

บทที่ 5

บทสรุป

5.1 บทนำ

วิทยานิพนธ์นี้เสนอวิธีการแบบประหยัคสำหรับการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์โดยอาศัยทฤษฎีการหาค่าที่เหมาะสมเพื่อหาค่าพารามิเตอร์วงจรสมมูลมอเตอร์เหนี่ยวนำที่เหมาะสม โดยการสุ่มค่าพารามิเตอร์ที่ทำให้สามารถคำนวณค่ากระแสไฟฟ้าประสิทธิภาพและกำลังไฟฟ้าได้ใกล้เคียงกับค่าที่วัดได้มากที่สุด ซึ่งจะนำไปสู่การหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ต่อไป มอเตอร์พัดลมระบายอากาศนี้ใช้อุปกรณ์ขับเคลื่อนที่ใช้เทคนิคการควบคุมแบบควบคุมแรงบิดโดยตรงซึ่งแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่ออกจากอินเวอร์เตอร์ไม่เป็นคลื่นไซน์ซึ่งวิธีการประเมินประสิทธิภาพแบบทั่วไปให้ค่าที่มีความคลาดเคลื่อนสูงจากความเป็นจริงมาก สำหรับวิธีการที่นำเสนอสามารถหาประสิทธิภาพของมอเตอร์ได้ใกล้เคียงหรือมีความแม่นยำมากกว่า ทั้งยังมีความสะดวก และประหยัค สามารถนำไปใช้หาประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ถูกขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ได้

5.2 สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยได้ทำการทดลองกับมอเตอร์ขนาด 2.2 kW และ 5.5 kW ที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์แบบพีดับบลิวเอ็ม ผลการประเมินโดยใช้ข้อมูลแรงดันไฟฟ้าประสิทธิภาพเข้ากระแสไฟฟ้าประสิทธิภาพเข้า กำลังไฟฟ้า ความถี่ และความเร็วรอบ ที่ความถี่และภาระต่างกัน มาประมวลผลหาประสิทธิภาพได้ผลลัพธ์คลาดเคลื่อนจากวิธีทดสอบแบบมีภาระ (shaft torque method) ไม่เกิน 2 % จึงทำให้เห็นได้ว่าวิธีการที่นำเสนอมีความแม่นยำสูงและสามารถนำไปงานได้กับมอเตอร์ที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์ได้

จากนั้นได้ประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ของรถไฟฟ้าใต้ดินขนาด 108 kW ขณะใช้งาน ที่ขับเคลื่อนด้วยอินเวอร์เตอร์แบบแหล่งจ่ายแรงดัน มีเทคนิคการควบคุมแบบควบคุมแรงบิดโดยตรง ทั้งหมด 22 ตัวซึ่งประกอบไปด้วย สถานีสูขุมวิทจำนวน 4 ตัว สถานีหัวลำโพงจำนวน 4 ตัว สถานีสามย่านจำนวน 3 ตัว สถานีลุมพินีจำนวน 4 ตัว สถานีคลองเตยจำนวน 2 ตัว สถานีศูนย์สิริกิติ์จำนวน 3 ตัว และอาคารระบายอากาศระหว่างสถานีศูนย์สิริกิติ์-สูขุมวิทจำนวน 2 ตัว มอเตอร์นี้มีการทำงานสองทิศทางคือจ่ายลมเข้าอุโมงค์ (ภาระประมาณ 70-90 เปอร์เซ็นต์) และดูดลมออกจากอุโมงค์ (ภาระประมาณ 40-60 เปอร์เซ็นต์) สถานีตัวอย่างที่ทำการวิเคราะห์คือสถานีสูขุมวิท ทำการวิเคราะห์ฮาร์โมนิกแรงดันได้ประมาณ 32 % และ

ฮาร์โมนิกกระแสประมาณ 4.9 % ทำให้ได้เห็นถึงความผิดเพี้ยนของรูปคลื่นแรงดันและกระแสไฟฟ้าที่จ่ายให้กับมอเตอร์ ในสถานีดังอย่างนี้ได้ทำการสุ่มบันทึกค่าจำนวน 5 ครั้งภายหลังเดินมอเตอร์ไปแล้วเป็นเวลา 30 นาทีตามมาตรฐานงานซ่อมบำรุง ผลลัพธ์ที่ได้ทำการเปรียบเทียบกำลังทางกลที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอกับค่าที่อ่านได้จากอุปกรณ์ขับเคลื่อน (VSD) และวิธีการใช้ค่ากระแส (CM) ปรากฏว่าวิธีการที่นำเสนอมีความใกล้เคียงกับค่าจากอุปกรณ์ขับเคลื่อนมากกว่า และจากนั้นประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์เปรียบเทียบกันระหว่างวิธีการที่นำเสนอกับวิธีการใช้ค่ากระแส ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์ที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอมีความเป็นไปได้มากกว่าวิธีการประเมินประสิทธิภาพโดยใช้ค่ากระแสไฟฟ้า ที่ได้ค่าประสิทธิภาพออกมาสูงผิดปกติ ซึ่งมีผลมาจากการเปลี่ยนแปลงแรงดันไฟฟ้าและความถี่ในการทำงานของมอเตอร์ไปจากปกติ แต่สำหรับวิธีการที่นำเสนอจะใช้หลักการหาค่าที่เหมาะสมแบบจินตคณิตออร์ธิมซึ่งทำให้ได้ผลลัพธ์ที่ดีกว่า

