สารบาญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	ง
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ช
สารบาญตาราง	ญ
สารบาญภาพประกอบ	ณ
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 บทนำเกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย	1
1.2 ที่มาของปัญหา	2
1.3 แนวทางแก้ไขปัญหา	5
1.4 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	6
1.5 ประโยชน์ที่จะได้รับจากการศึกษา	6
1.6 แผนดำเนินการ ขอบเขตและวิธีการวิจัย	7
บทที่ 2 ระบบการทำงานและอุปกรณ์ในโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1-3	
2.1 หลักการทำงานของโรงไฟฟ้าพลังความร้อนแม่เมาะ หน่วยที่ 1-3	11
2.2 เครื่องผลิตไอน้ำ (Steam Generating Plant)	14
2.3 เครื่องกังหันไอน้ำและอุปกรณ์ประกอบ (Turbine and Auxiliary Equipment)	15
2.4 เครื่องกำเนิดไฟฟ้า	17
2.5 อุปกรณ์ไฟฟ้า (Electrical Equipment)	18
2.6 อุปกรณ์ควบคุมและเครื่องมือ (Control and Instrumentation)	19
2.7 ระบบลำเลียงถ่าน (Coal Handling System)	20
2.8 ระบบขนถ่ายขี้เถ้า (Ash Handling System)	20
2.9 ระบบส่งกำลังไฟฟ้า (Transmission System)	20
บทที่ 3 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	
3.1 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าที่ระบบไฟฟ้า	21
3.1.1 การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	21
3.1.2 การแก้ไขตัวประกอบกำลัง	23
3.2 การอนุรักษ์พลังงานที่อุปกรณ์ไฟฟ้า	29
3.2.1 การอนุรักษ์พลังงานในหม้อแปลงไฟฟ้า	30

หน้า

3.2.2 การอนุรักษ์พลังงานในระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้า 33

3.3 เทคนิคการวัดทางไฟฟ้า 39

บทที่ 4 การเก็บข้อมูลเพื่อวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

4.1 การวัดกำลังไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1

4.1.1 การวัดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V, 3 Phase หรือ 220 V, 1 Phase 42

4.1.2 การวัดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดันพิกัดแรงดัน 3.3 kV, 3 Phase 53

4.2 การจัดทำเส้นโค้งของโหลด 59

บทที่ 5 การวิเคราะห์แนวทางอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1

5.1 การวิเคราะห์การอนุรักษ์พลังงานโดยการแก้ไขตัวประกอบกำลัง 97

5.1.1 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังด้านแรงดันต่ำ 97

5.1.2 การปรับปรุงตัวประกอบกำลังของมอเตอร์แรงดันสูง 101

5.2 การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด 103

5.2.1 การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการจัดการวิธีการปฏิบัติงาน 104

5.2.2 การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยการตัดโหลดด้านปฐมภูมิของหม้อแปลงที่ไม่ได้ใช้งาน 106

5.2.3 หยุดการทำงานบางช่วงเวลาของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่ไม่มีความสำคัญและไม่มีผลกระทบกับ กระบวนการผลิต 106

5.3 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยการนำมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงมาใช้งานทดแทนมอเตอร์ที่ใช้ งานปัจจุบัน 108

5.4 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยการ ควบคุมค่าความร้อนของถ่านหินลิกไนต์ที่ใช้ในการเผาไหม้ให้ได้ตามค่าที่กำหนด 114

5.5 การประมาณการจัดทำเส้นโค้งของโหลดหลังดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า 115

5.6 การประมาณการพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่อนุรักษ์ได้หลังจากดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า 141

บทที่ 6 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

6.1 สรุปผลการวิจัย 142

6.2 ข้อเสนอแนะในการศึกษาต่อไป 145

บรรณานุกรม 146
ภาคผนวก ก เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) 148
ประวัติการศึกษา 150

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Chiang Mai University

สารบาญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1 การบันทึกพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 4

ตารางที่ 1.2 จำนวนและค่าพิกัดของมอเตอร์แรงดันสูงทั้งหมดของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 1-3 ที่จำเป็นจะต้องวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง 10

