

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองโครงการ	ก
บทคัดย่อ	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
สารบัญ	จ
สารบัญตาราง	ญ
สารบัญรูปภาพ	ฎ
ลำดับสัญลักษณ์	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์	1
1.3 ขอบข่ายของงาน	1
1.4 กิจกรรมการดำเนินงาน	1
1.5 ผลที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.6 งบประมาณ	2
บทที่ 2 สารระสำคัญของ พ.ร.บ. การส่งเสริมอนุรักษ์พลังงานและหลักการดำเนินการตรวจวัด	3
2.1 สารระสำคัญของ พ.ร.บ. การส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน	3
2.1.1 อาคารควบคุม	3
2.1.2 โรงงานควบคุม	4
2.1.3 ข้อกำหนดค่าพลังงานต่าง ๆ ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน	6
2.2 วัตถุประสงค์ของการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน	8
2.3 หลักการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน	8
2.3.1 คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	8
2.3.2 หน้าที่ของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	9
2.3.3 การรายงานการใช้พลังงาน	11

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

2.3.4 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	11
2.3.5 การตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน	12
2.4 หลักการดำเนินการ	12
2.4.1 Kick-off Meeting และ Walk-through Audit	13
2.4.2 ความหมายของการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน	14
2.4.3 การจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน	20
2.5 เนื้อหาการจัดทำรายงานการตรวจวัดพลังงาน	22
2.5.1 รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น สำหรับอาคารควบคุม	22
2.5.2 รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด สำหรับอาคารควบคุม	23
2.5.3 รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น สำหรับโรงงานควบคุม	24
2.5.4 รายงานการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด สำหรับโรงงานควบคุม	25
บทที่ 3 การใช้เครื่องมือตรวจวัดพลังงาน	27
3.1 เครื่องมือวัดอุณหภูมิ ความเร็วลมและความชื้นสัมพัทธ์	28
3.2 เครื่องมือวัดอัตราการไหล	39
3.3 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบต่อเนื่อง	51
3.4 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบใช้รังสี	65
3.5 เครื่องมือวิเคราะห์ไอเสีย	69
3.6 เครื่องมือวัดความเร็วรอบ	78
3.7 เครื่องมือวัดพลังงานไฟฟ้า	82
3.8 เครื่องมือวัดค่าความส่องสว่าง	86
3.9 เครื่องมือวัดคุณภาพน้ำ,ความนำไฟฟ้า	88

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 4 เทคนิคการวิเคราะห์และมาตรการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	104
4.1 หม้อไอน้ำ(Boiler)	104
4.1.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	104
4.1.2 มาตรการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	112
1) มาตรการการหุ้มฉนวนท่อส่งไอน้ำ	113
2) มาตรการนำความร้อนจากการกลั่นตัวกลับมาใช้	113
3) มาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้	115
4) มาตรการซ่อมรอยรั่วในระบบไอน้ำ	117
5) มาตรการการหุ้มฉนวนวาล์วและหน้าแปลน	119
6) มาตรการเปลี่ยนน้ำมันเตาเกรด A มาใช้น้ำมันเตาเกรด C	119
7) มาตรการปรับปรุงการ Blowdown ของน้ำ	123
4.2 หม้อน้ำมันร้อน(Hot Oil)	125
4.2.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	125
4.2.2 มาตรการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	132
4.3 ระบบอัดอากาศ(Air Compressor)	132
4.3.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	133
4.3.2 มาตรการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	136
1) มาตรการซ่อมแซมรอยรั่วในระบบอัดอากาศ	136
2) มาตรการลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ	137
4.3.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	139
4.4 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ(Water Chiller , Water Cooled Type)	142
4.4.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	142
4.5 เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ เครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน และเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุด	144
4.5.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	144

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
4.5.2 มาตรการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	148
1) มาตรการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ชนิดประสิทธิภาพสูง (High EER)	148
4.5.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	150
4.6 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง(Lighting)	151
4.6.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	152
4.6.2 มาตรการเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน	153
1) มาตรการปรับปรุงบัลลาสต์แกนเหล็กมาใช้บัลลาสต์ ที่มีกำลังไฟฟ้าสูญเสียต่ำ	153
2) มาตรการปรับปรุงบัลลาสต์แกนเหล็กมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	153
3) มาตรการการติดตั้งโคมไฟแบบกระจายแสง	153
4.6.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	154
4.7 OTTV และ RTTV	155
4.7.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	155
4.7.2 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	159
4.8 ระบบหม้อแปลงไฟฟ้า	160
4.8.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	160
4.8.2 มาตรการเพื่อการประหยัดพลังงาน	160
1) มาตรการปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	160
4.8.3 ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม	163
4.9 หอผึ่งน้ำ(Cooling Tower)	154
4.9.1 การวิเคราะห์ข้อมูล	164
บทที่ 5 สรุป วิจัย และข้อเสนอแนะ	166
5.1 สรุปการจัดทำโครงการ	166
5.2 วิจัย และข้อเสนอแนะ	167

