คู่มือ

มาตรการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ ขนาดกลางและขนาดเล็ก



กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

คู่มือ

มาตรการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ในโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจ ขนาดกลางและขนาดเล็ก



สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน

คำนำ

ในวงการอุตสาหกรรมการผลิต กล่าวได้ว่าต้นทุนด้านพลังงานมีสัดส่วนค่อนข้างมากเมื่อเทียบกับต้นทุนการผลิตประเภทอื่นๆ สถานประกอบการเองก็เริ่มตระหนักหลังจากที่ภาครัฐได้มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ตั้งแต่ปี 2535 เป็นต้นมา ประกอบกับได้มีการประชาสัมพันธ์อย่างต่อเนื่อง ทำให้สถานประกอบการทั้งอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจได้ริเริ่มให้ความสนใจเรื่องการอนุรักษ์พลังงานอย่างจริงจัง เพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและเป็นแนวทางหนึ่งในการลดต้นทุนการผลิต

โครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโดยโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก จึงได้รับการส่งเสริมโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมและสนับสนุนให้สถานประกอบการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้บรรลุผลสำเร็จอย่างเป็นรูปธรรม พร้อมกับการพัฒนาและส่งเสริมบทบาทของบุคคลากรของสถานประกอบการให้เข้ามามีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็น เรียนรู้เชิงวิชาการพร้อมกับการปฏิบัติ โดยมีผู้เชี่ยวชาญให้คำปรึกษาแนะนำ เพื่อให้มีผลประหยัดพลังงานเกิดขึ้นในระหว่างดำเนินโครงการ

จากการติดตามและประเมินผลการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานของสถานประกอบการที่เข้าร่วมโครงการฯ พบว่าสถานประกอบการได้ดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่น่าสนใจและเป็นประโยชน์อย่างหลากหลาย ทั้งมาตรการด้านพลังงานความร้อนและมาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า ซึ่งสถานประกอบการได้ดำเนินการแล้วและมีผลประหยัดพลังงานเกิดขึ้นอย่างเป็นรูปธรรม สมควรที่จะได้รับการเผยแพร่ขยายผล เพื่อให้สถานประกอบการอื่นที่ยังไม่ได้ดำเนินการอนุรักษ์พลังงานในมาตรการดังกล่าว ใช้เป็นข้อมูลและเป็นกรณีตัวอย่างในการตัดสินใจดำเนินการ

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานจึงได้รวบรวมมาตรการอนุรักษ์พลังงานเหล่านั้น โดยจัดทำเป็นคู่มือการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโดยโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก ซึ่งนอกจากนั้นแล้วยังได้แนะนำขั้นตอนและแนวทางการดำเนินการระบบการจัดการพลังงานในองค์กร เพื่อให้สถานประกอบการต่างๆ ได้นำไปประยุกต์ใช้ให้เป็นประโยชน์สอดคล้องกับสถานประกอบการของตนเอง

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน หวังเป็นอย่างยิ่งว่าสถานประกอบการคงได้รับประโยชน์จากคู่มือนี้ เพื่อขยายผลและเพิ่มพูนประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานให้มากยิ่งขึ้นต่อไป

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน
มิถุนายน 2553

บทคัดย่อ

คู่มือการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมโดยโรงงานอุตสาหกรรมและอาคารธุรกิจขนาดกลางและขนาดเล็ก จัดทำขึ้นโดยกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ทั้งมาตรการด้านพลังงานความร้อนและมาตรการทางด้านพลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้ทำการรวบรวมจากการติดตามและประเมินผลสถานประกอบการที่ได้ดำเนินมาตรการแล้วและมีผลประหยัดเกิดขึ้นจริง ในระหว่างการเข้าร่วมโครงการ ทั้งนี้ เพื่อเป็นตัวอย่างหรือกรณีศึกษาให้กับสถานประกอบการอื่นที่มีแนวคิดในการอนุรักษ์พลังงาน แต่ยังไม่สามารถดำเนินการเองได้ เนื่องจากยังขาดข้อมูลเชิงวิชาการมาใช้อ้างอิงหรือพิสูจน์ผลประหยัดพลังงาน

คู่มือฉบับนี้จึงประกอบด้วยรายละเอียดการตรวจวัด การบันทึกผลและวิธีการวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานเชิงวิชาการ การวิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนของมาตรการอนุรักษ์พลังงานต่าง ๆ โดยนำเสนอเป็นรายมาตรการ พร้อมภาพประกอบการดำเนินการปรับปรุงทั้งก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุง จำนวนทั้งสิ้น 95 มาตรการ แยกออกเป็นมาตรการด้านพลังงานไฟฟ้า จำนวน 72 มาตรการ และมาตรการด้านพลังงานความร้อน จำนวน 23 มาตรการ ทั้งนี้เพื่อให้สถานประกอบการที่จะนำไปใช้ศึกษาอ้างอิงหรือตัดสินใจลงทุน ได้มีข้อมูลทางเทคนิคและทางเศรษฐศาสตร์ที่ถูกต้องก่อนที่จะดำเนินการ

นอกจากเผยแพร่ด้านมาตรการอนุรักษ์พลังงานแล้ว ยังมีเนื้อหาในส่วนของขั้นตอนและวิธีการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานด้วยระบบการจัดการพลังงาน ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 8 ขั้นตอน เพื่อให้สถานประกอบการที่ประสงค์จะวางรากฐานระบบการจัดการพลังงานใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการที่ถูกต้องและยั่งยืนต่อไป

สารบัญ

หน้า

คำนำ ก

บทคัดย่อ ข

บทที่ 1 บทนำ 1-1

1.1 ความเป็นมาของโครงการ 1-1

1.2 การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม 1-2

1.3 การประยุกต์ใช้ระบบจัดการพลังงานกับการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม 1-2

บทที่ 2 ขั้นตอนการอนุรักษ์พลังงานด้วยระบบการจัดการพลังงาน 2-1

2.1 การจัดโครงสร้างการทำงานด้านการจัดการพลังงาน 2-2

2.2 การทบทวนสถานะเบื้องต้น 2-4

2.3 การกำหนดนโยบายพลังงานและการประชาสัมพันธ์ 2-8

2.4 การประเมินศักยภาพทางเทคนิค 2-12

2.5 การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรม / กิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 2-16

2.6 การจัดทำแผนปฏิบัติการ 2-21

2.7 การดำเนินการตามแผนปฏิบัติการและการตรวจสอบวิเคราะห์ 2-22

2.8 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน 2-22

2.9 การทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน 2-23

บทที่ 3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้า 3-1

3.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 3-4

3.1.1 มาตรการลดการใช้หลอดไฟฟ้า HID บริเวณที่ไม่จำเป็น 3-4

3.1.2 มาตรการติดตั้งสวิตซ์กระตุกกับโคมไฟฟ้า 3-7

3.1.3 มาตรการแยกวงจรไฟฟ้าควบคุมแสงสว่าง 3-10

3.1.4 มาตรการปรับปรุงแผ่นใสหลังคาเพื่อใช้แสงธรรมชาติ 3-12

3.1.5 มาตรการเปลี่ยนชนิดของหลอดไฟแสงสว่างในห้องเย็น 3-16

3.1.6 มาตรการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน (T5) 3-18

3.1.7 มาตรการเปลี่ยนหลอดไส้ (Incandescent) เป็นหลอดตะเกียบ (CFL) 3-21

3.1.8 มาตรการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID 3-23

3.1.9 มาตรการติดตั้งสวิตซ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Movement Detector) 3-26

3.2 ระบบปรับอากาศ 3-30
3.2.1 มาตรการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ 3-30
3.2.2 มาตรการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักเที่ยง 3-33
3.2.3 มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้เหมาะสม 3-35
3.2.4 มาตรการลดการรั่วไหลของอากาศเย็นในระบบปรับอากาศ 3-28
3.2.5 มาตรการยกเลิกการใช้พัดลมระบายอากาศภายในสำนักงาน 3-42
3.2.6 มาตรการบุฉนวนกันความร้อนฝ้าเพดาน 3-46
3.2.7 มาตรการการติดตั้งม่านอากาศที่ประตูทางเข้าห้องปรับอากาศ 3-49
3.2.8 มาตรการลดพื้นที่ปรับอากาศ 3-52
3.2.9 มาตรการปรับปรุงการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ 3-54
3.2.10 มาตรการติดฟิล์มสะท้อนแสงกันรังสีความร้อน 3-57
3.3 ระบบทำความเย็น 3-66
3.3.1 มาตรการลดภาระความชื้นในถาดรองน้ำของระบบ AHU 3-66
3.3.2 มาตรการเปลี่ยนการใช้พัดลมระบายความร้อนแทนเครื่องปรับอากาศ 3-69
3.3.3 มาตรการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่องปรับอากาศ 3-72
3.3.4 มาตรการปรับปรุงฉนวนท่อในระบบทำความเย็น 3-75
3.3.5 มาตรการลดการสูญเสียน้ำเย็นในระบบทำน้ำเย็น 3-81
3.3.6 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น 3-84
3.3.7 มาตรการลดภาระความร้อนของเครื่องจักรในระบบปรับอากาศ 3-88
3.3.8 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง 3-91
3.3.9 มาตรการลดการใช้งานพัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) 3-94
3.3.10 มาตรการบำรุงรักษาโดยการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์หอผึ่งน้ำ 3-96
3.3.11 มาตรการปรับปรุงระบบฉนวนของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง 3-98
3.3.12 มาตรการลดภาระโหลดของเครื่องผลิตน้ำแข็ง 3-102
3.3.13 มาตรการลดการสูญเสียน้ำเย็น/น้ำแข็ง 3-105
3.3.14 มาตรการลดการใช้งานปั๊มน้ำเย็น 3-108
3.3.15 มาตรการเปลี่ยนเครื่องอัดน้ำยาเป็นแบบประสิทธิภาพสูง 3-112
3.3.16 มาตรการปรับปรุงสมรรถนะของหอผึ่งน้ำ 3-114
3.4 ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า 3-117
3.4.1 มาตรการเปลี่ยนขนาดหม้อแปลงให้เหมาะสมกับภาระโหลดใช้งาน 3-117
3.4.2 มาตรการปรับลดแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า 3-119
3.4.3 มาตรการรวมโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า 3-122

3.4.4 มาตรการปรับปรุงกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล 3-124
3.4.5 มาตรการการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) 3-126
3.4.6 มาตรการเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า 3-130
3.5 ระบบมอเตอร์และปั๊มน้ำ 3-134
3.5.1 มาตรการลดการใช้งานของปั๊มน้ำในกระบวนการผลิต 3-134
3.5.2 มาตรการปรับความตึงของสายพานส่งกำลัง 3-137
3.5.3 มาตรการเปลี่ยนขนาดพูเล่ย์เครื่องยนต์ดีเซลต้นกำลัง 3-141
3.5.4 มาตรการลดขนาดมอเตอร์ให้เหมาะกับภาระงาน 3-144
3.5.5 มาตรการปรับลดความเร็วรอบมอเตอร์ 3-147
3.5.6 มาตรการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อน 3-150
3.5.7 มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์มาตรฐานทั่วไปเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง 3-153
3.5.8 มาตรการปรับลดการทำงานของโบลเวอร์เติมอากาศ 3-156
3.6 ระบบอัดอากาศ 3-160
3.6.1 มาตรการลดการใช้งานเครื่องอัดอากาศ 3-160
3.6.2 มาตรการลดการรั่วไหลของลมในระบบอากาศอัด 3-165
3.6.3 มาตรการลดความดันผลิตของลมอัดก่อนการนำไปใช้งาน 3-171
3.6.4 มาตรการลดอุณหภูมิอากาศทางด้านเข้าของเครื่องอัดอากาศ 3-175
3.6.5 มาตรการลดปริมาณลมอัดในการทำความสะอาด 3-179
3.6.6 มาตรการใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดแทนการใช้ลมอัด 3-184
3.6.7 มาตรการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ 3-187
3.6.8 มาตรการการใช้ลมจาก Blower แทนการใช้อากาศอัด 3-190
3.7 ระบบตู้อบ/ฮีตเตอร์ไฟฟ้า 3-194
3.7.1 มาตรการปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อลดการสูญเสียความร้อน 3-194
3.7.2 มาตรการลดช่วงเวลาการทำงานของฮีตเตอร์ 3-197
3.7.3 มาตรการปรับปรุงการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ 3-200
3.7.4 มาตรการปรับปรุงอุณหภูมิของฮีตเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน 3-204
3.7.5 มาตรการจัดตารางเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องจักร Heat Treatment 3-207
3.7.6 มาตรการหุ้มฉนวนท่อเครื่องฉีดพลาสติก 3-211
3.8 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า 3-217
3.8.1 มาตรการปิดจอคอมพิวเตอร์ในขณะพักกลางวัน 3-217
3.8.2 มาตรการการถอดปลั๊กไฟเครื่องทำน้ำเย็นหลังเลิกงาน 3-219

3.8.3 มาตรการการใช้ Timer switch สำหรับตู้น้ำเย็น 3-221
3.8.4 มาตรการการใช้ Timer switch สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 3-225
3.8.5 มาตรการปรับอุณหภูมิตู้เย็นให้เหมาะสม 3-227
3.8.6 มาตรการใช้สวิทช์กุญแจสำหรับตัดการจ่ายไฟตู้เย็นในห้องพัก 3-229
3.8.7 มาตรการลดการใช้งานกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า 3-233
3.8.8 มาตรการลดการใช้ไฟฟ้าในเครื่องอบผ้าแห้ง 3-236
3.8.9 มาตรการการติดตั้งสวิทซ์ปิด-เปิดที่เครื่องเชื่อมไฟฟ้า 3-238
บทที่ 4 มาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านความร้อน 4-1
4.1 ระบบไอน้ำ 4-2
4.1.1 มาตรการปรับปรุงแก้ไขการรั่วไหลของไอน้ำ 4-2
4.1.2 มาตรการหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำ และอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ 4-7
4.1.3 มาตรการลดการโบล์วดาวน์ของหม้อไอน้ำ 4-14
4.1.4 มาตรการนำน้ำคอนเดนเสตกลับมาใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ 4-21
4.1.5 มาตรการปรับปรุงระบบการอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ 4-25
4.1.6 มาตรการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ 4-29
4.1.7 มาตรการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนของหม้อไอน้ำ 4-33
4.1.8 มาตรการการอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำจากปล่องก๊าซไอเสีย 4-36
4.1.9 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ 4-40
4.1.10 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ดักไอน้ำ 4-46
4.1.11 มาตรการลดเวลาการใช้งานหม้อไอน้ำ 4-48
4.2 เตาความร้อน/ตู้อบ 4-53
4.2.1 มาตรการหุ้มฉนวนเตาลมร้อนเชื้อเพลิงแกลบ 4-53
4.2.2 มาตรการลดอุณหภูมิในกระบวนการอบสี 4-57
4.2.3 มาตรการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ทดแทนพลังงานไฟฟ้าสำหรับเตาหลอม 4-59
4.2.4 มาตรการลดอุณหภูมิเตาอบสีให้เหมาะสม 4-62
4.2.5 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของตู้อบความร้อน 4-65
4.2.6 มาตรการลดการรั่วไหลของลมร้อนของเครื่องอบสปริง 4-70
4.2.7 มาตรการหุ้มฉนวนถังอบเม็ดพลาสติก (Hopper) 4-75
4.2.8 มาตรการลดการใช้งานตู้อบ Conditioning ด้วยการปรับปรุงขั้นตอนการผลิต 4-79
4.3 อุปกรณ์ความร้อนอื่นๆ 4-82

4.3.1 มาตรการปรับปรุงกระบวนการเผาเหล็กแบบพ่นไฟโดยใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว 4-82
4.3.2 มาตรการใช้ก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทน 4-86
4.3.3 มาตรการเปลี่ยนหัวเตาก๊าซหุงต้มประสิทธิภาพสูง 4-88
4.3.4 มาตรการใช้เชื้อเพลิงทดแทนในภาคขนส่งภายในโรงงาน 4-91

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก ตารางตรวจสอบ (Checklist) สำหรับการอนุรักษ์พลังงาน
ภาคผนวก ข ตารางการแปลงหน่วย (Conversion Factors)

บทที่ 1

บทนำ

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงการ

ในการผลิตสินค้าจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยทั่วไปต้นทุนของสินค้าขึ้นอยู่กับราคาวัตถุดิบเป็นหลัก แต่ส่วนที่มีอิทธิพลไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากันก็คือ ต้นทุนพลังงาน ในขณะที่ราคาพลังงานมีการเปลี่ยนแปลงในทางที่สูงขึ้นอยู่ตลอดเวลา หนทางที่จะช่วยประคับประคองให้โรงงานอุตสาหกรรมสามารถฝ่าวิกฤตนี้ไปได้ คงไม่พ้นการคำนึงถึงประสิทธิภาพและการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งจะต้องอาศัยการจัดการพลังงาน (Energy Management) ที่ดีเป็นหลักใหญ่ ซึ่งการดำเนินการจะประกอบด้วยองค์ประกอบสำคัญ 6 ประการ ได้แก่

1. การกำหนดนโยบายด้านประสิทธิภาพพลังงานขององค์กร
2. การแปลงนโยบายเพื่อกำหนดแผนงาน
3. การนำแผนงานสู่การปฏิบัติ
4. การกำกับควบคุม ตรวจสอบให้การปฏิบัติเป็นไปตามแผน
5. การประเมินผลการปฏิบัติงาน
6. การพัฒนาอย่างต่อเนื่องด้วยการแก้ไขอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างการปฏิบัติตามแผนงานตลอดจนการปรับปรุงทบทวนนโยบาย และมาตรการต่าง ๆ ที่กำหนดไว้

ในด้านการจัดการนั้น องค์กรจะต้องมีการกำหนดนโยบาย แผน และเป้าหมายในการดำเนินงานด้านประสิทธิภาพพลังงาน ส่วนด้านเทคโนโลยีนั้น องค์กรจะต้องมีการตรวจวัดการใช้พลังงาน พร้อมทั้งประเมินและหาแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพพลังงาน หาแนวทางและแนวคิดต่าง ๆ จากการมีส่วนร่วมภายในองค์กร ก่อให้เกิดโครงการต่าง ๆ ที่เมื่อดำเนินการแล้วจะต้องมีการติดตามและประเมินผลความสำเร็จรวบรวม และหาแนวทางแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อันจะนำไปสู่ความยั่งยืนในการดำเนินงาน

กรมพัฒนาทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้ตระหนักถึงความสำคัญดังกล่าว จึงมีโครงการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานมาอย่างต่อเนื่อง โดยได้มีการพัฒนาเทคนิคการจัดการพลังงานเพื่อให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการดำเนินการ และได้เล็งเห็นว่าการอนุรักษ์พลังงานจะสัมฤทธิผลได้นั้นนอกจากการตรวจสอบการใช้พลังงานและแก้ไขจุดสูญเสียพลังงานของเครื่องจักรอุปกรณ์แล้ว “คน” ก็เป็นปัจจัยสำคัญอีกประการหนึ่งที่จะมองข้ามไม่ได้ กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานจึงได้ริเริ่มส่งเสริมให้มีการจัดการพลังงานโดยให้ ”คน” เข้ามามีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงาน อันเป็นที่มาของโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม ซึ่งได้มีการดำเนินการมาอย่างต่อเนื่องจนถึงปัจจุบัน

1.2 การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม

ความเป็นมาของโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม สืบเนื่องจากการที่ประเทศไทยได้มีการประกาศใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ตั้งแต่ปี 2535 เป็นต้นมา ส่งผลให้โรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ถูกจัดเป็นกลุ่มเป้าหมายแรกที่จะต้องมีภารกิจในการอนุรักษ์พลังงาน แม้ว่าตามกฎหมายจะจัดให้มีที่ปรึกษาด้านพลังงานคอยให้ความช่วยเหลือและดำเนินการแทนก็ตาม แต่ก็เป็นภาระหน้าที่ที่โรงงานจะต้องร่วมดำเนินการด้วยคือ โรงงานจะต้องจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานทุก 3 ปี ซึ่งจะต้องผ่านขั้นตอนการตรวจวินิจฉัยการใช้พลังงานและจะต้องมีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานอย่างน้อย 1 คนประจำโรงงาน และร่วมในทีมงานอนุรักษ์พลังงานเพื่อคอยตรวจสอบ และให้การรับรองข้อมูลที่ต้องรายงานตามกฎหมายทุก 6 เดือน โรงงานที่ต้องทำกิจกรรมเหล่านี้ เรียกว่า “โรงงานควบคุม” ซึ่งเป็นโรงงานที่มีการติดตั้งหม้อแปลงขนาดตั้งแต่ 1 MW หรือ 1,175 KVA ขึ้นไป หรือใช้พลังงานความร้อนรวมปีละ 20 ล้านเม็กกะจูล ขึ้นไป

สำหรับโรงงาน/อาคารที่อยู่นอกข่ายควบคุม ก็คือโรงงาน/อาคารขนาดกลางและขนาดเล็ก (SME) แม้ว่า กฎหมายจะไม่ได้กำหนดให้ดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์พลังงาน แต่ภาครัฐก็ให้การส่งเสริมเช่นเดียวกัน โดยให้สถานประกอบการดำเนินการตรวจวินิจฉัยการใช้พลังงานเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งสามารถตรวจสอบได้โดยวิธี Energy Audit และหรือใช้เทคนิคอื่นที่ได้รับการยอมรับ และใช้อย่างแพร่หลายในต่างประเทศ เช่น ญี่ปุ่น อเมริกา เทคนิคนี้มีจุดเด่นที่เน้นเรื่องลดความสูญเสียและความสูญเปล่าต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในกระบวนการผลิต ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือ ร่วมคิดของบุคลากรที่เกี่ยวข้องเพื่อร่วมค้นหาแนวทางการปรับปรุงให้บรรลุเป้าหมายของการประหยัดพลังงาน จึงได้มีการประยุกต์เทคนิคในลักษณะนี้ให้เหมาะสำหรับประเทศไทย ซึ่งเรียกเทคนิคนี้ว่า การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม

ซึ่งโครงการดังกล่าวจะมุ่งเน้นการสร้างจิตสำนึกให้บุคลากรในสถานประกอบการที่เข้าร่วมโครงการฯ มีความรู้ความเข้าใจวิธีการอนุรักษ์พลังงานทั้งทางด้านทฤษฎีและปฏิบัติ รวมถึงการบริหารการจัดการการใช้พลังงานอย่างมีระบบไม่ว่าจะเป็นด้านพลังงานไฟฟ้าหรือความร้อน โดยมีตัวอย่างการบริหารจัดการการใช้พลังงานเช่น มาตรการบำรุงรักษาที่มีเบื้องต้น (Housekeeping) โดยการเอาใจใส่ดูแลให้มีการสูญเสียพลังงานน้อยที่สุด เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย ลงทุนน้อยและมีระยะเวลาคืนทุนระยะสั้น ซึ่งโดยทั่วไปผู้ประกอบการมักจะไม่ให้ความสำคัญของพลังงานหรือเงินที่สูญเสียไปในส่วนนี้ จากการดำเนินโครงการฯ ที่ผ่านมาปรากฏว่าสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ องค์กรเกิดความตระหนักและเรียนรู้วิธีการอนุรักษ์พลังงานอย่างยั่งยืน

1.3 การประยุกต์ใช้ระบบจัดการพลังงานกับการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม

ด้วยภาครัฐได้มีการพัฒนารูปแบบการอนุรักษ์พลังงาน โดยการจัดทำระบบการจัดการพลังงาน ตาม พ.ร.บ. การส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550 และกฎกระทรวงว่าด้วยการกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงาน ซึ่งมีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 20 พฤศจิกายน 2552 เพื่อให้การอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการของประเทศมีมาตรฐาน มี

ขั้นตอนการปฏิบัติที่เป็นรูปธรรม ติดตามประเมินผลได้ ซึ่งเป็นผลดีต่อสถานประกอบการที่จะจัดทำโครงสร้างการดำเนินงานอนุรักษ์พลังงานได้อย่างยั่งยืน

หลักการสำคัญในระบบการจัดการพลังงานมีความสอดคล้องกับการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมในส่วนของการมุ่งเน้นให้องค์กรมีบทบาทสำคัญในการร่วมกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงาน โดยเฉพาะผู้บริหาร หัวหน้าแผนกรวมทั้งพนักงานทั่วทั้งองค์กร เพื่อร่วมทำกิจกรรมต่าง ๆ อย่างเป็นระบบ มีขั้นตอนการดำเนินงานที่ชัดเจน สนับสนุนต่อเนื่องกัน ซึ่งเริ่มตั้งแต่การจัดทำโครงสร้างการจัดการพลังงานขององค์กร การจัดทำนโยบายและประชาสัมพันธ์ให้พนักงานทราบ การประเมินสถานด้านการอนุรักษ์พลังงานขององค์กร การประเมินศักยภาพทางเทคนิค ซึ่งต้องอาศัยความร่วมมือร่วมใจจากพนักงานทุกคนในการค้นหามาตรการอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งการติดตามตรวจสอบประเมินผล และการทบทวนผลการปฏิบัติงาน

จะเห็นได้ว่าขั้นตอนดังกล่าวข้างต้นมีความสอดคล้องกับแนวทางการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมที่ได้มีการส่งเสริมมาระยะเวลาหนึ่งแล้ว และมีผลสำเร็จจากการประหยัดพลังงานที่พิสูจน์ผลได้ เหล่านี้ย่อมสร้างความตระหนักในความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงานในรูปแบบดังกล่าว การนำระบบการจัดการพลังงานมาปรับใช้ จึงไม่ใช่เรื่องใหม่ หากแต่เป็นการพัฒนารูปแบบการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นระบบ ได้มาตรฐาน สถานประกอบการสามารถยึดถือและปฏิบัติตามในแต่ละขั้นตอนได้ด้วยความเข้าใจมากยิ่งขึ้น รายละเอียดและวิธีการปฏิบัติ รวมทั้งตัวอย่างกิจกรรมในแต่ละขั้นตอนของสถานประกอบการที่ได้ดำเนินการแล้วได้อธิบายไว้ในบทถัดไป

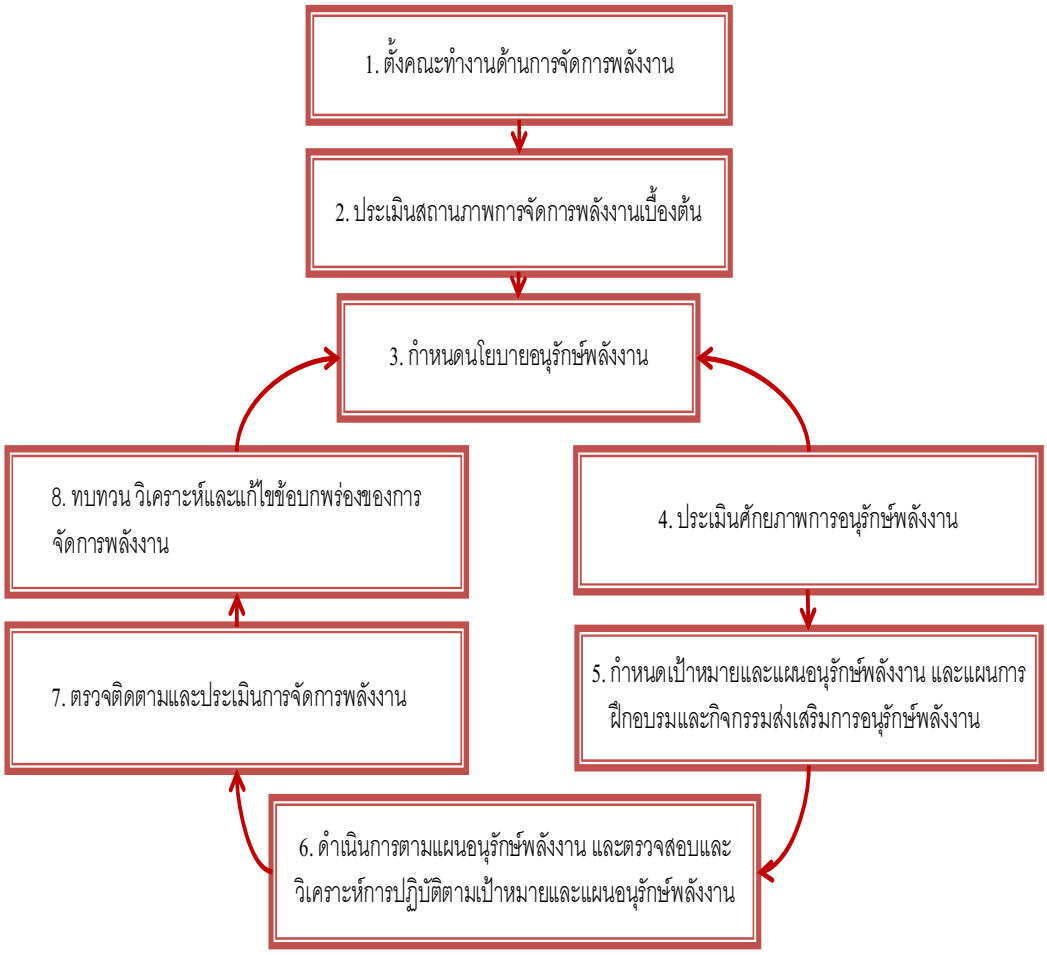
บทที่ 2

ขั้นตอนการอนุรักษ์พลังงาน ด้วยระบบการจัดการพลังงาน

บทที่ 2

ขั้นตอนการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วมมีหลักคิดและแนวทางปฏิบัติที่สามารถพัฒนาให้เป็นระบบการจัดการพลังงาน มีขั้นตอนการดำเนินงานที่เป็นมาตรฐาน ติดตามตรวจสอบและประเมินผลได้ชัดเจน ซึ่งกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานได้มีการประกาศใช้สำหรับโรงงาน/อาคารควบคุมแล้ว ด้วยเป็นระบบที่เป็นสากลสามารถปรับใช้กับสถานประกอบการขนาดกลางและขนาดเล็กได้เช่นเดียวกัน โดยมีขั้นตอนวิธีการปฏิบัติต่าง ๆ จำนวน 8 ขั้นตอน ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ขั้นตอนระบบการจัดการพลังงาน

การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามระบบการจัดการพลังงานมีรายละเอียดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

2.1 การจัดโครงสร้างการทำงานด้านการจัดการพลังงาน

การนำวิธีการจัดการพลังงานมาใช้ภายในองค์กรนั้นจำเป็นต้องมีคณะทำงานที่มีประสิทธิภาพ เพื่อทำหน้าที่ดูแล ดำเนินการ ประสานงาน และรายงานผลการจัดการพลังงานในองค์กร ตลอดจนตรวจติดตามและทบทวนการดำเนินการจัดการพลังงานให้เป็นไปตามนโยบายอนุรักษ์พลังงานที่องค์กรได้กำหนดขึ้น โดยคณะทำงานด้านพลังงานควรประกอบด้วยหัวหน้าคณะทำงาน เลขานุการและสมาชิกที่มาจากหน่วยงานที่มีปริมาณการใช้พลังงานสูง และที่สำคัญต้องเหมาะสมกับวัฒนธรรมขององค์กร ทั้งนี้เจ้าของสถานประกอบการต้องมีคำสั่งประกาศแต่งตั้งคณะทำงาน ประกอบด้วยตัวแทนจากฝ่ายต่างๆ พร้อมทั้งระบุ อำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของคณะทำงานให้ชัดเจน และต้องเผยแพร่คำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานให้แก่พนักงานทุกคนในองค์กรรับทราบอย่างทั่วถึงเพื่อให้เกิดความเข้าใจและให้ความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรมต่างๆ ที่เกี่ยวกับการจัดการพลังงาน เช่น การประชุมคณะทำงานเพื่อมอบหมาย หรือแบ่งภาระกิจการทำกิจกรรมต่างๆ การระดมสมอง เป็นต้น



ภาพตัวอย่างคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

ประกาศแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

วันที่ .....

เรื่อง แต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

เรียน ผู้จัดการฝ่าย / หัวหน้าแผนก / เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การดำเนินงานด้านการจัดการพลังงานของบริษัทฯ เป็นไปอย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพ และมีประสิทธิผล จึงได้แต่งตั้งคณะทำงานจากตัวแทนของหน่วยงานต่างๆ เพื่อร่วมประสานการทำงานด้านการอนุรักษ์พลังงานให้บรรลุผลสำเร็จตามนโยบายและวัตถุประสงค์ ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

1. นายอนุรักษ์ พลังงาน ประธานคณะทำงาน
2. นายประหยัด พลังงาน เลขานุการ
3. นายสำรอง ทดแทน
4. นายรักษ์ รุ่งเรือง
5. นายกิจกรรม ผลดี
6. นายสำเร็จ ประสิทธิภาพ
7. นายพัฒนา ยั่งยืน

โดยคณะทำงานทั้งหมดมีหน้าที่และความรับผิดชอบดังนี้

1. รับผิดชอบการบริหารและการดำเนินงานให้สอดคล้องกับนโยบายในการจัดการด้านพลังงาน
2. จัดทำแผนการอนุรักษ์พลังงานและแผนการฝึกอบรมแก่บุคลากรทุกระดับ
3. ติดต่อและประสานกับหน่วยงานต่างๆ ในการดำเนินกิจกรรมด้านอนุรักษ์พลังงานของบริษัท
4. ติดตามความคืบหน้าของกิจกรรมเพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามแผนงานที่กำหนด
5. ดำเนินการประชาสัมพันธ์ เผยแพร่ และสื่อสาร กิจกรรมและความคืบหน้าฯ แก่บุคลากรทุกคน
6. รายงานความคืบหน้าและผลการดำเนินงานแก่ผู้บริหารของบริษัท

ทั้งนี้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ ..... เป็นต้นไป

ลงชื่อ.....

(นายอนุรักษ์ พลังงาน)

ตำแหน่ง.....(ผู้มีอำนาจแต่งตั้ง).....

ตัวอย่างคำสั่งแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

2.2 การทบทวนสถานะเบื้องต้น

ประโยชน์ของขั้นตอนนี้ คือเพื่อให้องค์กรได้มีการทบทวนสถานะปัจจุบันของการดำเนินงานด้านอนุรักษ์พลังงาน โดยเมื่อมีการประเมินแล้วนำมาเทียบกับมาตรฐานต่างๆ ดังนี้

- เกณฑ์การอนุรักษ์พลังงานที่ดี ซึ่งประกาศใช้หรือเป็นที่ยอมรับหรือกำหนดเป็นข้อแนะนำ (Guideline) ในการตรวจประเมิน
- ข้อกำหนดตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับพลังงาน
- ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของทรัพยากรที่มีอยู่ ซึ่งนำไปใช้ในการจัดการพลังงาน
- แนวทางการดำเนินงานด้านพลังงานที่มีอยู่ในองค์กรในอดีต
- ข้อปฏิบัติและการดำเนินงานที่ดีกว่าซึ่งองค์กรหรือหน่วยงานอื่นได้จัดทำเอาไว้ (Best Practice)

ข้อมูลจากการทบทวนสถานะเริ่มต้น จะใช้ในการพิจารณากำหนดนโยบายและกระบวนการจัดทำระบบการจัดการพลังงาน และจะใช้เฉพาะเมื่อมีการนำมาตรฐานนี้มาใช้เป็นครั้งแรกเท่านั้น เมื่อระบบการจัดการดำเนินไปได้ครบถ้วนตามข้อกำหนดแล้ว ผลจากการทบทวนการจัดการจะนำไปใช้ในการทบทวนนโยบายและพิจารณาปรับปรุงระบบการจัดการต่อไป

กิจกรรมในขั้นตอนนี้เป็นการประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กรก่อนที่จะนำระบบการจัดการพลังงานมาประยุกต์ใช้ ผลที่ได้จากการประเมิน จะช่วยทำให้ทราบว่าการจัดการในปัจจุบันมีจุดอ่อน-จุดแข็งในเรื่องใด เพื่อเป็นแนวทางในการกำหนดนโยบาย ทิศทางการอนุรักษ์พลังงาน ประเด็นที่ต้องให้ความสนใจเป็นลำดับต้นๆ

เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินมีอยู่ด้วยกันหลายรูปแบบ องค์กรสามารถนำรูปแบบที่คุ้นเคยมาประยุกต์ใช้ได้โดยพิจารณาให้มีประเด็นครบถ้วนตามที่มาตรฐานกำหนด ในที่นี้นำรูปแบบ Energy Management Matrix ซึ่งได้รับการพัฒนาโดย Energy Technology Support Unit (ETSU) ของ บริษัท AEA Technology plc แห่งสหราชอาณาจักร มาประยุกต์ใช้

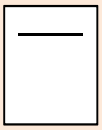
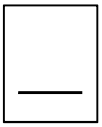
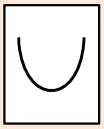
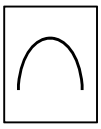
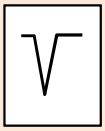
ในการใช้ Matrix ผู้ประเมินจะพิจารณาประเด็นต่างๆ 6 ประเด็นที่มีความสำคัญต่อการจัดการพลังงานภายในองค์กร ได้แก่ นโยบาย การจัดองค์กร การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ ระบบข้อมูล ข่าวสาร ประชาสัมพันธ์ และการลงทุน โดยให้คะแนนแต่ละประเด็นระหว่าง 0 ถึง 4 โดยเปรียบเทียบลักษณะจริงที่เกิดในองค์กรกับข้อแนะนำที่ให้ไว้ในตาราง ลักษณะที่ปรากฏเป็นคะแนนระดับ 4 ถือได้ว่าเป็น Best Practices สำหรับประเด็นที่พิจารณานั้นๆ เมื่อให้คะแนนทุกประเด็นแล้ว ให้ลากเส้นตรงเชื่อมต่อจุดเข้าด้วยกัน และพิจารณารูปแบบของเส้นที่ได้เปรียบเทียบกับรูปแบบที่นำเสนอในตารางที่ 2 ว่าใกล้เคียงกับหมายเลขใดมากที่สุด ตารางที่ 2 ให้คำจำกัดความของลักษณะเส้นแต่ละหมายเลข รวมถึงการวิเคราะห์เบื้องต้นของแต่ละเส้น ในกรณีที่ลักษณะเส้นที่ได้ไม่ตรงหรือใกล้เคียงกับเส้นใดเลยในตารางที่ 2 ให้จัดให้ใกล้เคียงมากที่สุด

กรณีที่ประเด็น “นโยบาย” “การจัดองค์กร” “การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ” หรือ “การประชาสัมพันธ์” มีคะแนนต่ำ แผนการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานควรจะให้ความสนใจกับขั้นตอนที่ 3 การกำหนดนโยบาย โครงสร้าง และการประชาสัมพันธ์

ตารางที่ 2.1 ตารางประเมินการจัดการด้านพลังงาน (Energy Management Matrix : EMM)

ระดับ	1. นโยบายการจัดการพลังงาน	2. การจัดองค์กร	3.การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ	4. ระบบข้อมูลข่าวสาร	5. ประชาสัมพันธ์	6. การลงทุน
4	1.1 มีนโยบายการจัดการพลังงานจากฝ่ายบริหารและถือเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายของบริษัท	2.1 มีการจัดองค์กรและเป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของฝ่ายบริหาร กำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบไว้ชัดเจน	3.1 มีการประสานงานระหว่างผู้รับผิดชอบด้านพลังงานและทีมงานทุกระดับอย่างสม่ำเสมอ	4.1 กำหนดเป้าหมายที่ครอบคลุม ติดตามผล หาข้อผิดพลาด ประเมินผลและควบคุมการใช้งบประมาณ	5.1 ประชาสัมพันธ์คุณค่าของการประหยัดพลังงานและผลการดำเนินงานของการประหยัดพลังงาน	6.1 จัดสรรงบประมาณโดยพิจารณาถึงความสำคัญของโครงการ
3	1.2 มีนโยบายและมีการสนับสนุนเป็นครั้งคราวจากฝ่ายบริหาร	2.2 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานโดยตรงต่อคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานซึ่งประกอบด้วยหัวหน้าฝ่ายต่างๆ	3.2 คณะทำงานด้านจัดการพลังงานเป็นช่องทางหลักในการดำเนินงาน	4.2 แจ้งผลการใช้พลังงานจากมิเตอร์ย่อยให้แต่ละฝ่ายทราบ แต่ไม่มีการแจ้งถึงผลการประหยัดที่เกิดขึ้น	5.2 ให้พนักงานรับทราบโครงการอนุรักษ์พลังงานและให้มีการประชาสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ	6.2 ใช้ระยะเวลาคุ้มทุนเป็นหลักในการพิจารณาการลงทุน
2	1.3 ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจนโดยผู้บริหาร	2.3 มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานต่อคณะกรรมการเฉพาะกิจ แต่สายงานบังคับบัญชาไม่ชัดเจน	3.3 คณะกรรมการเฉพาะกิจเป็นผู้ดำเนินการ	4.3 ทำรายงานติดตามประเมินผลโดยดูจากมิเตอร์ ให้คณะกรรมการเฉพาะกิจเข้ามาเกี่ยวข้องกับการตั้งงบประมาณ	5.3 จัดฝึกอบรมให้พนักงานรับทราบเป็นครั้งคราว	6.3 ลงทุนโดยดูมาตรการที่มีระยะเวลาคุ้มทุนเร็ว
1	1.4 ไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร	2.4 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีขอบเขตหน้าที่ความรับผิดขอบจำกัด	3.4 มีการติดต่ออย่างไม่เป็นทางการระหว่างผู้รับผิดชอบด้านพลังงานกับผู้ใช้พลังงาน (พนักงาน) ในหน่วยงาน	4.4 มีการสรุปรายงานด้านค่าใช้จ่ายการใช้พลังงานเพื่อใช้กันภายในฝ่ายวิศวกรรม	5.4 แจ้งให้พนักงานทราบอย่างไม่เป็นทางการเพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	6.4 พิจารณาเฉพาะมาตรการที่ลงทุนต่ำ
0	1.5 ไม่มีนโยบายที่ชัดเจน	2.5 ไม่มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	3.5 ไม่มีการติดต่อกับผู้ใช้พลังงาน	4.5 ไม่มีระบบรวบรวมข้อมูลและบัญชีการใช้พลังงาน	5.5 ไม่มีการสนับสนุนการประหยัดพลังงาน	6.5 ไม่มีการลงทุนดๆ ในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ตารางที่ 2.2 ลักษณะเส้นแบบต่างๆ และการวิเคราะห์เพื่อประเมินสถานภาพการจัดการพลังงาน

ลักษณะเส้น	รายละเอียด	การวิเคราะห์
1. High Balance 	ทุกประเด็นมีคะแนนมากกว่า 3	ระบบการจัดการดีมาก เป้าหมายคือรักษาให้ยั่งยืน
2. Low Balance 	ทุกประเด็นคะแนนน้อยกว่า 3	เป็นอาการของการพัฒนาที่สม่ำเสมอหรือภาวะนิ่งเฉยไม่มีความก้าวหน้า
3. U-Shaped 	2 ประเด็นด้านนอกมีคะแนนสูงกว่าประเด็นอื่นๆ	ความคาดหวังสูง อาจจำเป็นต้องเปลี่ยนผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน
4. N-Shaped 	2 ประเด็นด้านนอกมีคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่นๆ	ความสำเร็จที่บรรลุในประเด็นที่มีคะแนนสูงเป็นการเสียเปล่า
5. Trough 	1 ประเด็นมีคะแนนต่ำกว่าประเด็นอื่น	ประเด็นที่ล้าหลังอาจทำให้ระบบไม่ก้าวหน้าเท่าที่ควร
6. Peak 	1 ประเด็นมีคะแนนสูงกว่าประเด็นอื่น	ความสำเร็จในประเด็นที่คะแนนสูงสุดจะเป็นการสูญเปล่า
7. Unbalanced 	มี 2 ประเด็นหรือมากกว่าที่มีคะแนนสูงกว่าหรือต่ำกว่าค่าเฉลี่ย	ยิ่งมีความไม่สมดุลเท่าไร ยิ่งจัดการยาก

ตัวอย่างตารางการประเมินการจัดการพลังงาน

ระดับการปฏิบัติ	สถานภาพการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน					
	นโยบาย การจัดการพลังงาน	**การจัดองค์กร**	**การกระตุ้นและ สร้างแรงจูงใจ**	**ระบบข้อมูลข่าวสาร**	**ประชาสัมพันธ์**	**การลงทุน**
สูงที่สุด	มีนโยบายการจัดการพลังงานจากฝ่ายบริหาร และถือเป็นส่วนหนึ่งของนโยบายบริษัท	มีการจัดองค์กร และเป็นโครงสร้างส่วนหนึ่งของฝ่ายบริหาร กำหนดหน้าที่ ความรับผิดชอบ	มีการประสานงาน ระหว่างผู้รับผิดชอบด้าน พลังงาน และทีมงาน ทุกระดับอย่างสม่ำเสมอ	กำหนดเป้าหมายที่ครอบคลุม ติดตามผล หาข้อผิดพลาด ประเมินผลและควบคุมการใช้งบประมาณ	ประชาสัมพันธ์คุณค่าของการประหยัดพลังงานและ ผลการดำเนินการของการ จัดระเบียบการพลังงาน	จัดสรรงบประมาณโดยละเอียดโดยพิจารณาถึงความสำคัญของ โครงการ
สูงมาก	มีนโยบายและการสนับสนุนเป็นครั้งคราวจากฝ่ายบริหาร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน รายงานโดยตรงต่อคณะกรรมการจัดการพลังงาน ซึ่งประกอบด้านหัวหน้า ฝ่ายต่างๆ	คณะกรรมการเฉพาะกิจพลังงานเป็นช่องทางหลักในการดำเนินงาน	แจ้งผลการใช้พลังงาน จากมิเตอร์ย่อยให้แต่ละฝ่ายทราบแต่ไม่มีการแจ้ง ถึงผลการประหยัด	ให้พนักงานรับทราบโครงการอนุรักษ์พลังงานและให้มีการประชาสัมพันธ์อย่างสม่ำเสมอ	ใช้ระยะเวลาคุ้มทุนเป็นหลักในการพิจารณาการ ลงทุน
สูง	ไม่มีการกำหนดนโยบายที่ชัดเจนโดยผู้บริหารหรือผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานรายงานต่อคณะกรรมการเฉพาะกิจแต่สายงานบังคับ บัญชาไม่ชัดเจน	คณะกรรมการเฉพาะกิจเป็นผู้ดำเนินการ	ทำรายงานติดตามประเมินผลโดยดูจาก มิเตอร์ให้คณะกรรมการ เฉพาะกิจเข้ามาเกี่ยวข้อง กับการตั้งงบประมาณ	จัดฝึกอบรมให้พนักงานรับทราบเป็นครั้งเป็นคราว	ลงทุนโดยดูมาตรการที่มีระยะเวลาคุ้มทุนเร็ว
พอใช้	ไม่มีแนวทางปฏิบัติที่ทำไว้เป็นลายลักษณ์อักษร	ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมีขอบเขตหน้าที่ความรับผิดชอบ	มีการติดต่ออย่างไม่เป็นทางการระหว่าง วิศวกรกับผู้ใช้พลังงาน (พนักงาน)	มีการสรุปรายงานด้านค่าใช้จ่ายการใช้พลังงาน เพื่อใช้กันภายในฝ่ายวิศวกรรม	แจ้งให้พนักงานทราบอย่างเป็นทางการ เพื่อส่งเสริมการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ	พิจารณาเฉพาะมาตรการที่ลงทุนต่ำ
ไม่มี	ไม่มีนโยบายที่ชัดเจน	ไม่มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน	ไม่มีการติดต่อกับผู้ใช้พลังงาน	ไม่มีระบบรวบรวมข้อมูลและบัญชีการใช้พลังงาน	ไม่มีการสนับสนุนการประหยัด พลังงาน	ไม่มีการลงทุนใดๆในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

2.3 การกำหนดนโยบายพลังงานและการประชาสัมพันธ์

ขั้นตอนนี้ผู้บริหารสูงสุดขององค์กรต้องกำหนดนโยบาย โดยจัดทำเป็นเอกสารพร้อมทั้งลงนามโดยผู้บริหารระดับสูง เพื่อแสดงเจตน์จำนงในการจัดการพลังงาน นโยบายดังกล่าวต้องมีข้อความที่ชัดเจนครอบคลุมประเด็นต่างๆ ดังนี้

(1) เป็นส่วนหนึ่งของธุรกิจ

(2) เหมาะสมกับลักษณะและปริมาณพลังงานที่ใช้

(3) แสดงเจตจำนงที่จะปฏิบัติตามกฎหมายและข้อกำหนดอื่น ๆ ที่องค์กรได้ทำข้อตกลงไว้

(4) แสดงเจตจำนงที่จะปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง

(5) แสดงเจตจำนงที่จะจัดสรรทรัพยากรให้เพียงพอเหมาะสม ในการดำเนินการตามระบบการจัด การพลังงาน

นอกจากนี้ต้องให้ลูกจ้างได้ทราบและเข้าใจจุดมุ่งหมายของนโยบาย โดยการเผยแพร่และเปิดโอกาสให้ลูกจ้างมีส่วนร่วมในการให้ข้อคิดเห็นและปฏิบัติตามนโยบาย รวมทั้งมีการทบทวนเป็นระยะ ๆ เพื่อให้แน่ใจว่านโยบายที่กำหนดขึ้นยังมีความเหมาะสมกับองค์กร

2.3.1 การสื่อสาร

องค์กรต้องจัดทำและปฏิบัติตามเอกสารขั้นตอนการดำเนินงานในการสื่อสารด้านพลังงานโดยให้องค์กรรับฟังข้อคิดเห็นและคำแนะนำ การประชาสัมพันธ์ การรับและการตอบสนองข้อมูลข่าวสารระหว่างบุคคลผู้เชี่ยวชาญและหน่วยงานระดับต่าง ๆ ทั้งภายในและภายนอก

โดยทั่วไป เป้าหมายหลักของโครงการอนุรักษ์พลังงานมักเป็นการลดค่าใช้จ่ายภายในองค์กร ผู้บริหารระดับสูงมักมีบทบาทจำกัดมาก ปล่อยให้เป็นหน้าที่ของฝ่ายเทคนิคที่จะดำเนินให้บรรลุเป้าหมายที่

กำหนด อย่างไรก็ตาม ในโลกยุคปัจจุบัน พลังงาน สิ่งแวดล้อม และเศรษฐกิจ เชื่อมโยงกันอย่างมีพลวัต ยากที่จะพิจารณาแบบ “แยกส่วน” จึงเป็นหน้าที่ของผู้บริหารระดับสูงที่จะแสดงบทบาทมากกว่า “ผู้คุมค่าใช้จ่าย” แต่ต้องกำหนด วิสัยทัศน์ (Vision) และทิศทาง (Direction) ด้านพลังงานขององค์กรผ่านนโยบาย (Policy) และการกำหนดโครงสร้าง (Organization Structure) เพื่อให้บุคลากรดำเนินงานไปในทิศทางเดียวกัน เกิดประโยชน์สูงสุด และมีผล (Impact) ต่อองค์กรและชุมชน เป้าหมายของการนำระบบการจัดการพลังงานมาประยุกต์ใช้ เป็นกลยุทธ์ที่ช่วยนำองค์กรให้เคลื่อนจาก Operational Energy Efficiency ไปสู่ “Design for Energy Efficiency” เพื่อให้เวทีของการอนุรักษ์พลังงานย้ายจากโรงงาน (Production Floor) ไปสู่ห้องประชุมผู้บริหาร (Boardroom)

2.3.2 การกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

การดำเนินการจัดการพลังงานภายในองค์กรจะสำเร็จได้นั้น ต้องมีนโยบายอนุรักษ์พลังงานที่ชัดเจนและเป็นรูปธรรม เพื่อใช้เป็นแนวทางในการกำหนด ทิศทางการทำงานด้านพลังงาน โดยการจัดทำเป็นเอกสารซึ่งต้องมีรายละเอียดครอบคลุม 5 หัวข้อ ดังนี้

1) การอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงาน
2) ความเหมาะสมกับลักษณะและปริมาณพลังงานที่ใช้
3) การปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการพลังงาน
4) การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานอย่างต่อเนื่อง
5) การจัดสรรทรัพยากรให้มีอย่างพอเพียงในการดำเนินการตามวิธีการจัดการพลังงาน

หลังจากมีนโยบายอนุรักษ์พลังงานที่เป็นรูปธรรม องค์กรจำเป็นต้องดำเนินการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้กับพนักงาน และบุคลากรทุกระดับในองค์กรรับทราบ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน วิธีการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์อาจทำได้โดยการติดประกาศ การจัดทำเป็นเอกสารแจก การใช้เสียงตามสาย หรือการส่งนโยบายอนุรักษ์พลังงานให้กับหัวหน้างานในทุกแผนกโดยตรง



ภาพตัวอย่างการเผยแพร่และประชาสัมพันธ์ให้กับพนักงาน

ประกาศ

ฉบับที่ 001/2550

วันที่ 1 มกราคม 2550

เรื่องนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

เนื่องจาก บริษัทอาคารสยาม จำกัด เล็งเห็นถึงความสำคัญของการดำเนินการด้านการอนุรักษ์พลังงาน จึงได้นำเอาระบบการจัดการพลังงานมาประยุกต์ใช้ภายในบริษัทฯ โดยกำหนดให้การดำเนินการด้านการจัดการพลังงานเป็นส่วนหนึ่งของหน้าที่ของพนักงานทุกคนที่ต้องร่วมมือกันเพื่อให้มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ดังนั้น บริษัทฯ ได้กำหนดให้นโยบายอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินธุรกิจที่จะให้ผู้บริหารและพนักงานทุกคนร่วมกันดำเนินกิจกรรมด้านการอนุรักษ์พลังงาน เพื่อส่งเสริมให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล โดยนโยบายอนุรักษ์พลังงานของบริษัทฯ มีดังต่อไปนี้

1. บริษัทจะดำเนินการและพัฒนาระบบการจัดการพลังงานอย่างเหมาะสม โดยกำหนดให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นส่วนหนึ่งของการดำเนินงานของบริษัทฯ สอดคล้องกับกฎหมายและข้อกำหนดอื่นๆ ที่เกี่ยวข้อง
2. บริษัทจะดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ทรัพยากรพลังงานขององค์กรอย่างต่อเนื่องและเหมาะสมกับธุรกิจ เทคโนโลยีที่ใช้และแนวทางการปฏิบัติงานที่ดี
3. บริษัทจะกำหนดแผนและเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงานในแต่ละปี และสื่อสารให้พนักงานทุกคนเข้าใจและปฏิบัติได้อย่างถูกต้อง
4. บริษัทถือว่าการอนุรักษ์พลังงานเป็นหน้าที่ความรับผิดชอบของเจ้าของ ผู้บริหาร และพนักงานของบริษัทฯ ทุกระดับที่จะให้ความร่วมมือในการปฏิบัติตามมาตรการที่กำหนด ติดตามตรวจสอบ และรายงานต่อคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน
5. บริษัทจะให้การสนับสนุนที่จำเป็น รวมถึงทรัพยากรด้านบุคลากร ด้านงบประมาณ เวลาในการทำงาน การฝึกอบรม และการมีส่วนร่วมในการนำเสนอข้อคิดเห็นเพื่อพัฒนางานด้านการอนุรักษ์พลังงาน
6. ผู้บริหารและคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานจะทบทวนและปรับปรุง นโยบาย เป้าหมาย และแผนการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์พลังงานทุกปี

จึงประกาศมาเพื่อทราบและถือปฏิบัติโดยทั่วกัน

ประกาศ ณ วันที่ 1 มกราคม 2550

ลงชื่อ.....

(นายอนุรักษ์ ดีเยี่ยม)

ตำแหน่ง...ประธานกรรมการ.....

ตัวอย่างประกาศนโยบายอนุรักษ์พลังงาน

2.3.3 การประชาสัมพันธ์

จิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานขององค์กรเป็นปัจจัยที่สำคัญต่อความสำเร็จ เงินทุนที่ลงไปสำหรับอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงจะสูญเปล่าหากพนักงานมีจิตสำนึกต่ำ เช่น การติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เบอร์ 5 จะไม่ช่วยลดค่าไฟฟ้าขององค์กรได้มากเท่าที่ควรหากพนักงานไม่มีจิตสำนึกที่จะปิดเครื่องปรับอากาศทุกครั้งที่ออกจากห้อง เป็นต้น ดังนั้น จิตสำนึก และผลจากการมีจิตสำนึก (ต้องการมีส่วนร่วมของพนักงานในองค์กร) เป็นปัจจัยที่สำคัญที่สุดในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน มีความสำคัญมากกว่างบประมาณมากกว่าเทคโนโลยี การสร้างจิตสำนึกเพื่อให้เกิดการมีส่วนร่วมจึงควรเป็นภารกิจที่ต้องได้รับการเอาใจใส่มากจากผู้บริหาร โดยกิจกรรมการประชาสัมพันธ์ที่ดำเนินการมีดังนี้

1. การจัดบอร์ดอนุรักษ์พลังงาน
2. การจัดทำสติ๊กเกอร์ โปสเตอร์ และติดป้ายผ้ารณรงค์
3. การประกาศเสียงตามสาย
4. การประชุมกลุ่มย่อยในหน่วยงาน



ภาพตัวอย่างกิจกรรมรณรงค์ประชาสัมพันธ์



ภาพตัวอย่างกิจกรรมรณรงค์ประชาสัมพันธ์

2.4 การประเมินศักยภาพทางเทคนิค

วัตถุประสงค์ของขั้นตอนนี้ก็เพื่อค้นหาศักยภาพขององค์กรในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน เป็นที่เข้าใจกันโดยทั่วไปว่า ของเสีย (Waste) มีด้วยกันทั้งสิ้น 7 ประเภท ได้แก่ การผลิตที่มากเกินความต้องการ (Overproduction), การรอ (Waiting), การขนย้าย (Transportation), ขั้นตอนการผลิตมากเกินความจำเป็น (Over-processing), พัสดุคงคลัง (Inventory), การเคลื่อนไหว (Motion), และการซ่อมแซม/ปรับสภาพ (Rework) นอกจากนี้บางครั้งยังมีประเภทที่ 8 คือ การที่ไม่สามารถใช้ศักยภาพของพนักงานอย่างเต็มที่ ไม่ว่าเป็นของเสียประเภทใด ล้วนแล้วแต่ก่อให้เกิดการสูญเสียพลังงานทั้งสิ้นตัวอย่างเช่น กรณีที่มีสินค้าคงคลังสูง หลังจากที่สินค้านั้นออกจากสายการผลิตจะถูกเก็บไว้ที่คลังสินค้าอีกระยะเวลาหนึ่ง ทุกๆวันที่สินค้าอยู่ในคลังพัสดุ มีค่าใช้จ่ายเพิ่มขึ้นทุกวัน ดังนั้น การพิจารณาเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานจึงจำเป็นต้องวิเคราะห์กระบวนการผลิต และส่วนอื่นๆ ของการผลิตอย่างละเอียด การประเมินสภาวะการใช้พลังงานจึงแบ่งออกเป็น 3 ระดับ ได้แก่

2.4.1 การประเมินระดับองค์กร

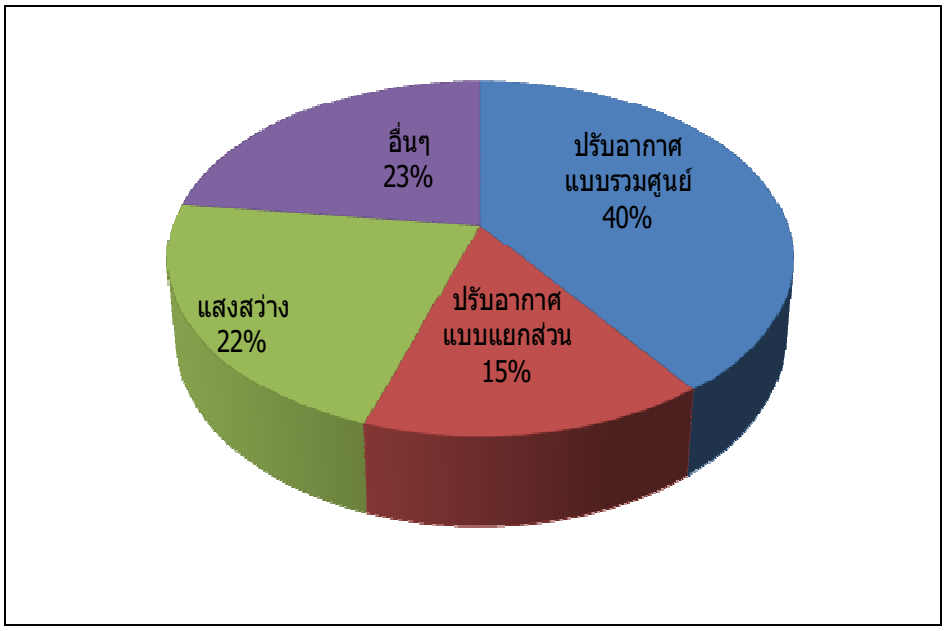
เป็นการประเมินการใช้พลังงานทั้งองค์กร ไม่แยกเป็นหน่วยหรืออุปกรณ์ โดยส่วนใหญ่อาศัยข้อมูลใบเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าหรือค่าเชื้อเพลิง การประเมินแบบนี้ สามารถใช้ประโยชน์ได้ 2 รูปแบบ

- เปรียบเทียบการใช้แบบภายใน เป็นการเปรียบเทียบกับข้อมูลในอดีตว่าโดยรวมแล้วองค์กร

ใช้พลังงานมากขึ้น น้อยลง หรือเท่าเดิม เมื่อเทียบที่กำลังการผลิตเดียวกัน

- เปรียบเทียบกับโรงงานอื่นที่มีขนาดเท่ากัน มีกระบวนการผลิตคล้ายกัน การเปรียบเทียบมัก

ทำได้ยากเพราะไม่สามารถหาข้อมูลหรือโรงงานที่เหมือนกันได้



รูปที่ 2.2 การประเมินสัดส่วนการใช้พลังงานพลังงานแยกตามระบบการใช้งาน

2.4.2 การประเมินระดับประเภทสินค้า

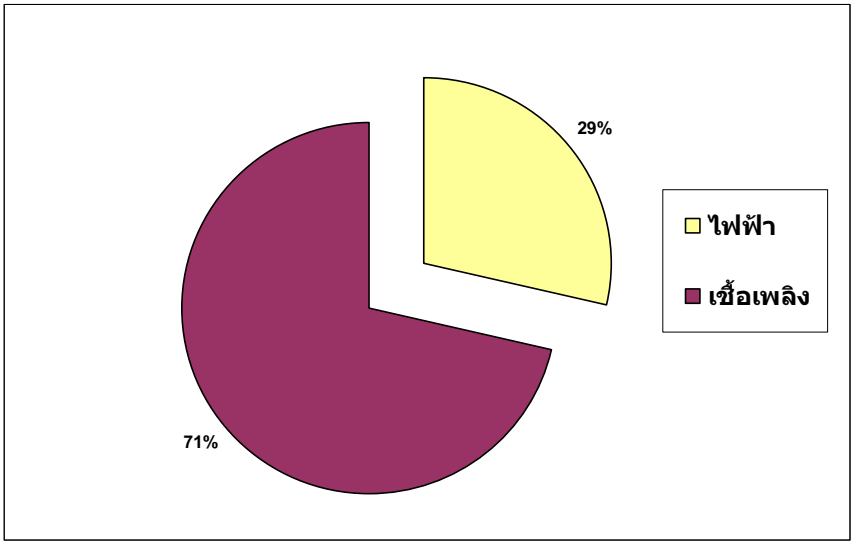
องค์กรส่วนใหญ่ต้องการข้อมูลระดับสินค้าเพื่อใช้ในการคำนวณต้นทุน การจะคำนวณข้อมูลดังกล่าวสามารถทำได้ 2 วิธี ได้แก่

- ระบบไฟฟ้า/เชื้อเพลิงของกระบวนการผลิตจัดทำไว้ดี กล่าวคือ แยกระบบสอดคล้องกับ

กระบวนการผลิตแต่ละผลิตภัณฑ์ ไม่มีการเชื่อมต่อสายไฟฟ้าหรือท่อทางแบบ “ชั่วคราวอย่างถาวร” ทำให้สามารถใช้อุปกรณ์ประเภท Data Logger เก็บข้อมูลแบบ

Real Time ทั้งพลังงานและ Throughput เมื่อได้ข้อมูลแล้ว ก็จะคำนวณดัชนี พลังงาน/ชิ้น ได้ง่าย

- ระบบไฟฟ้า/เชื้อเพลิงไม่เป็นระบบเท่าที่ควร จำเป็นต้องใช้ข้อมูลสัดส่วนการใช้พลังงานของแต่ละอุปกรณ์ในสายการผลิตมาประกอบการคำนวณ ในกรณีนี้ อาจมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นได้

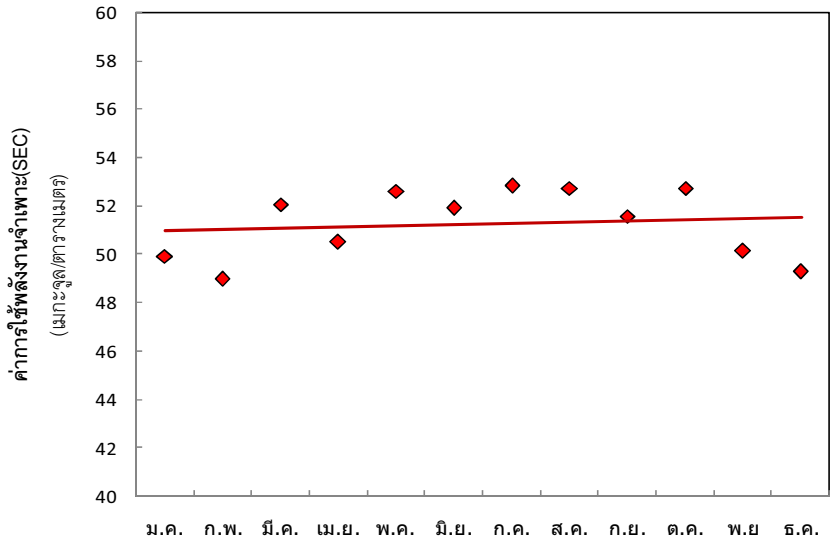


รูปที่ 2.3 การประเมินสัดส่วนแยกตามประเภทพลังงานที่ใช้

2.4.3 การประเมินระดับอุปกรณ์

เป็นการประเมินประสิทธิภาพของอุปกรณ์แต่ละชิ้น เรียกว่า Benchmarking ต้องมีการเก็บข้อมูลที่พอเพียง มีการวางแผนการเก็บข้อมูลเพื่อใช้ในการคำนวณ Specific Energy Consumption (SEC) ที่เหมาะสม ปัญหาในประเทศไทยในปัจจุบันคือ การขาดข้อมูลที่จะใช้ในการเปรียบเทียบทั้งระดับอุตสาหกรรมและระดับอุปกรณ์ ในบางกรณีจึงจำเป็นต้องเทียบกับข้อมูลจากต่างประเทศ ซึ่งมีความแตกต่างเรื่องของสภาพแวดล้อม เช่น ภูมิอากาศ ในการอ้างอิงจึงควรคำนึงถึงด้วย

หลังจากนั้นจึงนำข้อมูลที่ได้มาใช้เป็นแนวทางในการกำหนดเป้าหมายและวางแผนงานด้านการอนุรักษ์พลังงานต่อไป



รูปที่ 2.4 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption)

การประเมินศักยภาพทางเทคนิคของระบบการจัดการพลังงาน ส่วนหนึ่งได้มาจากพนักงานกลุ่มย่อยในแต่ละพื้นที่ช่วยกันระดมสมองและนำเสนอผ่านทางคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงาน และเข้าสู่ขั้นตอนการประเมินความเหมาะสมและศักยภาพร่วมกัน ตัวอย่างอุปกรณ์ต่างๆ ที่มีศักยภาพและนำมาพิจารณามีดังนี้

- การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบอัดอากาศ
- การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบไอน้ำ
- การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบน้ำมันร้อน
- การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานของเครื่องจักรต่างๆในกระบวนการผลิต
- การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานของระบบอื่น ๆ

ตัวอย่างการดำเนินการเพื่อประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานแสดงดังรูป



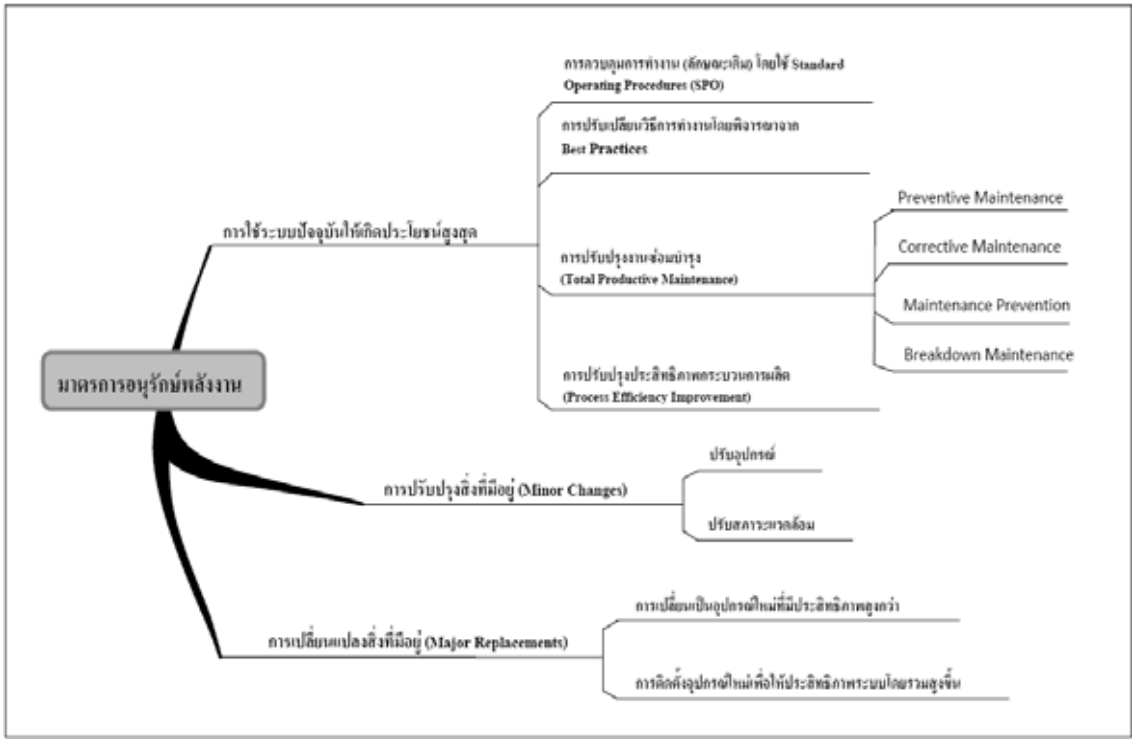
ภาพตัวอย่างการตรวจสอบและการตรวจวัดอุปกรณ์ การระดมสมองเพื่อประเมินศักยภาพ

2.5. การกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรม / กิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