ตารางที่ 1.3 กลุ่มอุปกรณ์ต่างๆและมอเตอร์แรงดันต่ำทั้งหมดของโรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 1-3 ที่จำเป็นจะต้องวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานจริง 10

ตารางที่ 3.1 การสูญเสียในอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ 29

ตารางที่ 3.2 การสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าของหม้อแปลงแห้ง (Dry Type Cast Rasin) ขนาดพิกัดต่างๆ 30

ตารางที่ 3.3 แสดงถึงตัวอย่างระยะเวลาการคืนทุนของการใช้งานมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 39

ตารางที่ 4.1 ก) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V กลุ่ม Turbine Gen. Transformer Unit 1 (1DA Bus) 43

ตารางที่ 4.1 ข) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V กลุ่ม Condensated and Feed Heating Unit 1 (1DB Bus) 44

ตารางที่ 4.1 ค) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V กลุ่ม Boiler Auxiliary Equipment Unit 1 (1DC Bus) 44

ตารางที่ 4.1 ง) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V กลุ่ม Emergency System Unit 1 (EM Bus) 46

ตารางที่ 4.1 จ) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V กลุ่ม Miscellaneous Plant (DL Bus) 48

ตารางที่ 4.1 ฉ) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V กลุ่ม Coal Handling System (DN Bus) 49

ตารางที่ 4.1 ช) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V กลุ่ม Water Treatment & Demineralization Plant (DM Bus) 51

ตารางที่ 4.1 ซ) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดัน 380 V กลุ่ม อื่นๆ 53

ตารางที่ 4.2 ก) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดันขนาด 3.3 kV F.D. Fan (Rated 225 kW, 52.50 A, p.f. 0.80) 55

ตารางที่ 4.2 ข) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดันขนาด 3.3 kV B.F. Pump (Rated 1100 kW, 224 A, p.f. 0.89) 55

หน้า

ตารางที่ 4.2 ค) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดันขนาด 3.3 kV P.A. Fan (Rated 375 kW, 83.50 A, p.f. 0.83) 55

ตารางที่ 4.2 ง) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดันขนาด 3.3 kV I.D. Fan (Rated 460 kW, 107 A, p.f. 0.80) 56

ตารางที่ 4.2 จ) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดันขนาด 3.3 kV C.D. Pump (Rated 200 kW, 44 A, p.f. 0.84) 56

ตารางที่ 4.2 ฉ) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดันขนาด 3.3 kV Pulverizer (Rated 252 kW, 61 A, p.f. 0.78) 56

ตารางที่ 4.2 ช) แสดงถึงกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์พิกัดแรงดันขนาด 3.3 kV C.W. Pump (Rated 510 kW, 117 A, p.f. 0.81) 57

ตารางที่ 4.3 ความสัมพันธ์ระหว่างโหลดของมอเตอร์พัดลมแรงดันสูงขนาด 3.3 kV ที่เปลี่ยนแปลงตามกำลังไฟฟ้าที่ผลิตของโรงไฟฟ้า 57

ตารางที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างโหลดของมอเตอร์แรงดันสูงอื่นๆที่เปลี่ยนแปลงตามกำลังไฟฟ้าที่ผลิตของโรงไฟฟ้า 58

ตารางที่ 4.5 กำลังไฟฟ้าของ Unit 1 Auxiliary Transformer วันที่ 10/1/40 โดยกำลังไฟฟ้าที่ผลิต คือ 75 MW. แต่มีการเปลี่ยนแปลงการผลิตดังนี้ 02 :29 น. ลดกำลังผลิตเหลือ 50 MW. และ 11:13 น. เพิ่มกำลังผลิตเป็น 75 MW 62

ตารางที่ 4.6 กำลังไฟฟ้าของ Station Service Transformer วันที่ 10/1/40 โดยกำลังไฟฟ้าที่ผลิต คือ 75 MW. แต่มีการเปลี่ยนแปลงการผลิตดังนี้ 02:29 น. ลดกำลังผลิตเหลือ 50 MW. และ 11:13 น. เพิ่มกำลังผลิตเป็น 75 MW 84