สารบัญ(ต่อ)

หน้า

บรรณานุกรม

169

ภาคผนวก ก

170

ภาคผนวก ข

173

ภาคผนวก ค

176

ภาคผนวก ง

180

ภาคผนวก จ

184

ภาคผนวก ฉ

194

ภาคผนวก ช

219

ภาคผนวก ซ

221

ภาคผนวก ฌ

223

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1.1	กิจกรรมการดำเนินงาน	
ตารางที่ 2.1	ค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุด	6
ตารางที่ 2.2	แสดงค่า kW/TR ของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	6
ตารางที่ 2.3	แสดงค่า kW/TR ของเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	7
ตารางที่ 2.4	แสดงค่า kW/TR ที่กำหนดเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	7
ตารางที่ 2.5	แสดงค่า kW/TR ของเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุดชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	7
ตารางที่ 2.6	แสดงค่า kW/TR ของเครื่องปรับอากาศแบบเป็นชุดชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	7
ตารางที่ 2.7	ขั้นตอน Kick-off Meeting และ Walk-through Audit	13
ตารางที่ 2.8	ขั้นตอนการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานเบื้องต้น	15
ตารางที่ 2.9	ขั้นตอนการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานโดยละเอียด	18
ตารางที่ 2.10	ขั้นตอนการจัดทำเป้าหมายและแผนการอนุรักษ์พลังงาน	20
ตารางที่ 3.1	แสดงค่าความหนาต่อ STANDART ANSI PIPE DATA(carbon steel)	50
ตารางที่ 3.2	แสดงค่า EMISSIVITY	68
ตารางที่ 3.3	แสดงพารามิเตอร์ที่สำคัญ	77
ตารางที่ 4.1	แสดงข้อมูลการตรวจวัดและวิเคราะห์หม้อไอน้ำ	104
ตารางที่ 4.2	แสดงตัวแปรที่สำคัญของมาตรการนำความร้อนจากการกั้นตัวกลับมาใช้	113
ตารางที่ 4.3	แสดงตัวแปรที่สำคัญของมาตรการการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้	116
ตารางที่ 4.4	แสดงตัวแปรที่สำคัญของมาตรการซ่อมรอยรั่วในระบบไอน้ำ	118
ตารางที่ 4.5	แสดงการวิเคราะห์มาตรการเปลี่ยนน้ำมันเตา	119
ตารางที่ 4.6	แสดงการวิเคราะห์มาตรการเปลี่ยนน้ำมันเตา	123
ตารางที่ 4.7	แสดงข้อมูลการตรวจวัดและวิเคราะห์หม้อน้ำมันร้อน	125
ตารางที่ 4.8	แสดงข้อมูลการตรวจวัดและวิเคราะห์ระบบอัดอากาศ	133
ตารางที่ 4.9	แสดงรายละเอียดของมาตรการซ่อมแซมรอยรั่วในระบบอัดอากาศ	136
ตารางที่ 4.10	แสดงข้อมูลการตรวจวัดและวิเคราะห์เครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	143
ตารางที่ 4.11	แสดงข้อมูลการตรวจวัดและวิเคราะห์เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน	146
ตารางที่ 4.12	แสดงข้อมูลมาตรการระบบปรับอากาศก่อนปรับปรุง	149
ตารางที่ 4.13	แสดงข้อมูลมาตรการระบบปรับอากาศหลังปรับปรุง	150




สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ 4.14 แสดงสมรรถนะของเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วนเบอร์ต่าง ๆ	151
ตารางที่ 4.15 แสดงรายละเอียดของพื้นที่ที่ใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง	152
ตารางที่ 4.16 แสดงรายละเอียดผนังทึบ	156
ตารางที่ 4.17 แสดงรายละเอียดผนังโปร่งแสง	156
ตารางที่ 4.18 แสดงการวิเคราะห์การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์	161
ตารางที่ 4.19 ข้อมูลการวิเคราะห์หอดังน้ำ	164
ตารางที่ ก.1 แสดงค่าความร้อนต่ำ(LHV)ของเชื้อเพลิง	171
ตารางที่ ข.1 คุณสมบัติของหม้อแปลงแบบจุ่มน้ำมัน	174
ตารางที่ ข.2 กำลังสูญเสียของหม้อแปลงที่ภาระต่าง ๆ	175
ตารางที่ ข.3 ผลของแรงดันที่มีผลต่อประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ	175
ตารางที่ ค.1 ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็นและกำลังไฟฟ้า	177
ตารางที่ ค.2 ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็นและกำลังไฟฟ้า	178
ตารางที่ ค.3 ค่าแก้ไขขนาดทำความเย็นและกำลังไฟฟ้า	179
ตารางที่ ง.1 การเปรียบเทียบกำลังส่องสว่างและประสิทธิภาพของ หลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิดต่าง ๆ กับหลอดไส้	181
ตารางที่ ง.2 ประสิทธิภาพแสงของหลอดไฟฟ้าชนิดต่าง ๆ	182
ตารางที่ ง.3 แสดงคุณสมบัติข้อดี-ข้อเสีย ของบัลลาสต์แกนเหล็ก	182
ตารางที่ ง.4 แสดงคุณสมบัติ ข้อดี-ข้อเสีย ของบัลลาสต์แกนเหล็กกำลังสูญเสียต่ำ	183
ตารางที่ ง.5 แสดงคุณสมบัติ ข้อดี-ข้อเสีย ของบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	183
ตารางที่ จ.1 ค่าคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของหลังคาทึบ	185
ตารางที่ จ.2 ค่าคุณสมบัติของหลังคาทึบบนแบบต่างๆ	186
ตารางที่ จ.3 ค่าคุณสมบัติของหลังคาโปร่งแสงแบบต่างๆ	188
ตารางที่ จ.4 ค่าคุณสมบัติของวัสดุต่างๆ ที่เป็นส่วนประกอบของผนังอาคาร	189
ตารางที่ จ.5 ค่าคุณสมบัติของผนังทึบบนแบบต่างๆ	190
ตารางที่ จ.6 แสดงคุณสมบัติของวัสดุของผนังที่หันไปทางทิศเหนือ	192
ตารางที่ จ.7 แสดงคุณสมบัติของวัสดุของผนังที่หันไปทางทิศใต้	192
ตารางที่ จ.8 แสดงคุณสมบัติของวัสดุของผนังที่หันไปทางทิศตะวันออก	193

