

บทที่ 8

ผลการทดสอบการประหยัดพลังงาน

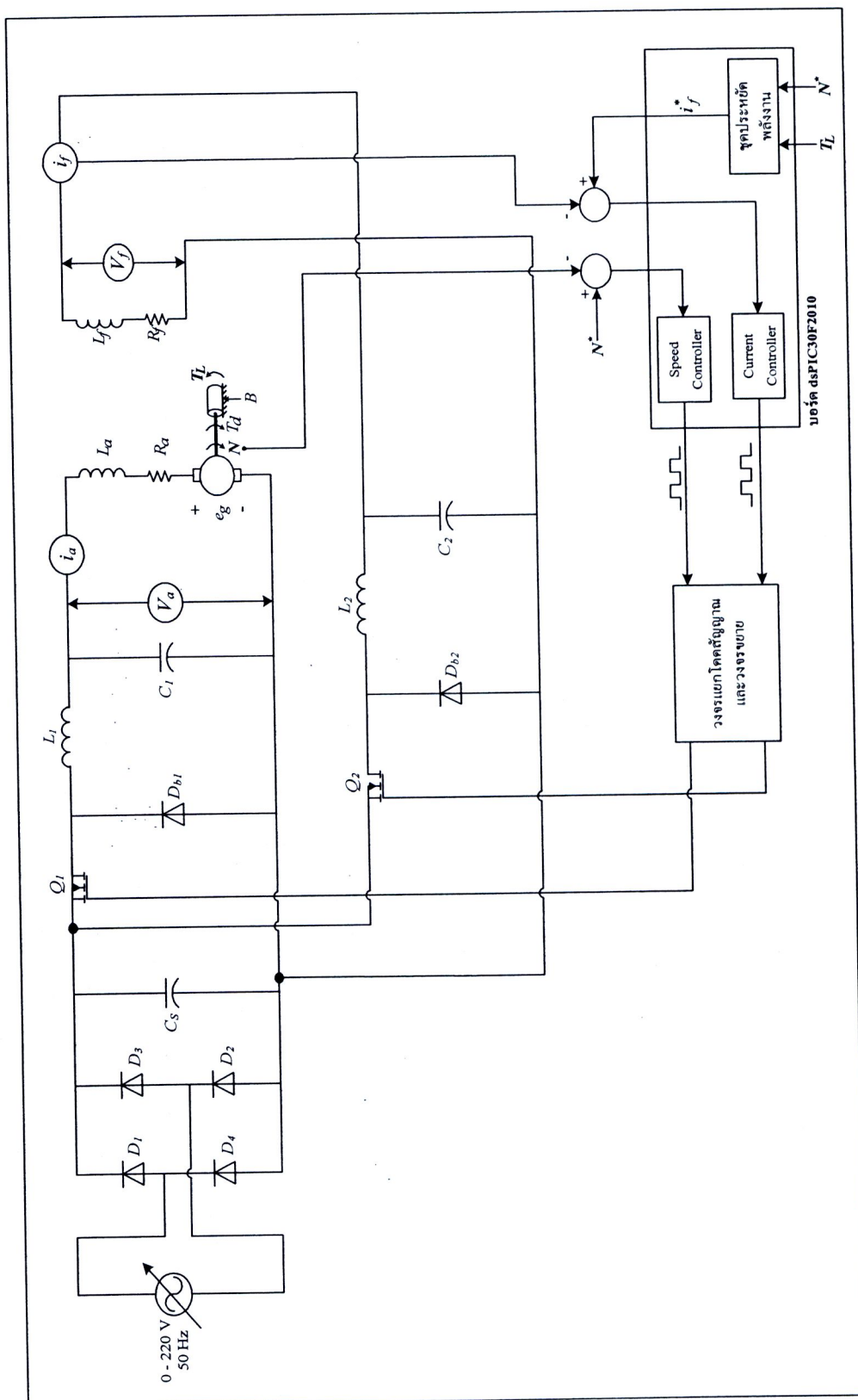
8.1 บทนำ

ผลการทดสอบการประหยัดพลังงานของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้น จะเปรียบเทียบผลการทดสอบระหว่างการประหยัดพลังงานในการขับเคลื่อนที่ใช้วิธีฐานแบบจำลอง กับการขับเคลื่อนมอเตอร์ด้วยวิธีดั้งเดิม ดังนั้นในบทนี้จึงนำเสนอผลการทดสอบ และการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานระหว่างสองวิธีดังกล่าวเพื่อให้เห็นว่า การประหยัดพลังงานในการขับเคลื่อนที่ใช้วิธีฐานแบบจำลองสามารถประหยัดพลังงานได้จริง นอกจากนี้ได้นำเสนอกราฟพื้นที่ของการประหยัดพลังงาน (region of energy saving) เพื่อยืนยันผลการประหยัดพลังงานด้วยวิธีดังกล่าวได้ชัดเจนยิ่งขึ้น ซึ่งรายละเอียดทั้งหมดรวมถึงอภิปรายผลได้นำเสนอไว้ในบทนี้ด้วยเช่นกัน

8.2 การทดสอบและผลการทดสอบการขับเคลื่อนมอเตอร์

การทดสอบการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นสำหรับประหยัดพลังงานตามหลักการของงานวิจัย แสดงได้ดังรูปที่ 8.1 ซึ่งจากรูปวงจรถูกกล่าวพบว่าได้แบ่งการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นออกเป็น 2 โหมด คือ ควบคุมกระแสสนามและความเร็วรอบของมอเตอร์ และหลักการทำงานของวงจรขับเคลื่อนมอเตอร์นี้สามารถอธิบายได้ดังแผนภาพการทำงานรูปที่ 7.1 ในบทที่ 7

การทดสอบชุดขับเคลื่อนมอเตอร์ ได้ทำการทดสอบทั้งแบบมีตัวควบคุมเพื่อประหยัดพลังงานหรือวิธีฐานแบบจำลองและไม่มีตัวควบคุมหรือวิธีดั้งเดิม และมีการเก็บข้อมูลทางพลังงาน เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบ ซึ่งการเก็บข้อมูลทางพลังงานจะทำการบันทึกข้อมูลแรงบิด โทลด์ ความเร็วรอบของมอเตอร์ รวมทั้งกระแสและแรงดันของวงจรมอเตอร์ทั้งสองฝั่ง เพื่อนำไปคำนวณกำลังงานอินพุต กำลังงานเอาต์พุตและกำลังงานสูญเสียของมอเตอร์ โดยผลการทดสอบดังกล่าวแสดงดังตารางที่ 8.1 และ 8.2 ตามลำดับ