ตารางที่ 4.7 ตัวอย่างการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 ของวันที่ 10 มกราคม 2540 92

ตารางที่ 4.8 ตัวอย่างการบันทึกค่ากำลังไฟฟ้าเพื่อจัดทำโหลดรายสัปดาห์ของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 และ Station Service Transformer 94

ตารางที่ 5.1 ขนาดพิกัดของหม้อแปลงต่างๆที่ติดตั้งใช้งานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 98

ตารางที่ 5.2 กำลังไฟฟ้าของหม้อแปลงแรงดันต่ำขณะที่ใช้งานจริง 99

ตารางที่ 5.3 กำลังสูญเสียลดลงเนื่องจาก Copper Loss ของ หม้อแปลงแรงดันต่ำ 100

หน้า

ตารางที่ 5.4 ขนาดพิกัดและกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ขณะโหลดเต็มที่ของมอเตอร์แรงดันสูง (3.3 kV) ที่ติดตั้งใช้งานในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 1 ขณะผลิตที่เต็มพิกัด 75 MW 101

ตารางที่ 5.5 ตัวเก็บประจุที่ต้องติดตั้งกับมอเตอร์แรงดันสูง 102

ตารางที่ 5.6 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าที่ระบบลำเลียงถ่านโดยการจัดการวิธีการปฏิบัติงาน 105

ตารางที่ 5.7 อุปกรณ์ไฟฟ้าที่หยุดได้โดยไม่มีผลกระทบกับกระบวนการผลิต 107

ตารางที่ 5.8 แสดงถึงผลการทดสอบมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง AC Induction Motor ขนาด 50 HP 108

ตารางที่ 5.9 กำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เดินใช้งานต่อเนื่องเป็นเวลานาน มากกว่า 8 ชั่วโมงและสตาร์ตน้อยครั้ง 110

ตารางที่ 5.10 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงชนิด 50 Hz และ 60 Hz ขนาดต่างๆ 112

ตารางที่ 5.11 พลังงานไฟฟ้าของอุปกรณ์ต่างๆเมื่อทดแทนด้วยมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงที่อนุรักษ์ได้ทั้งหมด 113

ตารางที่ 5.12 กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของอุปกรณ์ไฟฟ้าที่สำคัญๆในการผลิตที่ 75 MW ของกระบวนการเผาไหม้ถ่านหินลิกไนต์ที่มีค่าความร้อนต่างกัน 114

ตารางที่ 5.13 ตัวอย่างการคำนวณการประมาณการการใช้ไฟฟ้าเมื่อเวลา 15:00 น วันที่ 10 มกราคม 2540 ของอุปกรณ์ ที่จ่ายผ่าน Unit Auxiliary Transformer,1BTm1 116

ตารางที่ 5.14 การประมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังจากดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของ Unit Auxiliary Transformer 118

ตารางที่ 5.15 การประมาณกำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังจากดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของ Station Service Transformer 131

ตารางที่ 5.16 พลังงานไฟฟ้าที่คาดว่าจะอนุรักษ์ได้ทั้งหมดในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า 141

สารบาญภาพประกอบ

หน้า

รูปที่ 1.1 แผนภูมิระบบไฟฟ้าด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 (หน่วยที่ 2 และหน่วยที่ 3 เหมือนกับหน่วยที่ 1) 3

รูปที่ 1.2 แสดงถึงอุปกรณ์และกลุ่มอุปกรณ์ต่างๆที่ต้องวัดกำลังไฟฟ้า 9

รูปที่ 2.1 โรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1-3 11

รูปที่ 2.2 แผนภูมิของระบบต่างๆในการผลิตพลังงานไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 12

รูปที่ 3.1 ตัวอย่างเส้นโค้งของโหลด 22

รูปที่ 3.2 สามเหลี่ยมกำลังไฟฟ้า 24

รูปที่ 3.3 ความสัมพันธ์ของกำลังส่วนต่างๆ ก่อนและหลังปรับค่าตัวประกอบกำลัง 26

รูปที่ 3.4 แสดงถึงตำแหน่งที่ติดตั้งตัวเก็บประจุ 27

รูปที่ 3.5 การแบ่งประเภทของมอเตอร์ไฟฟ้า 34

รูปที่ 3.6 แสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบกำลังและประสิทธิภาพของมอเตอร์กับโหลด 35