สารบัญตาราง(ต่อ)

	หน้า
ตารางที่ จ.9 แสดงคุณสมบัติของวัสดุของผนังที่หันไปทางทิศตะวันตก	193
ตารางที่ ฉ.1 แบบฟอร์มการตรวจวัดหม้อแปลงไฟฟ้า	195
ตารางที่ ฉ.2 แบบฟอร์มการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศ	196
ตารางที่ ฉ.3 แบบฟอร์มการตรวจวัดอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้า	197
ตารางที่ ฉ.4 แบบฟอร์มการตรวจวัดระบบส่องสว่าง	198
ตารางที่ ฉ.5 แบบฟอร์มการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ	199
ตารางที่ ฉ.6 แบบฟอร์มการตรวจวัดหอผึ่งน้ำ	200
ตารางที่ ฉ.7 แบบฟอร์มการตรวจวัดเครื่องสูบน้ำเย็น และเครื่องสูบน้ำหล่อเย็น	201
ตารางที่ ฉ.8 แบบฟอร์มการตรวจวัดเครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด และแบบแยกส่วน	202
ตารางที่ ฉ.9 แบบฟอร์มการตรวจวัดเครื่องทำความเย็นแบบเป็นชุด และแบบแยกส่วน	203
ตารางที่ ฉ.10 แบบฟอร์มการตรวจวัดเครื่องส่งลมเย็น (AIR HANDLING UNIT)	204
ตารางที่ ฉ.11 แบบฟอร์มการตรวจวัดหม้อไอน้ำ	205
ตารางที่ ฉ.12 แบบฟอร์มการตรวจวัดหม้อน้ำมันร้อน	207
ตารางที่ ฉ.13 แบบฟอร์มการตรวจวัดเตาอุตสาหกรรม	209
ตารางที่ ฉ.14 แบบฟอร์มการตรวจวัดอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำ	211
ตารางที่ ฉ.15 แบบฟอร์มการหุ้มฉนวนอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ	212
ตารางที่ ฉ.16 แบบฟอร์มการหุ้มฉนวนอุปกรณ์อื่น ๆ	213
ตารางที่ ฉ.17 แบบฟอร์มข้อมูลสำรวจจุดรั่วของไอน้ำ	214
ตารางที่ ฉ.18 แบบฟอร์มข้อมูลตรวจวัดอุปกรณ์ที่นำความร้อนปล่อยทิ้งกลับมาใช้ใหม่	215
ตารางที่ ฉ.19 แบบฟอร์ม ข้อมูลการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยอากาศ	216
ตารางที่ ฉ.20 แบบฟอร์มการติดตั้ง โคมไฟฟ้า	217
ตารางที่ ช.1 อุปกรณ์ที่จำเป็นในการตรวจวัด	220

สารบัญรูปภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 ขั้นตอนการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมาย	10
รูปที่ 3.1 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ ของเครื่อง TESTO 445	28
รูปที่ 3.2 แสดงการเตรียมอุปกรณ์ในการใช้	28
รูปที่ 3.3 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของตัวเครื่อง	29
รูปที่ 3.4 แสดงหน้าจอปกติ	30
รูปที่ 3.5 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Hold 1 ครั้ง	30
รูปที่ 3.6 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Hold 2 ครั้ง	31
รูปที่ 3.7 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Hold 3 ครั้ง	31
รูปที่ 3.8 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Hold 4 ครั้ง	31
รูปที่ 3.9 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม OK	32
รูปที่ 3.10 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม 	32
รูปที่ 3.11 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Hold 5 ครั้ง	33
รูปที่ 3.12 แสดงหน้าจอหาอุณหภูมิเฉลี่ยที่ 10 วินาที	33
รูปที่ 3.13 แสดงค่าเฉลี่ยเมื่อกดปุ่ม 	33
รูปที่ 3.14 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม OK	34
รูปที่ 3.15 แสดงเมนูต่าง ๆ เมื่อกด 	34
รูปที่ 3.16 แสดงหน้าจอเมื่อเลือกเมนู OUT	35
รูปที่ 3.17 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม OK	35
รูปที่ 3.18 แสดงค่าที่ทำการบันทึกไว้ในครั้งที่ 1	35
รูปที่ 3.19 แสดงเมนู CLEAR	36
รูปที่ 3.20 แสดงการเลือก YES	36
รูปที่ 3.21 แสดงการตรวจวัดอุณหภูมิชนิดสัมผัส	37
รูปที่ 3.22 แสดงการตรวจวัดอุณหภูมิชนิดไม่สัมผัส	37
รูปที่ 3.23 แสดงการตรวจวัดความเร็วลม และการตรวจวัดอุณหภูมิชนิดจุ่ม	38
รูปที่ 3.24 แสดงส่วนประกอบต่าง ๆ ของเครื่องวัดอัตราการไหล	39
รูปที่ 3.25 แสดงการยึดโครงยึดกับท่อ	39
รูปที่ 3.26 แสดงรายละเอียดต่าง ๆ ของเครื่องมือ	40

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.27 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม PROG	40
รูปที่ 3.28 แสดงหน้าจอ SYSTEM PROGRAM	41
รูปที่ 3.29 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม F2	42
รูปที่ 3.30 แสดงการสอคSENSOR	44
รูปที่ 3.31 แสดงการสอค SENSOR และการต่อสายเชื่อม	44
รูปที่ 3.32 แสดงการต่อสายที่ตัวเครื่อง	45
รูปที่ 3.33 แสดงอุปกรณ์พร้อมวัดค่า	45
รูปที่ 3.34 หน้าจอแสดงค่าการวัด	46
รูปที่ 3.35 หน้าจอแสดงค่าการวัด	46
รูปที่ 3.36 แสดงหัวข้อ I/O PROGRAM	47
รูปที่ 3.37 แสดงหัวข้อ SAVE	47
รูปที่ 3.38 แสดงเมนู LOG	48
รูปที่ 3.39 แสดงหัวข้อ PARAMETER	48
รูปที่ 3.40 แสดงหัวข้อ STOP LOGGING	49
รูปที่ 3.41 แสดงอุปกรณ์ต่าง ๆ	51
รูปที่ 3.42 แสดงการกรัดคณวน	51
รูปที่ 3.43 แสดงการขุดสีท่อ	52
รูปที่ 3.44 แสดงการนำสายที่ทาดริมติดไว้ที่ผิวท่อ	52
รูปที่ 3.45 แสดงการต่อสายวัดอุณหภูมิเข้ากับตัวเครื่อง	53
รูปที่ 3.46 แสดงการเข้าสู่โปรแกรม Comfort Software Basic	53
รูปที่ 3.47 แสดงโปรแกรม Comfort Software Basic	54
รูปที่ 3.48 แสดงหน้าต่างเลือกรายการรุ่นของเครื่องวัดอุณหภูมิต่อเนื่อง	54
รูปที่ 3.49 แสดงหน้าต่างเลือกหมายเลขของ port ที่เข้า4	55
รูปที่ 3.50 แสดงหน้าต่างเพื่อตั้งชื่องาน	55
รูปที่ 3.51 แสดงรูปเครื่องมือที่ปรากฏขึ้นมา	56
รูปที่ 3.52 แสดงเมนู Device Control	56
รูปที่ 3.53 แสดงหน้าต่างเมื่อเลือก Instrument	57