รูปที่ 8.1 แผนภาพวงจรทดสอบการขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นสำหรับประหยัดพลังงาน

ตารางที่ 8.1 ข้อมูลทางพลังงานในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระแสตัวนำแบบจำลอง

T_L (N·m)	N^* (rpm)	N_{act} (rpm)	$i_{f,cal}$ (A)	i_f (A)	V_f (V)	i_a (A)	V_a (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	P_{loss} (W)
0.2	1000	1012	0.114	0.120	80	0.900	60	63.600	21.200	42.400
	1200	1219	0.114	0.120	80	0.950	70	76.100	25.530	50.570
	1300	1341	0.115	0.110	70	1.000	80	87.700	28.090	59.610
	1400	1408	0.115	0.120	80	0.900	80	81.600	29.490	52.110
	1500	1495	0.116	0.110	70	0.900	90	88.700	31.310	57.390
0.5	1000	988	0.176	0.180	120	1.100	70	98.600	51.730	46.870
	1200	1211	0.177	0.180	120	1.200	80	117.600	63.410	54.190
	1300	1321	0.178	0.190	130	1.200	100	144.700	69.170	75.530
	1400	1401	0.179	0.170	115	1.250	100	144.550	73.360	71.190
	1500	1527	0.179	0.180	120	1.200	110	153.600	79.950	73.650
0.8	1000	1002	0.223	0.220	140	1.600	80	158.800	83.940	74.860
	1200	1184	0.225	0.230	150	1.600	100	194.500	99.190	95.310
	1300	1317	0.226	0.230	150	1.600	110	210.500	110.330	100.170
	1400	1447	0.227	0.230	150	1.600	120	226.500	121.220	105.280
	1500	1510	0.228	0.220	145	1.600	125	231.900	126.500	105.400

ตารางที่ 8.1 ข้อมูลทางพลังงานในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นวิธีฐานแบบจำลอง (ต่อ)

