	0.0008	0.0010
3400	0.0005	0.0006	0.0009	0.0008	0.0005	0.0005	0.0006
3700	0.0005	0.0006	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0005
4000	0.0006	0.0005	0.0006	0.0007	0.0005	0.0004	0.0005



รูปที่ 5.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO ในไอเสียจากเครื่องยนต์ OEM กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15



รูปที่ 5.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO_2 ในไอเสียจากเครื่องยนต์ OEM กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

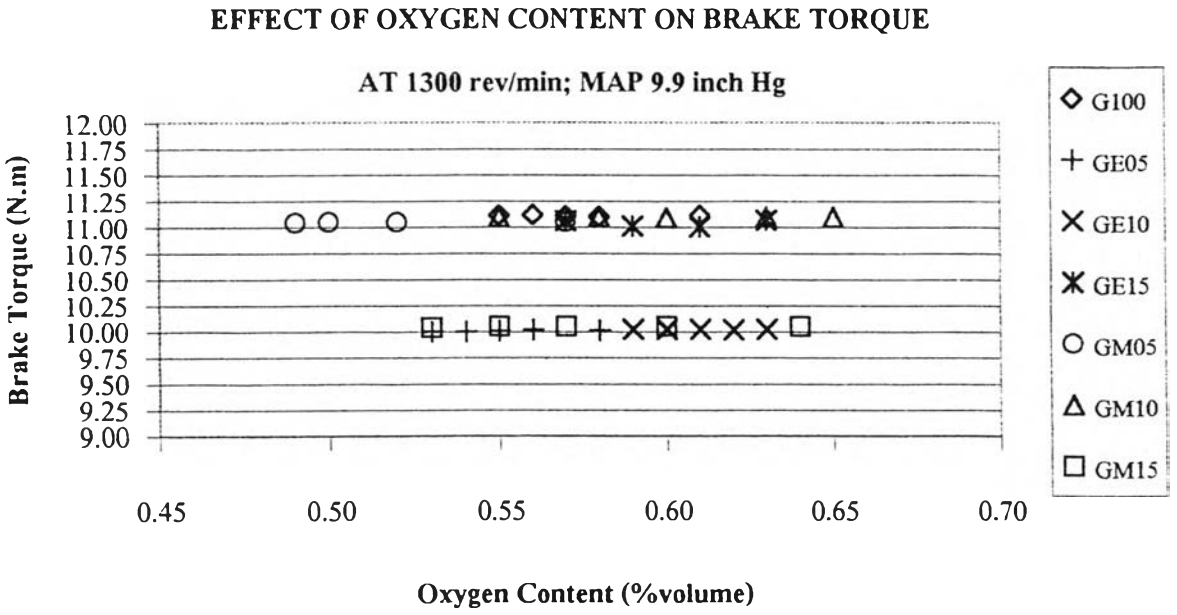


รูปที่ 5.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific HC ในไอเสียจากเครื่องยนต์ OEM กับความเร็วรอบของเครื่องยนต์ เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

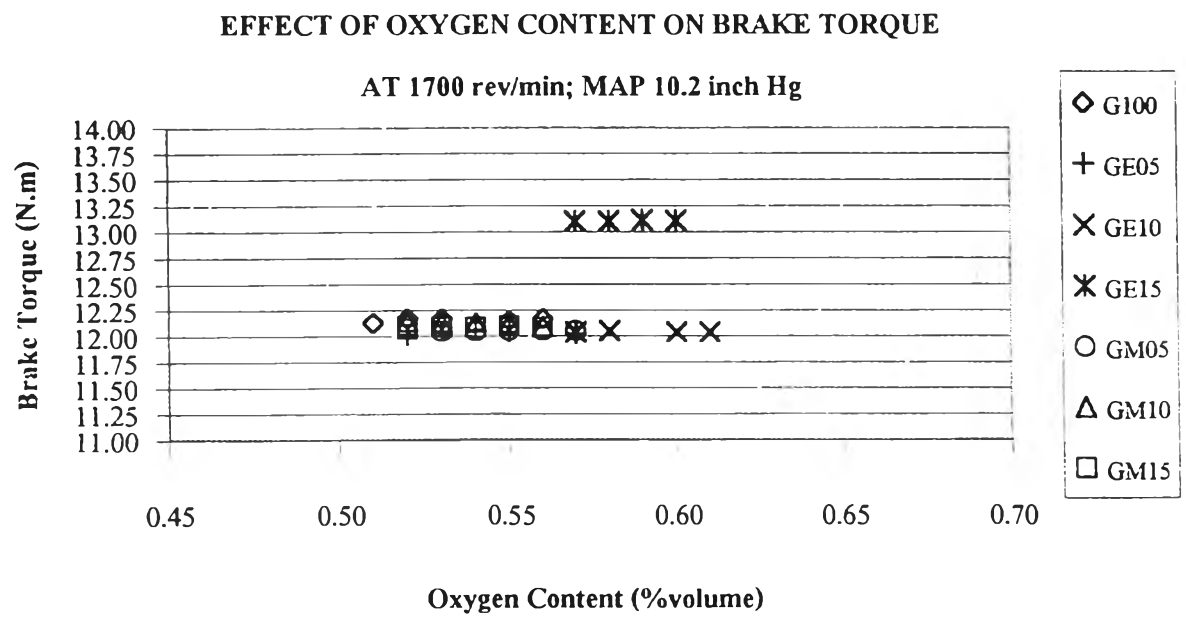
5.2 เครื่องยนต์ที่ปรับแปรปริมาณออกซิเจนในไอเสีย

5.2.1 ผลของปริมาณออกซิเจนในไอเสียต่อ Brake Torque

ผลการทดสอบเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-FE เมื่อปรับแปรปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เมื่อทดสอบกับน้ำมันเบนซินผสมสารออกซิเจนเนต 7 ชนิด ในแต่ละความเร็วรอบตามสภาวะจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งในรถยนต์ CORONA เมื่อรถยนต์วิ่งด้วยอัตราเร็วคงที่ โดยใช้เกียร์ 4 บนถนนราบ แสดงอยู่ในแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Torque กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย ดังแสดงในรูป 5.6 (ก) ถึง(ฌ)

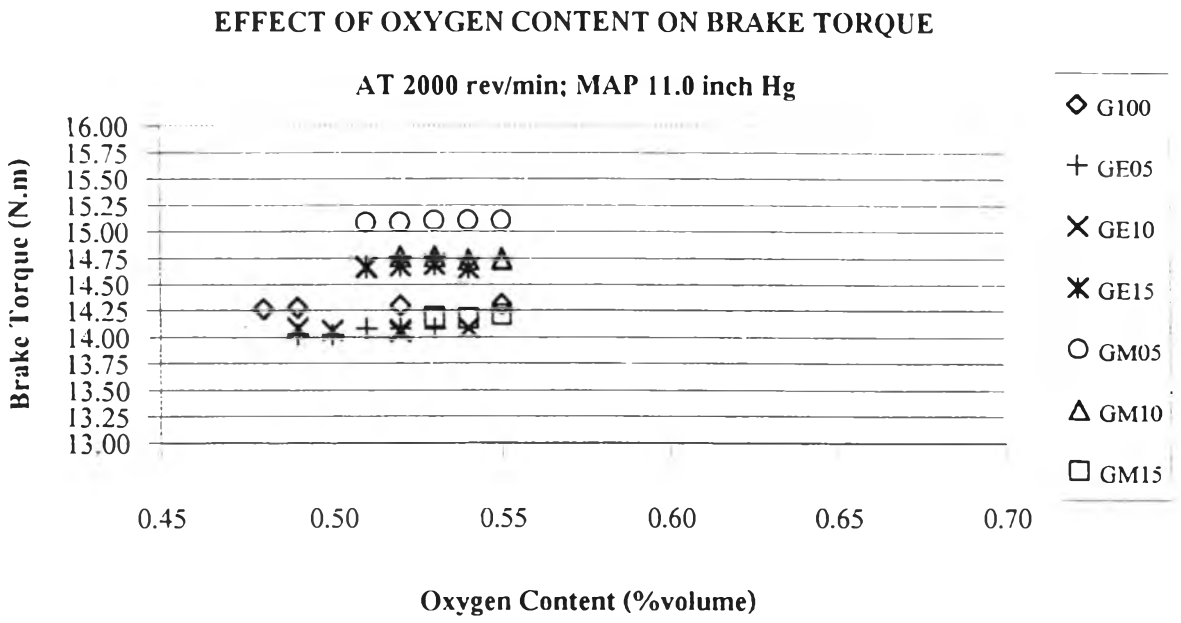


ก) 1300 rev/min

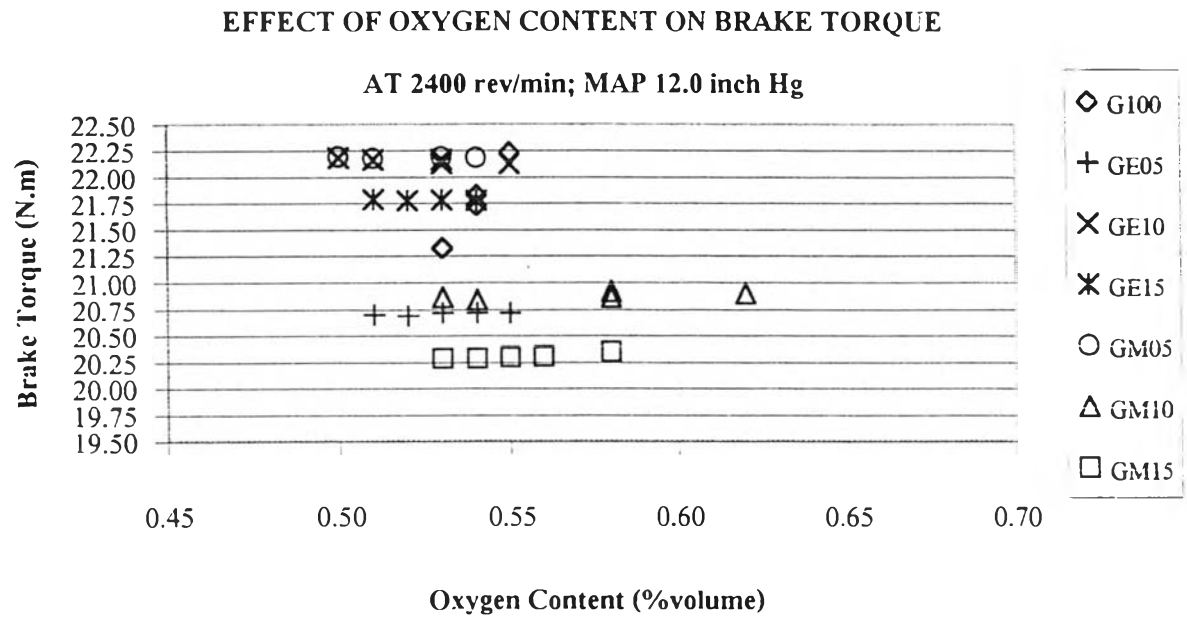


ข) 1700 rev/min

รูปที่ 5.6แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Torque กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

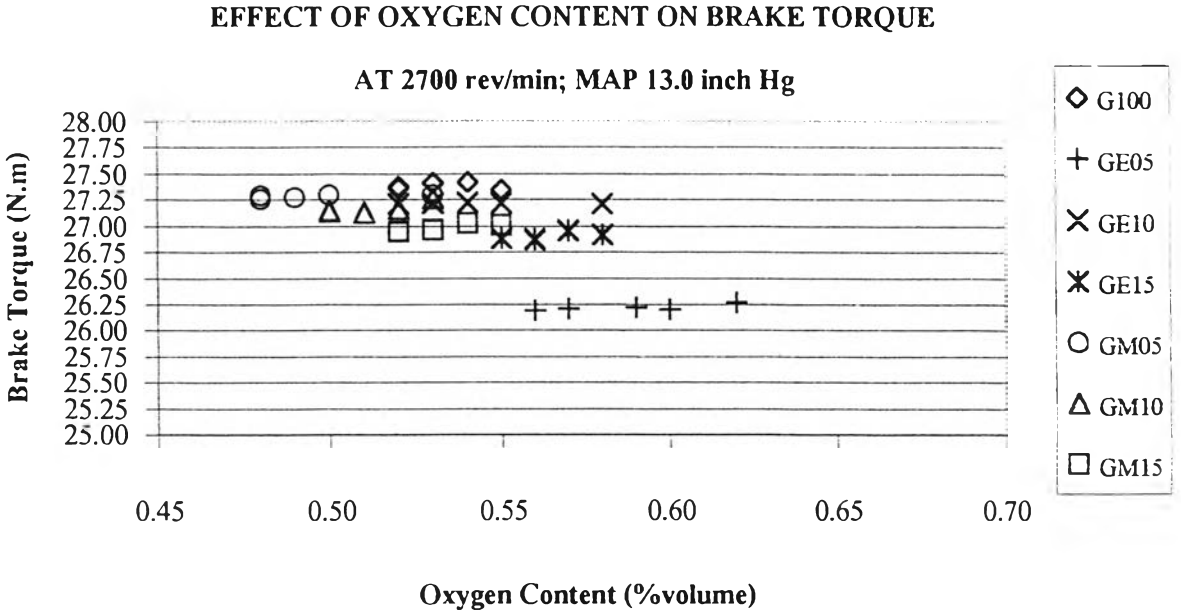


ค) 2000 rev/min

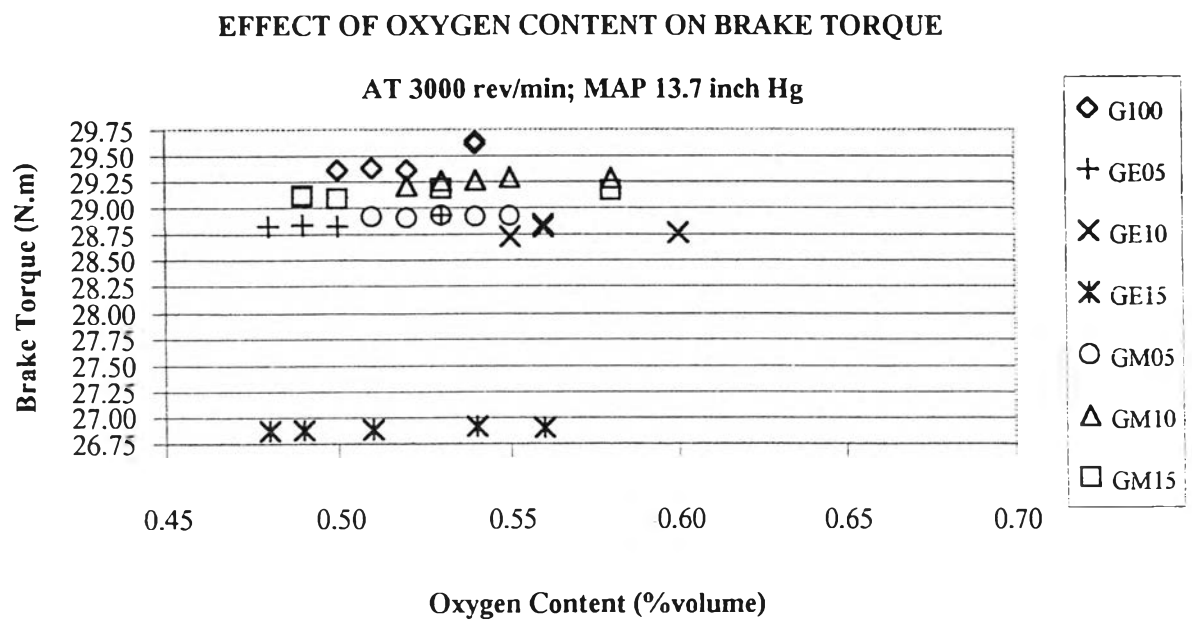


ง) 2400 rev/min

รูปที่ 5.6 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Torque กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