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.54 แสดงหน้าต่างเมื่อเลือก Setting	57
รูปที่ 3.55 แสดงหัวข้อ Probes	58
รูปที่ 3.56 แสดงหัวข้อ Program	59
รูปที่ 3.57 แสดงหน้าต่างสรุปข้อมูล	59
รูปที่ 3.58 แสดงหน้าจอของเครื่อง Testo 177	60
รูปที่ 3.59 ตัวเครื่องเมื่อถอดตัว Connector ออก	60
รูปที่ 3.60 แสดงชื่อข้อมูลที่ปรากฏขึ้นมา	61
รูปที่ 3.61 แสดงตารางการบันทึกค่า	61
รูปที่ 3.62 แสดงการเข้าสู่ Device control	62
รูปที่ 3.63 แสดงการเข้าสู่ Comfort Software Basic	62
รูปที่ 3.64 แสดงตารางข้อมูลที่บันทึกไว้	63
รูปที่ 3.65 แสดงการวางข้อมูลลงใน Microsoft Excel	63
รูปที่ 3.66 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของ KM801	65
รูปที่ 3.67 แสดงสวิตช์ด้านหน้า	66
รูปที่ 3.68 แสดงสวิตช์ด้านหลัง	66
รูปที่ 3.69 ค่าที่วัดได้	67
รูปที่ 3.70 แสดงส่วนประกอบของเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย	69
รูปที่ 3.71 แสดงส่วนที่ต่อกับชุดสายวัด	69
รูปที่ 3.72 แสดงกระเปาะแก้ว	70
รูปที่ 3.73 แสดงการถอดกระเปาะแก้ว	70
รูปที่ 3.74 แสดงการถอดกระเปาะแก้ว 1 ด้าน	70
รูปที่ 3.75 แสดงส่วนที่สำคัญของเครื่องมือวัด	71
รูปที่ 3.76 รูปด้านข้างของเครื่องวิเคราะห์ไอเสีย	71
รูปที่ 3.77 แสดงหน้าจอเมื่อเปิดเครื่อง	72
รูปที่ 3.78 แสดงการ Calibrate และ ชนิดของเชื้อเพลิง ตามลำดับ	72
รูปที่ 3.79 แสดงหน้าจอแสดงค่า	72
รูปที่ 3.80 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่ม Start	73

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 3.81 แสดงหน้าจอเมื่อกดปุ่มเลือกข้อมูล DRGHT	73
รูปที่ 3.82 หน้าจอปรากฏข้อความให้เสียบ Probe เข้าในท่อไอเสีย	74
รูปที่ 3.83 แสดงค่าความดันใน Probe	74
รูปที่ 3.84 แสดงหน้าจอเมื่อเลือกข้อมูล ΔP	74
รูปที่ 3.85 แสดงข้อความให้ต่อสายวัดความดัน	75
รูปที่ 3.86 แสดงค่า ΔP	75
รูปที่ 3.87 การใส่ Probe ในท่อ Flue gas	76
รูปที่ 3.88 แสดงค่าส่วนประกอบของ Flue gas	76
รูปที่ 3.89 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง TM 3011	78
รูปที่ 3.90 แสดงลักษณะการติดแผ่นฟอยล์	78
รูปที่ 3.91 แสดงส่วนที่สำคัญของตัวเครื่อง	79
รูปที่ 3.92 แสดง Sensor ของตัวเครื่อง	79
รูปที่ 3.93 แสดงลักษณะการวัดค่าโดยให้แสงกระทบกับแนวแผ่นฟอยล์	80
รูปที่ 3.94 แสดงค่าที่วัดได้(รอบค่อนาที)	80
รูปที่ 3.95 แสดงเครื่อง CA8210	82
รูปที่ 3.96 แสดงการต่อสายวัดแรงดัน และ Clamp	82
รูปที่ 3.97 แสดง Diagram การวัดวงจรแบบ 1 เฟสและแบบ 3 เฟส	83
รูปที่ 3.98 แสดงปุ่มต่างๆ ของเครื่อง CA8210	83
รูปที่ 3.99 แสดงการวัดวงจรแบบ 3 เฟส	84
รูปที่ 3.100 แสดงค่าที่ได้จากการวัด	85
รูปที่ 3.101 แสดงเครื่อง LX50	86
รูปที่ 3.102 แสดงการวัดความเข้มของแสงสว่างโดยใช้เครื่อง LX 50	87
รูปที่ 3.103 แสดงผลการวัดค่าความเข้มของแสงสว่างจากเครื่อง LX 50	87
รูปที่ 3.104 แสดงชุดอุปกรณ์เครื่อง WP-81T	88
รูปที่ 3.105 แสดงตัวเครื่อง WP-81T	88
รูปที่ 3.106 แสดงปุ่มต่างๆของเครื่อง WP-81T	89
รูปที่ 3.107 แสดงน้ำยา ที่ใช้ในการ Calibrate เครื่องก่อนการใช้งาน	89