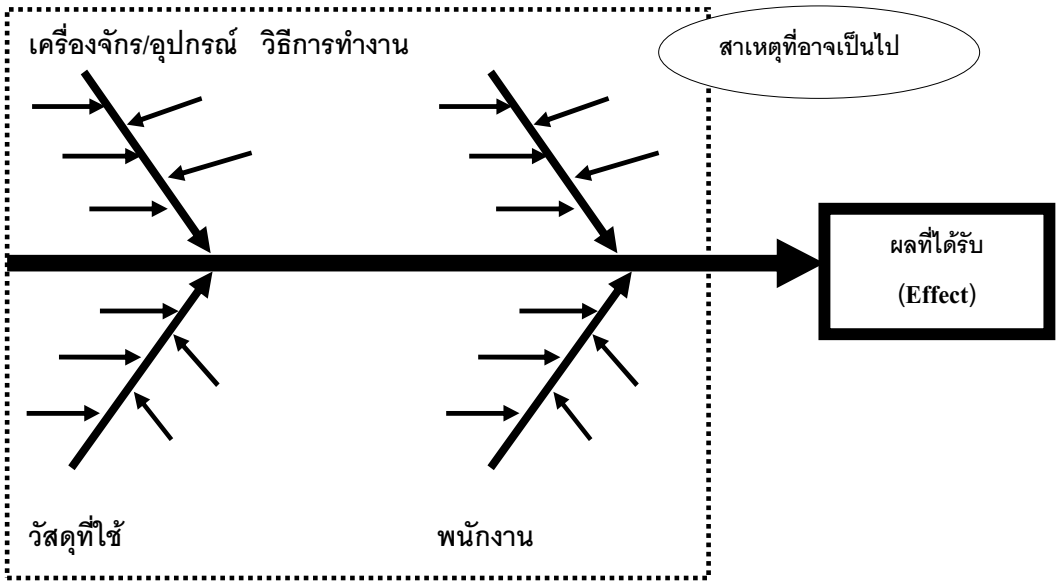
2.5.1 การกำหนดมาตรการ

ในการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และแผนกิจกรรมส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานนั้นสามารถทำได้โดยนำข้อมูลที่ได้จากการประเมินศักยภาพทางเทคนิคมาใช้ สำหรับแนวทางการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานทำได้โดยใช้หลักการ Cause-and-Effect Diagram หรือ Fishbone Diagram ช่วยในการระดมความคิดเห็น โดยระบุถึงสาเหตุ (Cause) และผลที่ได้รับ (Effect) นั่นเอง นอกจากนี้ควรพิจารณาถึงประเด็นหลัก 3 ประการ ดังนี้

1) การใช้สิ่งที่มีอยู่ให้เกิดประโยชน์สูงสุด
2) การปรับปรุงสิ่งที่มีอยู่
3) การเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่



รูปที่ 2.5 แนวทางการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน



รูปที่ 2.6 การหามาตรการอนุรักษ์พลังงานโดยหลักการ Cause and Effect

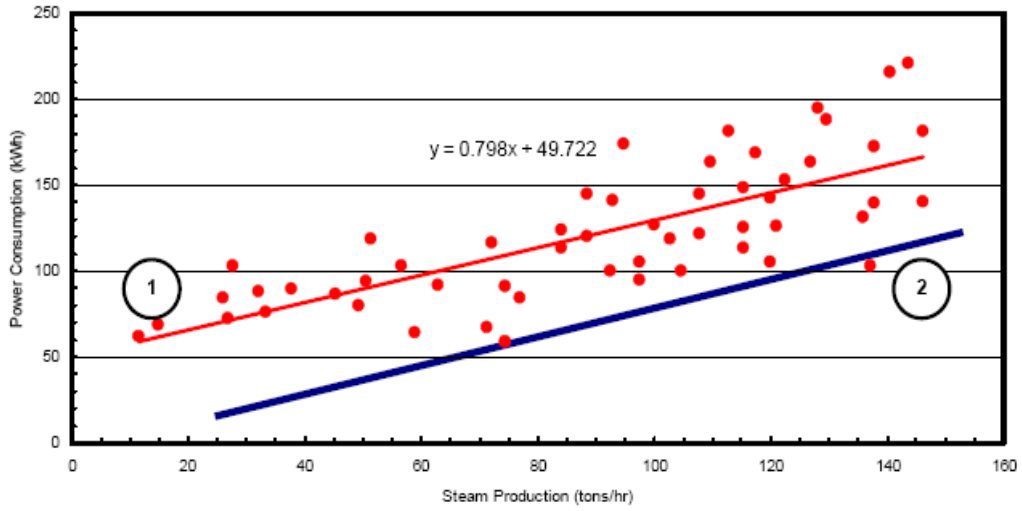
2.5.2 การกำหนดเป้าหมาย

จากมาตรการต่าง ๆที่กำหนดตามแนวทางที่กล่าวถึงข้างต้น องค์กรต้องตัดสินใจกำหนดเป้าหมายในการอนุรักษ์พลังงานเพื่อใช้เป็นหลักในการประเมินความสำเร็จ ใช้เป็นจุดที่ใช้รวมความพยายามของพนักงานทั้งองค์กร โดยทั่วไป มีแนวทางที่ใช้ในการกำหนดเป้าหมายอยู่ 3 แนวทาง ได้แก่

• แนวทางที่ 1 ผู้บริหารระดับสูง “ทุบโต๊ะ” หรือ “ฟันธง” กำหนดเป้าหมายโดยมิได้พิจารณาข้อมูลในอดีต หรือ ความเป็นไปได้ในอุตสาหกรรม การกำหนดเป้าหมายแนวทางนี้เป็นที่นิยม ทั้งยังนำมาใช้เสมอในช่วงวิกฤตที่มีการลดค่าใช้จ่ายทุกหน่วยงานในองค์กรเท่า ๆกัน ตัวอย่างเช่น ในกรณีของ Air Compressor ที่วัดค่า SEC ได้เท่ากับ 35.64 kWh/100 scfm-hr หากกำหนดเป้าหมายโดยแนวทางนี้ ผู้บริหารเมื่อเห็นว่ามีค่าสูงมาก อีกทั้งจากการทำ Process Mapping พบว่าสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ระบบผลิต Compressed Air คิดเป็นสัดส่วนถึงร้อยละ 25 ของทั้งโรงงาน อาจระบุให้ลดค่า SEC ลง 50% ภายใน 1 ปี หรือค่า SEC ใหม่เท่ากับ 17.82 kWh/100 scfm-hr ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ดีที่สุดในฐานข้อมูล แต่ผู้บริหารไม่ทราบข้อมูลนี้ จึงไม่ตระหนักถึงอุปสรรคที่อาจเกิดจากการกำหนดเป้าหมายแนวทางนี้ เป็นต้น

• แนวทางที่ 2 เป็นการกำหนดโดยศึกษาข้อมูลที่ใช้ในการทำ Benchmark โดยกำหนดค่าที่ดีถัดไปเป็นเป้าหมาย ตัวอย่างเช่น ในกรณีของ Air Compressor ค่าที่ดีถัดไปคือค่าเฉลี่ย (21.63 kWh/100 scfm-hr) ซึ่งจะเป็นเป้าหมายที่องค์กรกำหนด เป็นต้น ข้อดีของการกำหนดแนวทางนี้คือมีหลักฐานว่ามีผู้สามารถทำได้ อย่างไรก็ตาม อาจเป็นค่าที่ได้จากการใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างกันโดยสิ้นเชิง ไม่สามารถบรรลุได้โดยใช้อุปกรณ์ที่องค์กรนั้นมีอยู่ การจะบรรลุเป้าหมายอาจจำเป็นต้องมีการลงทุนในระดับที่สูงมากจนไม่คุ้มกับการลงทุน

• แนวทางที่ 3 กำหนดให้เป้าหมายเป็นค่าที่ต่ำสุดในแผนภูมิที่ได้จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างระดับพลังงานที่ใช้กับตัวแปร (Driver) ดังที่แสดงในรูปที่ 2.3 เส้นหมายเลข 1 เป็นค่าเฉลี่ยระดับการใช้พลังงานในอดีต ในขณะที่เส้นหมายเลข 2 ลากผ่านจุดการใช้พลังงานที่ต่ำสุดและเป็นเส้นกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน การที่มีข้อมูลแสดงไว้ยืนยันว่าสามารถทำได้ภายในองค์กร เพียงแต่ไม่มีความแน่นอน ขั้นแรกในการกำหนดมาตรการจึงเป็นการสร้างความสามารถในการควบคุม (Control-ability)



รูปที่ 2.7 แผนภูมิความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานที่ใช้กับปริมาณ Steam ที่ผลิต และเส้นกำหนดเป้าหมายการอนุรักษ์พลังงาน

2.5.3 การคำนวณผลตอบแทนทางการเงิน

ภายหลังจากที่กำหนดเป้าหมายโดยใช้แนวทางใดแนวทางหนึ่งตามที่กล่าวไว้ข้างต้นแล้ว องค์กรต้องประมาณค่าใช้จ่ายที่จำเป็นเพื่อให้บรรลุเป้าหมายที่กำหนด ในที่สุดองค์กรจะมีตารางแสดงมาตรการอนุรักษ์พลังงาน เป้าหมาย เงินลงทุน และค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่ประหยัดได้ อย่างไรก็ตาม องค์กรส่วนใหญ่ไม่มีเงินลงทุนเพียงพอ จึงจำเป็นต้องตัดสินใจลงทุนในมาตรการที่เหมาะสมที่สุด ให้ผลตอบแทนดีผ่านเกณฑ์ขององค์กร การนำเสนอผลตอบแทนต่อผู้บริหารที่ดีที่สุดจึงเป็นการคำนวณบนฐานการเงิน ซึ่งแนวทางที่เป็นที่ยอมรับได้แก่ Pay Back Period และ Internal Rate of Return

1) Pay Back Period

เป็นการคำนวณผลตอบแทนทางการเงินแบบง่ายๆ โดยใช้สมการ

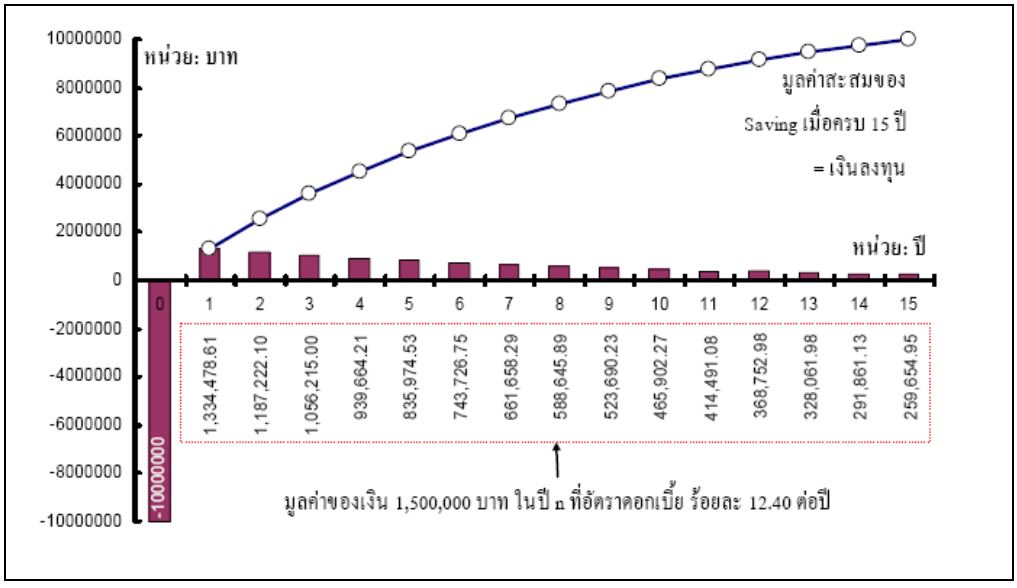
$$\text{Pay Back Period} = \frac{\text{Investment}}{\text{Saving per period}}$$

ตัวอย่างเช่น มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพต้องใช้เงินลงทุน 1 ล้านบาท โดยจะประหยัดพลังงานได้คิดเป็นเงิน 250,000 บาทต่อปี ดังนั้น Pay Back Period เท่ากับ 4 ปี เป็นต้น ข้อเสีย

ของการใช้ Pay Back Period คือมิได้มีการคิดค่าของเงินที่ลดลงทุกปี ดังนั้น จึงไม่เหมาะสมกับมาตรการที่มีอายุการคำนวณนานๆ เช่น มากกว่า 5 ปี

2) Internal Rate of Return (IRR)

การใช้ Internal Rate of Return (IRR) ค่า Internal Rate of Return (IRR) คืออัตราดอกเบี้ยที่ค่าของเงินลดลง และเมื่อบวกค่าของเงินที่คงเหลืออยู่เข้าด้วยกันจะเท่ากับเงินลงทุนที่ลงไปในปีแรก ตัวอย่างเช่น มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพต้องใช้เงิน 10 ล้านบาท อายุโครงการ 15 ปี และทำให้ลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานลดลงปีละ 1,500,000 บาท จากการคำนวณพบว่าค่า IRR เท่ากับ 12.40% ตามที่แสดงในรูปที่ 2.4 องค์กรส่วนใหญ่มีเกณฑ์ภายในที่ใช้ในการกำหนดค่า IRR ของโครงการที่องค์กรจะลงทุน หลังจากที่คำนวณผลตอบแทนทางการเงินของทุกมาตรการครบถ้วนแล้ว ให้แบ่งมาตรการออกเป็น 2 กลุ่ม โดยใช้วิธีการคำนวณผลตอบแทนทางการเงินเป็นเกณฑ์ กล่าวคือ กลุ่มที่ 1 เป็นมาตรการที่ใช้วิธี Pay Back Period ในขณะที่กลุ่มที่ 2 คือมาตรการที่ใช้วิธี IRR ภายในแต่ละกลุ่มให้จัดลำดับจากมาตรการที่มีผลตอบแทนทางการเงินดีที่สุดไปหาที่น้อยที่สุด



รูปที่ 2.8 แสดงมูลค่าของเงินตามหลักการคำนวณค่า IRR

- กลุ่มที่ 1 มาตรการที่มีค่า Pay Back Period สั้นที่สุดอยู่ลำดับแรกแล้วเพิ่มขึ้นตามลำดับจนได้มาตรการสุดท้ายที่มีค่า Pay Back Period นานที่สุด

• กลุ่มที่ 2 มาตรการที่มีค่า IRR สูงที่สุดเป็นลำดับแรก และลดลงตามลำดับจนถึงมาตรการที่มีค่า IRR ต่ำที่สุดเป็นลำดับสุดท้าย

2.6. การจัดทำแผนปฏิบัติการ

วัตถุประสงค์ของการจัดให้มีมาตรฐานระบบการจัดการพลังงานก็เพื่อให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานที่ยั่งยืน แผนปฏิบัติการที่จะสนับสนุนหัวใจของการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ พนักงานมีจิตสำนึก และพนักงานมีความรู้ ความเข้าใจ ที่เหมาะสม ดังนั้น แผนปฏิบัติการที่องค์กรต้องจัดทำ จะต้องประกอบด้วย

• แผนเพื่อรองรับมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่คัดเลือก

• แผนประชาสัมพันธ์เพื่อสร้างจิตสำนึกของพนักงานในองค์กร

• แผนการฝึกอบรมเพื่อสร้างความรู้ ความเข้าใจที่ถูกต้อง หัวหน้างานจะต้องทำการวิเคราะห์ความจำเป็นในการฝึกอบรมด้านพลังงาน (Training Need Analysis) ของพนักงานทุกคนที่อยู่ในความรับผิดชอบ และจัดส่งให้ผู้ที่เกี่ยวข้องนำไปจัดทำเป็นแผนการฝึกอบรมรวมขององค์กร แผนปฏิบัติการที่จัดทำขึ้นจะต้องแสดงวัตถุประสงค์ของมาตรการ ตัวชี้วัดความสำเร็จของมาตรการ ผู้รับผิดชอบ งบประมาณ ระยะเวลาดำเนินการ และกลุ่มเป้าหมาย เป็นอย่างน้อย ดังตัวอย่าง

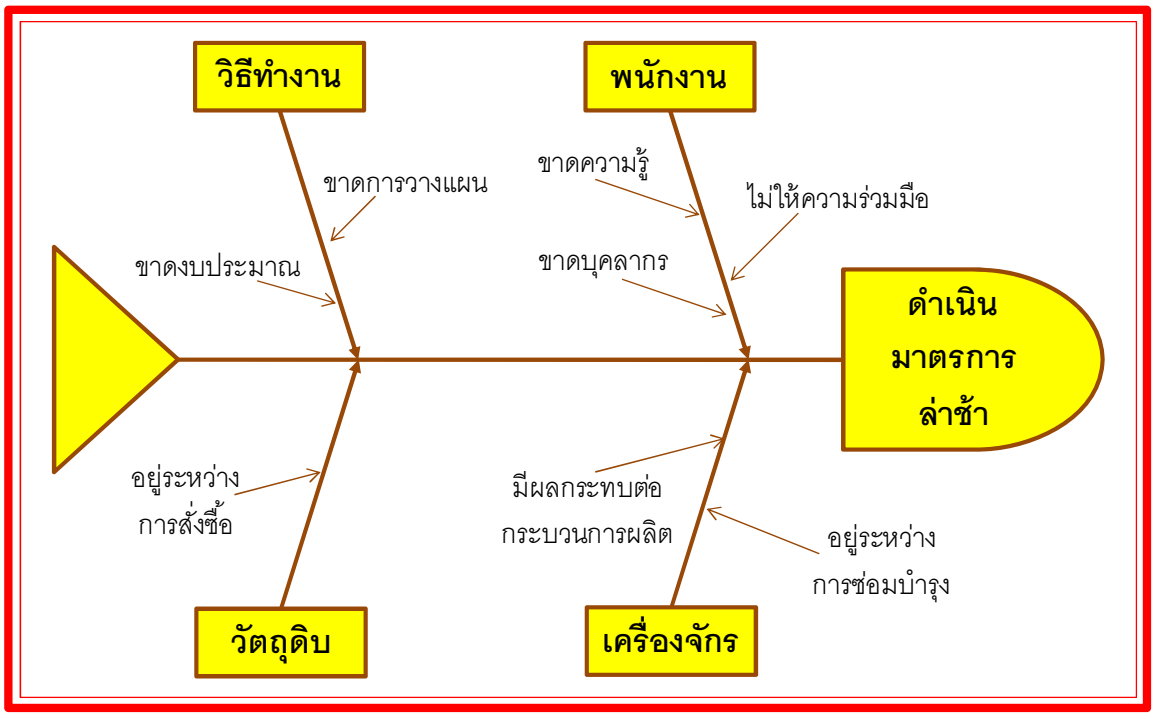




ภาพตัวอย่างการจัดการฝึกอบรมพนักงานในองค์กร

2.7 การดำเนินการตามแผนปฏิบัติการและการตรวจสอบวิเคราะห์

การดำเนินการจัดการพลังงานภายในองค์กรจะเป็นไปตามเป้าหมายหรือไม่นั้นขึ้นกับการดำเนินการตามแผนอนุรักษ์พลังงาน และแผนการฝึกอบรมฯ รวมถึงการตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน เพื่อทราบถึงความก้าวหน้าของการดำเนินการ หากแผนการใดเกิดความล่าช้าหรือการปฏิบัติไม่เป็นไปตามเป้าหมายและแผนงานที่วางไว้ คณะทำงานจะต้องวิเคราะห์หาสาเหตุและหาแนวทางแก้ไขในการดำเนินงานโดยอาจนำไดอะแกรมแบบก้างปลา (Fishbone Diagram) มาใช้เพื่อปรับปรุงให้การทำงานบรรลุตามเป้าหมาย ในการตรวจสอบการปฏิบัติตามเป้าหมายและแผนควรทำเป็นประจำ อย่างน้อย 3 เดือนต่อครั้ง



รูปที่ 2.9 การวิเคราะห์หาสาเหตุและแนวทางแก้ไขโดยไดอะแกรมแบบก้างปลา

2.8 การตรวจติดตามและประเมินการจัดการพลังงาน

สิ่งสำคัญในการนำวิธีการจัดการพลังงานมาใช้ภายในองค์กรนั้น จำเป็นต้องมีการติดตามและตรวจสอบวิธีการจัดการพลังงานที่จัดทำขึ้นว่ามีการปฏิบัติงานตามแผน และดำเนินการจัดการพลังงานที่จัดทำขึ้นหรือไม่ ทั้งนี้องค์กรควรจัดตั้งคณะผู้ตรวจประเมินที่มีความรู้และความเข้าใจในวิธีการจัดการพลังงาน การตรวจติดตามควรกำหนดแผนงาน และขอบเขตในการตรวจประเมินที่ชัดเจน และควรทำเป็นประจำอย่างน้อยปีละหนึ่งครั้ง

ประกาศแต่งตั้ง
คณะผู้ตรวจประเมินการจัดการพลังงานภายในองค์กร

วันที่ 5 มกราคม 2553

เรื่อง แต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินวิธีการจัดการพลังงานในองค์กร

เรียน ผู้จัดการฝ่าย / หัวหน้าแผนก / เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

เพื่อให้การดำเนินงานด้านการจัดการพลังงานของบริษัทฯ เป็นไปอย่างต่อเนื่อง มีประสิทธิภาพและมีประสิทธิผล จึงได้แต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินวิธีการจัดการพลังงานในองค์กร ดังมีรายชื่อต่อไปนี้

1. นายประหยัด ไฟฟ้า	ประธาน
2. นายประหยัด พลังงาน	รองประธาน
3. นายอภิรักษ์ ชื่นชอบ	เลขานุการ
4. นายผลดี เรืองรอง	คณะทำงาน
5. นายประสิทธิ เต็มที่	คณะทำงาน

โดยคณะผู้ตรวจประเมินทั้งหมดมีหน้าที่และความรับผิดชอบในการตรวจสอบและประเมินวิธีการจัดการพลังงานภายในองค์กร ทั้งนี้กำหนดให้คณะผู้ตรวจประเมินชุดนี้มีระยะเวลาในการทำงาน 2 ปี

ทั้งนี้มีผลบังคับใช้ตั้งแต่วันที่ 5 มกราคม 2553 เป็นต้นไป

นายอนุรักษ์ พลังงาน

ตำแหน่ง ประธานคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน

ตัวอย่างการแต่งตั้งคณะผู้ตรวจประเมินภายใน

2.9 การทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของการจัดการพลังงาน

การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้มีความต่อเนื่องและยั่งยืนนั้น องค์กรต้องมีการทบทวน และแก้ไขข้อบกพร่องที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการ ทั้งนี้ทำได้โดยอาศัยผลการประเมินการจัดการพลังงานจากการตรวจติดตามมาใช้ เพื่อวิเคราะห์ความเหมาะสม จุดอ่อนหรือจุดแข็งของกิจกรรมหรือการดำเนินการด้านอนุรักษ์พลังงาน รวมทั้งประสิทธิภาพของวิธีตามข้อกำหนดต่างๆ ของวิธีการจัดการพลังงาน ในกรณีที่พบปัญหาหรืออุปสรรคในการดำเนินการ คณะทำงานต้องทำการวิเคราะห์หาสาเหตุว่าปัญหาหรืออุปสรรคที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากข้อบกพร่องเนื่องมาจากปัจจัยภายในหรือภายนอกองค์กร จากนั้นต้องหาวิธีแก้ไขและปรับปรุงวิธีการจัดการพลังงานใหม่เพื่อให้เกิดความเหมาะสมและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น

ในการทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องวิธีการจัดการพลังงาน ควรดำเนินการดังนี้

ก. จัดให้มีการประชุมทบทวนผลการดำเนินการภายหลังการตรวจประเมินภายใน โดยแจ้งให้ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานหรือตัวแทนจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องทราบถึงวัตถุประสงค์ รูปแบบ กำหนดเวลา และเข้าร่วมประชุม

ข. การจัดการประชุมทบทวนผลการดำเนินการ ควรมีตัวแทนจากทุกฝ่ายเข้าร่วมแสดงความคิดเห็นและรับทราบผลการประชุม ดังนั้นควรให้มีการเชิญผู้เข้าร่วมประชุมทั้งจากฝ่ายบริหาร คณะทำงานฯ และตัวแทนพนักงานทุกระดับจากหน่วยงานต่างๆ

ค. รวบรวมผลประเมินการดำเนินการจากหน่วยงานต่างๆ ภายในองค์กร แล้วทำการสรุปภาพรวมการจัดการพลังงานขององค์กร ซึ่งอาจประกอบไปด้วย สถานะของการดำเนินการ ผลการปฏิบัติงานตามข้อกำหนดต่างๆ ผลสำเร็จที่ได้รับ และประสิทธิภาพของการดำเนินงาน นอกจากนี้ควรมีการนำเสนอแนวปฏิบัติหรือกิจกรรมที่ทำให้การดำเนินการประสบผลสำเร็จ รวมทั้งปัญหาและอุปสรรคที่เกิดขึ้นระหว่างดำเนินการ หรือข้อบกพร่องที่พบ

ง. ในระหว่างการประชุมทบทวนและวิเคราะห์วิธีการจัดการพลังงาน ผู้บริหารควรเปิดโอกาสให้ผู้เข้าร่วมประชุมแสดงความคิดเห็นอย่างอิสระ ทั้งในส่วนที่เป็นเชิงบวกและเชิงลบต่อการดำเนินการ โดยในกิจกรรมหรือการดำเนินการใดๆ ที่เป็นประโยชน์ในการพัฒนาวิธีการจัดการพลังงาน ก็ควรให้การสนับสนุนและส่งเสริมต่อไป สำหรับปัญหาอุปสรรคหรือข้อบกพร่องที่เกิดขึ้น ควรร่วมกันวิเคราะห์หาสาเหตุ และแนวทางในการแก้ไขที่เหมาะสม

จ. ผู้บริหารระดับสูงควรนำข้อมูลที่ได้จากการประชุมทบทวนฯ ไปใช้ในการปรับปรุงวิธีการจัดการพลังงานให้ดีขึ้น เพื่อการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและยั่งยืน

ฉ. เผยแพร่และประชาสัมพันธ์ให้พนักงานทุกคนรับทราบถึงผลการประชุมทบทวนวิธีการจัดการพลังงาน รวมทั้งแนวปฏิบัติในการทำงานเพื่อพัฒนาวิธีการจัดการพลังงานซึ่งได้จากการประชุม

บทที่ 3

มาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้า

บทที่ 3
มาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านไฟฟ้า

การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า หมายถึงกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการจัดการ และควบคุมการใช้เครื่องจักร อุปกรณ์ไฟฟ้าและแสงสว่าง เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าซึ่งมีผลทำให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด อันเป็นประโยชน์ในการเพิ่มกำไรโดยตรงให้แก่สถานประกอบการ ส่งผลให้ประเทศชาติลดการนำเข้าหรือชลอการจัดหาแหล่งพลังงานทดแทนได้ต่อไป ดังนั้น ผู้บริหาร และผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ตลอดจนพนักงานทุกคนในสถานประกอบการ จึงควรมีความตระหนักและให้ความสำคัญในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงานอย่างเคร่งครัด เพื่อประโยชน์โดยรวมของสังคมและประเทศชาติต่อไป

การอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม คือ กิจกรรมซึ่งจะช่วยส่งเสริมให้กับทุกคนภายในสถานประกอบการ มีโอกาสเข้ามามีร่วมมือกันในกิจกรรมหรือมาตรการอนุรักษ์พลังงานได้ในหลายระดับ ดังนี้คือ

- มาตรการหยุดการใช้พลังงานที่สูญเปล่า
- มาตรการลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็น
- มาตรการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

ซึ่งแนวทางการอนุรักษ์พลังงานที่กล่าวมา สามารถนำไปประยุกต์ใช้กับระบบต่างๆ เพื่อกำหนดเป็นมาตรการอนุรักษ์พลังงานสำหรับสถานประกอบการทุกประเภท แสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง
- เครื่องปรับอากาศ
- ระบบทำความเย็น
- ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า
- มอเตอร์และปั๊มน้ำ
- ระบบอากาศอัด
- ระบบตู้อบ/ฮีตเตอร์ไฟฟ้า
- อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

3.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.1.1 มาตรการลดการใช้หลอดไฟฟ้า HID บริเวณที่ไม่จำเป็น

3.1.2 มาตรการติดตั้งสวิตซ์กระตุกกับโคมไฟฟ้า

3.1.3 มาตรการแยกวงจรไฟฟ้าควบคุมแสงสว่าง

3.1.4 มาตรการปรับปรุงแผ่นใสหลังคาเพื่อใช้แสงธรรมชาติ

3.1.5 มาตรการเปลี่ยนชนิดของหลอดไฟแสงสว่างในห้องเย็น

3.1.6 มาตรการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน (T5)

3.1.7 มาตรการเปลี่ยนหลอดไส้ (Incandescent) เป็นหลอดตะเกียบ (CFL)

3.1.8 มาตรการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID

3.1.9 มาตรการติดตั้งสวิตซ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Movement Detector)

3.2 ระบบปรับอากาศ

3.2.1 มาตรการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

3.2.2 มาตรการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักเที่ยง

3.2.3 มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้เหมาะสม

3.2.4 มาตรการลดการรั่วไหลของอากาศเย็นในระบบปรับอากาศ

3.2.5 มาตรการยกเลิกการใช้พัดลมระบายอากาศภายในสำนักงาน

3.2.6 มาตรการบุฉนวนกันความร้อนฝ้าเพดาน

3.2.7 มาตรการการติดตั้งม่านอากาศที่ประตูทางเข้าห้องปรับอากาศ

3.2.8 มาตรการลดพื้นที่ปรับอากาศ

3.2.9 มาตรการปรับปรุงการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ

3.2.10 มาตรการติดฟิล์มสะท้อนแสงกันรังสีความร้อน

3.3 ระบบทำความเย็น

3.3.1 มาตรการลดภาระความชื้นในถาดรองน้ำของระบบ AHU

3.3.2 มาตรการเปลี่ยนการใช้พัดลมระบายความร้อนแทนเครื่องปรับอากาศ

3.3.3 มาตรการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่องปรับอากาศ

3.3.4 มาตรการปรับปรุงฉนวนท่อในระบบทำความเย็น

3.3.5 มาตรการลดการสูญเสียน้ำเย็นในระบบทำน้ำเย็น

3.3.6 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น

3.3.7 มาตรการลดภาระความร้อนของเครื่องจักรในระบบปรับอากาศ

3.3.8 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง

3.3.9 มาตรการลดการใช้งานพัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

3.3.10 มาตรการบำรุงรักษาโดยการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์หอผึ่งน้ำ

3.3.11 มาตรการปรับปรุงระบบฉนวนของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

3.3.12 มาตรการลดภาระโหลดของเครื่องผลิตน้ำแข็ง

3.3.13 มาตรการลดการสูญเสียน้ำเย็น/น้ำแข็ง

3.3.14 มาตรการลดการใช้งานปั๊มน้ำเย็น

3.3.15 มาตรการเปลี่ยนเครื่องอัดน้ำยาเป็นแบบประสิทธิภาพสูง

3.3.16 มาตรการปรับปรุงสมรรถนะของหอผึ่งน้ำ

3.4 ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

3.4.1 มาตรการเปลี่ยนขนาดหม้อแปลงให้เหมาะสมกับภาระโหลดใช้งาน

3.4.2 มาตรการปรับลดแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า

3.4.3 มาตรการรวมโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า

3.4.4 มาตรการปรับปรุงกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล

3.4.5 มาตรการการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

3.4.6 มาตรการเปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

3.5 ระบบมอเตอร์และปั๊มน้ำ

3.5.1 มาตรการลดการใช้งานของปั๊มน้ำในกระบวนการผลิต

3.5.2 มาตรการปรับความตึงของสายพานส่งกำลัง

3.5.3 มาตรการเปลี่ยนขนาดพูเล่ย์เครื่องยนต์ดีเซลต้นกำลัง

3.5.4 มาตรการลดขนาดมอเตอร์ให้เหมาะกับภาระงาน

3.5.5 มาตรการปรับลดความเร็วรอบมอเตอร์

3.5.6 มาตรการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อน

3.5.7 มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์มาตรฐานทั่วไปเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

3.5.8 มาตรการปรับลดการทำงานของโบลเวอร์เติมอากาศ

3.6 ระบบอัดอากาศ

3.6.1 มาตรการลดการใช้งานเครื่องอัดอากาศ

3.6.2 มาตรการลดการรั่วไหลของลมในระบบอากาศอัด

3.6.3 มาตรการลดความดันผลิตของลมอัดก่อนการนำไปใช้งาน

3.6.4 มาตรการลดอุณหภูมิอากาศทางด้านเข้าของเครื่องอัดอากาศ

3.6.5 มาตรการลดปริมาณลมอัดในการทำความสะอาด

3.6.6 มาตรการใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดแทนการใช้ลมอัด

3.6.7 มาตรการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ

3.6.8 มาตรการการใช้ลมจาก Blower แทนการใช้อากาศอัด

3.7 ระบบตู้อบ/ฮีตเตอร์ไฟฟ้า

3.7.1 มาตรการปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อลดการสูญเสียความร้อน

3.7.2 มาตรการลดช่วงเวลาการทำงานของฮีตเตอร์

3.7.3 มาตรการปรับปรุงการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ

3.7.4 มาตรการปรับปรุงอุณหภูมิของฮีตเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

3.7.5 มาตรการจัดตารางเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องจักร Heat Treatment

3.7.6 มาตรการหุ้มฉนวนท่อเครื่องฉีดพลาสติก

3.8 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

3.8.1 มาตรการปิดจอคอมพิวเตอร์ในขณะพักกลางวัน

3.8.2 มาตรการการถอดปลั๊กไฟเครื่องทำน้ำเย็นหลังเลิกงาน

3.8.3 มาตรการการใช้ Timer switch สำหรับตู้น้ำเย็น

3.8.4 มาตรการการใช้ Timer switch สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.8.5 มาตรการปรับอุณหภูมิตู้เย็นให้เหมาะสม

3.8.6 มาตรการใช้สวิทช์กุญแจสำหรับตัดการจ่ายไฟตู้เย็นในห้องพัก

3.8.7 มาตรการลดการใช้งานกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า

3.8.8 มาตรการลดการใช้ไฟฟ้าในเครื่องอบผ้าแห้ง

3.8.9 มาตรการการติดตั้งสวิทซ์ปิด-เปิดที่เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

3.1 ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

3.1.1 มาตรการลดการใช้หลอดไฟฟ้า HID บริเวณที่ไม่จำเป็น

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตบรรจุภัณฑ์ประเภทถุงและกระสอบพลาสติก จากการสำรวจสภาพสภาพแวดล้อมภายในโรงงานแล้ว พบว่า ในระบบแสงสว่างมีการติดตั้งใช้งานหลอดปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury Lamp) ขนาด 400 วัตต์ จำนวนรวม 4 โคม เนื่องจากโครงสร้างหลังคาของโรงงานจะมีระยะความสูงมาก จำเป็นต้องใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่างที่มีกำลังส่องสว่างสูงในการให้ความสว่างในช่วงเวลาทำงานกลางคืน ตลอดจนมีช่องระบายอากาศที่โปร่งแสงบริเวณชายคา ทำให้บริเวณดังกล่าวนี้จะมีแสงสว่างจากภายนอกให้ความสว่างได้อย่างเพียงพอในช่วงเวลากลางวัน



รูปแสดงลักษณะการติดตั้งหลอดแสงสว่างที่ฝ้าเพดานโรงงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การตรวจสอบสภาพการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในโรงงาน พบว่า ในพื้นที่บางบริเวณมีการใช้แสงสว่างเกินความจำเป็นโดยในช่วงเวลากลางวันมักจะมีการละเลยเปิดไฟฟ้าแสงสว่างบนฝ้าเพดานอย่างต่อเนื่องจากช่วงเวลากลางคืนทิ้งไว้ตลอดเวลา แม้ในช่วงเวลาที่ไม่มีการปฏิบัติงาน ซึ่งในบริเวณดังกล่าวนี้ได้รับแสงสว่างจากภายนอกอย่างเพียงพออยู่แล้ว สาเหตุมาจากการไม่มีผู้รับผิดชอบและไม่คำนึงถึงความสิ้นเปลืองที่เกิดขึ้น ส่งผลทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปโดยเปล่าประโยชน์



รูปสภาพการเปิดไฟฟ้าแสงสว่างของโรงงานทิ้งไว้ก่อนการปรับปรุง

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

กำหนดผู้รับผิดชอบในการเปิดและปิดไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณดังกล่าว ตลอดจนชี้แจงให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่นั้นได้รับทราบถึงความสูญเสียที่เกิดขึ้นจากกรณีดังกล่าว ซึ่งพนักงานในพื้นที่หรือบริเวณใกล้เคียงจำเป็นต้องช่วยกันดูแล และสามารถมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงานได้

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) การเดินสำรวจสภาพพื้นที่ซึ่งมีการเปิดไฟแสงสว่างทิ้งไว้โดยไม่จำเป็น
2) การระดมสมอง เพื่อกำหนดมาตรการและวิธีการในการปรับปรุงว่าจะดำเนินการ ถอด ย้าย หรือกำหนดผู้รับผิดชอบดูแลการเปิด-ปิดไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์อื่น ๆ
3) จัดทำข้อเสนอแนะนำเสนอต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติ
4) ดำเนินการชี้แจงให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่นั้นเปิด-ปิดสวิตช์ไฟ ช่วงเวลากลางวันและกลางคืน และบริเวณที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงสว่างมากนัก
5) ติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานกำหนดผู้รับผิดชอบในการดูแลการปิดหลอดแสงสว่างดังกล่าว ได้แก่ หลอดไอปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury Lamp) ขนาด 400 วัตต์ จำนวนรวม 2 โคม ในช่วงเวลากลางวันตั้งแต่เวลา 8.00 -17.00 น. โดยให้เปิดเฉพาะในวันที่มืดครึ้มหรือมีฝนตก การดำเนินการดังกล่าวสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 2,052.65 kWh/ปี หรือคิดเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย 8,231.13 บาท/ปี



รูปแสดงการปิดไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลากลางวันหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางขยายผล

จัดให้มีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน ด้านแสงสว่าง รวมถึงการมีส่วนร่วมในการปิดอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานอื่น ๆ เมื่อไม่มีความจำเป็นในการใช้งาน

การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

หลอดปรอทความดันสูงขนาด	=	400	วัตต์
การสูญเสียในบัลลาสต์ชนิดธรรมดา	=	28	วัตต์
จำนวนหลอดที่ใช้	=	2	หลอด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	[((400 + 28.0) x 2)/1,000]	
	=	0.86 kW	
ชั่วโมงการปิดใช้งานในช่วงเวลา	=	9	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	312	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	=	85.00	%
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(0.86 x 9.0 x 312 x 0.85)	
	=	2,052.65	kWh/ปี
อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	=	4.01	บาท/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(2,052.65 x 4.01)	
	=	8,231.13	บาท/ปี
คิดเป็นพลังงานเทียบเท่า	=	(2,052.65 x 3.60)	
	=	7,389.54	MJ/ปี
	=	0.175	toe/ปี

การลงทุน

ไม่มีการลงทุนเนื่องจากโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

3.1.2 มาตรการติดตั้งสวิตซ์กระตุกกับโคมไฟฟ้า

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

ภายในอาคารสำนักงานมีการใช้ไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยการติดตั้งโคมไฟฟ้าประเภทหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 3 × 36 W แบบฝังฝ้าเพดานพร้อมติดแผ่นสะท้อนและฝาครอบ โดยมีระยะเวลาในการปฏิบัติงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมง/วัน และ 312 วัน/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจสภาพการใช้งาน พบว่า โคมไฟฟ้าแสงสว่างจำนวนรวม 60 โคม โดยส่วนใหญ่การออกแบบติดตั้งโคมมักจะใช้สวิทช์เปิด-ปิดรวมกันไว้เป็นกลุ่มโดยแบ่งตามพื้นที่ห้องเท่านั้น ทำให้เมื่อมีการปฏิบัติงานจำเป็นต้องเปิดไฟฟ้าแสงสว่างขึ้นทั้งกลุ่มโคม โดยแม้จะมีความต้องการในการใช้แสงสว่างเพื่อทำงานในเฉพาะไม่สามารถปิดโคมแสงสว่างในพื้นที่แต่ละส่วนทำงานหรือเฉพาะโต๊ะของพนักงานได้ ทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าไปโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงการเปิดใช้โคมแสงสว่างโดยใช้สวิทช์เดียวก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

หากมีการติดตั้งสวิตช์กระตุกที่โคมไฟฟ้าแสงสว่างแต่ละโคม จะทำให้พนักงานซึ่งปฏิบัติงานที่โต๊ะงานแต่ละคนสามารถเปิดและปิดโคมเฉพาะจุดใช้งานของตนเองได้สะดวกโดยไม่รบกวนการปฏิบัติงานของผู้อื่น ซึ่งบริษัทฯ จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างลงได้

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งสวิตช์กระตุกกับโคมไฟฟ้าแสงสว่างแต่ละโคม จำนวน 60 โคม และจัดทำป้ายรณรงค์เพื่อกระตุ้นเตือนใจให้พนักงานมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงานของบริษัทฯ มีเงินลงทุนประมาณ 2,100 บาท สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 8,266.75 kWh/ปี เทียบเท่ากับ 0.704 toe/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 30,918 บาท/ปี มีระระยะเวลาคืนทุน 0.07 ปี



รูปแสดงการติดตั้งสวิทช์กระตุกและป้ายรณรงค์หลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการสำรวจและติดตั้งสวิตช์กระตุกเพิ่มเติมกับโคมแสสว่างในพื้นที่อื่นเพิ่มเติม เพื่อการประหยัดพลังงานได้มากขึ้น

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จำนวนโคมที่ติดตั้งสวิตช์กระตุกเท่ากับ 60 โคม ตีละโคมประกอบด้วยฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 Watt จำนวน 3 หลอดต่อโคม เปอร์เซ็นต์ของการปิดหลอด 40%

อัตราค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.74	บาท/kWh
ชั่วโมงการทำงาน	=	8	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันในการทำงานทั้งหมด	=	312	วัน/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	จำนวนโคม × จำนวนวัตต์ที่ประหยัด × ชั่วโมงการทำงานต่อปี × %การปิด	
	=	$\{[60 \times 3 \times (36+10)] \times 10^{-3}\} \times 8 \times 312 \times 0.4$	
	=	8,266.75	kWh/ปี
คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบเทียบเท่า	=	8,266.75 × 85.21/1,000,000	
	=	0.704	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	=	พลังงานไฟฟ้า × ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	
	=	8,266.75 × 3.74	
	=	30,918	บาท/ปี
เงินลงทุนสวิตช์รวม	=	60 ตัว × 35 บาท/ตัว	
	=	2,100	บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 2,100 / 30,918
= 0.07 ปี

3.1.3 มาตรการแยกวงจรไฟฟ้าควบคุมแสงสว่าง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

อาคารส่วนสำนักงาน มีการติดตั้งโคมแสงสว่างโดยใช้หลอด Fluorescent ขนาด 36 watt จำนวน 3 หลอดต่อโคม ชนิดฝังฝ้าเพดาน เปิดใช้งาน 8 ชั่วโมงต่อวันในพื้นที่ส่วนสำนักงาน และ 12 ชั่วโมงต่อวันในพื้นที่ห้องทดสอบ เฉลี่ยทำงาน 297 วันต่อปี



รูปแสดงการติดตั้งโคมไฟฟ้าแสงสว่างของพื้นที่สำนักงานก่อนปรับปรุง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจระบบแสงสว่างบริเวณสำนักงานและห้องปฏิบัติการทดสอบ พบว่า การติดตั้งสวิตซ์ควบคุมโคมแสงสว่าง จะออกแบบให้สวิตซ์เพียง 1 ตัว สามารถเปิด-ปิดโคมแสงสว่างได้ใจจำนวนรวมกันหลายโคม ตลอดจนลักษณะการกั้นพื้นที่ห้องโดยใช้แบ่ง partition ในภายหลังนั้นเป็นสาเหตุทำให้ตำแหน่งของโคมแสงสว่างไม่สัมพันธ์กับการใช้งาน โดยบางพื้นที่เมื่อไม่มีคนทำงานหรือเป็นพื้นที่ใกล้บานหน้าต่างและได้รับแสงสว่างจากจากธรรมชาติอย่างเพียงพอแล้ว ไม่สามารถปิดโคมไฟได้เนื่องจากใช้สวิตซ์ร่วมกันกับพื้นที่ซึ่งจำเป็นต้องเปิดใช้โคมแสงสว่าง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

แนวทางปรับปรุงแก้ไขเพื่อการอนุรักษ์พลังงานสามารถทำได้โดยการแยกสวิตซ์ควบคุมโคมไฟฟ้าแสงสว่างที่ใช้สวิตซ์ร่วมกันอยู่เดิมจาก 10 วงจร เป็น 20 วงจร ซึ่งจะสามารถเปิดไฟฟ้าแสง

สว่างใช้งานเฉพาะจุดที่ปฏิบัติงาน และปิดในบริเวณที่ไม่มีคนอยู่ได้ โดยจะสามารถลดการใช้งานของโคมไฟได้เฉลี่ย 60% เมื่อเทียบกับสภาพการติดตั้งเดิมก่อนปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การปรับปรุงได้กำหนดให้ทำการแยกวงจรควบคุมไฟฟ้าแสงสว่างเดิมจาก 10 วงจร เป็น 20 วงจร



รูปแสดงวงจรแสงสว่างและการแยกสวิตซ์ไฟแสงสว่างหลังปรับปรุง

เงินลงทุน	**4,500**	**บาท**			
ผลประหยัดที่ได้	**8,656.24**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.74**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**38,953**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**0.12**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ในบริเวณพื้นที่ซึ่งอยู่ใกล้กับผนังที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ ควรปิดหลอดแสงสว่างและเปิดม่านเพื่อรับแสงสว่างจากธรรมชาติ กรณีเป็นพื้นที่ปรับอากาศ ต้องระมัดระวังมิให้แสงแดดส่องเข้ามาในพื้นที่โดยตรง เนื่องจากจะเป็นภาระทางความร้อนเพิ่มขึ้นในระบบปรับอากาศได้

การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

พิกัดของหลอดฟลูออเรสเซนต์	= 3 × 36	Watt/โคม
จำนวนโคมทั้งสิ้น	= 44	โคม
เวลาทำงาน	= 12	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	= 297	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	= 100	%

ก่อนปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าของหลอดฟลูออเรสเซนต์+บัลลาสต์

	= 36 +10 = 46	Watt
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	= (3× 46×44×12×297)/1,000	
	= 21,640.61	kWh/ปี

หลังปรับปรุง

ปรับปรุงโดยการแยกสวิตซ์และเปิดใช้งานเฉพาะจุด 60%

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	= [(3× 46×44×12×297)/1,000] × 0.6	
	= 12,984.36	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	= 21,640.61 - 12,984.36	kWh/ปี
	= 8,656.24	kWh/ปี
คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบได้	= 8,656.24× 85.21/1,000,000,000	
	= 0.74	toe/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	= 4.5	บาท/kWh
คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	= 8,656.24 × 4.5	
	= 38,953	บาท/ปี

เงินลงทุน

สำหรับการแยกสวิตซ์ควบคุมหลอดไฟ	= 4,500	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	= 4,500 / 38,953	
	= 0.12	ปี

3.1.4 มาตรการปรับปรุงแผ่นใสหลังคาเพื่อใช้แสงธรรมชาติ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตภัณฑ์ด้านการเกษตร ผลิตข้าวโพดหวาน และน้ำมะเขือเทศ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักในส่วนของระบบ Evaporator มอเตอร์เครื่องจักร ไฟฟ้าแสงสว่างและอุปกรณ์สำนักงาน ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 250 kVA มีระดับแรงดันไฟฟ้าที่ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board: MDB) เท่ากับ 391 V มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor) เฉลี่ย 0.82 มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 274,007.20 kWh/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้า 1,032,158.72 บาท/ปี มีอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.77 บาท/หน่วย

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

บริเวณอาคารเก็บสินค้า มีการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างจากหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 W ติดตั้งบนโคมไฟแบบเปลือยจำนวน 18 โคม จากเดิมติดตั้งหลอดไฟโคมละ 2 หลอด แต่ได้ถอดหลอดไฟออกเหลือโคมละ 1 หลอด ส่วนของหลังคาได้มีการติดตั้งช่องแสงในบางส่วน ช่องแสงบางช่องมีลักษณะเก่าและสกปรกทำให้แสงสว่างที่ได้จากช่องแสงลดลง ทำให้การทำงานในบางวันที่แสงสว่างไม่เพียงพอจึงจำเป็นต้องเปิดไฟช่วยในช่วงเวลากลางวัน



รูปแสดงช่องแสงที่มีลักษณะเก่า ไม่สว่าง ก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

เปลี่ยนช่องแสงที่หลังคาจากเดิมซึ่งเก่าและสกปรก เป็นแผ่นใหม่ที่ให้แสงสว่างธรรมชาติส่องผ่านได้ดีขึ้น รวมทั้งติดตั้งช่องแสงเพิ่มเติมในบางบริเวณที่เหมาะสม ซึ่งจะทำให้ได้รับแสงสว่างจากธรรมชาติเพิ่มขึ้น และสามารถลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในช่วงเวลากลางวันลงได้

จากการปรึกษาหารือดังกล่าวสรุปได้ว่าทางโรงงานจะติดตั้งช่องแสงที่หลังคา เพื่อลดการใช้ไฟฟ้าแสงสว่าง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยวัดค่าความสว่างบริเวณทำงาน และกำลังไฟฟ้าใช้งานของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

2) สำรวจข้อมูลด้านราคา โดยสอบถามชนิดและราคาของกระเบื้องช่องแสงหลังคา พร้อมทั้งระยะเวลาในการสั่งซื้อ

3) จัดทำแผนการปรับปรุง โดยวางแผนงานในการเปลี่ยนช่องแสงที่หลังคา ในช่วงวันหยุดเพื่อให้กระทบการทำงานน้อยที่สุด

4) วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำข้อมูลทั้งหมดและแผนงานดังกล่าวมาวิเคราะห์นำเสนอผู้บริหารพิจารณา

5) ดำเนินการตามมาตรการ โดยการสั่งซื้อกระเบื้องช่องแสงหลังคา และอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ และทำการเปลี่ยนช่องแสงหลังคา โดยใช้ช่างที่อยู่ในสถานประกอบการเป็นผู้ดำเนินการ

6) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง และรายงานผลต่อผู้บริหาร



รูปแสดงการเปลี่ยนช่องแสงที่หลังคาใหม่ หลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงแก้ไขดังกล่าวทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้

เงินลงทุน	3,000.00	บาท			
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	430.56	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า	0.037	toe/ปี
ประหยัดเงินได้	1,623.21	บาท/ปี	ระยะเวลาคืนทุน	1.848	ปี

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ในบริเวณพื้นที่ซึ่งอยู่ใกล้กับผนังที่สามารถใช้แสงธรรมชาติได้ ควรปิดหลอดแสงสว่างและเปิดม่านเพื่อรับแสงสว่างจากธรรมชาติ กรณีเป็นพื้นที่ปรับอากาศ ต้องระมัดระวังมิให้แสงแดดส่องเข้ามาในพื้นที่โดยตรง เนื่องจากจะเป็นภาระทางความร้อนเพิ่มขึ้นในระบบปรับอากาศได้

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

ข้อมูลเบื้องต้น

จำนวนหลอดไฟ	=	18	หลอด
กำลังไฟฟ้าใช้งานของหลอด	=	36	W

กำลังไฟฟ้าสูญเสียของบัลลาสต์	=	10	W
รวมกำลังไฟฟ้า	=	46	W
จำนวนชั่วโมงใช้งาน	=	10	ชม./วัน
จำนวนวันทำงาน	=	312	วัน/ปี
สัดส่วนการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในเวลากลางวัน		50 %	

ผลการประหยัดพลังงานจากการเพิ่มช่องแสงหลังคา

ก่อนการปรับปรุง

กำลังไฟฟ้าใช้งาน = 18 หลอด x 46 W/หลอด = 0.828 kW

หลังปรับปรุง

ลดการใช้หลอดไฟลงได้ เท่ากับ	=	6 หลอด
กำลังไฟฟ้าใช้งาน	=	(18 หลอด - 6 หลอด) x 46 W/หลอด
	=	0.552 kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(0.828 kW – 0.552 kW) x 10 ชั่วโมง/วัน x 312 วัน/ปี x 0.5
	=	430.56 kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	430.56 kWh/ปี x 3.77 บาท/kWh
	=	1,623.21 บาท/ปี
คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้	=	430.56 kWh/ปี x 3.6 MJ/kWh
	=	1,550.02 MJ/ปี
คิดเป็น toe	=	(430.56 kWh/ปี) / (11,740 kWh/toe)
	=	0.037 toe/ปี

การลงทุน

เงินลงทุนในการเปลี่ยนและเพิ่มช่องแสงหลังคา 20 แผ่น ราคา 150 บาท/แผ่น

	=	3,000.00 บาท
สามารถประหยัดเงินได้	=	1,623.21 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	(3,000.00 บาท) / (1,623.21 บาท/ปี)
	=	1.848 ปี

3.1.5 มาตรการเปลี่ยนชนิดของหลอดไฟแสงสว่างในห้องเย็น

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมห้องเย็น ลักษณะกระบวนการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ประเภทการแช่แข็งและแปรรูปอาหารทะเลตากแห้งประเภท ปู กุ้ง ปลาต่างๆ และผลิตภัณฑ์อาหารทะเลแปรรูป สำหรับระบบการใช้พลังงานแสงสว่างในห้องเย็นของโรงงาน พบว่า พื้นที่ของโรงงานบางส่วนมีการใช้หลอดไส้ (Incan descent lamp) ขนาด 60 วัตต์ ซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำติดตั้งอยู่ภายในห้องเย็นที่เปิดใช้งานตลอดเวลา



รูปแสดงการติดตั้งใช้งานหลอดไส้ (Incandescent lamp) ในพื้นที่ห้องเย็น

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในโรงงาน พบว่ามีการติดตั้งใช้งานหลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 60 วัตต์ จำนวนรวม 30 หลอด บริเวณฝ้าเพดานและผนังของห้องเย็น ซึ่งคุณสมบัติของหลอดดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพต่ำตลอดจนมีคุณสมบัติทางความร้อนสูง โดยมีการเปิดใช้งานตลอดระยะเวลาทำงาน ดังนั้น เหากดำเนินการปรับปรุงระบบแสงสว่างในพื้นที่ห้องเย็นดังกล่าวไปใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W ซึ่งให้ปริมาณความสว่างเทียบเท่ากันจะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการสำรวจลักษณะการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในโรงงานแล้ว ทางทีมงานอนุรักษ์พลังงานมีความคิดเห็นร่วมกันว่าจะทำการปลดหลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 60 W ออก โดยเปลี่ยนเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W เพื่อทดแทน และจากนั้นดำเนินการกำหนดผู้รับผิดชอบในการจัดซื้อ และเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า

ขั้นตอนการดำเนินงาน

1) เดินสำรวจสภาพปัจจุบันว่ามีบริเวณจุดใดที่เปิดไฟทิ้งไว้โดยไม่จำเป็น

2) ระดมสมอง เพื่อหามาตรการในการปรับปรุง ว่าจะถอด ย้าย หรือดับไฟจุดใดบ้างในช่วงเวลากลางวัน และลดอย่างไรในช่วงเวลากลางคืน

3) จัดทำข้อเสนอแนะ นำเสนอต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติ

4) ชี้แจงให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่ ทำการเปิด-ปิดสวิตช์ไฟช่วงเวลากลางวันและกลางคืน และบริเวณที่ไม่จำเป็นต้องใช้แสงสว่างมากนัก

5) ติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน. และนำเสนอผลการดำเนินงานต่อผู้บริหารรับทราบและหาแนวทางการปรับปรุงอุปกรณ์อื่นๆ ต่อไป



รูปแสดงการเปลี่ยนไปใช้หลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ในพื้นที่ห้องเย็น

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากมีการดำเนินงานเปลี่ยนหลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 60 W ออกโดยเปลี่ยนเป็นหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W

เงินลงทุน	**5,400.00**	**บาท**			
ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้	**8,278.20**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.705**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินประหยัดได้	**25,910.77**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**0.21**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

จากการดำเนินการดังกล่าว ทางทีมงานควรสำรวจพื้นที่อื่นๆ และตรวจสอบค่าความส่องสว่าง หลังการปรับปรุง และตรวจวัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้งานหลังปรับปรุง และวิเคราะห์ผลที่ประหยัดได้จริงอีกครั้ง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ก่อนการปรับปรุง

จำนวนหลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 60 W		= 30.0	หลอด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้	= (60 x 30)/1,000	= 1.80	kW

หลังการปรับปรุง

จำนวนหลอดคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W		= 30.00	หลอด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุง		= (18.0 x 30)/1,000	
		= 0.54	kW
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= (1.80 – 0.54)	= 1.26	kW
ชั่วโมงการเปิดใช้งานเฉลี่ย		= 24	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน		= 365	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน		= 75	%
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย		= 3.13	บาท/kWh
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้		= (1.26 x 24 x 365 x 75.0/100)	
		= 8,278.20	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้		= (8,278.20 x 3.13)	
		= 25,910.77	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน		= (8,278.20 x 3.60)	
		= 29,801.52	MJ/ปี
		= 0.705	toe/ปี

การลงทุน

ราคาคอมแพคฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 W		= 180	บาท/โคม
จำนวนหลอด		= 30	โคม
รวมเป็นเงิน		= 5,400.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน		= (5,400.00 / 25,910.77)	
		= 0.21	ปี

3.1.6 มาตรการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ประหยัดพลังงาน (T5)

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตภัณฑ์สิ่งทอ ประกอบธุรกิจการผลิตเสื้อสำเร็จรูปและสิ่งทอ โดยภายในพื้นที่ปฏิบัติงาน มีการติดตั้งโคมไฟฟ้าสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์เป็นจำนวนมาก เพื่อให้แสงสว่างที่

เพียงพอต่อพื้นที่การทำงานในกระบวนการผลิตและพื้นที่ส่วนสำนักงาน ซึ่งการตรวจสอบปริมาณความสว่างมีค่าเฉลี่ย 686 ลักซ์ สำหรับชนิดของโคมไฟที่ใช้โดยทั่วไป เป็นแบบโคมเดี่ยว โคมคู่ และโคม 3:1




รูปแสดงลักษณะการใช้โคมแสงสว่างภายในพื้นที่ทำงานก่อนปรับปรุง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากสภาพการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ ชนิด T8 ขนาด 36 วัตต์ ที่มีค่าความสว่างวัดค่าได้เฉลี่ยเพียง 409 ลักซ์ (สำหรับหลอดที่ใช้งานแล้วมากกว่า 6 เดือน) ซึ่งมีจำนวนรวม 2,630 หลอด ทำให้เสียค่าใช้จ่ายของพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่างจำนวนมาก หากทางโรงงานเลือกใช้หลอดที่มีประสิทธิภาพสูงกว่าในการช่วยประหยัดพลังงาน จะทำให้สามารถประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่างได้

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

สำรวจพื้นที่ที่มีการใช้งานระบบไฟฟ้าแสงสว่าง 10 ชั่วโมงต่อวัน (บริษัทฯ ทำงาน 8.00 – 20.00 น. หรือเมื่อหักช่วงเวลาพักแล้วเหลือการทำงาน 10 ชั่วโมงต่อวัน) เพื่อเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ T8 พร้อมบัลลาสต์ ซึ่งใช้กำลังไฟฟ้ารวม 46 วัตต์ เป็นหลอด T5 ซึ่งใช้ร่วมกับชุดบัลลาสต์อีเล็กทรอนิกส์ รวมกำลังไฟฟ้า 29 วัตต์ ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้ถึง 17 วัตต์-ชั่วโมง โดยในเบื้องต้นทางบริษัทฯ ดำเนินการเปลี่ยนหลอด T8 เป็นหลอด T5 จำนวน 500 หลอด สำหรับการดำเนินการมาตรการนี้ ทางทีมงานอนุรักษ์พลังงานของบริษัทฯ ได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1) สำรวจเก็บข้อมูลสภาพการใช้งานปัจจุบัน
2) ทีมงานร่วมกันหาวิธีการปรับปรุง
3) จัดทำแผนปฏิบัติและนำเสนอแผนต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติ
4) ดำเนินการตามแผนปฏิบัติ
5) ติดตามและประเมินผลโดยทีมงานอนุรักษ์พลังงานที่ได้แต่งตั้ง
6) รายงานผลต่อผู้บริหาร

สภาพหลังปรับปรุง

จากการตรวจวัดความสว่างของหลอด T8 เปรียบเทียบกับหลอด T5 พบว่า หลอด T5 มีค่าความสว่าง 418 ลักซ์ ซึ่งมีค่าความสว่างที่ไม่แตกต่างกันจากหลอด T8 เดิมที่ทางบริษัทฯ ใช้งานอยู่ ดังนั้น หลอด T5 จึงสามารถใช้ทดแทนกันได้ ทำให้บริษัทฯ สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าของหลอดไฟและบัลลาสต์ได้ โดยไม่กระทบต่อความสว่างของพื้นที่ที่มีการทำงาน

เงินลงทุน	**144,450**	**บาท**			
ผลประหยัดที่ได้	**25,840**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**2.20**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**82,946.40**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**1.74**	**ปี**



รูปแสดงเปลี่ยนหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 และการวัดค่าความสว่าง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ข้อมูลทั่วไป

กำลังไฟฟ้าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T8	36	W/หลอด
การสูญเสียในบัลลาสต์ของหลอดฟลูออเรสเซนต์	10	W/ตัว
กำลังไฟฟ้าหลอดฟลูออเรสเซนต์ T5 รวมบัลลาสต์	29	W/หลอด
จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เปลี่ยน	500	หลอด
ชั่วโมงการทำงาน	10	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	304	วัน/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการใช้หลอด T8

= (จำนวนหลอด x กำลังไฟฟ้า x เวลาการทำงาน) / 1,000

= [500 x (36 + 10) x 10 x 304] / 1,000

= 69,920.00 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่เกิดขึ้นจากการใช้หลอด T5

= (จำนวนหลอด x กำลังไฟฟ้า x เวลาการทำงาน) / 1,000

= [500 x 29 x 10 x 304] / 1,000

= 44,080.00 kWh/ปี

ผลประหยัด

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้า $_{(ก่อนปรับปรุง)}$ - พลังงานไฟฟ้า $_{(หลังปรับปรุง)}$

= 69,920.00 – 44,080.00

= 25,840.00 kWh/ปี

หรือคิดเป็น = 25,840.00 / (11.74 x 10^3)

= 2.20 toe/ปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย = 3.21 บาท/kWh

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 25,840.00 x 3.21

= 82,946.40 บาท/ปี

การลงทุน

ราคาหลอด T5 จำนวน 500 หลอด พร้อมติดตั้ง = 500 x 270 x 1.07

= 144,450 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / จำนวนเงินที่ประหยัดได้

= 144,450.00 / 82,946.40

= 1.74 ปี

3.1.7 มาตรการเปลี่ยนหลอดไส้ (Incandescent) เป็นหลอดตะเกียบ (CFL)

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

อาคารมีการติดตั้งใช้งานหลอดไฟฟ้าแบบหลอดไส้ (Incandescent) ขนาด 60 W จำนวนรวม 10 หลอด ชนิดโคมแบบฝังฝ้าเพดานเพื่อให้แสงสว่างบริเวณโถงด้านหน้าของสำนักงาน โดยมีการเปิดใช้งานตั้งแต่เวลา 8:00 – 17:00 น. รวม 9 ชั่วโมง/วัน และ 303 วัน/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้ระบบแสงสว่าง พบว่า หลอดไส้เป็นหลอดแสงสว่างที่ให้ประสิทธิภาพต่ำโดยจะใช้พลังงานไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น จึงพิจารณาเปลี่ยนไปใช้หลอดไฟฟ้า

แสงสว่างที่มีประสิทธิภาพสูงและใช้พลังงานไฟฟ้าต่ำ โดยในที่นี้พิจารณาใช้หลอดตะเกียบ (Compact fluorescent) ซึ่งมีขนาดที่สามารถติดตั้งกับโคมไฟฟ้าเดิมได้

สภาพก่อนปรับปรุง



รูปแสดงการใช้งานหลอดไส้บริเวณโถงสำนักงานก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1. พิจารณาผลกระทบในการเปลี่ยนหลอดไฟจากหลอดไส้ขนาด 60 W เป็นหลอดตะเกียบ ขนาด 8 W พบว่าไม่มีผลกระทบใด ๆ และระดับแสงสว่างยังคงอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน
2. ดำเนินการจัดซื้อและปรับเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า

สภาพหลังปรับปรุง



รูปแสดงการเปลี่ยนหลอดไส้ไปใช้หลอด CFL บริเวณโถงหน้าพื้นที่สำนักงานหลังการปรับปรุง

เงินลงทุน	**1,200**	**บาท**			
ผลประหยัดที่ได้	**1,418.04**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.12**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**4,765**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**0.25**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.36	บาท/kWh
ระยะเวลาที่เปิดใช้งานหลอด (8:00-17:00)	=	9	ชั่วโมง
จำนวนวันทำงานต่อปี	=	303	วัน
กำลังงานของหลอดไฟเดิม (หลอดแบบไส้ 60 W)	=	60	W
จำนวนหลอด	=	10	ดวง
กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดเดิม	=	60 x 10	W
	=	600	W
กำลังงานของหลอดไฟและบัลลาสต์ใหม่ (CFL 8 W)	=	8	W
จำนวนหลอด	=	10	หลอด
กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	8 x 10	W
	=	80	W
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (kWh/ปี)	=	(600 - 80) x 303 x 9 /1000	
	=	1,418.04	kWh/ปี
เทียบเท่า	=	0.00012	ktoe/ปี
หรือ	=	5,105	MJ/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงคำนวณจากค่าไฟฟ้าเฉลี่ย (บาท/ปี)	=	1,418.04 x 3.36	บาท / ปี
	=	4,765	บาท / ปี
ราคาหลอด CFL	=	120	บาท/หลอด
เงินลงทุน	=	10 x 120	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.25	ปี
	=	1,200	บาท

3.1.8 มาตรการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์แทนหลอด HID

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานติดตั้งหลอดแสงจันทร์ (HID) ขนาด 400 W จำนวน 35 หลอด ภายในบริเวณโรงงาน โดยมีการเปิดใช้งานประมาณ 40% หรือ 14 หลอด ตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. เป็นเวลา 12 ชม./วัน และมีหลอดแสงจันทร์ ขนาด 200 W จำนวน 21 หลอด สำหรับเป็นไฟส่องสว่างรอบบริเวณโรงงาน ซึ่งในช่วงเวลากลางคืน จะมีการเปิดใช้งาน ตั้งแต่เวลา 18.00-06.00 น. เป็นเวลา 12 ชม./วัน เปิดใช้งาน 300 วัน/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

พบว่า หลอดแสงจันทร์ใช้กำลังไฟฟ้ามากเกินความจำเป็นเมื่อเทียบกับความต้องการใช้แสงสว่างในการทำงานจริง เป็นผลให้เกิดความสูญเปล่าด้านพลังงาน



รูปแสดงการติดตั้งหลอดแสงจันทร์บริเวณเพดานก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การที่โครงสร้างเพดานของโรงงานมีระยะความสูงมาก ในเบื้องต้นจึงมีการติดตั้งหลอดแสงจันทร์ซึ่งให้กำลังส่องสว่างสูงเพื่อให้มีความสว่างอย่างทั่วถึงภายในบริเวณพื้นปฏิบัติงานได้ อย่างไรก็ตาม การใช้หลอดดังกล่าวจะมีประสิทธิภาพต่ำและสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามาก มากสามารถปรับปรุงให้เปลี่ยนไปใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่างชนิดอื่นที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยกว่า และลดระดับความสูงของโคมแสงสว่างลงให้ส่องสว่างเฉพาะพื้นที่ปฏิบัติงานแล้ว จะให้ปริมาณความสว่างเทียบเท่ากับสภาพเดิม และสามารถลดความสูญเสียทางด้านพลังงานลงได้

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งโคมแขวนสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์แทนการใช้หลอดแสงจันทร์ โดยกำหนดการเปลี่ยนจากหลอดแสงจันทร์ขนาด 400 W ให้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 2 หลอด/โคม และเปลี่ยนจากหลอดแสงจันทร์ขนาด 200 W ให้เป็นหลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ จำนวน 1 หลอด/โคม ตลอดจนทำการลดระดับความสูงของโคมแสงสว่างลงให้ส่องสว่างเฉพาะพื้นที่ปฏิบัติมากงานที่สุด โดยพิจารณาให้มีระดับปริมาณความสว่างเทียบเท่าหรือใกล้เคียงกับสภาพเดิม ทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 31,953.60 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 91,387.30 บาท/ปี



รูปแสดงการติดตั้งโคมหลอดฟลูออเรสเซนต์หลังปรับปรุง

เงินลงทุน	**42,000**	**บาท**			
ผลประหยัดที่ได้	**31,953.60**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**2.72**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**91,387.30**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**0.46**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จำนวนหลอดแสงจันทร์ขนาด 400 W	=	14	หลอด
กำลังไฟฟ้าของหลอดแสงจันทร์ (รวมบัลลาสต์)	=	438	วัตต์
จำนวนหลอดแสงจันทร์ขนาด 200 W	=	21	หลอด
กำลังไฟฟ้าของหลอดแสงจันทร์ (รวมบัลลาสต์)	=	238	วัตต์
คิดเป็นกำลังไฟฟ้ารวม	=	11.13	kW
จำนวนหลอดฟลูออเรสเซนต์ที่เปลี่ยน	=	[(14 x 2) + (21 x1)]	
	=	49	หลอด
กำลังไฟฟ้าของหลอด (รวมบัลลาสต์)	=	46	วัตต์
คิดเป็นกำลังไฟฟ้ารวม	=	2.254	kW
คิดเป็นผลประหยัดกำลังไฟฟ้า	=	11.13 – 2.254	
	=	8.876	kW

สามารถลดการใช้งานในช่วง 18:00 – 6:00 น. ได้วันละ 12 ช.ม.