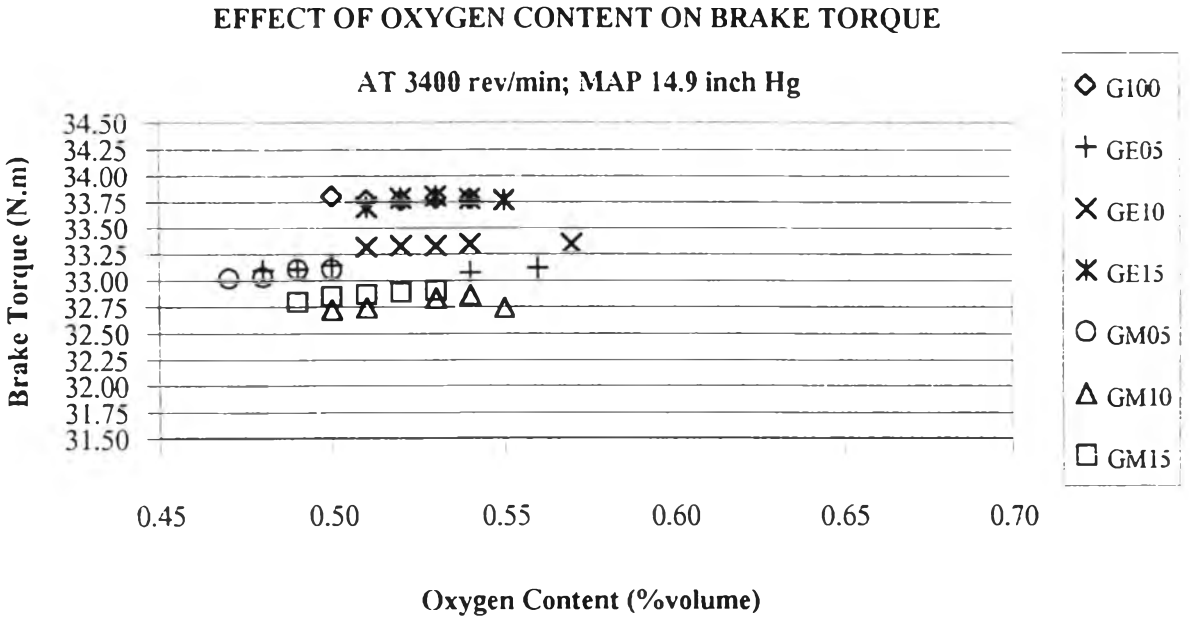


จ) 2700 rev/min

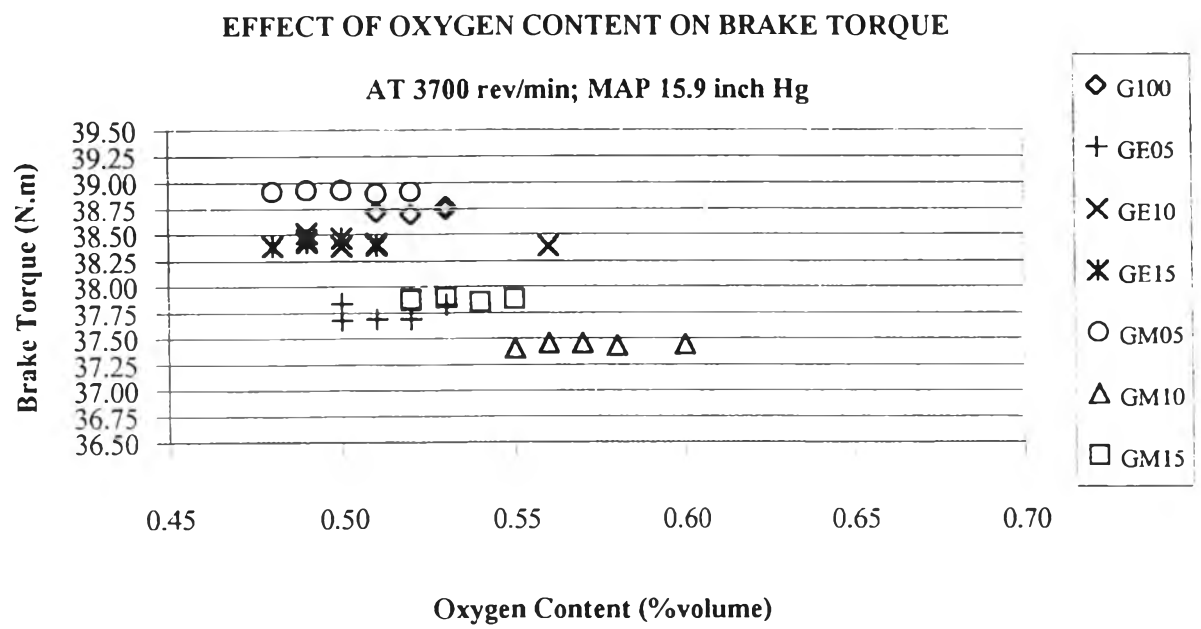


ฉ) 3000 rev/min

รูปที่ 5.6 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Torque กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

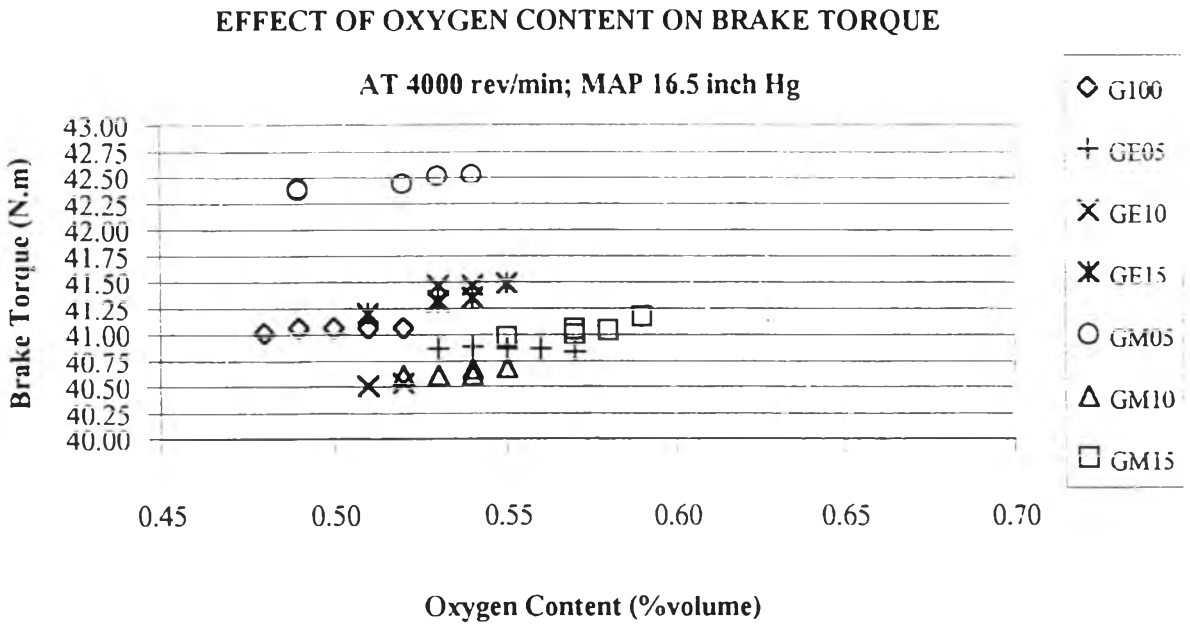


ข) 3400 rev/min



ข) 3700 rev/min

รูปที่ 5.6 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Torque กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

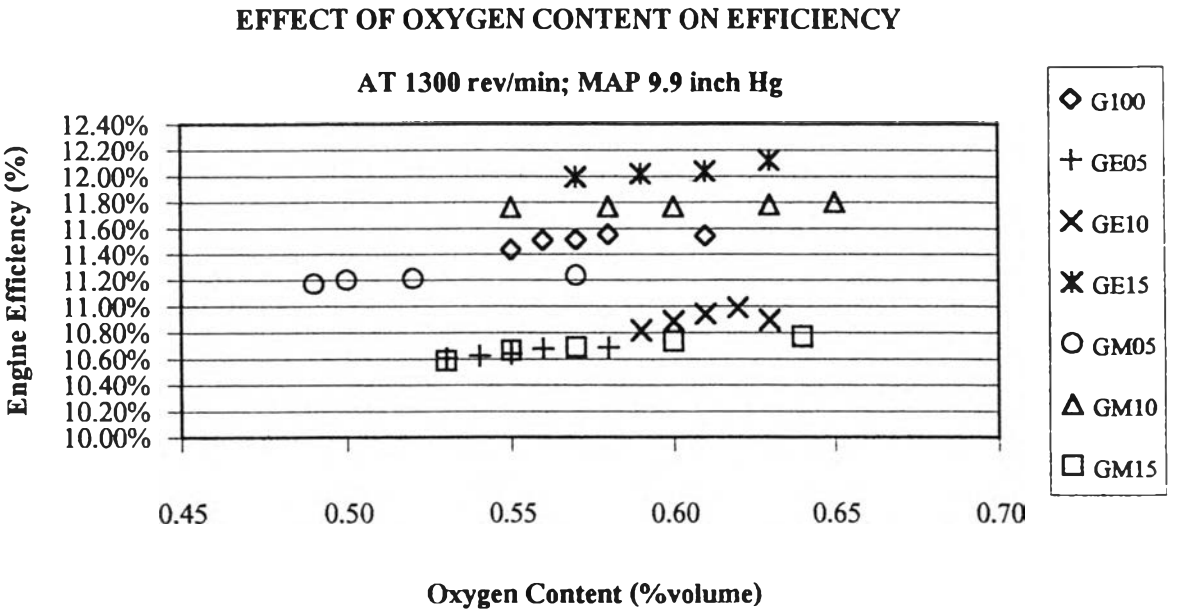


ณ) 4000 rev/min

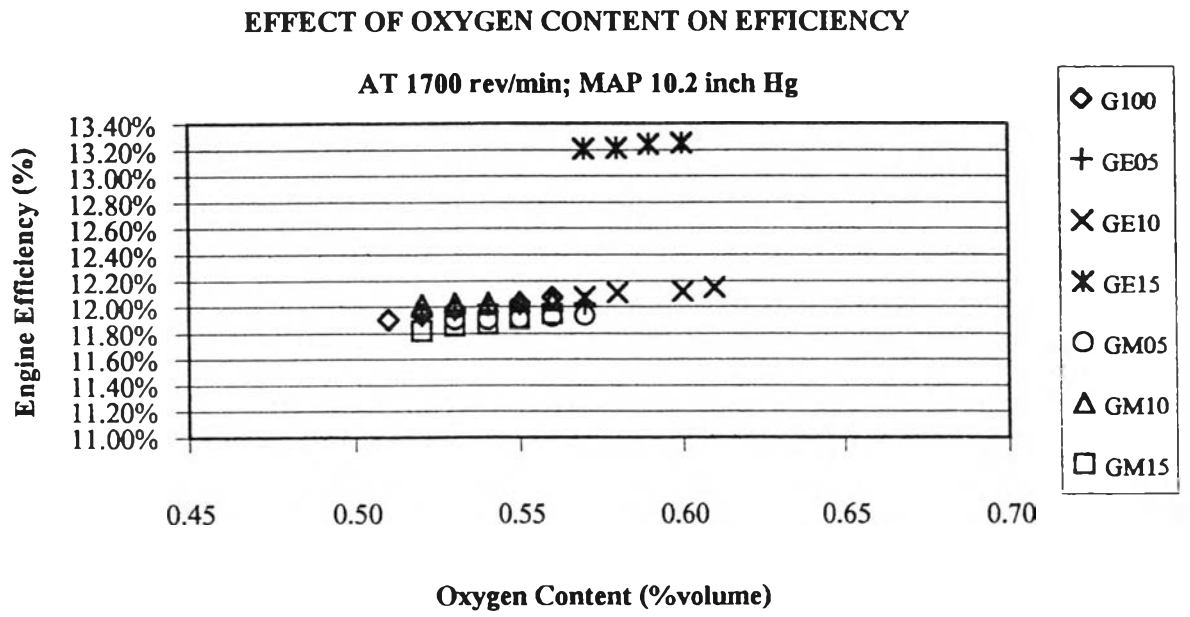
รูปที่ 5.6 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Brake Torque กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

5.2.2 ผลของปริมาณออกซิเจนในไอเสียต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์

ผลการทดสอบเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณออกซิเจนในไอเสียต่อประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-FE แสดงอยู่ในแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับปริมาณออกซิเจนในไอเสียดังแสดงในรูป 5.7 ผลทดสอบที่ได้ถูกนำไปใช้เป็นข้อมูลในการวิเคราะห์หาประสิทธิภาพของเครื่องยนต์ที่ดีที่สุดเมื่อปรับแปรปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เมื่อทดสอบกับน้ำมันเบนซินผสมสารออกซิเจนเนต 7 ชนิด ในแต่ละความเร็วรอบ โดยทดสอบตามสภาวะจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ที่ติดตั้งในรถยนต์ CORONA ในสภาวะเมื่อรถยนต์เคลื่อนที่โดยใช้เกียร์ 4 บนถนนราบด้วยความเร็วคงที่

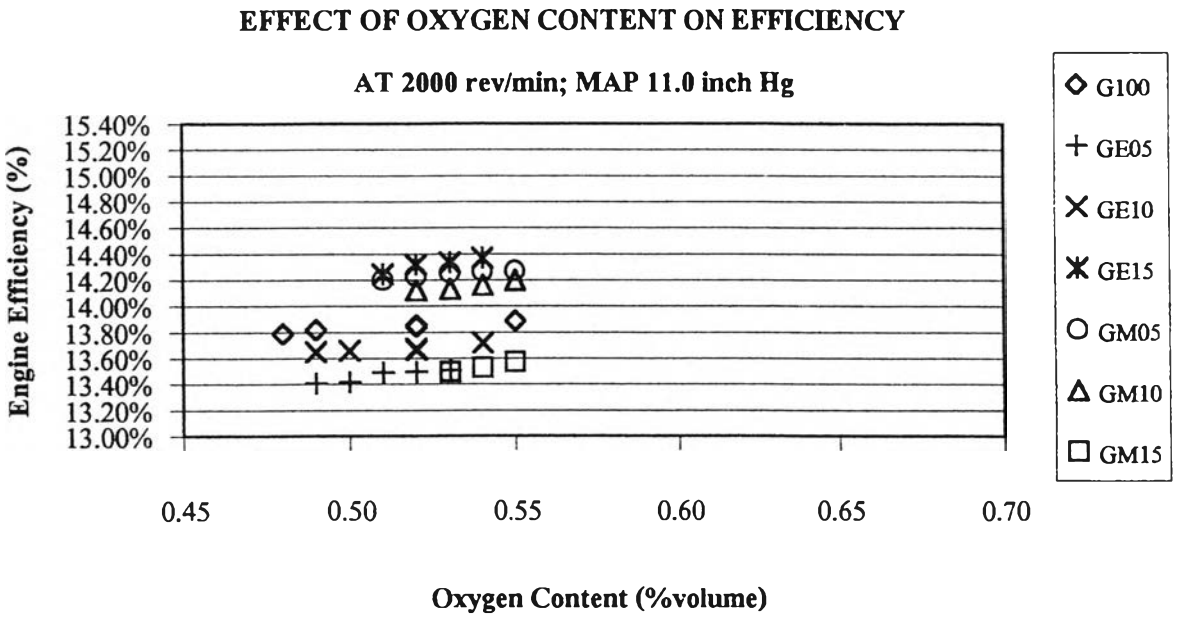


ก) 1300 rev/min

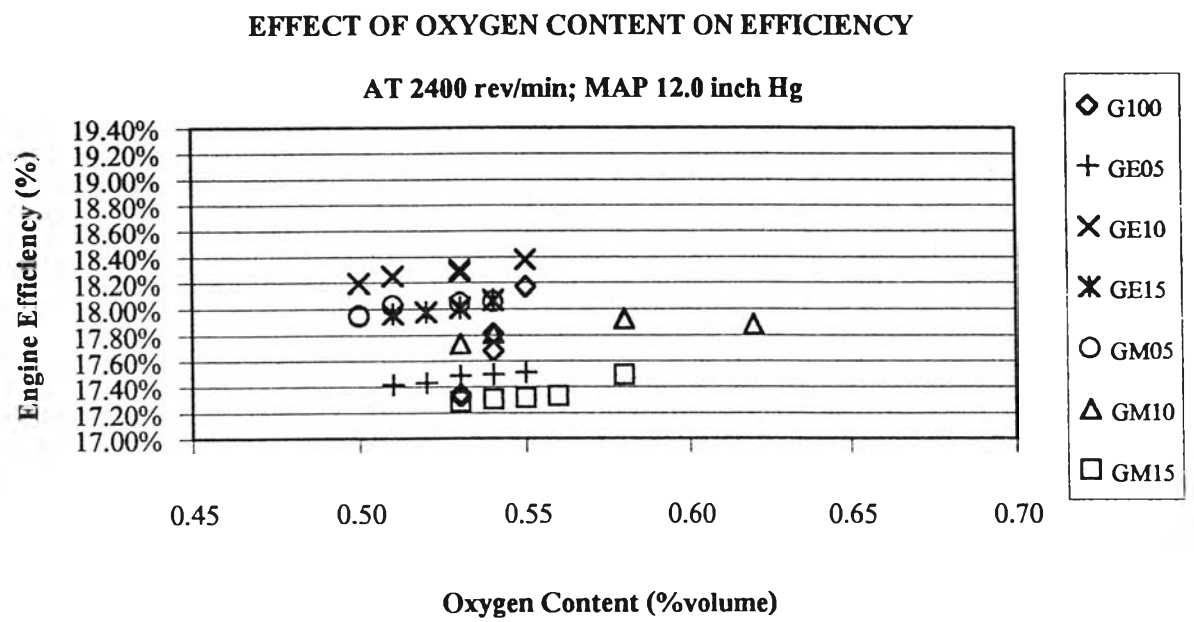


ข) 1700 rev/min

รูปที่ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15,GM05, GM10, GM15

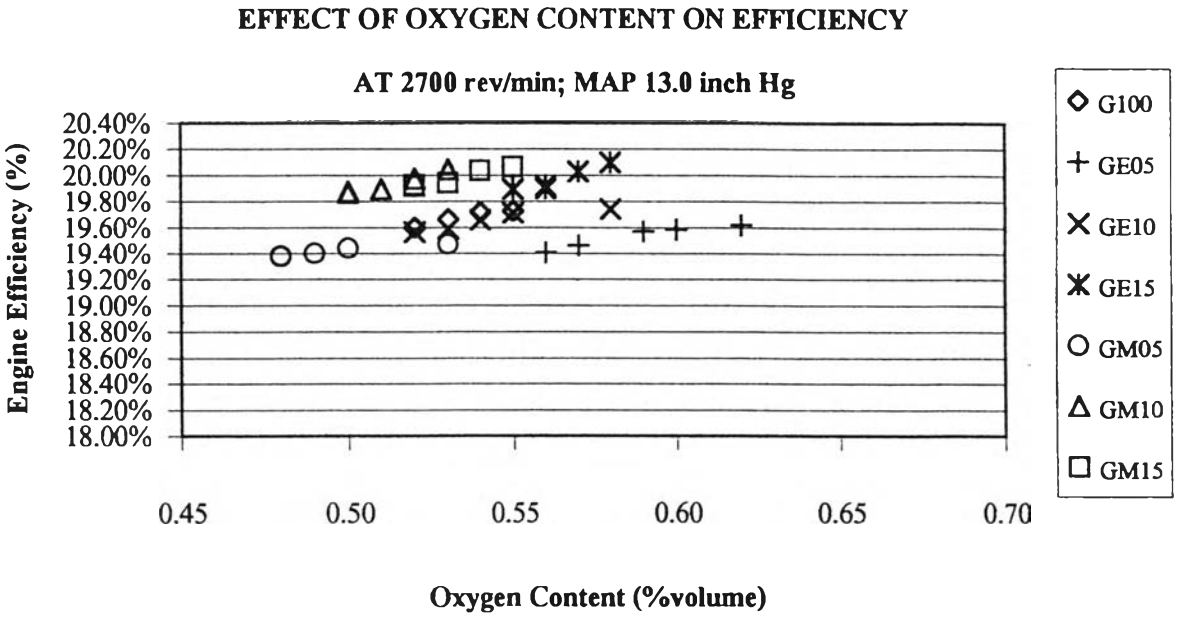


ค) 2000 rev/min

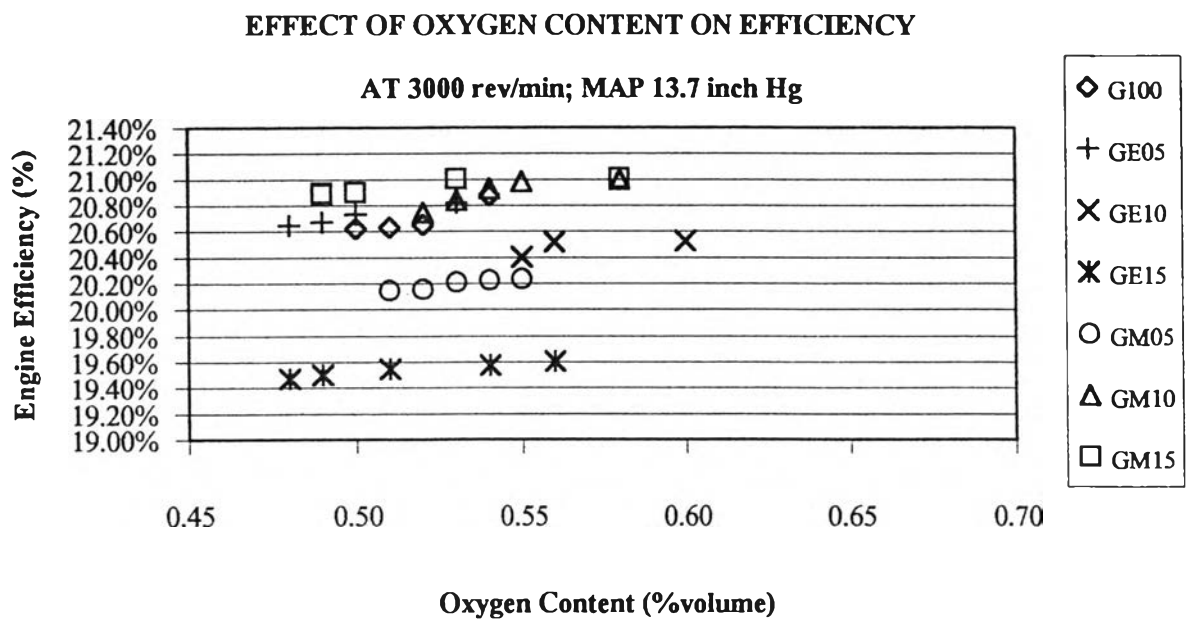


ง) 2400 rev/min

รูปที่ 5.7 (ต่อ) **แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง** G100, GE05, GE10, GE15,GM05, GM10, GM15

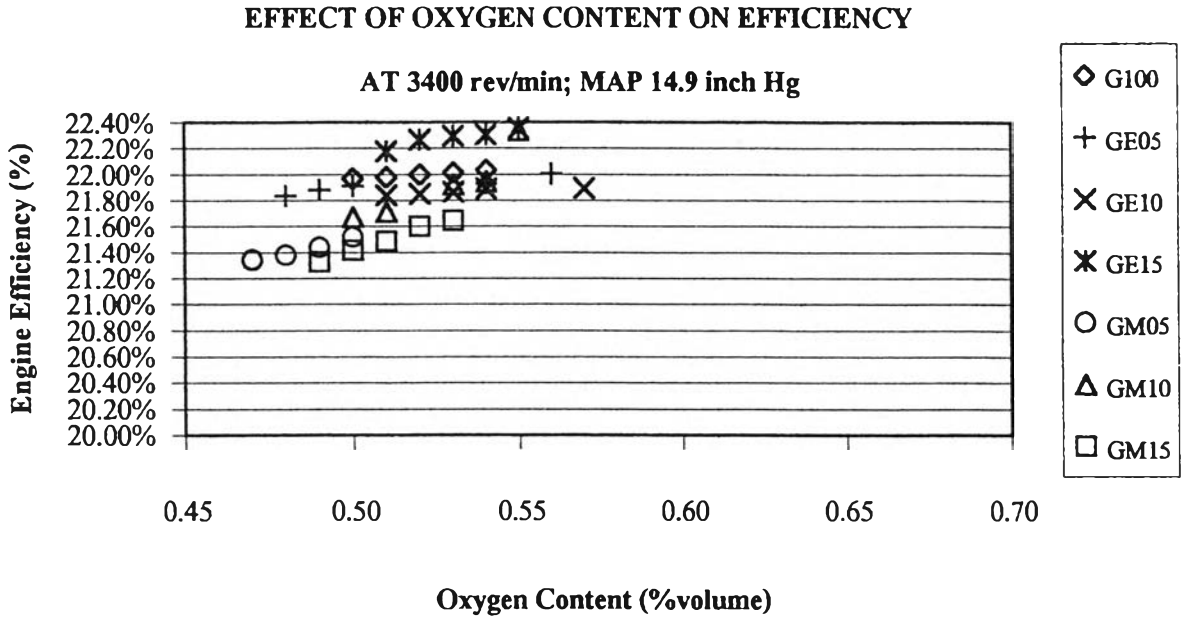


ฉ) 2700 rev/min

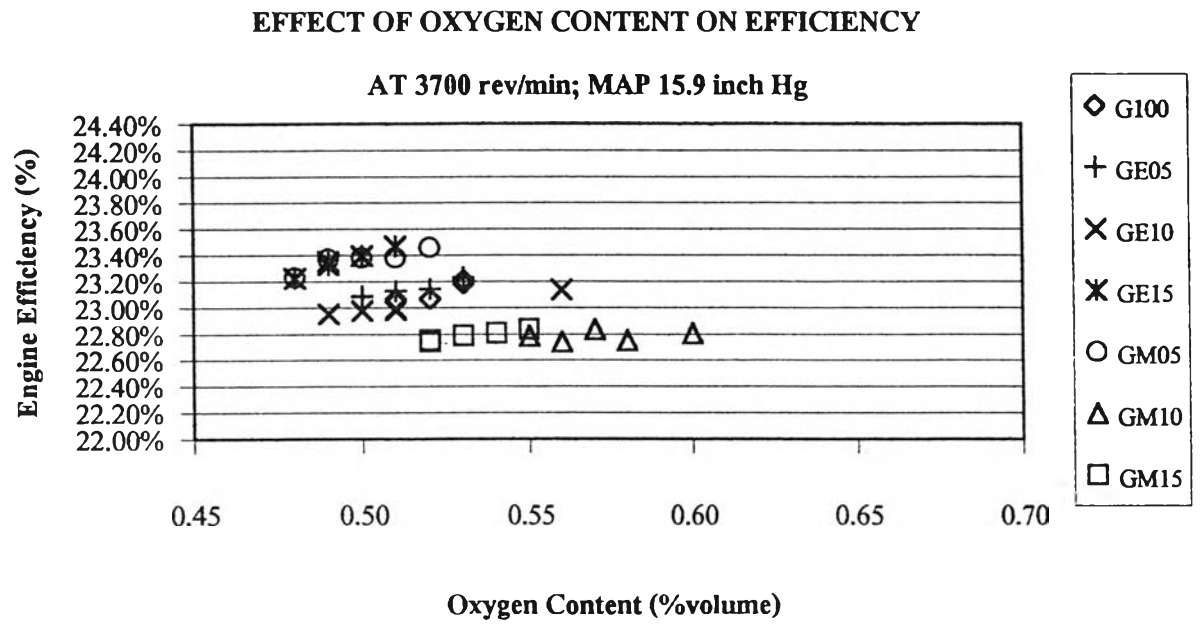


ฉ) 3000 rev/min

รูปที่ 5.7 (ต่อ) **แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง** G100, GE05, GE10, GE15,GM05, GM10, GM15