ค่าประสิทธิภาพของมอเตอร์พัฒนาขยายอากาศสถานีสุโขมวิทที่ได้จากวิธีการที่นำเสนอขณะมอเตอร์ทำงานจ่ายลมเข้าอุโมงค์ส่วนใหญ่จะสูงกว่าประสิทธิภาพเมื่อทำงานแบบดูดลมออกจากอุโมงค์ เนื่องจากภาระของการจ่ายลมเข้าอุโมงค์สูงกว่า แนวโน้มนี้เกิดขึ้นในการประเมินทั้ง 5 ครั้งของมอเตอร์แต่ละตัว และเกิดขึ้นในทำนองเดียวกันทั้ง 4 ตัวในสถานีนี้ ซึ่งหากหาค่าเฉลี่ยจะพบว่าประสิทธิภาพของมอเตอร์เหล่านี้ขณะทำงานที่ภาระสูงจะมีค่ามากกว่าทำงานที่ภาระต่ำดังแสดงในตารางที่ 5.1 จากผลที่ได้นี้แสดงให้เห็นว่ามอเตอร์ทั้งหมดยังคงมีสมรรถนะที่ดี อย่างไรก็ตามหากประสิทธิภาพที่ประเมินได้โดยวิธีหาค่าประสิทธิภาพที่ได้มีค่าต่ำจนผิดปกติเช่น ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์ (ค่าประสิทธิภาพที่เต็มพิกัดของมอเตอร์จากป้ายพิกัดมีค่าประมาณ 94 %) อาจแสดงว่ามอเตอร์ตัวนั้นกำลังมีปัญหาต้องหาทางปรับปรุงแก้ไขต่อไป

ตารางที่ 5.1 ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพมอเตอร์พัฒนาขยายอากาศสถานีสุโขมวิทโดยวิธีการที่นำเสนอ

มอเตอร์พัฒนาขยายอากาศ		f (Hz)	Speed (rpm)	P_{out} (kW)	Eff (%)
สถานีสุโขมวิท	F700S	51.31	1014.6	85.88	95.28
	F701S	51.27	1014.6	83.02	96.44
	F750S	50.48	999.9	82.65	95.35
	F751S	51.03	1009.5	84.33	95.70
	F700E	44.38	880	53.55	92.93
	F701E	44.38	880	58.27	96.00
	F750E	44.37	880	52.60	94.92
	F751E	44.41	880	51.68	94.21

จากผลการประเมินประสิทธิภาพที่ได้จึงได้ใช้วิธีการนี้ประเมินมอเตอร์พัดลมระบายอากาศในอุโมงค์ขณะใช้งานของสถานีอื่น ๆ อีกทั้งหมด 18 ตัว โดยการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลครั้งเดียวที่เชื่อถือได้นำมาประมวลผล ได้ผลลัพธ์การเปรียบเทียบกำลังขาออกและการประเมินประสิทธิภาพเช่นเดียวกันว่ามีความเป็นไปได้ของค่าที่ได้จากการประเมินด้วยวิธีการที่น่าเสนอ ดังแสดงในตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.2 ค่าประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศสถานีต่าง ๆ ที่ประเมินโดยวิธีการที่น่าเสนอ

มอเตอร์พัดลมระบายอากาศ		f (Hz)	Speed (rpm)	P_{out} (kW)	Eff (%)
สถานีหัวลำโพง	F100S	51.04	1010	78.51	93.46
	F101S	51.02	1010	79.60	94.76
	F150S	50.45	1000	72.50	96.17
	F151S	51.27	1015	79.11	94.18
	F100E	44.37	880	59.33	96.37
	F101E	44.35	880	51.16	95.72
	F150E	44.38	880	57.31	96.17
	F151E	44.37	880	58.97	95.14
สถานีสามย่าน	F200S	51.27	1015	80.79	96.18
	F201S	51.27	1015	79.16	94.24
	F250S	51.38	1015	95.23	93.44
	F200E	44.39	880	59.03	94.37
	F201E	44.38	880	55.47	94.97
	F250E	44.40	880	58.54	95.73

ตารางที่ 5.2 (ต่อ) ประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศสถานีต่าง ๆ ที่ประเมินโดยวิธีการที่นำเสนอ