T_L (N·m)	N^* (rpm)	N_{act} (rpm)	$i_{f,cal}$ (A)	i_f (A)	V_f (V)	i_a (A)	V_a (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	P_{loss} (W)
1.1	1000	1001	0.263	0.250	170	1.850	90	209.000	115.310	93.690
	1200	1169	0.263	0.270	185	2.000	100	249.950	134.660	115.290
	1300	1337	0.263	0.260	180	2.000	120	286.800	154.010	132.790
	1400	1342	0.263	0.270	180	2.000	120	288.600	154.590	134.010
	1500	1460	0.263	0.250	180	2.000	125	295.000	168.180	126.820
1.2	1000	995	0.276	0.280	180	2.250	90	252.900	125.040	127.860
	1200	1177	0.275	0.280	190	2.200	110	295.200	147.910	147.290
	1300	1238	0.275	0.270	185	2.200	110	291.950	155.570	136.380
	1400	1360	0.274	0.270	180	2.200	130	334.600	170.900	163.700
	1500	1457	0.274	0.280	190	2.200	120	317.200	183.090	134.110

ตารางที่ 8.2 ข้อมูลทางพลังงานในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นแบบวีรติงเดิม

T_L (N·m)	N^* (rpm)	N_{acr} (rpm)	i_f (A)	V_f (V)	i_a (A)	V_a (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	P_{loss} (W)
0.2	1000	1043	0.30	200	0.75	85	123.75	21.84	101.91
	1200	1205	0.30	200	0.70	100	130.00	25.24	104.76
	1300	1318	0.30	200	0.70	1110	137.00	27.60	109.40
	1400	1395	0.30	200	0.70	115	140.50	29.22	111.28
	1500	1565	0.30	200	0.70	130	151.00	32.78	118.22
0.5	1000	1020	0.30	200	1.10	90	159.00	53.41	105.59
	1200	1218	0.30	200	1.10	100	170.00	63.77	106.23
	1300	1335	0.30	200	1.10	115	186.50	69.90	116.60
	1400	1389	0.30	200	1.10	120	192.00	72.73	119.27
	1500	1513	0.30	200	1.10	130	203.00	79.22	123.78
0.8	1000	1010	0.30	200	1.50	90	195.00	84.61	110.39
	1200	1181	0.30	200	1.50	105	217.50	98.94	118.56
	1300	1332	0.30	200	1.50	120	240.00	111.59	128.41
	1400	1447	0.30	200	1.50	130	255.00	121.22	133.78
	1500	1502	0.30	200	1.60	130	268.00	125.83	142.17

ตารางที่ 8.2 ข้อมูลทางพลังงานในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นแบบวิธีดั้งเดิม (ต่อ)

T_L (N·m)	N^* (rpm)	N_{act} (rpm)	i_f (A)	V_f (V)	i_a (A)	V_a (V)	P_{in} (W)	P_{out} (W)	P_{loss} (W)
1.1	1000	1006	0.30	200	1.90	90	231.00	115.88	115.12
	1200	1183	0.30	200	1.90	110	269.00	136.27	132.73
	1300	1268	0.30	200	1.90	115	278.50	146.06	132.44
	1400	1446	0.30	200	1.90	130	307.00	166.57	140.43
	1500	1526	0.30	200	1.95	135	323.25	175.78	147.47
1.2	1000	990	0.30	200	2.10	90	249.00	124.41	124.59
	1200	1180	0.30	200	2.10	110	291.00	148.28	142.72
	1300	1324	0.30	200	2.10	120	312.00	166.38	145.62
	1400	1380	0.30	200	2.10	125	322.50	173.42	149.08
	1500	1471	0.30	200	2.10	130	333.00	184.85	148.15

โดย N^* คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ที่ต้องการ

N_{act} คือ ความเร็วรอบของมอเตอร์ในขณะใด ๆ โดยมีความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%N^*$