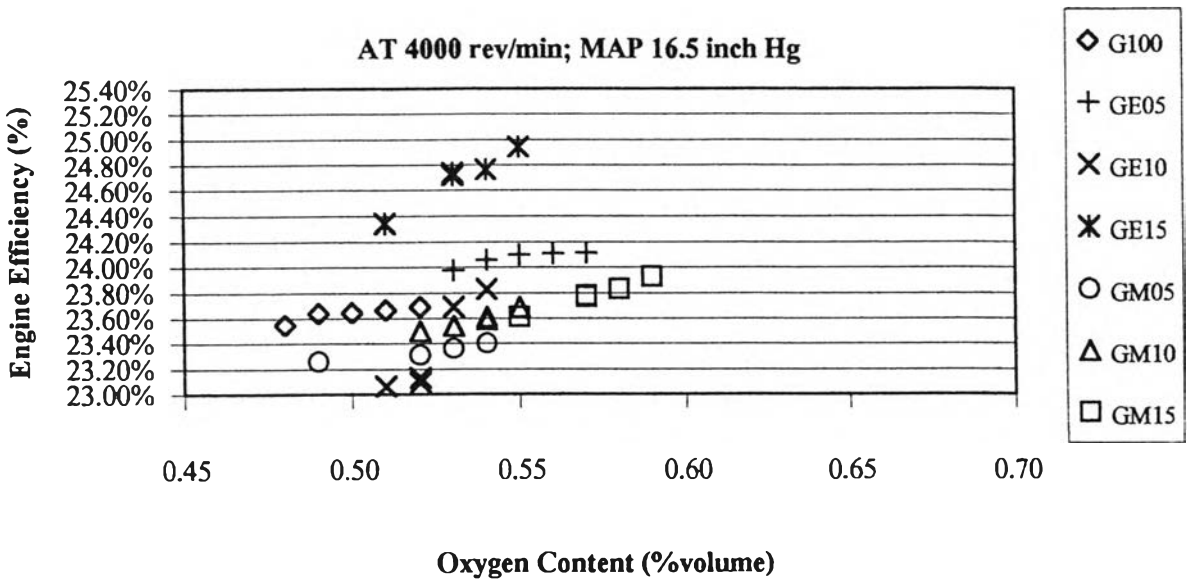


ข) 3400 rev/min



ข) 3700 rev/min

รูปที่ 5.7(ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15,GM05, GM10, GM15

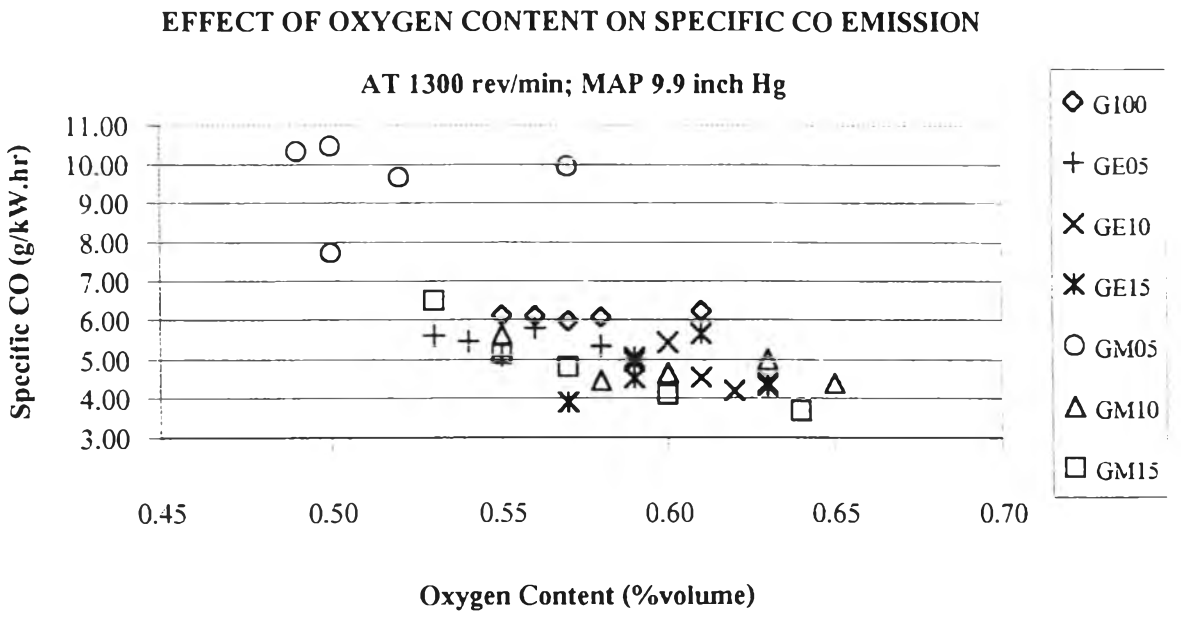


ฌ) 4000 rev/min

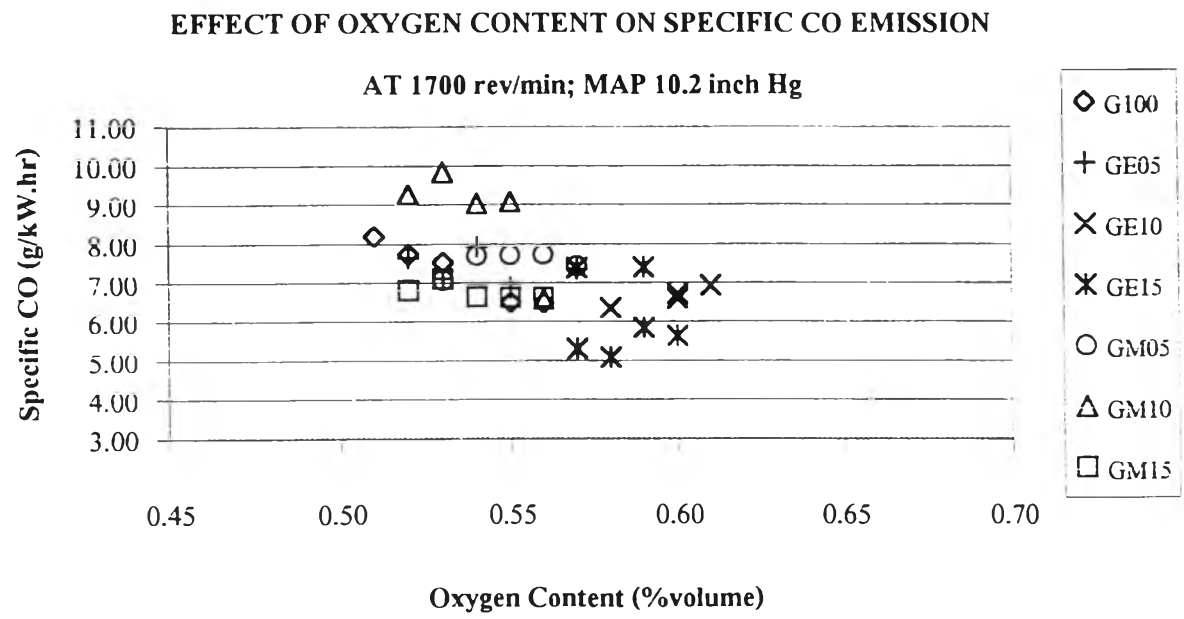
รูปที่ 5.7 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของเครื่องยนต์กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15,GM05, GM10, GM15

5.2.3 ผลของปริมาณออกซิเจนในไอเสียต่อมลภาวะ

ปริมาณมลภาวะอันได้แก่ Specific CO, Specific CO_2, และ Specific HC ที่ได้จากเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-FE เมื่อปรับแปรปริมาณออกซิเจนในไอเสีย ตามสภาวะจำลองการทำงานของเครื่องยนต์ TOYOTA 4A-FE ที่ติดตั้งในรถยนต์ CORONA เมื่อรถยนต์เคลื่อนที่โดยใช้เกียร์ 4 บนถนนราบด้วยความเร็วคงที่ค่าต่างๆ สามารถแสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบด้วยแผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณ Specific CO, Specific CO_2, และ Specific HC กับปริมาณออกซิเจนในไอเสียได้ดังรูปที่ 5.8 (ก) ถึง (ฌ) , รูปที่ 5.9 (ก) ถึง (ฌ) และ รูปที่ 5.10 (ก) ถึง (ฌ) ตามลำดับ