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

	หน้า
รูปที่ 3.108 แสดงการนำน้ำยาที่ใช้ในการ Calibrate ไปใส่ในหลอดทดลองเพื่อทำการ Calibration	90
รูปที่ 3.109 แสดงการขั้วหัว pH Electrode ให้แห้ง	90
รูปที่ 3.110 แสดงการต่อขั้วสายสัญญาณ pH Electrode กับขั้วต่อสาย pH ของเครื่องวัด	91
รูปที่ 3.111 แสดงการนำหัววัดค่า pH จุ่มน้ำยา pH Buffer 6.88 (7.00)	91
รูปที่ 3.112 แสดงการ Calibrate ค่า pH 6.88	92
รูปที่ 3.113 แสดงการยืนยันค่า Calibrate ค่า pH หลังจากกด F1	92
รูปที่ 3.114 แสดงการนำหัววัดค่า pH จุ่มน้ำยา pH Buffer 4.00	93
รูปที่ 3.115 แสดงการ Calibrate ค่า pH 4.00	93
รูปที่ 3.116 แสดงการนำหัววัดค่า Conductivity/TDS จุ่มในน้ำยา TDS Standard Solution	94
รูปที่ 3.117 แสดงการ Calibrate ค่า TDS	95
รูปที่ 3.118 แสดงการยืนยันค่า Calibrate ค่า TDS หลังจากกด F1	95
รูปที่ 3.119 แสดงการนำหัววัดค่า Conduc./TDS จุ่มในน้ำยา Conductivity Standard Solution	96
รูปที่ 3.120 แสดงการ Calibrate ค่า Conductivity	97
รูปที่ 3.121 แสดงการยืนยันค่า Calibrate ค่า Conductivity	97
รูปที่ 3.122 แสดงการต่อหัววัด pH และ Conductivity Electrode เข้ากับตัวเครื่องวัด	98
รูปที่ 3.123 แสดง Port ของเครื่อง WP-81T สำหรับต่อหัววัดค่าต่างๆ	98
รูปที่ 3.124 แสดงหน้าจอหลังจากกดปุ่ม Menu	99
รูปที่ 3.125 แสดงหน้าจอหลังจากกดปุ่ม F1	99
รูปที่ 3.126 แสดงหน้าจอหลังจากกดปุ่ม F2	100
รูปที่ 3.127 แสดงหน้าจอหลังจากกดปุ่ม F3	100
รูปที่ 3.128 แสดงหน้าจอหลังจากกดปุ่ม F4	101
รูปที่ 3.129 แสดงการจุ่มหัววัดค่า pH และหัววัดค่า Conductivity ลงในสารที่ต้องการวัด	101
รูปที่ 3.130 แสดงค่า pH และค่าปริมาณสารละลายของแข็ง (TDS)	102
รูปที่ 3.131 แสดงค่า pH และค่า Conductivity	102
รูปที่ 3.132 แสดงการขั้วหัววัดด้วยกระดาษชำระให้แห้ง	103
รูปที่ 4.1 แสดงสมมูลความร้อนของหม้อไอน้ำ	107
รูปที่ 4.2 สมมูลความร้อนของหม้อน้ำมันร้อน	128

สารบัญรูปภาพ(ต่อ)

หน้า

รูปที่ 4.3 Psychrometric Chart	147
รูปที่ 4.4 แสดงผนัง n ชั้น	155
รูปที่ 4.5 แสดงผนัง n ชั้นและมีช่องว่างอากาศ	157
รูปที่ 4.6 ภาพแสดงค่าทางไฟฟ้า	160
รูปที่ ฅ.1 แสดงหน้าจอการเข้า Visual Basic ในโปรแกรม Excel	224
รูปที่ ฅ.2 แสดงการเพิ่ม Module	224
รูปที่ ฅ.3 แสดงหน้าต่างต่าง Module	225
รูปที่ ฅ.4 แสดงการเขียน Code	229

ลำดับสัญลักษณ์

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
η_{Boiler}	ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	%
η_c	ประสิทธิภาพหอผึ่งน้ำ	%
$\eta_{\text{Hot Oil}}$	ประสิทธิภาพหม้อน้ำมันร้อน	%
$\%Rh_r$	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศด้านกลับ	%
$\%Rh_s$	ค่าความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศด้านจ่าย	%
A	ปริมาณอากาศจริง	$\text{m}^3/\text{kg}_{\text{fuel}}$
A_i	พื้นที่ผนังด้านที่พิจารณาซึ่งรวมผนังทึบ และพื้นที่หน้าต่างและผนังโปร่งใส	m^2
A_o	ปริมาณอากาศทางทฤษฎี	$\text{m}^3/\text{kg}_{\text{fuel}}$
A_r	พื้นที่หน้าต่างด้านกลับ	m^2
A_s	พื้นที่หน้าต่างด้านจ่าย	m^2
B	ปริมาณน้ำ โบว์คาร์น	kg/hr
B_a	น้ำมันเตาเกรด A ราคาเฉลี่ยต่อลิตร	฿/l
B_c	น้ำมันเตาเกรด C ราคาเฉลี่ยต่อลิตร	฿/l
B_h	ค่าไฟฟ้าที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิ	฿/year
B_k	ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	฿/kWh
B_o	ค่าใช้จ่ายการซื้อน้ำมันลดลง	฿/year
B_p	ค่าใช้จ่ายจากปริมาณน้ำมันที่เพิ่มขึ้น	฿/year
B_t	ค่าใช้จ่ายคิดเป็นปริมาณ ไฟฟ้า	kWh/year
Bt_o	รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมด	฿/year
C	ค่าความนำความร้อน	$\text{W}/\text{m}^2\text{-}^\circ\text{C}$
Cp_a	ค่าความร้อนจำเพาะของอากาศป้อน	$\text{kcal}/\text{m}^3\text{-}^\circ\text{C}$
Cp_c	ค่าความร้อนจำเพาะน้ำมันเตาเกรด C	$\text{kcal}/\text{l-}^\circ\text{C}$
Cp_r	ค่าความร้อนจำเพาะของเชื้อเพลิง	$\text{kcal}/\text{kg-}^\circ\text{C}$
Cp_o	ค่าความร้อนจำเพาะน้ำมันร้อน	$\text{kcal}/\text{kg-}^\circ\text{C}$
Cp_g	ค่าความร้อนจำเพาะของก๊าซเสีย	$\text{kcal}/\text{m}^3\text{-}^\circ\text{C}$