มอเตอร์พัดลมระบายอากาศ		f (Hz)	Speed (rpm)	P_{out} (kW)	Eff (%)
สถานีลุมพินี	F400S	50.97	1009.6	79.56	94.72
	F401S	50.97	1010.2	75.63	93.46
	F450S	51.17	1009.6	91.32	93.18
	F451S	51.17	1010.2	98.52	93.45
	F400E	44.35	880	53.11	94.55
	F401E	44.35	880.1	51.98	94.88
	F450E	44.41	880	63.56	94.75
	F451E	44.44	880	68.70	95.42
สถานีคลองเตย	F500S	51.04	1009.6	91.73	94.55
	F501S	51.02	1009.6	85.51	94.69
	F500E	44.36	880	55.56	97.75
	F501E	44.34	880	53.80	96.38
สถานีศูนย์สิริกิติ์	F600S	45.36	900	55.64	94.50
	F601S	45.38	900	55.10	96.63
	F650S	51.02	1009.9	79.16	96.04
	F650E	44.35	880	51.34	93.69
SV03	F1100S	44.34	880	52.52	95.83
	F1101S	44.34	880	48.81	95.70

จากการประเมินประสิทธิภาพมอเตอร์พัดลมระบายอากาศที่ได้นี้เมื่อทำงานที่ภาระสูงและภาระต่ำอาจมีค่าประสิทธิภาพที่มากหรือน้อย หรือใกล้เคียงกัน เนื่องจากคุณลักษณะของมอเตอร์ตัวนั้นและข้อมูลที่บ้านทักได้มาในขณะนั้น อย่างไรก็ตามค่าประสิทธิภาพที่ประเมินออกมาได้ทั้งหมดยังอยู่ในขอบเขตที่เป็นไปได้ แสดงให้เห็นว่ามอเตอร์ยังมีสมรรถนะที่ดีในการใช้งาน แต่หากค่าประสิทธิภาพที่ประเมินได้มีค่าต่ำผิดปกติเช่น ต่ำกว่า 90 เปอร์เซ็นต์อาจเป็นสัญญาณชี้ชัดได้ว่าเกิดความผิดปกติขึ้นกับมอเตอร์แล้วต้องบำรุงรักษา หรือแก้ไขโดยด่วน การประเมิน

ประสิทธิภาพมอเตอร์จึงควรทำเป็นระยะเพื่อตรวจสอบสมรรถนะของมอเตอร์ตามหลักการซ่อมบำรุงตามสภาพ ซึ่งจะช่วยให้ปรับลดหรือเพิ่มการซ่อมบำรุงได้ตามสภาพของมอเตอร์นั้น ๆ อยู่ตลอดเวลา ส่งผลต่อความคุ้มค่าในการซ่อมบำรุงและความน่าเชื่อถือต่อระบบ

การประเมินประสิทธิภาพโดยวิธีที่นำเสนอนี้เป็นการประเมินประสิทธิภาพที่การทำงานขณะนั้นเพียงจุดเดียวของมอเตอร์ ค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาคือค่าที่เหมาะสมที่จีเนติกอัลกอริทึมประมวลขึ้นมาในขณะนั้น ค่าพารามิเตอร์เหล่านี้ไม่สามารถนำไปใช้หาประสิทธิภาพตลอดย่านการทำงานของมอเตอร์ได้

5.3 ข้อเสนอแนะ

การประเมินประสิทธิภาพด้วยวิธีที่นำเสนอนี้จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่สามารถวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและกระแสไฟฟ้าประสิทธิภาพได้ เพื่อให้ได้รับข้อมูลที่ถูกต้องครบถ้วนมาประมวลผลและจะได้รับผลการประเมินประสิทธิภาพของมอเตอร์ขณะใช้งานจริงที่ขับเคลื่อนอินเวอร์เตอร์ที่ถูกต้องตามความเป็นจริง ซึ่งในงานวิจัยนี้ใช้เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพไฟฟ้า (three phase power quality analyzer; **PQA**; Fluke 434; true RMS) (ภาคผนวก ง) และการวัดความเร็วรอบของมอเตอร์ขนาดใหญ่อาจมีปัญหาในด้านความปลอดภัยได้ หากไม่สามารถตรวจวัดได้โดยใช้เครื่องวัดความเร็วรอบหรือไม่มีการแสดงค่าที่อุปกรณ์ขับเคลื่อน ในโอกาสต่อไปอาจจะประยุกต์ใช้วิธีการวิเคราะห์สัญญาณกระแสของมอเตอร์ (motor current signature analysis; MCSA) เพื่อหาค่าความเร็วรอบของมอเตอร์ซึ่งแนวทางนี้จะเป็นวิธีการที่สะดวกและปลอดภัยยิ่งขึ้น