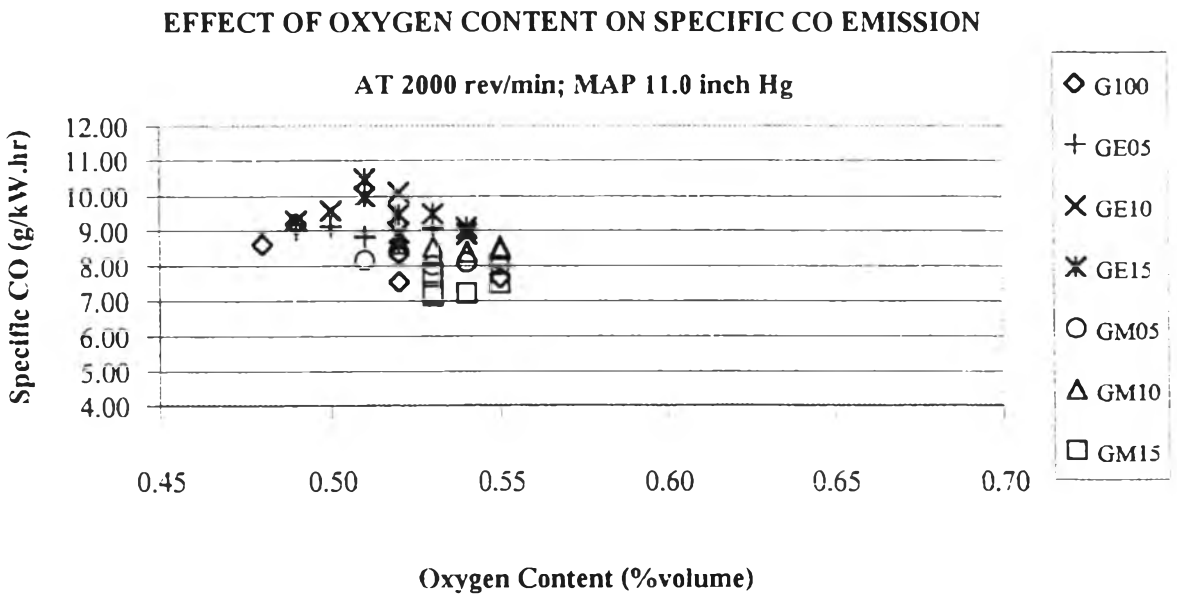


ก) 1300 rev/min

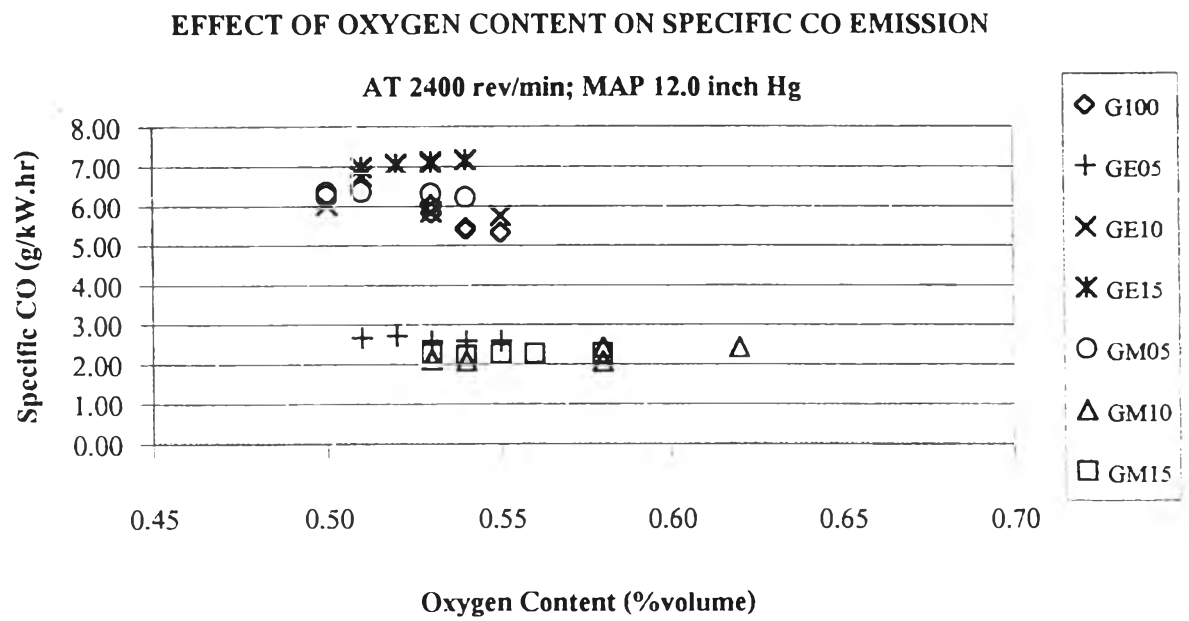


ข) 1700 rev/min

รูปที่ 5.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

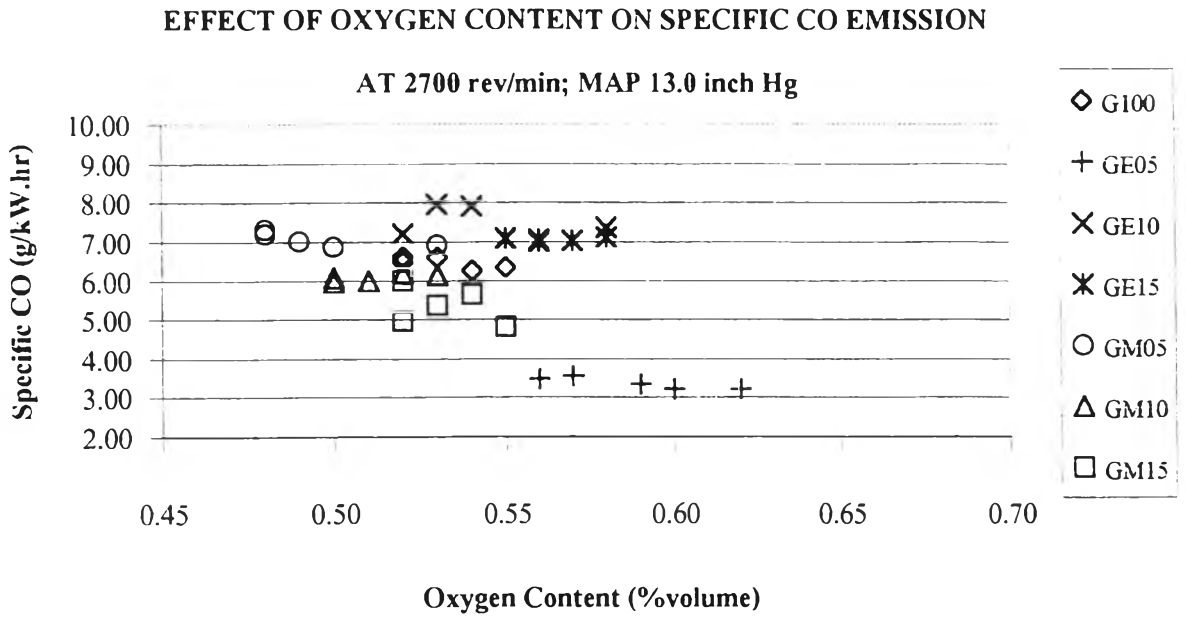


ค) 2000 rev/min

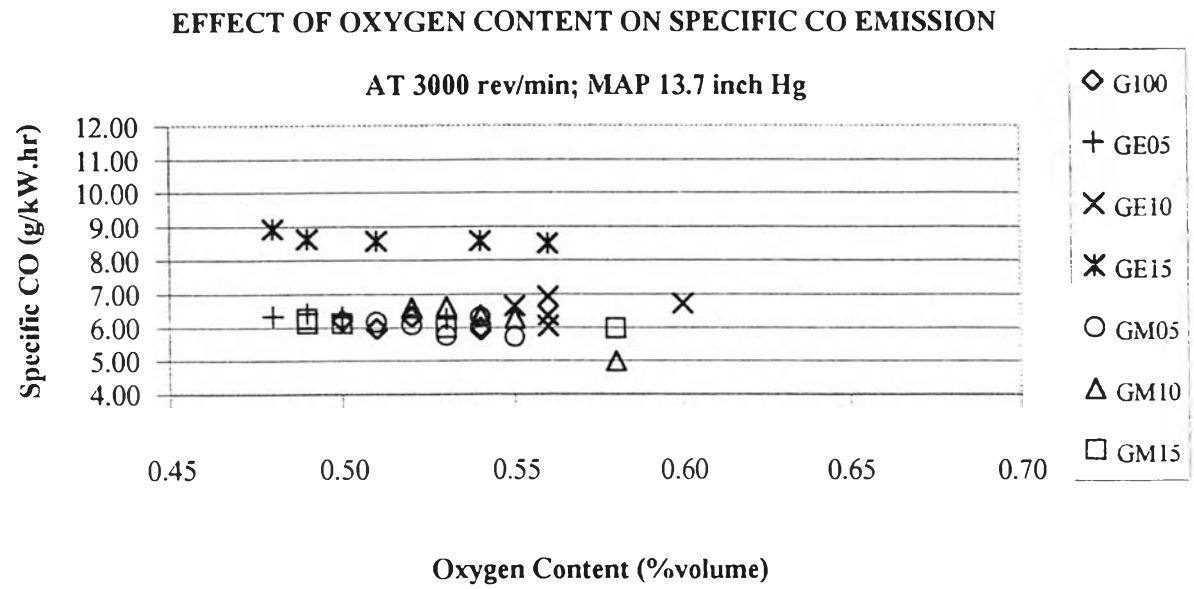


ง) 2400 rev/min

รูปที่ 5.8 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

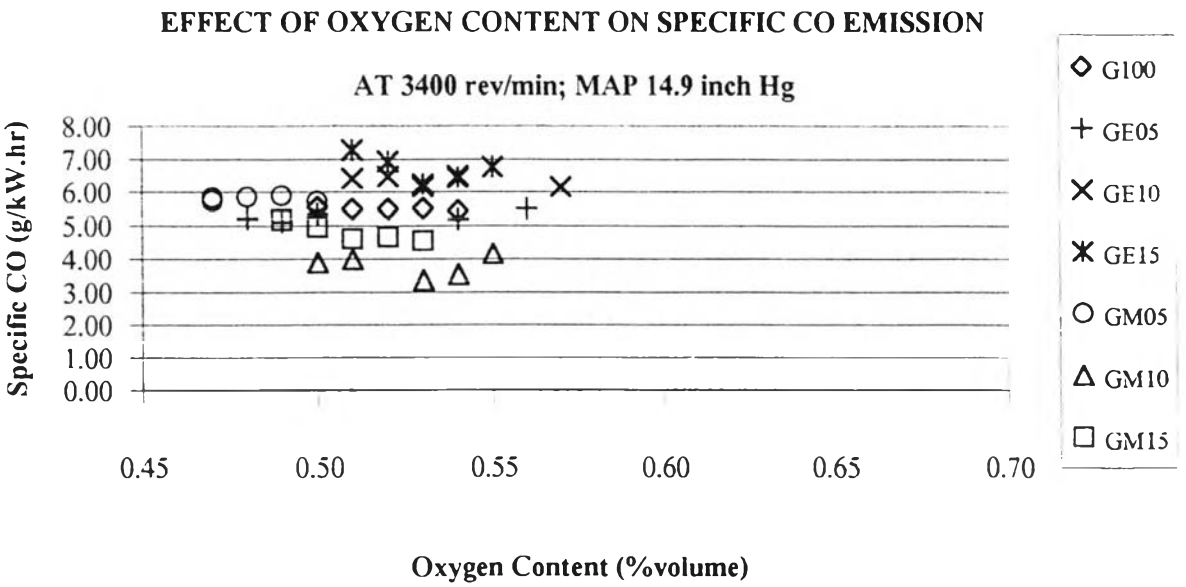


จ) 2700 rev/min

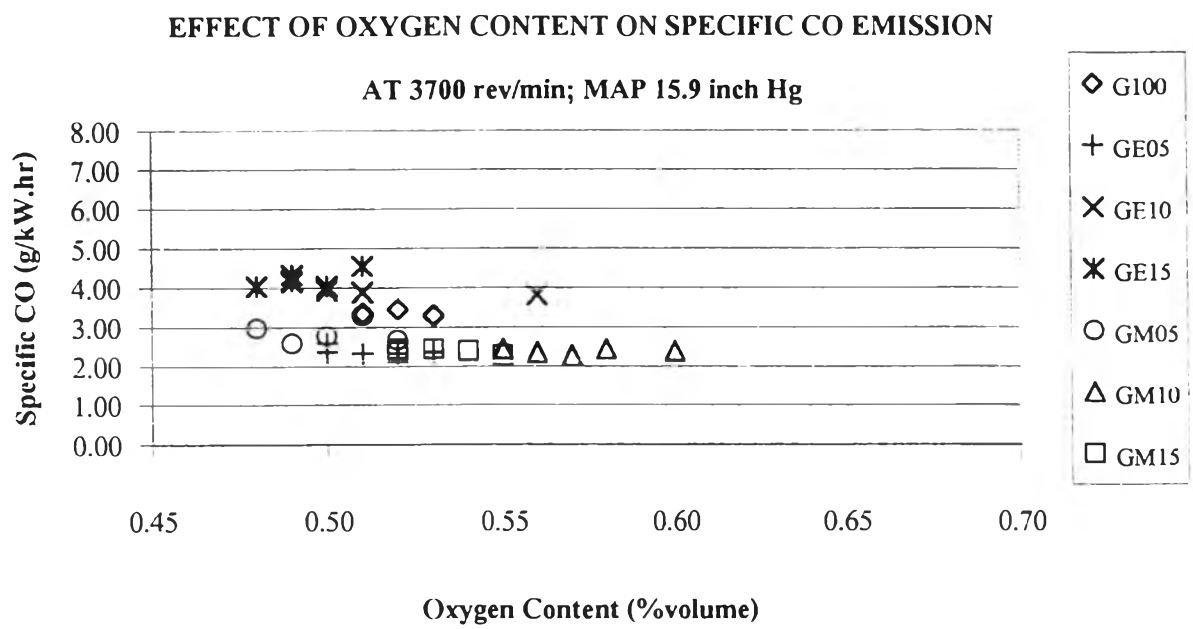


ฉ) 3000 rev/min

รูปที่ 5.8 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

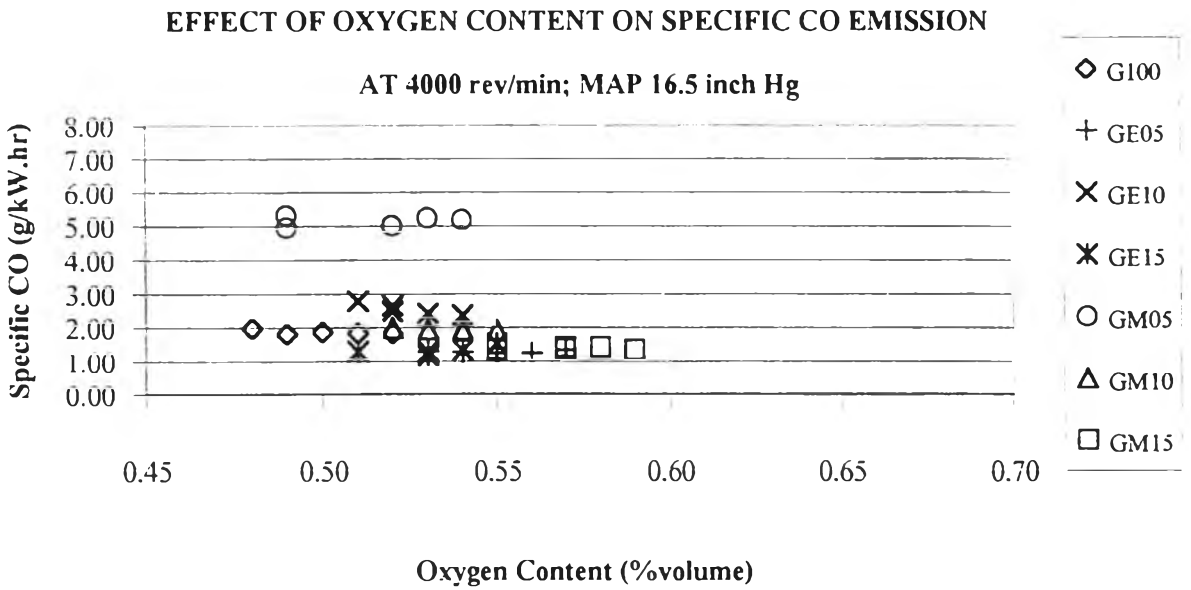


ข) 3400 rev/min



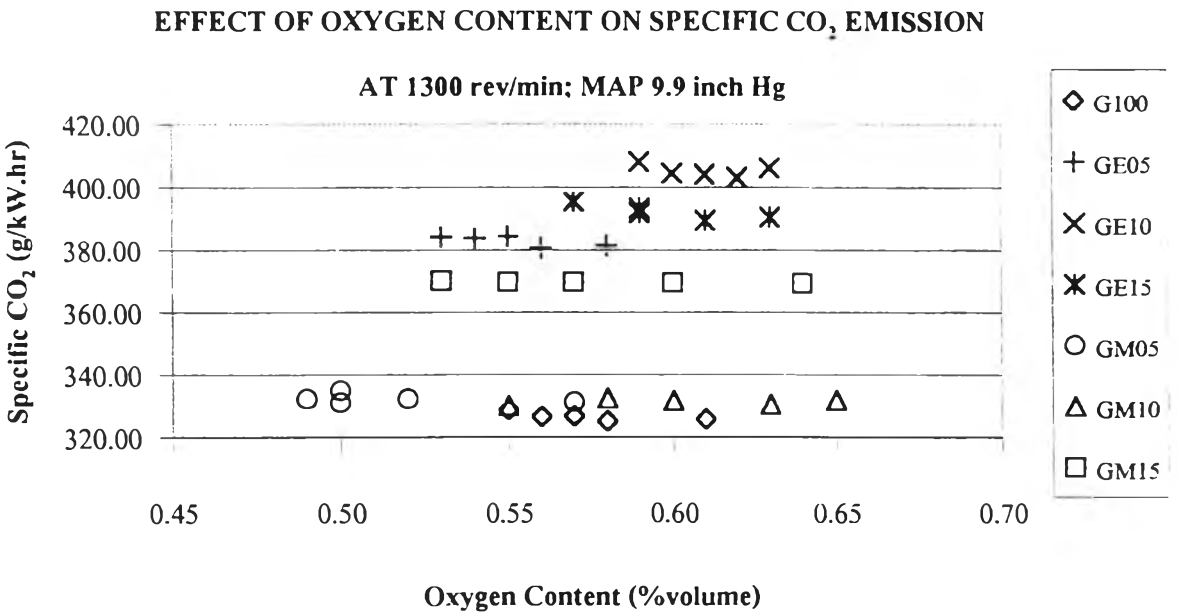
ข) 3700 rev/min