$i_{f,cal}$ คือ กระแสสนามจากการคำนวณด้วยวิธีฐานแบบจำลอง

i_f คือ กระแสสนามในขณะใด ๆ โดยมีความคลาดเคลื่อน $\pm 5\%i_{f,cal}$

จากตารางผลการทดสอบ พบว่าที่สภาวะแรงบิดโหลดและความเร็วรอบต่าง ๆ ค่ากำลังงานอินพุตของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์วิธีฐานแบบจำลอง มีค่าน้อยกว่ากำลังงานอินพุตของระบบขับเคลื่อนมอเตอร์แบบวิธีดั้งเดิม โดยเฉพาะที่แรงบิดโหลดต่ำ ๆ จนถึง 50 เปอร์เซ็นต์ของแรงบิดโหลดเต็มพิกัด (โหลดเต็มพิกัดมีค่าเท่ากับ 1.5 N·m) ค่ากำลังงานอินพุตของระบบขับเคลื่อนทั้งสองวิธีมีความแตกต่างกันค่อนข้างมาก ซึ่งหมายถึงสามารถประหยัดพลังงานได้มาก ส่วนในช่วงแรงบิดโหลดมากกว่า 50 เปอร์เซ็นต์ของแรงบิดโหลดพิกัด สามารถประหยัดพลังงานได้เช่นกัน แต่ในบางสภาวะ บางค่าความเร็วรอบไม่สามารถประหยัดพลังงานได้ เช่น ในสภาวะแรงบิดโหลด เท่ากับ 1.1 N·m และความเร็วรอบ เท่ากับ 1300 rpm โดยผลการคำนวณเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน แสดงได้ดังตารางที่ 8.3 ดังนี้

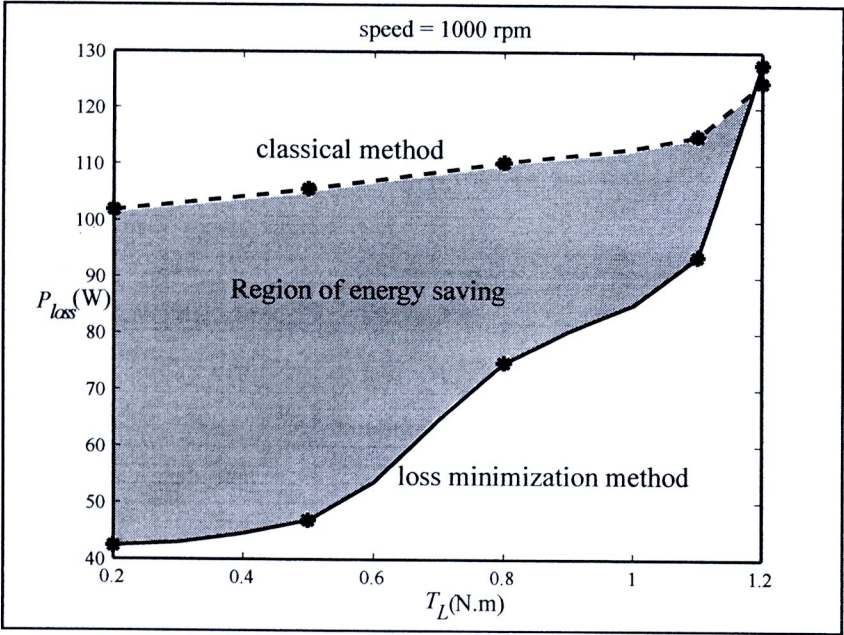
ตารางที่ 8.3 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน

T_L (N·m)	N^* (rpm)	วิธีดั้งเดิม				วิธีฐานแบบจำลอง				เปอร์เซ็นต์ การประหยัด พลังงาน
		N_{act} (rpm)	i_f (A)	V_a (V)	P_{in} (W)	N_{act} (rpm)	i_f (A)	V_a (V)	P_{in} (W)	
0.2	1000	1043	0.3	85	123.75	1012	0.12	60	63.60	48.61
	1200	1205	0.3	100	130.00	1219	0.12	70	76.10	41.46
	1300	1318	0.3	1110	137.00	1341	0.11	80	87.70	35.99
	1400	1395	0.3	115	140.50	1408	0.12	80	81.60	41.92
	1500	1565	0.3	130	151.00	1495	0.11	90	88.70	41.26
0.5	1000	1020	0.3	90	159.00	988	0.18	70	98.60	37.99
	1200	1218	0.3	100	170.00	1211	0.18	80	117.60	30.82
	1300	1335	0.3	115	186.50	1321	0.19	100	144.70	22.41
	1400	1389	0.3	120	192.00	1401	0.17	100	144.55	24.71
	1500	1513	0.3	130	203.00	1527	0.18	110	153.60	24.33
0.8	1000	1010	0.3	90	195.00	1002	0.22	80	158.80	18.56
	1200	1181	0.3	105	217.50	1184	0.23	100	194.50	10.57
	1300	1332	0.3	120	240.00	1317	0.23	110	210.50	12.29
	1400	1447	0.3	130	255.00	1447	0.23	120	226.50	11.18
	1500	1502	0.3	130	268.00	1510	0.22	125	231.90	13.47