* อัตราค่าไฟฟ้าของโรงงานเฉลี่ย 2.86 บาท/หน่วย และวันทำงาน 300 วัน/ปี

ผลประหยัด (kWh/ปี) = กำลังไฟฟ้า x จำนวนชม.ที่ใช้งาน x จำนวนวันทำงานใน 1 ปี

ดังนั้นประหยัดได้	=	8.876 x 12 x 300	
	=	31,953.6	kWh/ปี
หรือคิดเป็นปริมาณน้ำมันดิบเท่ากับ	=	2.723	toe/ปี
คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	91,387.30	บาท/ปี

การลงทุน

การลงทุนแบบ FL2 x 36 ราคาโคมละ	=	1,500	บาท
จำนวน	=	14	โคม
การลงทุนแบบ FL1 x 36 มีฝาครอบ ราคา	=	1,000	บาท/โคม
จำนวน	=	21	โคม
คิดเป็นเงินลงทุนรวม	=	42,000	บาท
คิดเป็นระยะเวลาในการคืนทุน	=	0.46	ปี

3.1.9 มาตรการติดตั้งสวิตซ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Movement Detector)

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร มีผลิตภัณฑ์หลักคือ อาหารสำเร็จรูปบรรจุในภาชนะปิดและแช่แข็ง โดยกระบวนการผลิตจะเป็นไปในลักษณะการเตรียมวัตถุดิบ ล้างทำความสะอาดวัตถุดิบ ปรุงอาหาร บรรจุภัณฑ์ และอบนึ่ง ซึ่งการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักจะใช้ในระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบอากาศอัด และระบบบำบัดน้ำเสีย เป็นต้น ในส่วนของระบบไฟฟ้าแสงสว่างส่วนใหญ่จะติดตั้งหลอดแสงสว่างประเภทหลอดฟลูออเรสเซนต์ ซึ่งมีการเปิดทิ้งไว้ตลอดเวลาแม้ในพื้นที่ซึ่งมีการใช้งานเพียงชั่วขณะเป็นครั้งคราวเท่านั้น เช่น บริเวณทางเดิน และห้องน้ำ เป็นต้น



รูปแสดงการเปิดโคมไฟฟ้าแสงสว่างในพื้นที่ก่อนการปรับปรุง

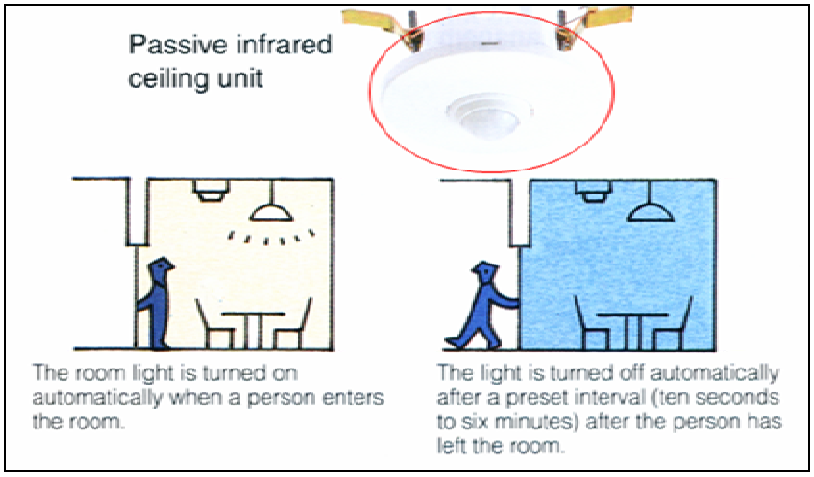
ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

โรงงานได้พยายามดำเนินมาตรการลดการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้าแสงสว่างไม่ว่าจะเป็นมาตรการรณรงค์ให้พนักงานหรือผู้ใช้พลังงานช่วยกันประหยัดพลังงาน โดยการปิดไฟฟ้าแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ที่ไม่มีการปฏิบัติงาน รวมถึงการติดตั้ง Pull Down Switch เพื่อแยกควบคุมการเปิดหลอดไฟฟ้าไปแล้ว อย่างไรก็ตามก็ยังปรากฏว่าในหลายพื้นที่ก็มีการละเลย อาทิ เช่น บริเวณห้องน้ำชาย – หญิง สาเหตุอาจเนื่องมาจากการขาดวินัย รวมถึงความเคยชินในอดีตที่เคยปฏิบัติมาในช่วงเวลาก่อนหน้านี้ ทำให้โรงงานยังมาสามารถบรรลุผลสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงานในขั้นที่น่าพอใจได้

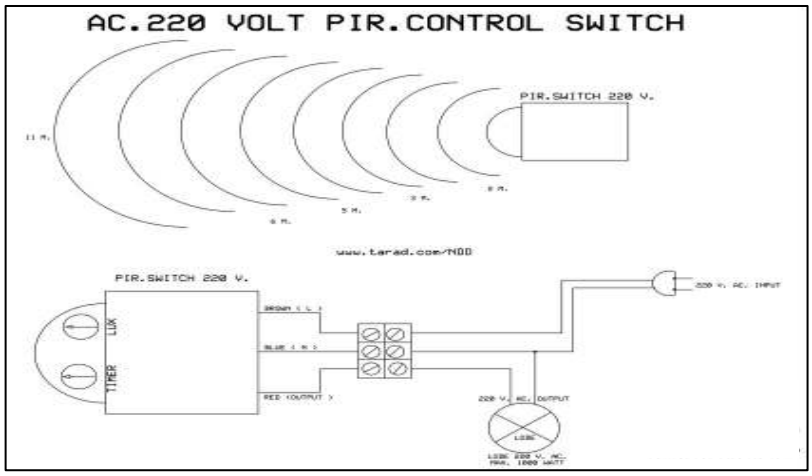
แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

เพื่อเป้าหมายของการอนุรักษ์พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด โรงงานจึงพยายามนำเทคโนโลยีเข้ามาเสริมให้สามารถควบคุมการเปิด-ปิด โคมไฟฟ้าแบบอัตโนมัติ มาประยุกต์ใช้งานเพื่อให้สามารถจะได้ลดการใช้พลังงานสูงสุดและมีความยั่งยืน จุงพิจารณาติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวเพื่อควบคุมการเปิด-ปิดโคมไฟฟ้าแสงสว่าง ในพื้นที่ซึ่งมีการใช้งานเพียงชั่วขณะเป็นครั้งคราวเท่านั้น เช่น บริเวณทางเดิน และห้องน้ำ เป็นต้น ซึ่งในเบื้องต้นหน่วยงานได้เริ่มทำการติดตั้งเพื่อควบคุมการเปิดหลอดไฟฟ้าในห้องน้ำ ซึ่งเดิมมีการเปิดไว้ตลอดเวลา

สำหรับบริเวณห้องน้ำ จะมีการติดตั้งสวิตซ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวมีการติดตั้งหลอดไฟฟ้าขนาด 36 วัตต์ รวมทั้งสิ้น 6 ชุด โดยสามารถต่อร่วมกับสวิตซ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวได้ 2 ชุด ๆ ละ 3 หลอด ซึ่งหลังจากดำเนินการดังกล่าวแล้ว โรงงานสามารถแก้ไขปัญหาการเปิดไฟฟ้าแสงสว่างทิ้งไว้ตลอดเวลาซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ



รูปแสดงลักษณะการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมและตรวจจับการเคลื่อนไหว



รูปแสดงหลักการทำงานของระบบอุปกรณ์ควบคุมและตรวจจับการเคลื่อนไหว

สภาพหลังปรับปรุง

เมื่อดำเนินการปรับปรุงตามแนวคิดดังกล่าวแล้วนั้น โรงงานสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่างลงได้ โดยที่ไม่ส่งผลกระทบต่อผู้ใช้งานแต่อย่างใด ซึ่งสามารถแสดงรูปหลังจากการติดตั้งได้ดังต่อไปนี้



หลอดไฟติดขณะที่อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวได้



หลอดไฟดับขณะที่ไม่มีการคลื่อนไหว

รูปแสดงการทำงานของติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหว (Movement Detector)

เงินลงทุน	**1,100.00**	**บาท**			
พลังงานที่ประหยัดได้	**453.74**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.039**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินประหยัดได้	**1,638.00**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**0.67**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

การติดตั้งอุปกรณ์สวิตซ์ตรวจจับควบคุมการเคลื่อนไหว สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของโคมไฟฟ้าแต่ละกลุ่มลงได้ ซึ่งหากภายหลังหน่วยงานอื่นในโรงงาน เห็นควรว่าสามารถติดตั้งสวิตซ์ควบคุมการใช้ไฟฟ้าในบริเวณอื่นอีกได้ก็ควรจะพิจารณาติดตั้งเพิ่มเติม อีกทั้งการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมแบบอัตโนมัตินี้ยังสามารถสร้างภาพลักษณ์ขององค์กรที่ใช้อุปกรณ์ควบคุมที่ทันสมัย และสามารถประหยัดพลังงานได้อย่างยั่งยืน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

หลังการติดตั้งอุปกรณ์สวิตซ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวภายในห้องน้ำ ทำให้พื้นที่ดังกล่าวสามารถลดจำนวนเปิดหลอดไฟฟ้าลงได้เฉลี่ยจาก 70 เหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ เปรียบเทียบชั่วโมงการเปิดใช้งานเดิม สามารถแสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังต่อไปนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้รวม = $\sum$(ขนาดหลอด + วัตต์บัลลาสต์) x จำนวนหลอด x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี x เปอร์เซ็นต์การเปิด

ดังนั้น

พลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง = [(36 + 10) / 1,000 x 6 x 12 x 274 x 0.70]
= 635.24 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าหลังปรับปรุง = [(36 + 10) / 1,000 x 6 x 12 x 274 x 0.20]
= 181.50 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 635.24 - 181.50
= 453.74 kWh/ปี

เทียบเท่า = 453.74 x 85.21 x 10^{-6}
= 0.039 toe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง x ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย
= 453.74 x 3.61
= 1,638.00 บาท/ปี

เงินลงทุน = ราคาต่อชุด x จำนวนชุด
= 550.00 x 2
= 1,100.00 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / เงินที่ประหยัดได้
= 1,100.00 / 1,638.00
= 0.67 ปี

3.2 ระบบปรับอากาศ

3.2.1 มาตรการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ

โรงงานผลิตเลนส์แว่นตา มีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) ในส่วนของพื้นที่สำนักงานและส่วนการผลิต โดยทำงานวันละ 8 ชั่วโมง 45 นาทีต่อวัน และ 300 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจระบบการใช้เครื่องปรับอากาศในสำนักงาน พบว่า มีการติดตั้งใช้งาน จำนวน 5 ชุด ประกอบด้วย เครื่องปรับอากาศพิกัดการทำความเย็นขนาด 25,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 1 ชุด พิกัด 36,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 2 ชุด และพิกัด 20,000 บีทียู/ชั่วโมง จำนวน 2 ชุด รวมพิกัดการทำความเย็น 153,000 บีทียู/ชั่วโมง ซึ่งมีการใช้งานเป็นประจำจากการตรวจสอบสภาพของเครื่องปรับอากาศพบว่าเครื่องปรับอากาศดังกล่าวขาดการบำรุงรักษาที่ดีโดยสังเกตได้จากชุดคอล์ยร้อนมีฝุ่นละอองจับอยู่หนาทึบ



รูปแสดงคอล์ยร้อน (Condensing unit) ของเครื่องปรับอากาศก่อนทำการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการจากปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าว ทางโรงงานได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขโดยการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ โดยการล้างทำความสะอาดตลอดจนกำจัดฝุ่นละอองแผงคอล์ยร้อนและคอล์ยเย็น และกำหนดแผนการบำรุงรักษาดังกล่าวอย่างสม่ำเสมอ โดยการทดลองปฏิบัติงานจริงควบคู่ไปกับการตรวจวัดพลังไฟฟ้า เพื่อนำไปสู่การวิเคราะห์คำนวณผลการประหยัดพลังงานที่ได้รับ

สภาพหลังปรับปรุง

การบำรุงรักษาโดยการล้างและทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศ สามารถช่วยให้การระบายความร้อนของระบบ และประสิทธิภาพของเครื่องดีขึ้น โดยพิจารณาดำเนินการดังต่อไปนี้

1) ดำเนินการเดือนละ 1 ครั้ง
   - ใช้ลมเป่าทำความสะอาดคอล์ยเย็น และคอล์ยร้อนรวมทั้ง Filter ต่าง ๆ
   - ใช้น้ำฉีดทำความสะอาดคอล์ยร้อนและ Filter ของคอล์ยเย็น
   - ตรวจสอบวงจรควบคุมต่างๆ ว่าทำงานถูกต้องตามข้อกำหนดหรือไม่

2) ดำเนินการ 6 เดือน/ครั้ง
   - ทำการล้างใหญ่เพื่อความสะอาดคอล์ยเย็นและคอล์ยร้อน รวมทั้ง Filterโดยใช้น้ำหรือน้ำยาทำความสะอาด
   - ตรวจสอบกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า กำลังไฟฟ้า ของคอมเพรสเซอร์และพัดลม

สรุปมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

เงินลงทุน	**-**	**บาท**		
พลังงานที่ประหยัดได้	**1,050.38**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.08950 toe/ปี**
ผลประหยัดที่ได้	**3,760.36**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**-**



รูปแสดงคอล์ยร้อน (Condensing unit) ของเครื่องปรับอากาศหลังทำการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ตารางแสดงผลการทดสอบเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

รายการทดสอบ	สภาพเครื่องปรับอากาศ ที่ไม่มีการบำรุงรักษา	สภาพเครื่องปรับอากาศ ที่มีการบำรุงรักษาสม่ำเสมอ	ผลต่าง
Evaporating Temp (°C)	7.2	7.2	-
Condensing Temp (°C)	54.40	51.00	3.40
Ambient Temp (°C)	35	35	-
Power Consumption (Watt)	3,700	3,590	110
Cooling Effect (Btu/hr)	27,900	29,340	1440
EER (Btu/Watt)	7.54	8.17	0.63

หมายเหตุ ข้อมูลในตารางได้จาก Technical data of compressor efficiency

ก่อนปรับปรุง

พิกัดการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ = 153,000 บีทียู/ชั่วโมง
กำลังไฟฟ้าจากการตรวจวัดได้รวม = 13.64 กิโลวัตต์
การทำงานของคอมเพรสเซอร์เฉลี่ย = 76 เปอร์เซ็นต์
เวลาการใช้งาน = 2,625 ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 13.64 x 0.76 x 2,625
= 27,211.80 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

หลังปรับปรุง

เครื่องปรับอากาศที่มีการบำรุงรักษาและทำความสะอาดอย่างสม่ำเสมอจะมีการใช้พลังงานต่างกันแสดงดังตารางต่อไปนี้

ผลต่างที่ประหยัดได้ = (0.63 x 100) / 8.17
= 7.71 เปอร์เซ็นต์
บำรุงรักษาโดยการล้างใหญ่ = 2 ครั้ง/ปี
หรือผลประหยัดเฉลี่ยทั้งปี = 7.71 / 2
= 3.86 เปอร์เซ็นต์

ผลประหยัด

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = 27,211.80 x 3.86/100
= 1,050.38 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
= 1,050.38 x 85.21 / $10^{\wedge 6}$
= 0.08950 toe/ปี

ด้านค่าใช้จ่าย

ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 3.58 บาท/กิโลวัตต์-ชั่วโมง
คิดเป็นเงินที่ลดได้ = 1,050.38 x 3.58
= 3,760.36 บาท/ปี

3.2.2 มาตรการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักเที่ยง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการเป็นโรงงานผลิตและส่งออกสินค้าแช่แข็ง อาคารโรงงานมีการแบ่งพื้นที่สำหรับส่วนสำนักงาน มีการใช้งานเครื่องปรับอากาศจำนวน 5 ชุด ได้แก่ เครื่องปรับอากาศขนาด 1.27 kW จำนวน 2 ชุด, ขนาด 1.43 kW จำนวน 1 ชุด, ขนาด 2.11 kW จำนวน 1 ชุด และขนาด 2.78 kW จำนวน 1 ชุด เปิดใช้งานตั้งแต่เวลา 8:00 – 17:00 น.

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจลักษณะการใช้งานเครื่องปรับอากาศ พบว่า จะมีการเปิดใช้เครื่องปรับอากาศตลอดช่วงเวลาทำงาน คือ เวลา 8:00 – 17:00 น. โดยแม้ในขณะที่ไม่มีผู้ปฏิบัติงานในสำนักงาน เช่น ช่วงพักเที่ยง ก็มีการเปิดเครื่องปรับอากาศทิ้งไว้ เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น




รูปแสดงใช้งานเครื่องปรับอากาศของสำนักงานไว้ตลอดเวลาก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

อบรมและปลูกฝังทัศนคติที่ดีในการอนุรักษ์พลังงานให้แก่พนักงาน ให้รับผิดชอบในการปิดการใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงหยุดพักเที่ยง และช่วงเวลาก่อนเลิกงานครึ่งชั่วโมง นอกจากนั้น ให้พิจารณาการเลื่อนเวลาการเปิดใช้งานในช่วงเช้าที่อากาศยังไม่ร้อนเป็นระยะเวลา 15 นาที

สภาพหลังปรับปรุง

พนักงานร่วมกันรณรงค์ปิดการใช้เครื่องปรับอากาศในช่วงหยุดพักเที่ยง และช่วงเวลาก่อนเลิกงานครึ่งชั่วโมง และเลื่อนเวลาการเปิดใช้งานในช่วงเช้าเป็นระยะเวลา 15 นาที ทำให้ลดชั่วโมงการทำงานของเครื่องปรับอากาศลง สามารถประหยัดพลังงานได้ 3,023.48 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 9,009.96 บาท/ปี



รูปแสดงการปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงพักเที่ยงหลังการปรับปรุง

สรุป

เงินลงทุน	**-**	**บาท**			
ผลประหยัดที่ได้	**3,023.48**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.26**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**9,009.96**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**-**	

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ขยายผลการรณรงค์ให้พนักงานช่วยกันตรวจสอบดูแลอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในสำนักงานชนิดอื่น ๆ โดยไม่ให้เปิดทิ้งไว้โดยเปล่าประโยชน์และสิ้นเปลืองพลังงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

กำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องปรับอากาศ = 8.86 kW

เปอร์เซนต์การทำงานของคอมเพรสเซอร์	=	0.65	%
จำนวนชั่วโมงการปิดใช้งาน	=	1.75	ชม./วัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วัน/ปี
พลังงานที่ประหยัดได้	=	8.86 x 0.65 x 1.75 x 300	
	=	3,023.48	kWh/ปี
หรือคิดเป็นปริมาณน้ำมันดิบ	=	0.26	toe/ปี
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	=	2.98	บาท/หน่วย
คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	3,023.48 x 2.98	
	=	9,009.96	บาท/ปี

3.2.3 มาตรการปรับตั้งอุณหภูมิในห้องปรับอากาศให้เหมาะสม

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 5 ตันความเย็น ในพื้นที่สำนักงานและแผนกต่าง ๆ จำนวนหลายชุด และเปิดใช้งานตั้งแต่เวลา 8.30 น. – 17.00 น. (ปิดขณะพักเที่ยง 1 ชั่งโมง) จำนวน 269 วัน/ปี สำหรับสำนักงาน และ 300 วัน/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การตรวจสอบการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ พบว่า การตั้งอุณหภูมิของ Thermostat โดยเฉลี่ยอยู่ที่ 22 $^{\circ}$C ซึ่งตั้งไว้ต่ำทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานในระบบปรับอากาศ ซึ่งจากการสังเกตการทำงานของ compressor พบว่า ส่วนใหญ่จะไม่มีการตัดการทำงานเลย และอีกสาเหตุหนึ่งที่ทำให้ภายในโรงงานอุณหภูมิสูงบางพื้นที่เนื่องจากมีแสงแดดส่องผ่านช่องเปิดส่วนที่เป็นกระจกเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศจึงทำให้พนักงานปรับอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้ต่ำลง ทำให้สูญเสียพลังงานในปริมาณที่มากยิ่งขึ้น





รูปแสดงการปรับตั้งอุณหภูมิเดิมของเครื่องปรับอากาศก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1) สำรวจจำนวน ขนาด และการใช้งานของเครื่องปรับอากาศภายในโรงงาน

2) ปรับปรุงช่องเปิดต่าง ๆ เพื่อลดความร้อนเข้าสู่อาคารโรงงานและล้างทำความสะอาดชุด condensing unit และ fan coil unit

3) ปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25 ^{o}C

4) ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศและช่วงเวลาการทำงานของ compressor ก่อนและหลังการปรับอุณหภูมิ

5) ประเมิน และวิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งม่านเพื่อป้องกันความร้อนเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศภายในอาคาร ตลอดจนมีการบำรุงรักษาและล้างทำความสะอาดชุด condensing unit และ fan coil อย่างสม่ำเสมอ ตลอดจนปรับตั้งอุณหภูมิการควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศที่ 25 ^{o}C



รูปแสดงการปรับตั้งการควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศหลังการปรับปรุง

เงินลงทุน - บาท
ผลประหยัดที่ได้ 23,384 kWh/ปี หรือเทียบเท่า 1.99 toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 79,506 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน คืนทุนทันที

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีผู้รับผิดชอบในการควบคุมอุณหภูมิที่เครื่องปรับอากาศในระดับที่เหมาะสม โดยมีการดำเนินการไปยังเครื่องปรับอากาศอื่น ๆ ในโรงงานทั้งหมด

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากการเก็บข้อมูลเครื่องปรับอากาศภายในส่วนสำนักงานและโรงงาน เพื่อทำการประเมินผลประหยัดโดยเริ่มจากการทำความสะอาดชุด Condensing unit และการลดภาระความร้อนจากภายนอกเข้าสู่บริเวณพื้นที่ปรับอากาศโดยใช้ม่านบังแสง จากนั้นจึงปรับตั้งอุณหภูมิควบคุมที่ 25 $^{\circ}$C พร้อมทั้งตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW) เวลาการทำงานของ Compressor ในขณะ ON-Load (T_1) และ Off-Load (T_2) ซึ่งใช้การจับเวลาที่ชุด Compressor จากนั้นนำมาคำนวณผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าด้จากสมการ ต่อไปนี

จากสมการ $$Energy = Power \times hr \times \left(\frac{T_1}{T_1 + T_2} \right) \times L.F.$$

เมื่อ Energy คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)
Power คือ กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ (kW)
hr คือ ชั่วโมงทำงานของเครื่องปรับอากาศ (8 ชั่วโมง/วัน)
T_1 คือ เวลาของ Compressor ขณะ ON-Load (นาที)
T_2 คือ เวลาของ Compressor ขณะ Off-Load (นาที)
L.F. คือ Load Factor การใช้งานอุปกรณ์ (80%)

ตัวอย่างคำนวณผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ พิกัดการทำความเย็น 36,000 Btu/hr ผลการตรวจวัดการใช้งาน กำลังไฟฟ้าวัดได้ 3.75 kW ทำงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมงต่อวัน และ 269 วัน/ปี อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงานเท่ากับ 3.40 บาท/kWh

ก่อนการปรับปรุง

- ช่วงระยะเวลาการทำงาน (T_1) ใน 1 รอบการทำงาน เท่ากับ 480 นาที
- ช่วงระยะเวลาการทำงาน (T_2) เท่ากับ 0

แทนค่าสมการ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ $= 3.73 \times 8 \times \left(\frac{480}{480 + 0} \right) \times 0.8$

$= 24$ kWh/วัน

หลังการปรับปรุง

- ช่วงระยะเวลาการทำงาน (T_1) ใน 1 รอบการทำงาน เท่ากับ 30 นาที

- ช่วงระยะเวลาการทำงาน (T_2) ใน 1 รอบการทำงาน เท่ากับ 4 นาที

แทนค่าสมการ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ $= 3.73 \times 8 \times \left(\frac{30}{30+4} \right) \times 0.8$

= 21.17 kWh/วัน

พลังงานที่ประหยัดได้ใน 1 ปี = (24 – 21.17) x 269

= 761 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 761 x 3.40

= 2,587 บาท/ปี

เมื่อพิจารณาดำเนินมาตรการปรับตั้งการควบคุมอุณหภูมิเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสม ที่ 25 °C สำหรับเครื่องปรับอากาศทั้งหมดของโรงงานแล้ว สามารถคำนวณผลการประหยัดพลังงานไฟฟ้าต่อปี ได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวม = 23,384 kWh/ปี

คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบได้ = 23,384 × 85.21/1,000,000,000

= 0.00199 ktoe/ปี

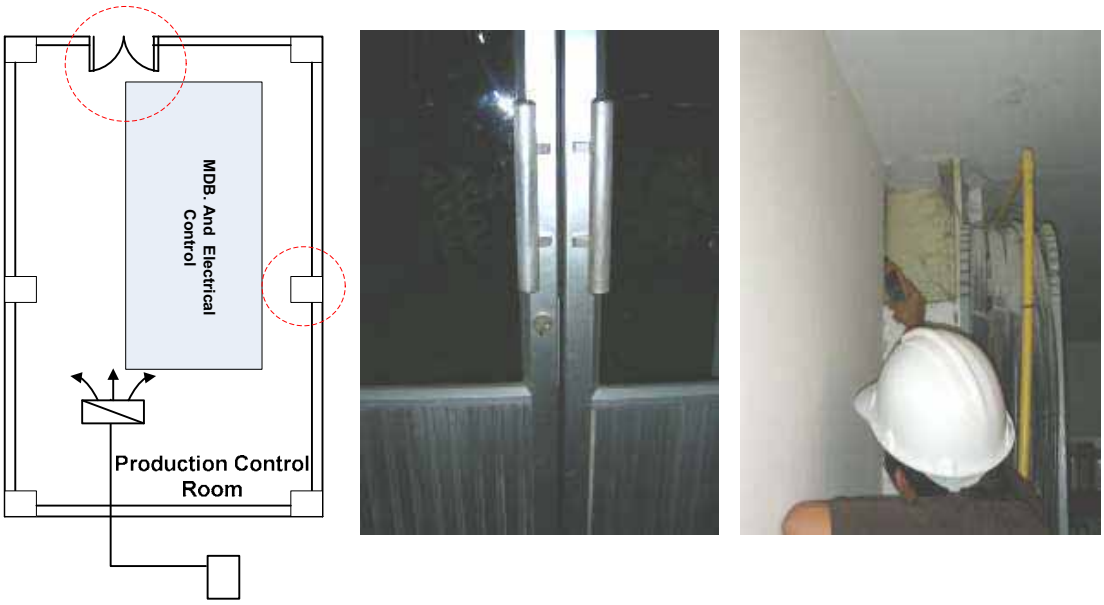
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 23,384 x 3.40

= 79,506 บาท/ปี

3.2.4 มาตรการลดการรั่วไหลของอากาศเย็นในระบบปรับอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร มีการใช้เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นจำนวนมาก ส่วนหนึ่งของการสำรวจเพื่อหาแนวทางการอนุรักษ์พลังงาน พบว่า พื้นที่ปรับอากาศของห้องควบคุมการผลิต มีช่องรั่วไหลของอากาศเย็นภายในอันเกิดจากบานประตูชำรุดไม่สามารถปิดให้สนิทได้ ตลอดจนมีช่องทางเดินสายไฟเปิดกว้าง ทำให้ความเย็นรั่วไหลไปสู่ภายนอกเป็นภาระของเครื่องปรับอากาศที่สูญเสียอุณหภูมิความเย็นและต้องทำงานเพิ่มขึ้น มีผลทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงตำแหน่งการติดตั้งเครื่องปรับอากาศและจุดที่รั่วไหลของอากาศเย็นก่อนปรับปรุง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจ พบว่า ห้องปรับอากาศของฝ่ายผลิต มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ 1 เครื่อง พิกัดการทำความเย็น 25,000 Btu/hr แต่เนื่องจากภายในห้องมีการเดินสายไฟเข้ามาถึงมีช่องเปิดโล่งไว้ และที่ประตูทางเข้าชำรุดโดยปิดไม่สนิท ส่งผลให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากอากาศร้อนไหลเข้ามาตามแนวช่องประตูเข้าสู่ภายในห้องปรับอากาศหรืออากาศเย็นภายในห้อง จากการสังเกตพบว่าคอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลาโดยไม่มีการตัดต่อ ทำให้สูญเสียพลังงานมาก

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ดำเนินการสำรวจพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ที่มีการใช้เครื่องปรับอากาศ และกำหนดผู้รับผิดชอบในการดูแลรักษาไม่ให้เกิดการรั่วไหลของอากาศเย็นออกไปสู่ภายนอก โดยชี้แจงให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่นั้นได้รับทราบรวมถึงให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานแก่พนักงาน และขอความร่วมมือในการช่วยกันประหยัดพลังงาน โดยมีขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1) ตรวจสอบขนาดช่องประตูและรอยรั่วบริเวณช่องเสาที่เกิดจากการรั่วไหลของอากาศเย็น
2) ดำเนินการตรวจวัดปริมาณลมที่รั่วไหลของอากาศเย็น โดยการวัดปริมาณอากาศรั่วไหลที่บริเวณช่องประตู และรอยรั่วบริเวณช่องเสา
3) ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นที่ช่องอากาศเย็นรั่วไหลออกไป
4) คำนวณหาปริมาณภาวะความร้อนแฝงจากการถ่ายเทอากาศ เพื่อทราบภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในพื้นที่นั้น

5) เปรียบเทียบผลของการสูญเสียพลังงานจากการรั่วไหลของอากาศเย็นออกไปตลอดเวลา
6) ดำเนินการปรับปรุงในตำแหน่งที่กำหนด
7) สรุปผลการดำเนินการเพื่อรายงานผลต่อฝ่ายบริหาร

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการปรับปรุงซ่อมแซมประตูและอุดช่องอากาศรั่วไหลของลมเย็น ในห้องปรับอากาศของฝ่ายผลิตดังกล่าว สามารถประหยัดพลังงานได้ 1,497.60 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 5,286.53 บาท/ปี



รูปแสดงการซ่อมแซมจุดรั่วไหลของอากาศเย็นภายในห้องปรับอากาศหลังการปรับปรุง

เงินลงทุน	**-**	**บาท**			
พลังงานที่ประหยัดได้	**1,497.06**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.128**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**5,286.53**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**-**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

เนื่องจากทางโรงงานมีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในสำนักงานจำนวนมาก มักจะเกิดการรั่วไหล ตามจุดต่างๆ เช่นบริเวณขอบประตู ขอบหน้าต่าง และฝ้าเพดาน รวมถึงภายในพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ แต่ไม่ได้ใช้งานในพื้นที่ดังกล่าวฯ ซึ่งเป็นการเพิ่มภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศทั้งสิ้น ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นควรให้พนักงานตรวจสอบและซ่อมแซมที่ชำรุดต่อไป

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ก่อนการปรับปรุง

การคำนวณค่าการสูญเสียความเย็นของระบบปรับอากาศจากช่องรั่วไหล

จากสมการ $Q = 72 \times CMM_{oa} \times (h_{oa}-h_{rm})$

เมื่อ Q คือ ภาระทำความเย็นเนื่องจากการรั่วซึมของอากาศภายนอก (k/J/hr.)

CMM_{oa} คือ ปริมาณลมที่ผ่านรอยรั่วซึม (m^3/min)

h_{oa} คือ เอนทาลปีของอากาศภายนอก (kJ/kg)

h_{rm} คือ เอนทาลปีของอากาศภายในห้อง (kJ/kg)

72 คือ ค่าคงที่ได้จาก 1.2 kg/m^3 (ความหนาแน่นอากาศ) x 60 นาที

บริเวณห้องควบคุมฝ่ายผลิต		**ช่องเสา**	**ประตู**	
รอยรั่วไหลของอากาศเย็น	=	0.07	0.18	m^2
จำนวนช่อง	=	1.00	1.00	ช่อง
ความเร็วลม	=	0.30	0.01	m/s
อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย	=	33.50	33.50	^oC
ความชื้นสัมพัทธ์	=	49.60	49.60	%
อุณหภูมิภายในเฉลี่ย	=	25.10	25.10	^oC
ความชื้นสัมพัทธ์	=	53.40	53.40	%
ปริมาณลมที่ผ่านรอยรั่วทั้งหมด	=	1.26	0.11	ลบม./นาที
เอนทาลปีของอากาศภายนอก	=	75.01	75.01	kJ/kg
เอนทาลปีของอากาศภายใน	=	52.23	52.23	kJ/kg

ภาระการทำความเย็นรั่วซึม = (1.26 x 72 x (75.01 – 52.23))
+ (0.11 x 72 x (75.01 – 52.23))
= 2,066.60 + 180.42 kJ/hr

ภาระการทำความเย็นรั่วซึม = (2,066.60 x 0.9478) + (180.42 x 0.9478)
= 1,958.72 + 171.00 btu/hr
= 2,129.72 btu/hr

ภาระการทำความเย็นจากการรั่วซึมเป็น (ตันความเย็น)
= (2,129.72 / 12,000)
= 0.16 ตัน

ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศห้องควบคุมฝ่ายผลิต
= 10.81 Btu/W

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = (2,129.72 / 10.81) / 1,000

	=	0.20	kW
ชั่วโมงทำงาน/วัน	=	24	ชม./วัน
วันทำงาน/ปี	=	312	วัน/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.53	บาท/kWh
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(0.20 x 24 x 312)	
	=	1,497.60	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	=	(1,497.60 x 3.53)	
	=	5,286.53	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	(1,497.60 x 3.60)	
	=	5,391.36	MJ/ปี
	=	0.128	toe/ปี

การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

3.2.5 มาตรการยกเลิกการใช้พัดลมระบายอากาศภายในสำนักงาน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ระบบปรับอากาศภายในสำนักงานของโรงงาน จำนวน 10 ห้อง ประกอบด้วยเครื่องปรับอากาศชนิดแยกส่วน (Split type) ขนาด 12,000 BTU/hr ติดตั้งในห้องปรับอากาศ 2 เครื่องต่อห้อง โดยแต่ละห้องจะมีพัดลมระบายอากาศขนาด 8 – 12 นิ้ว พิกัดกำลังไฟฟ้า 34 Watt จำนวน 1 ตัว เพื่อดูดอากาศภายในห้องออกสู่ภายนอก โดยทำงาน 8 ชั่วโมง/วัน และ 312 วัน/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

พัดลมระบายอากาศที่ใช้ในสำนักงานจะถูกเปิดตลอดเวลาจึงทำให้อุณหภูมิความเย็นภายในห้องถูกปล่อยทิ้งออกไปสู่ภายนอกด้วย



รูปแสดงการสูญเสียอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศไปกับพัดลมระบายอากาศ

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการตรวจสอบลักษณะของห้องที่ไม่มีสิ่งที่ทำให้เกิดมลภาวะทางกลิ่นจึงสามารถหยุดการใช้พัดลมระบายอากาศเพื่อลดสูญเสียพลังงานได้ ขั้นตอนการดำเนินการมีดังนี้

1) สำรวจตำแหน่ง ขนาด และการใช้งานของพัดลมระบายอากาศและภายในสำนักงาน
2) ศึกษาพฤติกรรมและลักษณะการใช้งานของพัดลมระบายอากาศ
3) ตรวจวัดคุณสมบัติต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง
4) ประเมินผลการประหยัดตามมาตรการ
5) วิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

การปิดพัดลมระบายอากาศนอกจากจะประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากตัวพัดลมเองและลดภาระการทำความเย็นแล้วยังช่วยให้ลดมลภาวะทางเสียงได้อีกด้วย ในการนี้ได้กำหนดให้พนักงานในพื้นที่เป็นผู้เปิด-ปิด พัดลม



รูปแสดงการปิดพัดลมระบายอากาศของห้องปรับอากาศหลังการปรับปรุง

เงินลงทุน	**-**	**บาท**			
ผลประหยัดที่ได้	**20,072.80**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.71**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**75,072.27**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**-**	

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ปิดพัดลมระบายอากาศในบริเวณปรับอากาศอื่น ๆ ที่ไม่จำเป็นในการถ่ายเทอากาศ

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ปริมาณอากาศเย็นที่รั่วไหลออกจากพื้นที่ปรับอากาศ คิดเป็นโหลดการทำความเย็น

$$Q = 4.5 \times cfm \times (h2-h1)$$

คำนวณค่า cfm จากข้อมูลที่ได้จากการตรวจวัด ดังนี้

ความเร็วลมจากพัดลมระบายอากาศ	=	2.7	m/s
พื้นที่หน้าตัดพัดลมระบายอากาศ	=	0.032	m^2
อัตราการจ่ายลม	=	0.0864	m^3/s
หรือ	=	183.07	cfm
อุณหภูมิอากาศด้าน supply เครื่องปรับอากาศ	=	67	^oF
ความชื้นสัมพัทธ์	=	76	%RH
อุณหภูมิอากาศด้าน return เครื่องปรับอากาศ	=	76	^oF
ความชื้นสัมพัทธ์	=	91.5	%RH

จาก Psychometric chart เอนทาลปีสภาวะ h1 ที่อุณหภูมิ 67 ^oF 76 %RH

$$h1 = 27.3 \text{ Btu / lb}$$

จาก Psychometric chart เอนทาลปีสภาวะ h2 ที่อุณหภูมิ 76 °F 91.5 %RH

	h2	=	37.8	Btu / lb
ดังนั้นภาระการทำความเย็นรวม	Q	=	4.5 × 183.07 × (37.8 - 27.3)	
		=	8,650.06	Btu/hr
หรือ		=	8,650.06 / 12000	
		=	0.72	TR
ค่า kW/TR ของ Split type โดยเฉลี่ย		=	1.35	kW/TR
Load Factor ของเครื่องปรับอากาศ		=	80	%
คิดเป็นกำลังไฟฟ้าของการปรับอากาศ		=	1.35 × 0.72 × 0.8	
		=	0.777	kW
พัดลมระบายอากาศใช้งานที่ 8 ชม./วัน 312 วัน/ปี				
ดังนั้นพลังงานที่สูญเสียจากระบบการทำความเย็น		=	0.777 × 8 × 312	
		=	1,939.39	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าพัดลมที่ใช้ต่อเครื่อง		=	34	Watt
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด		=	[34 × 8 × 312 × 0.8]/1,000	
		=	67.89	kWh/ปี
จำนวนพัดลมระบายอากาศที่ปิด		=	10	ตัว
รวมพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้		=	10 × (1,939.39 + 67.89)	
		=	20,072.80	kWh/ปี
หรือ		=	20,072.8×85.21/1,000,000,000	
		=	0.001710	ktoe/ปี
คิดเป็นผลประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า		=	20,072.8 × 3.74	
		=	75,072.27	บาท/ปี

3.2.6 มาตรการบุฉนวนกันความร้อนฝ้าเพดาน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป มีการติดตั้งใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 50 ตันความเย็นจำนวน 2 ชุด เพื่อปรับสภาวะความเย็นให้ความสบายแก่ผู้ปฏิบัติงานจำนวน 150 คน ทั้งนี้ภายในห้องมีการติดตั้งใช้งานจักรเย็บผ้าสำหรับผู้ปฏิบัติงาน และมีการติดหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจำนวนมาก เพื่อให้ได้ความสว่างแก่พื้นที่ทำงานตามเกณฑ์มาตรฐาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจระบบปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งานในแผนกเย็บผ้า พบว่า เครื่องปรับอากาศมีสภาวะการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (On load) อยู่ตลอดเวลา เนื่องจากภายในพื้นที่มีภาระความร้อนจากผู้ปฏิบัติงานในแผนก เครื่องจักรเย็บผ้า เตารีดไอน้ำและหลอดไฟฟ้าแสงสว่าง อยู่เป็นจำนวนมาก ทั้งนี้จากการตรวจวัดอุณหภูมิอากาศบริเวณหน้าประตูทางลมกลับของระบบจ่ายลมพบว่ามีอุณหภูมิอยู่ที่ประมาณ 29 °C ซึ่งสูงกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ที่ตัวเทอร์โมสตัท ด้วยเหตุนี้คอมเพรสเซอร์ของเครื่องปรับอากาศจึงมีการทำงานอยู่ตลอดเวลา



รูปแสดงพื้นที่ปรับอากาศและลักษณะของช่องฝ้าเพดานของหลังคาก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ภายในช่องฝ้าเพดานของโรงงาน บริเวณที่มีการปรับอากาศไม่มีการบุฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคาเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศ ทำให้มีภาระความร้อนเข้ามาในแผนกเย็บผ้ามากเกินเกณฑ์ที่เหมาะสม หากมีการปรับปรุงโดยการบุฉนวนกันความร้อนฝ้าเพดานแผนกเย็บผ้าให้เหมาะสมแล้ว จะช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงได้ ตลอดจนสภาพแวดล้อมของความสบายต่อการทำงานของผู้ปฏิบัติงานดีขึ้น นอกจากนี้จะทำให้ตัวคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ให้ยาวนานขึ้น

การปรึกษาหารือแนวทางปรับปรุงสามารถสรุปได้ว่า โรงงานควรมีการบุฉนวนกันความร้อนฝ้าเพดานแผนกเย็บผ้า เพื่อภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศเย็นด้านจ่ายและกลับ อุณหภูมิบริเวณช่องว่างใต้หลังคาและฝ้าเพดาน ค่าการนำความร้อนของวัสดุและข้อมูลอื่นๆที่จำเป็นในการวิเคราะห์พลังงานที่ใช้ในส่วนนี้
2) สำรวจข้อมูลด้านราคา โดยสอบถามราคาฉนวนที่ใช้บุฝ้าเพดานพร้อมการติดตั้ง วิธีการขั้นตอนในการติดตั้งอุปกรณ์และระยะเวลาในการสั่งซื้อ
3) จัดทำแผนการปรับปรุงร่วมกันกับคณะทำงานของผู้ประกอบการ โดยวางแผนงานในการติดตั้งปรับปรุงโดยไม่ให้มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต
4) วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลเชิงเทคนิค ด้านราคา และแผนงานในการปรับปรุงจัดทำเป็นเอกสารเพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการบริหารขององค์กรประกอบการพิจารณา
5) ดำเนินการตามมาตรการ โดยการจัดจ้างบริษัทให้ทำการบุฉนวนฝ้าเพดาน ทั้งนี้จะทำการสอบถามรายละเอียดขั้นตอนในการทำงานจากผู้ดำเนินการติดตั้งเพื่อทำการวางแผนเตรียมความพร้อม
6) ตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการ โดยที่ปรึกษาจะเข้าไปดูความเรียบร้อยในการปรับปรุงและติดตั้ง พร้อมทั้งตรวจวัดข้อมูลเชิงเทคนิคหลังการปรับปรุง
7) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง โดยการวิเคราะห์ผลการประหยัดจริงที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเชิงวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นและสรุปผลที่ได้ให้สถานประกอบการ



รูปแสดงการติดตั้งฉนวนกันความร้อนส่วนหลังคาของพื้นที่ปรับอากาศ

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินมาตรการบุฉนวนเพื่อป้องกันความร้อนจากหลังคา โดยใช้ฉนวนใยแก้วหุ้มฟอล์ยขนาด 60 x 60 ซม. จำนวน 2,300 แผ่น บริเวณช่องฝ้าเพดานสำหรับพื้นที่ปรับอากาศในแผนกเย็บเสื้อผ้า เพื่อลดภาระความร้อนจากหลังคาเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศ ส่งผลให้อุณหภูมิอากาศภายในห้องลดลง ผู้ปฏิบัติงานมีสภาพการทำงานที่ดี ลดเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงได้ ทั้งนี้สามารถประเมินผลการประหยัดได้ดังนี้

เงินลงทุน	**87,170**	**บาท**			
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	**13,852.8**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.181**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**59,012.93**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**1.48**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการอบรมพนักงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศ ให้มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการสังเกต และวิธีการบำรุงรักษาเบื้องต้น เพื่อพนักงานจะได้มีหลักปฏิบัติที่ถูกต้อง และสามารถแจ้งให้ฝ่ายซ่อมบำรุงให้เข้าทำการแก้ไขซ่อมแซมโดยเร็ว ทางโรงงานควรมีแผนปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและบำรุงรักษาระบบเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในโรงงานอย่างสม่ำเสมอ และให้มีผู้ที่มีประสบการณ์ในการดูแลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศจากเข้าตรวจสภาพการทำงานของเครื่องปรับอากาศอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง เพื่อจะทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

ภาระความร้อนของระบบปรับอากาศก่อนการบุฉนวน

= U x A x (Tout-Tin)

= 0.6 Btu/hr-ft^2-$^\circ$F x 2300 (0.6 x 3.28 x 0.6 x 3.28) ft^2 x 1.8 (34-26) $^\circ$F

= 76,965 Btu/hr

ภาระความร้อนของระบบปรับอากาศหลังการบุฉนวน

= U x A x (Tout-Tin)

= 0.15 Btu/hr-ft^2-$^\circ$F x 2300 (0.6 x 3.28 x 0.6 x 3.28) ft^2 x 1.8 (34-26) $^\circ$F

= 19,241 Btu/hr

ภาระความร้อนที่ลดลง

= ภาระความร้อนหลังการบุฉนวน- ภาระความร้อนหลังการบุฉนวน

= 76,965 - 19,241 Btu/hr

= 57,724 Btu/hr (เทียบเท่า 4.81 ตันความเย็น)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง x ชั่วโมงการทำงาน x สัดส่วนการทำงาน

= 4.81 TR x 1.2 kW/TR x 8 ชม./วัน x 300 วัน/ปี x 1.00

= 13,852.8 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

คิดเป็น = 13,852.8 x 85.21 x 10^{-6} toe/ปี

= 1.181 toe/ปี

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน เท่ากับ 4.26 บาท/kWh

คิดเป็นเงิน = 13,852.8 x 4.26

= 59,012.93 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าฉนวนบุฝ้าเพดานขนาด 60cm x 60 cm ราคาแผ่นละ 37.90 บาท จำนวน 2,300 แผ่น รวมเป็นเงิน 87,170 บาท โดยทางผู้ปฏิบัติงานของโรงงานสามารถทำการติดตั้งได้เอง

3.2.7 มาตรการการติดตั้งม่านอากาศที่ประตูทางเข้าห้องปรับอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานตัดเย็บเสื้อผ้าสำเร็จรูป มีการติดตั้งใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบระบายความร้อนด้วยอากาศขนาด 50 ตันความเย็นจำนวน 2 ชุด เพื่อปรับสภาวะความเย็นให้ความสบายแก่ผู้ปฏิบัติงานจำนวน 150 คน ทั้งนี้ภายในห้องมีการติดตั้งใช้งานจักรเย็บผ้าสำหรับผู้ปฏิบัติงาน และมีการติดหลอดไฟฟ้าแสงสว่างจำนวนมาก เพื่อให้ได้ความสว่างแก่พื้นที่ทำงานตามเกณฑ์มาตรฐาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจการใช้เครื่องปรับอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ ของโรงงาน พบว่า ส่วนพื้นที่ทำงานซึ่งเป็นห้องปรับอากาศขนาดใหญ่ จะมีพนักงานและวัตถุดิบผ่านประตูทางเข้าออกบ่อยครั้ง จากการจดบันทึกสถิติของทางโรงงานพบว่ามีการเปิดเข้า-ออกประมาณ 540 ครั้งต่อวัน ทั้งนี้ประตูทางเข้า-ออกเปิดสู่อากาศภายนอก ทำให้มีภาระความร้อนจากภายนอกเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศในปริมาณมาก ทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานหนักและมีการสูญเสียพลังงานมาก ดังนั้น หากมีการติดตั้งม่านอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้ภาระความร้อนเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศแล้ว จะช่วยลดภาระความร้อนที่เข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศได้ดีขึ้น ส่งผลให้อุณหภูมิภายในแผนกลดลง และเครื่องปรับอากาศสิ้นเปลืองพลังงานลดลงได้




รูปแสดงช่องประตูของพื้นที่ปรับอากาศที่มีการผ่านเข้าออกตลอดเวลาก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การที่ช่องประตูทางเข้า-ออกซึ่งมีการเปิดอยู่บ่อยครั้ง ทำให้มีภาระความร้อนจากภายนอกเข้ามาสู่พื้นที่ปรับอากาศในปริมาณสูง หากมีการติดตั้งม่านอากาศเพื่อป้องกันไม่ให้ภาระความร้อนเข้าสู่พื้นที่ปรับอากาศอย่างเหมาะสม จะเป็นการลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่เกินความจำเป็นสำหรับระบบปรับอากาศลงได้ และจะทำให้สภาพแวดล้อมการทำงานของผู้ปฏิบัติงานดีขึ้น นอกจากนี้เครื่องปรับอากาศจะทำงานน้อยลง ยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ให้ยาวนานขึ้นwfh

จากการวางแผนงานในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน สรุปได้ว่า โรงงานจะมีการติดตั้งม่านอากาศที่ประตูทางเข้าดังกล่าว เพื่อลดภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศโดยมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศเย็นด้านจ่ายและกลับ จดบันทึกจำนวนครั้งการเปิดเข้า-ออกแผนก ขนาดของประตู เวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศและข้อมูลอื่นๆที่จำเป็นในการวิเคราะห์พลังงาน
2) สำรวจข้อมูลด้านราคา โดยสอบถามราคาม่านอากาศพร้อมการติดตั้ง วิธีการขั้นตอนในการติดตั้งอุปกรณ์และระยะเวลาในการสั่งซื้อ
3) จัดทำแผนการปรับปรุงร่วมกันกับคณะทำงานของผู้ประกอบการ โดยวางแผนงานในการติดตั้งปรับปรุงโดยไม่ให้มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต
4) วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลเชิงเทคนิค ด้านราคา และแผนงานในการปรับปรุงจัดทำเป็นเอกสารเพื่อนำเสนอต่อผู้บริหารของโรงงาน
5) ดำเนินการติดตั้งม่านอากาศและอุปกรณ์ที่จำเป็น ทั้งนี้จะทำการสอบถามรายละเอียดขั้นตอนในการทำงานจากผู้ดำเนินการติดตั้งเพื่อทำการวางแผนเตรียมความพร้อม
6) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง โดยการวิเคราะห์ผลการประหยัดจริงและรายงานผลต่อผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินมาตรการติดตั้งม่านอากาศเพื่อลดภาระความร้อนที่ประตูทางเข้าพื้นที่ปรับอากาศ ส่งผลทำให้อุณหภูมิอากาศภายในพื้นที่ปรับอากาศลดลง และสามารถลดภาระความร้อนสำหรับเครื่องปรับอากาศลง สารถประหยัดพลังงานสรุปได้ ดังนี้

เงินลงทุน	**32,000**	**บาท**			
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	**4,188**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.357**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**17,840.88**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**1.79**	**ปี**




รูปแสดงบริเวณติดตั้งม่านอากาศที่ประตูทางเข้า-ออกของพื้นที่ปรับอากาศ

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการอบรมและทำความเข้าใจกับพนักงาน ให้ร่วมมือกันในการอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศโดยพยายามนำสิ่งของที่ไม่จำเป็นต้องใช้งาน เช่น ลังกระดาษเปล่า กองเศษผ้า เป็นต้น ออกไปนอกพื้นที่ปรับอากาศ ทั้งนี้เนื่องจากวัสดุดังกล่าวจะเป็นภาระของเครื่องปรับอากาศและเมื่อมีปริมาณสะสมมากขึ้นจะมีผลทำให้เครื่องปรับอากาศต้องมีการใช้พลังงานมากขึ้นโดยไม่จำเป็น

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

ภาระความร้อนของระบบปรับอากาศจากการไหลเข้าของอากาศร้อนผ่านประตูทางเข้า-ออก

= Air change equivalent x TR conversion factor x จำนวนครั้งต่อชั่วโมง

= 10 cfm x 12000 Btu/hr-TR x (1/400) TR/cfm x (540 / 8) ครั้ง/ชั่วโมง

= 20,250 Btu/hr (เทียบเท่า 1.6875 ตันความเย็น)

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง x ชั่วโมงการทำงาน
= 1.6875 TR x 1.2 kW/TR x 8 ชม./วัน x 300 วัน/ปี
= 4,680 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพิ่มขึ้นสำหรับการเปิดม่านอากาศ
= กำลังไฟฟ้าที่ใช้ x ชั่วโมงการทำงาน
= 0.14 kW/ตัว x 2 ตัว x 8 ชม./วัน x 300 วัน/ปี
= 672 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
รวมพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = 4,680 – 672 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
= 4,188 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
คิดเทียบเท่า = 4,188 x 85.21 x 10^{-6} toe/ปี
= 0.357 toe/ปี
คิดเป็นเงิน = 4,188 x 4.26 บาท/ปี
= 17,840.88 บาท/ปี

3.2.8 มาตรการลดพื้นที่ปรับอากาศ

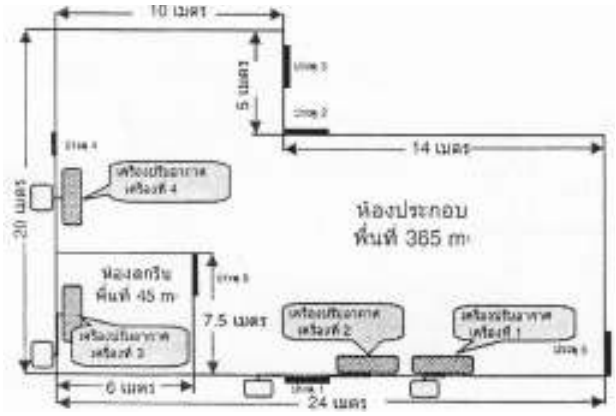
ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

พื้นที่ปรับอากาศแผนกหนึ่งของโรงงาน ติดตั้งใช้งานเครื่องปรับอากาศขนาด 44,000 BTU (4,400 Watts) จำนวน 3 เครื่อง มีพื้นที่ในการปรับอากาศ 365 ตารางเมตร

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการพิจารณาข้อมูลเบื้องต้นและทำการตรวจสอบ พบว่า การทำงานของเครื่องปรับอากาศในพื้นที่บริเวณดังกล่าว เครื่องปรับอากาศทำงานโดยไม่มีการตัดต่อคอมเพรสเซอร์ และเมื่อพิจารณาเปรียบเทียบข้อมูลทางเทคนิคเบื้องต้นต่อไปแล้ว พบว่า ค่าการออกแบบความสามารถในการทำความเย็นต่อพื้นที่ เท่ากับ 361 Btu/hr เท่านั้น ซึ่งพิกัดความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งไม่เพียงพอ เครื่องปรับอากาศทำงานตลอดเวลาโดยไม่มีการหยุดพัก และ อุณหภูมิห้องโดยเฉลี่ยอยู่ที่ 29-30 ^{o}C

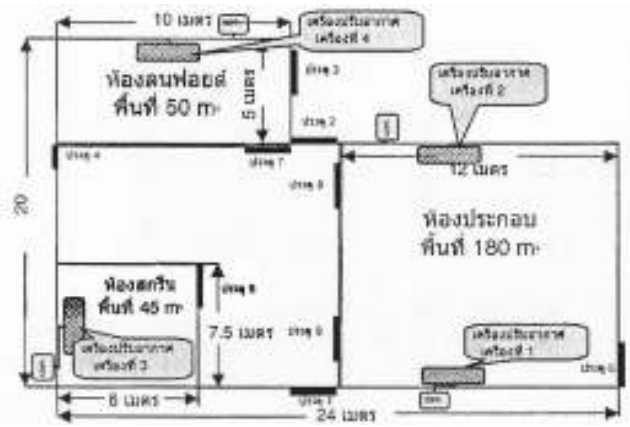




รูปแสดงลักษณะของพื้นที่ปรับอากาศก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

หากลดขนาดพื้นที่ปรับอากาศของห้องลง โดยทำการกั้นห้องและแยกเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมตามขนาดพื้นที่ที่ต้องการปรับอากาศ จะสามารถลดภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศลงและประหยัดพลังงานลงได้ การดำเนินการแสดงดังรูป





รูปแสดงลักษณะการกั้นแบ่งพื้นที่ห้องให้เหมาะสมกับพิกัดของเครื่องปรับอากาศ

เงินลงทุน **30,000** **บาท**
ผลประหยัดที่ได้ **9,011** **kWh/ปี** **หรือเทียบเท่า** **0.77** **toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ **28,655** **บาท/ปี** **ระยะเวลาคืนทุน** **1.05** **ปี**

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ก่อนการปรับปรุง

เครื่องปรับอากาศ พิกัด 44,000 BTU (4,400 Watts) จำนวน 4 เครื่อง
คอมเพรสเซอร์ทำงานเต็ม 100%
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 4.4 kW x 8 ชม/วัน x 320 วัน/ปี x 3
= 45,056 kWh/ปี

หลังการปรับปรุง

เครื่องปรับอากาศพิกัด 44,000 BTU (4,400 Watts) จำนวน 4 เครื่อง
คอมเพรสเซอร์ทำงานเฉลี่ยเพียง 80% (เนื่องจากพื้นที่ทำความเย็นลดลง๗
ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ = 4.4 kW x 8 ชม/วัน x 320 วัน/ปี x 4 x 0.8
= 36,045 kWh/ปี
ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = ก่อนปรับปรุง – หลังปรับปรุง
= 45,056 - 36,045
= 9,011 kWh/ปี
(1kWh = 3.6 MJ) = 32,440.32 MJ/ปี
= 0.768 toe/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน = 3.18 บาท/kWh
ดังนั้นประหยัดเงินได้ = 9,011 x 3.18
= 28,655 บาท/ปี
เงินลงทุนค่าปรับปรุงห้อง = 30,000 บาท
ดังนั้นระยะเวลาคุ้มทุน = 30,000/28,655
= 1.05 ปี

3.2.9 มาตรการปรับปรุงการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

โรงงานมีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบ Package Unit พิกัด 25 ตันความเย็น จำนวน 2 ชุด เพื่อจ่ายความเย็นให้กับพื้นที่ต่าง ๆ ภายในอาคารโรงงาน โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส จากการตรวจสอบชุดระบายความร้อน (Condensing Unit) ของเครื่องปรับอากาศซึ่งติด

ตั้งอยู่บริเวณพื้นที่โล่งของชั้นดาดฟ้าของอาคาร มีอุณหภูมิโดยรอบชุดระบายความร้อนสูง เนื่องจากได้รับแสงแดดส่องโดยตรงตลอดวัน ทำให้เครื่องปรับอากาศไม่สามารถระบายความร้อนออกได้อย่างมีประสิทธิภาพ และส่งผลให้การควบคุมอุณหภูมิภายในห้องปรับอากาศไม่ได้ตามที่กำหนด

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบการทำงานของชุดระบายความร้อน พบว่า ชุดระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศหลายเครื่องติดตั้งอยู่ในบริเวณใกล้กันมาก อากาศร้อนที่ระบายจาก Condensing Unit จะมีลักษณะการไหลวน กล่าวคือ พัดลมระบายอากาศจะระบายเอาอากาศสู่บริเวณรอบ ๆ อาคารโรงงานเข้าสู่ Condensing Unit อีกชุดหนึ่งจากนั้นเป็นวัฏจักรไปเรื่อยๆ และมีการติดตั้งอยู่นอกอาคารถูกแสงแดดโดยตรงทำให้ได้รับความร้อนอยู่ตลอดทั้งวัน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่องปรับอากาศลดต่ำลง



รูปแสดง การติดตั้งชุด Condensing Unit ที่ได้รับแสงแดดก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

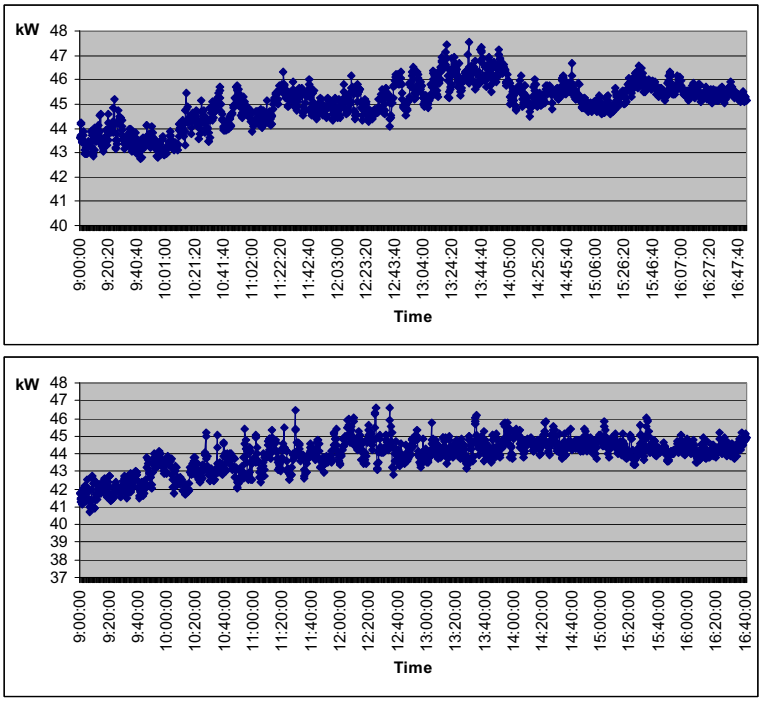
หากมีการบังแสงแดดให้กับชุด condensing unit ของเครื่องปรับอากาศ เพื่อลดค่าอุณหภูมิของอากาศโดยรอบ จะสามารถช่วยให้ระบบระบายความร้อนได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1) ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนการปรับปรุง
2) ทำการปรับปรุงโดยการติดตั้งม่านบังแดด
3) ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหลังการปรับปรุง
4) ประเมินผลการประหยัดพลังงาน

สภาพหลังปรับปรุง



รูปแสดงการติดตั้งวัสดุป้อนกันแสงแดดที่ชุด Condensing Unit หลังปรับปรุง



รูปแสดงผลการบันทึกลักษณะการใช้ไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง

เงินลงทุน	**35,000**	**บาท**			
พลังงานที่ประหยัดที่ได้	**7,020**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.60**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**29,649.60**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**1.18**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

หากมีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศใหม่ ควรพิจารณาการบังร่มเงาให้กับชุดระบายความร้อน (Condensing unit) ของเครื่องปรับอากาศ ซึ่งนอกเหนือจากจะมีผลทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพแล้ว ยังจะสามารถประหยัดพลังงานลงได้

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนปรับปรุง	=	45.15	kW
กำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศหลังปรับปรุง	=	43.23	kW
ระยะเวลาการทำงานของเครื่องปรับอากาศ	=	12	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	=	300	วัน
การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	(45.15 - 43.23) x 12 x 300	
	=	7,020	kWh/ปี
เทียบเท่า	=	0.0006	ktoe/ปี
หรือ	=	25,272	MJ/ปี
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยของโรงงาน	=	4.23	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	7,020.0 x 4.23	
	=	29,649.60	บาท / ปี
เงินลงทุน	=	35,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	35,000 / 29,649.60	
	=	1.18	ปี

3.2.10 มาตรการติดฟิล์มสะท้อนแสงกันรังสีความร้อน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

การออกแบบระบบแสงสว่างภายในโรงพยาบาลนั้นส่วนใหญ่ได้มีการออกแบบให้ใช้กระจกเป็นผนังความส่องสว่าง ประหยัดพลังงาน และความสวยงาม แต่ไม่ได้คำนึงถึงความร้อนที่ได้รับจากแสงอาทิตย์ภายนอกอาคาร ปัจจัยดังกล่าวเป็นสาเหตุทำให้เครื่องปรับอากาศภายในอาคารต้องทำงานหนักขึ้นโดยเฉพาะช่วงเวลากลางวัน-บ่ายซึ่งมีแสงจากดวงอาทิตย์ส่องกระทบมายังตัวอาคาร

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการเข้าให้คำปรึกษาของทีมผู้เชี่ยวชาญการอนุรักษ์พลังงาน ได้ทำการสำรวจและตรวจวัดระดับอุณหภูมิที่ผิวผนังกระจกด้านในอาคาร และบริเวณใกล้เคียง พบว่ามีอุณหภูมิสูง



รูปแสดงลักษณะผนังโปร่งแสงของอาคารก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1. เก็บข้อมูลจำนวนพื้นที่กระจกด้านที่จะปรับปรุง
2. ตรวจวัดอุณหภูมิผิวกระจกก่อนและหลัง
3. วิเคราะห์ผลประหยัด

สภาพหลังปรับปรุง



รูปแสดงลักษณะการติดฟิล์มป้องกันรังสีความร้อนหลังการปรับปรุง

ระยะเวลาดำเนินการ	1.0	เดือน			
เงินลงทุน	632,851	บาท			
ผลประหยัดที่ได้	16,906.80	kWh/ปี	0.00144	ktoe/ปี	หรือ 1.44 toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	63,371.70	บาท/ปี			
ระยะเวลาคืนทุน	9.99	ปี			

ข้อเสนอแนะ

-

แนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ก่อนปรับปรุง

ตารางสรุปการวิเคราะห์ความร้อนผ่านผนังกระจกอาคาร (OTTV) อาคารโรงพยาบาลผิวหนังอโศก

(ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

AZIMUTH ANGLE = 0									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
S-01	-	-	-	335.27	5.8	5	178.2	0.900	63,493.43
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**63,493.43**
AZIMUTH ANGLE = -90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
E-01	-	-	-	335.27	5.8	5	179	0.900	63,734.83
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**63,734.83**
AZIMUTH ANGLE = 90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
W-01	-	-	-	363.36	5.8	5	171.5	0.900	66,622.06
Total	**-**	**-**	**-**	**363.36**	**-**	**-**	**-**	**-**	**66,622.06**

รวมพื้นที่ผนังโปร่งแสง	=	1,033.90	m^2
ปริมาณความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (QA1)	=	193,850.32	Wth

ตารางสรุปการวิเคราะห์ความร้อนผ่านผนังกระจกอาคาร (OTTV) อาคารโรงพยาบาลผิวหนังอโศก (อุปกรณ์บังแดดแบบ Setback)

AZIMUTH ANGLE = 0									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
S-01	-	-	-	335.27	5.8	5	178.2	0.686	50,707.98
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**50,707.98**
AZIMUTH ANGLE = -90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
E-01	-	-	-	335.27	5.8	5	179	0.774	56,173.15
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**56,173.15**
AZIMUTH ANGLE = 90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
W-01	-	-	-	363.36	5.8	5	171.5	0.785	59,455.69
Total	**-**	**-**	**-**	**363.36**	**-**	**-**	**-**	**-**	**59,455.69**

รวมพื้นที่ผนังโปร่งแสง	=	1,033.90	m^2
ปริมาณความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (QB1)	=	166,336.81	Wth

ตารางสรุปการวิเคราะห์ความร้อนผ่านผนังกระจกอาคาร (OTTV) อาคารโรงพยาบาลผิวหนังอโศก (อุปกรณ์บังแดดแบบ Fin Only)

AZIMUTH ANGLE = 0									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
S-01	-	-	-	335.27	5.8	5	178.2	0.668	49,632.57
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**49,632.57**
AZIMUTH ANGLE = -90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
E-01	-	-	-	335.27	5.8	5	179	0.772	56,053.12
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**56,053.12**
AZIMUTH ANGLE = 90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
W-01	-	-	-	363.36	5.8	5	171.5	0.778	59,019.47
Total	**-**	**-**	**-**	**363.36**	**-**	**-**	**-**	**-**	**59,019.47**

รวมพื้นที่ผนังโปร่งแสง	=	1,033.90	m^2
ปริมาณความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (QC1)	=	164,705.16	Wth

หลังปรับปรุง

ตารางสรุปการวิเคราะห์ความร้อนผ่านผนังกระจกอาคาร (OTTV) อาคารโรงพยาบาลผิวหนังอโศก

(ไม่มีอุปกรณ์บังแดด)

AZIMUTH ANGLE = 0									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
S-01	-	-	-	335.27	5.8	5	178.2	0.576	44,136.02
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**44,136.02**
AZIMUTH ANGLE = -90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
E-01	-	-	-	335.27	5.8	5	179	0.576	44,290.51
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**44,290.51**
AZIMUTH ANGLE = 90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
W-01	-	-	-	363.36	5.8	5	171.5	0.576	46,431.59
Total	**-**	**-**	**-**	**363.36**	**-**	**-**	**-**	**-**	**46,431.59**

รวมพื้นที่ผนังโปร่งแสง	=	1,033.90	m^2
ปริมาณความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (QA2)	=	134,858.12	Wth

ตารางสรุปการวิเคราะห์ความร้อนผ่านผนังกระจกอาคาร (OTTV) อาคารโรงพยาบาลผิวหนังอโศก (อุปกรณ์บังแดดแบบ Setback)

AZIMUTH ANGLE = 0									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
S-01	-	-	-	335.27	5.8	5	178.2	0.439	35,950.94
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**35,950.94**
AZIMUTH ANGLE = -90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
E-01	-	-	-	335.27	5.8	5	179	0.495	39,429.43
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**39,429.43**
AZIMUTH ANGLE = 90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
W-01	-	-	-	363.36	5.8	5	171.5	0.502	41,820.19
Total	**-**	**-**	**-**	**363.36**	**-**	**-**	**-**	**-**	**41,820.19**

รวมพื้นที่ผนังโปร่งแสง	=	1,033.90	m^2
ปริมาณความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (QB2)	=	117,200.56	Wth

ตารางสรุปการวิเคราะห์ความร้อนผ่านผนังกระจกอาคาร (OTTV) อาคารโรงพยาบาลผิวหนังอโศก (อุปกรณ์บังแดดแบบ Fin Only)

AZIMUTH ANGLE = 0									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
S-01	-	-	-	335.27	5.8	5	178.2	0.428	35,293.74
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**35,293.74**
AZIMUTH ANGLE = -90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
E-01	-	-	-	335.27	5.8	5	179	0.494	39,369.42
Total	**-**	**-**	**-**	**335.27**	**-**	**-**	**-**	**-**	**39,369.42**
AZIMUTH ANGLE = 90									
SECTION	**Aw**	**Uw**	**Tdeq**	**Af**	**Uf**	**Tdiff**	**SF**	**SC**	**Q**
W-01	-	-	-	363.36	5.8	5	171.5	0.498	41,570.93
Total	**-**	**-**	**-**	**363.36**	**-**	**-**	**-**	**-**	**41,570.93**

รวมพื้นที่ผนังโปร่งแสง	=	1,033.90	m^2
ปริมาณความร้อนรวมผ่านผนังอาคาร (QC2)	=	116,234.08	Wth

กระจกมีค่า SC = 0.90

ฟิล์มกรองแสงที่มีค่า SC = 0.64

กระจกรวมฟิล์ม มีค่า SC = 0.576

สรุปความร้อนผ่านผนังกระจกอาคาร ก่อนติดฟิล์มกรองแสง

ชนิดอุปกรณ์บังแดด	ความร้อนผ่านผนัง		ปริมาณ	หน่วย
ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	QA1	=	193,850.32	Wth
อุปกรณ์บังแดดแบบ Fin Only	QB1	=	166,336.81	Wth
อุปกรณ์บังแดดแบบ Setback	QC1	=	164,705.16	Wth

สรุปความร้อนผ่านผนังกระจกอาคาร หลังติดฟิล์มกรองแสง

ชนิดอุปกรณ์บังแดด	ความร้อนผ่านผนัง		ปริมาณ	หน่วย
ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	QA2	=	134,858.12	Wth
อุปกรณ์บังแดดแบบ Fin Only	QB2	=	117,200.56	Wth
อุปกรณ์บังแดดแบบ Setback	QC2	=	116,234.08	Wth

ผลประหยัด

ชนิดอุปกรณ์บังแดด	ความร้อนผ่านผนัง		ปริมาณ	หน่วย
ไม่มีอุปกรณ์บังแดด	(QA1-QA2) = ΔQA	=	58,992.20	Wth
อุปกรณ์บังแดดแบบ Fin Only	(QB1-QB2) = ΔQB	=	49,136.26	Wth
อุปกรณ์บังแดดแบบ Setback	(QC1-QC2) = ΔQC	=	48,471.08	Wth

ปริมาณความร้อนลด	=	(ΔQA - ΔQB) + (ΔQA -ΔQC)	
	=	(58,992.20-49,136.26) + (58,992.20-48,471.08)	
	=	20,377.06	Wth
	=	20.38	kWth
	=	5.79	Tons

เวลาที่ได้รับแสงอาทิตย์	=	7.00 - 17.00 น.	
ชั่วโมงผนังรับแสงอาทิตย์	=	10.00	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	=	365	วัน/ปี
กำลังไฟฟ้าต่อความเย็นที่ทำได้ของ Chiller	=	0.8	kW/TonR
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง	=	5.79x0.80x10.00x365	
	=	16,906.80	kWh/ปี
คิดเป็นปริมาณเทียบเท่า น้ำมันดิบ	=	16,906.80x85.21/1,000,000,000	
	=	0.00144	ktoe/ปี
	=	1.44	toe/ปี
ค่าไฟฟ้า	=	3.63	บาท/kWh

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง	=	16,906.80x3.63	
	=	61,371.70	บาท/ปี
การลงทุน			
ค่าติดตั้งฟิล์มกรองแสงรวม	=	632,851	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	10.31	ปี