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
CMM_r	อัตราการไหลของอากาศด้านกลับ	m^3/min
CMM_s	อัตราการไหลของอากาศด้านจ่าย	m^3/min
D_a	ความหนาแน่นของน้ำมันเตาเกรด A	kg/l
D_c	ความหนาแน่นของน้ำมันเตาเกรด C	kg/l
D_f	ค่าความหนาแน่นเชื้อเพลิง	kg/l
D_o	ค่าความหนาแน่นน้ำมันร้อน	kg/l
DBT	อุณหภูมิกระเปาะแห้ง	$^{\circ}C$
E_{wc}	Enthalpy ของน้ำคอนเดนเสทเฉลี่ย	$kcal/kg$
E_{ws}	Enthalpy ของน้ำป้อนเฉลี่ย	$kcal/kg$
F	ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง	l/hr
F_{new}	เชื้อเพลิงหลังการปรับปรุง	l/hr
F_o	อัตราการไหลของน้ำมันร้อน	l/s
F_{old}	เชื้อเพลิงจริงก่อนการปรับปรุง	l/hr
F_w	อัตราการไหลน้ำป้อนสำหรับ Boiler	l/hr
G	ปริมาณก๊าซเสียจริง	m^3/m^3_{fuel}
G_m	ปริมาณก๊าซเสียที่วัดค่าได้	m^3/kg_{fuel}
G_o	ปริมาณก๊าซเสียทางทฤษฎี	m^3/m^3_{fuel}
H_r	ค่า enthalpy ของอากาศด้านกลับ	kJ/kg
H_s	ค่า enthalpy ของอากาศด้านจ่าย	kJ/kg
HL_a	ค่าความร้อนของน้ำมันเตาเกรด A	$kcal/kg$
HL_c	ค่าความร้อนของน้ำมันเตาเกรด C	$kcal/kg$
HPY	ชั่วโมงการทำงานของหม้อไอน้ำ	$hr/year$
h_b	Enthalpy ของน้ำใน Boiler	$kcal/kg$
h_w	Enthalpy ของน้ำป้อนเข้า Boiler	$kcal/kg$
h_r	Enthalpy ของน้ำอุณหภูมิอ้างอิง	$kcal/kg$
h_s	Enthalpy ของไอน้ำ	$kcal/kg$

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
K	สัมประสิทธิ์การนำความร้อน	W/m-°C
kpy	ปริมาณความร้อนที่นำกลับได้	kcal/year
LHV	ค่าความร้อนต่ำ	kcal/kg
M	อัตราส่วนอากาศ	-
OTTV	ค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของผนังอาคาร	W/m ²
PF.	ค่าพาวเวอร์แฟคเตอร์	-
q _a	ปริมาณอากาศอัดทดสอบ	m ³ /hr
q _{ai}	ปริมาณลมอัดของเครื่องอัดอากาศตัวที่ i	m ³ /hr
q _r	ปริมาณลมรั่วในระบบ	m ³ /hr
q _s	ปริมาณอากาศอัดตามพิกัดเครื่อง	m ³ /hr
q _{save}	ปริมาณอากาศรั่วที่ลด	m ³ /day
q _t	ปริมาณลมอัดอากาศรวมของระบบอัดอากาศที่ทำได้	m ³ /hr
Q _a	ความร้อนอากาศป้อนเข้า	kcal/hr
Q _b	ความร้อน Blowdown	kcal/hr
Q _c	ความร้อนจากการแผ่รังสีความร้อน	kcal/hr
Q _{fl}	ความร้อนแฝงเชื้อเพลิง	kcal/hr
Q _{fl2}	ความร้อนสัมผัสเชื้อเพลิง	kcal/hr
Q _g	ความร้อนก๊าซเสีย	kcal/hr
Q _h	ความร้อนในการอุ่นน้ำมันเตาเพิ่มขึ้น	GJ
Q _{ha}	ค่าความร้อนทั้งหมดของการใช้น้ำมันเตาเกรด A	kcal
Q _o	ความร้อนสูญเสียอื่นๆ	kcal/hr
Q _{oe}	ความร้อนจากน้ำมันร้อน	kcal/hr
Q _{oi}	ความร้อนน้ำมันป้อนเข้า	kcal/hr
Q _r	ความร้อนจากการพาความร้อนที่ผิวหม้อไอน้ำ	kcal/hr
Q _s	ความร้อนไอน้ำ	kcal/hr
Q _{sur}	ความร้อนสูญเสียผ่านผนัง	kcal/hr