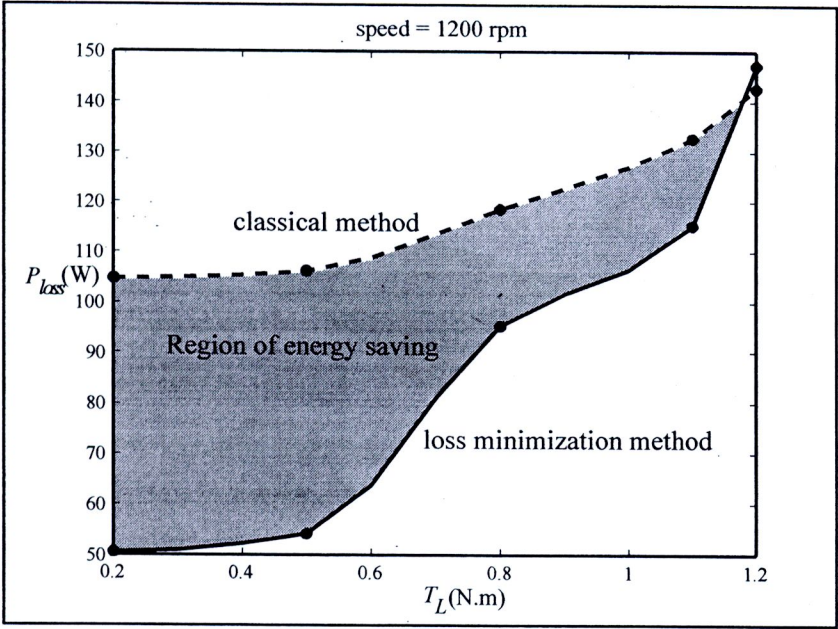
ตารางที่ 8.3 ผลการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงาน (ต่อ)

T_L (N·m)	N^* (rpm)	วิธีดั้งเดิม				วิธีฐานแบบจำลอง				เปอร์เซ็นต์ การประหยัด พลังงาน
		N_{act} (rpm)	i_f (A)	V_a (V)	P_{in} (W)	N_{act} (rpm)	i_f (A)	V_a (V)	P_{in} (W)	
1.1	1000	1006	0.3	90	231.00	1001	0.25	90	209.00	9.52
	1200	1183	0.3	110	269.00	1169	0.27	100	249.95	7.08
	1300	1268	0.3	115	278.50	1337	0.26	120	286.80	ไม่ประหยัด
	1400	1446	0.3	130	307.00	1342	0.27	120	288.60	5.99
	1500	1526	0.3	135	323.25	1460	0.25	125	295.00	8.74
1.2	1000	990	0.3	90	249.00	995	0.28	90	252.90	ไม่ประหยัด
	1200	1180	0.3	110	291.00	1177	0.28	110	295.20	ไม่ประหยัด
	1300	1324	0.3	120	312.00	1238	0.27	110	291.95	6.43
	1400	1380	0.3	125	322.50	1360	0.27	130	334.60	ไม่ประหยัด
	1500	1471	0.3	130	333.00	1457	0.28	120	317.20	4.74