3.3 ระบบทำความเย็น

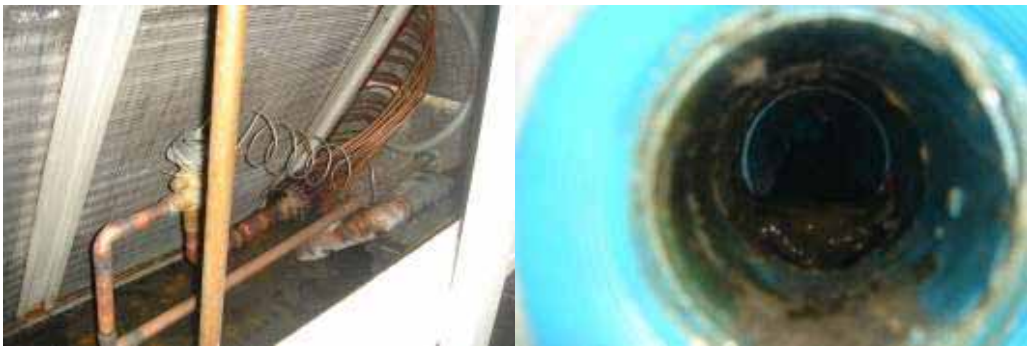
3.3.1 มาตรการลดภาระความชื้นในถาดรองน้ำของระบบ AHU

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตภัณฑ์จากสิ่งทอ มีการติดตั้งระบบปรับอากาศแบบชุด (Package Unit) ระบายความร้อนด้วยอากาศ พิกัด 25 ตันความเย็น จำนวน 2 ชุด เพื่อจ่ายความเย็นให้กับพื้นที่ต่าง ๆ ภายในอาคารโรงงาน โดยควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส เพื่อปรับสภาวะความเย็นเกิดความสบายแก่ผู้ปฏิบัติงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจชุดจ่ายลมเย็น (Air Handling Unit) ขนาด 50 ตันความเย็น จำนวน 2 ชุด พบว่าบริเวณท่อ suction ไม่มีการหุ้มฉนวน มีผลทำให้เกิดมีน้ำกลั่นตัวอยู่บริเวณถาดรองน้ำในปริมาณมาก ทำให้มีตะไคร่และตะกอนเป็นจำนวนมากอุดตันขวางทางการระบายน้ำ จึงเป็นสาเหตุทำให้น้ำไม่สามารถระบายออกจากระบบได้ โดยน้ำที่ขังอยู่จะมีสภาพเป็นภาระความร้อนแผง (Latent heat) ในพื้นที่ปรับอากาศ เป็นผลกระทบทำให้เครื่องปรับอากาศต้องทำงานมากและใช้พลังงานขึ้นเพื่อลดภาระความร้อนเหล่านี้



รูปแสดงการสำรวจและลักษณะการใช้งานของระบบ AHU ของแผนกเย็บผ้า

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การลดการเกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำที่บริเวณท่อ Suction ทำได้โดยการหุ้มฉนวนท่อและระบายน้ำที่ขังรวมถึงทำความสะอาดถาดรองน้ำให้มีการระบายน้ำได้สะดวกแล้วจะสามารถลดภาระความร้อนที่เกิดจากความร้อนแฝลของน้ำได้ จะช่วยทำให้ลดภาระความร้อนของระบบปรับอากาศลงจะส่งผลให้ตัวคอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ซึ่งจะเป็นการลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงและยืดอายุการใช้งานของอุปกรณ์ด้วยเช่นกัน

จากการปรึกษาหารือแนวทางการดำเนินมาตรอนุรักษ์พลังงานสรุปได้ว่า โรงงานจะดำเนินการปรับปรุงแก้ไข โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์อากาศเย็นด้านจ่ายและกลับ เวลาทำงานของเครื่องปรับอากาศ
2) สำรวจข้อมูลด้านราคาฉนวนหุ้มท่อ Suction พร้อมการติดตั้ง
3) จัดทำแผนงานการปรับปรุง โดยไม่ให้มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิต
4) ดำเนินการปรับปรุงแก้ไข และตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการ
5) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง เพื่อรายงานเสนอต่อผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการหุ้มฉนวนท่อน้ำยาทำความเย็นด้าน suction และปรับปรุงแก้ไขปัญหาน้ำขังในถาดรองน้ำของชุดจ่ายลมเย็นของรบบปรับอากาศดังที่กล่าวมาแล้ว ส่งผลให้ระบบปรับอากาศทำงานน้อยลงและสามารถประหยัดพยัดพลังงาน สรุปได้ดังนี้

เงินลงทุน	**1,100**	**บาท**			
พลังงานไฟฟ้าลดลง	**2,736**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.233**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**11,655.36**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**0.09**	**ปี**



รูปแสดงการหุ้มฉนวนท่อน้ำยาทำความเย็นและท่อระบายน้ำหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

โรงงานควรมีแผนปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพ และบำรุงรักษาระบบปรับอากาศหรือเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ อย่างสม่ำเสมอ โดยจัดให้มีผู้มีประสบการณ์ หรือช่างเทคนิคเข้าตรวจสอบดูแล ในกรณีระบบปรับอากาศควรมีแผนงานตรวจสอบเพื่อบำรุงรักษาอย่างน้อยปีละ 2 ครั้ง เพื่อทำให้ระบบปรับอากาศในโรงงานทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพและประหยัดพลังงาน

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

กำลังไฟฟ้าของระบบทำน้ำเย็นที่วัดได้	= 57.0	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	= กำลังไฟฟ้าที่ใช้ x ชั่วโมงการทำงาน x สัดส่วนการทำงาน	
	= 57.0 kW x 8 ชม./วัน x 300 วัน/ปี	
	= 136,800	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง	= พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ x การสูญเสียที่ลดลง	
	= 136,800	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี x 2%
	= 2,736	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
เทียบเท่า	= 2,736 x 85.21 x 10^{-6}	toe/ปี
	= 0.233	toe/ปี
คิดเป็นเงินประหยัดได้	= 2,736 x 4.26	บาท/ปี
	= 11,655.36	บาท/ปี

การลงทุน

- ค่าฉนวน aeroflex หนา ¾ นิ้วขนาดความยาว 1 เมตร จำนวน 9 ท่อน ราคา 900 บาท และกาวราคากระป๋องละ 200 บาท ส่วนการติดตั้งและทำความสะอาดผู้ปฏิบัติงานของโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง รวมค่าใช้จ่ายในการปรับปรุง 1,100 บาท

3.3.2 มาตรการเปลี่ยนการใช้พัดลมระบายความร้อนแทนเครื่องปรับอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

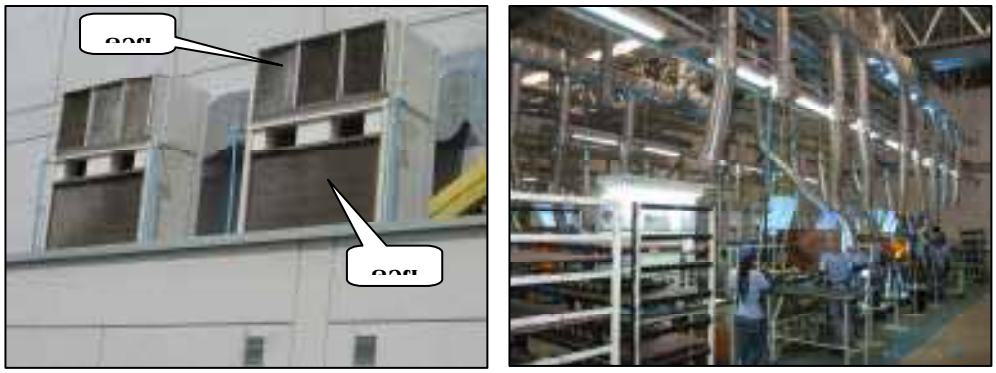
โรงงานอุตสาหกรรมโลหะ มีผลผลิตหลัก คือ ชิ้นส่วนประกอบรถจักรยานยนต์ ซึ่งในกระบวนการพ่นสีวัสดุนั้น จะต้องมีการเตรียมผิวชิ้นงานโดยการยิงทราย (Shot Blast) โดยพนักงานในแผนกจะมีหน้าที่นำวัสดุซึ่งผ่านการเชื่อมและประกอบแล้ว มาทำการตกแต่งชิ้นงานก่อนส่งเข้าเครื่อง Shot Blast ต่อไป




รูปแสดงกระบวนการเตรียมชิ้นงานก่อนพ่นสี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้พลังงานภายในโรงงาน พบว่า ในบริเวณพื้นที่การผลิตของโรงงานมีการติดตั้งใช้งานเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน ขนาด 20 ตันความเย็น จำนวน 4 เครื่อง โดยใช้งานในลักษณะของการให้ความเย็นเฉพาะจุด (Spot Cooling) โดยต่อท่อนำอากาศเย็นสำหรับพนักงานแต่ละคน ซึ่งเครื่องปรับอากาศทั้ง 4 ชุด ดังกล่าวนี้มีการติดตั้งชุดคอยล์เย็นภายนอกอาคาร ไม่มีลักษณะของลมกลับ (Return Air) แต่จะใช้อากาศภายนอก (Fresh Air) มาผ่านคอยล์เย็นโดยตรงทั้งหมด ซึ่งลักษณะของการใช้ระบบดังกล่าวจะสิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก



รูปแสดงเครื่องปรับอากาศที่มีคอยล์ร้อนและคอยล์เย็นติดตั้งไว้ภายนอกอาคาร

จากรูป ระบบท่อจ่ายลมเย็นสู่ตัวพนักงานโดยตรงนี้จะมีการใช้เครื่องปรับอากาศร่วมกันอยู่หลายแผนก ซึ่งแม้ว่าในบางแผนกจะไม่มีการผลิต แต่ไม่สามารถปิดระบบท่อจ่ายลมลงได้ เนื่องจากใช้ท่อเมนลมร่วมกันทำให้ต้องมีการเปิดเครื่องปรับอากาศ เพื่อเป่าลมเย็นทิ้งในท่อที่ไม่มีการทำงานตลอดเวลา แสดงดังรูป



รูปแสดงท่อจ่ายลมจากเครื่องปรับอากาศสู่ตัวพนักงานโดยตรง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากปัญหาของระบบซึ่งมีลักษณะการใช้งานที่สิ้นเปลืองพลังงานมาก โรงงานจึงมีแนวความคิดที่จะลดความสิ้นเปลืองสำหรับการใช้พลังงานสำหรับเครื่องปรับอากาศลง โดยการเปลี่ยนไปใช้พัดลมเฉพาะจุดติดตั้งให้กับพนักงาน ตลอดจนพิจารณาเปิดโล่งประตูเข้า-ออก ให้สามารถระบายอากาศภายในอาคารได้โดยที่พนักงานไม่รู้สึกร้อนหรืออึดอัดขณะปฏิบัติงาน การปรับปรุงทำได้โดยการติดตั้งพัดลมแบบแขวน จำนวน 3 ชุด สำหรับพนักงานในแผนกดังกล่าว พร้อมทั้งติดตั้งสวิทช์กระตุก (Pull Down Switch) สำหรับพัดลมแต่ละชุด เพื่อความสะดวกสำหรับพนักงานในการควบคุมการเปิด-ปิดพัดลมเมื่อไม่มีการใช้งาน

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินมาตรการปรับปรุงตามแนวคิดดังที่กล่าวมาแล้ว โรงงานสามารถใช้งานพัดลมที่ติดตั้งใหม่แทนการใช้งานเครื่องปรับอากาศ โดยไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของพนักงานแต่อย่างใด โดยสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังแสดงรายละเอียดในวิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน





รูปแสดงการใช้พัดลมระบายความร้อนให้พนักงานแทนการใช้เครื่องปรับอากาศ

เงินลงทุน	**9,555.00**	**บาท**			
พลังงานที่ประหยัดได้	**36,672.26**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**3.125**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**127,986.19**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**0.07**	**ปี**

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการนี้ จะเป็นการเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานก่อน และหลังการปรับปรุงโดยมีรายละเอียด ดังนี้

ก่อนปรับปรุง (ใช้งานเครื่องปรับอากาศ 2 คอมเพรสเซอร์)

เครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขนาด 20 ตันความเย็น จำนวน 1 เครื่อง

พลังงานไฟฟ้ารวม = ∑ กำลังไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ x % การทำงานคอมเพรสเซอร์
x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี x % การเปิดใช้งาน

= [(15.66 x 0.30) + (27.35 x 0.70)] x 8 x 248 x 0.80

= 37,843.61 kWh/ปี

หลังปรับปรุง (ใช้งานพัดลมแทนเครื่องปรับอากาศ)

ติดตั้งพัดลมขนาด 188 W (ขนาดใบพัด 18 นิ้ว) จำนวน 1 ชุด
ติดตั้งพัดลมขนาด 275 W (ขนาดใบพัด 24 นิ้ว) จำนวน 2 ชุด

พลังงานไฟฟ้ารวม = $\sum$ พลังไฟฟ้าของพัดลมทั้ง 3 ชุด
x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี x % การเปิดใช้งาน
= (0.188 + 0.275 + 0.275) x 8 x 248 x 0.80
= 1,171.35 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 37,843.61 - 1,171.35
= 36,672.26 kWh/ปี

เทียบเท่า = 36,672.26 x 85.21 x 10^{-6}
= 3.125 toe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 36,672.26 x 3.49
= 127,986.19 บาท/ปี

การลงทุน

การดำเนินการตามมาตรการนี้มีรายละเอียดการลงทุนดังนี้
- พัดลมขนาด 188 W (ขนาดใบพัด 18 นิ้ว) จำนวน 1 ชุด ราคา 2,660.00 บาท/ชุด
- พัดลมขนาด 275 W (ขนาดใบพัด 24 นิ้ว) จำนวน 2 ชุด ราคา 3,380.00 บาท/ชุด
- สวิทช์กระตุก (Pull Down Switch) จำนวน 3 ชุด ราคา 45.00 บาท/ชุด
- ไม่คิดค่าแรงในการติดตั้งเนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

ดังนั้น รวมเงินลงทุนทั้งสิ้น = 9,555.00 บาท
ระยะเวลาคืนทุน = 9,555.00 / 127,986.19
= 0.07 ปี

3.3.3 มาตรการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเครื่องปรับอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

อาคารโรงแรมมีการใช้งานเครื่องแบบอากาศแบบรวมศูนย์ พิกัดการทำความเย็น 150 ตันความเย็น จำนวน 2 เครื่อง เดือนเครื่องสลับการทำงาน

ปัญหาของอุปกรณ์ / ระบบก่อนปรับปรุง

สภาวะอุณหภูมิการปรับอากาศภายในอาคารต่ำมากแม้ในช่วงเวลากลางวันที่อากาศภายนอกอาคารมีอุณหภูมิสูง โดยอุณหภูมิที่วัดได้ในพื้นที่ปรับอากาศเฉลี่ยอยู่ที่ 22 -23 °C อยู่เสมอแม้น้ำเย็นส่งจ่ายมีการควบคุมที่ 45 °F มีผลกระทบทำให้พนักงานที่ปฏิบัติหน้าที่ในอาคารมักจำเป็นต้องใส่เสื้อคลุมอยู่เสมอ



รูปแสดงความแตกต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นด้านส่งจ่ายและกลับของเครื่องทำน้ำเย็น

สภาพก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจพบว่า อุณหภูมิน้ำเย็นส่งจ่ายมีการควบคุมที่ 45 °F และอุณหภูมิน้ำเย็นด้านกลับมีค่า 51 °F ซึ่งผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นเพียง 6 °F แสดงถึงภาระการทำความเย็นมีปริมาณน้อย เนื่องจากในการออกแบบระบบปรับอากาศนั้น โดยทั่วไปผลต่างของอุณหภูมิน้ำเย็นด้านส่งจ่ายและกลับจะถูกออกแบบให้มีค่าเท่ากับ 10 °F จะให้ประสิทธิภาพสูงสุด และจาก แบบจดบันทึกการทำงานของเครื่องทำน้ำเย็น พบว่า ระบบมีภาระการทำความเย็นในช่วงเวลากลางวันต่ำกว่าช่วงเวลากลางคืนตามลักษณะประเภทของอาคาร

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การเพิ่มอุณหภูมิการส่งจ่ายน้ำเย็นระบบปรับอากาศ จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศลงได้ อย่างไรก็ตามอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะต้องไม่มีผลกระทบต่อผู้ปฏิบัติงานในอาคารและการบริการ ดังนั้น ในเบื้องต้นจะปรับการควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็นส่งจ่ายขึ้น 1 °F เพื่อทดสอบผลกระทบที่เกิดขึ้น และคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

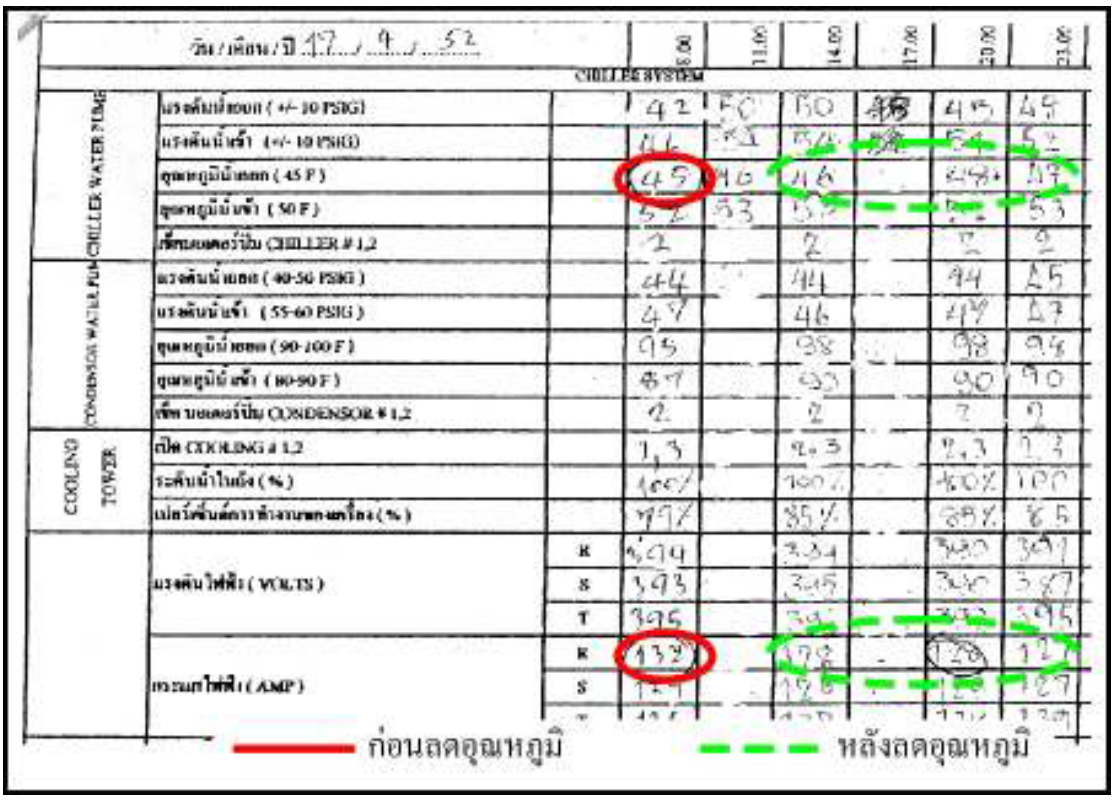
สภาพหลังปรับปรุง

การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นส่งจ่ายในระบบปรับอากาศให้มีค่าสูงขึ้น จะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศมีภาระในการทำความเย็นลดลง และช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานลงสรุปได้ ดังนี้

เงินลงทุน -
พลังงานที่ประหยัดได้ 8,168 kWh/ปี หรือเทียบเท่า 0.66 toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 23,524 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน -

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

หากเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นในช่วงเวลากลางวัน 8:00 น. -18:00 น. เป็น 46 °F ไม่ส่งผลกับการบริการ อาจทดลองเพิ่มอุณหภูมิเป็น 47 °F และตรวจวัดหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิในพื้นที่ปรับอากาศว่ายังเพียงพอต่อความสบายของผู้ใช้บริการอาคาร โดยปกติอยู่ที่ไม่เกิน 75 – 77 °F ซึ่งจะสามารถประหยัดพลังงานได้เพิ่มขึ้น



รูปแสดงบันทึกการปรับการควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็นให้สูงขึ้นหลังการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากบันทึกค่าการตรวจวัดการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

ค่ากระแสไฟฟ้าก่อนการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น = 132 A

ค่ากระแสไฟฟ้าหลังเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นเป็น 47 ^{o}C = 128 A

การเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น 2 ^{o}F สามารถลดกระแสไฟฟ้าได้ = 132-128 = 4 A

จำนวนชั่วโมงใช้งาน = 10 ชม./วัน

จำนวนวันเปิดใช้งาน = 365 วัน/ปี

ผลประหยัดจากเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็น = $1.732 \times 380 \times 4 \times 0.85 \times 10 \times 365$

= 8,167,766 kWh/ปี

= 8,168 kWh/ปี

เทียบเท่ากับ = 8,168/11,736

= 0.66 toe/ปี

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 2.88 บาท/kWh

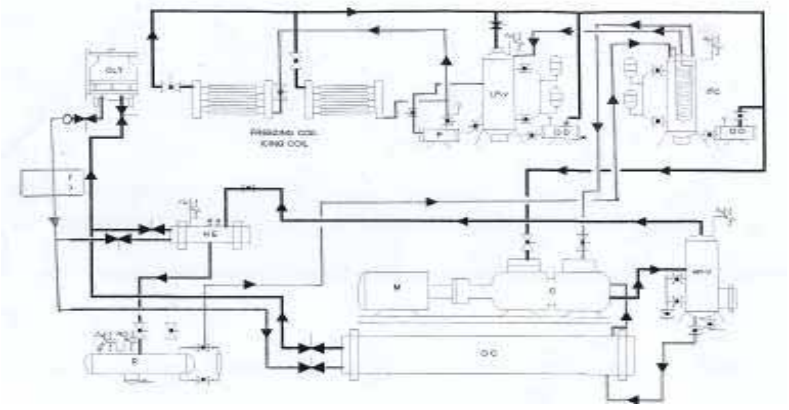
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = $8,168 \times 2.88$

= 23,524 บาท/ปี

3.3.4 มาตรการปรับปรุงฉนวนท่อในระบบทำความเย็น

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมห้องเย็นและแปรรูปอาหารทะเล ในกระบวนผลิตส่วนใหญ่จะใช้พลังงานไปในระบบการทำความเย็น โดยเครื่องทำความเย็นที่ติดตั้งใช้งานจะปรับอากาศภายในห้องเย็นให้มีอุณหภูมิที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อการแช่แข็งอาหารทะเลสด เก็บวัตถุดิบ และเก็บอาหารสำเร็จรูป



รูปแสดงแผนผังระบบทำความเย็นของโรงงานห้องเย็น

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องมาจากลักษณะของกิจการของโรงงานเป็นประเภทเป็นห้องเย็นสำหรับอาหารทะเล ซึ่งภายในโรงงานจะประกอบด้วยความชื้นและเกลือทะเลสูง มีผลกระทบทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ชำรุดและเสียหายง่าย วัสดุในระบบทำความเย็นก็เช่นเดียวกัน ท่อสำหรับส่งจ่ายสารทำความเย็นจะเกิดสภาพสนิมและฉนวนหุ้มป้องกันการสูญเสียความเย็นมีลักษณะชำรุด ทำให้สูญเสียความเย็นและเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงสภาพของระบบท่อจ่ายความเย็นและฉนวนก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1) ทำการตรวจเช็คพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในเครื่องทำความเย็น ว่ามีการตัดต่อบ่อยหรือไม่
2) ตรวจสอบวัสดุฉนวนของท่อ วาล์ว และหน้าแปลนต่างๆ ในระบบส่งจ่ายความเย็น
3) ทำการวิเคราะห์การสูญเสียความเย็นที่เป็นภาระของเครื่องทำความเย็น
4) เลือกขนาดความหนาและประเภทของฉนวนที่เหมาะสมควรจะเป็นดังนี้
   - ห้องแช่แข็ง (อุณหภูมิ – 40 $^{\circ}$C) ฉนวนควรเป็น Polystyrene หนา 250 mm. หรือ Polyurethane หนา 150-200 mm.
   - ห้องเก็บ (อุณหภูมิ – 20 $^{\circ}$C) ฉนวนควรเป็น Polystyrene หนา 200 mm. หรือ Polyurethane หนา 100-125 mm.
5) ดำเนินการแก้ไขปรับปรุงหุ้มฉนวนกันความเย็น และเปลี่ยนท่อที่มีการรั่วไหลของสารทำความเย็น
6) ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า และประเมินผลจากการดำเนินการ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการปรับปรุงฉนวนหุ้มท่อ วาล์ว และหน้าแปลนต่าง ๆ ในระบบทำความเย็น เพื่อลดการสูญเสียทางด้านพลังงาน คิดเป็นเงิน 8,280.48 บาท/ปี

เงินลงทุน	**7,650.00**	**บาท**			
พลังงานที่ประหยัดได้	**2,645.52**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.225**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**8,280.48**	**บาท/ปี**	**ระยะเวลาคืนทุน**	**0.92**	**ปี**



รูปแสดงการหุ้มฉนวนท่อ วาล์วและหน้าแปลนต่างๆ หลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

เมื่อดำเนินการปรับปรุงฉนวนในระบบทำความเย็นเสร็จเรียบร้อยแล้ว ควรมีการตรวจสอบดูแลและบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อไม่ให้เกิดการชำรุดเสียหายและปล่อยทิ้งไว้เป็นระยะเวลานาน ซึ่งจะยิ่งทำให้สูญเสียพลังงานในปริมาณสูงโดยไม่จำเป็น

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ตำแหน่งที่วิเคราะห์
ข้อมูล			**ที่ส่งสารทำความเย็น**
ขนาดท่อ norminal diameter	m	dn	0.003
ท่อตรง	m	L	30.00
ขนาดท่อ norminal diameter	m	dn	0.015
ท่อตรง	m	L	0.60
จำนวนหน้าแปลนชนิด	F10	n	0.00
Flage 10 kg/cm^2		le	0.00
จำนวนวาล์ว ชนิด	G10	n	0.00
Flang Globe Valve 10 kg/cm^2		le	0.00
จำนวนวาล์ว ชนิด	Gt10	n	0.00
Flang Gate Valve 10 kg/cm^2		le	0.00
จำนวนวาล์ว ชนิด	C10	n	0.00
Control Valve 10 kg/cm^2		le	0.00
ความยาวท่อเทียบเท่ารวมทั้งหมด	m	Le	30.60
Le = L + le x n + le x n + ……			
อุณหภูมิน้ำเย็นในท่อ	$^{\circ}C$	T_b	-29.00
อุณหภูมิผิวท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน	$^{\circ}C$	T_S	-25.00
อุณหภูมิผิวฉนวน	$^{\circ}C$	T_2	28.00
เวลาทำงาน	h/y	wh	8,760

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ตำแหน่งที่วิเคราะห์
ข้อมูล			**ที่ส่งสารทำความเย็น**
เลือกใช้ความหนาฉนวน	m	ti	0.2500
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	฿/kWh	C_E	3.13
ค่า kW/TR ของเครื่องทำความเย็น	kW/TR	kW/TR	0.18
อุณหภูมิอากาศแวดล้อม	°C	Ta	34.0
เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ	m	do	0.1652
เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ	m	di	0.1510
ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างอากาศกับผิวท่อ	$W/(m^{2\circ}C)$	h_a	8.00
ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างน้ำยากับผิวท่อ	$W/(m^{2\circ}C)$	h_W	10,500.00
ค่าการนำความร้อนของเหล็ก	$W/(m^{\circ}C)$	k_S	34.00
ค่าการนำความร้อนของฉนวน	$W/(m^{\circ}C)$	ki	0.03164
$ki = 0.0314 + 0.00016 \times (T_2 + T_S)/2$			
การคำนวณ			
ค่าความต้านทานความร้อนของอากาศ		Ra	0.01000
$Ra = 1 / [2 \times pi \times (do / 2) \times Le \times h_a]$			
ค่าความต้านทานความร้อนของเหล็ก		Rs	0.00001
$Rs = [1 / (2 \times pi \times Le \times ks)] \times \ln (do/di)$			
ค่าความต้านทานความร้อนของน้ำยา		Rw	0.00001
$Rw = 1 / [2 \times pi \times (di / 2) \times Le \times h_W]$			
ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวน		Ri	0.15100
$Ri = [1 / (2 \times pi \times Le \times ki)] \times \ln [(do + ti)/ do]$			
ค่าความต้านทานความร้อนรวมกรณีไม่ติดตั้งฉนวน		Rt	0.01000
$Rt = Ra + Rs + Rw$			
ค่าความต้านทานความร้อนรวมกรณีติดตั้งฉนวน		Rti	0.16100
$Rt = Ra + Rs + Rw + Ri$			
ความร้อนที่สูญเสียจากท่อกรณีไม่หุ้มฉนวน	kW	Q	6.30
$Q = [(Ta - Tb) / Rt]/1000$			

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	ตำแหน่งที่วิเคราะห์
ข้อมูล			**ที่ส่งสารทำความเย็น**
ความร้อนที่สูญเสียจากท่อกรณีหุ้มฉนวน Qi = [(Ta - Tb) / Rti]/1000	kW	Qi	0.391
อุณหภูมิผิวของฉนวน Twi = Ta - (Qi x 1,000 x Ra)	°C	Twi	30.1
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ Qs = (Q - Qi)/3.517	TR	Qs	1.680
พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ Ep = kW/TR x Qs	kW	Ep	0.302
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ Es = Ep x wh	kWh/y	Es	2,645.52
ราคาพลังงานที่ประหยัดได้ Ec = Es x C_E	฿/y	Ec	8,280.48
การลงทุน			
ค่าใช้จ่ายในการหุ้มฉนวนรวม Jacket และค่าแรง	฿/m	C_O	250.0
ค่าใช้จ่ายในการหุ้มฉนวนทั้งหมด $C_T = C_O$ x Le	฿	C_T	7,650.0
ระยะเวลาการคืนทุน PB = C_T / Ec	y	PB	0.92

สรุป

ผลที่ประหยัดได้	**2,645.52**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.225**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**8,280.48**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**7,650.00**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.92**	**ปี**			

3.3.5 มาตรการลดการสูญเสียน้ำเย็นในระบบทำน้ำเย็น

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตเครื่องดื่มประเภทนมบรรจุกล่องพาสเจอร์ไรส์ มีการปฏิบัติงานประมาณ 9 ชั่วโมงต่อวัน และจำนวน 300 วันต่อปี มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในเครื่องจักรและอุปกรณ์ โดยมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 560,142 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.46 บาทต่อหน่วย ในด้านความร้อนใช้เชื้อเพลิงน้ำมันเตาเกรด เกรดA ปริมาณ 48,000 ลิตรต่อปี มี ราคาเฉลี่ยอยู่ที่ 21.26 บาทต่อลิตร ในส่วนของกระบวนการผลิตมีการใช้เครื่องทำความเย็นแบบใช้น้ำเน็น ขนาด 20 ตันความเย็น (TR) โดยสะสมความเย็นในรูปน้ำแข็ง เพื่อใช้ในการลดอุณหภูมินมที่เครื่องแลกเปลี่ยนความเย็น Plate heat exchanger ของระบบพาสเจอร์ไรส์ การเดินเครื่องใช้งานเครื่องทำน้ำเย็น 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจระบบส่งจ่ายน้ำเย็น พบว่า น้ำเย็นที่ผลิตได้จะมีการรั่วไหลไปในการส่งจ่ายตามแนวท่อ สาเหตุเนื่องมาจากสภาพการใช้งานมานานและขาดการตรวจสอบบำรุงรักษา โดยเฉพาะที่จุดต่อเชื่อมท่อและปะเก็นที่เครื่อง Ripple plate มีปริมาณน้ำเย็นรั่วออกเป็นจำนวนมาก ในขณะที่เดินระบบทำน้ำเย็น การตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเย็นที่ผลิตได้มีค่าประมาณ 2 $^{\circ}$C ซึ่ง ทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าในการทำความเย็นโดยเปล่าประโยชน์ หากมีกำหนดการซ่อมบำรุงอุปกรณ์ต่าง ๆ เหล่านี้อย่างสม่ำเสมอ จะสามารถทำให้ลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลงได้อย่างมาก



รูปแสดงการรั่วของระบบน้ำเย็นในอุปกรณ์ต่าง ๆ ก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ดำเนินการบำรุงรักษาโดยการเปลี่ยนวัสดุปะเก็นที่เครื่อง Ripple plate เพื่อป้องกันการรั่วของน้ำเย็นที่ส่งจ่าย โดยมีขั้นตอนการทำงาน ดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและกลับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ และข้อมูลอื่นๆที่จำเป็นในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็น
2) สำรวจข้อมูลด้านราคา โดยสอบถามราคาอะไหล่ซ่อมแซม ขั้นตอนและวิธีการติดตั้ง รวมทั้งระยะเวลาในการสั่งซื้อ
3) จัดทำแผนการปรับปรุงร่วมกันกับคณะทำงานของผู้ประกอบการ โดยวางแผนงานในการเปลี่ยนปะเก็นที่เครื่อง Ripple plate
4) วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลเชิงเทคนิค ด้านราคา และแผนงานในการปรับปรุงจัดทำเป็นเอกสารเพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการบริหารขององค์กรประกอบการพิจารณา
5) ดำเนินการตามมาตรการ และอุปกรณ์ต่างๆ การปรับเปลี่ยนและติดตั้ง พร้อมทั้งตรวจวัดข้อมูลเชิงเทคนิคหลังการปรับปรุง
6) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง และรายงานผลต่อผู้บริหาร

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานดำเนินการเปลี่ยนปรับปรุงแก้ไขการรั่วน้ำเย็นของเครื่องทำน้ำเย็นแล้ว ซึ่งสามารถประเมินผลการประหยัดได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	**6,158.0**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.525**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**21,306.68**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**3,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.14**	**ปี**			



รูปแสดงการซ่อมแซมเพื่อลดการรั่วของน้ำเย็นที่อุปกรณ์หลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

จากผลการดำเนินการดังกล่าว ทางโรงงานควรมีแผนปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและบำรุงรักษาระบบทำน้ำเย็นที่ติดตั้งในโรงงานอย่างสม่ำเสมอ และให้มีผู้ที่มีประสบการณ์ในการดูแลเกี่ยวกับระบบทำความเย็นจากเข้าตรวจสภาพการทำงานอย่างน้อยปีละครั้ง เพื่อจะทำให้ระบบทำความเย็นทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

จากการตรวจวัดระบบทำน้ำเย็นแบบ Ripple plate ขนาด 20 ตันความเย็น พบว่า

อัตราการรั่วไหลของน้ำเย็น	=	1.2	ลิตร/นาที
อุณหภูมิน้ำเติมเข้าระบบทำน้ำเย็น	=	30	°C
อุณหภูมิน้ำเย็นที่รั่วจากระบบ	=	2	°C
ภาระความเย็น (Cooling capacity)	=	m Cp (T2 – T1)	
	=	1.2 kg/min x 1/60 min/sec	
		x 4.2 kJ/kg-°C x (30.0-2.0) °C	
	=	2.352	kW
คิดเทียบเท่าตันความเย็นที่สูญเสีย	=	2.352 kW / 3.517 TR/kW	
	=	0.6687 TR	
ดัชนีกำลังไฟฟ้าของระบบทำน้ำเย็น	=	1.279	kW/TR
เทียบเท่ากำลังไฟฟ้าที่สูญเสีย	=	ตันความเย็นที่สูญเสีย x ดัชนีกำลังไฟฟ้าของระบบทำน้ำเย็น	
	=	0.6687 TR x 1.279 kW/TR	
	=	0.8553	kW
การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง	=	กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียลดลง x ชั่วโมงการทำงาน	
	=	0.8553 kW x 24 ชม./วัน x 300 วัน/ปี	
	=	6,158	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
เทียบเท่า	=	6,158 x 85.21 x 10^{-6}	toe/ปี
	=	0.525	toe/ปี
คิดเป็นเงิน	=	6,158 x 3.46	บาท/ปี
	=	21,306.68	บาท/ปี

3.3.6 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมห้องเย็นและแปรรูปอาหารทะเล ในกระบวนผลิตส่วนใหญ่จะใช้พลังงานไปในระบบการทำความเย็น โดยเครื่องทำความเย็นที่ติดตั้งใช้งานจะปรับอากาศภายในห้องเย็นให้มีอุณหภูมิที่ -20 องศาเซลเซียส เพื่อการแช่แข็งอาหารทะเลสด การเก็บวัตถุดิบ และเก็บอาหารสำเร็จรูป

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจและตรวจวัดประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องที่ใช้ สำหรับห้องเย็นแช่แข็ง พบว่า มีประสิทธิภาพการทำงานที่ค่อนข้างต่ำ เนื่องจากความดันด้านคอนเดนเซอร์สูงและอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนยังสูงอีกด้วย โดยทั่วไปอุณหภูมิน้ำก่อนเข้าคอนเดนเซอร์ควรจะมีอุณหภูมิต่างจากอุณหภูมิกระเปาะเปียกของบรรยากาศ ไม่เกิน 1.5 - 3.0 $^{\circ}$C ซึ่งอุณหภูมิกระเปาะเปียกของประทศไทยจะอยู่ช่วงประมาณ 20 – 26°C ดังนั้น หากอุณหภูมิน้ำระบายความร้อนเข้าคอนเดนเซอร์สูงกว่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกมาก ๆ อาจเกิดได้หลายปัจจัย เช่น หอผึ่งเย็นติดตั้งในตำแหน่งที่อากาศถ่ายเทไม่สะดวก, ความชื้นอากาศเข้าระบายสูง, รอบการหมุนของ Sprinkler ต่ำ กระจายน้ำได้ไม่ดี, หัวฉีดตัน, แผ่นฟิลเลอร์สกปรก, พัดลมกินลมน้อย, ปริมาณน้ำไหลผ่านน้อยและขนาดของหอผึ่งเย็นเล็กเกินไป ซึ่งสาเหตุดังกล่าวฯ เป็นผลให้อุณหภูมิน้ำเข้าคอนเดนเซอร์สูงขึ้นซึ่งเป็นผลกระทบทำให้ความดันของสารทำความเย็นด้านสูง (High Pressure) สูงขึ้น และทำให้คอมเพรสเซอร์ (Compressor) ทำงานหนักขึ้นส่งผลให้ต้องใช้พลังงานมากกว่าเดิม ในขณะที่ความเย็นที่ได้เท่าเดิมหรือต่ำกว่าที่ต้องการ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์

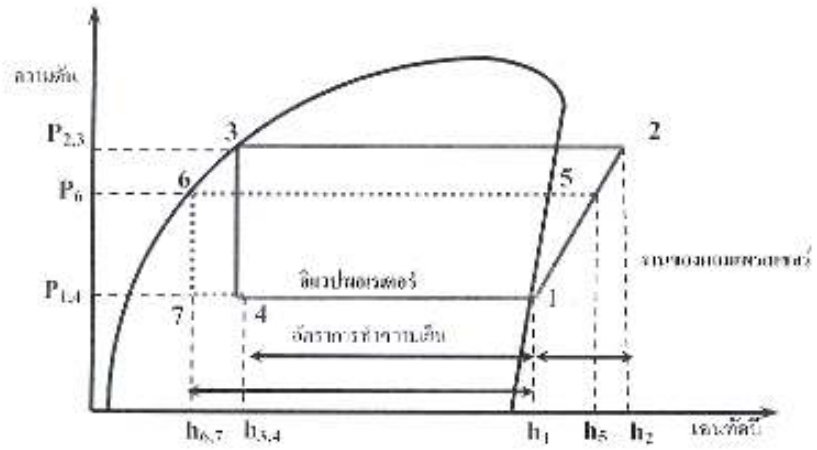


รูปแสดงระบบทำความเย็นของโรงงานก่อนการปรับปรุง

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

1) สำรวจสภาพปัจจุบันว่ามีบริเวณจุดใด ที่เป็นผลทำให้เกิดการทำงานที่ผิดปกติ และเกิดการสูญเสีย
2) ระดมสมอง เพื่อหามาตรการในการปรับปรุง ว่าจะปรับปรุงในจุดที่มีความสำคัญใดก่อน
3) จัดทำข้อเสนอแนะ นำเสนอต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติ
4) ดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางต่างๆ
5) ติดตามและประเมินผลการดำเนินงาน
6) นำเสนอผลการดำเนินงานต่อผู้บริหารรับทราบและหาแนวทางการปรับปรุงอุปกรณ์อื่นๆ

โดยขั้นตอนการดำเนินการดังกล่าว ทำให้ทราบว่าปัญหาของระบบที่ความดันน้ำยาและอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนที่สูงนั้น เนื่องมาจากอ่างรองน้ำและแผ่นฟิลเลอร์ของหอผึ่งน้ำสกปรกโดยมีคราบตะกรันจับติดเป็นจำนวนมาก การแก้ไขทำได้โดยการล้างทำความสะอาดอ่างรองน้ำและเปลี่ยนแผ่นฟิลเตอร์ชุดใหม่ ทำให้สภาพน้ำระบายความร้อนในระบบมีความสะอาด สามารถแลกเปลี่ยนความร้อนกับอากาศได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีผลทำให้ประสิทธิภาพของระบบการทำความเย็นมีค่าสูงขึ้น และช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้



รูปแผนภาพความดัน-เอนทัลปีเมื่อลดอุณภูมิที่คอนเดนเซอร์

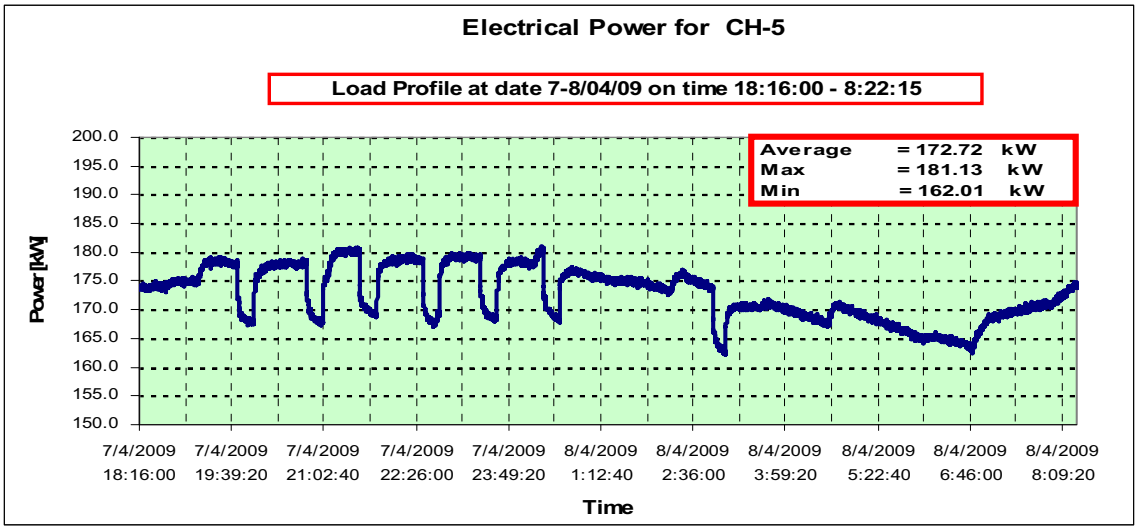
จากรูปแผนภาพความดัน-เอนทัลปี เมื่อลดอุณภูมิที่คอนเดนเซอร์การควบแน่นเกิดขึ้นระหว่างช่วง 2 และ 3 ถ้าลดความดันลง การควบแน่นจะเกิดขึ้น ระหว่างช่วง 5 และ 6 การทำงานของคอมเพรสเซอร์จะเปลี่ยนจาก 1-2 มาเป็น 1-5 และอัตราการทำความเย็นก็จะเปลี่ยนจาก 4-1 เป็น 7-1 เช่นกัน ผลลัพธ์ที่ได้ คือ การลดการทำงานของคอมเพรสเซอร์ลงแต่สามารถเพิ่มอัตราการทำความเย็น และทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทางความเย็น (COP) เพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งความดันของการควบแน่นสามารถลดลงได้โดยการลดอุณหภูมิของคอนเดนเซอร์ลง



รูปแสดงลักษณะการติดตั้งและใช้งานของระบบทำความเย็นหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

จากการดำเนินงานมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพเครื่องทำความเย็น โดยการการล้างทำความสะอาดอ่างรองน้ำและเปลี่ยนแผ่นฟิลเตอร์ชุดใหม่ ทำให้สภาพน้ำระบายความร้อนในระบบมีความสะอาด สามารถประหยัดไฟฟ้าลงได้ 36,429.12 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 114,023.15 บาท/ปี



รูปแสดงกราฟแสดงการตรวจวัดการทำงานของ Compressor Freezer CH-5 หลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

โรงงานควรกำหนดให้พนักงานมีตารางเวลาในตรวจสอบ และการบำรุงรักษาระบบทำความเย็นอย่างสม่ำเสมอ เพื่อให้ประสิทธิภาพการทำความเย็นอยู่ในเกณฑ์ระดับที่เหมาะสมซึ่งจะช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานได้มาก

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายละเอียด			หน่วย	ตัวย่อ	ปริมาณ
ข้อมูล					
IQF 1-2 Refrigerant R-22					
เอนธาลปีก่อนเข้าเครื่องอัด (เดิม) ที่ความดันเฉลี่ย	2.5	Bar	kJ/kg	h1	397.89
เอนธาลปีก่อนเข้าอีแวปอเรเตอร์ ที่ความดันเฉลี่ย	17	Bar	kJ/kg	h4	255.72
เอนธาลปีออกจากเครื่องอัด (เดิม) ที่ความดันเฉลี่ย	17	Bar	kJ/kg	h2	417.24
เอนธาลปีออกจากเครื่องอัด (ใหม่) ที่ความดันเฉลี่ย	13	Bar	kJ/kg	h2N	415.21
(เมื่อลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ลง 2 ˚C)					
เอนธาลปีก่อนเข้าอีแวปอเรเตอร์ (ใหม่) ที่ความดันเฉลี่ย	13	Bar	kJ/kg	h4N	241.17
(เมื่อลดอุณหภูมิคอนเดนเซอร์ลง 2 ˚C)					
พลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งระบบ (เดิม)			kW	WCO	132.00
ชั่วโมงการใช้งานตลอดทั้งปี			h/y	h	3,744.00
แฟกเตอร์การเปลี่ยนแปลงของภาระ			%	LF	70
ค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยเฉลี่ยทั้งปี			฿/y	CE	3.13
พลังไฟฟ้าที่ใช้กับหอผึ่งน้ำชุดที่เปิดเพิ่ม			kW	ECT	0
การคำนวณ					
สัมประสิทธิ์สมรรถนะรวมทั้งระบบ (เดิม)					
$COP_O = (h_1 - h_4) / (h_2 - h_1)$				COP_O	7.35
สัมประสิทธิ์สมรรถนะรวมทั้งระบบ (ใหม่)					
$COP_N = (h_1 - h_{4N}) / (h_{2N} - h_1)$				COP_N	9.05
สัมประสิทธิ์สมรรถนะของระบบเพิ่มขึ้น					
Δ COP = COP_N - COP_O				ΔCOP	1.70
ร้อยละของสมรรถนะที่เพิ่มขึ้น					
%COP = ((COP_N - COP_O) / COP_O) x 100			%	%COP	23.13
อัตราการไหลของสารทำความเย็นทั้งระบบ					
$m = (COP_O \times W_{CO}) / (h_1 - h_4)$			kg/s	m	6.82
พลังไฟฟ้าที่ใช้ทั้งระบบ (ใหม่)					
$W_{CN} = m \times (h_1 - h_{4N}) / COP_N$			kW	W_{CN}	118.10
ความสามารถในการทำความเย็นเพิ่มขึ้น					
$\Delta Q_E = m \times (h_4 - h_{4N})$			kW_{th}	ΔQ_E	99.24

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน (ต่อ)

รายละเอียด	หน่วย	ตัวย่อ	ปริมาณ
ความสามารถในการทำความเย็น (ใหม่)			
$Q_{EN} = m \times (h_1 - h_{4N})$	kW_{th}	Q_{EN}	1068.82
ความสามารถในการทำความเย็น (เดิม)			
$Q_{EO} = m \times (h_1 - h_4)$	kW_{th}	Q_{EO}	969.58
ค่า kW/TR ของทั้งระบบ (เดิม)			
$kW/TR_O = W_{CO} / (Q_{EO} / 3.517)$	kW/TR	kW/TR_O	0.48
ค่า kW/TR ของทั้งระบบ (ใหม่)			
$kW/TR_N = W_{CN} / (Q_{EN} / 3.517)$	kW/TR	kW/TR_N	0.39
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง			
$E_S = (W_{CO} - (W_{CN} + E_{CT}) \times h \times LF/100$	kWh/y	E_S	36,429.12
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้			
$C_S = E_S \times C_E$	฿/y	C_S	114,023.15

การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

สรุป

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 36,429.12 kWh/ปี หรือเทียบเท่า 3.104 toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 114,023.15 บาท/ปี เงินลงทุน - ปี
ระยะเวลาคืนทุน - ปี

3.3.7 มาตรการลดภาระความร้อนของเครื่องจักรในระบบปรับอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

พื้นที่ปรับอากาศของอาคาร มีการติดเครื่องปรับอากาศขนาด 60,000 Btu/h (5 Tons) จำนวน 5 เครื่อง จ่ายความเย็นไปตามความยาวของห้อง ในขณะที่พื้นที่ดังกล่าวมีการใช้เครื่อง CNC ที่เดินเครื่องใช้งานเป็นภาระความร้อนให้กับระบบปรับอากาศ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบพบว่า เครื่องปรับอากาศทั้งหมดในพื้นที่ดังกล่าว มีการควบคุมอุณหภูมิไว้ที่ ประมาณ 20 °C แต่อย่างไรก็ตามบริเวณโดยรอบของเครื่อง CNC มีอุณหภูมิเฉลี่ยค่อนข้างสูงที่ประมาณ 28-29°C ซึ่งเป็นผลกระทบมาจากการทำงานของมอเตอร์เครื่อง CNC ที่ปล่อยลมร้อนออกมาบริเวณด้านหลังเครื่อง ทำให้เป็นภาระทำความร้อนของระบบปรับอากาศและเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานมาก



รูปแสดงการปล่อยลมร้อนในพื้นที่ปรับอากาศของเครื่อง CNC ก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

จากปัญหาดังกล่าว จึงมีแนวคิดที่จะให้มีการลดภาระความร้อนจากเครื่อง CNC โดยการติดพัดลมดูดอากาศที่บริเวณผนังด้านหลังเครื่อง โดยต่อท่อลมที่มีพัดลมดูดอากาศนำลมร้อนที่เป็นภาระในระบบปรับอากาศปล่อยออกสู่ภายนอกพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ ซึ่งหากหากดำเนินมาตรการดังกล่าวแล้วจะสามารถลดภาระความร้อนและการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลงได้

สภาพหลังปรับปรุง

การติดพัดลมดูดอากาศที่บริเวณผนังด้านหลังเครื่อง โดยต่อท่อลมที่มีพัดลมดูดอากาศนำลมร้อนที่เป็นภาระในระบบปรับอากาศปล่อยออกสู่ภายนอกพื้นที่ที่มีการปรับอากาศ สามารถประหยัดไฟฟ้าในเครื่องปรับอากาศลงได้ 64,345.60kWh/ปี คิดเป็นเงิน 242,582.91 บาท/ปี




รูปแสดงการติดตั้งท่อลมและพัดลมดูดอากาศร้อนจากเครื่อง CNC หลังการปรับปรุง

สรุป

พลังงานที่ประหยัดที่ได้	**64,345.60**	**kWh/ปี**	**หรือทียบเท่า**	**5.48**	**toe/ปี**
ประหยัดเงินได้	**242,582.91**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**30,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.12**	**ปี**			

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศที่ออกจากเครื่อง CNC = 45 $^{\circ}$C

ความเร็วอากาศที่ออกจากปล่องระบายความร้อน = 3 m/s

ขนาดของปล่องระบายความร้อน = 30 x 30 cm

= 0.09 m^2

ปริมาณลมร้อนที่ระบายจากเครื่อง = 3 m/s x 0.09 m^2

= 0.27 m^3/s

ความหนาแน่นอากาศที่ 45°C = 1.0875 kg/m^3

ความจุความร้อนจำเพาะอากาศที่ 45°C = 1.007 kJ/kg $^{\circ}$C

ภาระความร้อนจากลมร้อนต่อเครื่อง = 1.0875 x 0.27 x 1.007 x (45-28)

= 5.027 kJ/s (kW)

หากให้เครื่อง CNC จำนวน 5 เครื่อง ทำงานวันละ 8 ชั่วโมง/วัน 320 วัน/ปี

พลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี = 5 x 5.027 kW x 8 ชั่วโมง/วัน x 320 วัน/ปี

= 64,345.6 kWh/ปี

= 231,644.20 MJ/ปี

= 5.48 toe/ปี

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยของอาคาร	=	3.77	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	64,345.6 x 3.77	
	=	242,582.91	บาท/ปี
เงินลงทุนค่าพัดลมดูดอากาศและท่อลม	=	25,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	30,000/242,582.91	
	=	0.12	ปี

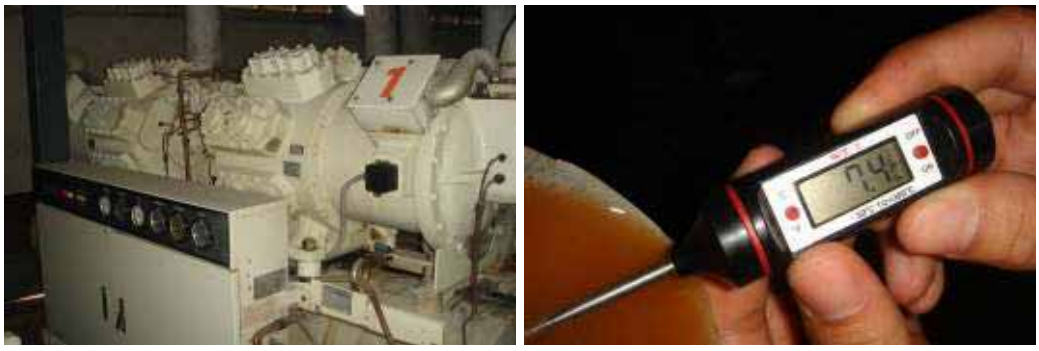
3.3.8 มาตรการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น (Chiller) ประสิทธิภาพสูง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

อาคารธุรกิจสำนักงาน มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 1,153,080 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี โดยมีอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.29 บาทต่อหน่วย เปิดให้บริการประมาณ 11 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 365 วันต่อปี ลักษณะการใช้พื้นที่ของอาคารจะเปิดให้บริการเช่าพื้นที่ให้บริการประมาณ 2,400 ตารางเมตร ระบบปรับอากาศติดตั้งเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 120 ตันตวามเย็น จำนวน 3 ชุด โดยปกติจะเปิดใช้งานจำนวน 2 ชุด ทั้งนี้ เครื่องทำน้ำเย็นมีสภาพการใช้งานมานาน ทำให้ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าสำหรับการทำความเย็นสูงมากขึ้น

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสำรวจระบบปรับอากาศในอาคาร พบว่า อายุการใช้งานของเครื่องทำน้ำเย็นมีอายุการใช้งานนานกว่า 20 ปี โดยในปัจจุบัน พื้นที่ปรับอากาศได้ขยายออกไปมากกว่ากว่าพิกัดกำลังติดตั้งในการทำความเย็นเดิม จึงทำให้เครื่องทำน้ำเย็นทำงานตลอดเวลา การตรวจวัดอุณหภูมิการปรับอากาศในพื้นที่ต่าง ๆ พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 28-29 $^{\circ}$C เท่านั้น ซึ่งหากมีปรับเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นที่มีประสิทธิภาพที่ดีกว่า จะมีผลทำให้ระบบปรับอากาศมีประสิทธิภาพในการทำความเย็นสูงขึ้น และสามารถประหยัดพลังงานในระบบปรับอากาศลงได้มาก



รูปแสดงการตรวจวัดเครื่องทำน้ำเย็นที่ใช้งานเดิมของอาคารก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการปรึกษาหารือกับทางผู้บริหารอาคาร ได้มีเป้าหมายการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานโดยการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเป็นแบบสกรูขนาด 150 TR โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยตรวจวัดอัตราการไหลของน้ำเย็น อุณหภูมิน้ำเย็นด้านจ่ายและกลับกำลังไฟฟ้าที่ใช้ และข้อมูลอื่นๆที่จำเป็นในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพเครื่องทำน้ำเย็นเดิม
2) สำรวจข้อมูลด้านคุณสมบัติทางเทคนิคและด้านราคา เพื่อนำมาวิเคราะห์เปรียบเทียบผลการประหยัดพลังงานและผลตอบแทนการลงทุน
3) จัดทำแผนการดำเนินการติดตั้งเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น
4) ดำเนินการจัดซื้อและติดตั้ง ตลอดจนตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการพร้อมทั้งตรวจวัดข้อมูลเชิงเทคนิคเพื่อนำผลมาวิเคราะห์หลังการปรับปรุง
5) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง และจัดทำรายงานสรุปผลให้ผู้บริการอาคารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็นเป็นแบบสกรูขนาดทำความเย็น 150 TR ซึ่งสามารถประเมินผลการประหยัดได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	**340,271**	**kWhปี**	**หรือเทียบเท่า**	**28.998**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**1,119,492**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**1,800,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.61**	**ปี**			



รูปแสดงการติดตั้งใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นแบบสกรูหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการอบรมพนักงานที่ทำงานเกี่ยวข้องกับเครื่องปรับอากาศ ให้มีความรู้เกี่ยวกับวิธีการสังเกต และวิธีการบำรุงรักษาเบื้องต้น เพื่อพนักงานจะได้มีหลักปฏิบัติที่ถูกต้อง และสามารถแจ้งให้ฝ่ายซ่อมบำรุงให้เข้าทำการแก้ไขซ่อมแซมโดยเร็ว

แนวทางการขยายผล

จากผลการดำเนินการดังกล่าว ทางอาคารควรมีแผนปฏิบัติงานเพื่อตรวจสอบประสิทธิภาพและบำรุงรักษาระบบเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งในโรงงานอย่างสม่ำเสมอ และให้มีผู้ที่มีประสบการณ์ในการดูแลเกี่ยวกับระบบปรับอากาศจากเข้าตรวจสภาพการทำงานเพื่อให้ระบบทำน้ำเย็นคงประสิทธิภาพในการทำงานที่ดีอยู่เสมอใกล้เคียงกับสภาพเดิมเมื่อเริ่มติดตั้ง

วิธีการคำนวณพลังงานไฟฟ้า

ดัชนีกำลังไฟฟ้าของระบบทำน้ำเย็นเดิม	=	1.2	kW/TR
ดัชนีกำลังไฟฟ้าของระบบทำน้ำเย็นใหม่	=	0.635	kW/TR
กำลังไฟฟ้าลดลง	=	1.2 – 0.635	
	=	0.565	kW/TR
การใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง	=	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง x ตันความเย็น X ชั่วโมงการทำงาน	
	=	0.565 x 150 x 11 x 365	
	=	340,271	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
หรือเทียบเท่า	=	340,271 x 85.21 x 10^{-6}	
	=	28.998	toe/ปี
คิดเป็นเงินเงินที่ประหยัดได้	=	340,271 x 3.29	
	=	1,119,492	บาท/ปี

การลงทุน

ค่าดำเนินการเปลี่ยนเครื่องทำน้ำเย็น	1,800,000	บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,119,492	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	1.61	ปี

3.3.9 มาตรการลดการใช้งานพัดลมหอผึ่งน้ำ (Cooling tower)

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 500,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็นค่าไฟประมาณ 1,300,000 บาทต่อเดือน มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 2.6 บาทต่อหน่วยทำการผลิตประมาณวันละ 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราตาม ช่วงเวลาใช้งาน (TOU) ทางโรงงานติดตั้งใช้งานเครื่องทำความเย็นจำนวน 2 ชุด ใช้ปั๊มน้ำเย็นขนาด 1.5 กิโลวัตต์ และปั๊มน้ำหล่อเย็นขนาด 3 กิโลวัตต์ ติดตั้งชุดละ 1 เครื่อง จ่ายน้ำเย็นสู่กระบวนการผลิต

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากภาระของระบบมีเพียง 50% ของพิกัดของระบบทำความเย็นโดยรวม จึงทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นอยู่ในเกณฑ์ต่ำกว่าค่ามาตรฐาน เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น ทีมอนุรักษ์พลังงานจึงพิจารณาลดการเดินหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) ลง 1 ชุด (เดิมใช้งานสองชุดพร้อมกัน)



รูปแสดง Cooling tower

แนวความคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ลดการใช้งานหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) ลงได้ 1 ชุด มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1. สำรวจการใช้งาน cooling tower
2. นำเสนอมาตรการลดการใช้งาน Cooling tower ลง 1 ชุด
3. ดำเนินการ
4. คำนวณผลประหยัด และติดตามผล

สภาพหลังปรับปรุง

ลดการใช้งานหอผึ่งน้ำ (Cooling tower) ลง 1 ชุด



ภาพแสดงการตรวจวัดพลังงาน Cooling tower

ระยะเวลาดำเนินการ 14 วัน
เงินลงทุน - บาทต่อปี
ผลประหยัดที่ได้ 27,331 บาทต่อปี
พลังงานที่ประหยัด 10,512 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็น 0.8957 toe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน - ปี

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

พัดลมใช้พลังงาน = 1.46 กิโลวัตต์
จำนวนชั่วโมงทำงาน = 24 ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน = 300 วัน/ปี
ประหยัดพลังงาน = 1.46 x 24 x 300
= 10,512 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
คิดเทียบน้ำมัน = 17,280 x 85.21 /1,000,000
= 0.8957 toe/ปี

ค่าใช้จ่ายที่ลดลง

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 2.60 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นผลประหยัด = ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง x ราคาค่าไฟฟ้า

= 10,512 x 2.6

= 27,331 บาทต่อปี

การลงทุน

ไม่มีเนื่องจากใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว มาทำการปรับปรุง

3.3.10 มาตรการบำรุงรักษาโดยการทำความสะอาดคอนเดนเซอร์หอผึ่งน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม 2549 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2550 ประมาณ 2,423,580 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าประมาณ 5,479,965 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.26 บาทต่อหน่วย โดยมีการผลิต 24 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 365 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจวัดของทีมงานอนุรักษ์พลังงาน พบว่าบริษัทมีการติดตั้งหอผึ่งน้ำจำนวน 8 เครื่อง ทั้งนี้มีหอผึ่งน้ำเบอร์ 1 ขนาด 175 ตันความเย็น ไว้ใช้งานร่วมกับเครื่องอัดน้ำยาขนาด 150 แรงม้า มีการทำงานตลอดช่วง OFF-PEAK เพื่อทำความเย็นในการผลิตน้ำแข็งหลอด เนื่องจากสภาพของแผ่นฟิลเลอร์ภายในหอผึ่งน้ำดังกล่าวมีสภาพชำรุดและมีตะไคร่เกาะจำนวนมาก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกระจายฝอยน้ำลดลง ส่งผลให้ไม่สามารถลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ป้อนเข้าอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำยาทำความเย็นมีอุณหภูมิสูงขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการทำความเย็นของระบบลดลง ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ จากข้อมูลการตรวจวัดสามารถสรุปได้ดังนี้

เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบลูกสูบ ขนาด 150 แรงม้า
ขนาดกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ 109 kW
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ถาดหอผึ่งน้ำ 32 °C
ความดันน้ำยาทำความเย็นด้านสูง 15 บาร์

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

เนื่องจากเครื่องหอผึ่งน้ำจำนวน 8 เครื่อง ทั้งนี้มีหอผึ่งน้ำเบอร์ 1 ขนาด 175 ตันความเย็น ไว้ใช้งานร่วมกับเครื่องอัดน้ำยาขนาด 150 แรงม้า สภาพของแผ่นฟิลเลอร์ภายในหอผึ่งน้ำดังกล่าวชำรุดและมีตะไคร่เกาะจำนวนมาก ซึ่งทำให้ประสิทธิภาพการกระจายฝอยน้ำลดลง ทั้งนี้หากมีการดำเนินการเปลี่ยนอย่างเหมาะสมแล้ว จะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำน้ำแข็งหลอด ซึ่งเป็นผลให้ลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับกระบวนการนี้ลงได้



รูปแสดงระบบหอผึ่งน้ำและแผ่นฟิลเลอร์

สภาพหลังปรับปรุง

บริษัทได้ทำการเปลี่ยนแผ่นฟิลเลอร์ของหอผึ่งน้ำแล้ว พบว่าประสิทธิภาพในการกระจายฝอยน้ำดีขึ้น สามารถลดอุณหภูมิน้ำที่ถาดของหอผึ่งน้ำลงได้อย่างเหมาะสม สามารถลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นขนาด 150 แรงม้าลงได้ โดยมีผลการตรวจวัดดังนี้

ขนาดกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ 103 kW
อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่ถาดหอผึ่งน้ำ 27 °C
ความดันน้ำยาทำความเย็นด้านสูง 13 บาร์

ทั้งนี้สามารถประเมินผลการประหยัดได้ดังนี้

ระยะเวลาการดำเนินการ 1 วัน
เงินลงทุน 19,045 บาท
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง 32,136 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี (คิดเป็น 2.738 toe/ปี)
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 72,627 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน 0.26 ปี

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการตรวจสอบและทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ของระบบทำความเย็น ตามกำหนดเวลา เพื่อให้ระบบอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์อยู่เสมอ จะเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงานจากการเปลี่ยนแผ่นฟิลเลอร์ของหอผึ่งน้ำ

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนแผ่นฟิลเลอร์ของหอผึ่งน้ำ

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นก่อนปรับปรุง วัดได้ 109 kW

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นหลังปรับปรุง วัดได้ 103 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง x ชั่วโมงการทำงาน
= (109-103) kW x 103 ชม./wk x 52 wk/ปี
= 32,136 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

คิดเป็น = 32,136 x 85.21 x 10^{-6} toe/ปี
= 2.738 toe/ปี

คิดเป็นเงิน = 32,136 x 2.26 บาท/ปี
= 72,627 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าดำเนินการปรับปรุง 19,045 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 72,627 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน 0.26 ปี

3.3.11 มาตรการปรับปรุงระบบฉนวนของอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้อง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงน้ำแข็งมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในช่วงเดือน กุมภาพันธ์ 2550 ถึงเดือน เมษายน 2551 ประมาณ 3,490,944.00 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าประมาณ 9,466,262 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.70 บาทต่อหน่วย

โดยหลักๆ จะใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์ทำความเย็นเพื่อผลิตน้ำแข็ง ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในกระบวนการผลิตเป็นจำนวนมากยังมีอุปกรณ์ในหลายๆ ส่วนที่ยังไม่ได้ทำการหุ้มฉนวนและในบางส่วนเสื่อมสภาพ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบเบื้องต้นพบว่าอุปกรณ์ส่งจ่ายสารทำความเย็นส่วนมากยังไม่มีการหุ้มฉนวนท่อและอุปกรณ์ทำให้สูญเสียพลังงานทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการผลิตน้ำเย็นโดยเปล่าประโยชน์ หากมีการหุ้มฉนวนก็จะเป็นการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและลดค่าใช้จ่ายได้



ภาพแสดงท่อนำสารทำความเย็นไม่ได้หุ้มฉนวน

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการร่วมกันพิจารณาเสนอและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของคณะทำงานและการให้คำปรึกษาของทีมงานที่ปรึกษา เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานได้มีการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานการหุ้มฉนวนท่อ และอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบส่งจ่ายสารทำความเย็น โดยการหุ้มฉนวนท่อน้ำเย็นและอุปกรณ์ เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า



ภาพแสดงการหุ้มฉนวนท่อนำสารทำความเย็นหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

หลังการปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนท่อ และอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบส่งจ่ายสารทำความเย็น เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า สามารถทำให้ประหยัดพลังงานลงได้ดังวิธีคำนวณผลประหยัดที่แสดงดังนี้

ระยะเวลาของการดำเนินการ	4	สัปดาห์
เงินลงทุนประมาณ	31,000	บาท
ผลประหยัดที่ได้	22,422.10	บาท/ปี
พลังงานที่ประหยัดได้	8,304.48	kWh./ปี
คิดเป็น	0.7076	toe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	1.38	ปี

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ข้อมูล

ขนาดท่อ norminal diameter = 0.075 m

ท่อตรง (Le) = 50.00 m

อุณหภูมิน้ำเย็นในท่อ (T_b) = -5.00 °C

อุณหภูมิผิวท่อที่ไม่ได้หุ้มฉนวน (T_s) = 0.00 °C

อุณหภูมิผิวฉนวน (T_2) = 24.00 °C

เวลาทำงาน (wh) = 8,760 ชั่วโมง/ปี

เลือกใช้ความหนาฉนวน (ti) = 0.025 m

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย = 2.70 บาท/kWh

ค่า kW/TR ของเครื่องทำความเย็น (kW/TR) = 1.10 kW/TR

อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (Ta) = 37.0 °C

เส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกท่อ (do) = 0.080 m

เส้นผ่านศูนย์กลางภายในท่อ (di) = 0.075 m

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างอากาศกับผิวท่อ (h_a) = 8.00 $W/(m^2°C)$

ค่าสัมประสิทธิ์การพาความร้อนระหว่างน้ำยากับผิวท่อ (h_W) = 10,500.00 $W/(m^2°C)$

ค่าการนำความร้อนของเหล็ก (k_s) = 34.00 $W/(m°C)$

ค่าการนำความร้อนของฉนวน(ki) $= 0.0314+0.00016 \times (T_2+T_s)/2$

$= 0.0314+0.00016 \times (24+0)/2$

$= 0.03332\ W/(m°C)$

การคำนวณ

ค่าความต้านทานความร้อนของอากาศ(Ra) $= 1 / [2\pi \times (do / 2) \times Le \times h_a]$

$= 1 / [2 \times 3.14 \times (0.080 / 2) \times 50 \times 8]$

$= 0.010$

ค่าความต้านทานความร้อนของเหล็ก (Rs) $= [1 / (2\pi \times Le \times ks)] \times \ln(do/di)$

$= [1 / (2 \times 3.14 \times 50 \times 34)] \times \ln(0.080/0.075)$

$= 0.00001$

ค่าความต้านทานความร้อนของน้ำยา (Rw) $= 1 / [2\pi \times (di / 2) \times Le \times h_w]$

$= 1 / [2 \times 3.14 \times (0.075 / 2) \times 50 \times 10{,}500]$

$= 0.00001$

ค่าความต้านทานความร้อนของฉนวน (Ri) $= [1 / (2\pi \times Le \times ki)] \times \ln [(do+ti) / do]$

$= [1 / (2 \times 3.14 \times 50 \times 0.03332)] \times \ln [(0.080+0.025) / 0.080]$