รูปที่ 3.7 ลักษณะการต่อวงจรการวัดทางไฟฟ้า 40

รูปที่ 3.8 ตัวอย่างการต่อวงจรเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้า ในกรณีโหลดที่วัดมีระดับแรงดันสูงกว่าพิกัด สูงสุดของเครื่องมือวัดที่กำหนดไว้ 41

รูปที่ 4.1 ตัวอย่างการต่อวงจรเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าของอุปกรณ์ไฟฟ้าขนาดพิกัดแรงดันต่ำ 380 V, 3 Phase หรือ 220 V, 1 Phase 42

รูปที่ 4.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างโหลดของมอเตอร์พัดลมแรงดันสูงที่เปลี่ยนแปลงตามกำลังไฟฟ้าที่ผลิตของโรงไฟฟ้า 58

รูปที่ 4.3 การต่อวงจรเครื่องมือวัด Clamp on Power & p.f. Meter และป้อน Output จาก Output Terminal 2 VDC. Full-Scale เข้าสู่ Recorder 60

รูปที่ 4.4 แผนภูมิระบบไฟฟ้าและตำแหน่งสายป้อนหลักที่ทำการวัดกำลังไฟฟ้าของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 61

รูปที่ 4.5 เส้นโค้งของโหลดที่ใช้ในโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 ผ่านหม้อแปลง 1Btm1 (Unit Auxiliary Transformer) วันที่ 10 มกราคม 2540 82

รูปที่ 4.6 เส้นโค้งของโหลดของโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 ผ่าน Station Service Transformer วันที่ 10 มกราคม 2540 90

หน้า

รูปที่ 4.7 ตัวอย่างเส้นโค้งโหลดรายวันของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในโรงไฟฟ้าแม่เมาะ หน่วยที่ 1 วันที่ 10 มกราคม 2540 (จากค่ากำลังไฟฟ้าที่บันทึกไว้ทุกวัน) 93

รูปที่ 4.8 ตัวอย่างเส้นโค้งของโหลดรายสัปดาห์ที่ใช้ในโรงไฟฟ้าแม่เมาะหน่วยที่ 1 วันที่ 10-16 มกราคม 2540 96

รูปที่ 5.1 ตัวอย่างผลการวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในขณะเริ่มเดินเครื่องระบบลำเลียง ถ่านโดยอ่าน จากเครื่องบันทึกกราฟ 104

รูปที่ 5.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง ขนาดต่างๆ กับโหลด 109

รูปที่ 5.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพของมอเตอร์ทั่วไปขนาด 20 hp ของบริษัทต่างๆ กับโหลด 109

รูปที่ 5.4 กราฟแสดงการคาดการเส้นโค้งของโหลดที่จ่ายผ่าน Unit Auxiliary Transformer วันที่ 10 มกราคม 2540 หลังการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน 130

รูปที่ 5.5 กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นโค้งของโหลดที่จ่ายผ่าน Unit Auxiliary Transformer วันที่ 10 มกราคม 2540 ก่อนและหลังการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน 131

รูปที่ 5.6 กราฟแสดงการคาดการเส้นโค้งของโหลดที่จ่ายผ่าน Station Service Transformer วันที่ 10 มกราคม 2540 หลังการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน 138

รูปที่ 5.7 ก) กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นโค้งของกำลังไฟฟ้าจริงที่จ่ายผ่าน Station Service Transformer วันที่ 10 มกราคม 2540 ก่อนและหลังการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน 139

รูปที่ 5.7 ข) กราฟแสดงการเปรียบเทียบเส้นโค้งของกำลังไฟฟ้ารีแอกทีฟที่จ่ายผ่าน Station Service Transformer วันที่ 10 มกราคม 2540 ก่อนและหลังการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน 140