รูปที่ 5.8 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

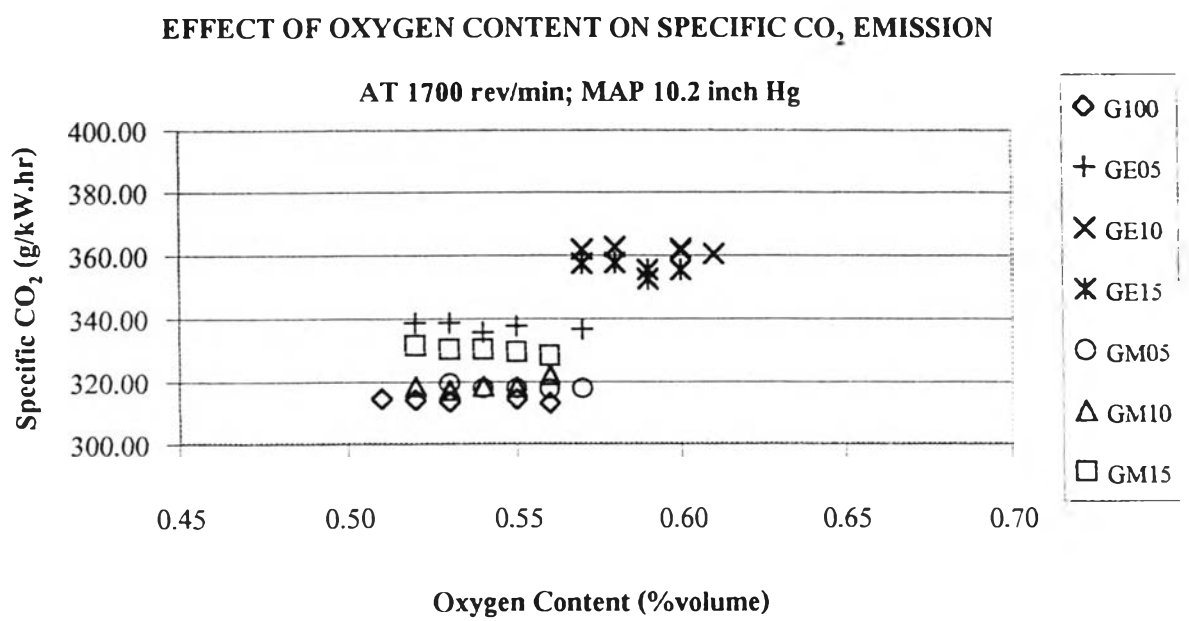


ฉ) 4000 rev/min

รูปที่ 5.8 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

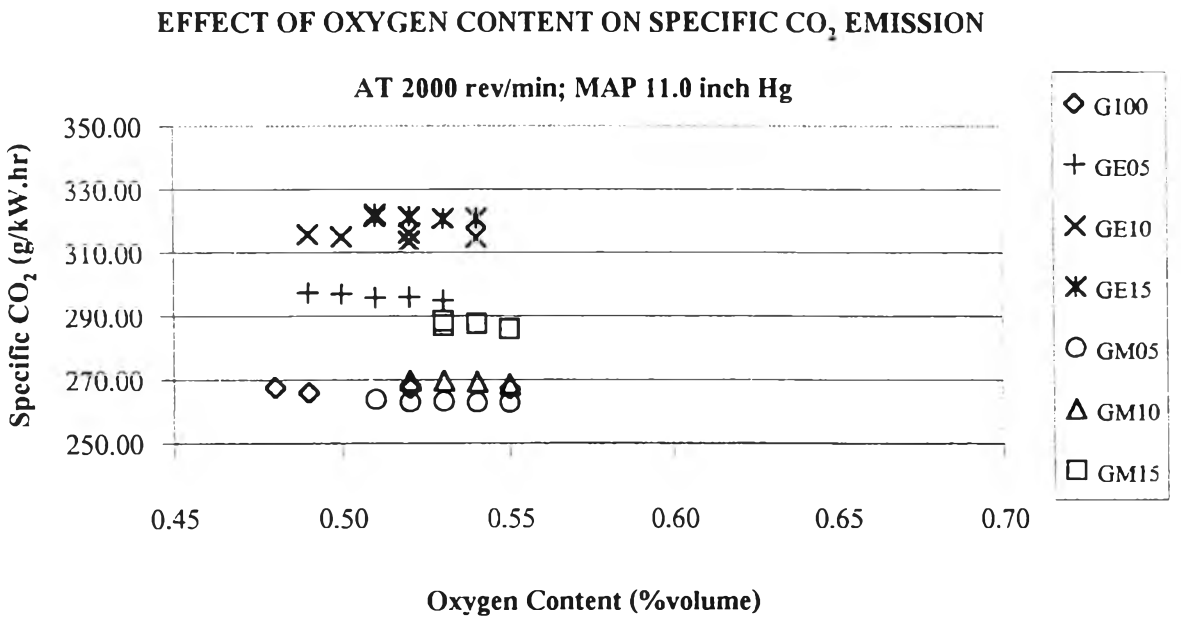


ก) 1300 rev/min

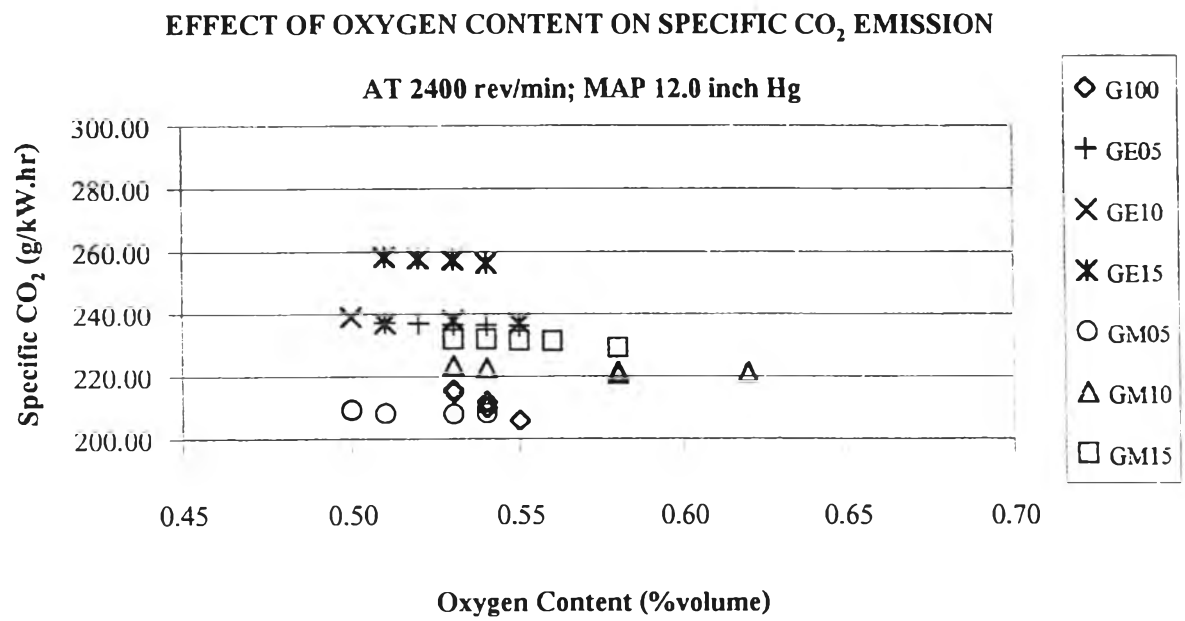


ข) 1700 rev/min

รูปที่ 5.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO_2 กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

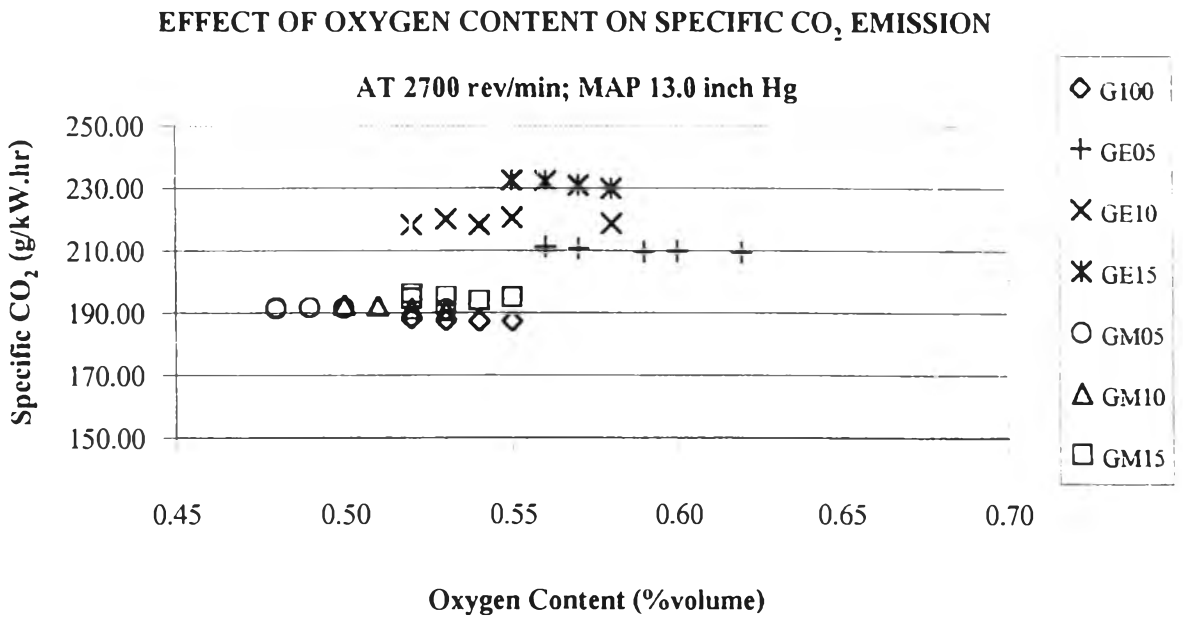


ค) 2000 rev/min

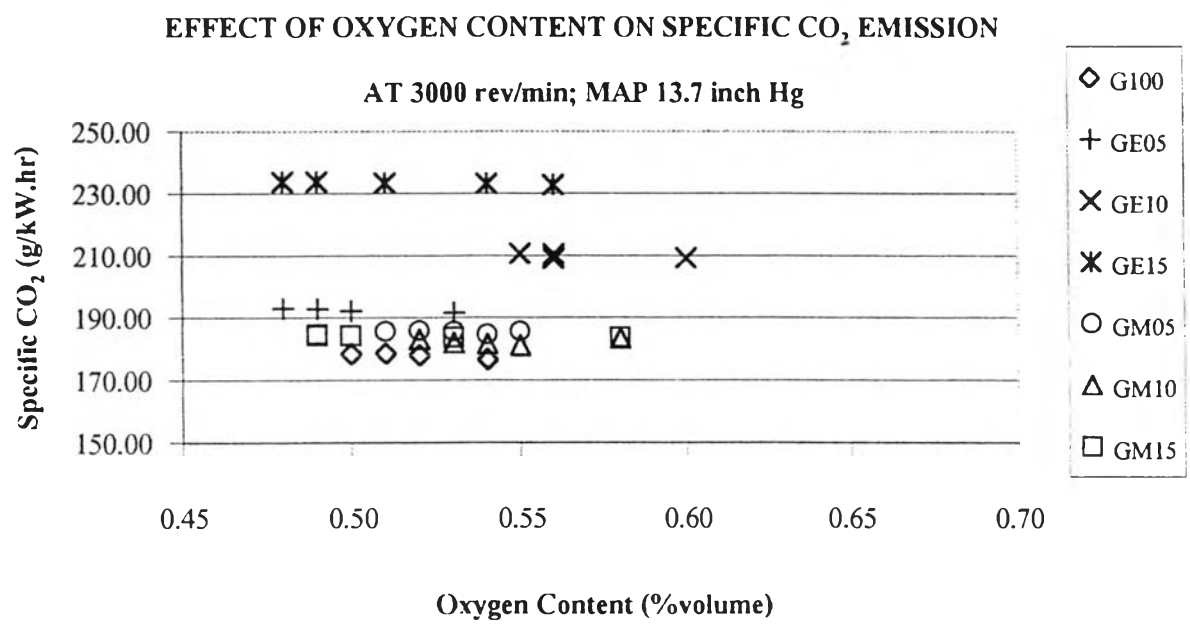


ง) 2400 rev/min

รูปที่ 5.9 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO_2 กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