$= 0.026$

ค่าความต้านทานความร้อนรวมกรณีไม่ติดตั้งฉนวน (Rt) $= Ra + Rs + Rw$

$= 0.01+0.00001+0.00001$

$= 0.01$

ค่าความต้านทานความร้อนรวมกรณีติดตั้งฉนวน (Rti) $= Rt + Rs + Rw + Ri$

$= 0.01+0.00001+0.00001+0.026$

$= 0.036$

ความร้อนที่สูญเสียจากท่อกรณีไม่หุ้มฉนวน (Q) $= [(Ta - Tb) / Rt] / 1000$

$= [(37 - (-5)) / 0.01] / 1000$

$= 4.20$ kW

ความร้อนที่สูญเสียจากท่อกรณีหุ้มฉนวน (Qi) $= [(Ta - Tb) / Rti] / 1000$

$= [(37 - (-5)) / 0.036] / 1000$

$= 1.167$ kW

อุณหภูมิผิวของฉนวน (Twi) $= Ta - (Qi \times 1{,}000 \times Ra)$

$= 37 - (1.167 \times 1{,}000 \times 0.01)$

$= 25.33\ ^\circ C$

พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ Qs $= (Q - Qi) / 3.517$

$= (4.20-1.167)/3.517$

$= 0.862$ TR

พลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ Ep $= kW/TR \times Qs$

=1.10 x 0.861
=0.948 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ Es = Ep × wh
=0.948 x 8,760
= 8,304.48 kWh/ปี

ราคาพลังงานที่ประหยัดได้ = 8,304.48 x 2.70 บาท/kWh
= 22,422.10 บาท/ปี

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 8,304.48 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ = 8,304.48 x 85.21 x 10^{-6}
= 0.7076 toe / ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 0.7076 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี x 2.70 บาท/ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)
= 22,422.10 บาท/ปี

การลงทุน

ชุดควบคุมอุณหภูมิ จำนวน 7 ชุด = 31,000 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 22,422.10 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = 1.38 ปี

3.3.12 มาตรการลดภาระโหลดของเครื่องผลิตน้ำแข็ง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในการผลิตน้ำแข็งหลอดนั้นโดยปกติแล้วจะมีน้ำล้นลงใต้ถังซึ่งเป็นน้ำที่มีอุณหภูมิต่ำซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่นนำมาแลกเปลี่ยนความร้อนกับน้ำป้อน หรือนำไปใช้ระบายความร้อนให้กับระบบทำความเย็นได้ซึ่งก็จะส่งผลให้ลดการใช้พลังงานได้ทางหนึ่ง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนการปรับปรุง

สภาพเดิมโรงงานมีการปล่อยน้ำที่เหลือจากการผลิตน้ำแข็ง ที่มีอุณหภูมิต่ำประมาณ 0 องศาเซลเซียสทิ้งโดยเปล่าประโยชน์



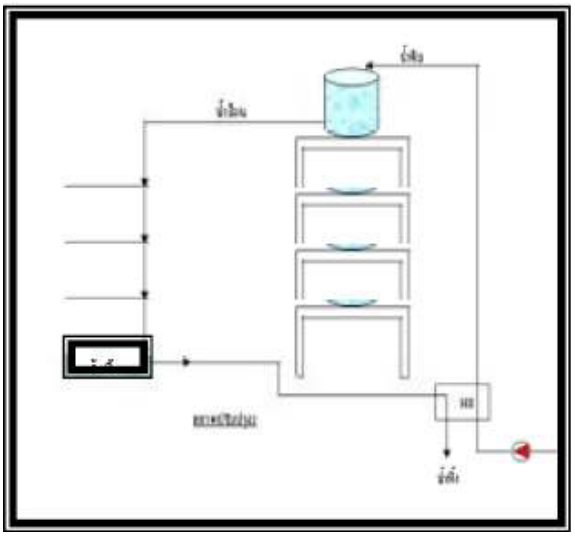
รูปน้ำทิ้งจากการทำน้ำแข็ง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

นำน้ำที่ปล่อยทิ้งมาแลกเปลี่ยนอุณหภูมิกับน้ำที่ป้อนให้กับกระบวนการผลิตเพื่อทำให้มอเตอร์คอมเพรสเซอร์ทำงานน้อยลง ซึ่งจะสามารถทำให้ลดการใช้พลังงานในการผลิตลงได้ โดยใช้อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

สภาพหลังปรับปรุง

มีการติดตั้งชุดแลกเปลี่ยนความร้อนเพื่อลดอุณหภูมิของน้ำป้อน และสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่องทำน้ำแข็งได้



ภาพหลังปรับปรุง

ระยะเวลาการดำเนินการ 2 สัปดาห์
เงินลงทุนทั้งหมด 80,000.00 บาท
พลังงานที่ประหยัดได้ 6.270 kW
พลังงานที่ประหยัดได้ 27,462.60 kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 88,978.82 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน 0.90 ปี

วิธีการคำนวณผลการลดภาระโหลดของเครื่องผลิตน้ำแข็ง

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการลดภาระโหลดของเครื่องผลิตน้ำแข็ง

อัตราการไหลของน้ำทิ้ง วัดได้ 0.2 kg/s
อุณหภูมิน้ำทิ้ง วัดได้ 0 ^{o}C
เวลาในการใช้งาน วัดได้ 4,380 hr/year
อุณหภูมิน้ำที่เข้าเครื่องทำน้ำแข็ง เท่ากับ 25 ^{o}C
ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 4.18 kJ/(kg.^{o}C)
คิดเป็นภาระความเย็น
= อัตราการไหลของน้ำทิ้ง x ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ
x (อุณหภูมิน้ำที่เข้าเครื่องทำน้ำแข็ง – อุณหภูมิน้ำทิ้ง)
= 0.2 kg/s x 4.18 kJ/(kg.^{o}C) x (25 ^{o}C - 0 ^{o}C)
= 20.90 kW
สมรรถนะเครื่องทำน้ำแข็ง(ทั่วไป) เท่ากับ 2.00
อุณหภูมิน้ำที่เข้าเครื่องทำน้ำแข็งหลังผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
= (อุณหภูมิน้ำที่เข้าเครื่องทำน้ำแข็ง – อุณหภูมิน้ำทิ้ง) x 0.6
= (25 ^{o}C - 0 ^{o}C) x 0.6
= 15.00 ^{o}C
คิดเป็นภาระความเย็นที่ลดลงได้
= อัตราการไหลของน้ำทิ้ง x ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ
x อุณหภูมิน้ำที่เข้าเครื่องทำน้ำแข็งหลังผ่านเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
= 0.2 kg/s x 4.18 kJ/(kg.^{o}C) x 15 ^{o}C
= 12.540 kW
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้
= ภาระความเย็นที่ลดลงได้ / สมรรถนะเครื่องทำน้ำแข็ง
= 12.540 kW/ 2.00
= 6.270 kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้

= กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้ x เวลาในการใช้งาน
= 6.270 kW x 4,380 hr/year
= 27,462.60 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
คิดเป็น = 27,462.60 x 85.21 x 10^{-6} toe/ปี
= 2.340 toe/ปี
คิดเป็นเงิน = 27,462.60 x 3.24 บาท/ปี
= 88,978.82 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 80,000 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 88,978.82 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน 0.90 ปี

3.3.13 มาตรการลดการสูญเสียน้ำเย็น/น้ำแข็ง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงแรมมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 12 เดือน จากเดือนมีนาคม 2550 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2551 รวมทั้งสิ้น 329,042.20 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้า 934,036.42 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 2.84 บาทต่อหน่วย โดยโรงแรมมีเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และเปิดบริการ 365 วันต่อปี มีอัตราการเข้าพักเฉลี่ย 21.14 เปอร์เซ็นต์

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจของทีมงานอนุรักษ์พลังงานและทีมที่ปรึกษา พบว่าโรงแรมนวรัตน์ มีเครื่องทำน้ำแข็งขนาด 8 ตัน ตามรูปที่แสดงข้างล่าง ซึ่งเป็นกิจการผลิตน้ำแข็งขาย ในระบบการทำงานของการทำน้ำแข็งในหนึ่งรอบจะได้น้ำแข็ง 150 กิโลกรัม และมีน้ำเย็นอุณหภูมิ 5 องศาถูกระบายทิ้งจากระบบ 42 ลิตร ในปัจจุบันนี้น้ำเย็นระบายทิ้งดังกล่าวไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์



ภาพแสดงเครื่องทำน้ำแข็งหลอด

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการสอบถามข้อมูลของคณะทำงานและการให้คำปรึกษาของทีมงานที่ปรึกษา เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานได้มีการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานการลดการสูญเสียน้ำเย็นจากเครื่องทำน้ำแข็งหลอด โดยการลดปริมาณน้ำเย็นซึ่งระบาย เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า



สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินการลดอุณหภูมิของน้ำเข้าระบบ สามารถประหยัดพลังงานได้ ดังนี้

เงินลงทุน 5,000 บาท
ผลประหยัดที่ได้ 120,001.41 บาท/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 42,254.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ 3.60 toe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน 0.04 ปี

วิธีการคำนวณผลการลดการสูญเสียน้ำเย็น/น้ำแข็ง

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการสูญเสียน้ำเย็น/น้ำแข็ง
ค่าน้ำและค่าปรับสภาพน้ำ เท่ากับ 10 บาท/m^3
ราคาไฟฟ้า เท่ากับ 2.84 บาท/หน่วย
วันทำงานต่อปี เท่ากับ 365 วัน
ชั่วโมงการทำงานต่อวัน เท่ากับ 12 ชั่วโมง
ความถี่การเปิดของช่องเครื่องทำน้ำแข็งต่อวัน เท่ากับ 24 ครั้ง
การเปิดของช่องเครื่องทำน้ำแข็งต่อปี
= วันทำงานต่อปี x ความถี่การเปิดของช่องเครื่องทำน้ำแข็งต่อวัน
= 365 วัน x 24 ครั้ง
= 8760 ครั้งต่อปี
อัตราการสูญเสียน้ำเย็นต่อการเปิด 1 ครั้ง เท่ากับ 42 ลิตรต่อครั้ง
อัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าต่อการผลิต 1 TON เท่ากับ 114.85 kWh/m^3
ปริมาณการสูญเสียน้ำเย็นต่อปี
= การเปิดของช่องเครื่องทำน้ำแข็งต่อปี
x อัตราการสูญเสียน้ำเย็นต่อการเปิด 1 ครั้ง /1000
= 8760 ครั้งต่อปี x 42 ลิตรต่อครั้ง /1000
= 367.92 m^3/year
คิดเป็นค่าน้ำและค่าปรับสภาพน้ำที่ประหยัดได้
= ค่าน้ำและค่าปรับสภาพน้ำ x ปริมาณการสูญเสียน้ำเย็นต่อปี
= 10 บาท/m^3 x 367.92 m^3/year
= 3679.20 บาทต่อปี
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้
= อัตราการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าต่อการผลิต 1 TON
x ปริมาณการสูญเสียน้ำเย็นต่อปี
= 114.85 kWh/m^3 x 367.92 m^3/year
= 42,254.02 kWh/year
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ = 42,254.02 x 85.21 x 10^{-6}

= 3.60 toe / ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 42,254.02 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
x 2.84 บาท/ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี)
= 120,001.41 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าแรงช่างปรับระบบ = 5,000 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 120,001.41 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = 0.04 ปี

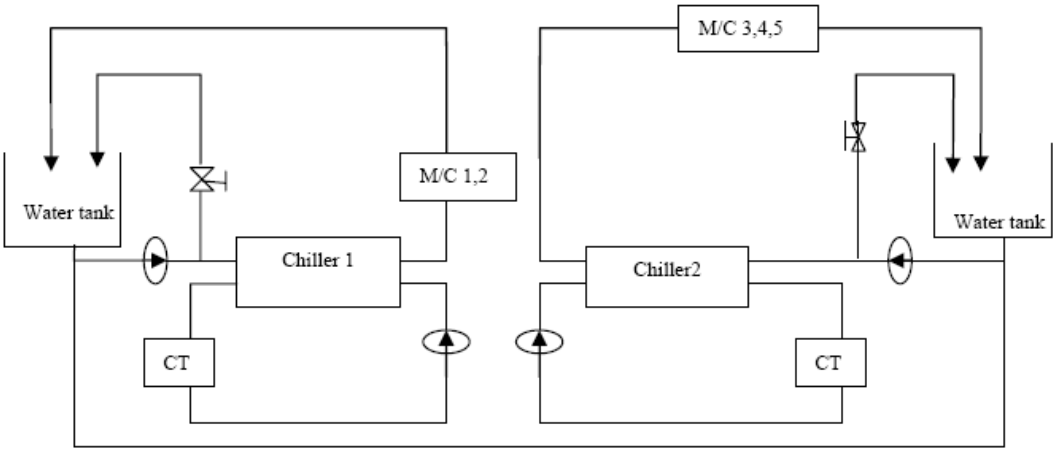
3.3.14 มาตรการลดการใช้งานปั๊มน้ำเย็น

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

บริษัทมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 500,000 กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็นค่าไฟประมาณ 1,300,000 บาทต่อเดือน มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 2.6 บาทต่อหน่วยมีการผลิตประมาณวันละ 24 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี เป็นผู้ใช้ไฟฟ้าในอัตราตาม ช่วงเวลาใช้งาน (TOU) ทางโรงงานติดตั้งใช้งานเครื่องทำความเย็นขนาด 140 แรงม้า จำนวน 2 ชุด ใช้ปั๊มน้ำเย็นขนาด 1.5 กิโลวัตต์ และปั๊มน้ำหล่อเย็นขนาด 3 กิโลวัตต์ ติดตั้งชุดละ 1 เครื่อง จ่ายน้ำเย็นสู่กระบวนการผลิต

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้งานเครื่องทำน้ำเย็นซึ่งจ่ายน้ำเย็นให้กับเครื่อง ในกระบวนการผลิตของโรงงานพบว่าระบบมีถังพักน้ำเย็นอยู่อย่างละ 1 ชุดเครื่องทำน้ำเย็นเป็นชนิดลูกสูบจำนวน 4 สูบแต่เดินจริงเพียง 1 – 2 ลูกสูบเท่านั้นแสดงว่า เครื่องทำน้ำเย็นเดินไม่ถึง 50% ต่อเครื่องแต่ทาง โรงงานจำเป็นต้องเดิน 2 เครื่อง เนื่องจากเครื่องทำน้ำเย็นทั้ง 2 เครื่องแยกอิสระจากกัน ดังนั้นหาก เชื่อมท่อน้ำเย็น 1 และ 2 เข้าด้วยกันในเบื้องต้นสามารถเดินปั๊มน้ำเย็นเพียงเครื่องเดียว ก็เพียงพอ



แผนผังระบบทำน้ำเย็นก่อนปรับปรุง



ภาพแสดงปั๊มน้ำเย็นและระบบก่อนการปรับปรุง

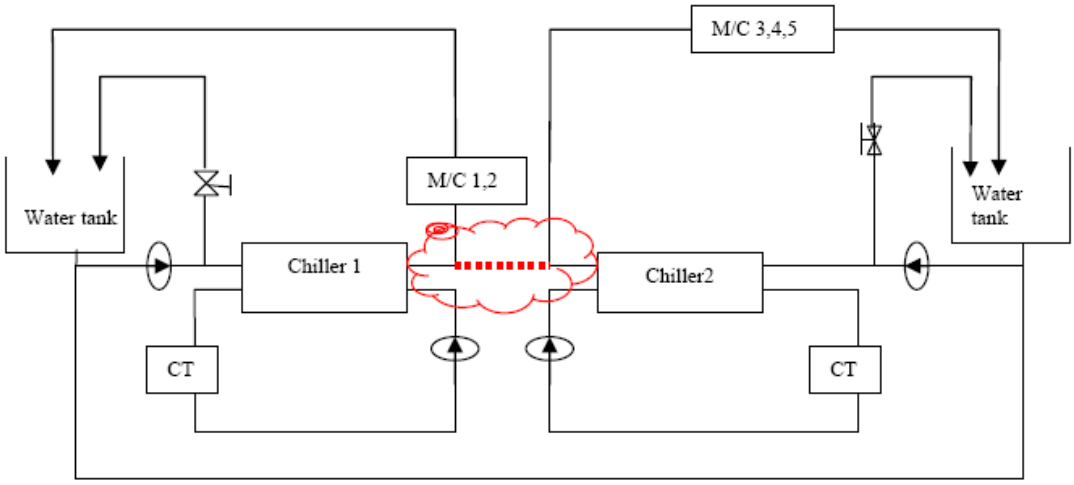
แนวความคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ทำการเชื่อมท่อน้ำเย็นสามารถลดการใช้งานปั๊มน้ำเย็นลงได้ 1 ชุด มีขั้นตอนการ ดำเนินงาน ดังนี้

1. สำรวจการใช้งานระบบน้ำหล่อเย็นในกระบวนการผลิต
2. สำรวจระบบน้ำเย็น
3. นำเสนอมาตรการเชื่อมท่อน้ำเย็นเพื่อลดการใช้งานปั๊มน้ำเย็นลง 1 ชุด
4. ดำเนินการ
5. คำนวณผลประหยัด และติดตามผล

สภาพหลังปรับปรุง

เชื่อมท่อน้ำเย็นลดการใช้งานปั๊มน้ำหล่อเย็นลง 1 ชุด



ภาพแสดงแผนผังระบบหลังทำการเชื่อมท่อ



ภาพแสดงการเชื่อมท่อหลังปรับปรุงและตรวจวัดพลังงานปั๊มน้ำเย็น

ระยะเวลาดำเนินการ 14 วัน
เงินลงทุน - บาทต่อปี
ผลประหยัดที่ได้ 29,952 บาทต่อปี
พลังงานที่ประหยัด 11,520 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็น 0.9816 toe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน - ปี

แนวทางการขยายผล

สามารถลดการใช้เครื่องทำน้ำเย็น , Cooling tower และปั๊มน้ำ condenser เพิ่มเติมได้อย่างละ 1 ชุด

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ปั๊มน้ำเย็นใช้พลังงาน = 1.6 กิโลวัตต์
จำนวนชั่วโมงทำงาน = 24 ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน = 300 วัน/ปี
ประหยัดพลังงาน = 1.6 x 24 x 300
= 11,520 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
คิดเทียบน้ำมัน = 11,520 x 85.21 /1,000,000
= 0.9816 toe/ปี
ค่าใช้จ่ายที่ลดลง
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 2.60 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นผลประหยัด = ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง x ราคาค่าไฟฟ้า
= 11,520 x 2.6
= 29,952 บาทต่อปี

การลงทุน

ไม่มีเนื่องจากใช้อุปกรณ์ที่มีอยู่แล้ว มาทำการปรับปรุง

3.3.15 มาตรการเปลี่ยนเครื่องอัดน้ำยาเป็นแบบประสิทธิภาพสูง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม 2549 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2550 ประมาณ 2,423,580 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าประมาณ 5,479,965 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.26 บาทต่อหน่วย โดยมีการผลิต 24 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 365 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจวัดของทีมงานอนุรักษ์พลังงานพบว่าโรงงาน มีการติดตั้งเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบลูกสูบขนาด 10 แรงม้า จำนวน 3 เครื่อง ไว้ใช้งานที่บริเวณห้องเย็น มีการทำงานตลอด 24 ชั่วโมงเพื่อทำความเย็นในการเก็บน้ำแข็งหลอด เนื่องจากเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นที่ใช้อยู่ในปัจจุบันมีอายุการใช้งานมากและมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ จากข้อมูลการตรวจวัดสามารถสรุปได้ดังนี้

เครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบลูกสูบ ขนาด 10 แรงม้า
ขนาดกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ 8.14 kW

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

เนื่องจากเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบลูกสูบ ขนาด 10 แรงม้า จำนวน 3 เครื่อง มีอายุการใช้งานมากและมีประสิทธิภาพในการทำงานต่ำ ทั้งนี้หากมีการดำเนินการเปลี่ยนเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นตัวใหม่อย่างเหมาะสมแล้ว คาดว่าจะสามารถเพิ่มประสิทธิภาพของระบบทำความเย็นซึ่งเป็นผลให้ลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับกระบวนการนี้ลงได้



รูปแสดงเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นที่ใช้กับห้องเย็นและการตรวจวัดทางไฟฟ้า

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานได้ทำการติดตั้งเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นตัวใหม่ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น มีขนาดกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ 4.57 kW แทนที่เครื่องเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นแบบลูกสูบที่ติดตั้งใช้อยู่ในปัจจุบันที่มีขนาดกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ 8.14 kW ทั้งนี้สามารถประเมินผลการประหยัดได้ดังนี้

ระยะเวลาการดำเนินการ	1	วัน
เงินลงทุน	228,000	บาท
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	56,291.76	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี (คิดเป็น 4.797 toe/ปี)
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	127,219	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	1.79	ปี

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็น

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นตัวเก่า วัดได้ 8.14 kW

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นตัวใหม่ วัดได้ 4.57 kW

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลงต่อเครื่อง = 8.14-4.57

= 3.57 kW

กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลงรวม = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลงต่อเครื่อง x จำนวนเครื่อง

= 3.57 x 3

= 10.71 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง x ชั่วโมงการทำงาน x สัดส่วนการทำงาน

= 10.71 kW x 24 ชม./วัน x 365 วัน/ปี x 0.6

= 56,291.76 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

คิดเป็น = 56,291.76 x 85.21 x 10^{-6} toe/ปี

= 4.797 toe/ปี

คิดเป็นเงิน = 56,291.76 x 2.26 บาท/ปี

= 127,219 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าเครื่องอัดน้ำยาทำความเย็นจำนวน 3 เครื่อง พร้อมติดตั้ง 228,000 บาท

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 127,219 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน 1.79 ปี

3.3.16 มาตรการปรับปรุงสมรรถนะของหอผึ่งน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานน้ำแข็งใช้พลังงานไฟฟ้ารวมในช่วงระหว่างเดือนธันวาคม 2549 ถึงเดือนพฤศจิกายน 2550 ประมาณ 2,423,580 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าไฟฟ้าประมาณ 5,479,965 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 2.26 บาทต่อหน่วย โดยมีการผลิต 24 ชั่วโมงต่อวัน จำนวน 365 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจของทีมงานอนุรักษ์พลังงานพบว่า โรงงานติดตั้งหอผึ่งน้ำจำนวน 8 เครื่อง ทั้งนี้มีหอผึ่งน้ำเบอร์ 2 ขนาด 175 ตันความเย็น ไว้ใช้งานร่วมกับเครื่องอัดน้ำยาขนาด 150 แรงม้า มีชั่วโมงการทำงานตลอดช่วง OFF-PEAK เพื่อทำความเย็นในการผลิตน้ำแข็งหลอด ปัจจุบันทางโรงงานมีการติดตั้งใบพัดแบบอลูมิเนียมไว้ใช้ เพื่อการระบายความร้อนสำหรับหอผึ่งน้ำดังกล่าว เนื่องจากใบพัดแบบนี้มีน้ำหนักมากและมีคุณสมบัติค่าความเฉื่อยต้านทานการหมุนสูง ทำให้มอเตอร์ขับใบพัดใช้กำลังไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์

จากข้อมูลการตรวจวัดสามารถสรุปได้ดังนี้

มอเตอร์แกนยาวแบบขับตรงชนิด 10 poles ขนาด 5.5 แรงม้า

ขนาดกำลังไฟฟ้าที่วัดได้ 3.10 kW

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

เนื่องจาก ทางโรงงานมีการติดตั้งใบพัดแบบอลูมิเนียมไว้ใช้เพื่อการระบายความร้อนสำหรับหอผึ่งน้ำเบอร์ 2 ขนาด 175 ตันความเย็น ทั้งนี้ใบพัดแบบนี้มีน้ำหนักมากและมีคุณสมบัติค่าความเฉื่อยต้านทานการหมุนสูง ทำให้มอเตอร์ขับใบพัดที่ใช้ในกระบวนการใช้กำลังไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น ทั้งนี้หากมีการปรับเปลี่ยนเป็นใบพัดแบบไฟเบอร์กลาส ซึ่งมีน้ำหนักเบาและมีคุณสมบัติความเฉื่อยต้านทานการหมุนต่ำกว่า จะเป็นผลให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์ขับใบพัดลดลงได้ ซึ่งเป็นผลให้ลดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับกระบวนการนี้ลงได้



รูปแสดงหอผึ่งน้ำและใบพัดที่ใช้งาน

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานได้ทำการปรับเปลี่ยนเป็นใบพัดแบบไฟเบอร์กลาสแล้ว พบว่าสามารถลดกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์ขับใบพัดขนาด 5.5 แรงม้าลงได้ ซึ่งจากการวัดพบว่ากำลังไฟฟ้าลดลงเป็น 2.37 kW โดยไม่มีผลกระทบต่อระบบการผลิตน้ำแข็งหลอด ทั้งนี้สามารถประเมินผลการประหยัดได้ดังนี้

ระยะเวลาการดำเนินการ 1 วัน
เงินลงทุน 12,000 บาท
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง 3,909.9 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี (คิดเป็น 0.333 toe/ปี)
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 8,836 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน 1.36 ปี

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการตรวจสอบและทำการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ของระบบทำความเย็น ตามกำหนดเวลา เพื่อให้ระบบอยู่ในสภาพที่สมบูรณ์อยู่เสมอ จะเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้อย่างมีประสิทธิภาพมากที่สุด

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

การคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงจากการเปลี่ยนใบพัดหอผึ่งน้ำเป็นแบบไฟเบอร์กลาส

กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขับใบพัดก่อนปรับปรุง วัดได้ 3.10 kW

กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขับใบพัดหลังปรับปรุง วัดได้ 2.37 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลง = กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลง x ชั่วโมงการทำงาน

= (3.10 - 2.37) kW x 103 ชม./wk x 52 wk/ปี

= 3,909.9 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

คิดเป็น = 3,909.9 x 85.21 x 10^{-6} toe/ปี

= 0.333 toe/ปี

คิดเป็นเงิน = 3,909.9 x 2.26 บาท/ปี

= 8,836 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าดำเนินการปรับปรุง 12,000 บาท

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ 8,836 บาท/ปี

ระยะเวลาคืนทุน 1.36 ปี

3.4. ระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้า

3.4.1 มาตรการเปลี่ยนขนาดหม้อแปลงให้เหมาะสมกับภาระโหลดใช้งาน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการโรงงาน มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 291,248 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าไฟฟ้า 1,120,851 บาทต่อปี มีอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.87 บาทต่อหน่วย โดยโรงงานมีเวลาทำงาน 8 ชั่วโมงต่อวัน และทำงาน 312 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจวัดทางไฟฟ้า พบว่าโรงงานติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 kVA โดยมีการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน 120 kW ซึ่งเมื่อพิจารณาแล้วจะเห็นว่าเป็นการใช้หม้อแปลงที่มีขนาดใหญ่กว่าโหลดมาก ทำให้มีค่าความสูญเสียทางไฟฟ้าในหม้อแปลงไฟฟ้าสูง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การเปลี่ยนขนาดหม้อแปลงไฟฟ้าจากพิกัด 500 kVA เป็นพิกัด 250 kVA เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของโหลด จะมีผลทำให้ลดค่าความสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าลง และจะช่วยประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้อีกด้วย



รูปแสดงหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 kVA ของโรงงานก่อนการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงานพลังงาน

หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 kVA

Core Loss ในหม้อแปลง*	=	1,150	W
Copper Loss ในหม้อแปลง*	=	5,500	W
กำลังไฟฟ้าสูญเสีย	=	1,150 W + 5,500 W	
	=	6,650	W

หม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 250 kVA

Core Loss ในหม้อแปลง*	=	670	W
Copper Loss ในหม้อแปลง*	=	3,250	W
กำลังไฟฟ้าสูญเสีย	=	670 W + 3,250 W	
	=	3,920	W
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(6,650-3,920) x 8 hour/day x 312 day/year / 1,000	
	=	6,814.08	kWh/ปี
คิดเป็น toe	=	(6,814.08 kWh/ปี) / (11,740 kWh/toe)	
	=	0.58	toe/ปี
ราคาค่าไฟฟ้า	=	3.87	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	6,814.08 x 3.87	
	=	26,370.49	บาท/ปี

การลงทุน

ราคาหม้อแปลง 250 kVA	=	85,000	บาท
ค่าอุปกรณ์รวมค่าแรงในการติดตั้ง	=	17,000	บาท
รวมเงินลงทุนทั้งหมด	=	85,000 + 17,000	
	=	102,000	บาท
ราคาขายหม้อแปลงเดิม	=	100,000	บาท
รวมเงินลงทุนทั้งหมด	=	102,000 - 100,000	
	=	2,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	2,000 / 26,370.49	
	=	0.076	ปี

3.4.2 มาตรการปรับลดแรงดันด้านทุติยภูมิของหม้อแปลงไฟฟ้า

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตถุงมีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 12 เดือน จากเดือนเมษายน 2550 ถึงเดือนมีนาคม 2551 รวมทั้งสิ้น 165,006.52 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้า 575,984.40 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.50 บาทต่อหน่วย โดยโรงงานมีเวลาทำงาน 12 ชั่วโมงต่อวัน และทำงาน 305 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจโรงงาน โดยการตรวจวัดค่าแรงดันด้านทุติยภูมิพบว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ามีค่าประมาณ 405 โวลต์



รูปแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการสำรวจและตรวจวัดการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน พบว่าแรงดันไฟฟ้าของระบบไฟฟ้ามีค่าประมาณ 405 โวลต์ หม้อแปลงไฟฟ้าที่มีค่าแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิสูง จะทำให้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงไฟฟ้ามีค่าต่ำ เนื่องจากการทำงานที่แรงดันไฟฟ้าสูง จะทำให้เกิดการสูญเสียในแกน (Core loss) ในหม้อแปลงไฟฟ้าสูงตามไปด้วย และอายุการใช้งานจะสั้นลงด้วย



รูปแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าด้านทุติยภูมิหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานได้ดำเนินการให้การไฟฟ้า ปรับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงลงร้อยละ 2.5 โดยทีมงานอนุรักษ์พลังงานได้เสนอการคำนวณผลการประหยัดดังนี้

เงินลงทุน	4,000	บาท		
พลังงานที่ประหยัดได้	8,167.82	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า	0.6960 toe/ปี
ผลประหยัดที่ได้	28,587.37	บาท/ปี	ระยะเวลาคืนทุน	0.14 ปี

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

การปรับแรงดันไฟฟ้าของหม้อแปลงลง ต้องระมัดระวังไม่ให้แรงดันไฟฟ้าต่ำเกินกว่าค่าที่กำหนด (380 โวลต์) โดยตรวจจุดต่อสายต่างๆ เพื่อป้องกันแรงดันตกที่จุดต่อสาย

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงานจากการลดแรงดันไฟฟ้า

เปอร์เซ็นต์การปรับแรงดันไฟฟ้าเท่ากับ = 2.5

แรงดันไฟฟ้าต้นสาย

แรงดันไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	= 407.9	โวลท์
แรงดันไฟฟ้าหลังปรับปรุง	= 397.9	โวลท์

แรงดันไฟฟ้าปลายสาย

แรงดันไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	= 405	โวลท์
แรงดันไฟฟ้าหลังปรับปรุง	= 394.9	โวลท์
ภาระรวม	= 56.76	กิโลวัตต์
ภาระของหม้อแปลง	= 56.76	กิโลวัตต์

เปอร์เซ็นต์การจ่ายโหลด(LF)	= 56.76/56.76 x100
	= 100 %
เพาเวอร์แฟคเตอร์ (P.F)	= 0.89
กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง	= Dx(LF/100)
	= 56.76 x (100.00/100)
	= 56.76 กิโลวัตต์
ค่าอิมพีแดนซ์ (Z)	= (3^0.5 x $V_{ก่อน}$^2 x P.F) / ($P_{ก่อน}$x1,000)
	= 3^0.5x407.9^2x0.89 /(56.76x1,000)
	= 4.519 โอห์ม
กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง	= (3^0.5 x $V_{หลัง}$^2 x P.F) / (Zx1,000)
	= 3^0.5x397.9^2x0.89 /(4.519x1,000)
	= 53.95
เปอร์เซ็นต์ที่ประหยัดได้ (% save)	= ($P_{ก่อน}$ – $P_{หลัง}$)/$P_{ก่อน}$x100
	= (56.76 – 53.95) / 56.76x100
	= 4.95 %
พลังงานไฟฟ้าจากบิล	= 165,006.52 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
พลังงานไฟฟ้าประหยัดได้	= (% save /100)x(LF/100)
	x พลังงานไฟฟ้า
	= (4.95/100)x(100.00/100)x165006.52
	= 8,167.82 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
คิดเป็น	= 8,167.82 x 85.21 x 10^{-6}
	= 0.6960 toe/ปี
หรือคิดเป็นเงิน	= 8,167.82 x 3.5 บาท/ปี
	= 28,587.37 บาท/ปี

การลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	= 4,000 บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	= 28,587.37 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	= 0.14 ปี

3.4.3 มาตรการรวมโหลดของหม้อแปลงไฟฟ้า

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการโรงงานผลิตชิ้นส่วนเฟอร์นิเจอร์จากไม้ยางพารา มีการใช้เครื่องจักรหลายประเภท เช่น เครื่องไส เครื่องอัดประสาน เครื่องฟิงเกอร์จอยส์ โต๊ะตัด เครื่องดูดฝุ่น เครื่องขัดกระดาษทราย และเครื่องอัดอากาศ มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด 234 kW และใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 40,384 kWh/เดือนหรือ 484,608 kWh/ปี เป็นเงิน 1,795,890.86 บาท/ปี อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 3.72 บาท/kWh



รูปแสดงลักษณะการติดตั้งหม้อแปลงของโรงงานก่อนปรับปรุง

ปัญหาของระบบก่อนการปรับปรุง

จากการสำรวจในระบบจ่ายกำลังไฟฟ้าพบว่า โรงงานมีหม้อแปลงไฟฟ้าพิกัด 400 kVA จำนวน 2 ชุด ในขณะที่ภาระโหลดรวมสูงสุดในการใช้ไฟฟ้าของโรงงานเท่ากับ 292 kVA ซึ่งพิจารณาแล้วพบว่าสามารถใช้หม้อแปลงเพียงชุดเดียวได้ สาเหตุที่โรงงานมีการติดตั้งหม้อแปลงขนาดใหญ่เกินไปก็เนื่องมาจากในอดีต โรงงานมีกระบวนการใช้ไฟฟ้ามากโดยมีกระบวนการการอบไม้ด้วย แต่ในปัจจุบันได้เลิกการใช้กระบวนการดังกล่าวออกไป ดังนั้น การใช้งานหม้อแปลงในภาพเดิมจึงไม่มีความจำเป็น การลดจำนวนการใช้หม้อแปลงให้มีขนาดพิกัดเหมาะสมกับสภาพภาระโหลดจะสามารถลดสูญเสียพลังงานภายในตัวหม้อแปลงลงได้

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ดำเนินการปรับปรุงโดยรวมภาระโหลดเดิมทางด้านไฟฟ้าแรงต่ำของหม้อแปลงชุดที่ 1 และชุดที่ 2 เข้าด้วยกัน โดยพิจารณานำโหลดของหม้อแปลงชุดที่มีภาระน้อยกว่าไปรวมกับหม้อแปลง

ตลอดจนปลดฟิวส์ทางด้านแรงสูงของหม้อแปลงชุดที่ตัดภาระโหลดออกเพื่อป้องกันกระแสไฟฟ้าไหลเข้าสู่หม้อแปลงชุดที่ยกเลิกการใช้งานซึ่งทำให้เกิดความสูญเสียทางด้านไฟฟ้า

สภาพหลังการปรับปรุง

การดำเนินมาตรการการปรับปรุงโดยการรวมภาระหม้อแปลง สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 8,760 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 32,587.20 บาท/ปี



รูปแสดงการย้ายภาระโหลดไปรวมกันที่หม้อแปลงหลังการปรับปรุง

การลงทุน

เงินลงทุน	-	บาท		
การประหยัดพลังงาน	8,760	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า 0.75	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	32,587.20	บาท/ปี	ระยะเวลาคืนทุน	-

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

กำลังสูญเสียขณะ No Load ของหม้อแปลง	=	1	kW
ชั่วโมงการใช้งานของหม้อแปลงตลอดปี	=	8,760	ชม./ปี
คิดเป็นพลังงานสูญเสียของหม้อแปลง	=	1 x 8,760	
	=	8,760	kWh / ปี
ดังนั้น กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	=	8,760	kWh / ปี
	=	8,760 x 85.21 x 10^{-6}	
	=	0.75	toe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 8,760 x 3.72
= 32,587.20 บาท/ปี

3.4.4 มาตรการปรับปรุงกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตภัณฑ์จากโลหะ มีการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักในส่วนของมอเตอร์เครื่องจักร เครื่องกลึง CNC ระบบทำความเย็น หม้อต้มน้ำร้อน ไฟฟ้าแสงสว่าง และเครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 500 kVA มีระดับแรงดันไฟฟ้าที่ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก (Main Distribution Board: MDB) เท่ากับ 397 V มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (power factor) เฉลี่ย 0.72 มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 1,394,401.91 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 4,296,060.96 บาท/ปี อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.08 บาท/หน่วย โดยมีเวลาทำงาน 16 ชม./วัน 312 วัน/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจวัดระบบไฟฟ้าที่ตู้จ่ายไฟฟ้าหลัก พบว่า กระแสไฟฟ้าในสายนิวทรอลของระบบไฟฟ้าโรงงาน วัดได้เท่ากับ 191.74 A ซึ่งสาเหตุดังกล่าวจะเกิดจากการขาดความสมดุลของกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสสำหรับระบบไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ดังกล่าว มีผลกระทบทำให้มีกระแสไฟฟ้าเกิดขึ้นในสายนิวทรอล ทำให้เกิดค่าความสูญเสียทางไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การปรับปรุงการจ่ายกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล เพื่อให้กระแสในสายนิวทรอลเหลือไม่เกิน 10 % ของขนาดกระแสเดิมจะทำให้ลดค่าความสูญเสียในสายไฟฟ้าลงได้ มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1) สำรวจข้อมูล โดยวัดค่ากระแสไฟฟ้าขณะใช้งานในแต่ละเฟสและที่สายนิวทรอล
2) จัดทำแผนการปรับปรุง โดยการวางแผนงานในการปรับแก้ไขการจ่ายกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล ในช่วงวันหยุดงานเพื่อให้กระทบการทำงานน้อยที่สุด
3) ดำเนินการตามมาตรการ ปรับแก้ไขการจ่ายกระแสไฟฟ้าในแต่ละเฟสให้สมดุล โดยใช้พนักงานในสถานประกอบการเป็นผู้ดำเนินการได้เอง
4) ตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการ และสรุปประเมินผลการปรับปรุง โดยการวิเคราะห์ผลประหยัดจริงที่เกิดขึ้นทั้งหมด
5) สรุปรายงานต่อผู้บริหาร

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินการตราจสอบกระแสไฟฟ้าในสายเมนส่งจ่าย และย้ายสายเมนย่อยของอุปกรณ์ไฟฟ้าระหว่างเฟสให้มีความสมดุลในสายเมนมากที่สุด ทำให้ลดกระแสไฟฟ้าในนิวทรอลลงทำให้สามารถลดความสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลงได้



รูปแสดงตู้จ่ายไฟฟ้าหลักที่ตรวจวัดกระแสไฟฟ้าที่เกิดสภาวะเฟสไม่สมดุล

เงินลงทุน	ไม่มี		
ประหยัดเงินได้	28,690.42 บาท/ปี		
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	9,315.07 kWh/ปี	หรือเทียบเท่า 0.794	toe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	ทันที		



รูปแสดงการตรวจวัดกระแสไฟฟ้าในเฟสให้สมดุลหลังการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

ข้อมูลเบื้องต้น

กระแสไฟฟ้าในสายนิวทรอล จากการวัด = 191.74 A

ความยาวสายนิวทรอลรวม = 850 m

ความต้านทานสายนิวทรอล = 0.0737 ohm/km

การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

เมื่อปรับเฟสสมดุล กระแสในสายนิวทรอลลดลง

= 191.74 A – (191.74 A x 10%)

= 172.57 A

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในสายนิวทรอลลดลง

= 172.57^2 A x 0.0737 ohm/km x 850 m

= 1.866 kW

พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในสายนิวทรอลลดลง

= 1.866 kW x 16 ชม/วัน x 312 วัน/ปี

= 9,315.07 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้

= (9,315.07 kWh/ปี) x (3.08 บาท/kWh)

= 28,690.42 บาท/ปี

คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้

= (9,315.07 kWh/ปี) x (3.6 MJ/kWh)

= 33,534.25 MJ/ปี

คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ เทียบเท่ากับ

= (9,315.07 kWh/ปี) / (11,740 kWh/toe)

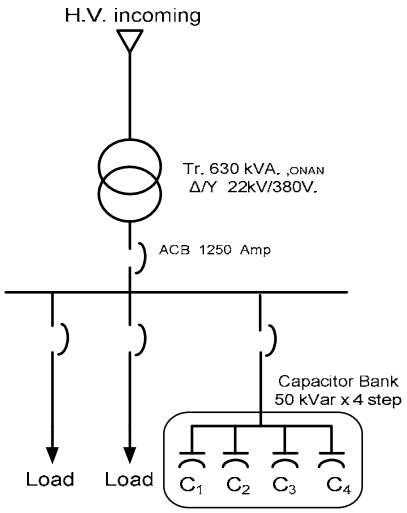
= 0.794 toe/ปี

3.4.5 มาตรการการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor)

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

โรงงานมีการใช้พลังงานหลักในกระบวนการผลิตคือพลังงานไฟฟ้า ในระบบส่งจ่ายกำลังไฟฟ้ากำลัง พบว่า ค่าตัวประกอบกำลัง(power factor) เท่ากับ 0.61 เนื่องมาจากคาปาซิเตอร์ที่ต่อขนานเข้าไปกับระบบไฟฟ้ามีการเสื่อมสภาพไม่สามารถใช้งานได้ ซึ่งส่งผลทำให้มีการ

สูญเสียพลังงานไฟฟ้าในของหม้อแปลง และสูญเสียพลังงานในสายส่งมีค่าสูงขึ้นโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงแผนผังระบบไฟฟ้าของโรงงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

ค่าตัวประกอบกำลัง คือ อัตราส่วนของกำลังไฟฟ้าจริง (kW) ต่อกำลังไฟฟ้าปรากฏ (kVA) โดยทั่วไปควรมีค่าสูงกว่า 0.85 หากตัวประกอบกำลังต่ำ หมายถึง กำลังงานไฟฟ้า(กิโลวัตต์)ที่ใช้งานเท่ากันต้องมีค่ากำลังไฟฟ้าปรากฏหรือเควีเอสูงกว่า หรือกระแสสูงขึ้นนั่นเอง ซึ่งจะมีผลทำให้กำลังสูญเสียตัวนำของหม้อแปลงกำลังและสูญเสียในสายส่งมีค่าสูงขึ้น จากการตรวจสอบการใช้ไฟฟ้าของโรงงาน พบว่า ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโรงงานมีค่า 0.61 จึงเป็นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ในระบบส่งกำลังงานไฟฟ้าของโรงงาน และเมื่อมีการตรวจวัดชุดคาปาซิเตอร์ของระบบ พบว่า ค่ากระแสไฟฟ้าของตัวเก็บประจุใน Step ที่ 1 และ 4 มีขนาดของกระแสไฟฟ้าต่ำกว่า 85% ของ Capacitor Normal Current (58.30 A.) ซึ่งแสดงว่าตัวเก็บประจุใน Step ที่ 1 และ 4 มีการชำรุดเสื่อมสภาพในการใช้งาน จึงเป็นสาเหตุของค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าของโรงงานมีค่าต่ำ



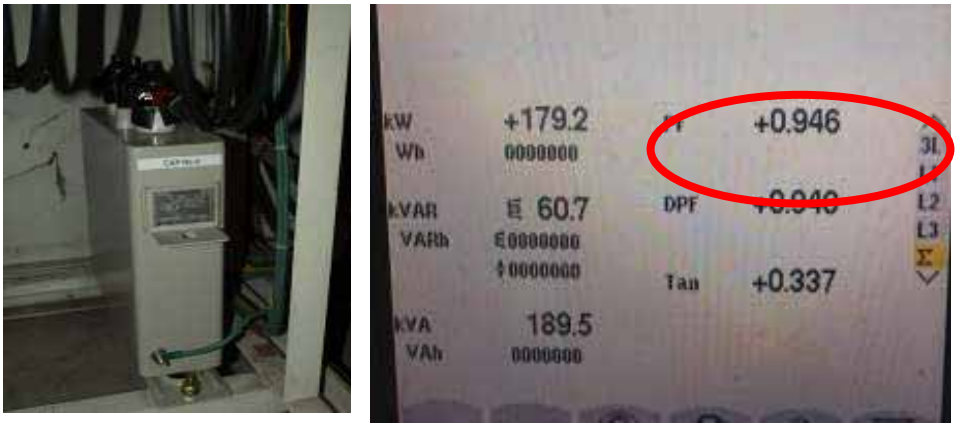
รูปแสดงการตรวจวัดค่าตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ดำเนินการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้า และตั้งเป้าหมายค่าตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าที่ 0.95 และคำนวณหาค่าคาปาซิเตอร์ที่จะนำมาติดตั้งประเมินราคาค่าติดตั้ง คำนวณผลประหยัดและค่าคุ้มค่าในการลงทุนการทำงานของการเปลี่ยนคาปาซิเตอร์ใหม่

สภาพหลังปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังในระบบไฟฟ้า จาก 0.61 เป็น 0.95 สามารถประหยัดพลังงานลงได้ 4,386.92 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 14,871.66 บาท/ปี



รูปแสดงการตรวจวัดค่าตัวประกอบกำลังของระบบไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

สรุป

เงินลงทุน	30,000	บาท			
ผลประหยัดที่ได้	4,386.92	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า	0.40	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	14,871.66	บาท/ปี	ระยะเวลาคืนทุน	2.02	ปี

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	สัญลักษณ์	ข้อมูล	หน่วย
1. ข้อมูลเบื้องต้น			
1.1 ขนาดพิกัดหม้อแปลงไฟฟ้า	kVA_R	630	kVA
1.2 ชั่วโมงการใช้งานหม้อแปลงใน 1 ปี	h	4224	h/y
1.3 ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	C_E	3.39	฿/kWh
2. ข้อมูลตรวจวัด			
2.1 แรงดันทุติยภูมิใช้งานจริง	V_A	375	V
2.2 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า(Pf)ก่อนปรับปรุง	pf1	0.6	
2.3 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า(Pf)หลังปรับปรุง	pf2	0.95	
2.4 กำลังไฟฟ้าที่ทำให้เกิดงานจริง	P_A	219	kW
2.5 Copper Loss ที่พิกัดของหม้อแปลง	C_L	6.5	kW
3. การวิเคราะห์ทางเทคนิค			
3.1 กระแสไฟฟ้าที่พิกัด			
$I_R = (kVA_R \times 1000)/(3^{1/2} \times V_A)$	I_R	969.95	A
3.2 มุมระหว่างกระแสและแรงดันเดิม	f_1	53.13	
3.3 มุมระหว่างกระแสและแรงดันหลังจากปรับปรุง	f_2	18.19	
3.4 กำลังรีแอคตีฟของคะแปซิเตอร์ (ขนาดคะแปซิเตอร์			
$P_{RC} = P_A \times (\tan f_1 - \tan f_2)$	P_{RC}	220.02	kVAR
3.5 กระแสไฟฟ้าที่ Power Factor เดิม			
$I_O = (P_A \times 1000) / (3^{1/2} \times V_A \times \cos f_1)$	I_O	561.95	A

3.6 กระแสไฟฟ้าที่ Power Factor ใหม่			
$I_N = (P_A \times 1000) / (3^{1/2} \times V_A \times \cos f_2)$	I_N	396.67	A
3.7 Apparent Power ขณะใช้งานจริง			
$kVA_A = P_A / \cos f_1$	kVA_A	398.18	kVA
3.8 Copper Loss ของหม้อแปลงขณะใช้งานจริง			
$C_{LA} = C_L \times (kVA_A/kVA_R)^2$	C_{LA}	2.60	kW
3.9 พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ใน 1 ปี			
$E_S = C_{LA} \times h \times [(I_O / I_R)^2 - (I_N / I_R)^2]$	E_S	**4,386.92**	kWh/y
3.10 คิดเป็นค่าไฟฟ้าประหยัดได้	C_S	**14,871.66**	฿/y
$C_S = E_S \times C_E$			
3.11 เทียบเท่า		0.0004	ktoe
3.12 เงินลงทุนค่า Capacitor และค่าติดตั้ง	I_V	30,000.00	฿
4. การวิเคราะห์การลงทุน			
4.1 ระยะเวลาคืนทุน			
$PB = I_V / C_S$	PB	2.02	y

3.4.6 มาตรการเปลี่ยนประเภทผู้ใช้

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

ปัจจุบันโรงงานเสียค่าไฟฟ้าในอัตราปกติโดยเสียค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด 196.26 บาทต่อกิโลวัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้า 1.7034 บาทต่อหน่วย (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ในอัตราคงที่ตลอด 24 ชั่วโมงทุกวัน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนการปรับปรุง

โรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในการผลิตอยู่ในช่วงเวลา Off Peak ในอัตราค่าไฟฟ้าแบบตามช่วงเวลาการใช้ TOU

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าไปเป็นแบบ TOU (Time of use) ซึ่งคิดค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ไฟฟ้า ซึ่งเหมาะสมกับลักษณะการใช้พลังงานของโรงงาน



รูปแสดงการเครื่องจักรและอุปกรณ์ของโรงงานที่ใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากดำเนินการตามรายละเอียดในหัวข้อที่ผ่านมาแล้วนั้น โรงงานสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าลงได้



รูปแสดงการเครื่องจักรและอุปกรณ์ของโรงงานที่ใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

เงินลงทุนทั้งหมด	20,000	บาท
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	22,994.69	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	0.87	ปี

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน
ที่อัตรา TOU

ราคาค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak = 2.6950 บาท/kWh
ราคาค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak และ Holiday = 1.1914 บาท/kWh
ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด = 132.93 บาท/kW
ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสูดเฉลี่ย On Peak* = 141.44 kW
พลังงานไฟฟ้า ช่วง On Peak* = 273,128.09 kWh
พลังงานไฟฟ้า ช่วง Off Peak* = 167,344.13 kWh
พลังงานไฟฟ้า ช่วง Holiday* = 193,662.58 kWh
รวมพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = พลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak*
+ พลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak*
+ พลังงานไฟฟ้า ช่วง Holiday*
= 273,128.09 + 167,344.13
+193,662.58
= 634,134.80 kWh

เป็นเงินค่าพลังงานไฟฟ้า
= (พลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak* x ราคาค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง On Peak)
+ (พลังงานไฟฟ้า ช่วง Off Peak*+พลังงานไฟฟ้า ช่วง Holiday*)
X ค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak และ Holiday)
= (273,128.09 X 2.6950) + ((167,344.13 + 193,662.58) X 1.1914
= 1,166,183.59 บาท

เป็นเงินค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
= ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
x ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสูดเฉลี่ยช่วง On Peak* x 12
= 132.93 x 141.44 x 12
= 225,619.43 บาท

รวมค่าไฟฟ้า(ไม่รวมภาษี,ค่าFt.)
= เงินค่าพลังงานไฟฟ้า + เงินค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
= 1,166,183.59 + 225,619.43
= 1,391,803.02 บาท

ที่อัตราปกติ

ราคาค่าพลังงานไฟฟ้า = 1.7034 บาท/kWh

ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด = 196.26 บาท/kW

พลังงานไฟฟ้า = 634,134.80 kWh

เป็นเงินค่าพลังงานไฟฟ้า = พลังงานไฟฟ้าxราคาค่าพลังงานไฟฟ้า

= 634,134.80 x 1.7034

= 1,080,185.22 บาท

เป็นเงินค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

= ราคาค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด
X ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสูดเฉลี่ย x 12

= 196.26 x 141.44 x 12

= 333,108.17 บาท

รวมค่าไฟฟ้า(ไม่รวมภาษี,ค่าFt.)

= เงินค่าพลังงานไฟฟ้า + เงินค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด

= 1,080,185.22 + 333,108.17

= 1,413,293.39 บาท

ผลประหยัด

= ค่าไฟฟ้าอัตราปกติ - ค่าไฟฟ้าอัตรา TOU

= 1,413,293.39 - 1,391,803.02

= 21,490.37 บาท

ผลประหยัดรวม Vat 7% = 22,994.70 บาท

เงินลงทุนค่าดำเนินการ = 20,000.00 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 0.87 ปี

*หมายเหตุ : ทางโรงงานได้ทำการติดตั้งมิเตอร์แบบ AMR (Automatic Meter Reading) ซึ่งค่าที่ใช้ในการคำนวณเป็น

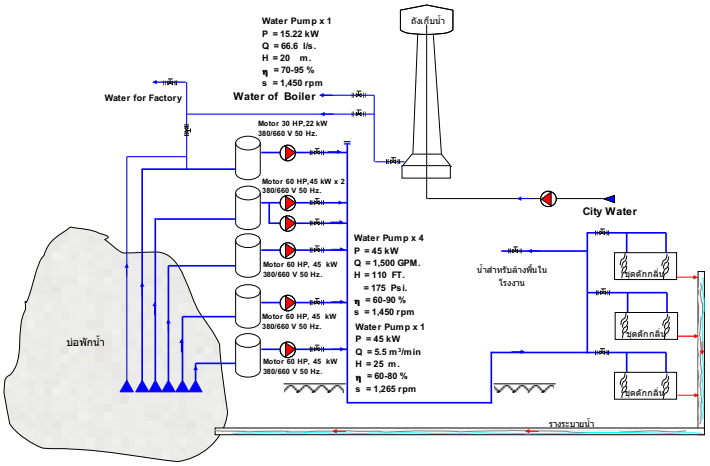
ค่าที่ได้จากข้อมูลการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย

3.5 ระบบมอเตอร์และปั๊มน้ำ

3.5.1 มาตรการลดการใช้งานของปั๊มน้ำในกระบวนการผลิต

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ ประเภทผลิตปลาป่น มีการใช้ปั๊มน้ำเป็นจำนวนมาก โดยการใช้ปั๊มน้ำเพื่อสูบน้ำจากสระภายในโรงงานไปใช้ในกระบวนการดักกลิ่น และเศษผงปลาป่นที่ออกจากหม้อบดปลา เพื่อลดกลิ่นและอุณหภูมิของอากาศที่ส่งออกไปทิ้งผ่านม่านน้ำในท่อดัก และปริมาณน้ำจะไหลไปยังรางระบายน้ำออกไปรอบด้านหลังโรงงาน เพื่อลดอุณหภูมิแล้วเก็บไว้ในบ่อน้ำดิบและสำรองไว้ใช้ในกระบวนการผลิตต่อไป ซึ่งการใช้ปั๊มน้ำมีบางตัวก็เปิดทิ้งไว้ตลอดเวลาที่ไม่มีการใช้งาน ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงผังการทำงานของระบบปั๊มน้ำ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจ พบว่า การทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำส่งไปที่ชุดดักกลิ่นจะทำงานตลอดเวลา แม้จะเป็นในช่วงที่ไม่มีการผลิตก็ตาม โดยพนักงานที่ปฏิบัติงานต้องการเปิดปั๊มน้ำทิ้งไว้เพียงเพื่อจะใช้น้ำในการฉีดล้างพื้นที่ปฏิบัติงานให้สะอาดเท่านั้น และบางส่วนต้องใช้น้ำเพื่อล้างรถขนส่งปลา ซึ่งจากการศึกษาพฤติกรรมการใช้งานของปั๊มน้ำ พบว่าในจุดนี้เกิดการสูญเสียพลังงานเป็นอย่างมาก




รูปแสดงลักษณะการใช้งานของปั๊มน้ำก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1) ทำการสำรวจพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ที่มีการใช้น้ำ และท่อส่งจ่ายน้ำทุกพื้นที่ของโรงงาน
2) ดำเนินการตรวจวัดการใช้พลังงานของมอเตอร์สูบน้ำในช่วงเวลาที่ไม่ได้งาน
3) ทำการวิเคราะห์หาค่าผลการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าจากการเปิดมอเตอร์สูบน้ำทิ้งไว้ในช่วงที่ไม่มีการใช้งาน
4) ดำเนินการเดินท่อส่งจ่ายน้ำจากถังแชมเปญ มาใช้ในการล้างพื้นแทนการเปิดมอเตอร์สูบน้ำ ที่จ่ายน้ำไปใช้ในกระบวนการดักกลิ่นของปลาป่น
5) กำหนดผู้รับผิดชอบในการเปิด-ปิด มอเตอร์ปั๊มน้ำที่ใช้ในกระบวนการผลิต
6) ทางทีมงานชี้แจงให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่นั้นได้รับทราบ และให้ความรู้เกี่ยวกับ การอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน
7) สรุปผลการดำเนินการ และผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการ

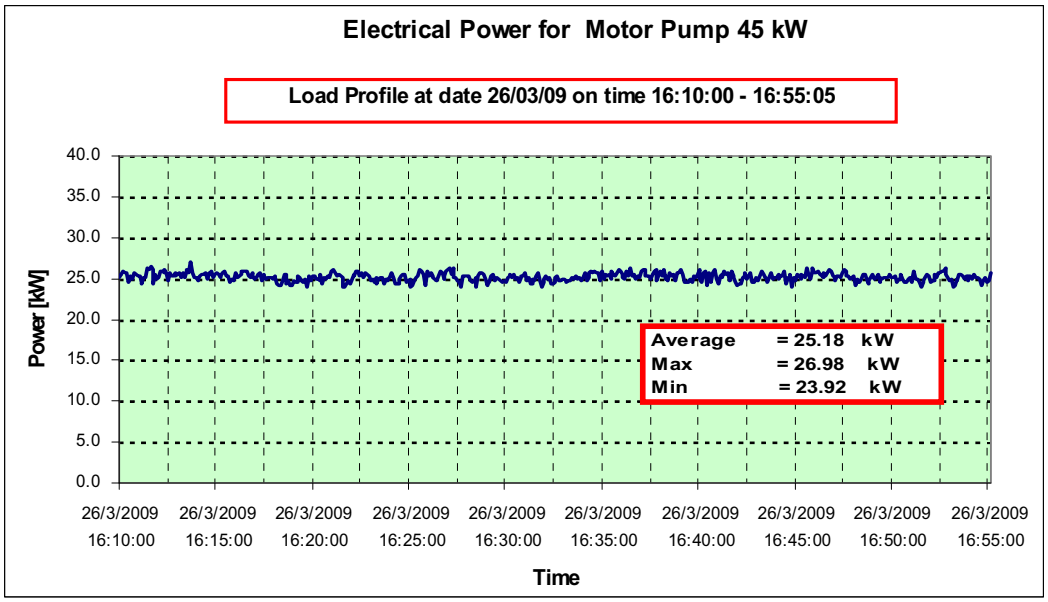
สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากมีการดำเนินมาตรการลดการใช้งานของปั๊มน้ำในกระบวนการผลิตช่วงไม่มีการผลิต แล้วสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้โดยไม่ส่งผลกระทบต่อพนักงาน และการผลิต

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	**49,856.40**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**4.248**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**171,007.45**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			



รูปแสดงผลการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์สูบน้ำ



รูปแสดงกราฟผลการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์สูบน้ำ

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน

แนวทางการขยายผล

เนื่องจากทางโรงงานมีการใช้ปั๊มน้ำจำนวนมาก ดังนั้นควรให้พนักงานตรวจสอบ และกำหนดชื่อผู้รับผิดชอบ และเวลาการเปิด-ปิด ให้ชัดเจน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

มอเตอร์ปั๊มพิกัดขนาดของมอเตอร์	=	60.00	HP
	=	45.00	kW
กำลังไฟฟ้าวัดได้เฉลี่ย	=	25.18	kW
ชั่วโมงการปิดใช้งาน	=	11.00	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	=	300	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	=	60	%
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	=	3.43	บาท/kWh
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	49,856.40	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	171,007.45	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	179,483.04	MJ/ปี
	=	4.248	toe/ปี

การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

3.5.2 มาตรการปรับความตึงของสายพานส่งกำลัง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร ในกระบวนการผลิตจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับจ่ายให้กับมอเตอร์ที่อยู่ในกระบวนการผลิตภายในโรงงานจำนวนมาก ซึ่งมอเตอร์ส่วนมากจะใช้สายพานขับพูลเล่เพื่อส่งกำลังไปให้กับเครื่องอัดอากาศ, เครื่องโม่, เครื่องผสม และดูดฝุ่นต่างๆ เพื่อส่งกำลังไปยังแกนเพลาต่างๆ และส่งกำลังทางกลต่อไปในกระบวนการผลิต



รูปแสดงผังการทำงานของมอเตอร์ขับสายพานที่ใช้ในกระบวนการผลิต

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

มอเตอร์ที่ใช้ขับเครื่องจักรในกระบวนการผลิต มีสภาพการใช้งานที่ขาดการบำรุงรักษาเท่าที่ควร คือสายพานที่ใช้ขับพลูเล่ มีสภาพที่หย่อนขาดการปรับแต่งให้สายพานตึง และตำแหน่งของพลูเล่ไม่ได้จุดศูนย์ถ่วงเท่าที่ควร ทำให้เวลาใช้งานของมอเตอร์จะเกิดการลื่นไหล Slip of Motor ซึ่งทำให้สูญเสียกำลังไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ และเมื่อใช้งานไประยะเวลาหนึ่งจะทำให้แบริ่งของมอเตอร์กับพลูเล่เกิดการสึกหลอเสียหายขึ้นได้ ทำให้เสียค่าใช้จ่ายในการแก้ไข และกระบวนการผลิตต้องหยุดลงด้วย หากดำเนินการตรวจสอบ และแก้ไขปรับแต่งความหย่อนของสายพานมอเตอร์อย่างสม่ำเสมอ จะสามารถลดการสูญเสียพลังงาน และค่าใช้จ่ายต่างๆ ได้



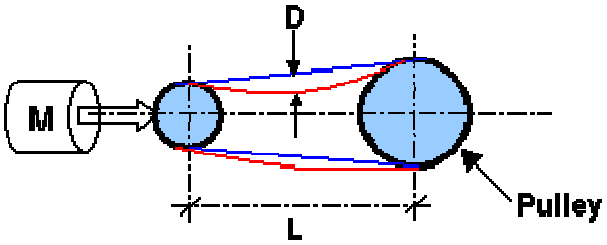
รูปแสดงลักษณะความหย่อนของสายพานก่อนการปรับปรุง

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

การสำรวจเครื่องจักรต่างๆ ของโรงงาน พบว่า มอเตอร์ส่วนใหญ่มีการใช้งานมานานและขาดการตรวจสอบบำรุงรักษา โดยสายพานส่งกำลังหย่อน การตรวจสอบสภาพใช้งานของสายพานและปรับความตึงของสายพานให้มีการส่งกำลังอย่างมีปนะสิทธิภาพ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. ทำการสำรวจมอเตอร์ที่ใช้สายพานขับพลูเล่ทั้งหมดภายในโรงงาน
2. ตรวจเช็คสภาพการใช้งานของสายพาน และตรวจสอบรอบการหมุนของพลูเล่ ว่าทำงานปกติ หรือไม่ในช่วงที่มอเตอร์ทำงาน
3. ตรวจเช็คความตึงของสายพานที่เหมาะสมหรือไม่ในช่วงที่มอเตอร์ไม่ทำงาน
4. ปรับความตึงของสายพานให้เหมาะสมตามวิธีการดังนี้

<u>วิธีการปรับความตึง</u> เมื่อใช้นิ้วมือกดลงที่สายพาน ระยะ D จะต้องไม่เกิน 1 cm. ดังนั้นวิธีการตรวจสอบสายพานอย่างง่ายคือการใช้นิ้วมือกดลงบนสายพาน ระยะ D จะต้องเท่ากับความกว้างของสายพานเส้นนั้น



Energy Loss = 2-3 % Effect for % Slip Motor

D = L/100

D : ระยะความหย่อนของสายพานที่เหมาะสม

L : ระยะความห่างของ Pulley

Ext. Motor from pulley the interval = 100 cm.