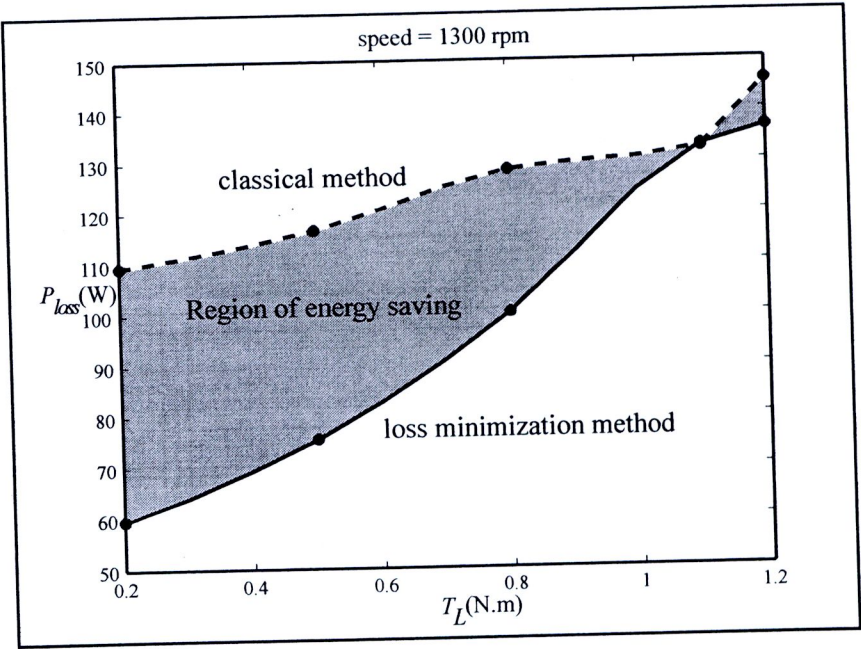
จากตารางที่ 8.3 พบว่าเปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานในสภาวะแรงบิดโหลดต่ำ ๆ ประหยัดพลังงานได้ถึง 48.61 เปอร์เซ็นต์ ส่วนในสภาวะ 50 เปอร์เซ็นต์ของโหลดเต็มพิกัดประหยัดพลังงานได้ 18.56 เปอร์เซ็นต์ และในสภาวะ 80 เปอร์เซ็นต์ของโหลดเต็มพิกัดประหยัดพลังงานได้เพียง 6.43 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากการคำนวณดังกล่าวข้างต้น สังกัดได้ว่าเมื่อโหลดเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การประหยัดพลังงานจะมีค่าลดลง และจากผลดังกล่าวการควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นตามหลักการของงานวิจัย นอกจากจะลดกำลังงานอินพุตแล้ว กำลังงานสูญเสียของมอเตอร์ก็ลดลงด้วยเช่นกัน ดังนั้นจากผลทั้งหมดข้างต้นเมื่อนำไปวาดกราฟได้ดังรูปที่ 8.2 เพื่อเปรียบเทียบค่ากำลังงานสูญเสียของมอเตอร์และแรงบิดโหลด ระหว่างกรณีวิธีฐานแบบจำลองสำหรับประหยัดพลังงานและวิธีดั้งเดิม ในสภาวะแรงบิดโหลดและความเร็วรอบตามที่ได้อ่านวนไปแล้วข้างต้น ซึ่งจากรูปดังกล่าวสังเกตได้ว่าที่ทุก ๆ ค่าความเร็วรอบที่อ่านวน ช่วงที่แรงบิดโหลดต่ำ ผลต่างของค่ากำลังงานสูญเสียของทั้ง 2 วิธี มีค่าต่างกันมาก และเมื่อแรงบิดโหลดเพิ่มขึ้นผลต่างของค่ากำลังงานสูญเสียมีค่าลดลง ดังนั้นจากผลการทดสอบทั้งหมดที่กล่าวไปแล้วข้างต้น พบว่าการควบคุมมอเตอร์โดยวิธีฐานแบบจำลองสามารถประหยัดพลังงานได้