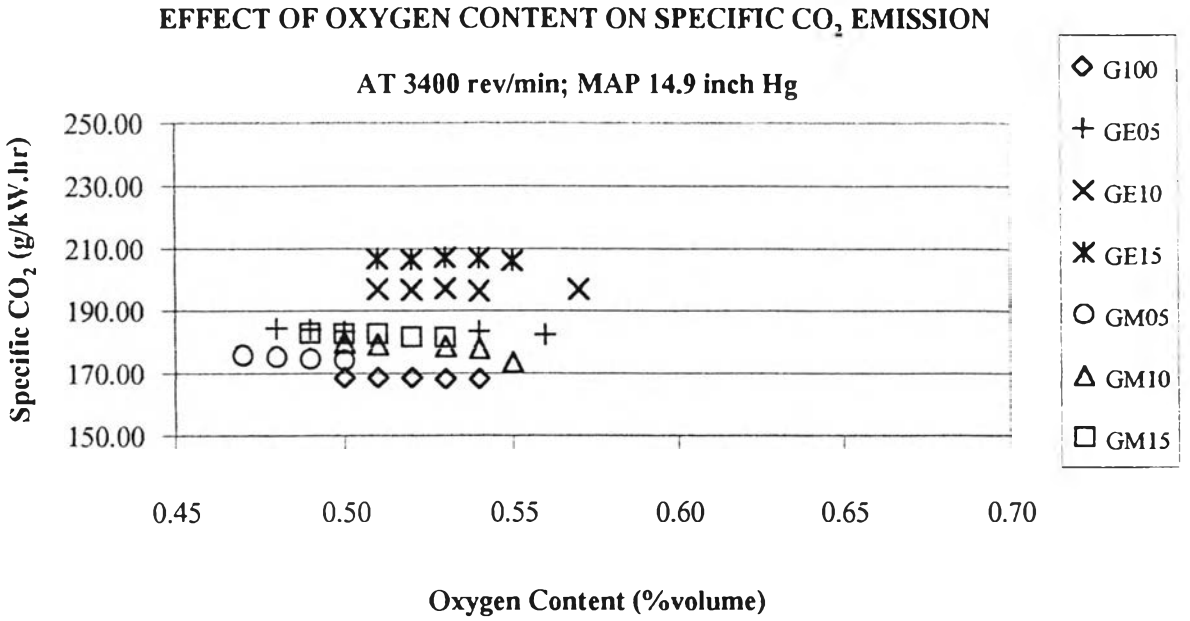


จ) 2700 rev/min

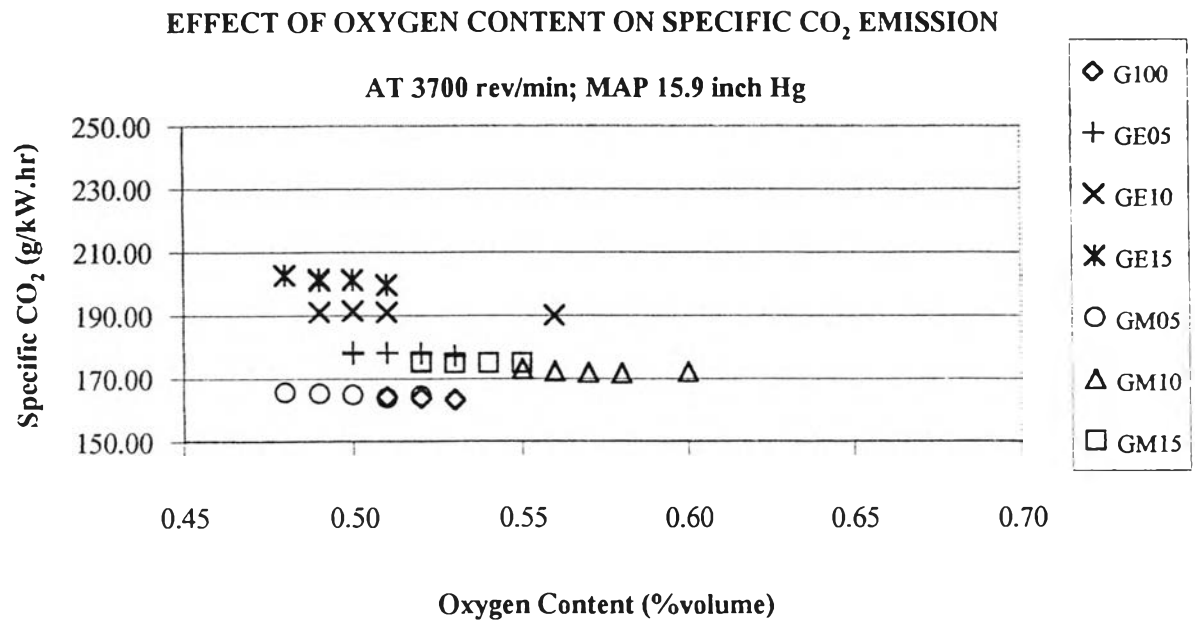


ฉ) 3000 rev/min

รูปที่5.9 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO_2 กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

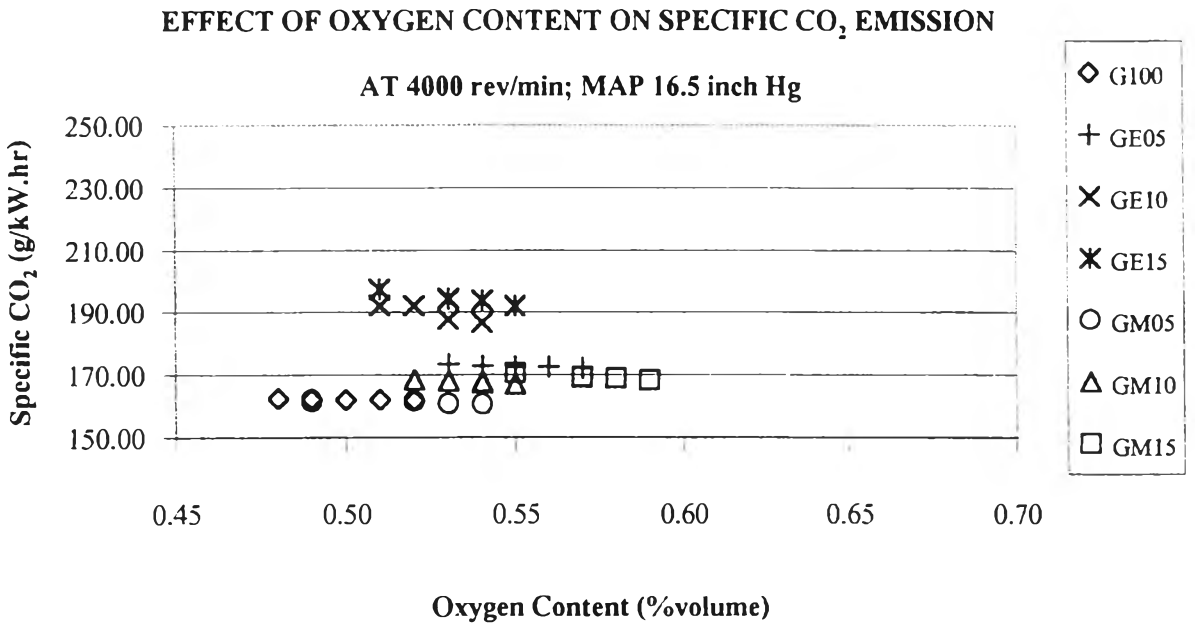


ข) 3400 rev/min



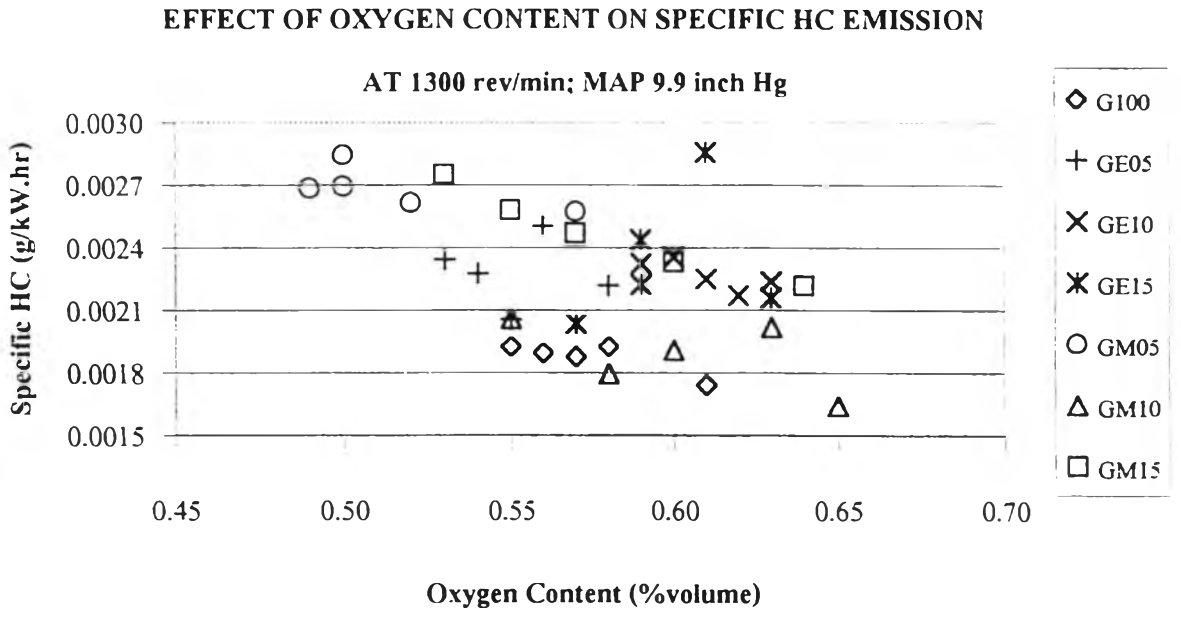
ข) 3700 rev/min

รูปที่ 5.9 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO_2 กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

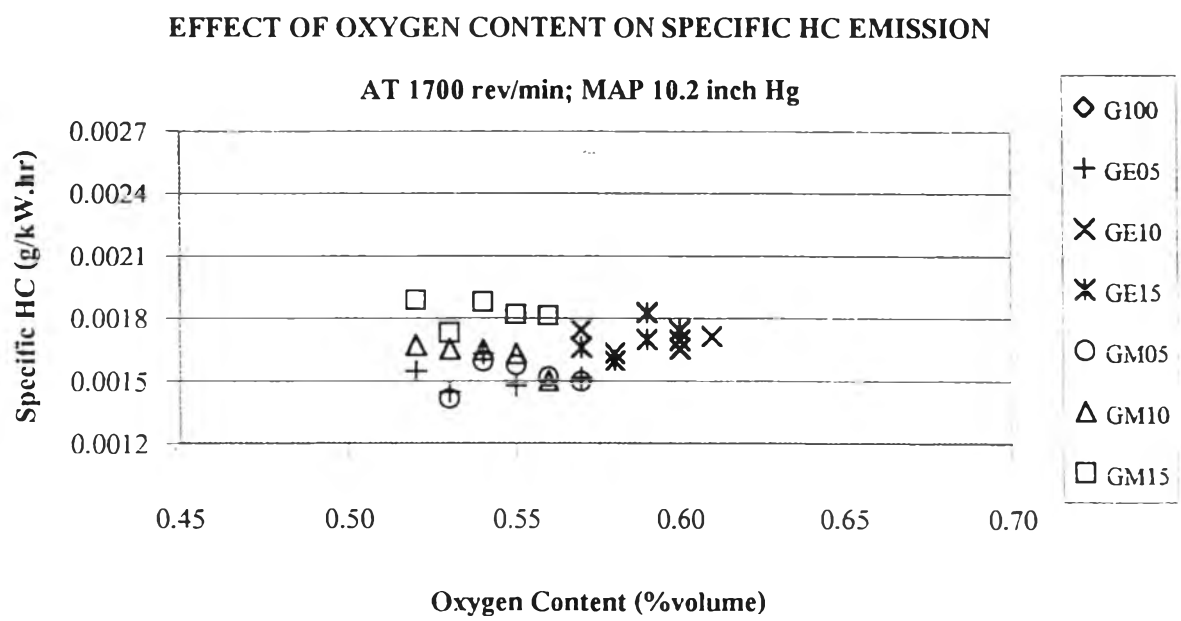


ฌ) 4000 rev/min

รูปที่ 5.9 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific CO_2 กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

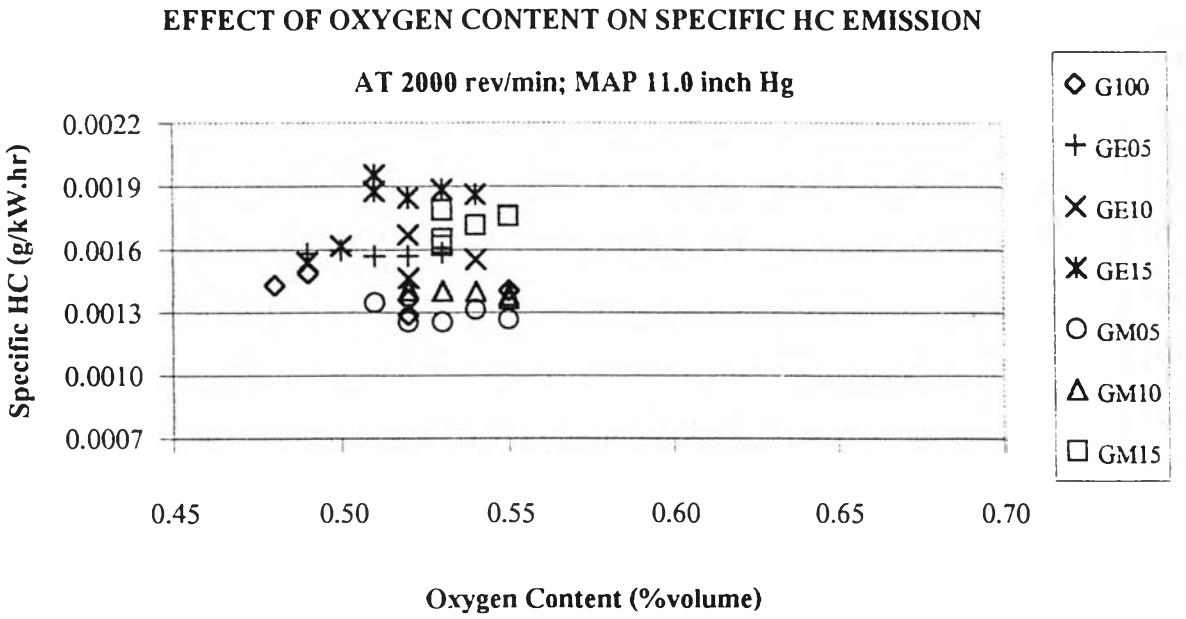


ก) 1300 rev/min

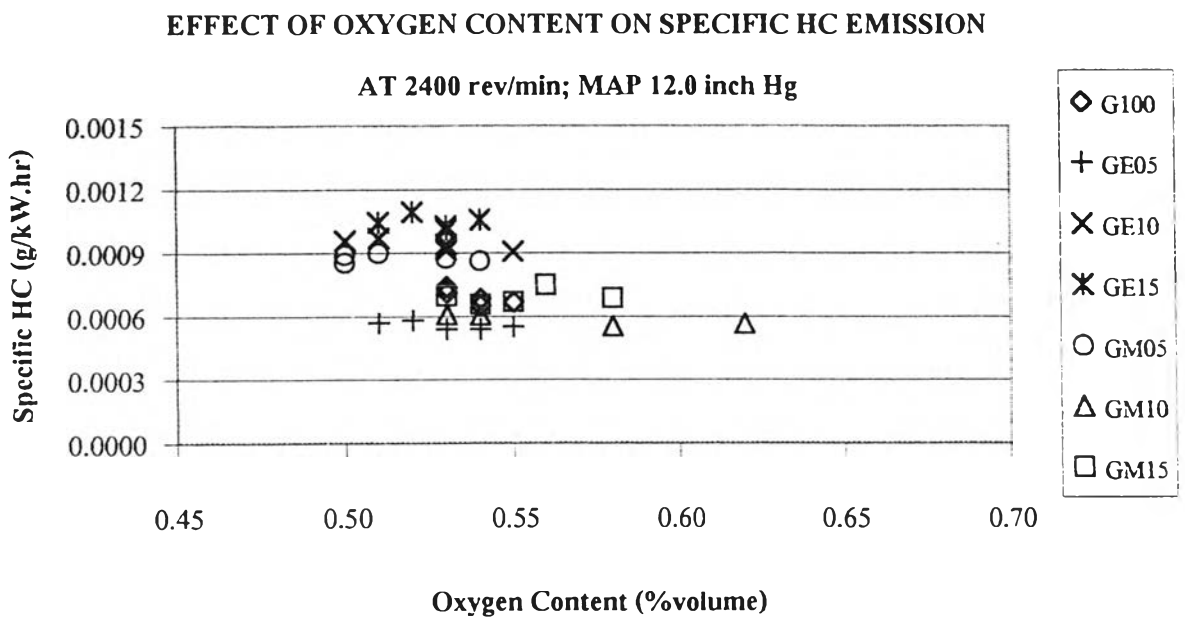


ข) 1700 rev/min

รูปที่ 5.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific HC กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