Energy formula ; L/100

= 100/100

= 1

ขั้นตอนการดำเนินการ

- มีผู้รับผิดชอบติดตามการดำเนินงาน ระยะเวลาดำเนินการทุกๆ เดือน
- จัดทำตารางการตรวจเช็ค และเก็บข้อมูล
- เก็บชั่วโมงการใช้งาน ก่อน และหลังปรับปรุง
- จัดกลุ่มหรือทีมงานเข้าสำรวจ เก็บข้อมูลการใช้งานที่ผ่านมา เพื่อสรุปเป็นแนวทางแก้ไขในการดำเนินการอุปกรณ์อื่นๆ ต่อไป

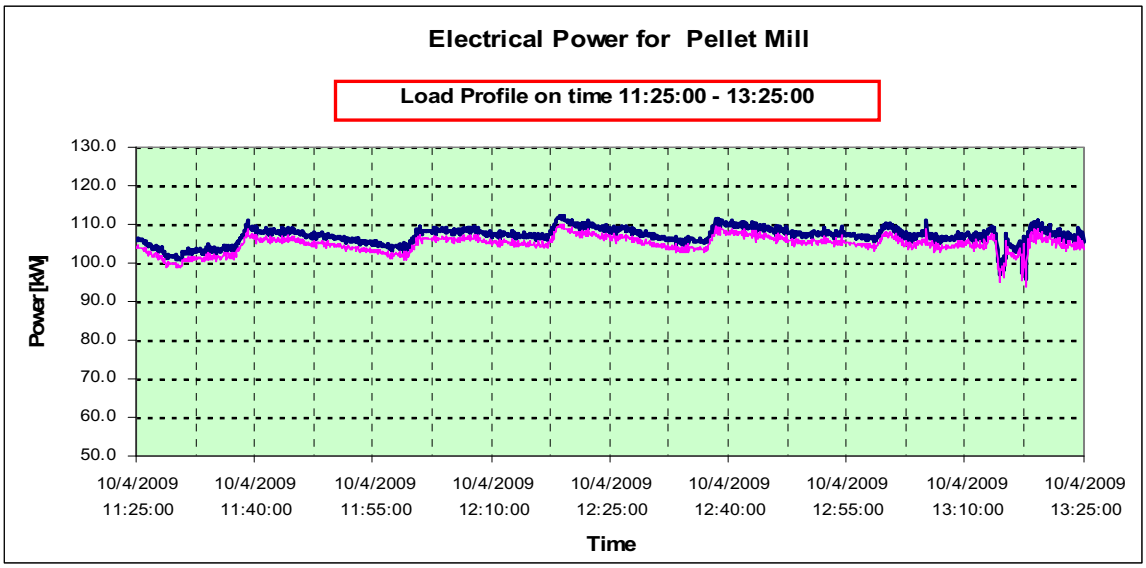
สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากดำเนินการปรับความตึงของสายพาน และปรับตำแหน่งของพลูเล่ให้ได้จุดศูนย์ถ่วง พร้อมตรวจสอบการหล่อลื่นของพลูเล่ ว่าใช้งานได้ดีแล้วจึงเดินเครื่องจักรให้ทำงานตามปกติ และตรวจสอบ อย่างสม่ำเสมอแล้ว สามารถประหยัดพลังงานได้ 7,848.36 kWhต่อปี คิดเป็นเงิน 27,704.71 บาท/ปี

ประหยัดพลังงานได้	7,848.36	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า	0.669	toe/ปี
ผลที่ประหยัดได้	27,704.71	บาท/ปี	เงินลงทุน	-	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี			



รูปลักษณะของสายพานหลังการปรับปรุง



รูปแสดงลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังปรับความตึงสายพานหย่อนของ Pellet Mill

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน และผู้รับผิดชอบควรสำรวจพื้นที่อื่นและตรวจสอบผลการปฏิบัติงาน เพื่อให้แต่ละพื้นที่ปฏิบัติตาม

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

สามารถคำนวณผลประหยัดได้ดังนี้

มอเตอร์เครื่องอัดอากาศ ขนาด 10.0 HP หรือ 7.50 kW จำนวน 1 ตัว

กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดเฉลี่ย = 6.18 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	373,905.2	kWh/ปี
มอเตอร์เครื่อง Pellet Mill ขนาด 175.0 HPหรือ 130.0 kW จำนวน 1 ตัว			
กำลังไฟฟ้าที่ตรวจวัดเฉลี่ย	=	107	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	18,512.82	kWh/ปี
จำนวนที่สายพานที่ปรับปรุง	=	2	ชุด
ชั่วโมงการเปิดใช้งาน	=	16	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	=	312	วัน/ปี
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด	=	(373,905.2 - 18,512.82)	
	=	392,418.04	kWh/ปี

หากดำเนินการแก้ไขปรับแต่งความตึงของสายพาน สามารถลดการเกิดการลื่นไหล Slip of Motor จะสามารถลดการสูญเสียพลังงานลง 2 %

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(392,418.04 x 2/100)	
	=	7,848.36	kWh/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.53	บาท/kWh
	=	(7,848.36 x 3.53)	
	=	27,704.71	บาท/ปี
	=	(7,848.36 x 3.60)	
	=	28,254.10	MJ/ปี
	=	0.669	toe/ปี

การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

3.5.3 มาตรการเปลี่ยนขนาดพูเล่ย์เครื่องยนต์ดีเซลต้นกำลัง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงสีข้าวมีการติดตั้งเครื่องยนต์ดีเซลเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนเครื่องจักรต่างๆ ในกระบวนการกระเทาะข้าวเปลือก แยกข้าวกล้องจากข้าวเปลือก ขัดขาว คัดแยกข้าวเปลือก ฯลฯ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เครื่องยนต์ดีเซลใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในการขับเคลื่อนเพลา และมีพูเลย์สายพานขับขนาด 10 นิ้ว ในการส่งกำลังไปยังเครื่องจักรกลต่างๆ ในการสีข้าว ซึ่งราคาเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลมีเสถียรภาพของราคาไม่แน่นอน ทำให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้น



รูปแสดงสภาพเดิมของพูเลย์ที่ติดตั้งกับเครื่องยนต์ดีเซลก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การดำเนินการเปลี่ยนพูเลย์ที่ติดตั้งที่เครื่องยนต์ดีเซลต้นกำลังจากขนาด 10 นิ้ว เป็น 11 นิ้ว เพื่อลดจำนวนรอบการหมุนของเครื่องยนต์ต้นกำลัง จะสามารถประหยัดน้ำมันดีเซลลงได้ 1 ลิตร ต่อการสีข้าว 1 เกวียน มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยวัดขนาดเพลาที่จะติดตั้งพูเลย์และหาขนาดพูเลย์ที่จะใช้เพื่อที่จะสามารถนำพูเลย์มาติดตั้งกับเครื่องยนต์ต้นกำลัง
2) สำรวจข้อมูลด้านราคา พร้อมทั้งคุณสมบัติของพูเลย์ตามขนาดที่กำหนด
3) จัดทำแผนงานการติดตั้งพูเลย์ตัวใหม่เข้ากับเครื่องยนต์ต้นกำลังในช่วงวันหยุดเพื่อไม่ให้กระทบกับกระบวนการผลิต
4) ดำเนินการตามมาตรการ โดยการสั่งทำพูเลย์ตัวใหม่ และทำการติดตั้งพูเลย์ใหม่เข้ากับเครื่องยนต์ต้นกำลังให้แล้วเสร็จ
5) วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำข้อมูลทั้งหมดและแผนงานดังกล่าวมาวิเคราะห์ผลการประหยัดและระยะเวลาคืนทุน และรายงานเสนอผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการเปลี่ยนพูเลย์ที่ติดตั้งที่เครื่องยนต์ดีเซลต้นกำลังจากขนาด 10 นิ้ว เป็น 11 นิ้ว เพื่อลดจำนวนรอบการหมุนของเครื่องยนต์ต้นกำลัง สามารถลดการใช้พลังงานลงได้ดังนี้

ประหยัดน้ำมันดีเซลได้	**3,120**	**ลิตร/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**2.690**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงิน	**70,792.80**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**2,000**	**บาท/ปี**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.03**	**ปี**			



รูปแสดงการเปลี่ยนพูเลย์ใหม่เข้าเพลาขับของเครื่องยนต์ดีเซลหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะแนวทางการขยายผล

ควรพิจารณาใช้น้ำมันดีเซล B5 แทนน้ำมันดีเซลสำหรับเครื่องยนต์ดีเซล จะช่วยลดต้นทุนของราคาน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

ปริมาณการผลิต	=	10	เกวียน/วัน
เมื่อเปลี่ยนพูเลย์จากขนาด 10 นิ้ว เป็น 11 นิ้ว สามารถลดน้ำมันดีเซลได้ 1 ลิตร/เกวียน			
สามารถลดการใช้น้ำมันดีเซลได้	=	1 ลิตร/เกวียน x 10 เกวียน/วัน	
	=	10	ลิตร/วัน
สามารถประหยัดน้ำมันดีเซลต่อปีได้	=	10 ลิตร/วัน x 312 วัน/ ปี	
	=	3,120	ลิตร/ปี
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	36.42 MJ/ลิตร x 3,120 ลิตร/ปี	
	=	113,630	MJ/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	22.69 บาท/ลิตร x 3,120 ลิตร/ปี	
	=	70,792.80	บาท/ปี
คิดเป็น toe	=	(113,630 MJ/ปี) / (42,244 MJ/toe)	
	=	2.690	toe/ปี

การลงทุน

เงินลงทุน	=	2,000	บาท
จะสามารถประหยัดเงินได้	=	70,792.80	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.03	ปี

3.5.4 มาตรการลดขนาดมอเตอร์ให้เหมาะกับภาระงาน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในกระบวนการผลิตของโรงสี มีการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าในขั้นตอนการผลิตทั้งในส่วนของการขับพัดลม Blower ขับกระพ้อ และขับสกรูส่งแกลบ ฯลฯ การเลือกใช้ขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระของมอเตอร์ทำให้สามารถใช้งานมอเตอร์ได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ อีกทั้งยังเป็นการประหยัดพลังงานได้อีกด้วย

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การตรวจวัดภาระการใช้งานของมอเตอร์ ของ Blower ที่ใช้งานในโรงอบข้าว 2 ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 4 ชุด พบว่ามอเตอร์ตัวที่ 4 มีค่าต่ำกว่ามอเตอร์ตัวอื่น เมื่อตรวจสอบ specification ของ Blower พบว่ามีการใช้มอเตอร์ขนาดสูงกว่า มอเตอร์ที่มีโหลดการใช้งานต่ำกว่าค่าพิกัดของมอเตอร์มากเกินไป จะทำให้ประสิทธิภาพของมอเตอร์มีค่าต่ำ เนื่องจากมีค่าการสูญเสียไฟฟ้า การใช้งานมอเตอร์ที่เหมาะสมกับโหลดการใช้งานจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้



รูปแสดงมอเตอร์ Blower ที่มีภาระโหลดต่ำกว่าพิกัดติดตั้งมากก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การตรวจสอบภาระของมอเตอร์ทั้งหมดโดยการวัดในขบวนการต่าง ๆ พบว่า มอเตอร์ Blower มีการใช้งานที่ภาระต่ำกว่าขนาดพิกัดของมอเตอร์ หากดำเนินการเปลี่ยนขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสมกับภาระ โดยใช้มอเตอร์ที่มีอยู่ในสโตร์ของโรงสี จะสามารถลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลงได้โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1) สำรวจตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ขณะใช้งานปกติ
2) ตรวจสอบสำรวจสภาพมอเตอร์สำรองที่จะใช้เปลี่ยนทดแทน

3) จัดทำแผนการปรับปรุงโดยวางแผนงานในการเปลี่ยนมอเตอร์ในช่วงที่มีการผลิตน้อย เพื่อให้กระทบการผลิตน้อยที่สุด
4) ดำเนินการตามมาตรการ โดยการตรวจสอบอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ให้พร้อม และทำการเปลี่ยนมอเตอร์โดยใช้ช่างที่ชำนาญงาน
5) ตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการ และสรุปรายงานผลให้ผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินการเปลี่ยนขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระงาน โดยใช้มอเตอร์สำรองที่โรงงานมีอยู่ ทำให้ลดการใช้พลังงานสรุปได้ ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	1,949.62	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า	0.1661	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	5,770.88	บาท/ปี	เงินลงทุน	-	
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี			



รูปแสดงมอเตอร์ไฟฟ้าสำรองที่เหมาะสมในการเปลี่ยน

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการตรวจสอบและบำรุงรักษามอเตอร์ เช่น ปรับความตึงสายพาน การอัดจาระบี และการใช้มอเตอร์อย่างถูกต้องกับพนักงาน จะสามารถช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลงได้

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

มอเตอร์ Blower 8 โรงอบ

ก่อนปรับปรุงขนาดมอเตอร์

ขนาดมอเตอร์ (kW) = 7.5 kW

ความเร็วรอบ	=	1440 rpm
ประสิทธิภาพมอเตอร์ก่อนปรับปรุง ($h_{ก่อน}$)	=	85.6
แรงดันไฟฟ้าพิกัด (V_{rated})	=	380 volt
แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ (V_{actual})	=	389 volt
กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง ($P_{ก่อน}$)	=	4.90 kW
เพาเวอร์แฟคเตอร์ที่วัดได้ (P.F.)	=	0.75
กระแสไฟฟ้าพิกัด (I_{rated})	=	16.0 amp
กระแสไฟฟ้าจริง (I_{actual})	=	($P_{ก่อน}$ x 1000) / ($3^{0.5}$ x V_{actual} x P.F.)
	=	(4.90 x 1000) / (3^0.5 x 389 x 0.75)
	=	9.70 Amp.
Iron Loss	=	kW x [(100 / $h_{ก่อน}$) - 1] x 0.3 x (V_{actual} / V_{rated})^2
	=	7.5 x [(100 / 85.6) - 1] x 0.3 x (389 / 380)^2
	=	0.3966 kW
Copper Loss	=	kW x [(100 / $h_{ก่อน}$) - 1] x 0.7 x (I_{actual} / I_{rated})^2
	=	7.5 x [(100 / 85.6) - 1] x 0.7 x (9.70 / 16.0)^2
	=	0.3244 kW
หลังปรับปรุงขนาดมอเตอร์		
ขนาดมอเตอร์ (kW)	=	5.5
ความเร็วรอบ	=	1500 rpm
ประสิทธิภาพมอเตอร์หลังปรับปรุง ($h_{หลัง}$)	=	89.5
กำลังไฟฟ้าหลังปรับปรุง ($P_{หลัง}$)	=	[$P_{ก่อน}$ - (Iron Loss + Copper Loss)] / ($h_{หลัง}$ /100)
	=	[4.90 - (0.3966 + 0.3244)] / (89.5 / 100)
	=	4.6692 kW
ชั่วโมงทำงาน (H)	=	24
วันทำงาน (D)	=	352
แฟคเตอร์การใช้งาน (F)	=	1.00
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	=	$P_{ก่อน}$ x H x D x F
	=	4.90 x 24 x 352 x 1.00
	=	41,395.20 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	=	$P_{หลัง}$ x H x D x F
	=	4.6692 x 24 x 352 x 1.00
	=	39,445.58 kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	41,395.20 - 39,445.58
	=	1,949.62 kWh/ปี
คิดเป็น	=	1,949.62 x 85.21*10^{-6}
		0.1661 toe
ราคาค่าไฟฟ้า	=	2.96 บาท
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	2,078.90 x 2.96
	=	5,770.88 บาทต่อปี

หมายเหตุ

* ที่มา : " Turning a New Page of Thai Industry High Efficiency Motor Program "

Electricity Generating Authority of Thailand

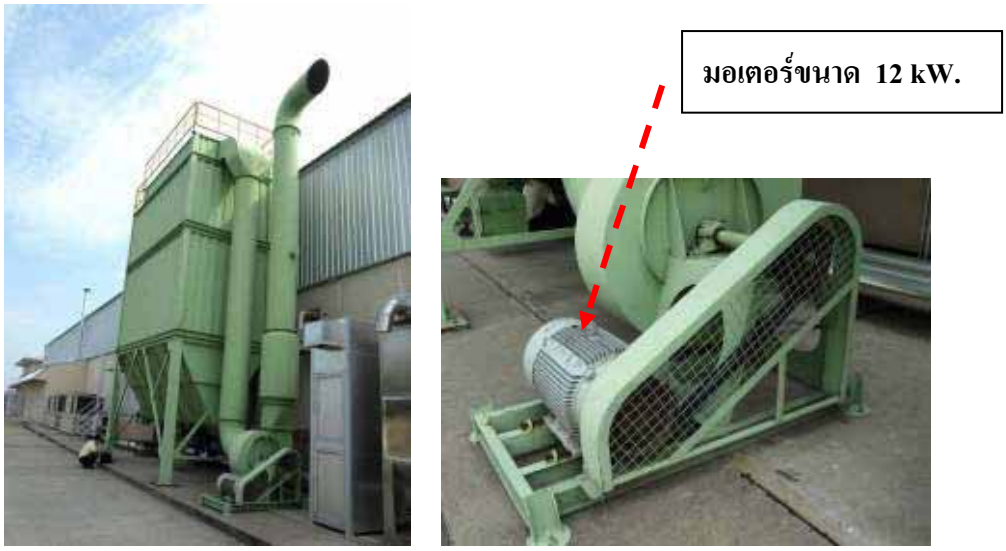
3.5.5 มาตรการปรับลดความเร็วรอบมอเตอร์

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

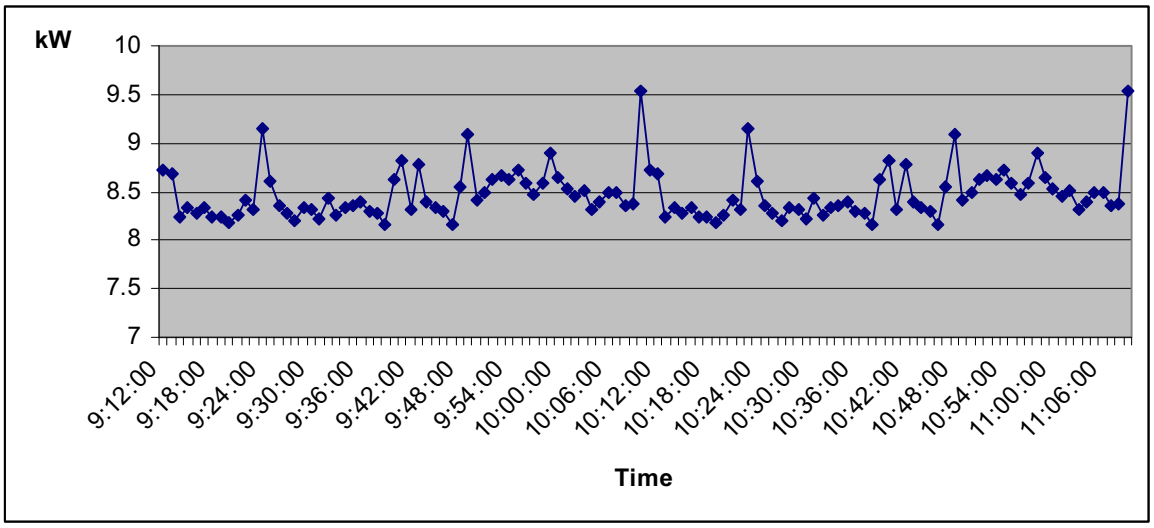
โรงงานมีการใช้งานเครื่องดูดฝุ่นขนาดใหญ่เพื่อดูดผงฝุ่นที่เกิดจากกระบวนการอัดเม็ดยาที่เกิดขึ้นในแต่ละห้องจำนวนโรงละ 19 หัวดูด โดยเครื่องดูดฝุ่นใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 12 kW. เป็นต้นกำลัง มีการใช้งานจำนวน 3 ชุด

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบการทำงานของเครื่องดูดฝุ่นพบว่าเครื่องดูดฝุ่นใช้มอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับขนาด 12 kW. เป็นต้นกำลัง ได้ถูกออกแบบให้ใช้งานเต็มพิกัดจากการเปิดหัวดูด 19 หัวดูด การใช้งานในปัจจุบันใช้งานเพียง 3 – 4 หัวดูด แต่ต้องเปิดเครื่องเต็มพิกัดและเปิดตลอดเวลาทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า



รูปแสดงมอเตอร์เครื่องดูดฝุ่นสภาพก่อนปรับปรุง



รูปแสดงการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

จากการระดมความคิด โรงงานมีแนวคิดที่จะติดตั้ง Inverter ให้กับมอเตอร์เพื่อปรับความเร็วรอบให้เหมาะสมกับการทำงาน โดยมีขั้นตอนดังนี้

- ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องก่อนการปรับปรุง
- ทำการปรับปรุงโดยการติดตั้งชุดควบคุมความเร็วรอบ
- ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องหลังการปรับปรุง
- คำนวณผลประหยัด

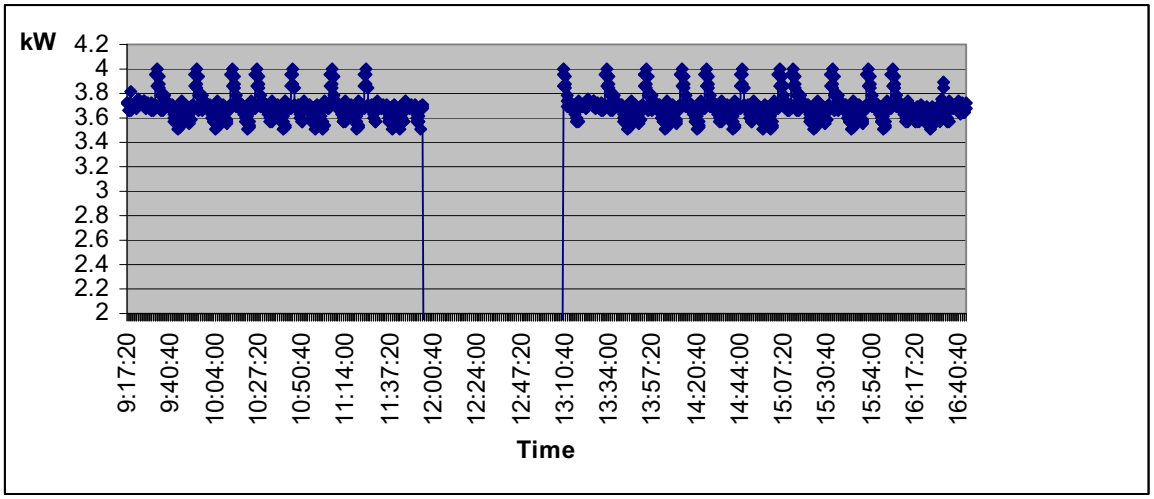
สภาพหลังปรับปรุง

ดำเนินการติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมเพื่อลดความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับสภาพความแปรเปลี่ยนภาระโหลดของมอเตอร์ สามารถลดความสูญเสียทางด้านพลังงานสรุปได้ดังนี้





รูปการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ



รูปการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

พลังงานที่ประหยัดที่ได้	**14,065.20**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.20**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**59,495.79**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**84,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.41**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ดำเนินการเพิ่มในส่วนอื่นของโรงงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	4.23	บาท/kWh
ระยะเวลาการทำงานของคอมเพรสเซอร์	=	12	ชั่วโมง
จำนวนวันทำงานต่อปี	=	300	วัน
กำลังไฟฟ้าของเครื่องก่อนปรับปรุง	=	7.600	kW
กำลังไฟฟ้าของเครื่องหลังปรับปรุง	=	3.693	kW
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงอื่น ๆ	=	84,000	บาท
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง (kWh/ปี)	=	(7.600 -3.693)x12x300	
	=	14,065.20	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ลดลง	=	14,065.20 x 4.23	บาท / ปี
	=	59,495.79	บาท / ปี
เทียบเท่า	=	0.0012	ktoe/ปี
หรือ	=	50,634.72.69	MJ/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	1.41	ปี

3.5.6 มาตรการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

อาคารประเภทโรงพยาบาล ภายในอาคารมีการติดตั้งบันไดเลื่อนเพื่อให้บริการ เป็นระยะเวลา 13 ชั่วโมงต่อวัน ซึ่งในการทำงานของบันไดเลื่อนเปิดให้บริการตลอดเวลาแม้ขณะไม่มีผู้ต้องการใช้งาน เป็นสาเหตุทำให้สูญเสียพลังงานโดยปราศจากประโยชน์

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจและตรวจวัดค่าการใช้พลังงานแล้ว พบว่า อาคารสามารถลดเวลาการทำงานของบันไดเลื่อนได้โดยไม่มีผลกระทบต่อการให้บริการโดยการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับการทำงาน (Movement Detector) เพื่อหยุดการทำงานของมอเตอร์ขับเคลื่อนบันไดเลื่อนขณะไม่มีการผ่านของผู้ใช้บริการ และเพื่อป้องกันมอเตอร์มีการหยุดและเริ่มเดินใหม่บ่อยครั้งซึ่งอาจทำให้เกิดปัญหาเกี่ยวกับ Peak Demand จะทำการติดอุปกรณ์ช่วย Soft start เพื่อลดกระแสของมอเตอร์ขับเคลื่อนบันไดเลื่อนขณะเริ่มเดินใหม่



รูปแสดงบริเวณติดตั้งบันไดเลื่อนของอาคารก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1) สำรวจข้อมูลและจัดทำสถิติของผู้ใช้บริการบันไดเลื่อน
2) ตรวจวัดค่าพลังงานในช่วงรับ load และ no load
3) ประเมินหาค่าการใช้พลังงานเฉลี่ยของบันไดเลื่อน
4) ติดตั้งอุปกรณ์ Movement detector และ soft start สำหรับบันไดเลื่อน
5) ตรวจวัดการใช้พลังงานหลังปรับปรุงและคำนวณผลประหยัดที่ได้รับ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการใช้อุปกรณ์ตรวจจับการเคลื่อนไหวสำหรับบันไดเลื่อน สามารถช่วยลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของอาคารขณะไม่มีผู้ใช้บริการ สรุปได้ดังนี้



รูปแสดงการติดตั้งอุปกรณ์ตรวจจับ (Movement detector) หลังการปรับปรุง

พลังงานที่ประหยัดได้	**17,794**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.52**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**64,591**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**20,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.31**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการตรวจสอบและบำรุงรักษาอุปกรณ์บันไดเลื่อนอย่างสม่ำเสมอ ตลอดจนให้ความรู้และขอความร่วมมือให้พนักงานของอาคารมีการใช้บันไดปกติของอาคาร หากไม่มีความจำเป็นเร่งด่วนในการปฏิบัติงาน จะสามารถลดการใช้พลังงานในอาคารลงได้อีกระดับหนึ่ง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จำนวนมอเตอร์บันไดเลื่อน,	N	= 2	ตัว
ขนาดกำลังมอเตอร์บันไดเลื่อน,	Pm	= 2.50	kW
เปอร์เซ็นต์การทำงานเดิมของบันไดเลื่อน	Wo	= 100	%
เปอร์เซ็นต์การทำงานหลังติดตั้งอุปกรณ์	Wn	= 25	%
ราคาค่าไฟฟ้า,	CE	= 3.63	บาท/kWh

การคำนวณ

วันทำงาน,	D	= 365	วัน/ปี
ชั่วโมงการทำงาน,	Hr	= 13	ชั่วโมง/วัน
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนปรับปรุง	Po	= n*Pm*D*hr*(Wo/100)	
		= 23,725	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังปรับปรุง	Pn	= n*Pm*D*hr*(Wn/100)	
		= 5,931	kWh/ปี
กำลังไฟฟ้าที่ลดลง	P_{save}	= n*Pm	
		= 5.0	kW
ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	E_{save}	= Po-Pn	
		= 17,794	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดค่าพลังงานไฟฟ้า	M_{save}	= CE *E_{save}	
		= 64,591	บาท/ปี

การลงทุน

จำนวนอุปกรณ์	In	= 2	ชุด
ราคา	C_1	= 9,500	บาท
ค่าติดตั้ง,	C_2	= 1,000	บาท
รวมเป็นเงินลงทุนทั้งสิ้น	C_3	= $In*(C_1 + C_2)$	
		= 20,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	PB	= C_3 / M_{save}	
		= 0.31	ปี

3.5.7 มาตรการเปลี่ยนมอเตอร์มาตรฐานทั่วไปเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการโรงสีข้าว มีการใช้พลังงานไฟฟ้าหลักในส่วนของมอเตอร์เครื่องจักร เครื่องสีข้าว เครื่องกระเทาะข้าวเปลือก และเครื่องอบข้าวเปลือก นอกจากนี้มีการใช้พลังงานความร้อนจากตู้อบข้าวและหม้อต้มไอน้ำโดยใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง เพื่อใช้สำหรับอบข้าวเปลือกเพื่อลดความชื้นและใช้ขับเครื่องจักรในโรงสีข้าว ตามลำดับ การสำรวจการใช้พลังงานในระบบไฟฟ้า พบว่า ติดตั้งหม้อแปลงไฟฟ้าขนาด 160 kVA ในส่วนของโรงอบข้าวเปลือกมีระดับแรงดันไฟฟ้าที่ MDB เท่ากับ 377 V มีค่าตัวประกอบกำลังเฉลี่ย 0.81 เฉพาะในส่วนของเครื่องอบข้าวเปลือก มีเวลาทำงาน 8:00 น. – 1:00 น. รวม 17 ชม./วัน 365 วัน/ปี และมีอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.53 บาท/หน่วย

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงานของโรงงาน พบว่ามีการใช้งานมอเตอร์สำหรับเครื่องอบข้าว ซึ่งเป็นมอเตอร์มาตรฐานทั่วไป มีขนาด 20 HP จำนวนทั้งหมด 4 เครื่อง วัดกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของมอเตอร์แต่ละตัวขณะใช้งานได้ 14.52 kW ทำงาน 17 ชม./วัน 365 วัน/ปี ซึ่งตามคุณสมบัติระบุว่าเป็นมอเตอร์มาตรฐานทั่วไป และมีสภาพเก่าเนื่องจากการใช้งานมาในระยะเวลาที่ยาวนาน และการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่ามอเตอร์ประสิทธิภาพสูง



รูปแสดงการใช้มอเตอร์มาตรฐานทั่วไปสำหรับเครื่องอบข้าวก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การเปลี่ยนมอเตอร์จากเดิมซึ่งเป็นมอเตอร์มาตรฐานทั่วไปเป็นมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง จะทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ โดยการดำเนินงานมีขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยวัดกำลังไฟฟ้าใช้งานของมอเตอร์ที่ต้องการปรับปรุง
2) สำรวจข้อมูลด้านราคาของมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง และข้อมูลการติดตั้ง
3) จัดทำแผนงานในการเปลี่ยนมอเตอร์สำหรับเครื่องอบข้าว ในช่วงเวลาที่ไม่ได้ใช้งาน
4) ติดตั้งมอเตอร์ประสิทธิภาพสูง และตรวจสอบการทำงาน
5) วิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน และจัดทำรายงานเสนอผู้บริหาร



รูปแสดงการติดตั้งมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงแทนมอเตอร์เดิมหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

ผลจากการปรับปรุงแก้ไขดังกล่าวทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลง สรุปได้ดังนี้

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	**10,691.22**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.911**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**37,740**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**74,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.96**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรติดตั้งตัวเก็บประจุเพิ่มเติมที่ชุดมอเตอร์ เพื่อปรับค่าตัวประกอบกำลังให้เท่ากับ 0.95 โดยตัวเก็บประจุดังกล่าวมีขนาดคงที่ และติดตั้งสวิตช์ควบคุมให้ทำงานพร้อมกับการทำงานของมอเตอร์คอมเพรสเซอร์

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

ข้อมูลเบื้องต้น

ขนาดของมอเตอร์	(HP)	=	20	HP
จำนวนมอเตอร์	(n)	=	4	เครื่อง
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของมอเตอร์ต่อตัว	(P_{in})	=	14.52	kW
ประสิทธิภาพมอเตอร์มาตรฐานเดิม	(Eff_{STD})	=	88.3	%
ประสิทธิภาพมอเตอร์ประสิทธิภาพสูงใหม่	(Eff_{HEM})	=	91.0	%

ผลการประหยัดพลังงาน

กำลังไฟฟ้าสูญเสียในมอเตอร์ที่ลดลง

= Eff_{STD} x P_{in} x [(1/Eff_{STD})-(1/Eff_{HEM})] x n

= 88.3% x 14.52 kW x [(1/88.3%)-(1/91.0%)] x 4 เครื่อง

= 1.723 kW

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 1.723 kW x 17 ชั่วโมง/วัน x 365 วัน/ปี

= 10,691.22 kWh/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 10,691.22 kWh/ปี x 3.53 บาท/kWh

= 37,740 บาท/ปี

คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ = 10,691.22 kWh/ปี x 3.6 MJ/kWh

= 38,488.39 MJ/ปี

คิดเป็น toe = (10,062.32 kWh/ปี) / (11,734 kWh/toe)

= 0.911 toe/ปี

การลงทุน

เงินลงทุนในการเปลี่ยนมอเตอร์ = (18,500 บาท/เครื่อง) x (4 เครื่อง)
= 74,000 บาท
สามารถประหยัดเงินได้ = 37,740 บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน = (74,000 บาท) / (37,734 บาท/ปี)
= 1.96 ปี

3.5.8 มาตรการปรับลดการทำงานของโบลเวอร์เติมอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการโรงงาน ซึ่งจากกระบวนการผลิตจะมีการใช้น้ำในปริมาณมาก สำหรับการต้มวัตถุดิบ, ล้างภาชนะ และอุปกรณ์ต่าง ๆ ซึ่งน้ำที่ใช้แล้วดังกล่าวก่อนปล่อยทิ้งจะมีการนำไปผ่านการในระบบบ่อบำบัดน้ำเสีย โดยการเติมอากาศด้วยโบลเวอร์เติมอากาศ (Aeration Blower) ขนาด 4 kW cและขนาดมอเตอร์ 5.5 kW จำนวน 2 ชุด โดยสลับกันทำงานครั้งละ 1 ชุด ทุก ๆ 12 ชั่วโมง ในช่วงเวลากลางวัน และกลางคืน อย่างไรก็ตามเมื่อน้ำเสียผ่านกระบวนการบำบัดแล้วนั้น ทางโรงงานก็มิได้ปล่อยทิ้งออกจากโรงงานแต่ได้นำน้ำหลังการบำบัดดังกล่าวไปใช้ในการรดน้ำสนามหญ้าภายในโรงงาน



รูปแสดงบริเวณติดตั้งพัดลมเติมอากาศที่บ่อบำบัดน้ำเสีย

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากทางโรงงานมีช่วงเวลาในการผลิต และปล่อยน้ำเข้าสู่ระบบบำบัดเพียงประมาณ 12 ชั่วโมงต่อวันในช่วงเวลากลางวัน ส่วนเวลากลางคืนจะไม่มีการปล่อยน้ำเสีย แต่ปัจจุบันได้มีการปรับตั้ง

ชุด Timer ให้มีเปอร์เซ็นต์การทำงานของโบลเวอร์ใกล้เคียงกันกล่าวคือ กลางวันทำงานเฉลี่ย 68.75% และกลางคืนทำงานเฉลี่ย 65.91% ซึ่งเปอร์เซ็นต์การทำงานที่สูงในช่วงเวลากลางคืนนั้น นับเป็นการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียที่มากเกินความจำเป็น เนื่องจากไม่มีการปล่อยน้ำเสียในช่วงเวลาดังกล่าว



รูปแสดงการปรับตั้งอุปกรณ์ควบคุมเวลาการทำงานของโบลเวอร์ทั้ง 2 ชุด ก่อนการปรับปรุง

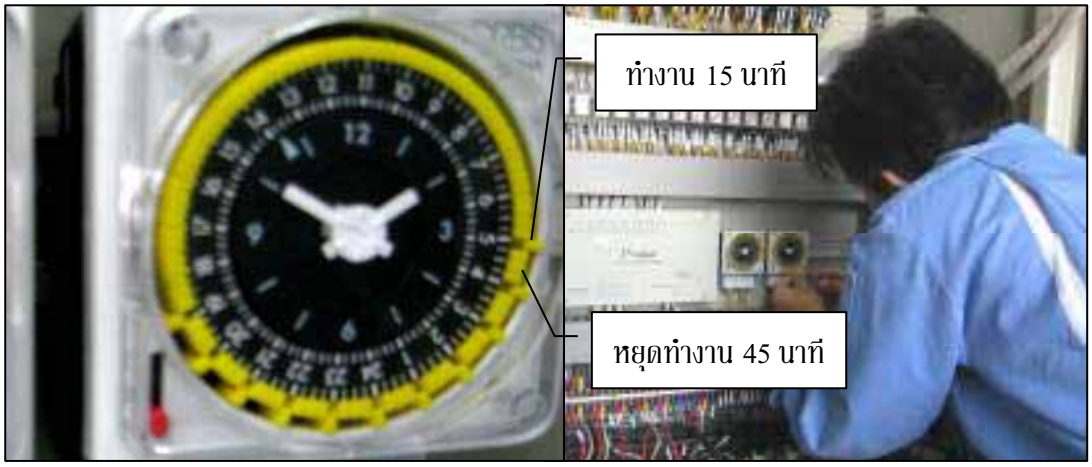
แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากความเป็นมาและลักษณะการใช้งานดังกล่าวข้างต้น จึงมีแนวความคิดที่จะประหยัดพลังงานที่ใช้สำหรับโบลเวอร์เติมอากาศ โดยการปรับลดเปอร์เซ็นต์การทำงานของโบลเวอร์เติมอากาศในช่วงเวลากลางคืน ให้เหมาะสมกับสภาวะการผลิต และการปล่อยน้ำเสียจากกระบวนการผลิตของโรงงาน

จากแนวความคิดดังกล่าว ได้กำหนดแผนในการดำเนินการปรับปรุงโดยเริ่มต้นจากการปรับตั้งชุดควบคุมเปอร์เซ็นต์การทำงาน (Timer) ของโบลเวอร์ชุดกลางคืนให้ลดลงเหลือ 25 % (ทำงาน 15 นาที หยุด 45 นาที) ตลอด 12 ชั่วโมง โดยในส่วนของโบลเวอร์ที่ใช้งานในช่วงเวลากลางวัน ยังคงให้มีเปอร์เซ็นต์การทำงานที่เท่าเดิม (เฉลี่ย 68.75%) เพื่อคงประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียของโรงงานในช่วงเวลาที่มีการผลิตและปล่อยน้ำเสีย

สภาพหลังปรับปรุง

เมื่อดำเนินการปรับปรุงตามแนวคิดดังกล่าวแล้วนั้น ทางโรงงานสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับระบบบำบัดน้ำเสียลงได้ โดยที่ไม่ต้องใช้เงินลงทุน และไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของน้ำเสียของโรงงานหรือผลกระทบในด้านอื่น ๆ แต่อย่างใด ซึ่งสามารถแสดงการปรับตั้งชุดควบคุมการทำงานของโบลเวอร์ในเวลากลางคืน ผลการประหยัดพลังงานสรุปได้ดังนี้



รูปการปรับตั้งเวลาการทำงานของโบลเวอร์ชุดสำหรับเวลากลางคืนหลังการปรับปรุง

พลังงานที่ประหยัดได้	14,128.55	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า	0.754	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหนัดได้	31,926.70	บาท/ปี	เงินลงทุน	-	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

การอนุรักษ์พลังงานในระบบบำบัดน้ำเสียของโรงงาน สามารถขยายผลการดำเนินการได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ปรับความเร็วรอบโดยอัตโนมัติ (Variable Speed Drive : VSD) พร้อมชุดตรวจวัดค่าคุณภาพน้ำเสีย และส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุมความเร็วรอบ เพื่อปรับค่าความเร็วรอบของโบลเวอร์โดยอัตโนมัติ ตามปริมาณน้ำเสียที่ปล่อยทิ้ง และคุณภาพของน้ำเสียในแต่ละช่วงเวลา

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การวิเคราะห์ผลประหยัดสำหรับมาตรการนี้ จะวิเคราะห์จากค่าพลังงานไฟฟ้าที่โบลเวอร์เติมอากาศใช้ ก่อนและหลังปรับปรุง ซึ่งพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเกิดจากการที่โบลเวอร์เติมอากาศมีการทำงานที่น้อยลงในช่วงเวลาที่ไม่มีการปล่อยน้ำเสียออกจากกระบวนการผลิต โดยมีรายละเดียดการตรวจวัดและวิเคราะห์ ดังต่อไปนี้

ตารางแสดงข้อมูลการตรวจวัดพลังไฟฟ้าของโบลเวอร์เติมอากาศ

	No.1 (กลางคืน)	**No.2 (กลางวัน)**
แรงดันไฟฟ้า (V)	409	410
กระแสไฟฟ้า (Ir)	5.73	5.77
กระแสไฟฟ้า (Ir)	5.84	5.66
กระแสไฟฟ้า (Ir)	5.81	5.87
ตัวประกอบกำลัง (P.F.)	0.95	0.95
พลังไฟฟ้าตรวจวัด	**3.90**	**3.89**

ตารางสรุปการเปิดใช้งานโบลเวอร์เติมอากาศก่อน-หลังปรับปรุง

โบลเวอร์	**การเปิดใช้งานก่อนปรับปรุง**			**หมายเหตุ**	**การเปิดใช้งานหลังปรับปรุง**			**หมายเหตุ**
	ชั่วโมง/วัน	**วัน/ปี**	**%การทำงาน**		**ชั่วโมง/วัน**	**วัน/ปี**	**%การทำงาน**	
NO.1	12	365	65.91	กลางคืน	12	274	25.00	วันทำงานกลางคืน
					24	91	25.00	วันหยุด
NO.2	12	365	68.75	กลางวัน	12	274	68.75	วันทำงานกลางวัน

จากข้อมูลการตรวจวัดสามารถนำมาคำนวณผลประหยัดจากการดำเนินได้ ดังนี้

การใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

= $\sum$ (พลังไฟฟ้า x ชั่วโมงการใช้งานต่อปี x % การทำงาน)

= (3.89 x 12 x 365 x 0.6875) + (3.90 x 12 x 365 x 0.6591)

= 22,972.51 kWh/ปี

การใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

= (3.89 x 12 x 274 x 0.6875) + (3.90 x 12 x 274 x 0.25)
+ (3.90 x 24 x 91 x 0.25)

= 14,128.55 kWh/ปี

พลังงานไฟฟ้าลดลง = 22,972.51 - 14,128.55

= 8,843.96 kWh/ปี

เทียบเท่า = 8,843.96 x 85. toe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 8,843.96 kWh/ปี x 3.61 บาท/kWh

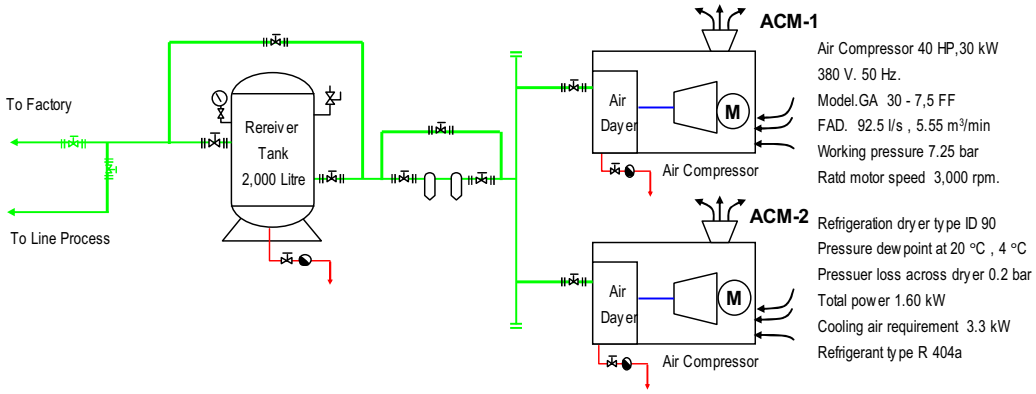
= 31,926.70 บาท/ปี

3.6 ระบบอัดอากาศ

3.6.1 มาตรการลดการใช้งานเครื่องอัดอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมผลิตท่อส่งน้ำจากสารสังเคราะห์ ซึ่งกระบวนการผลิตท่อมีขั้นตอนการใช้ลมอัดในกระบวนการผลิตและจัดเก็บวัตถุดิบในปริมาณมาก การสำรวจการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงาน พบว่า ระบบอัดอากาศมีการใช้พลังงานสูง เนื่องจากเครื่องอัดอากาศมีพิกัดขนาด 30 HP มีจำนวนรวม 2 ชุด และเปิดใช้งานตลอดเวลารวม 24 ชั่วโมง เพื่อนำลมอัดมาใช้ในกระบวนการผลิตและจัดเก็บวัตถุดิบดังกล่าว



รูปแสดงผังการติดตั้งและทำงานของระบบอากาศอัด

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้งานของระบบอากาศอัดของโรงงาน พบว่า ระบบลมอัดจะถูกส่งจ่ายและนำไปใช้งานในกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงาน ได้แก่ การควบคุมระบบนิวแมติกส์ในกระบวนการจัดเก็บสารเคมีและวัตถุดิบ การใช้ลมเป่าทำความสะอาดชิ้นงาน และการควบคุมเครื่องจักรต่างๆ ตลอดจนการใช้งานผิดประเภท เช่น ใช้เป่าทำความสะอาดร่างกาย การตรวจสอบสภาพการทำงาน พบว่า การเปิดใช้งานเครื่องอัดอากาศจำนวนทั้ง 2 เครื่อง ไว้ตลอดเวลาแม้ในขณะที่ไม่มีการผลิต และมีสภาพภาระโหลดต่ำ พิจารณาได้จากช่วงระยะเวลาในสภาวะมีภาระ (On load) ของเครื่องอัดอากาศน้อย และสภาวะไร้ภาระ (Un load) ของเครื่องอัดอากาศมาก ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้น หากสามารถลดการใช้งานของเครื่องอัดอากาศลงให้ทำงานเหมาะสมกับสภาพความต้องการใช้งานโดยเปิดใช้งานเพียงจำนวน 1 เครื่อง ซึ่งเพียงพอต่อการใช้งานในสภาพการทำงานปกติในกระบวนการผลิตแล้วจะสามารถประหยัดพลังงานลงได้



รูปแสดงลักษณะการติดตั้งและใช้งานของเครื่องอัดอากาศก่อนการปรับปรุง

ขั้นตอนการดำเนินการ

1. การวิเคราะห์สมรรถนะการทำงานของอุปกรณ์

ค่าที่บ่งบอกว่าระบบอัดอากาศมีประสิทธิภาพดีหรือไม่ พิจารณาได้จากค่าพลังงานไฟฟ้าต่ออัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศอิสระ สามารถคำนวณได้ดังสมการนี้

$$\text{สมรรถนะของเครื่องอัดอากาศ} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า (kW)}}{\text{อัตราไหลโดยปริมาตรของอากาศอิสระ}} \quad (m^3/min)$$

โดยที่ อัตราไหลโดยปริมาตรของอากาศอิสระ หาได้จากสมการ

$$\text{อัตราไหลโดยปริมาตรของอากาศอิสระ} = \frac{Q \times (P_F - P_l)}{(P_a \times t)}$$

Q คือ ปริมาตรของถังเก็บอากาศ และปริมาตรของท่อที่ต่อจากเครื่องอัดอากาศถึงถังเก็บอากาศ มีหน่วยเป็น m^3

P1 คือ ความดันของอากาศอัดขณะที่เครื่องอัดอากาศต่อเข้าสู่ช่วง No-load มีหน่วยเป็น Barg

P_F คือ ความดันของอากาศอัดขณะที่เครื่องอัดอากาศต่อเข้าสู่ช่วง Un-load มีหน่วยเป็น Barg

P_a คือ ความดันบรรยากาศ มีค่าเท่ากับ 1.013 Bar

t คือ เวลาเฉลี่ยที่ใช้ในการอัดอากาศ มีหน่วยเป็น นาที (min)




รูปแสดงการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศ

2. ขั้นตอนการบันทึก และวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องอัดอากาศ

ขั้นตอนที่ 1 ตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงในช่วงรับภาระ (On-Load) ขณะทดสอบ เช่น การอ่านจากมิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าที่ติดตั้งกับเครื่องอัดอากาศ (กรณีที่การติดตั้งเครื่องมือวัด) หรือจากการใช้เครื่องมือตรวจวัดกำลังไฟฟ้าเอง มีหน่วยเป็น kW

ขั้นตอนที่ 2 หาค่าอัตราการไหลโดยปริมาตรของอากาศอิสระ สามารถทำได้หลายวิธี ได้แก่

- การอ่านค่าจากมิเตอร์วัดอัตราการไหล (ใช้ในกรณีที่มีการติดตั้งมิเตอร์ที่เครื่องอัดอากาศอยู่แล้ว)
- การใช้เครื่องมือวัดแบบแผ่นโอรีฟิส (Orifice Plate) หรือแบบนอสเซิล (Nozzle) ซึ่งเป็นวิธีที่มีขั้นตอนการติดตั้งค่อนข้างยุ่งยาก เหมาะสำหรับเครื่องอัดก๊าซขนาดใหญ่มาก
- กรณีมีถังเก็บอากาศ วิธีการหาอัตราการไหลโดยวัดค่าเวลาเฉลี่ยในการอัดอากาศจนทำให้ถังเก็บอากาศเต็มซึ่งเป็นวิธีการตรวจวัดที่สะดวก และการคำนวณไม่ซับซ้อน

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

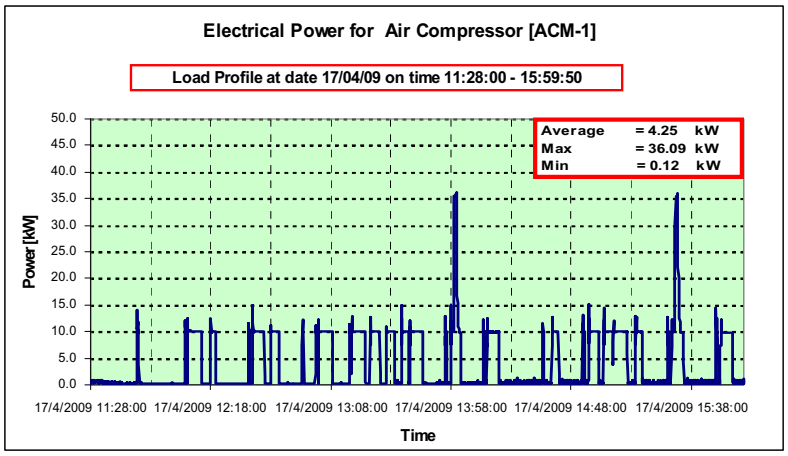
1) ตรวจสอบการทำงานของระบบอัดอากาศ พบว่า เครื่องอัดอากาศทั้ง 2 เครื่อง มีการปรับค่าความดันสูงสุดและต่ำสุดไว้ที่ 6.0 – 7.2 บาร์ ในขณะที่ในกระบวนการผลิตมีการใช้ลมอัดในสภาพปกติเครื่องอัดอากาศเครื่องที่ 2 มีภาระโหลดต่ำมาก

2) ตรวจสอบความดันใช้งานของเครื่องอัดอากาศในโรงงาน พบว่า ส่วนใหญ่ต้องการอัตราความดันลมอัดสูงสุดไม่เกิน 6.0 บาร์ โดยเฉพาะจุดที่มีการใช้งานในระยะที่ห่างจากเครื่องอัดอากาศมากนั้น จะมีสภาพความดันตกไม่เกิน 0.5 บาร์ ดังนั้น จึงสรุปได้ว่าความดันดันใช้งานของเครื่องจักรภายในโรงงานอยู่ที่ไม่เกิน 6.0 บาร์

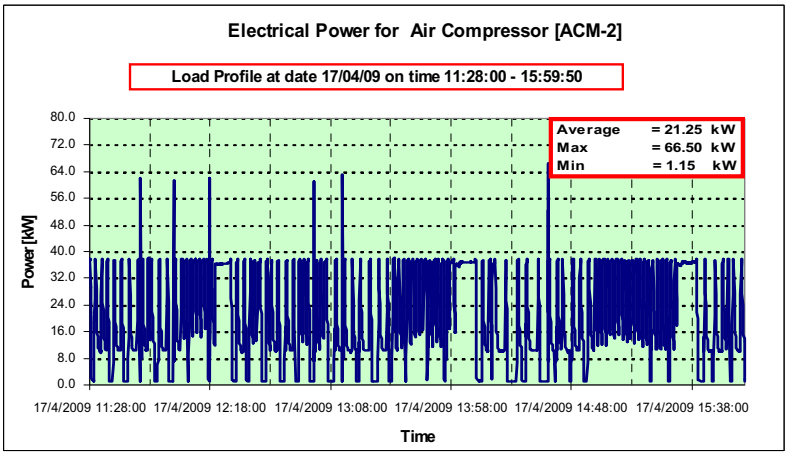
3) บันทึกค่าความดันที่ผลิตของเครื่องอัดอากาศที่บริเวณถังลม (Air Receiver Tank) ทุก 2 ชม. พร้อมทั้งตรวจวัดกำลังไฟฟ้าในสภาวะ Load และ Unload ของเครื่องอัดอากาศ การตรวจาอบพบว่า ช่วงระยะเวลา 20.00 – 8.00 น. ซึ่งไม่มีการผลิต จะมีการรั่วไหลของลมอัดในระบบในปริมาณมากที่สุด

4) ทดลองการหยุดเครื่องอัดอากาศลง 1 เครื่อง พบว่า ความดันสูงสุดที่ผลิตได้ มีค่าเท่ากับ 7.2 บาร์ จากนั้นจึงตรวจสอบความดันที่จุดจ่ายลมอัดสำหรับอุปกรณ์ที่ระยะไกลที่สุด พบว่า ความดันลมอัดมีค่าสูงกว่า 6 บาร์ ดังนั้น การหยุดเครื่องอัดอากาศสำหรับรงงานในสภาวะการทำงานปกติจะไม่มีผลกระทบต่อกระบวนการผลิตแต่อย่างใด

5) จัดทำเอกสาร และระบุผู้รับผิดชอบ เปิด – ปิด เครื่องอัดอากาศในช่วงที่ไม่มีการปฏิบัติงาน และจัดทำบันทึกผลการตรวจสอบการปฏิบัติงานเพื่อรายงานผลต่อผู้บริหาร



รูปแสดงกราฟการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศของ [ACM-1]



รูปแสดงกราฟการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศของ [ACM-2]

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการลดการใช้งานของเครื่องอัดอากาศของโรงงานลงจำนวน 1 เครื่อง สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 37,230.00 kWh/ปี คิดเป็นเงิน 126,954.30 บาท/ปี



รูปแสดงลักษณะลดการใช้งานของเครื่องอัดอากาศลง 1 ชุด หลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ในการพิจารณาดำเนินมาตรการลดการใช้เครื่องอัดอากาศให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน โรงงานควรพิจารณาดำเนินการตรวจสอบปรับปรุงและซ่อมแซมระบบลมอัดไม่ให้มีการรั่วไหลหรือการรั่วไหลมีน้อยที่สุดในลำดับแรกก่อน

เพื่อให้เครื่องอัดอากาศผลิตลมอัดในปริมาณที่อยู่ในระดับของความต้องการใช้งานจริง

1) จัดให้มีการตรวจสอบการรั่วไหลของลมอัดในระบบอย่างสม่ำเสมอ

2) ขอความร่วมมือจากพนักงานในแผนกต่าง ๆ ในการตรวจสอบจุดรั่วไหลของลมอัด และหากตรวจพบให้แจ้งฝ่ายซ่อมบำรุงดำเนินการซ่อมแซมแก้ไขทันที

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ผลจากการตรวจวัด

จากผลการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศของ [ACM-1] ในช่วงมีการผลิตปกติ

ขนาดเครื่องอัดอากาศ	=	30	kW
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (จากการตรวจวัดเฉลี่ย)	=	4.25	kW
เวลาที่ปิดใช้งานช่วงเวลา	=	24	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	=	365	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์ที่ไม่ได้งาน	=	100	%
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	=	3.41	บาท/kWh
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(4.25 x 24 x 365 x 100/100)	

	=	37,230.00	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(37,230.0 x 3.41)	
	=	126,954.30	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	(37,230.0 x 3.60)	
	=	134,028.00	MJ/ปี
	=	3.172	toe/ปี

การลงทุน

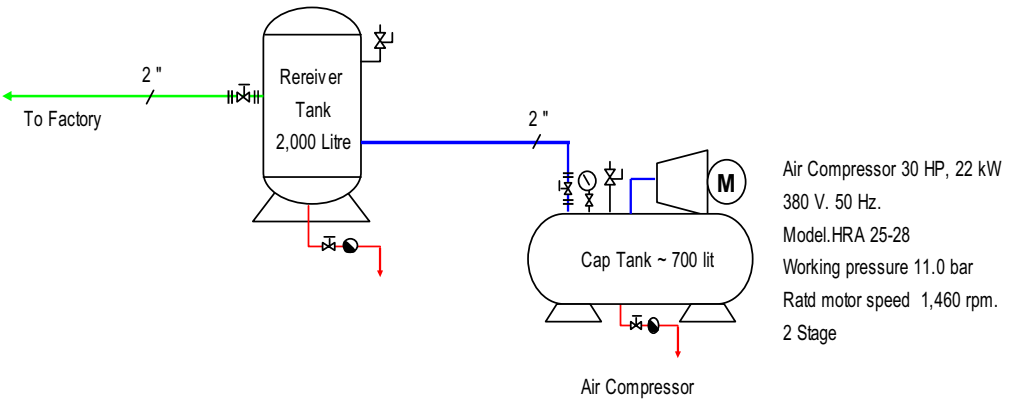
มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใด ๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

3.6.2 มาตรการลดการรั่วไหลของลมในระบบอากาศอัด

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานผลิตถุงบรรจุภัณฑ์กระสอบพลาสติก ในกระบวนการผลิตกระสอบ จะนำเม็ดพลาสติกมาหลอมเป็นเส้นใยแล้วจึงนำไปทอเป็นกระสอบต่อไป การสำรวจการใช้พลังงานในส่วนต่าง ๆ ภายในโรงงาน พบว่า ระบบอัดอากาศมีการใช้พลังงานอยู่ในปริมาณมาก โดยมีการติดตั้งใช้งานเครื่องอัดอากาศพิกัดขนาด 30 HP จำนวน 1 ชุด โดยเปิดเครื่องใช้งานตลอดเวลาเพื่อนำลมอัดมาใช้ในกระบวนการผลิต และทำความสะอาดผลิตภัณฑ์

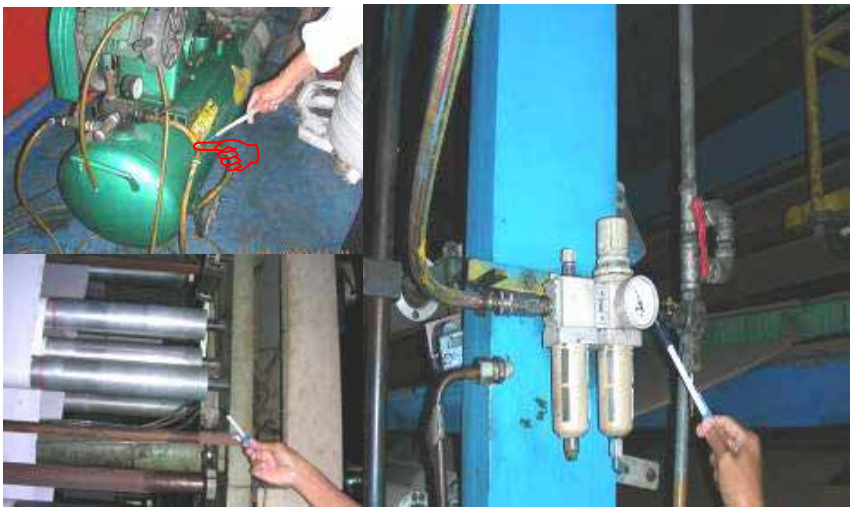
ผังการทำงาน (Flow Chart Diagram)



รูปแสดงผังการทำงานของระบบอากาศอัด

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้งานของระบบอากาศอัดของโรงงาน พบว่า ระบบลมอัดจะถูกส่งจ่ายและนำไปใช้งานในกระบวนการต่าง ๆ ของโรงงาน ได้แก่ การควบคุมระบบนิวแมติกส์ในกระบวนการจัดเก็บสารเคมีและวัตถุดิบ การใช้ลมเป่าทำความสะอาดชิ้นงาน และการควบคุมเครื่องจักรต่างๆ ตลอดจนการใช้งานผิดประเภท เช่น ใช้เป่าทำความสะอาดร่างกาย การตรวจสอบสภาพการทำงาน พบว่า การตรวจสอบจุดต่างๆ ของอุปกรณ์ เช่น บริเวณข้อต่อ วาล์ว ที่มีการใช้ระบบลมอัด พบว่า ซีลยางมีการชำรุดเสื่อมสภาพการใช้งานแล้วบางส่วน ทำให้ระบบส่งจ่ายลมอัดมีการรั่วไหลเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงจุดรั่วไหลของลมอัดในอุปกรณ์ใช้งาน

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

การสำรวจจุดใช้งานของระบบลมอัดในพื้นที่ต่าง ๆ ของโรงงานที่ว่าจุดใดบ้างที่เกิดลมรั่วโดยวิธีฟังเสียง โดยอาจแจ้งให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่ให้ความร่วมมือในการตรวจสอบ และเมื่อพบจุดรั่วไหลให้แจ้งต่อเจ้าหน้าที่ซ่อมบำรุงรับทราบ และเร่งดำเนินการซ่อมแซมแก้ไขเพื่อลดการสูญเสียโดยทันที ในกรณีที่พนักงานใช้ลมอัดผิดประเภทโดยใช้เป่าลมเพื่อทำความสะอาดร่างกายหรือเปิดวาล์วทิ้งไว้โดยไม่มีการใช้งานควรทำการชี้แจงทำความเข้าใจให้พนักงานดังกล่าว ทราบถึงผลของความสูญเสีย ซึ่งทางโรงงานอาจจัดอุปกรณ์ประเภทอื่นในการทำความสะอาดร่างกาย เช่น เครื่องเป่าลม (Blower) ซึ่งเป็นอุปกรณ์เป่าลมที่มีต้นทุนค่าใช้จ่ายในการผลิตความดันลมต่ำกว่ามาใช้ทดแทน จะสามารถลดการใช้พลังงานลงได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ทำการประเมินผลการสูญเสียพลังงานโดยการทดสอบการรั่วไหลของระบบอัดอากาศโดยจับเวลาการเดินเครื่องอัดอากาศที่สภาวะมีภาระ (On load) และสภาวะไร้ภาระ (Un load) ขณะช่วงเวลาที่โรงงานไม่มีการผลิตหรือใช้งานอุปกรณ์ลม ซึ่งหากพบว่า เครื่องอัดอากาศมีการทำงานที่สภาวะมีโหลด (On load) เกิดขึ้น แสดงว่ามีการรั่วไหลของลมอัดในระบบอากาศอัดหรืออุปกรณ์ จากนั้นจึงทำการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินวิเคราะห์ผลการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้น

2) จัดประชุมร่วมกันระหว่างผู้บริหาร ทีมอนุรักษ์พลังงาน และตัวแทนจากฝ่ายผลิต เพื่อให้ทุกคนรับทราบการสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้นจากการรั่วไหลของอากาศอัด เพื่อหาแนวทางในการตรวจสอบและปรับปรุง โดยกำหนดรูปแบบของวิธีการตรวจสอบและแจ้งให้พนักงานทุกคนทราบ

3) ดำเนินการวางแผนการสำรวจหาจุดรั่วไหลทั้งหมดของโรงงาน โดยอาจแสดงสัญลักษณ์ตำแหน่งที่มีการรั่วไหลของลมอัดให้ฝ่ายซ่อมบำรุงสามารถตรวจพบได้ง่าย และสามารถดำเนินการแก้ไขซ่อมแซมได้อย่างรวดเร็ว

4) ประเมินผลการอนุรักษ์พลังงานหลังจากมีการตรวจสอบและดำเนินการซ่อมแซมจุดรั่วไหลของระบบลมอัดเป็นที่เรียบร้อยแล้ว

5) สรุปผลการดำเนินการ และนำเสนอผลให้กับผู้บริหารทราบต่อไป

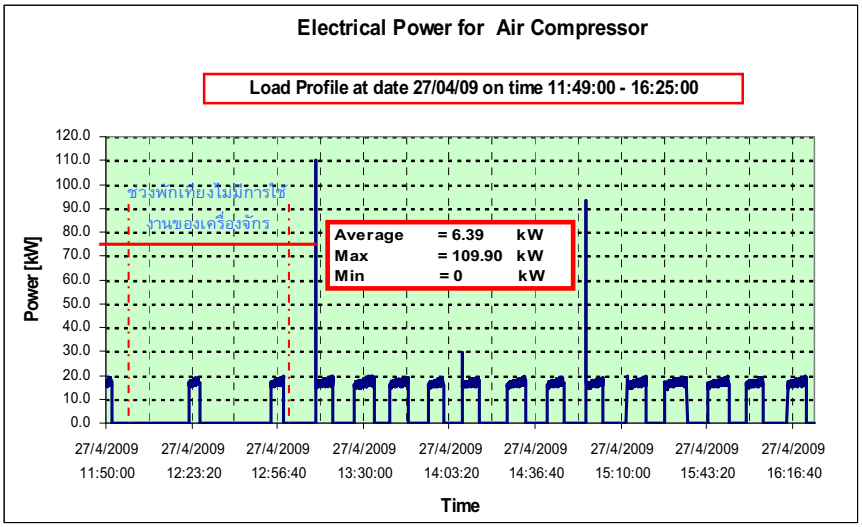
สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินงานตรวจสอบและซ่อมแซมจุดรั่วไหลของระบบลมอัดในจุดต่าง ๆ ของโรงงานแห่งนี้แล้ว สามารถประหยัดพลังงานสรุปได้ดังนี้

ประหยัดพลังงานไฟฟ้า	**14,772.51**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.259**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**59,237.77**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			



รูปแสดงตำแหน่งการซ่อมแซมจุดรั่วไหลของลมอัดหลังการปรับปรุง



รูปแสดงผลการตรวจวัดการใช้กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางขยายผล

การที่มีอัตราการรั่วไหลของลมอัดในระบบค่อนข้างมาก โรงงานควรพิจารณากำหนดแนวทางในการลดความสูญเสียดังกล่าว ดังนี้

1) จัดให้มีการตรวจสอบการรั่วไหลของลมอัดในระบบอย่างสม่ำเสมอ

2) ขอความร่วมมือจากพนักงานในแผนกต่าง ๆ ในการตรวจสอบจุดรั่วไหลของลมอัด และหากตรวจพบให้แจ้งฝ่ายซ่อมบำรุงดำเนินการซ่อมแซมแก้ไขทันที

3) กำหนดข้อปฏิบัติให้พนักงานใช้ลมอัดอย่างเหมาะสมถูกต้องตามความจำเป็น และปฏิบัติโดยเคร่งครัด

ผลจากการตรวจวัด

จากการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศช่วงไม่มีการใช้งาน พบว่า ปริมาณการรั่วไหลของลมอัดภายในโรงงาน สามารถคำนวณผลดังแสดงได้ ดังนี้

ระยะเวลาในสภาวะมีภาระ (On load)	=	210	วินาที
ระยะเวลาในสภาวะไม่มีภาระ (No load)	=	342	วินาที
กำลังไฟฟ้าใช้งานเฉลี่ย	=	18.76	kW
พิกัดขนาดมอเตอร์	=	22.0	kW
อัตราการรั่วของระบบอัดอากาศ (% Loss)	=	$t_{on}/(t_{on}+ t_{off})$ x 100%	
	=	210 / (210 + 340) x 100%	
	=	38.04	%
ชั่วโมงทำงาน (H)	=	12	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน (D)	=	312	วัน/ปี

แฟคเตอร์การใช้งาน (F)	=	0.75	
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียก่อนการปรับปรุง	=	P x % Loss x H x D x F	
	=	(18.762 x 38.04 / 100%)	
		x 12 x 312 x 0.75	
	=	20,040	kWh/ปี

หลังการปรับปรับปรุง

เป้าหมายอัตรารั่วของลมอัดหลังการปรับปรุง	=	10.00	%
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียหลังการปรับปรุง	=	P x % Loss x H x D x F	
	=	(18.762 x 10 / 100 %)	
		x 12 x 312 x 0.75	
	=	5,268.37	kWh/ปี
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ (E_{Save})	=	20,040.88 - 5,268.37	
	=	14,772.51	kWh/ปี
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน	=	4.01	บาท/kWh
	=	14,772.51 x 4.01	
	=	59,237.77	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	4,772.51 x 3.60	
	=	53,181.04	MJ/ปี
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ	=	1.259	toe/ปี

การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

หมายเหตุ *อัตราการรั่วหลังการปรับปรุง คิดเทียบจากอัตราการรั่วที่ยอมรับได้ในการออกแบบระบบอัดอากาศ

ตัวอย่างการคำนวณผลประหยัดแบบเฉพาะจุด

บริเวณลมรั่วที่จุดข้อต่อ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางรอยรั่วขนาด 1 mm.

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

$$\text{พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัด (SEC)} = \frac{(I \times k)}{(k-1)} \times (P_1 \times q_{v1}) \times \frac{[(P_2 / P_1)^{(k-1)/(I \times k)} - 1]}{10} \text{ kW/l/sec.}$$

l = จำนวนขั้นตอนการอัด

k = isentropic ของอากาศ = 1.40

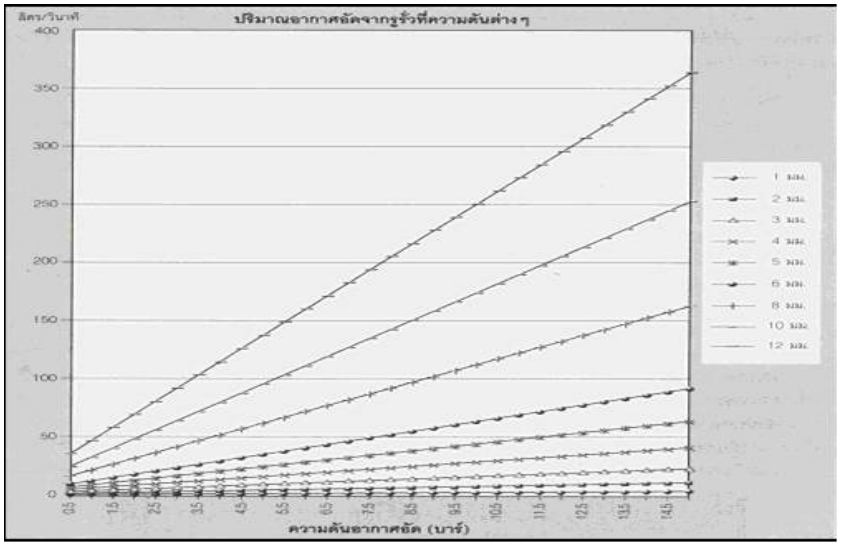
P_1 = ความดันอากาศสัมบูรณ์ด้านเข้า = 1.013 Bar

q_{v1} = อัตราการไหลของอากาศ = l/sec.