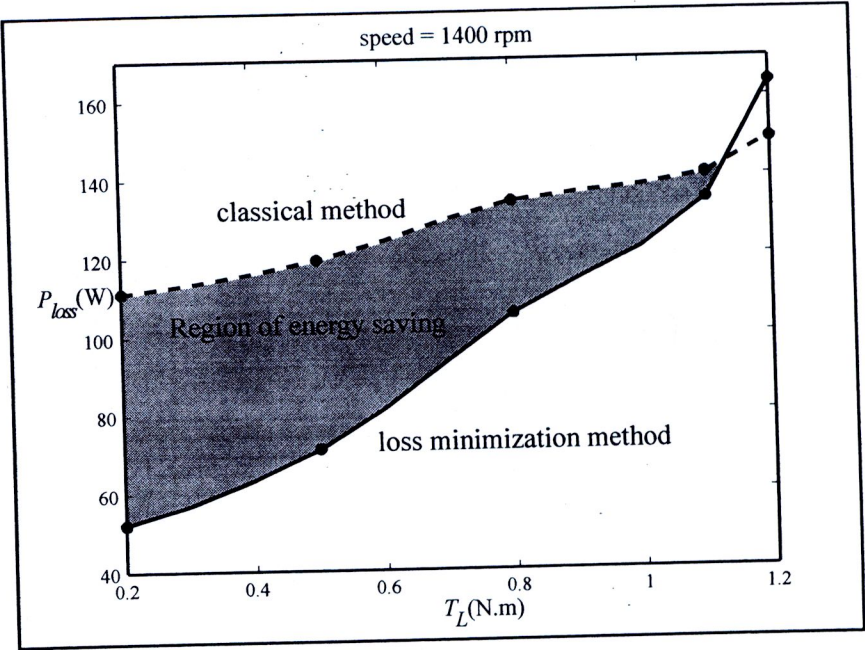
ก) ความเร็วรอบ เท่ากับ 1000 rpm



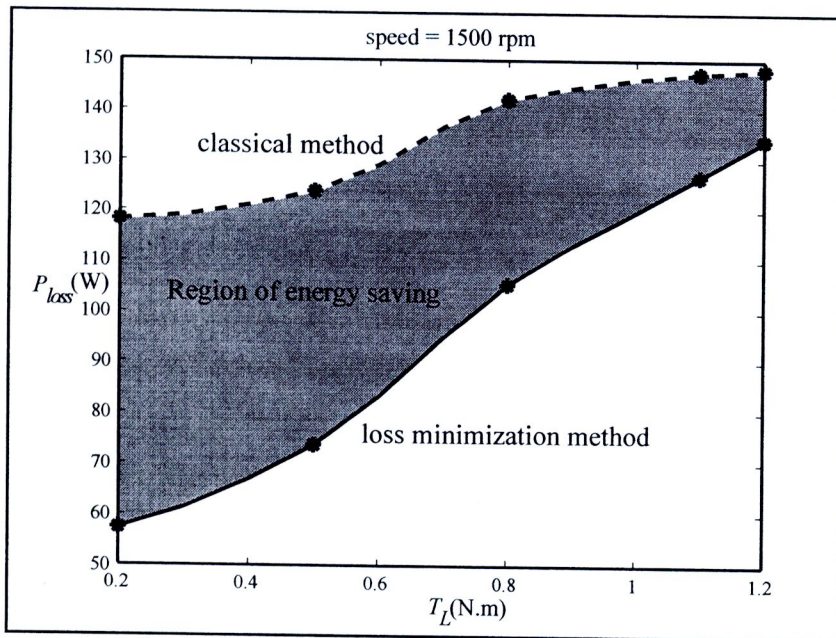
ข) ความเร็วรอบ เท่ากับ 1200 rpm



ค) ความเร็วรอบ เท่ากับ 1300 rpm



ง) ความเร็วรอบ เท่ากับ 1400 rpm



จ) ความเร็วรอบ เท่ากับ 1500 rpm

รูปที่ 8.2 กราฟเปรียบเทียบกำลังงานสูญเสียระหว่างวิธีฐานแบบจำลองสำหรับประหยัพลังงาน และวิธีดั้งเดิมในระบบขับเคลื่อนมอเตอร์

8.3 สรุป

การควบคุมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงชนิดแยกกระตุ้นเพื่อประหยัพลังงานสำหรับงานวิจัยนี้ใช้ตัวควบคุมแบบฐานกฎ และจากผลการทดสอบเพื่อเก็บข้อมูลทางพลังงานของมอเตอร์ ในสถานะที่มีตัวควบคุมสำหรับการประหยัพลังงานตามหลักการของงานวิจัย เปรียบเทียบกับสถานะที่ไม่มีตัวควบคุม พบว่า การควบคุมมอเตอร์ตามหลักการดังกล่าว ประหยัพลังงานได้ถึง 48.61 เปอร์เซ็นต์ ในขณะที่แรงบิดโหลดต่ำ ๆ และที่สถานะ 50 เปอร์เซ็นต์ของโหลดเต็มพิกัด ประหยัพลังงานได้ 18.56 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งจากผลดังกล่าวข้างต้น ตัวควบคุมที่ได้ออกแบบเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของงานวิจัยทุกประการ กล่าวคือ ตัวควบคุมสามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เพื่อให้ได้ความเร็วรอบตามที่ต้องการ โดยอยู่บนเงื่อนไขของการประหยัพลังงานได้ตลอดสถานะการทำงานของมอเตอร์