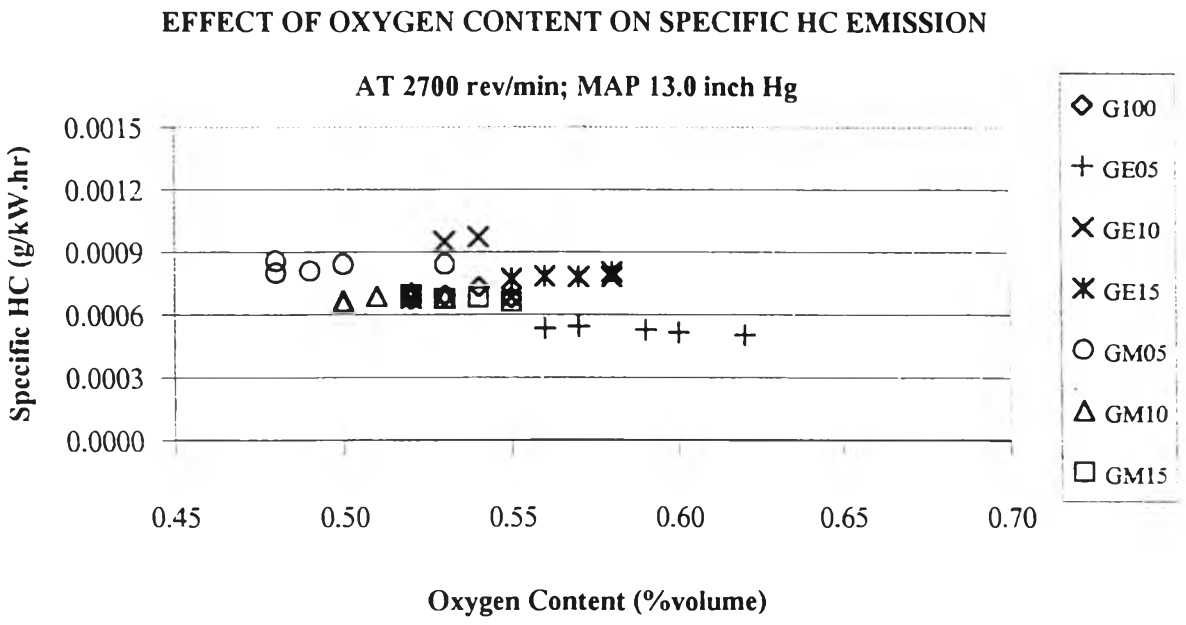


ค) 2000 rev/min

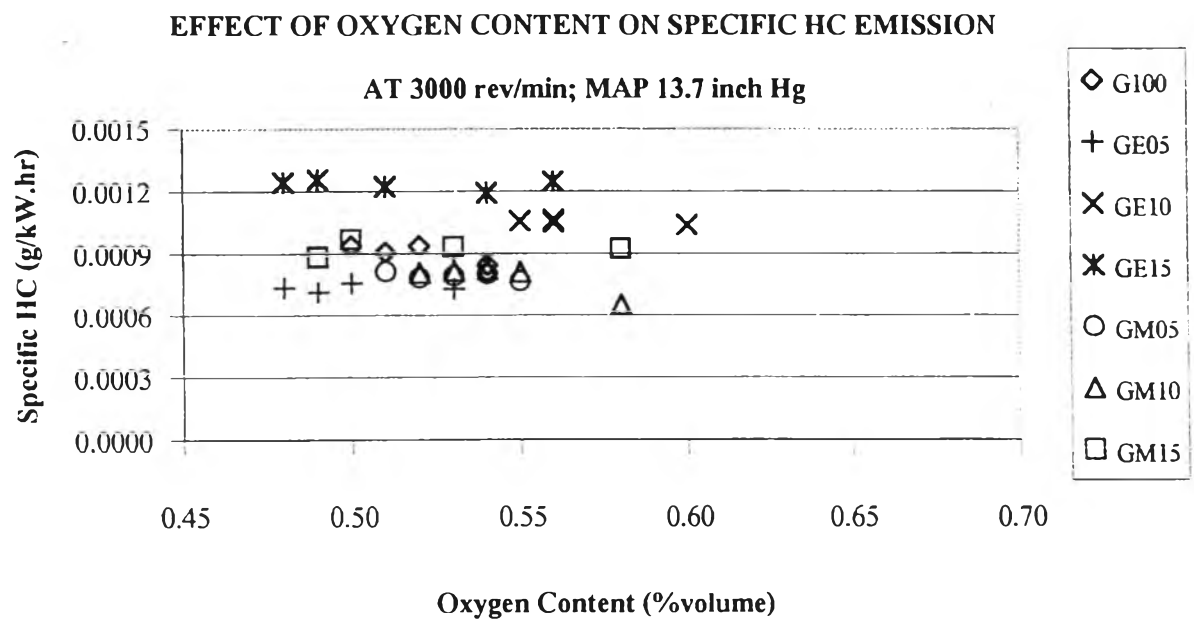


ง) 2400 rev/min

รูปที่ 5.10 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific HC กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

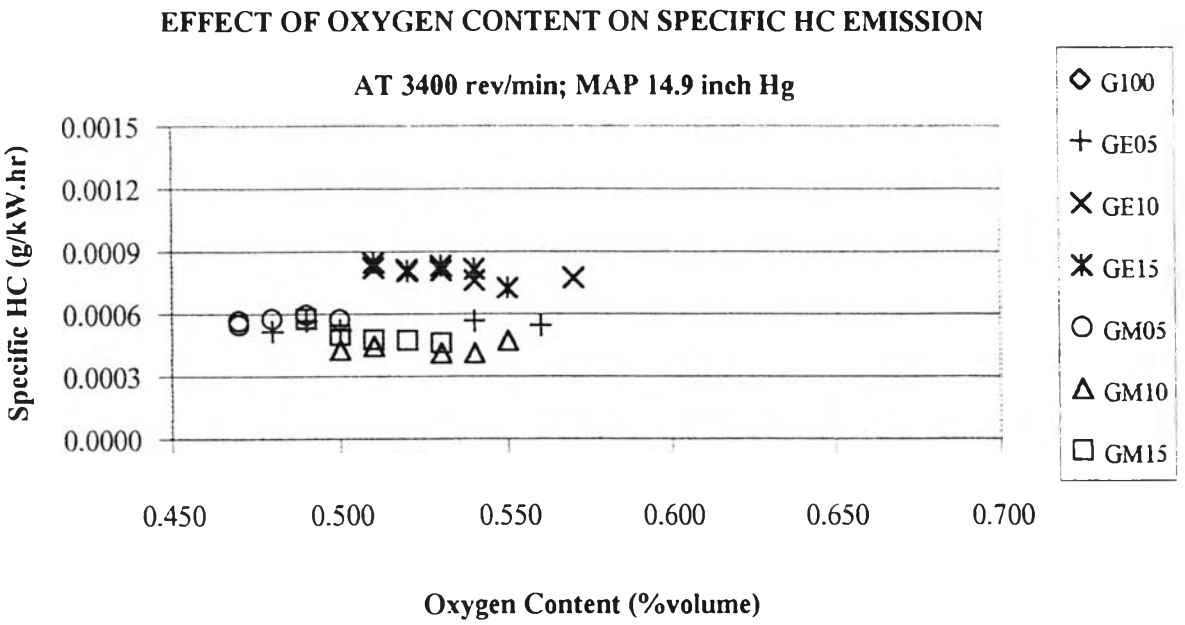


จ) 2700 rev/min

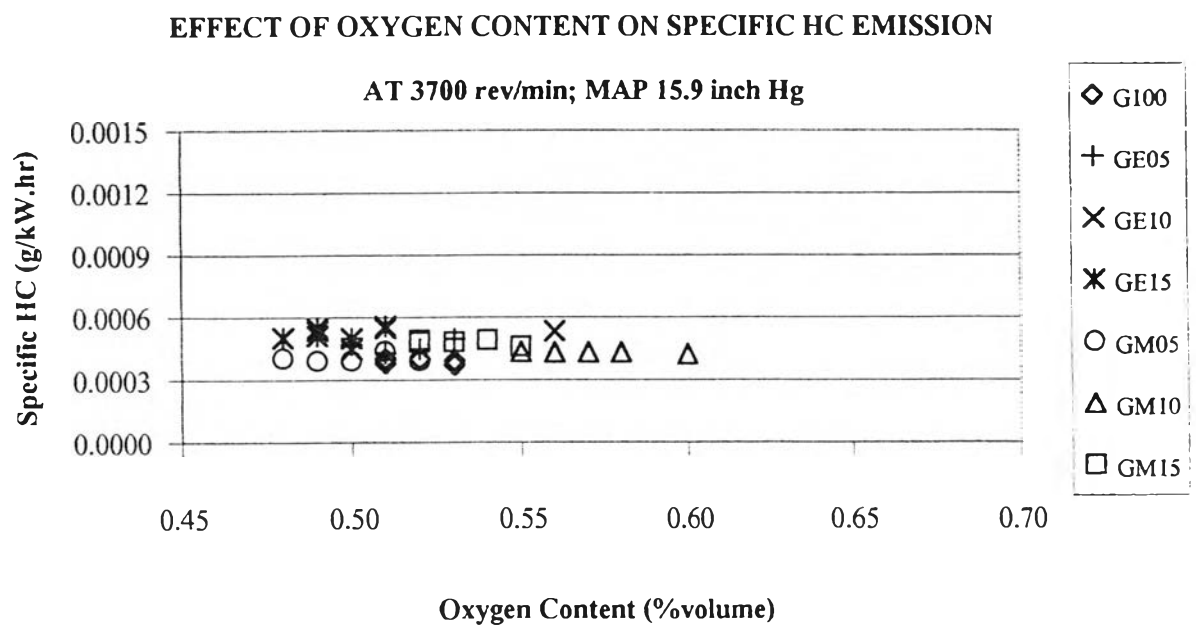


ฉ) 3000 rev/min

รูปที่ 5.10 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific HC กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15

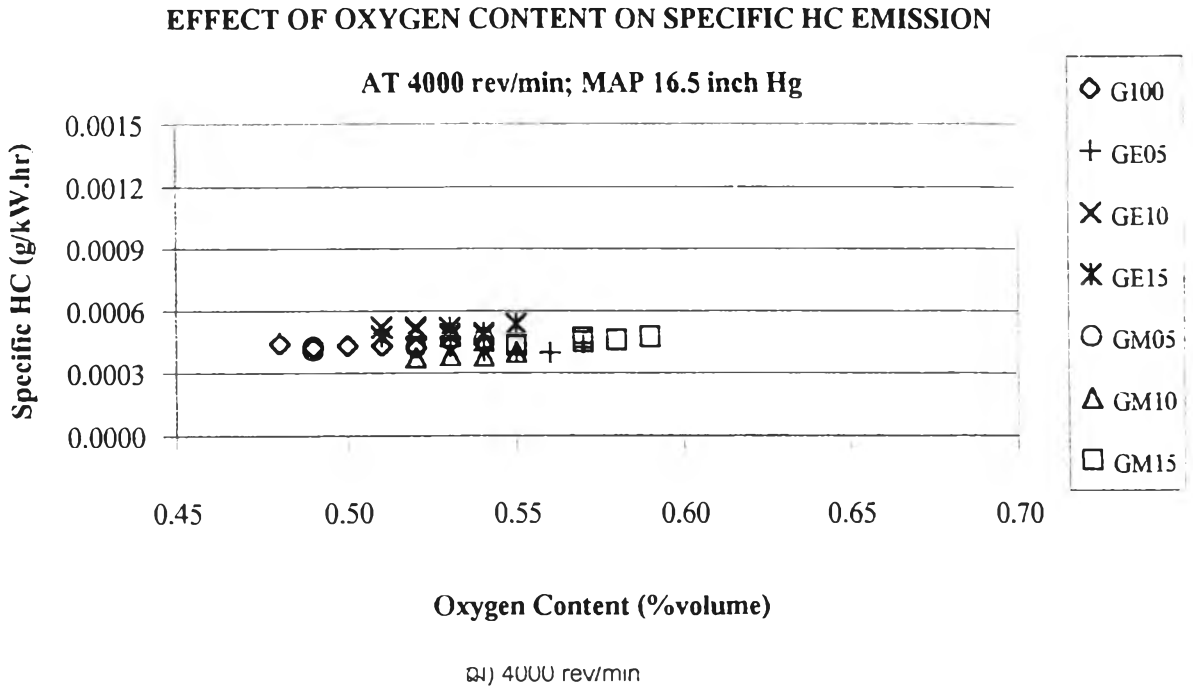


ฆ) 3400 rev/min



ฆ) 3700 rev/min

รูปที่ 5.10 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific HC กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15



ณ) 4000 rev/min

รูปที่ 5.10 (ต่อ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง Specific HC กับปริมาณออกซิเจนในไอเสีย เปรียบเทียบผลจากการใช้เชื้อเพลิง G100, GE05, GE10, GE15, GM05, GM10, GM15