P_2 = ความดันสัมบูรณ์ที่ผลิต = Bar

สมการคำนวณปริมาณการสูญเสีย	=	$(0.1583 \times D^2) \times (P \times 1.013)$	l/sec.
รอยรั่วของลมอัดที่เส้นผ่านศูนย์กลาง (D)	=	1	mm.,
ความดันบรรยากาศ (At. P)	=	6.00	Bar
กำลังไฟฟ้าสูญเสีย	=	$(0.1583 \times 1^2) \times (6.00 \times 1.013)$	
	=	0.962 l/sec.	
กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดที่วัดได้ (P)	=	18.76	kW
	=	0.3005	kW/l/Sec
	=	0.962 x 0.3005	
	=	0.290	kW
จำนวนชั่วโมงทำงานในส่วนการผลิต	=	12	ชั่วโมง/วัน
	=	312	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การทำงาน	=	75	%
พลังงานไฟฟ้าที่สูญเสีย	=	0.290 x 12 x 312 x 0.75	
	=	814.32	kWh/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน	=	4.01	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	814.32 x 4.01	
	=	3,265.42	บาท/ปี/จุด

จากสมการและวิธีการคำนวณปริมาณการรั่วและความสูญเสียทางด้านพลังงานข้างต้น สามารถนำมาแสร้างกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรั่วไหลของลมอัดเปรียบเทียบกับค่าความดันอากาศ เพื่อใช้เป็นแผนภูมิสำเร็จรูปที่ช่วยในการประเมินปริมาณการสูญเสียของลมอัดเฉพาะจุดได้ ดังนี้



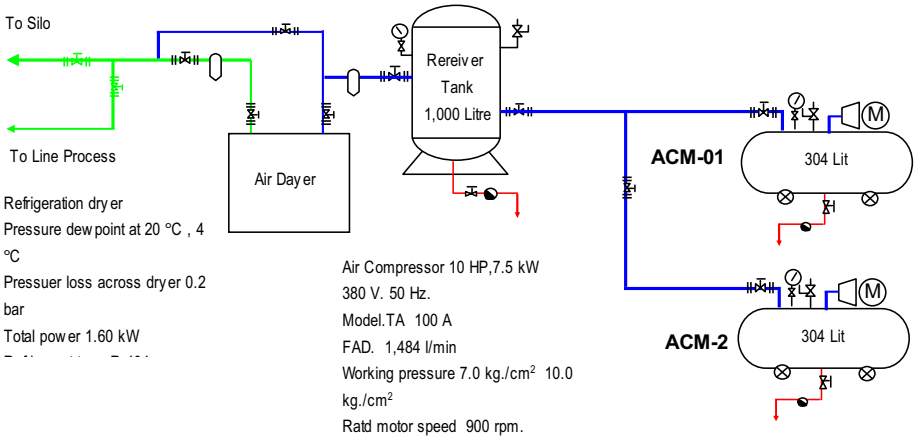
กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรั่วไหลของลมอัดเปรียบเทียบกับค่าความดันอากาศ

3.6.3 มาตรการลดความดันผลิตของลมอัดก่อนการนำไปใช้งาน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหารสัตว์ ในกระบวนการผลิตกระสอบ จะนำเม็ดพลาสติกมาหลอมเป็นเส้นใยแล้วจึงนำไปทอเป็นกระสอบต่อไป การสำรวจการใช้พลังงานในส่วนต่าง ๆ ภายในโรงงาน พบว่า ระบบอัดอากาศมีการใช้พลังงานอยู่ในปริมาณมาก โดยมีการติดตั้งใช้งานเครื่องอัดอากาศพิกัดขนาด 10 HP. จำนวน 1 ชุด โดยเปิดเครื่องใช้งานตลอดเวลาเพื่อนำลมอัดมาใช้ในกระบวนการผลิต และทำความสะอาดผลิตภัณฑ์

ผังการทำงาน (Flow Chart Diagram)



รูปแสดงผังการทำงานของระบบอากาศอัด

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจระบบการใช้ลมอัดภายในโรงงาน พบว่า สภาพการทำงานโดยปกติของเครื่องอัดอากาศ มีการปรับตั้งความดันการผลิตลมอัดสูงสุดไว้ที่ 9.80 Barg ซึ่งเป็นความดันลมอัดที่สูงมาก ในขณะที่การสำรวจพิกัดความดันใช้งานโดยทั่วไปของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ลมอากาศอัดอย่างละเอียดทั้งหมด พบว่า ทั้งหมดมีพิกัดการทำงานที่ความดันลมอัดใช้งานเพียง 5.0-7.0 Barg ดังนั้น หากทำการปรับลดอัตราการผลิตความดันของลมอัดลงให้เหมาะสมกับการใช้งาน จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้



รูปแสดงการตรวจสอบสภาวะการผลิตความดันของเครื่องอัดอากาศ

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

1. ตรวจสอบการปรับตั้งการผลิตความดันของเครื่องอัดอากาศ พบว่า มีค่าความดัน 9.80 Barg.
2. ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ
3. ตรวจสอบความดันของอากาศที่เครื่องจักรแต่ละเครื่อง พบว่า เครื่องจักรต้องการความดันสูงสุดเพียง 7 Barg.
4. ทดลองปรับลดความดันของเครื่องอากาศอัดที่ผลิตลงครั้งละ 0.5 Barg เพื่อทดสอบหาความดันที่เพียงพอต่อความต้องการ จนได้ระดับความดันที่ตั้งไว้เหลือเพียง 7 Barg
5. วิเคราะห์ประเมินผลการประหยัดพลังงาน
6. สรุปผลการดำเนินการ และนำเสนอผลการดำเนินการให้กับผู้บริหารทราบ



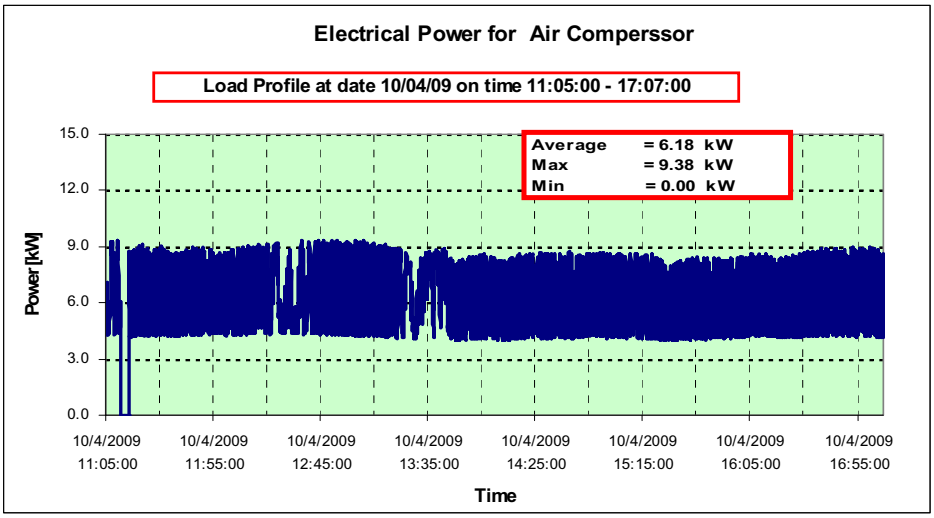
รูปแสดงการปรับลดความดันผลิตของเครื่องอัดอากาศ หลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินการปรับลดการผลิตความดันของเครื่องอัดก่อนให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมกับการใช้งานแล้ว สามารถประหยัด พลังงานไฟฟ้าลงได้ 7,128.58 kWh/ต่อปี คิดเป็นเงิน 25,163.89 บาท/ปี

ข้อเสนอแนะและแนวทางขยายผล

กำหนดให้พนักงานตรวจสอบและปรับตั้งชุดควบคุมความดันลม (Air Regulator) ของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัดให้ถูกต้องเหมาะสมกับพิกัดการทำงานอย่างเคร่งครัด เพื่อลดความต้องการในการใช้ความดันของลมอัดเกินความจำเป็น



รูปแสดงกราฟผลการตรวจวัดการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากสมการ

$$W_1 = \left(\frac{kW_{load}\ t_{load}}{(t_{load} + t_{unload})} + \frac{kW_{unload}\ t_{unload}}{(t_{load} + t_{unload})} \right)$$

กำหนดให้

kW_{load} = ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในขณะมีภาระงาน (On load)

kW_{unload} = ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศในขณะไร้ภาระงาน (Unload)

t_{load} = ระยะเวลาของเครื่องอัดอากาศทำงานที่มี Load

t_{unload} = ระยะเวลาของเครื่องอัดอากาศทำงานที่มี Unload

ก่อนปรับปรุง

ค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนการปรับปรุง (W1) = 6.18 kW

หลังปรับปรุง

จากสมการ

$$W_2 = W_1 \left(\frac{[(P_{1out}/P_{in})^{(k-1)/(ik)} - 1]}{[(P_{2out}/P_{in})^{(k-1)/(ik)} - 1]} \right)$$

กำหนดให้

W_2 = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยหลังปรับลดความดันอากาศอัด (kW)

W_1 = กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนปรับลดความดันอากาศอัดเท่ากับ 6.18 kW

$P1_{out}$ = ความดันสมบูรณ์ก่อนปรับลดความดันอากาศอัด เท่ากับ 9.80 Barg

$P2_{out}$ = ความดันสมบูรณ์หลังปรับลดความดันอากาศอัด เท่ากับ 7.00 Barg

P_{in} = ความดันสมบูรณ์ด้านเข้าเครื่องอากาศอัดเท่ากับ 1.013 Barg

k = อัตราส่วนความร้อนจำเพาะสำหรับอากาศ มีค่าเท่ากับ 1.40

i = จำนวนขั้นตอนการอัด (stage) ของเครื่องอัดอากาศ เท่ากับ 3.00 Stage

แทนค่าสมการ

$$W_2 = 6.18 \left(\frac{[((9.8+1.013)/1.013)^{(1.4-1)/(3x1.4)} - 1]}{[((7.0+1.013)/1.013)^{(1.4-1)/(3x1.4)} - 1]} \right)$$

= 4.99 kW

จำนวนเครื่องอัดอากาศ (Screw Type)	=	2.0	เครื่อง
คิดเป็นความต้องการพลังไฟฟ้าที่ลดลง	=	(6.18 - 4.99)	kW
กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวม	=	2.38	kW
เวลาในการทำงาน	=	16	ชม./วัน
จำนวนวาน	=	312	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การใช้งานเฉลี่ย	=	60.0	%
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลังการปรับปรุง	=	(2.38 x 16 x 312 x 60/100%)	
	=	7,128.58	kWh/ปี
อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยของโรงงาน	=	3.53	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	(7,128.58 x 3.53)	
	=	25,163.89	บาท/ปี
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ	=	(7,128.58 x 3.60)	
	=	25,662.89	MJ/ปี
	=	0.607	toe/ปี

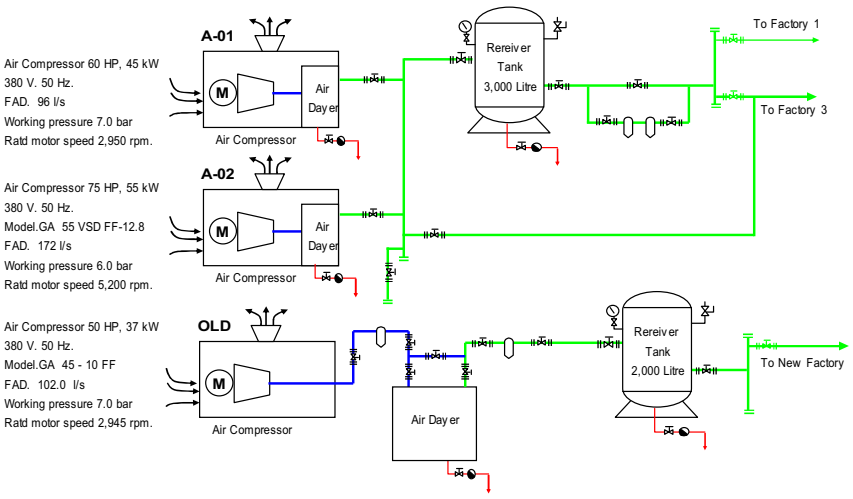
การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

3.6.4 มาตรการลดอุณหภูมิอากาศทางด้านเข้าของเครื่องอัดอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทเคมี ชนิดของผลิตภัณฑ์น้ำยากำจัดแมลง ซึ่งการใช้พลังงานส่วนหนึ่งจำเป็นจะต้องใช้ลมอัดในกระบวนการผลิตในปริมาณมากเพื่อควบคุมระบบนิวแมติกส์ในเครื่องจักรต่าง ๆ การเป่าแห้ง และการบรรจุ การสำรวจการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ภายในโรงงาน พบว่า ระบบอัดอากาศมีการติดตั้งเครื่องอัดอากาศจำนวน 3 เครื่อง มีพิกัดขนาด 75 HP. ขนาด 60 HP. และขนาด 50 HP. โดยเปิดใช้งานทั้งหมด เฉลี่ย 8-10 ชั่วโมง/วัน



รูปแสดงผังการทำงานของระบบอากาศอัดโรงงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจลักษณะการใช้งานในระบบอากาศอัดของโรงงาน พบว่า สภาพการใช้งานปกติจะมีการเปิดใช้งานเครื่องอัดอากาศ จำนวน 2-3 ชุด เพื่อนำลมมาใช้ในการเป่าทำความสะอาดชิ้นงานและควบคุมระบบนิวแมติกส์ในเครื่องจักรต่างๆ อีกทั้งบางส่วนยังนำไปทำความสะอาดร่างกายของพนักงานเอง สภาพภายในติดตั้งเครื่องอัดอากาศมีอุณหภูมิค่อนข้างสูง แม้จะมีท่อระบายลมร้อนออกไปทิ้ง แต่มีการออกแบบติดตั้งไม่ดีพอทำให้อากาศส่วนหนึ่งไหลย้อนกลับออกมาจากท่อดูด เป็นผลทำให้อากาศร้อนที่ปล่อยออกจากเครื่องกระจาย ไปตามห้องแล้วถูกดูดเข้าสู่เครื่องอัดอากาศเครื่องอื่น ๆ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานเป็นอย่างมาก



รูปแสดงการติดตั้งเครื่องอัดอากาศก่อนปรับปรุง

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

จากการตรวจวัดอุณหภูมิดังกล่าว หากมีการระบายออกจากเครื่องอัดอากาศออกไปทิ้งภายนอกห้อง โดยใช้แผ่นพลาสติกปิดช่องอากาศร้อนที่ปล่อยออกจากเครื่องกับท่อส่งดูดอากาศร้อนออกไปทิ้งด้านนอก จะสามารถลดอุณหภูมิภายในห้อง และอากาศที่ถูกดูดเข้าสู่เครื่องอัดอากาศมีอุณหภูมิต่ำลง ซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัดลงได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการ

1. ตรวจวัดปริมาณลมร้อนที่ปล่อยออกจากเครื่องอัดอากาศที่ไหลไปชนกับท่อดูด ทำให้อากาศส่วนหนึ่งไหลย้อนกลับออกมาจากท่อดูด เพื่อหาค่า cfm ของการระบายอากาศร้อน
2. ตรวจวัดอุณหภูมิของอากาศร้อนที่ปล่อยออก และอุณหภูมิภายในห้องเครื่องอัดอากาศ
3. คำนวณหาปริมาณภาวะความร้อนแฝงจากการถ่ายเทอากาศ เพื่อหาภาระการทำงานของเครื่องอัดอากาศที่ใช้ในพื้นที่นั้น
4. เปรียบเทียบผลของการสูญเสียพลังงานจากอากาศร้อนที่ไหลเข้าไปยังเครื่องอัดอากาศอีก
5. ดำเนินการติดตั้งแผ่นพลาสติกปิดช่อง ระหว่างช่องอากาศร้อนที่ปล่อยออกจากเครื่องกับท่อส่งดูดอากาศร้อนออกไปทิ้งด้านนอก และปรับความเร็วของมอเตอร์ดูดใหม่
6. ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ และสัดส่วนการทำงาน (% On load) ของเครื่องอัดอากาศ (ก่อนและหลังปรับปรุง) เพื่อใช้ในการคำนวณผลการประหยัดที่ได้รับจากมาตรการดำเนินการ
7. สรุปรายงานผลการดำเนินการให้ผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินการติดตั้งแผ่นพลาสติกปิดช่อง ระหว่างช่องอากาศร้อนที่ปล่อยออกจากเครื่องกับท่อส่งดูดอากาศร้อนออกไปทิ้งด้านนอกได้เร็วยิ่งขึ้น และยังลดความร้อนสะสมในกรณีที่มีการใช้เครื่องอัดอากาศ ซึ่งจะไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของเครื่อง สามารถประหยัดไฟฟ้าลงได้ 1,140.05 kWh ต่อปี คิดเป็นเงิน 4,469.00 บาทต่อปี



รูปแสดงการติดตั้งเครื่องอัดอากาศหลังการปรับปรุง

ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้	**1,140.05**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.097**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**4,469.00**	**บาท**	**เงินลงทุน**	**800**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.18**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะ

จากการที่มีอากาศอัดรั่วไหลในระบบค่อนข้างมาก ทางโรงงานควรพิจารณาหาแนวทางในการลดปริมาณอากาศรั่วดังกล่าวโดยการดำเนินการดังนี้

ก) จัดให้มีการตรวจสอบการรั่วไหลของลมอัดในระบบอย่างสม่ำเสมอ

ข) ขอความร่วมมือจากพนักงานในการตรวจสอบว่ามีอากาศอัดรั่วไหลในพื้นที่ที่คนทำงานอยู่หรือไม่ ถ้ามีควรแจ้งให้ฝ่ายซ่อมบำรุงดำเนินการซ่อมแซมโดยเร็ว

ค) ขอความร่วมมือจากพนักงานให้พยายามใช้อากาศอัดอย่างเหมาะสม ไม่เปิดวาล์วอากาศอัด ทิ้งไว้ ไม่ใช้อากาศอัดในงานบางอย่างที่ไม่จำเป็น ตั้งรางวัลหรือรณรงค์ให้พนักงานช่วยคิดและเสนอแนะกิจกรรมต่างๆ

ข่อเสนอะแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (kW) = k/(k-1) x (mRT/1,000) x [(p2/p1)$^{k-1/k}$ -1]

1. *The Fluid is Air*
2. *The Compress action was adiabation compression as PVk = constant*
3. *k air = 1.395*
4. *1 Stage Compressor in this case*

Normal operation				***Reduce inlet temperature***			
Stage # 1				***Stage # 1***			
k	=	1.395		k	=	1.395	
Volume	=	0.095	m^3/s	Volume	=	0.095	m^3/s
density	=	1.174	kg/m^3	density	=	1.174	kg/m^3
Inlet Temp.	=	44.60	^oC	Inlet Temp.	=	34.40	^oC
mass	=	0.11	kg/s	m	=	0.11	kg/s
R	=	288.29	J/kg.K	R	=	288.29	J/kg.K
P1(abs)	=	100	kPa	P1(abs)	=	100	kPa
P2(abs)	=	720	kPa	P2(abs)	=	720	kPa
Power input	=	27.02	kW	Power input	=	26.15	kW
Energy Saving		*3.21%*					

จำนวนเครื่องอัดอากาศทั้งหมด 1 ตัว

กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศก่อนการปรับปรุง	=	27.02	kW
กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศหลังการปรับปรุง	=	26.15	kW
คิดเป็นกำลังไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	=	0.87	kW
จำนวนชั่วโมงในการทำงานในส่วนการผลิต	=	8	ชั่วโมง/วัน
	=	273	วัน/ปี
เปอร์เซ็นการทำงาน	=	60	%
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด	=	(0.87 x 8 x 273 x 60 / 100)	
	=	1,140.05	kWh/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	=	3.92	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	(1,140.05 x 3.92)	
	=	4,469	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	(1,140.05 x 3.60)	
	=	4,104.18	MJ/ปี
	=	0.097	toe/ปี

การลงทุน

ค่าอุปกรณ์แผ่นพลาสติกปิดช่องระบายความร้อนจำนวน 1 ชุด

รวมเงินลงทุนทั้งสิ้น	=	800	บาท
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	=	(800.00 / 4,469.00)	
	=	0.18	ปี

3.6.5 มาตรการลดปริมาณลมอัดในการทำความสะอาด

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในกระบวนการผลิตกล่องและบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ในการบรรจุเครื่องประดับนั้น จะต้องมีการทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ด้วยลมอัดจากหัวหัวจ่ายลมขนาด 4 มิลลิเมตร จำนวน 64 หัว ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์การใช้งานหัวหัวจ่ายลมจากการสุ่มตรวจโดยใช้ IE technique แสดงดังนี้

แผนก	จำนวน หัวหัวจ่ายลม	เปอร์เซ็นต์ การใช้งาน	เทียบเป็นจำนวนหัวจ่าย ลม ที่ใช้งานจริง
พ่น	23	79.3	18.24
แพค 2	25	25	6.25
แพค1 + สำเร็จหุ้ม	16	50.8	8.13
รวม	**64**	**-**	**32.62**

โดยจากการจับเวลาการใช้งานของหัวหัวจ่ายลม พบว่า มีเปอร์เซ็นต์การใช้งานดังนี้

ครั้งที่	เวลาที่ใช้งาน (วินาที)	เวลาที่หยุดใช้งาน (วินาที)	เปอร์เซ็นต์การใช้งาน (%)
1	2.53	10.1	20.03 %
2	2.89	12.2	19.15 %
3	3.11	9.19	25.28 %
เฉลี่ย			**21.49 %**

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

ปริมาณลมที่ออกจากหัวหัวจ่ายลมขนาด 4 มิลลิเมตร มีการสูญเสียลมอัดต่อหัว 1.22 m^3/min ดังนั้น หากสามารถลดขนาดหัวหัวจ่ายลมจะทำให้สามารถประหยัดพลังงานจากการผลิตลมอัดได้





รูปแสดงกระบวนการและอุปกรณ์ที่ใช้ลมอัดก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ดำเนินสำรวจจำนวนหัวจ่ายลมที่มีอยู่และให้ฝ่ายซ่อมบำรุงทำแบบ mold ที่ใช้สำหรับบีบหัวหัวจ่ายลมให้มีขนาดเล็กลงเหลือ 2 – 3 มิลลิเมตร โดยในการดำเนินการมาตรการนี้ ทางทีมงานอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน ได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. สำรวจเก็บข้อมูลสภาพการใช้งานปัจจุบัน
2. ทีมงานร่วมกันหาวิธีการปรับปรุง
3. จัดทำแผนปฏิบัติและนำเสนอแผนต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติ
4. ดำเนินการตามแผนปฏิบัติ
5. ติดตามและประเมินผลการประหยัดพลังงาน
6. สรุปและรายงานผลต่อผู้บริหาร

สภาพหลังปรับปรุง

ภายหลังจากการปรับปรุงให้หัวหัวจ่ายลมมีขนาดเล็กลงเหลือ 2 – 3 มิลลิเมตร พบว่า เกิดการสูญเสียลมอัดต่อหัว 0.68 m^3/min ซึ่งมีปริมาณลมลดลง 0.54 m^3/min และจากการสอบถามพนักงานที่ใช้พบว่า ไม่ส่งผลกระทบต่อการทำความสะอาดผลิตภัณฑ์ ดังนั้น จึงทำให้ทางบริษัทฯ ประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากการผลิตลมอัดที่ใช้ในการเป่าผลิตภัณฑ์ได้



รูปแสดงการเปลี่ยนขนาดของอุปกรณ์ลมอัดหลังการปรับปรุง

ประหยัดพลังงานได้	25,117.09	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า	2.14	toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	87,165.30	บาท/ปี	เงินลงทุน	1,280	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	0.01	ปี			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล -

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ข้อมูลการตรวจวัดเครื่องอัดอากาศ

รายละเอียด	เครื่อง 2	เครื่อง 4	เครื่อง 5	เครื่อง 6	เครื่อง 7
ชนิดเครื่องอัดอากาศ	ลูกสูบ	ลูกสูบ	ลูกสูบ	ลูกสูบ	ลูกสูบ
ขนาดพลังไฟฟ้าพิกัด (kW)	11.19	11.19	11.19	11.19	11.19
ข้อมูลตรวจวัดพลังไฟฟ้าช่วง Load					
ความดันไฟฟ้า (V)	403	403	403	406	406
กระแสไฟฟ้า (Ir)	28.2	23.2	18.47	22.65	22.32
กระแสไฟฟ้า (Ir)	28.89	23.23	18.99	21.74	23.11
กระแสไฟฟ้า (Ir)	29.22	23.73	19.31	21.47	22.51
ตัวประกอบกำลัง (P.F.)	0.84	0.87	0.84	0.86	0.87
พลังไฟฟ้าตรวจวัด (kW)	**16.87**	**14.20**	**11.10**	**13.28**	**13.86**
ขนาดถังเก็บอากาศอัด (ลิตร)	500	500	500	500	500
เวลาที่ใช้อัดอากาศให้ความดันเพิ่ม 1 Bar (วินาที)	24	23	25	22	24
ความสามารถในการผลิตอากาศอัด (m^3/min)	**1.25**	**1.30**	**1.20**	**1.36**	**1.25**
ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน (kW/m^3/min)	**13.50**	**10.92**	**9.25**	**9.76**	**11.09**
ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเฉลี่ย (kW/m^3/min)	10.90				

หมายเหตุ: ข้อมูลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า วัดโดยใช้เครื่อง kW meter ของ CHAUVIN ARNOUX รุ่น F09

ข้อมูลทั่วไป

ความดันใช้งาน (ณ จุดใช้งาน) = 7 - 8 บาร์

ปริมาณลมอัดต่อหัวก่อนปรับปรุง = 0.158 x ขนาดรูรั่ว (มม.)^2 x (ความดัน + 1.0125)

= 0.158 x 4^2 x (7 + 1.0125) x 60 / 1000
= 1.22 m^3/min

ปริมาณลมอัดต่อหัวหลังปรับปรุง = 0.158 x ขนาดรูรั่ว (มม.)^2
x (ความดัน +1.0125)
= 0.158 x 3^2 x (7 + 1.0125) x 60 / 1000
= 0.68 m^3/min

จำนวนจุดเป่าจากเปอร์เซ็นต์การใช้งานจริง	=	32.62	จุด
เปอร์เซ็นต์การใช้งานเฉลี่ย	=	21.49	เปอร์เซ็นต์
ชั่วโมงการทำงาน	=	8	ชั่วโมง/วัน
เปอร์เซ็นต์การทำงานจริง		<50	%
ชั่วโมงการทำงานจริง (คิดที่ 25 %)	=	2	ชั่วโมง
วันทำงาน	=	304	วัน/ปี
ค่าดัชนีการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศ	=	10.90	kW/ m^3/min

การคำนวณ

ปริมาตรอากาศอัดที่ลดลง = (ปริมาณลมอัดก่อนปรับปรุง – ปริมาณลมอัดหลังปรับปรุง) x จำนวนจุด x เปอร์เซ็นต์การใช้งานเฉลี่ย/100
= (1.22 – 0.68) x 32.62 x 21.49/100
= 3.79 m^3/min

ผลประหยัด

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = ปริมาตรลมอัดที่ลดลง x ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน x จำนวนชั่วโมงใช้งาน
= 3.79 x 10.90 x 2 x 304
= 25,117.09 kWh/ปี

หรือคิดเป็น = 25,117.09 / 11.74 x 10^6
= 0.00214 ktoe/ปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย = 3.47 บาท/kWh

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 25,117.09 x 3.47
= 87,165.30 บาท/ปี

การลงทุน

ราคาบีบหัวหัวจ่ายลม 64 หัว = 20 x 64 = 1,280 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = 1,280 / 87,165.30
= 0.01 ปี

3.6.6 มาตรการใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดแทนการใช้ลมอัด

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการเป็นโรงงานผลิตท่อฉนวนไฟฟ้าชนิดหดตัวได้ด้วยความร้อน ซึ่งมีกระบวนการในการผสมวัตถุดิบเพื่อใช้ในการผลิตด้วยเครื่องผสม โดยมีจำนวนเครื่องผสมทั้งหมด 8 เครื่อง มีรอบการทำงานของกระบวนการผสม 4 รอบ/วัน และภายหลังจากกระบวนการผสมเสร็จสิ้นในแต่ละรอบ พนักงานจะต้องทำความสะอาดเครื่องผสมทุกครั้ง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการร่วมให้คำปรึกษากับทีมงานของโรงงานพบว่า ก่อนหน้านี้พนักงานจะใช้อากาศอัดจากเครื่องอัดอากาศที่ใช้ในกระบวนการผลิต ในการทำความสะอาดเครื่องผสม โดยใช้หัวจ่ายลมขนาด 6 มิลลิเมตร ฉีดทำความสะอาดเป็นเวลา 1 นาที/เครื่อง ซึ่งการใช้อากาศอัดความดันสูงมาทำความสะอาดเครื่องจักรนั้นถือเป็นการใช้พลังงานที่ไม่เหมาะสม มีความสิ้นเปลืองสูง




รูปแสดงวิธีการใช้ลมอัดทำความสะอาดเครื่องจักรก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ทางทีมงานของโรงงานได้ปรับเปลี่ยนวิธีการในการทำความสะอาดเครื่องผสมใหม่ โดยใช้เครื่องดูดฝุ่นขนาด 1.2 kW ที่ไม่ได้ใช้งาน มาใช้ทำความสะอาดเครื่องผสมแทนการใช้ลมอัด

สภาพหลังปรับปรุง

ใช้เครื่องดูดฝุ่นในการทำความสะอาดเครื่องผสมแทนการใช้อากาศอัด โดยระยะเวลาในการทำความสะอาดเท่ากันกับกรณีของการใช้อากาศอัด ทำให้ลดการใช้พลังงานลงได้เป็นอย่างมาก





รูปแสดงการใช้เครื่องดูดฝุ่นทำความสะอาดเครื่องจักรหลังปรับปรุง

ประหยัดพลังงานได้	**1,712**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.15**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**4,896.32**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**				

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ก่อนปรับปรุง

ข้อมูล

อุณหภูมิห้องเครื่องอากาศอัด = 38 °C หรือ = 311.15 K

คำนวณกำลังอัดอากาศของเครื่อง compressor ให้เป็น polytropic process มีค่า polytropic constant = n

n = 1.4

ค่า gas constant ของอากาศ R = 0.287 kJ/kg-K

ประสิทธิภาพรวมของ compressor = 75 %

คำนวณอัตราการไหลของอากาศอัดผ่านรูเปิด มีค่า Cd ประมาณ 0.7

ความดันบรรยากาศ = 101.325 kPa (abs)

สมการที่เกี่ยวข้องสำหรับการคำนวณ

พลังงานจำเพาะของเครื่องอัดอากาศที่ต้องการต่อการอัดอากาศ 1 kg

$$w_{comp} = \frac{1}{\eta}\frac{nRT_1}{(n-1)}\left[\left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{\frac{n-1}{n}} - 1\right] \quad \text{[kJ/kg]}$$

อัตราไหลของอากาศ kg/s จากรอยรั่วขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเทียบเท่า D ในระบบท่อความดัน P และ อุณหภูมิ T

$$\dot{m}_{air} = C_d \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{1}{k+1}} \left(\frac{\pi D^2}{4}\right) \left(\frac{P}{RT}\right) \sqrt{1000kR\left(\frac{2}{k+1}\right)T} \quad \text{[kg/s]}$$

กำหนดให้

h = ประสิทธิภาพรวมของเครื่องอัดอากาศ

n = polytropic compression exponent (n = 1.4)

R = Gas constant ของอากาศ = 0.287 kJ/kg-K

k = Specific heat ratio ของอากาศ = 1.4

T1 = อุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ [K]

P1 = ความดันอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ [kPa]

P2 = ความดันอากาศออกจากเครื่องอัดอากาศ [kPa]

P, T = ความดันและอุณหภูมิในระบบท่ออัดอากาศ

Cd = Discharge coefficient ของรอยรั่ว (orifice ~ 0.6, well-round hole ~ 0.97)

ชุดหัวจ่ายลมที่ใช้เป่าทำความสะอาด

ขนาดรูหัวจ่ายลม	=	6.00 mm	
ความดันอากาศอัดที่ Comp. 7.00 Bar	=	801.325	kPa (abs)
ความดันอากาศอัดที่เข้าหัวจ่ายลม 6.80 Bar	=	781.325	kPa (abs)
กำลังงานสูญเสียต่อปริมาณอากาศอัดที่รั่วไหล	=	335.68	kJ/kg
อัตราการไหลอากาศอัดผ่านหัวจ่ายลม	=	0.03545	kg/s
กำลังงานสูญเสียในการใช้อากาศอัด	=	11.9	kW

จำนวนเครื่องผสม 8.00 เครื่อง ใช้เวลาทำความสะอาดเครื่องละ 4 นาทีต่อวัน

คิดเป็นการสูญเสียพลังงานจากทุกเครื่อง	=	11.9 x 8 x (4/60)	
	=	6.347	kWh/วัน
	=	1904	kWh/ปี

หลังปรับปรุง

กำลังงานที่ใช้ของเครื่องดูดฝุ่น	=	1.20	kW

จำนวนเครื่องผสม 8.00 เครื่อง ใช้เวลาทำความสะอาดเครื่องละ 4 นาทีต่อวัน

คิดเป็นการสูญเสียพลังงานจากทุกเครื่อง	=	1.2 x 8 x (4/60) = 0.64	
	=	192	kWh/ปี

คำนวณผลประหยัด

กำลังงานที่ลดลงเมื่อใช้เครื่องดูดฝุ่นแทนการใช้อากาศอัด

	=	1904 – 192	
	=	1,712	kWh/ปี
หรือเทียบเท่า	=	0.15	toe/ปี
เป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	4,896.32	บาท/ปี

* อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.86 บาท/หน่วย

3.6.7 มาตรการลดอุณหภูมิอากาศเข้าเครื่องอัดอากาศ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้งานเครื่องอัดอากาศ 2 ชุด ได้แก่ Air Comp1 ขนาด 30 HPและ Air Comp2 ขนาด 50HP โดยที่ Air Comp2 ทำงานเวลา 6.00-18.00 น(12ชม/วัน) และ Air Comp1 ทำงาน 18.00-6.00 น(12ชม./วัน)

ปัญหาของระบบก่อนการปรับปรุง

จากการสำรวจในห้องเครื่องอัดอากาศพบว่าอุณหภูมิของอากาศมีค่าประมาณ 42 ^{o}C โดยสภาพทั่วไปในห้องเครื่องอัดอากาศพบว่าการระบายอากาศของเครื่องมีการพัดระบายขึ้นสู่เพดานห้อง ทำให้อากาศร้อนจะไหลย้อนกลับ ทำให้ดูดเอาอากาศร้อนเข้าเครื่อง อีก



รูปแสดงเครื่องอัดอากาศที่ระบายอากาศร้อนขึ้นสู่เพดาน

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ทำการติดตั้งท่อระบายอากาศให้ทางออกของอากาศร้อนจากเครื่องอัดอากาศระบายไปด้านนอกห้องอัดอากาศได้สะดวก และไม่ย้อนกลับมาหาเครื่องอัดอากาศอีก

สภาพหลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงโดยติดตั้งท่อระบายอากาศใหม่ ทำให้สามารถระบายอากาศร้อนภายในไปสู่ภายนอกห้องอัดอากาศได้สะดวก เตรื่องอัดอากาศได้รับอากาศที่อุณหภูมิต่ำซึ่งมรปริมาณความหนาแน่นของอากาศและความชื้นต่ำเพื่อผลิตความดัน ซึ่งสามารถประเมินเป็นผลประหยัดพลังงานสรุปได้ดังนี้



รูปแสดงการติดตั้งท่อระบายอากาศเพื่อความร้อนให้เครื่องอัดอากาศหลังการปรับปรุง

ประหยัดพลังงานได้	**5,716.80**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.49**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**16,350.05**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**30,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.83**	**ปี**			

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

Air Comp1

ชั่วโมงการใช้งานเครื่องอัดอากาศทั้งปี	=	3,600	ชม./ปี
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของ Air Comp1 วัดได้	=	14	kW
อุณหภูมิอากาศภายนอกห้อง (กลางคืน)	=	26	^{o}C
อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องอัดอากาศ	=	42	^{o}C
อุณหภูมิอากาศที่สามารถลดได้	=	42 – 26	
	=	16	^{o}C

จากความสัมพันธ์ $\left(\frac{P_1V_1}{T_1}\right)=\left(\frac{P_2V_2}{T_2}\right)$

เมื่อ P เท่ากัน ดังนั้น V (26 °C) = (273.15 + 26) / (273.15 + 42) x V(42 °C)

= 0.949 V(42 °C)

อากาศที่ (26 °C) มีความหนาแน่นกว่าอากาศที่ (42 °C)

= (1- 0.949) x 100

= 5.1 %

ดังนั้น พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 14 x 3,600 x 0.051

= 2,570.40 kWh/ปี

Air Comp2

ชั่วโมงการใช้งานเครื่องอัดอากาศทั้งปี	=	3,600	ชม./ปี
กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของ Air Comp2 วัดได้	=	23	kW
อุณหภูมิอากาศภายนอกห้อง (กลางวัน)	=	30	°C
อุณหภูมิอากาศที่เข้าเครื่องอัดอากาศ	=	42	°C
อุณหภูมิอากาศที่สามารถลดได้	=	42 – 30	
	=	12	°C

จากความสัมพันธ์ $\left(\frac{P_1V_1}{T_1}\right)=\left(\frac{P_2V_2}{T_2}\right)$

P เท่ากัน ดังนั้น V (26 °C) = (273.15 + 30) / (273.15 + 42) x V(42 °C)

= 0.949 V(42 °C)

อากาศที่ (26 °C) มีความหนาแน่นกว่าอากาศที่ (42 °C)

= (1- 0.962) x 100

= 3.8 %

พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 23 x 3,600 x 0.038

= 3,146.4 kWh/ปี

รวมผลประหยัด = 5,716.8 kWh/ปี

หรือ = 0.00049 ktoe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 5,746.4 x 2.86

= 16,350.05 บาท/ปี

เงินลงทุน = 30,000 บาท

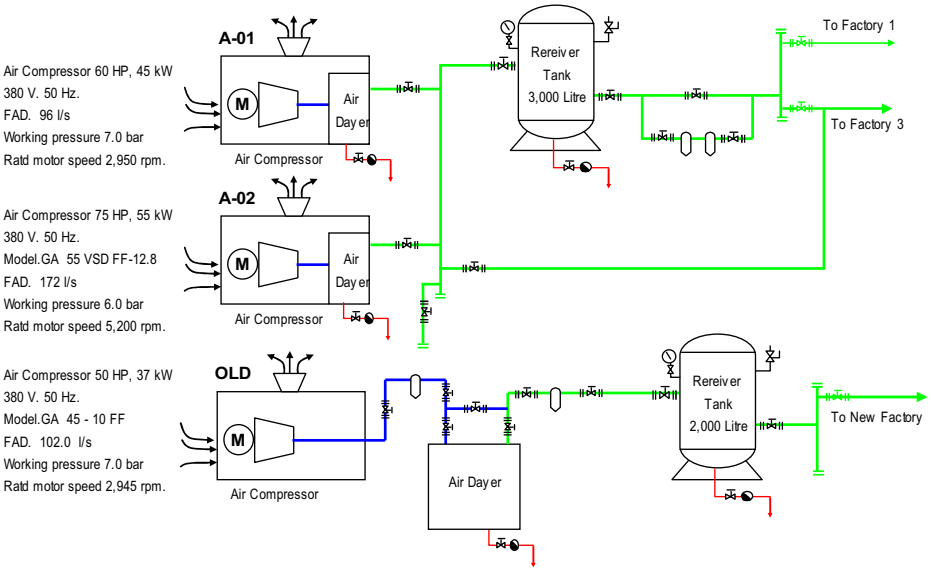
คิดเป็นระยะเวลาในการคืนทุน = 1.83 ปี

3.6.8 มาตรการการใช้ลมจาก Blower แทนการใช้อากาศอัด

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมเคมี ผลิตภัณฑ์น้ำยากำจัดแมลง มีการใช้พลังงานไฟฟ้ากระบวนผลิตส่วนใหญ่จะเกี่ยวกับการใช้อากาศอัด จากการสำรวจการใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ภายในโรงงาน พบว่า มีการติดตั้งเครื่องอัดอากาศ จำนวน 3 ชุด มีพิกัดขนาด 75 HP, 60 HP และ 50 HP ตามลำดับ โดยเปิดใช้งานทั้งหมดตลอดช่วงเวลาทำงานประมาณ 8-10 ชั่วโมง/วัน เพื่อนำลมอัดมาใช้ในกระบวนการเป่าทำความสะอาดกระป๋องบรรจุผลิตภัณฑ์ให้แห้ง และควบคุมระบบนิวแมติกส์ในเครื่องจักรต่างๆ

ผังการทำงาน (Flow Chart Diagram)



รูปแสดงผังการทำงานของระบบอากาศอัด

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้ลมอากาศอัดภายในโรงงาน พบว่าทางโรงงานมีการใช้เครื่องอัดอากาศจำนวน 3 ชุด โดยจากการสำรวจท่อส่งลม และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ลมภายในโรงงาน พบว่าบางจุดของต่อลมออกไปใช้งานมีลมรั่วค่อนข้างมาก ซึ่งเป็นสาเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงานไปโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงลักษณะการใช้งานของลมที่เป่าไล่น้ำออกจากขวดก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

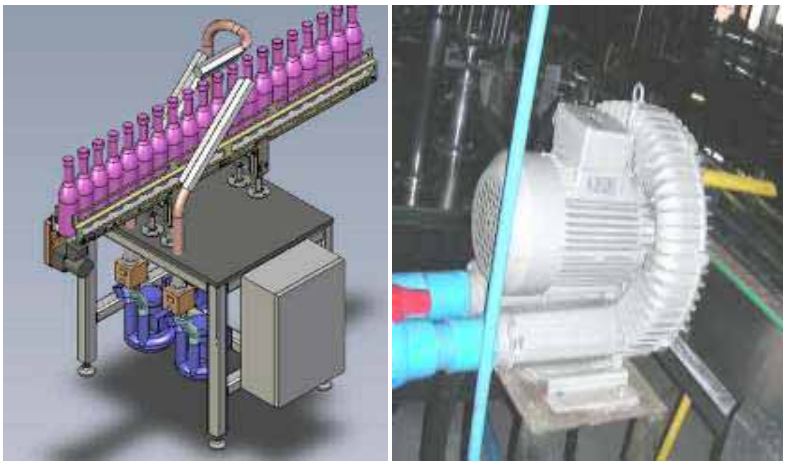
การสำรวจพื้นที่ส่วนต่างๆ ในโรงงานเลือกเฉพาะในบริเวณที่มีการใช้ลมจากเครื่องอัดอากาศ แล้วเช็คจำนวนจุดที่เกิดการรั่วไหลทั้งหมดของโรงงาน โดยการทดสอบจากน้ำฟองสบู่ แล้วทำการซ่อมแซม จุดที่รั่วไหล

1) ตรวจสอบความดันตัดต่อของเครื่องอัดอากาศ พบว่า เครื่องจะทำงานขณะ On Load เป็นระยะเวลานานประมาณ 85% จึงมีแนวคิดว่าจะลดการใช้ปริมาณลมอัดจากเครื่องอัดอากาศ
2) การสำรวจพบว่า กระบวนการที่อาจลดการใช้ลมอัดได้ คือ การใช้ลมอัดในการเป่าน้ำแห้งกระป๋อง โดยจำใช้ลมจาก Blower แทนการใช้ลมจากระบบอากาศอัดเพื่อลดภาระเครื่องอัดอากาศลง
3) ดำเนินการติดตั้ง Blower ทดแทนการใช้ลมเป่าขวดที่กระบวนการเป้าหมาย
4) จัดทำเอกสาร และระบุผู้รับผิดชอบ เปิด – ปิด เครื่องอัดอากาศ
5) ตรวจสอบการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศหลังการปรับปรุง เพื่อวิเคราะห์หาผลประหยัดที่ได้รับ และรายงานเสนอผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากมีการดำเนินงานการใช้ลมจาก Blower ทดแทนการใช้ลมเป่าขวด Air Wiper เพื่อลดภาระเครื่องอัดอากาศ แล้วสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงสรุปได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	32,969.66	kWh/ปี	หรือเทียบเท่า	2.809	toe/ปี
เป็นเงินที่ประหยัดได้	129,241.07	บาท	เงินลงทุน	35,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	0.27	ปี			



รูปแสดงลักษณะการใช้งานของ Blower แทนการใช้ลมอัดหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

จากการที่มีการลดปริมาณการใช้ลมในอากาศอัดแล้ว ทางโรงงานควรพิจารณาหาแนวทางในการลดปริมาณการรั่วไหลของอากาศอัดดังกล่าวโดยการดำเนินการดังนี้

1) จัดให้มีการตรวจสอบการรั่วไหลของลมอัดในระบบอย่างสม่ำเสมอ

2) ขอความร่วมมือจากพนักงานในการตรวจสอบว่ามีอากาศอัดรั่วไหล ในพื้นที่ที่คนทำงานอยู่หรือไม่ ถ้ามีควรแจ้งให้ฝ่ายซ่อมบำรุงดำเนินการซ่อมแซมโดยเร็ว

3) ขอความร่วมมือจากพนักงานให้พยายามใช้อากาศอัดอย่างเหมาะสม ไม่เปิดวาล์วอากาศอัด ทิ้งไว้ ไม่ใช้อากาศอัดในงานบางอย่างที่ไม่จำเป็น ตั้งรางวัลหรือรณรงค์ให้พนักงานช่วยคิด และเสนอแนะกิจกรรมต่างๆ

4) หลังจากการดำเนินการแล้วควรแนะนำให้พนักงานปิดวาล์วลมในช่วงพักเวลาดังกล่าวทุกพื้นที่ก่อนออกจากพื้นที่ปฏิบัติงาน เพื่อช่วยลดการรั่วไหลของลมในระบบอากาศอัด จะสามารถลดการใช้พลังงานได้อีกทางหนึ่ง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

พลังไฟฟ้าที่ใช้ต่อปริมาณอากาศอัด (SEC)

$$= \frac{(l \times k)}{(k-1)} \times \frac{(P_1 \times q_{v1})}{10} \times [(P_2 / P_1)^{(k-1)/(l \times k)} - 1] \text{ kW/l/sec.}$$

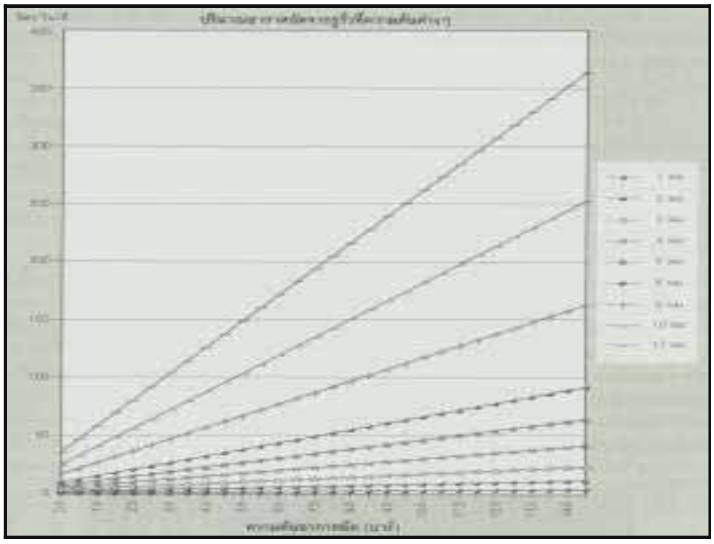
l คือ จำนวนขั้นตอนการอัด

k คือ isentropic ของอากาศ = 1.40

P_1 คือ ความดันอากาศสัมบูรณ์ด้านเข้า = 1.013 Bar

q_{v1} คือ อัตราการไหลของอากาศ = l/sec.

P_2 คือ ความดันสัมบูรณ์ที่ผลิต = Bar



กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความดันกับปริมาณอากาศจากรูรั่วที่ความดันต่าง ๆ

สมการการสูญเสียลมรั่ว

Air Leaked* = *(0.1583 x D^2) x (P x 1.013)

D = ขนาดของรูลมที่ใช้งาน

P = ความดันที่ใช้งาน

Air Leaked	D	=	12.00	mm
	P	=	4.00	Bar
Flow rate of air comp.		=	94.00	l/s
Power of air comp.		=	44.50	kW
Electrical power for Air Compressor		=		0.2053 kW/l/s
ปริมาณอากาศที่สูญเสีย		=	92.37	l/s
กำลังไฟฟ้าสูญเสีย		=	18.96	kW
ชั่วโมงการทำงาน		=	8	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน		=	273	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การทำงานของ air comp		=	85.00	%
จำนวนทั้งหมด		=	1	จุด
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด		=	(18.96 x 8 x 273 x 85 / 100)	
		=	35,197.34	kWh/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย		=	3.92	บาท/kWh
ขนาด Ring Blower (High Speed)		=	1.50	kW
เปอร์เซ็นต์การทำงานของมอเตอร์		=	80.00	%

กำลังไฟฟ้าที่ใช้	=	1.20	kW
จำนวน	=	1.00	ชุด
พลังงานไฟฟ้าที่ใช้งาน	=	(1.20 x 8 x 273 x 85 / 100)	
	=	2,227.68	kWh/ปี
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด	=	(35,197.34 - 2,227.68)	kWh/ปี
	=	32,969.66	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	(32,969.66 x 3.92)	
	=	129,241.07	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	(32,969.66 x 3.60)	
	=	118,690.78	MJ/ปี
	=	2.809 toe/ปี	

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

ค่าอุปกรณ์ Ring Blower (High Speed) จำนวน 1 ชุด

	=	20,000.00	บาท
ค่าแรงเดินท่อส่งลม จำนวน 1 ชุด	=	15,000.00	บาท
รวมเป็นเงิน	=	35,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.27	ปี

3.7 ระบบตู้อบ/ฮีตเตอร์ไฟฟ้า

3.7.1 มาตรการปรับปรุงอุปกรณ์เพื่อลดการสูญเสียความร้อน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

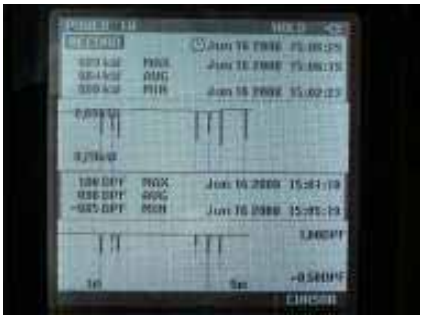
โรงงานมีกระบวนการผลิต ที่เกี่ยวเนื่องกับท่อฉนวน อยู่หลายกระบวนการผลิต โดยแต่ละกระบวนการผลิต จะมีตู้ที่ติดตั้ง ฮีตเตอร์ไฟฟ้าไว้ เพื่อใช้ความร้อนเชื่อมต่อท่อฉนวนให้ติดกัน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบพบว่ากระบวนการผลิตที่เกี่ยวเนื่องกับท่อฉนวนนั้น จะมีการเชื่อมต่อท่อฉนวนเป็นครั้งคราวเมื่อขดท่อฉนวนหมดม้วน แต่จำเป็นต้องเปิด ฮีตเตอร์ไฟฟ้า ที่ประกอบอยู่ภายในตู้เหล็กตลอดเวลา เพื่อให้มีความร้อนพร้อมสำหรับการเชื่อมต่อท่อฉนวนอยู่เสมอ โดยพบว่าตู้ ฮีต

เตอร์ไฟฟ้าไม่ได้มีการปิดกั้นการสูญเสียความร้อนบริเวณใต้ตู้ ส่งผลให้เกิดการไหลเวียนของอากาศเย็นผ่านเข้าไปบริเวณใต้ตู้ พาความร้อนจาก ฮีตเตอร์ไฟฟ้าออกไปส่งผลให้ ฮีตเตอร์ไฟฟ้าทำงานตลอดเวลา หรือมีการตัดต่อน้อยมาก ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า





รูปก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

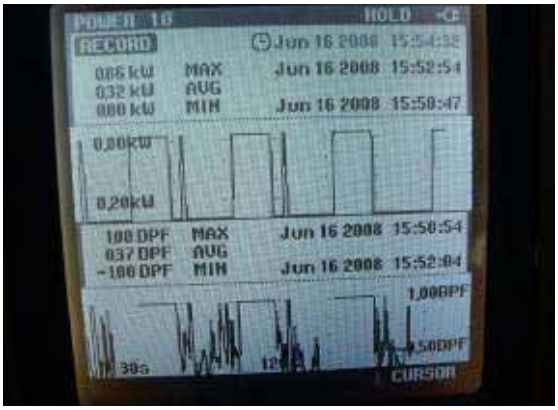
โรงงานดำเนินการติดตั้งแผ่นเหล็กเพื่อปิดกั้นการพาความร้อนจากลมเย็นที่ไหลผ่านใต้ตู้ฮีตเตอร์ ไฟฟ้า เพื่อลดการสูญเสียความร้อน ซึ่งจะส่งผลให้ ฮีตเตอร์ไฟฟ้ามีการตัดต่อมากขึ้น ช่วยลดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าลงได้

สภาพหลังปรับปรุง







รูปหลังปรับปรุง

ระยะเวลาดำเนินการ 2 เดือน

เงินลงทุน 5,000.00 บาท

ผลประหยัด

จำนวนเงิน 57,358.08 บาท

พลังงานไฟฟ้า 14,976.00 kWh/ปี

คิดเป็นน้ำมันดิบ 0.00128 ktoe/ปี

ระยะเวลาคืนทุน 0.09 ปี

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ตู้ Heater ไฟฟ้า เชื่อมต่อท่อฉนวน	10	Set
ชั่วโมงการใช้งาน	12	ชม./วัน
วันทำงาน	300	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การเปิดใช้งาน	80	%

จากการตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้าของตู้ Heater ไฟฟ้าอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับปรุงปิดกั้นการสูญเสียความร้อน เป็นดังนี้

พลังไฟฟ้าเฉลี่ย ก่อนปิดใต้ตู้		0.84	kW
พลังไฟฟ้าเฉลี่ย หลังปิดใต้ตู้		0.32	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	จำนวนตู้ x พลังไฟฟ้าที่ลดลง x ชม./วัน x วัน/ปี x % เปิดใช้งาน	
	=	10 x (0.84 - 0.32) x 12 x 300 x 0.80	
	=	14,976.00	kWh/y
หรือคิดเป็น	=	14,976.00 /(11.74 x 10^6)	
	=	0.00128	ktoe/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.83	Baht/Unit
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	57,358.08	Baht/ปี

3.7.2 มาตรการลดช่วงเวลาการทำงานของฮีตเตอร์

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

บริษัทมีการใช้เครื่องอบที่เปิดใช้งานประจำในโรงงาน ซึ่งทางโรงงานมีนโยบายที่จะลดการใช้พลังงานในโรงงาน ทางทีมงานของโรงงานจึงได้สำรวจการใช้งานของเครื่องอบ พบว่ามีการเปิดอุ่นฮีตเตอร์รอเพื่อเตรียมชิ้นงานก่อนเครื่องอบทำงานประมาณ 3 ชั่วโมง ซึ่งใช้เวลานานเกินความจำเป็น ทำให้เกิดความสูญเสียและไม่ประหยัดพลังงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

หลังจากทีมงานได้ทำการสำรวจฮีตเตอร์เครื่องอบ เดิมเปิดใช้งานก่อนเครื่องอบและเปิดฮีตเตอร์รอชิ้นงาน 3 ชั่วโมง จากการสำรวจตรวจวัด สามารถลดเวลาในการอุ่นฮีตเตอร์ลงได้เนื่องจากอุณหภูมิที่ใช้งาน อยู่ประมาณ 350 °C ใช้เวลาในการอุ่นฮีตเตอร์จริง 1 ชั่วโมงก็สามารถอบชิ้นงานได้ ส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้





แสดงสภาพก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1. สำรวจการใช้งานในส่วนฮีตเตอร์เครื่องอบ
2. บันทึกข้อมูลการใช้งานก่อนปรับปรุง
3. ดำเนินการปรับปรุง
4. ตรวจสอบ ติดตามผล
5. วิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากที่ทีมงานของโรงงานได้ทำการปรับปรุงควบคุมการเปิดฮีตเตอร์ และติดป้ายชี้บ่งผู้รับผิดชอบเวลาในการเปิดฮีตเตอร์ของเครื่องอบ สามารถประหยัดพลังงานได้ 29,556 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 107,879 บาท/ปี





แสดงสภาพหลังปรับปรุง

ระยะเวลาดำเนินการ 0.5 เดือน

เงินลงทุน - บาท

ผลประหยัดที่ได้ 107,879 บาท 0.00252 ktoe/ปี

ระยะเวลาคืนทุน - ปี

ข้อเสนอแนะ

1.ทางโรงงานควรมีการบำรุงรักษาตรวจเช็คคุณภาพของฮีตเตอร์ให้อยู่ที่สภาวะที่เหมาะสม

2.ทางโรงงานควรมีการควบคุมการเดินเครื่องจักรอย่างรัดกุม สำหรับในระยะยาว ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายละเอียดการคำนวณ

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

กำลังไฟฟ้าจากการตรวจวัดฮีตเตอร์ ชุดที่ 3	=	37.5	กิโลวัตต์
กำลังไฟฟ้าจากการตรวจวัดฮีตเตอร์ ชุดที่ 4	=	44.6	กิโลวัตต์
กำลังไฟฟ้าที่ใช้รวม	=	82.1	กิโลวัตต์
เปิดอุ่นฮีตเตอร์ก่อนเวลาการทำงานในช่วงเช้า	=	1	ชั่วโมง
เปิดอุ่นฮีตเตอร์ รออบชิ้นงานในช่วงบ่าย	=	2	ชั่วโมง/วัน
เพราะฉะนั้นเวลาในการเปิดอุ่นฮีตเตอร์เดิม	=	3	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน	=	300	วัน/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.65	บาท/kWh
เปอร์เซ็นต์การทำงาน	=	60	เปอร์เซ็นต์
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	82.1 x 3.0. x 300 x 60%	
	=	44,334.00	kWh/ปี

<u>หลังปรับปรุง</u>

ทำการเตรียมชิ้นงานให้พร้อมในครั้งเดียวซึ่ง			
สามารถลดเวลาในการอุ่นฮีตเตอร์ลงได้	=	2	ชั่วโมง/วัน
เพราะฉะนั้นเวลาในการเปิดอุ่นฮีตเตอร์ใหม่	=	1	ชั่วโมง/วัน

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	=	82.1 x 1.0 x 300 x60%	
	=	14,778.00	kWh/ปี
ผลประหยัด			
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	44,334.0 - 14,778.0	
	=	29,556.00	kWh / ปี
หรือคิดเป็น	=	29,556 / (11.74 / 10^6)	
	=	0.002520	ktoe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	29,556 x 3.65	
	=	107,879	บาท / ปี

3.7.3 มาตรการปรับปรุงการทำงานของอุปกรณ์ให้มีประสิทธิภาพ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

จากการสำรวจพบว่าโรงงานมีการใช้ความร้อนจากฮีตเตอร์ไฟฟ้าในการทำความร้อน แล้วใช้พัดลมในการกระจายความร้อนไปให้ทั่วในตู้อบ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจพบว่าบริเวณทางเข้าและทางออกของตู้อบแชมเบอร์ และตู้อบฮีทเซ็ท มีการปิดด้วยวัสดุที่ป้องกันอากาศร้อนรั่วไหลอยู่แล้ว แต่วัสดุเกิดการชำรุดเสียหาย ทำให้มีอากาศร้อนรั่วไหลออกมาจากตู้อบฮีทเซ็ท ซึ่งเป็นการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

อุปกรณ์ที่ต้องปรับปรุง คือ
1. ตู้อบแชมเบอร์ จำนวน 4 ตู้
2. ตู้อบฮีทเซ็ท จำนวน 1 ตู้



รูปก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการสำรวจทีมงานอนุรักษ์พลังงานของโรงงานมีความคิดที่จะลดปริมาณอากาศร้อนรั่วไหลออกมาจากตัวเครื่อง โดยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. สำรวจเก็บข้อมูลสภาพการใช้งานปัจจุบัน
2. ทีมงานร่วมกันหาวิธีการปรับปรุง
3. จัดทำแผนปฏิบัติและนำเสนอแผนต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติ

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานดำเนินการเปลี่ยนวัสดุสำหรับปิดช่องบริเวณทางเข้าและออกของตู้อบแชมเบอร์ และตู้อบฮีทเซ็ท ผลจากการดำเนินมาตรการ คือ

1. ตู้อบแชมเบอร์ จำนวน 4 ตู้ สามารถปรับลดอุณหภูมิลงจาก 150 ^{o}C เป็น 80 ^{o}C ทำให้กำลังไฟฟ้าและเวลาการทำงานของฮีตเตอร์ (Cut-in) ลดลง
2. ตู้อบฮีทเซ็ท จำนวน 1 ตู้ สามารถปรับลดอุณหภูมิลงจาก 190 ^{o}C เป็น 170 ^{o}C ทำให้กำลังไฟฟ้าและเวลาการทำงานของฮีตเตอร์ (Cut-in) ลดลง

ตู้อบแชมเบอร์ จำนวน 4 ตู้

ก่อนปรับปรุง (อุณหภูมิ 150 ^{o}C)

ข้อมูลตรวจวัด	กำลังไฟฟ้า (kW)	เวลา (วินาที)
Cut-in	18.00	20.00
Cut-off	0.85	18.00
รวม	-	38.00

หลังปรับปรุง (อุณหภูมิ 80 ^{o}C)

ข้อมูลตรวจวัด	กำลังไฟฟ้า (kW)	เวลา (วินาที)
Cut-in	16.88	15.00
Cut-off	0.79	25.00
รวม	-	40.00

ตู้อบฮีทเซ็ท จำนวน 1 ตู้

ก่อนปรับปรุง (อุณหภูมิ 190 °C)

ข้อมูลตรวจวัด	กำลังไฟฟ้า (kW)	เวลา (วินาที)
Cut-in	3.20	20.00
Cut-off	0.31	30.00
รวม	-	50.00

หลังปรับปรุง (อุณหภูมิ 170 °C)

ข้อมูลตรวจวัด	กำลังไฟฟ้า (kW)	เวลา (วินาที)
Cut-in	2.58	13.00
Cut-off	0.25	40.00
รวม	-	53.00



รูปหลังปรับปรุง

ระยะเวลาดำเนินการ 1.00 เดือน

เงินลงทุน - บาท

ผลประหยัดที่ได้ 107,970.49 บาท/ปี 0.00263 ktoe/ปี

ระยะเวลาคืนทุน - ปี

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ตัวอย่างการคำนวณ : ตู้อบแชมเบอร์

1. ผลการตรวจวัดก่อนการปรับปรุง : กำลังไฟฟ้า = 18.00 kW Cut-in
   (อุณหภูมิที่ตั้งไว้ 150 °C) เครื่องใช้เวลา = 20.00 วินาที Cut-in
   กำลังไฟฟ้า = 0.85 kW Cut-off
   เครื่องใช้เวลา = 18.00 วินาที Cut-off
2. ผลการตรวจวัดหลังการปรับปรุง :กำลังไฟฟ้า = 16.88 kW Cut-in
   (อุณหภูมิที่ตั้งไว้ 80 °C) เครื่องใช้เวลา = 15.00 วินาที Cut-in
   กำลังไฟฟ้า = 0.79 kW Cut-off
   เครื่องใช้เวลา = 25.00 วินาที Cut-off

เวลาการทำงานตู้อบแชมเบอร์	=	8.00	ชั่วโมง/วัน
	=	300.00	วัน/ปี

ก่อนปรับปรุง

เปอร์เซ็นต์การทำงานของฮีตเตอร์เดินเครื่องช่วง Cut-in	= 20.00 / (20.00 + 18.00) x 100.00		
	=	52.63	%
เปอร์เซ็นต์การทำงานของฮีตเตอร์เดินเครื่องช่วง Cut-off	= 18.00 / (20.00 + 18.00) x 100.00		
	=	47.37	%
จำนวนตู้อบแชมเบอร์	=	4.00	ตู้
กำลังไฟฟ้าช่วง Cut - in	=	18.00 x 4.00	
	=	72.00	kW
กำลังไฟฟ้าช่วง Cut - off	=	0.80 x 4.00	
	=	3.40	kW
พลังงานไฟฟ้าช่วง Cut - in	=	72.00 x 8.00 x 300.00 x 52.63%	
	=	90,944.64	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าช่วง Cut - off	=	3.40 x 8.00 x 300.00 x 47.37%	
	=	3,865.39	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวม	=	90,944.64 + 3,865.39	
	=	94,810.03	kWh/ปี

หลังปรับปรุง

เปอร์เซ็นต์การทำงานของฮีตเตอร์เดินเครื่องช่วง Cut-in	=	15.00 / (15.00 + 25.00) x 100.00	
	=	37.50	%
เปอร์เซ็นต์การทำงานของฮีตเตอร์เดินเครื่องช่วง Cut-off	=	25.00 / (15.00 + 25.00) x 100.00	
	=	62.50	%
จำนวนตู้อบแชมเบอร์	=	4.00	ตู้
กำลังไฟฟ้าช่วง Cut - in	=	16.88 x 4.00	
	=	67.52	kW
กำลังไฟฟ้าช่วง Cut - off	=	0.79 x 4.00	
	=	3.16	kW
พลังงานไฟฟ้าช่วง Cut - in	=	67.52 x 8.00 x 300.00 x 37.50%	
	=	60,768.00	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้าช่วง Cut - off	=	3.16 x 8.00 x 300.00 x 62.50%	
	=	4,740.00	kWh/ปี
พลังงานไฟฟ้ารวม	=	60,768.00 + 4,740.00	
	=	65,508.00	kWh/ปี

ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า

กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(72.00 – 67.52) + (3.40 – 3.16)	
	=	4.72	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	94,810.03 - 65,508.00	
	=	29,302.03	kWh/ปี
หรือคิดเป็นปริมาณตันน้ำมันดิบเทียบเท่า	=	29,302.03 / (11.74 x 10^6)	
	=	0.00250	ktoe/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.50	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	29,302.03 x 3.50	
	=	102,557.11	บาท/ปี

ผลประหยัดรวม (จากตารางการคำนวณ)

กำลังไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	5.40	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	30,848.71	kWh/ปี
หรือคิดเป็นปริมาณตันน้ำมันดิบเทียบเท่า	=	30,848.71 / (11.74 x 10^6)	
	=	0.00263	ktoe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	107,970.49	บาท/ปี

เงินลงทุน

ไม่มีเงินลงทุน เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการเองได้

3.7.4 มาตรการปรับปรุงอุณหภูมิของฮีตเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีสายการผลิตชิ้นงานฉนวน เพื่อหุ้มคอมเพรสเซอร์ ซึ่งชิ้นงานฉนวนจะต้องผ่านกระบวนการฉีดพ่นกาว หลังจากนั้นก็ต้องนำไปผ่านกระบวนการอบโดยผ่านสายพานเข้าเครื่องอบเพื่อให้กาวแห้งต่อไป

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบพบว่าสายผลิตชิ้นงานฉนวน ในขั้นตอนการอบนั้น มีการตั้งอุณหภูมิ Set Point เครื่องอบไว้ค่อนข้างสูงที่ 120 องศาเซลเซียส ซึ่งทางทีมงานมีแนวคิดในการดำเนินการปรับลดอุณหภูมิ Set Point เครื่องอบให้ลดลงจากเดิม โดยที่ชิ้นงานที่ผ่านกระบวนการอบกาวยังคงแห้งสนิทได้มาตรฐานตามที่กำหนด



รูปก่อนปรับปรุง

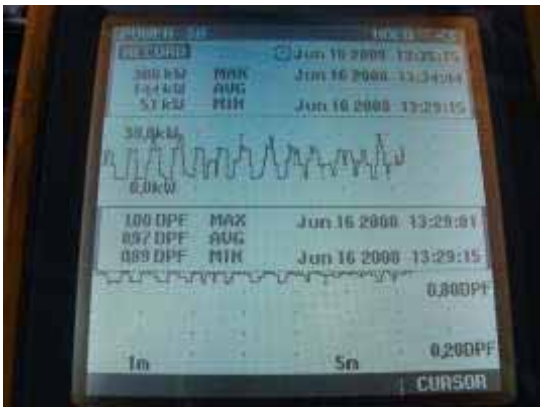
แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ดำเนินการทดลองปรับลดอุณหภูมิ Set Point เตาอบชิ้นงาน เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบชิ้นงาน โดยที่ชิ้นงานยังคงได้ตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจากการทดลองอบชิ้นงานพบว่าอุณหภูมิ Set Point เครื่องอบสามารถที่จะลดลงมาได้ที่ อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

สภาพหลังปรับปรุง







รูปหลังปรับปรุง

ระยะเวลาดำเนินการ	1.00	เดือน		
เงินลงทุน	-	บาท		
จำนวนเงิน	183,380.40	บาท		
พลังงานไฟฟ้า	47,880.00	kWh/ปี	0.00402	ktoe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี		

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

เครื่องอบกาวชิ้นงานฉนวน (OVE 1)

ชั่วโมงการใช้งาน	12	ชม./วัน
วันทำงาน	300	วัน/ปี

จากการตรวจวัดค่าพลังไฟฟ้าของเครื่องอบอย่างต่อเนื่อง เพื่อหาค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนและหลังการปรับลดอุณหภูมิ Set Point เป็นดังนี้

พลังไฟฟ้าเฉลี่ย ที่อุณหภูมิ Set Point 120 ^{o}C		27.7	kW
พลังไฟฟ้าเฉลี่ย ที่อุณหภูมิ Set Point 90 ^{o}C		14.4	kW
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	พลังไฟฟ้าที่ลดลง x ชม./วัน x วัน/ปี	
	=	(27.7 - 14.4) x 12 x 300	
	=	47,880	kWh/y
หรือคิดเป็น	=	183,380.40 x(11.74 x 10^{6})	
	=	0.00408	ktoe/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.83	Baht/Unit
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	183,380.40	Baht/ปี

3.7.5 มาตรการจัดตารางเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องจักร Heat Treatment

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีกระบวนการให้ความร้อนเพื่ออบผลิตภัณฑ์ลวดสปริงโดยใช้เครื่องอบ Heat Treatment ซึ่งเครื่องจักรดังกล่าวใช้กำลังงานไฟฟ้าในกระบวนการให้ความร้อนด้วยขดลวดความร้อน (Heater) โดยมีเครื่องจักร Heat Treatment จำนวน 2 เครื่อง และกระบวนการปั๊มชิ้นงานด้วยเครื่องจักร Stamping ซึ่งเครื่องจักรดังกล่าวใช้พลังงานไฟฟ้าในการขับเคลื่อนมอเตอร์จำนวน 39 ตัว เครื่องจักรทั้งหมดเปิดใช้งาน 12 ชม./วัน และ 352 วัน/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจ พบว่า ผู้ปฏิบัติงานในกระบวนการผลิตจะทำการเปิดเมนสวิตซ์ของเครื่องจักร Heat Treatment และเครื่องจักร Stamping ในช่วงเช้าตามรอบการทำงานของทุกวัน และมีการเปิดเครื่องรอทิ้งไว้ตลอดเวลาแม้ขณะที่ยังไม่มีผลิตภัณฑ์ป้อนเข้าสู่กระบวนการผลิต ซึ่งจากการสอบถามผู้ปฏิบัติงานทราบว่า มีความเข้าใจว่าผิดว่าเมื่อไม่มีการป้อนผลิตภัณฑ์เข้าสู่ระบบแม้มีการเปิดเครื่องจักรไว้ก็จะไม่เป็นการสิ้นเปลืองพลังงาน ดังนั้นการเปิดเมนสวิตซ์ของเครื่องจักรเพื่อรอชิ้นงานไว้ในขณะที่ยังไม่มีความพร้อมในการผลิตจึงเป็นการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตโดยเปล่าประโยชน์






รูปแสดงการเปิดเครื่อง Heat Treatment เพื่อรอชิ้นงานก่อนการปรับปรุง






รูปแสดงการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่เครื่อง Stamping ขณะไม่มีชิ้นงานป้อนเข้าก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการสอบถามผู้ปฏิบัติงานพบว่าสามารถที่จะจัดตารางเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องจักร Heat Treatment และทำการปิดเครื่องจักร Stamping ทุกครั้งที่ไม่มีชิ้นงานได้ โดยการวางแผนจัดทำ

ตารางเวลาในการเปิด-ปิดเครื่องจักร Heat Treatment และเครื่องจักร Stamping ใหม่ ซึ่งจะกำหนดให้มีการเปิดเครื่องจักรเมื่อมีผลิตภัณฑ์เข้าสู่กระบวนการผลิตเท่านั้น

1) ตรวจวัดการใช้พลังงานของเครื่องจักร Heat Treatment และเครื่องจักร Stamping
2) จัดเวลาการทำงานใหม่ให้สามารถลดเวลาการเดินเครื่องจักรตัวเปล่า
3) คำนวณผลประหยัดตามแผนการเดินเครื่องจักร
4) ดำเนินการมาตรการและติดตามผล

สภาพหลังปรับปรุง

การจัดทำตารางเวลาและกำหนดให้มีการใช้สวิทช์เพื่อเปิด-ปิดเครื่องจักร Heat Treatment และเครื่องจักร Stamping ให้มีการทำงานเฉพาะช่วงเวลาการป้อนผลิตภัณฑ์เข้าสู่กระบวนการผลิตเท่านั้น จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้	**32,852.16**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**2.80**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**111,369**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			







รูปแสดงการจัดทำตารางเวลาและกำหนดให้มีการใช้เปิด-ปิดเครื่องจักรหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนและแนวทางการขยายผล

สำรวจกระบวนการผลิตและค้นหาเครื่องจักรที่เดินเครื่องตัวเปล่า และดำเนินการจัดทำแผนการเดินเครื่องจักรให้มีการทำงานเหมาะสมตามความจำเป็น จะสามารถประหยัดพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

1) เครื่องจักร Heat Treatment

จัดตารางการผลิตให้มีการเปิด-ปิดเครื่องจักรในเวลา 13:00 – 20:00 น.