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
Q_t	ความร้อนรวม	kcal/hr
Q_w	ความร้อนน้ำป้อนเข้า	kcal/hr
R	ค่าความต้านทานความร้อน	$m^2 \cdot ^\circ C / W$
R_a	ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศ	$m^2 \cdot ^\circ C / W$
R_{Total}	ค่าความต้านทานความร้อนรวม	$m^2 \cdot ^\circ C / W$
RSR	อัตราส่วนของหลังคาโปร่งแสงต่อพื้นที่ทั้งหมดของหลังคาที่พิจารณา	-
RTTV	การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคา	W/m^2
S	ไอน้ำที่ผลิต	kg/hr
S_1	ปริมาณไอน้ำที่ผลิตได้ทั้งหมด	kg/hr
S_2	ปริมาณไอน้ำที่รั่วออกจากระบบ	kg/hr
S_3	ปริมาณไอน้ำสูญเสียโดยตรงที่อุบกรณ์	kg/hr
S_4	ปริมาณคอนเดนเสทที่นำกลับได้จริง	kg/hr
SC	ค่าสัมประสิทธิ์การบังแดดของหน้าต่าง	-
SF	ค่าตัวประกอบรังสีอาทิตย์ที่ผ่านหน้าต่างหรือผนังโปร่งแสง	W/m^2
t_1	เวลาที่ใช้ในการเดินเครื่องจากความดัน 6 bar จนถึง 7 bar	s
t_2	เวลาที่ใช้ในการเดินเครื่องจากความดัน 7 bar จนถึง 6 bar	s
t_3	เวลาที่ใช้ในการเดินเครื่องจากความดันเริ่มต้นจนถึงความดันสุดท้าย	s
ΔT	ค่าความแตกต่างระหว่างภายนอกและภายในอาคาร	$^\circ C$
T_1	อุณหภูมิเดิมที่ใช้ในการอุ่นน้ำมันเตา	$^\circ C$
T_2	อุณหภูมิใหม่ที่ใช้ในการอุ่นน้ำมันเตา	$^\circ C$
T_a	อุณหภูมิอากาศป้อนเข้าเผาไหม้	$^\circ C$

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
T_b	อุณหภูมิน้ำโบว์ควร์น	$^{\circ}\text{C}$
T_f	อุณหภูมิเชื้อเพลิงป้อนเข้าเผาไหม้	$^{\circ}\text{C}$
T_g	อุณหภูมิเชื้อก๊าซเสียร้อน	$^{\circ}\text{C}$
T_{in}	อุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า	$^{\circ}\text{C}$
T_{out}	อุณหภูมิน้ำเย็นขาออก	$^{\circ}\text{C}$
T_{oc}	อุณหภูมิน้ำมันร้อนออก	$^{\circ}\text{C}$
T_{oi}	อุณหภูมิน้ำมันร้อนเข้า	$^{\circ}\text{C}$
T_r	อุณหภูมิอ้างอิง	$^{\circ}\text{C}$
T_r	อุณหภูมิอากาศด้านกลับ	K
T_s	อุณหภูมิอากาศด้านจ่าย	K
T_{sur}	อุณหภูมิผิวผนังหม้อไอน้ำ	$^{\circ}\text{C}$
T_w	อุณหภูมิน้ำป้อนสำหรับ Boiler	$^{\circ}\text{C}$
T_{wi}	อุณหภูมิน้ำเข้า Cooling Tower	$^{\circ}\text{C}$
T_{wo}	อุณหภูมิน้ำออก Cooling Tower	$^{\circ}\text{C}$
TD_{eq}	ค่าความแตกต่างอุณหภูมิเทียบเท่า ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร	$^{\circ}\text{C}$
TDS_B	TDS ของน้ำใน Boiler	ppm
TDS_w	TDS น้ำป้อนสำหรับ Boiler	ppm
Ton	การระบายความร้อน	Ton
U	ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม	$\text{W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$
U_w	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของผนังทึบ	$\text{W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$
U_f	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของกระจก	$\text{W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$
U_r	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคาทึบ	$\text{W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$
U_{rf}	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวมของส่วน ที่โปร่งแสงที่ช่องรับแสง	$\text{W/m}^2\text{-}^{\circ}\text{C}$
V_r	ความเร็วลมด้านกลับ	m/s

ลำดับสัญลักษณ์(ต่อ)

สัญลักษณ์	ความหมาย	หน่วย
V_s	ความเร็วลมด้านจ่าย	m/s
W	ปริมาณน้ำป้อน	kg/hr
W_a	ปริมาณการใช้น้ำมันเตาเกรด A ต่อปี	l/year
W_c	ปริมาณการใช้น้ำมันเตาเกรด C ต่อปี	l/year
W_d	ปริมาณน้ำมันเตาเกรด C ที่เพิ่มขึ้น	l/year
WBT	อุณหภูมิกระเปาะเปียกคอยล์เย็น	°C
WWR	อัตราส่วนของหน้าต่างโปร่งหรือผนังโปร่งแสง ต่อพื้นที่ทั้งหมดของผนังด้านที่พิจารณา	-