จำนวนเครื่องจักร	=	2	เครื่อง
กำลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร(จากการตรวจวัด)			
Phase A.	=	1.962	kW
Phase B.	=	1.998	kW
Phase C.	=	1.96	kW
กำลังงานไฟฟ้า 3 เฟส	=	1.962 + 1.998 +1.96	kW
	=	5.92	kW
ระยะเวลาในการเดินเครื่องตัวเปล่า(8:00-13:00น.)	=	5	ช.ม./วัน
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียรวมขณะเดินเครื่องตัวเปล่า	=	2 x 5.92 x 5	kWh/วัน
	=	59.2	kWh/วัน

2) เครื่องจักร Stamping

กำหนดให้ทำการปิดเครื่องจักรทุกครั้งในช่วงเปลี่ยนกะทำงานและขณะที่ไม่มีผลิตภัณฑ์ในการผลิต

ข้อมูลการตรวจวัด

เครื่องจักร	พิกัดมอเตอร์ (H.P.)	จำนวนเครื่อง[1]	กำลังไฟฟ้าขณะเดินเครื่องตัวเปล่าจากการตรวจวัด(W) [2]	เวลาที่เปิดขณะไร้ภาระ (ช.ม./วัน) [3]	โหลดแฟกเตอร์	พลังงานสูญเสีย (kWh/วัน) [1]x[2]x[3]/1000
SP-15T	3	10	95	1.5	0.85	**1.211**
SP-35T	5	15	173	1.5	0.85	**3.309**
SP-50T	7.5	3	459	1.5	0.85	**1.756**
SP-80T	10	9	1890	1.5	0.85	**21.688**
SP-110T	15	2	2420	1.5	0.85	**6.171**
					รวม	**34.134**

จำนวนวันทำงานต่อปี	=	352	วัน
พลังงานไฟฟ้าสูญเสียรวมของเครื่องจักรขณะไม่มีภาระ	=	59.2 + 34.13	kWh/วัน
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้(kWh/ปี)	=	93.33	kWh/วัน
	=	93.33 x 352	kWh/ปี
	=	32,852.16	kWh/ปี
เทียบเท่า	=	0.00280	ktoe/ปี
หรือ	=	118,267.80	MJ/ปี
เงินลงทุน	=	-	บาท
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.39	บาท/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ลดลงคำนวณจากค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	32,852.16 x 3.39	บาท / ปี
	=	111,369	บาท / ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	คืนทุนทันที	

3.7.6 มาตรการหุ้มฉนวนท่อเครื่องฉีดพลาสติก

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทพลาสติก มีการใช้งานเครื่องฉีดพลาสติกอยู่ทั้งหมด 10 เครื่อง ใช้งาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 300 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

วัสดุท่อฉีดพลาสติกของเครื่องเป่าพลาสติก 4 ตัวที่มีช่วง heater ค่อนข้างยาวไม่ได้ทำการหุ้มฉนวน ทำให้อุณหภูมิที่ผิวของเครื่องมีค่าสูงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนอย่างมาก ผลจากการวัดพบว่าอุณหภูมิที่ heater มีค่าเท่ากับ 145 ^{0}C นอกจากนี้ยังมีเครื่องฉีดขึ้นรูปพลาสติกอีก 4 ตัวที่ไม่ได้หุ้มฉนวนเช่นเดียวกันแต่ช่วงอุณหภูมิของการใช้จะเปลี่ยนแปลงไปตามผลิตภัณฑ์



รูปแสดงลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกที่ไม่มีฉนวนความร้อนก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

ประกอบด้วยลำดับขั้นตอนการดำเนินการต่าง ๆ ดังนี้

1) ทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิที่ผิวท่อเครื่องฉีดพลาสติกก่อนการหุ้ม
2) วัดหาขนาดของท่อเครื่องฉีดพลาสติก
3) หุ้มฉนวนด้วยไยแก้วความหนา 2 นิ้ว
4) ทำการตรวจวัดค่าอุณหภูมิที่ผิวท่อเครื่องฉีดพลาสติกหลังจากการหุ้มฉนวน
5) ทำการตรวจสอบดูว่าผลกระทบของผลิตภัณฑ์หลังจากหุ้มฉนวนและปรับแต่งค่าอุณหภูมิของเครื่องฉีดพลาสติกให้เหมาะสม





รูปแสดงการตรวจวัดค่าการสูญเสียความร้อนของเครื่องฉีดพลาสติกก่อนการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการหุ้มฉนวนท่อเครื่องฉีดพลาสติกเพื่อลดการสูญเสียความร้อนในกระบวนการผลิต สามารถประหยัดพลังงานได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้	**32,777.47**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**2.80**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**94,726.89**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**68,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.72**	**ปี**			



รูปแสดงลักษณะของเครื่องฉีดพลาสติกเมื่อมีการหุ้มฉนวนความร้อนหลังการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จำนวนเครื่องฉีดพลาสติกที่จะทำการหุ้มฉนวน	=	4	เครื่อง
จำนวนชั่วโมงทำงาน	=	20	ชั่วโมง/วัน
		300	วัน/ปี
คิดเป็นจำนวนชั่วโมงทั้งหมด	=	300 x 20	ชั่วโมง/ปี
	=	6,000	ชั่วโมง/ปี
ความยาวของท่อฉีดพลาสติก, L	=	0.80	m
อุณหภูมิที่ผิวท่อ(โดยเฉลี่ย), T_S	=	130	^oC
รัศมีภายนอกของท่อ, R	=	0.06	m
พื้นที่ผิวของท่อก่อนหุ้ม, A_S	=	44 x R x จำนวนเครื่อง x L/7	
	=	44 x 0.06 x 4 x 0.80/7	
	=	1.21	m^2
อุณหภูมิอากาศภายนอก, T_{air}	=	35	^oC
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, h_0	=	35	$W/m^2.^oC$

การสูญเสียปริมาณความร้อนคำนวณจากสมการ

$$Q = A_s h_o \left(T_s - T_{air}\right)$$

ho = he + hr

ก่อนทำการปรับปรุง

ค่าการสูญเสียปริมาณความร้อนก่อนหุ้มฉนวน(จากสูตรข้างบน) ,

Q_1 = 1.21 x 35 x (130 – 35)

= 4.01 kW

หลังทำการปรับปรุง

อุณหภูมิที่ผิวของ heater หลังหุ้มฉนวน, T_{S2} = 45 ^oC

ความหนาของฉนวน, t_{ins} = 0.025 m

ค่าการสูญเสียปริมาณความร้อนหลังหุ้มฉนวน(จากสูตรข้างบน),

Q_2 = 2.31 x 35 x (45 – 35)

= 0.81 kW_{th}

ดังนั้นจะลดการสูญเสียความร้อนได้	=	Q_1 - Q_2	kW_{th}
	=	4.01– 0.81	kW_{th}
	=	3.20	kW_{th}

คิดเป็นเปอร์เซ็นการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก	=	70	%
คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	3.20 kW_{th} x 6,000 ชม x (70 / 100)	
	=	13,440	kWh/ปี

ผลประหยัด

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	2.89	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	13,440 x 2.89	
	=	38,841.60	บาท/ปี
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ	=	13,440 kWh x 85.21 x 10^{-6}	
	=	1.1452	toe/ปี

จำนวนเครื่องฉีดพลาสติกที่จะทำการหุ้มฉนวน	=	4	เครื่อง
จำนวนชั่วโมงทำงาน(ประมาณ)	=	24	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงานต่อปี	=	300	วัน/ปี
คิดเป็นจำนวนชั่วโมงทั้งหมด	=	300 x 24	ชั่วโมง/ปี
	=	7,200	ชั่วโมง/ปี

ความยาวของท่อฉีดพลาสติก, L	=	0.80	m
อุณหภูมิที่ผิวท่อ, T_S	=	145	^{o}C
รัศมีภายนอกของท่อ, R	=	0.06	m
พื้นที่ผิวของท่อก่อนหุ้ม, A_S	=	44 x R x จำนวนเครื่อง x (L/7)	
	=	44 x 0.06 x 4 x (0.80/7)	
	=	1.21	m^2
อุณหภูมิอากาศภายนอก, T_{air}	=	35	^{o}C
ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน, h_0	=	35	$W/m^2.{}^{o}C$

การสูญเสียปริมาณความร้อนคำนวณจากสมการ

$$Q = A_s h_o \left(T_s - T_{air}\right)$$

ho = hc + hr

ก่อนทำการปรับปรุง

ค่าการสูญเสียปริมาณความร้อนก่อนหุ้มฉนวน(จากสูตรข้างบน) ,

Q_1 = 1.21 x 35 x (145 – 35)

= 4.65 kW

หลังทำการปรับปรุง

อุณหภูมิที่ผิวของ heater หลังหุ้มฉนวน, T_{S2}	=	45	^{o}C
ความหนาของฉนวน, t_{ins}	=	0.025	M

ค่าการสูญเสียปริมาณความร้อนหลังหุ้มฉนวน(จากสูตรข้างบน),

	Q_2 =	2.31 x 35 x (45 – 35)	
	=	0.81	kW_{th}
ดังนั้นจะลดการสูญเสียความร้อนได้	=	Q_1 - Q_2	kW_{th}
	=	4.65– 0.81	kW_{th}
	=	3.84	kW_{th}
คิดเป็นเปอร์เซ็นการทำงานของเครื่องฉีดพลาสติก	=	70	%
คิดเป็นค่าพลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	3.84 kW_{th} x 7,200 ชม x (70/100)	
	=	19,337.47	kWh/ปี

ผลประหยัด

อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	2.89	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	19,337.47x 2.89	
	=	55,885.29	บาท/ปี
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ	=	19,337.47 kWh x 85.21 $x10^{-6}$	
	=	1.65	toe/ปี
ดังนั้นผลประหยัดรวมเท่ากับ	=	38,841.60 + 55,885.29	
	=	94,726.89	บาท/ปี
ค่า kWh รวมเท่ากับ	=	19,337.47 +1,3440	
	=	32,777.47	kWh/ปี
คิดเป็น toe	=	1.15 + 1.65	
	=	2.80	toe/ปี

การลงทุน

ค่าฉนวนหนา 2 นิ้วสั่งทำเป็นแจ็คเก็ตแบบถอดได้รวมค่าติดตั้ง

	=	8,500	บาท/ชิ้น
จำนวนเครื่องทั้งหมด	=	8	เครื่อง
	=	68,000	บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	=	(8,500x8)/ (38,841.60+55,885.29)	
	=	0.72	ปี

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

3.8 อุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้า

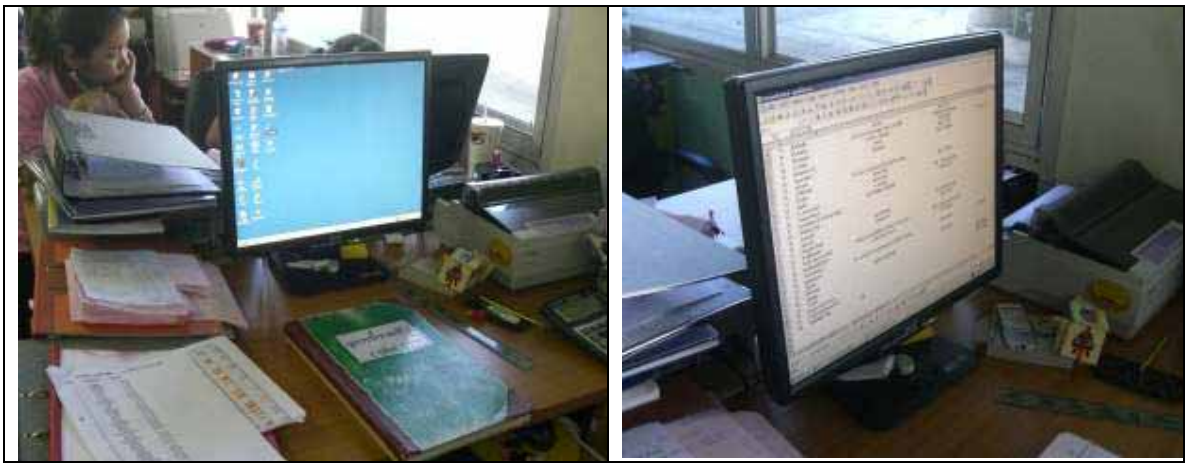
3.8.1 มาตรการปิดจอคอมพิวเตอร์ในขณะพักกลางวัน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ส่วนงานสำนักงานของบริษัทฯ มีการใช้คอมพิวเตอร์ จำนวนรวม 4 เครื่อง สำหรับงานจัดทำเอกสาร และจัดเก็บข้อมูลต่าง ๆ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบ พบว่า พฤติกรรมการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ในปัจจุบันของพนักงาน จะมีการเปิดใช้งานตั้งแต่เวลา 8.00 – 17.00 น. ทุกวัน โดยในช่วงเวลาพักเที่ยงซึ่งไม่มีพนักงานปฏิบัติงาน จะเปิดคอมพิวเตอร์ทิ้งไว้ตลอดเวลา โดยพนักงานไม่ทราบว่าลักษณะดังกล่าวไม่เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากนัก



รูปแสดงลักษณะการเปิดคอมพิวเตอร์ทิ้งไว้ในช่วงเวลาพักเที่ยงก่อนการปรับปรุง

ขั้นตอนการดำเนินงาน

ในการทำงานของพนักงานในส่วนของสำนักงาน สามารถจะดำเนินการปิดคอมพิวเตอร์เวลาพักเที่ยงได้ทันที โดยทีมงานอนุรักษ์พลังงานของบริษัทฯ ได้รณรงค์ให้พนักงานทุกคนทราบและเข้าใจถึงวิธีการ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยตรวจสอบการใช้งานคอมพิวเตอร์ทั้ง 4 เครื่อง พบว่า เครื่องคอมพิวเตอร์สามารถปิดได้ในช่วงเวลาที่ไม่มีการปฏิบัติงาน

2) จัดทำแผนการดำเนินงานการประชาสัมพันธ์รณรงค์ และเวลาดำเนินการจริง

3) วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำข้อมูลทั้งหมดและแผนงานดังกล่าวมาวิเคราะห์และนำเสนอผู้บริหาร

4) ดำเนินการตามมาตรการ โดยการเริ่มต้นจากการประสัมพันธ์โครงการ และการรณรงค์สร้างจิตสำนึกให้กับพนักงาน

5) ตรวจสอบผลกระทบของการดำเนินการ และประเมินผลกระทบจากการดำเนินมาตรการ

6) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง และสรุปรายงานผลให้ผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

จากวิธีการรณรงค์ให้มีการปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ในเวลาพักเที่ยงขณะไม่มีผู้ปฏิบัติงานดังกล่าว จะทำให้ลดเวลาการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ลง 1 ชั่วโมง/วัน สามารถประหยัดพลังงานได้ตามรายละเอียดดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**175.20**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.0149**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**532.61**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			



รูปแสดงลักษณะการปิดคอมพิวเตอร์ในช่วงเวลาที่ไม่มีการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการรณรงค์การปิดสวิทช์หน้าจอคอมพิวเตอร์ เมื่อไม่ใช้งานในช่วงระยะเวลาสั้น เป็นการประหยัดพลังงานและยืดอายุการใช้งานของจอมอนิเตอร์ ซึ่งจากการดำเนินการดังกล่าว อาจขยายผล

กับอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าในส่วนอื่นของโรงงานที่พนักงานสามารถมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงานได้ง่าย ๆ เช่น การปิดไฟฟ้าแสงสว่างทุกครั้งที่เลิกใช้งาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

พลังงานไฟฟ้าเครื่องคอมพิวเตอร์	=	120	วัตต์/เครื่อง
จำนวนเครื่อง	=	4	เครื่อง
กำลังไฟฟ้ารวม	=	120/1000 x 4	
	=	0.48	กิโลวัตต์
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(1 x 0.48 x 365)	
	=	175.20	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
เทียบเท่า	=	$175.20 \times 85.21 \times 10^{-6}$	
	=	0.0149 toe	
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	175.20 x 3.04	
	=	532.61	บาท/ปี

การลงทุน

ไม่มีเงินลงทุน

3.8.2 มาตรการการถอดปลั๊กไฟเครื่องทำน้ำเย็นหลังเลิกงาน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ภายในสำนักงานของโรงงาน มีเครื่องทำน้ำเย็นสำหรับดื่ม ขนาด 100 W จำนวน 2 เครื่อง สำหรับบริการน้ำดื่มแก่พนักงาน ซึ่งมีการเสียบปลั๊กไฟเพื่อทำน้ำเย็นไว้ตลอดเวลาเพื่ออำนวยความสะดวกแก่พนักงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจ พบว่า เครื่องทำน้ำเย็นมีการเสียบปลั๊กไฟทิ้งไว้ตลอดเวลา แม้อยู่นอกเวลาทำงานซึ่งไม่มีพนักงานปฏิบัติงาน รวมเป็นเวลา 16 ชม./วัน เป็นเหตุให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์




รูปแสดงการเสียบปลั๊กไฟเครื่องทำน้ำเย็นนอกเวลาทำงานก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ดำเนินการสำรวจพื้นที่ส่วนต่าง ๆ ที่มีการใช้เครื่องทำน้ำเย็น และกำหนดผู้รับผิดชอบในการดูแล โดยแจ้งให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่นั้นได้รับทราบ และให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานและขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน

สภาพหลังปรับปรุง

ถอดปลั๊กน้ำเย็นเครื่องทำน้ำเย็นจำนวนทั้ง 2 เครื่อง หลังจากเลิกการปฏิบัติงาน มีผลทำให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**288**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.00002**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**982**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			




รูปแสดงการถอดปลั๊กไฟเครื่องทำน้ำเย็นนอกเวลาทำงานหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะแนวทางการขยายผล

ตรวจสอบอุปกรณ์เครื่องใช้ไฟฟ้าอื่น ๆ หากไม่มีการใช้งาน ควรถอดปลั๊กออกเพื่อช่วยให้สามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จำนวนเครื่องทำน้ำเย็นขนาด 100 W	=	2	เครื่อง
โหลดแฟกเตอร์ของเครื่องทำน้ำเย็น	=	0.3	
คิดเป็นกำลังไฟฟ้ารวม	=	0.060	kW
ลดการใช้งานได้	=	16	
ดังนั้นประหยัดได้	=	0.060 kW x 16 ชม./วัน x 365 วัน/ปี	
	=	350	kWh/ปี
หรือคิดเป็นปริมาณน้ำมันดิบเท่ากับ	=	0.02	toe/ปี
คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	350 kWh/ปี	x 3.41 บาท/kW
	=	1,194	บาท/ปี

การลงทุน

ไม่มีการลงทุนเนื่องจากหน่วยงานสามารถดำเนินการได้เอง

3.8.3 มาตรการการใช้ Timer switch สำหรับตู้น้ำเย็น

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร ภายในบริเวณโรงงานจะมีการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของตู้ทำน้ำเย็นที่วางกระจายตามพื้นที่ต่าง ๆ สำหรับทำน้ำดื่มให้กับพนักงาน โดยตู้น้ำเย็นดังกล่าว จะเป็นแบบตู้ตั้งพื้นมีถังน้ำดื่มด้านบนโดยทำน้ำเย็นและน้ำร้อนได้ ในการทำความเย็นจะใช้ชุดเทอร์โมสตัทควบคุมการทำงานของคอมเพรสเซอร์ให้สามารถทำงานหรือหยุดทำงานในขณะที่น้ำมีอุณหภูมิที่สูงขึ้นหรือลดต่ำลงตามค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งโดยปกติการทำงานของตู้ทำน้ำเย็นจะเปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง 365 วัน/ปี โดยช่วงเวลากลางคืน และวันหยุดทางโรงงานที่ไม่มีการปฏิบัติของพนักงาน ยังเปิดตู้น้ำเย็นทิ้งไว้ตลอดเวลา ทำให้เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์



รูปภาพแสดงการติดตั้งของตู้ทำน้ำเย็นก่อนการปรับปรุง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสังเกตการใช้งานของตู้ทำน้ำเย็นที่ตั้งวางในแผนกต่าง ๆ เป็นแบบตู้ตั้งพื้นมีถังน้ำดื่มด้านบนซึ่งสมารถทำน้ำเย็นและน้ำร้อนได้ ซึ่งจากการสอบถามพนักงานที่อยู่บริเวณพื้นที่ติดตั้งตู้น้ำเย็นหรือบริเวณใกล้เคียง พบว่าหลังการปฏิบัติงานแล้วจะไม่มีผู้รับผิดชอบในการถอดปลั๊กไฟของตู้ทำน้ำเย็นออกเมื่อไม่มีความจำเป็นต้องใช้งาน เนื่องจากคิดว่าการถอดปลั๊กเข้าออกบ่อย ๆ จะมีผลทำให้เต้าเสียบหลวมและเสียหายเร็ว และน้ำในถังจะไม่เย็นทั้นทีในช่วงเช้าของวันที่มีการปฏิบัติงาน ซึ่งการเสียบปลั๊กเปิดใช้งานของตู้ทำน้ำเย็นดังกล่าวตลอดเวลาและไม่มีการถอดออกเมื่อไม่มีพนักงานทำงานในช่วงวันหยุดหรือช่วงเวลากลางคืนนั้น นับเป็นการสิ้นเปลืองพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ เนื่องจากน้ำที่อยู่ในถังยังคงมีอุณหภูมิสูงกว่าน้ำในช่องทำความเย็น ทำให้ช่วงเวลาที่ไม่มีการใช้น้ำตู้ทำน้ำเย็นยังต้องทำงานอยู่ตลอด ดังนั้น เพื่อเป็นการลดการใช้พลังงานจึงเสนอให้มีการกำหนดเวลาปิด-เปิดตู้ทำน้ำเย็นหลังเลิกงานหรือทำการติดตั้งชุดควบคุมเวลาการเปิด-ปิดของตู้ทำน้ำเย็น (Timer Control) ในขณะที่ไม่มีการใช้งาน ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

โดยปกติแล้วทางโรงงานมีการเปิดตู้ทำน้ำเย็นตลอดเวลา ซึ่งจาการสำรวจกับทีมงานอนุรักษ์พลังงาน พบว่าในช่วงเวลากลางคืนที่ไม่มีพนักงานทำงานอยู่จะไม่มีการปิดตู้ทำน้ำเย็น ดังนั้นจึงเสนอให้ทำการติดตั้งชุด Timer เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงที่พนักงานไม่ได้ปิดหรือลืม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ โดยกำหนดผู้รับผิดชอบ และกำหนดเวลาในการเปิด-ปิดการใช้งานให้ชัดเจน โดยชี้แจงให้พนักงานที่ปฏิบัติงานในแต่ละพื้นที่นั้นได้รับทราบถึงในกรณีพื้นที่ที่ไม่มีการปฏิบัติงาน ให้พนักงานที่อยู่ในพื้นที่นั้น หรือบริเวณใกล้เคียงต้องช่วยกันดูแลเรื่องการ

เปิด-ปิดตู้ทำน้ำเย็น และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ไม่มีการใช้งาน โดยมีแนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการดังต่อไปนี้

1) สำรวจและตรวจสอบตู้ทำน้ำเย็นทั้งหมดที่ใช้ใช้งานในพื้นที่ต่างๆ ของโรงงาน และเคลื่อนย้ายตู้น้ำเย็นทั้งหมดให้มาอยู่ในพื้นที่เดียวกันเพื่อสะดวกในการควบคุมการเสียบปลั๊กเปิดและถอดปลั๊กไฟฟ้า

2) ตรวจสอบราคาอุปกรณ์ชุดควบคุมเวลาการตัดต่ออัตโนมัติ (Auto Timer Control) และจัดเตรียมสั่งซื้ออุปกรณ์

3) ทำการติดตั้งอุปกรณ์ชุดควบคุมเวลาการตัดต่ออัตโนมัติ และปรับตั้งกำหนดเวลาให้เปิดวันทำงานปกติเวลา 06:00 น. ปิดเวลา 17:00 น. สำหรับวันหยุดให้ปิดตั้งแต่ก่อนวันปิดงานเวลา 17:00 น. ถึงเช้าวันเปิดงานให้สั่งเปิด เวลา 06:00 น.

4) ประเมินผลประหยัดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินการมาตรการ

5) สรุปและรายงานผลเพื่อนำเสนอผลการดำเนินการให้กับผู้บริหารทราบ



รูปแสดงการตั้งชุดควบคุมเวลา (Timer Switch) สำหรับเครื่องทำน้ำเย็นหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากมีการดำเนินการมาตรการติดตั้งชุดควบคุมเวลา (Timer Switch) เพื่อกำหนดเวลาการเปิด-ปิดตู้ทำน้ำเย็น หลังเลิกงาน แล้วสามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**1,244.10**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.106**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**2,699.70**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**360**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.13**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน

เพื่อให้เกิดความแม่นยำ และยั่งยืนของการดำเนินมาตรการนี้ ควรมีการติดตั้งชุดควบคุมการเปิด-ปิดอัตโนมัติ โดยการติดตั้งชุด Timer ในตู้ทำน้ำเย็นทุกเครื่องที่ใช้งานในโรงงานรวมถึงกระติกน้ำร้อนด้วย เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงที่พนักงานไม่ได้ปิดหรือลืม ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ หรือควรให้พนักงานตรวจสอบอย่างสม่ำเสมอ

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

สามารถคำนวณผลประหยัดได้ดังนี้

จำนวนตู้ทำน้ำร้อน/เย็น	=	1	ชุด
กำลังไฟฟ้าที่ใช้ (จากการตรวจวัด)	=	0.550	kW
รวมกำลังไฟฟ้า	=	(0.550 x 1)	
	=	0.550	kW
ชั่วโมงการปิดใช้งานหลังการปรับปรุง			
วันธรรมดา	=	8 ชั่วโมง/วัน,	330 วัน/ปี
วันอาทิตย์	=	24 ชั่วโมง/วัน,	35 วัน/ปี
รวมชั่วโมงการปิดใช้งาน	=	3,480.000	ชั่วโมง/ปี
เปอร์เซ็นการใช้งาน	=	65	%
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงทั้งหมด	=	0.550 x3,480.00 x 65/100	
	=	1,244.10	kWh/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย	=	2.17	บาท/kWh
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด	=	(1,244.10 x 2.17)	
	=	2,699.70	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	(1,244.10 x 3.60)	
	=	4,478.76	MJ/ปี
	=	0.106	toe/ปี
การลงทุน			
ราคา Timer Switch	=	360	บาท/ชุด
ระยะเวลาคืนทุน	=	(360 / 2,699.70)	
	=	0.13	ปี

3.8.4 มาตรการการใช้ Timer switch สำหรับระบบไฟฟ้าแสงสว่าง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการประเภทโรงแรม ในส่วนพื้นที่บริการสระว่ายน้ำมีการใช้หลอดไฟฟ้าแสงสว่างเป็นชนิดหลอดไส้ (Incandescent lamp) ขนาด 50 W. จำนวน 10 หลอด เพื่อใช้ในการส่องสว่างสำหรับสระว่ายน้ำ ซึ่งโดยปกติจะมีการเปิดหลอดไฟไว้เพื่อก่อนเพื่อรอให้มีผู้ใช้บริการในเวลาค่ำและมักหลงลืมการปิดเมื่อหลังเวลาปิดสระน้ำขณะไม่มีผู้ใช้บริการแล้วเสมอ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจลักษณะการใช้ระบบไฟฟ้าแสงสว่างภายในสระน้ำของโรงแรม พบว่า เพื่อก่อนเพื่อรอให้มีผู้ใช้บริการในเวลาค่ำและมักหลงลืมการปิดเมื่อหลังเวลาปิดสระน้ำขณะไม่มีผู้ใช้บริการแล้วเสมอ ส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงการติดตั้งหลอดไฟฟ้าแสงสว่างสำหรับสระว่ายน้ำก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1) สำรวจและตรวจสอบจำนวนหลอดไฟในสระน้ำ ที่มีการเปิดไฟฟ้าทิ้งไว้ตลอดเวลา
2) ติดตั้ง Timer Switch สำหรับควบคุมการเปิด-ปิด ไฟฟ้าแสงสว่างในสระน้ำโดยอัตโนมัติ
3) ปรับตั้งเวลาการเปิดและปิดหลอดไฟฟ้าแสงสว่างภายในสระน้ำให้เหมาะสมตามเวลาที่กำหนด



รูปแสดงการติดตั้ง Timer Swich เพื่อควบคุมกสงสว่างสำหรับสระว่ายน้ำหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การปรับตั้งเวลาการเปิดและปิดหลอดไฟฟ้าแสงสว่างภายในสระน้ำ ให้เหมาะสมกับเวลาการเปิดให้บริการในเวลาที่กำหนดอย่างแน่นอนด้วย Timer Switch สามารถประหยัดพลังงานลงได้ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**520.13**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.004**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**1,534.37**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**1,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.65**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมอบหมายเจ้าหน้าที่รับผิดชอบในการตรวจสอบบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าแสงสว่าง และอุปกรณ์ควบคุมให้ทำงานในเวลาที่กำหนด ตลอดจนสำรวจอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้าอื่นที่มีการเปิดทิ้งไว้ในขณะไม่ใช้งานและพิจารณาปิดตามเวลาที่เหมาะสม จะสามารถช่วยลดค่าใช้จ่ายของสถานประกอบการลงได้มากยิ่งขึ้น

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

หลอดไส้ ขนาด 50 W จำนวน 15 หลอด ซึ่งใช้สำหรับการส่องสว่างภายในสระว่ายน้ำ โรงแรมทำงาน 24 ชั่วโมง/วัน 365 วัน/ปี ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.95 บาท/kWh

คิดเป็นค่ากำลังไฟฟ้า	=	(50*15)/1000	
	=	0.75	kW
เวลาในการทำงานที่ลดลง	=	2	ชม./วัน
วันทำงานที่ลดลง	=	365	วัน/ปี

เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	=	95	%
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	กำลังไฟฟ้าที่ลดลง x จำนวนชั่วโมงทำงาน x จำนวนวันทำงาน x เปอร์เซ็นต์การทำงาน	
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	520.13	kWh/ปี
ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	=	2.96	บาท/kWh
คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้	=	1,534.37	บาท/ปี
ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ	=	1,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	1,000 / 1,534.37	
	=	0.65	ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	1,872.45	MJ/ปี
	=	0.00004	ktoe/ปี

3.8.5 มาตรการปรับอุณหภูมิตู้เย็นให้เหมาะสม

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

การใช้ตู้เย็นนั้น หากมีการปรับตั้งอุณหภูมิต่ำไม่เหมาะสมกับโหลดที่มีอยู่ในตู้เย็นแล้ว ก็จะมีผลทำให้สิ้นเปลืองพลังงานโดยไม่จำเป็น โดยเฉพาะสำหรับสถานประกอบการประเภทโรงแรมแล้วภายในตู้เย็นจะมีเพียงเฉพาะน้ำดื่มจำนวนไม่กี่ขวดนั้น ซึ่งหากมีการปรับตั้งอุณหภูมิให้เหมาะสมแล้วก็สามารถลดการใช้พลังงานลงได้

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนการปรับปรุง

การสำรวจตู้เย็นภายในห้องพักต่าง ๆ ทั้งที่มีการเปิดให้มีผู้เข้าพักและไม่มีผู้เข้าพัก พบว่าการปรับตั้งอุณหภูมิควบคุมไว้ที่เลข 4 - 5 ซึ่งเป็นตำแหน่งที่ทำให้อุณหภูมิต่ำมากไม่เหมาะสมกับโหลดภายในตู้เย็นมีเพียงน้ำดื่มไม่กี่ขวดเท่านั้น



รูปแสดงลักษณะการปรับตั้งอุณหภูมิภายในตู้เย็นก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากปัญหาดังกล่าวจึงควรปรับเพิ่มอุณหภูมิของตู้เย็นขึ้นอีก โดยปรับอุณหภูมิไปที่หมายเลข 1 หรือ หมายเลข 2 โดยพนักงานของโรงแรมสามารถดำเนินการได้เอง



รูปแสดงลักษณะการปรับเพิ่มอุณหภูมิภายในตู้เย็นหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การปรับตั้งอุณหภูมิของตู้เย็นไว้ที่หมายเลข 1 หรือ 2 ทุกเครื่อง ทำให้สามารลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**2,459.81**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.210**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**7,428.63**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ลำดับ	รายการ	สัญลักษณ์	การคำนวณ	ปริมาณ	หน่วย
ก่อนการปรับปรุง					
1	จำนวน	N	Audit Data	100	เครื่อง
2	กำลังไฟฟ้าของตู้เย็น	W	Audit Data	78.00	วัตต์
3	ชั่วโมงทำงานต่อวัน	H_d	Audit Data	24	ชม./วัน
4	วันทำงานต่อปี	D_y	Audit Data	365	วัน/ปี
5	Factor การใช้งานตู้เย็น	D_F	Audit Data	0.18	-
6	Factor การทำงาน	F_1	Audit Data	0.60	
หลังการปรับปรุง					
7	Factor การทำงาน	F_2	Audit Data	0.40	
8	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้รวม	E_s	$(NxW)(F_1-F_2)/1000)x(H_d)(D_y)(D_F)$	**2,459.81**	kWh/ปี
9	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	E_c	ข้อมูลค่าไฟฟ้า	3.02	บาท/kWh
10	คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	B_{save}	$E_c xE_s$	**7,428.63**	บาท/ปี

3.8.6 มาตรการใช้สวิทช์กุญแจสำหรับตัดการจ่ายไฟตู้เย็นในห้องพัก

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการประเภทโรงแรม มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 1,327,874.60 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นค่าไฟฟ้า 3,977,489.79 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.00 บาทต่อหน่วย โดยโรงแรมมีเวลาทำงาน 24 ชั่วโมงต่อวัน และเปิดบริการ 365 วันต่อปี มีอัตราการเข้าพักเฉลี่ย 45 เปอร์เซ็นต์

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจส่วนหนึ่งของอุปกรณ์ไฟฟ้าในห้องพักของโรงแรม พบว่า ปัจจุบันห้องพักมีตู้เย็นขนาด 4.9 คิว ให้บริการในห้องพักจำนวน 150 ห้อง โดยตู้เย็นเปิดให้บริการไว้ตลอดเวลา 24

ชั่วโมง 365 วันต่อปี ทั้งในขณะช่วงเวลาที่มีลูกค้าเข้าพักและไม่มีลูกค้าเข้าพัก และในเวลาที่ลูกค้าอยู่ในห้องพักและไม่อยู่ในห้องพัก สำหรับเครื่องดื่มที่แช่ในตู้เย็นได้แก่ น้ำอัดลม น้ำเปล่า และเบียร์สำหรับบางห้องพัก ซึ่งเป็นเครื่องดื่มที่ไม่เสียหากไม่มีการแช่เย็น อีกประการหนึ่งโรงแรมมีการใช้ระบบสวิทช์กุญแจเพื่อตัดการจ่ายไฟฟ้าให้กับห้องพักขณะไม่มีผู้อยู่อาศัย แต่เนื่องจากปัจจุบันตู้เย็นของห้องพักไม่ได้เข้าระบบสวิทช์กุญแจ จึงทำให้มีการจ่ายกระแสไฟฟ้าให้กับตู้เย็นตลอดเวลา ทำให้เป็นการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า



รูปแสดงลักษณะการแช่เครื่องดื่มในตู้เย็นและการตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การศึกษาพิจารณาสาเหตุของการเปิดตู้เย็นไว้ตลอดเวลา เนื่องจากมีความต้องการให้เครื่องดื่ม ซึ่งเป็นน้ำอัดลม น้ำเปล่า และเบียร์สำหรับบางห้องพักมีความเย็นที่พร้อมสำหรับการให้บริการลูกค้าที่เข้าพักไว้ตลอดเวลา สำหรับวิธีการแก้ปัญหาคือ ให้ทำการแช่เครื่องดื่มไว้ในตู้เย็นด้านล่างที่มีอยู่แล้ว เมื่อมีลูกค้าเข้าพักก็สามารถนำขึ้นไปไว้ในตู้เย็นในห้องพักและเปิดตู้เย็นขึ้นพร้อมกัน จากการสรุปผลการพิจารณาสามารถทำการปิดตู้เย็นเวลาไม่มีลูกค้าเข้าพักโดยทำการต่อเข้ากับสวิทช์กุญแจ

จากแนวคิดดังกล่าวสรุปได้ว่า ทางโรงแรมจะทำการตัดการจ่ายไฟตู้เย็นในห้องพักด้วยสวิทช์กุญแจ เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในเบื้องต้นเป็นจำนวน 130 ห้อง จากจำนวนห้องที่ให้บริการ 150 ห้อง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยสำรวจความต้องการไฟฟ้าของตู้เย็น ภาระที่สวิทช์กุญแจสามารถรับได้ และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการติดตั้ง
2) สำรวจข้อมูลด้านราคา โดยสอบถามราคาของอุปกรณ์ที่ใช้งาน พร้อมทั้งระยะเวลาในการสั่งซื้อ
3) จัดทำแผนการปรับปรุงโดยวางแผนงานในการติดตั้งในช่วงที่ไม่มีลูกค้าเข้าพักเพื่อให้กระทบการบริการน้อยที่สุด

4) วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำข้อมูลทั้งหมดและแผนงานดังกล่าวมาวิเคราะห์นำเสนอผู้จัดการทั่วไปของโรงแรมเพื่อพิจารณา
5) ดำเนินการตามมาตรการ โดยการสั่งซื้ออุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ และทำการติดตั้งโดยใช้ช่างที่อยู่ในโรงแรม
6) ตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการ พร้อมทั้งตรวจสอบความปลอดภัย
7) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง โดยการวิเคราะห์ผลประหยัดจริงที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในแง่วิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น และสรุปรายงานผลให้ผู้บริหารทราบ



รูปแสดงการปิดตู้เย็นเวลาไม่มีลูกค้าเข้าพักโดยใช้สวิทช์กุญแจหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินการตัดการจ่ายไฟตู้เย็นในห้องพักด้วยสวิทช์กุญแจ ขนาดตู้เย็น 4.9 คิว จำนวน 130 ตู้ สามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**16,580.93**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.413**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**49,742.78**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**26,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.52**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรลดจำนวนวัสดุและสิ่งของซึ่งเป็นภาระความร้อนภายในตู้เย็นให้มีจำนวนน้อยที่สุด รวมถึงการตรวจสอบปรับตั้งอุณภูมิความเย็นภายในตู้เย็นให้เหมาะสมกับการใช้งาน ซึ่งการตรวจสอบว่าตู้เย็นมีการควบคุมอุณหภูมิไว้ต่ำไปหรือไม่ พิจารณาได้จากการมีน้ำแข็งเกาะหรือเครื่องดื่มต่าง ๆ ที่แช่เย็นมีลักษณะเป็นน้ำแข็งได้อย่างรวดเร็วหรือไม่นั่นเอง

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

ตู้เย็น ขนาด 60 วัตต์ มีจำนวน 130 เครื่อง จากการตรวจวัดปริมาณการใช้ไฟฟ้า ในสถานะปิดตู้เย็นทิ้งไว้ ผลจากการตรวจวัดพบว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้า 72 วัตต์ต่อชั่วโมง

<u>ก่อนการปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตู้เย็น *(คิดที่เวลาทำงาน24ชั่วโมงต่อวันและ 365 วัน/ปี)*

= ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น x เปอร์เซ็นต์การทำงาน x จำนวนตู้เย็น x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี

= 52 วัตต์ x 130 x 0.4 x 24 x 365

= 23,687.04 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้สำหรับตู้เย็นเฉพาะเวลาที่มีลูกค้าเข้าพัก (คิดที่เวลาทำงาน24ชั่วโมงต่อวันและวันทำงาน จำนวน 365 วัน/ปี เปอร์เซนต์การเข้าพัก 45 เปอร์เซนต์ และในกรณีที่มีผู้เข้าพักกำหนดให้ชั่วโมงการใช้งานตู้เย็นต่อ1วันเท่ากับ16ชั่วโมง)

= ความต้องการพลังงานไฟฟ้าของตู้เย็น x จำนวนตู้เย็น x ชั่วโมงทำงานต่อวัน x วันทำงานต่อปี x เปอร์เซนต์ใช้บริการของห้องพัก

= 52 วัตต์ x 130 x 0.4 x 16 x 365 x 0.45

= 7,106.11 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

<u>พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้</u>

ประหยัดพลังงานไฟฟ้า = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (ก่อนปรับปรุง – หลังปรับปรุง)

= 23,687.04 – 7,106.11

= 16,580.93 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี

เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ = 16,580.93 x 85.21 x 10^{-6}

= 1.413 toe / ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 16,580.93 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี x 3.00 บาท/ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)

= 49,742.78 บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ค่าอุปกรณ์และสายไฟฟ้ารวม	26,000	บาท
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	49,742.78	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	0.52	ปี

3.8.7 มาตรการลดการใช้งานกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการประเภทฟาร์มเลี้ยงกุ้ง มีจำนวนบ่อเลี้ยงทั้งสิ้น 16 บ่อ ลักษณะการแบ่งองค์กรของหน่วยงานในการดำเนินการ เช่น ส่วนสำนักงาน ฝ่ายผลิต และฝ่ายซ่อมบำรุง ตลอดจนบ้านพักของพนักงาน มีอยู่ในบริเวณพื้นที่โดยรอบบ่อเลี้ยงกุ้ง ซึ่งโดยทั่วไปจะมีบ้านพัก 2 หลังต่อ 1 บ่อ โดยอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าที่นำมาใช้ในบ้านพักต่าง ๆ นั้น พนักงานได้นำมาใช้งานเอง แต่ในส่วนของค่าพลังงานไฟฟ้าเป็นความรับผิดชอบของทางฟาร์ม และเมื่อบริษัทฯ ได้ริเริ่มให้พนักงานเข้ามามีส่วนร่วมในโครงการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม โดยแนะนำให้พนักงานทุกฝ่ายก็มีการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานทั้งในส่วนของบ้านพักและสำนักงานมานำเสนอ และมีแนวทางในการประหยัดพลังงานโดยจัดการการใช้กระติกน้ำร้อนไฟฟ้าของพนักงานเพื่อลดการใช้พลังงาน



รูปแสดงลักษณะของสถานประกอบการฟาล์มเลี้ยงกุ้ง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

เนื่องจากสำนักงานและบ้านพักของพนักงานจะกระจายอยู่ทั่วพื้นที่ของบ่อฟาร์มกุ้ง ทำให้การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าต่าง ๆ กระจายตัวอยู่ตามบ้านพักต่าง ๆ ด้วย ดังนั้น ในการพิจารณาเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสามารถดำเนินการโดยยกเลิกการใช้กระติกน้ำร้อนก่อนเป็นเบื้องต้น ซึ่งการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุงในมาตรการนี้โดยทั่วไปผู้ใช้งานจะมีการเสียบปลั๊กกระติกน้ำร้อนไฟฟ้าเพื่อต้มน้ำไว้ตลอดเวลา (ตั้งแต่เวลาประมาณ 8.00-17.00 น.) ของทุกวันทำการ 365 วันต่อปี โดยที่ในฟาร์มมีการใช้งานกระติกน้ำร้อนไฟฟ้ารวมทั้งสิ้นจำนวน 35 ใบ มีรายละเอียดสรุปได้ดังตารางต่อไปนี้

ขนาด (วัตต์)	จำนวน (หน่วย)
450	2
600	3
610	10
620	1
635	8
650	4
670	3
700	2
750	1
850	1
รวม	**35**



รูปแสดงตัวอย่างกระติกน้ำร้อนไฟฟ้าที่มีการใช้งานภายในหน่วยงาน

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การดำเนินการในการลดการใช้พลังงานในหน่วยงานนั้นจะต้องเริ่มจากการปลูกจิตสำนึกให้พนักงานทุกระดับชั้นได้ตระหนักถึงความสำคัญในการอนุรักษ์พลังงาน สถานประกอบการจึงได้ทำการอบรมปลูกจิตสำนึกด้านการอนุรักษ์พลังงานและประโยชน์ที่จะได้รับในการมีส่วนร่วมในการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงานในฝ่ายต่าง ๆ ทราบ




รูปแสดงการอบรมปลูกจิตสำนึกในการอนุรักษ์พลังงานก่อนการปรับปรุง

การจัดให้พนักงานมีการนำเสนอแนวทางการอนุรักษ์พลังงานจากพนักงานทุกระดับ จะทำให้เกิดความรู้สึกในการอนุรักษ์พลังงานเป็นอันหนึ่งอันเดียวกัน ซึ่งในการนำเสนอมาตรการต่าง ๆ ของพนักงาน พบว่า ส่วนใหญ่แล้วจะมีการใช้กระติกน้ำร้อนกระจายไปตามพื้นที่ต่างๆ ของหน่วยงานเป็นจำนวนมากถึง 35 เครื่อง มีขนาดการใช้กำลังไฟฟ้าตั้งแต่ 600 ถึง 850 วัตต์

ขั้นตอนต่อไปของการดำเนินการ เป็นการประชุมเพื่อกำหนดแนวทางในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้เกิดผลอย่างเป็นรูปธรรมและง่ายต่อการปฏิบัติ ทั้งยังเป็นที่ยอมรับร่วมกันของพนักงานที่ใช้กระติกน้ำร้อนโดยตรง

ขั้นตอนสุดท้ายเป็นการดำเนินการปฏิบัติ จากการใช้กระติกน้ำร้อนไฟฟ้ามีการเสียบปลั๊กใช้งานตลอดเวลาตั้งแต่ 8.00-17.00 น. (มีการกดน้ำร้อนและใช้งานต่อเนื่องในช่วงเวลาประมาณ 8.00-10.00 น. ซึ่งหลังจากนั้นส่วนใหญ่ไม่มีคนใช้งาน) ซึ่งลักษณะการใช้พลังงานที่ผ่านมาไม่เหมาะสม เพราะสามารถลดการใช้พลังงานที่ใช้กับกระติกน้ำร้อนลงได้โดยถอดปลั๊กออกในเวลา 10.00 น. และหากมีความต้องการน้ำร้อนก็ให้ใช้เตาไมโครเวฟต้มสำหรับน้ำที่ต้องการเท่านั้น

สภาพหลังปรับปรุง

หน่วยงานได้ทำการถอกปลั๊กกระติกน้ำร้อนไฟฟ้าและหยุดการใช้งานในช่วงเวลาหลังจาก 10.00 น. เป็นต้นไป สามารถประหยัดพลังงานลงได้ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**2,459.81**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.963**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**32,425.86**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

เนื่องจากมาตรการนี้เป็นมาตรการที่ต้องอาศัยความมีส่วนร่วมของพนักงานประจำเครื่อง ในการใช้งานอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสม และประหยัดพลังงานลดการสูญเสียให้ได้มากที่สุด ดังนั้น ทางทีมงานจึงควรสร้างจิตสำนึก และความเข้าใจที่ถูกต้องให้กับพนักงานทุกระดับเพื่อให้การดำเนินการตามมาตรการนี้เกิดผลประหยัดสูงสุดอย่างต่อเนื่อง และยั่งยืน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ค่าพลังงานรวมของกระติกน้ำร้อนไฟฟ้า = $\sum$ค่าพลังไฟฟ้า x จำนวนกระติกน้ำร้อน
= (450 x 2) + (600 x 3) + (610 x 10) + (620 x 1)
+ (635 x 8) + (650 x 4) + (670 x 3)
+ (700 x 2) + (750 x 1) + (850 x 1)
= 22,110 วัตต์
= 22.11 กิโลวัตต์
ลดการเปิดใช้งานลงได้ = 7 ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน = 365 วัน/ปี
เปอร์เซนต์การทำงานของกระติกน้ำร้อนเฉลี่ย 20%
พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัด = 22.11 x 7 x 365 x 0.20
= 11,298.21 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี
คิดเทียบน้ำมันดิบ = (11,298.21 x 85.21) / 1,000,000
= 0.963 toe/ปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 2.87 บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
คิดเป็นผลประหยัด = ปริมาณไฟฟ้าที่ลดลง x ราคาค่าไฟฟ้า
= 11,298.21 x 2.87
= 32,425.86 บาทต่อปี

3.8.8 มาตรการลดการใช้ไฟฟ้าในเครื่องอบผ้าแห้ง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการประเภทโรงแรม ในส่วนบริการแผนกซัก อบ รีด มีการใช้งานเครื่องอบผ้าแห้งโดยใช้ไฟฟ้า ทำงานเฉลี่ย 8 ชั่วโมง/วัน และ 365 วัน/ปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจ พบว่า ในกระบวนการอบผ้าแห้งแต่ละรอบเวลานั้น พนักงานจะตั้งเวลาการทำงานสำหรับการอบผ้า 50 นาที/รอบ สำหรับผ้าทุกประเภท ซึ่งเมื่อพิจารณาตรวจสอบโดยละเอียดแล้วยังพบว่า ก่อนกระบวนการอบผ้าแห้งนั้นจะมีการปั่นผ้าเปียกให้สะเด็ดน้ำหลังการซักผ้าซึ่งเมื่อนำมาทำการอบแห้งด้วยความร้อนแล้วจะไม่จำเป็นต้องใช้เวลามากและสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าในลักษณะของการปฏิบัติงานตามสภาพเดิม



รูปแสดงลักษณะของเครื่องอบผ้าแห้งโดยใช้ไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1) พิจารณาตรวจสอบระยะเวลาที่เหมาะสมในการทำงานของเครื่องอบผ้าแห้ง โดยทดลองให้มีรอบการทำงานของเครื่องอบผ้าแห้งเพียง 35 นาที/รอบการทำงาน

2) ปรับลดเวลาอุปกรณ์ควบคุมระยะเวลารอบในการอบผ้าแห้งลงโดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของผ้า

3) วิเคราะห์และตรวจสอบผลการประหยัดพลังงาน

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตราการลดรอบเวลาที่ใช้ในการอบผ้าแห้งลงได้ 15 นาที โดยกำหนดให้รอบการทำงานของเครื่องอบผ้าแห้งเพียง 35 นาที/รอบการทำงาน มีผลทำให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**5,803.50**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.049**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**19,673.87**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**

ระยะเวลาคืนทุน - ปี

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากข้อมูลการตรวจวัด

กำลังไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ยต่อรอบการทำงาน	=	7.95	kW
เวลาที่ลดลงได้ต่อรอบ	=	0.25	ชั่วโมง/รอบ
ชั่วโมงใช้งาน	=	8	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	=	365	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์ใช้งาน	=	80%	
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	=	กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย x ชั่วโมงที่ลดลงได้ใน 1 ปี x เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	
	=	7.95 x 0.25 x 8 x 365 x 1.00	
	=	5,803.50	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.39	บาท/kWh
ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	5,803.50 x 3.39	
	=	19,673.87	บาท/ปี

3.8.9 มาตรการการติดตั้งสวิทซ์ปิด-เปิดที่เครื่องเชื่อมไฟฟ้า

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ฝ่ายซ่อมบำรุงของโรงงานมีการใช้งานตู้เชื่อมไฟฟ้าสำหรับการซ่อมอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่เกิดจากการชำรุดเสียหายจำนวน 7 เครื่อง ซึ่งโดยปกติจะเปิดใช้งานตลอดเวลาจำนวน 5 เครื่อง มีระยะเวลาการทำงานเฉลี่ย 10 ชั่วโมงต่อวัน และ 300 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจและตรวจสอบการใช้งานของเครื่องเชื่อมไฟฟ้า พบว่า โดยปกติพนักงานจะเปิดเครื่องเชื่อมไฟฟ้าซึ่งต่อตรงโดยเสียบปลั๊กไฟฟ้าไว้ตลอดเวลาแม้ในขณะที่เตรียมชิ้นงาน หรือช่วงเวลาพักงาน เนื่องมาจากปลั๊กไฟฟ้าที่ใช้อยู่มีระยะไกลและเพื่อสะดวกในการทำงาน ซึ่งจากการตรวจวัดค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขณะทำการเชื่อมมีค่า 14.40 kW และกำลังไฟฟ้าเฉลี่ยขณะไม่มีการเชื่อมมีค่า 3.30 kW ดังนั้น การปล่อยให้พลังงานไฟฟ้าต่อตรงสู่เครื่องเชื่อมไฟฟ้าตลอดเวลาขณะที่ไม่มีการปฏิบัติงานเชื่อมมีผลทำให้สูญเสียพลังงานไฟฟ้ามากอยู่โดยไม่จำเป็น



รูปแสดงอุปกรณ์เครื่องเชื่อมไฟฟ้าของโรงงานก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1) ดำเนินการจัดซื้ออุปกรณ์สวิทซ์ขนาดที่เหมาะสมและติดตั้งที่เครื่องเชื่อมไฟฟ้า เพื่อควบคุม การเปิด-ปิดการทำงานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าได้อย่างสะดวกและรวดเร็ว

2) กำหนดให้พนักงานช่างเมื่อเสียบปลั๊กไฟฟ้าใช้งานแล้ว ขณะที่ไม่ใช้งานเครื่องเชื่อมไฟฟ้าชั่วขณะเพื่อรอชิ้นงานหรือช่วงเวลาพักให้ปิดสวิทช์ไม่ให้กระแสไฟฟ้าเข้าสู่เครื่องเชื่อม เพื่อลดการสูญเสียพลังงานโดยเคร่งครัด

3) ประเมินผลการประหยัดพลังงานแลพสรุปรายงานหผลให้ผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการติดตั้งสวิทซ์ปิด-เปิดที่เครื่องเชื่อมไฟฟ้าติดสวิทซ์ปิด-เปิดที่เครื่องเชื่อมไฟฟ้าและกำหนดให้พนักงานปิดสวิทช์ขณะไม่มีการปฏิบัติงานเชื่อมโดยเคร่งครัดแล้ว จะสามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานลงได้	**14,850**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.270**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**44,253.87**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**4,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.09**	**ปี**			



รูปแสดงการติดตั้งสวิทซ์ปิด-เปิดที่เครื่องเชื่อมไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

กำลังไฟฟ้าตรวจวัดขณะไม่ได้เชื่อม	=	3.30	kW
จำนวน	=	5	เครื่อง
พิกัดไฟฟ้ารวม	=	16.50	kW
ชั่วโมงที่เปิดทิ้งไว้	=	3	ชั่วโมง/วัน
วันทำงาน	=	300	วัน/ปี
คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้	=	16.50 x 3 x 300	
	=	14,850.00	kWh/ปี
ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	2.98	บาท/kWh
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	14,850.00 x 2.98	
	=	44,253.00	บาท/ปี
เงินลงทุน	=	4,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	4,000 / 44,253	
	=	0.09	ปี

บทที่ 4

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ด้านความร้อน

บทที่ 4
มาตรการอนุรักษ์พลังงานด้านความร้อน

การอนุรักษ์พลังงานความร้อน หมายถึง กิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับระบบการจัดการ การควบคุมและปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรและอุปกรณ์พลังงานที่เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานความร้อนใดๆ ได้แก่ เชื้อเพลิงน้ำมัน ก๊าซ ชีวมวล พลังงานทดแทน หรือพลังงานไฟฟ้าเพื่อแปลงรูปให้เป็นพลังงานความร้อน เพื่อนำความร้อนไปใช้ประโยชน์ในกระบวนการผลิตต่างๆ โดยอุปกรณ์ที่สำคัญได้แก่ หม้อไอน้ำ เตาหลอมโลหะ เตาเผาและเตาอบโลหะ อุปกรณ์เหล่านี้นับว่าเป็นหัวใจ ของกระบวนการผลิต โดยการจัดการอนุรักษ์พลังงานโดยมาตรการด้านความร้อนสำหรับสถานประกอบการทุกประเภท แสดงดังตัวอย่างต่อไปนี้

4.1 ระบบไอน้ำ
- 4.1.1 มาตรการปรับปรุงแก้ไขการรั่วไหลของไอน้ำ
- 4.1.2 มาตรการหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำ และอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ
- 4.1.3 มาตรการลดการโบล์วดาวน์ของหม้อไอน้ำ
- 4.1.4 มาตรการนำน้ำคอนเดนเสตกลับมาใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ
- 4.1.5 มาตรการปรับปรุงระบบการอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ
- 4.1.6 มาตรการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ
- 4.1.7 มาตรการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนของหม้อไอน้ำ
- 4.1.8 มาตรการการอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำจากปล่องก๊าซไอเสีย
- 4.1.9 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ
- 4.1.10 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ดักไอน้ำ
- 4.1.11 มาตรการลดเวลาการใช้งานหม้อไอน้ำ

4.2 เตาความร้อน/ตู้อบ
- 4.2.1 มาตรการหุ้มฉนวนเตาลมร้อนเชื้อเพลิงแกลบ
- 4.2.2 มาตรการลดอุณหภูมิในกระบวนการอบสี
- 4.2.3 มาตรการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ทดแทนพลังงานไฟฟ้าสำหรับเตาหลอม
- 4.2.4 มาตรการลดอุณหภูมิเตาอบสีให้เหมาะสม
- 4.2.5 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของตู้อบความร้อน
- 4.2.6 มาตรการลดการรั่วไหลของลมร้อนของเครื่องอบสปริง

4.2.7 มาตรการหุ้มฉนวนถังอบเม็ดพลาสติก (Hopper)

4.2.8 มาตรการลดการใช้งานตู้อบ Conditioning ด้วยการปรับปรุงขั้นตอนการผลิต

4.3 อุปกรณ์ความร้อนอื่นๆ

4.3.1 มาตรการปรับปรุงกระบวนการเผาเหล็กแบบพ่นไฟโดยใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

4.3.2 มาตรการใช้ก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทน

4.3.3 มาตรการเปลี่ยนหัวเตาก๊าซหุงต้มประสิทธิภาพสูง

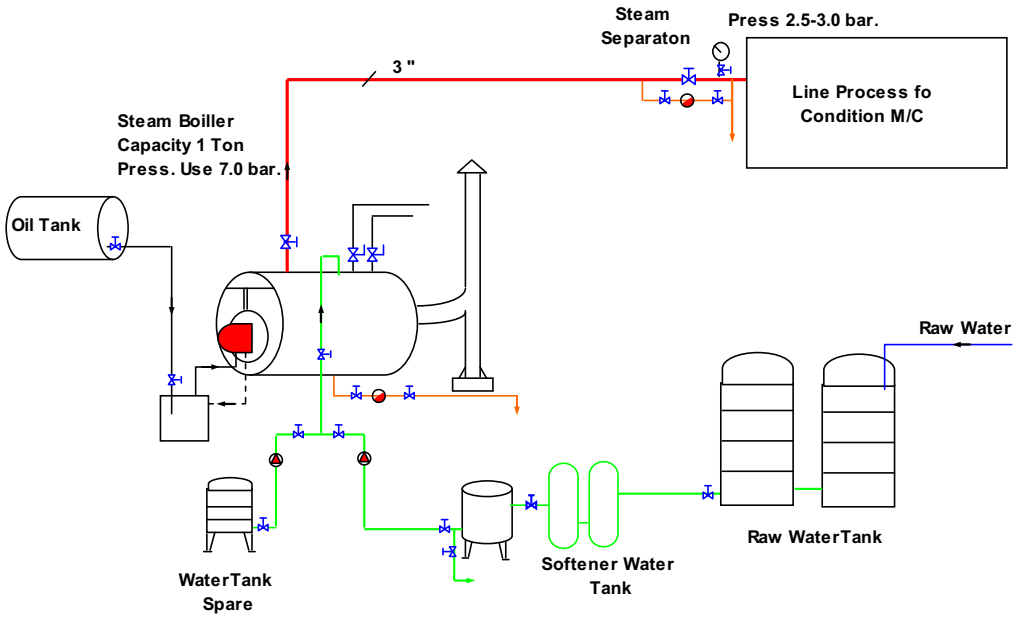
4.3.4 มาตรการใช้เชื้อเพลิงทดแทนในภาคขนส่งภายในโรงงาน

4.1 ระบบไอน้ำ

4.1.1 มาตรการปรับปรุงแก้ไขการรั่วไหลของไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ มีกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานความร้อน โดยพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนผลิตจะใช้เพื่อการอบวัตถุดิบให้อ่อนตัวลงก่อนนำไปบดละเอียด การสำรวจการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้พลังงานแล้ว พบว่าระบบผลิตความร้อนของโรงงานใช้หม้อไอน้ำ (Boiler) ในการผลิตไอน้ำอิ่มตัวส่งจ่ายไปยังกระบวนการผลิต โดยผลิตความดันไอน้ำ 6.0-7.0 บาร์ และไอน้ำมีอุณหภูมิ 120 - 150 ^{o}C หม้อไอน้ำทำงานที่ระยะเวลาตั้งแต่ 10 - 24 ชั่วโมง/วัน



รูปแผนผังแสดงการการใช้ระบบหม้อไอน้ำของโรงงาน

ปัญหาของระบบก่อนการปรับปรุง

การสำรวจการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิตในปัจจุบัน มีการเปิดใช้งานของหม้อไอน้ำจำนวน1 ชุด กำลังผลิตไอน้ำขนาดพิกัด 1 ตัน/ชั่วโมง เพื่อผลิตไอน้ำไปใช้ในกระบวนการผลิต โดยมีความต้องการอุณหภูมิในการผลิตประมาณ 95 – 130 ^{o}C ที่แรงดันไอน้ำประมาณ 2.5-3.0 บาร์ จากการสำรวจตรวจสอบส่วนของท่อส่งไอน้ำ และอุปกรณ์ที่ใช้ไอน้ำต่างๆ พบว่า มีการรั่วของไอน้ำบริเวณข้อต่อท่อหน้าแปลน และวาล์วควบคุมต่างๆ เป็นจำนวนมากในช่วงที่มีการผลิตทำให้สูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ และทำให้เสียค่าเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำไปเป็นจำนวนมาก หากซ่อมแซมรอยรั่วของไอน้ำแล้วจะทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายทางพลังงานลงได้

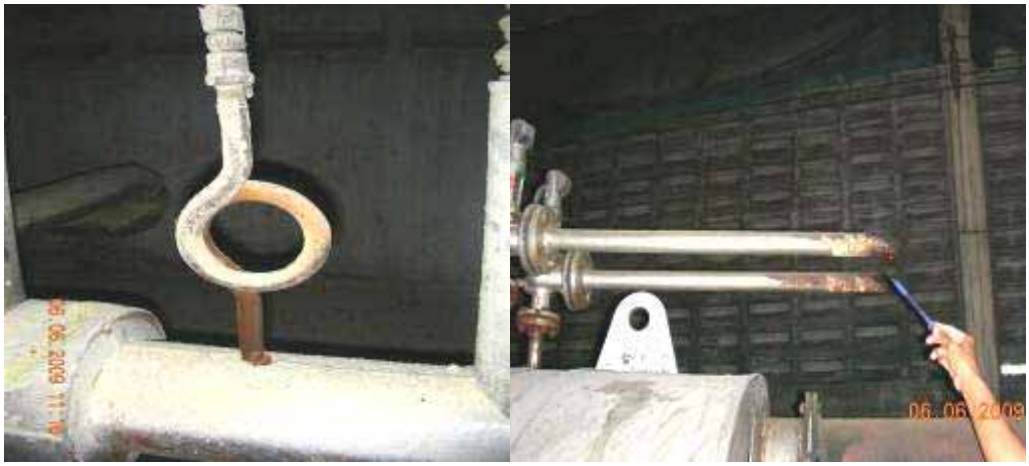


รูปแสดงบริเวณจุดที่เกิดการรั่วไหลของไอน้ำ

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินงาน

เมื่อตรวจสอบจนทราบถึงตำแหน่งการรั่วไหลตามจุดต่าง ๆ แล้ว ควรรีบดำเนินปรับปรุงซ่อมแซมพร้อมทั้งมีการตรวจวัดอุณหภูมิและขนาดของรอยรั่วของไอน้ำ เพื่อนำผลมาวิเคราะห์การสูญเสียปริมาณความร้อนและเชื้อเพลิงที่ใช้ในการผลิตไอน้ำ โดยที่แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงานมีลำดับ ดังนี้

1) สำรวจตำแหน่งที่มีการรั่วของไอน้ำตามบริเวณท่อส่งไอน้ำและอุปกรณ์ใช้ไอน้ำที่ใช้ทั้งหมด โดยกำหนดระยะเวลาการตรวจสอบทุกๆ 1 เดือน
2) ตรวจสอบตำแหน่ง และขนาดของรูรั่วไหลของไอน้ำ
3) ตรวจวัดปริมาณการรั่วไหลของไอน้ำ โดยการตรวจวัดความยาวของไอน้ำที่รั่วไหลจุดต่างๆ เพื่อวิเคราะห์การสูญเสียพลังงานงานความร้อนซึ่งเป็นสาเหตุของการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิง
4) นำเสนอผลการตรวจวัด และวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน เพื่อขอความเห็นชอบจากผู้บริหาร และคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานในการปรับปรุง
5) จัดทำแผนการซ่อมแซม พร้อมจัดซื้ออุปกรณ์ในการดำเนินการ
6) ทำการซ่อมแซมตำแหน่งการรั่วไหลของไอน้ำตามจุดต่างๆ โดยการเปลี่ยนประเก็นและเชื่อมรอยรูรั่วไหลของไอน้ำหรือเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุด
7) สรุปผลการดำเนินการ และผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการ
8) แต่งตั้งทีมงานคอยติดตามการปฏิบัติงานในมาตรการดังกล่าวฯ
9) นำเสนอผลการดำเนินการให้กับผู้บริหาร และคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานรับทราบ



รูปแสดงบริเวณที่ดำเนินการปรับปรุงซ่อมแซมเพื่อลดการรั่วไหลของไอน้ำ

สภาพหลังการปรับปรุง

หลังจากมีการปรับปรุงซ่อมแซมเพื่อลดการรั่วไหลของไอน้ำตามจุดต่าง ๆ แล้ว หม้อไอน้ำสามารถประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ 1,054.96 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงิน 20,993.70 บาทต่อปี

ตารางเปรียบเทียบการสูญเสียไอน้ำเนื่องจากรอยรั่ว

Orifice Diameter	2 psi	5 psi	10 psi	15 psi	25 psi	50 psi	75 psi
Steam Loss, lb. / hr							
1/32"	0.31	0.49	0.70	0.85	1.14	1.86	2.58
1/16"	1.25	1.97	2.80	3.40	4.60	7.40	10.3
3/32"	2.81	4.44	6.30	7.70	10.3	16.7	15.4
1/8"	4.50	7.90	11.2	13.7	18.3	29.8	41.3
5/32"	7.80	12.3	17.4	21.3	28.5	46.5	64.5
3/16"	11.2	17.7	25.1	30.7	41.4	67.0	93.0
7/32"	15.3	24.2	34.2	41.9	55.9	91.2	126
¼"	20.0	31.6	44.6	54.7	73.1	119	165
9/32	25.2	39.9	56.5	69.2	92.5	151	209
5/16"	31.2	49.3	69.7	85.4	114	186	258
11/32"	37.7	59.6	84.4	103	138	225	312
3/8"	44.9	71.0	100	123	164	268	371
13/32"	52.7	83.3	118	144	193	314	436
7/16"	61.1	96.6	137	167	224	365	506
15/32"	70.2	111	157	192	257	419	580
½"	79.8	126	179	219	292	476	660

ประหยัดเชื้อเพลิงได้ 1,054.96 ลิตรต่อปี หรือเทียบเท่า 0.993 toe/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 20,993.70 บาท/ปี เงินลงทุน 1,200.00 บาท
ระยะเวลาคืนทุน 0.06 ปี

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงานอย่างต่อเนื่อง และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากสมการ Qs = mst (hg - hf)

เมื่อ

Qs คือ พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ (kJ/hr)
mst คือ ปริมาณไอน้ำที่สูญเสีย (kg/hr)
hg คือ ค่าความร้อนของไอน้ำที่สูญเสีย (kJ/kg)
hf คือ ค่าความร้อนของน้ำคอนเดนเสตที่สูญเสีย (kJ/kg)

จากการเปิดตารางคุณสมบัติของไอน้ำจะได้

Steam Leaked of from Waning Plan Main Steam		=	6.00	kg/hr
Steam Leaked of Equipment at Pressure Gaugs		=	0.50	kg/hr
Total volume steam leaked		**=**	**6.50**	**kg/hr**
ที่ความดัน 7.0 บาร์เกจ	hg	=	2,769.60	kJ/kg
	hf	=	719.564	kJ/kg
	mst	=	6.50	kg/hr
	Qs	=	13,300.95	kJ/hr
ชั่วโมงการทำงาน		=	11.0	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน		=	312	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน		=	75	%
	Qs	=	34,236,645.30	kJ/ปี
		=	34,236.65	MJ/ปี
ค่าความร้อนของน้ำมันเตา A		=	38.18	MJ/kg
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ		=	85	%

คิดเป็นปริมาณน้ำมันเตา A = $\frac{(Qs)}{(\text{ค่าความร้อนของน้ำมันเตา A x ประสิทธิภาพ})}$

= (34,236.65 /(38.18 x (85/100))
= 1,054.96 ลิตร/ปี
= 0.993 toe/ปี

เงินที่ประหยัดได้ = น้ำมันเตา A ที่ประหยัดได้ (ลิตร/ปี)
X ราคาน้ำมันเตา A (บาท/ลิตร)

ราคาน้ำมันเตา A รวมค่าขนส่ง = 19.90 บาท/kg

คิดเป็นเงิน = (1,054.96 x 19.90)
= 20,993.70 บาท/ปี

ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ

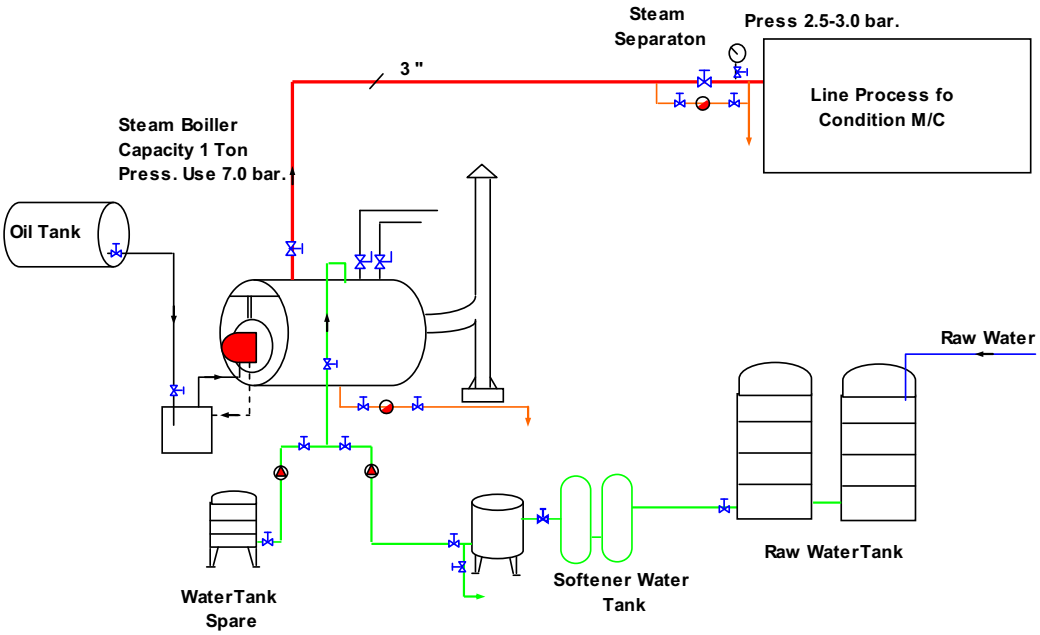
ค่าใช้จ่ายการปรับปรุงซ่อมแซม = 1,200.00 บาท

คิดเป็นระยะเวลาการคืนทุน = (1,200.00 / 20,993.70)
= 0.06 ปี

4.1.2 มาตรการหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำ และอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ มีกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานความร้อน โดยพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนผลิตจะใช้เพื่อการอบวัตถุดิบให้อ่อนตัวลงก่อนนำไปบดละเอียด การสำรวจการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้พลังงานแล้ว พบว่าระบบผลิตความร้อนของโรงงานใช้หม้อไอน้ำ (Boiler) ในการผลิตไอน้ำอิ่มตัวส่งจ่ายผ่านระบบท่อไปยังกระบวนการผลิต โดยผลิตความดันไอน้ำ 6.0-7.0 บาร์ และไอน้ำมีอุณหภูมิ 120 - 150 $^{\circ}$C หม้อไอน้ำทำงานที่ระยะเวลาตั้งแต่ 10 - 24 ชั่วโมง/วัน



รูปแสดงแผนผังระบบท่อส่งจ่ายไอน้ำ

ปัญหาของระบบก่อนการปรับปรุง

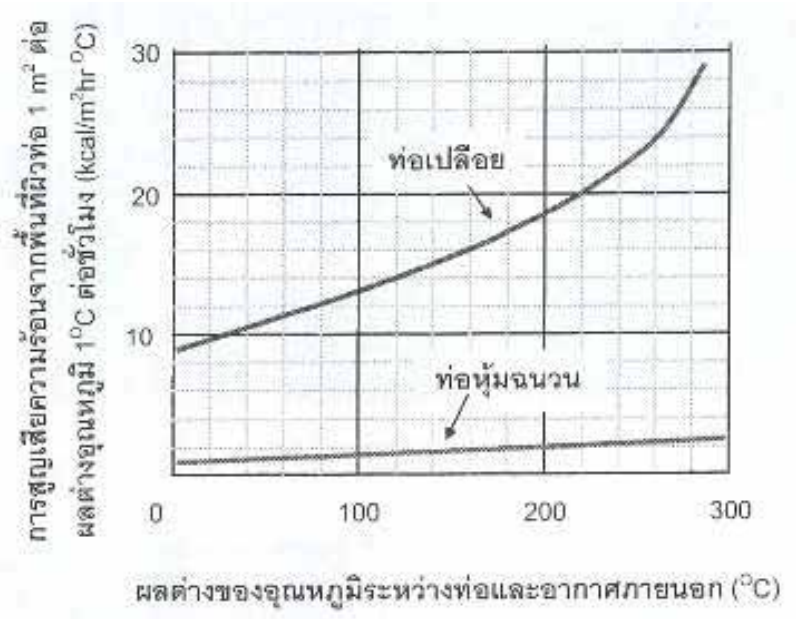
จากการสำรวจระบบส่งจ่ายไอน้ำภายในโรงงานพบว่า สภาพท่อส่งจ่ายไอน้ำบางส่วนมีสภาพเก่าชำรุดเสียหายและไม่หุ้มฉนวนอยู่เป็นบางจุด ซึ่งเมื่อตรวจสอบอุณหภูมิที่ผิวของท่อส่งจ่ายไอน้ำจะมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 95-120 องศาเซลเซียส ซึ่งถือว่ามีค่าสูงที่จะก่อให้เกิดอันตรายจากการสัมผัสตลอดจนทำให้สูญเสียความร้อนสูญเสียจากการแผ่รังสีของท่อโดยไม่จำเป็น และทำให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงที่ใช้สำหรับหม้อไอน้ำไปโดยเปล่าประโยชน์





รูปแสดงสภาพฉนวนของท่อส่งจ่ายไอน้ำก่อนการปรับปรุง

การใช้ฉนวนกันความร้อนที่มีคุณภาพและความหนาที่เหมาะสม จะช่วยในการประหยัดพลังงานในระบบไอน้ำได้มาก การเปรียบเทียบปริมาณการสูญเสียความร้อนของระบบท่อที่หุ้มด้วยฉนวนที่มีความหนาเหมาะสมสามารถแสดงได้ดังรูปต่อไปนี้



จากรูป แสดงการสูญเสียความร้อน มีหน่วยเป็น kcal ที่สูญเสียจากผิวท่อเปลือย 1 ตร.ม. ต่ออุณหภูมิที่ต่างกับอากาศภายนอกทุกๆ 1 °C ต่อเวลา 1 ชม. เส้นโค้งด่านล่างแสดงปริมาณความร้อนที่สูญเสียจากท่อที่หุ้มฉนวนอย่างเหมาะสม และเส้นโค้งด้านบนแสดงถึงท่อที่ไม่มีฉนวน ดังนั้น ผลต่างของความสูงของเส้นโค้งทั้งสองจึงแสดงปริมาณความร้อนที่สูญเสียไปสู่บรรยากาศโดยเปล่าประโยชน์

ตารางต่อไปนี้ แสดงค่าอุณหภูมิการใช้งานที่ปลอดภัย สภาพการนำความร้อน (Thermal Conductivity) และคุณสมบัติของวัสดุฉนวนประเภทต่าง ๆ ที่นิยมใช้สำหรับระบบท่อจ่ายไอน้ำ

Table 1 Properties of thermal insulation materials

Insulation	Temperature range (°C)		Thermal conductivity (W/m.K)*	Thickness range (mm)	
	minimum	maximum		minimum	maximum
Calcium silicate	-20	800	0.006	25	100
Cellular glass	-260	430	0.050	40	130
Expanded rubber	-40	116	0.036	6	32
Expanded polystyrene	-100	80	0.033	12	610
Extruded polystyrene foam	-180	75	0.027	30	100
Flexible polyurethane foams	20	105	0.048	19	100
Glass mineral wool	-160	230	0.040	19	100
Magnesia	-20	315	0.060	25	88
Melamine foam	20	220	0.040	6	250
Microporous silica insulation	-20	1050	0.025	3	75
Phenolic foam	-185	120	0.020	15	-
Polyethylene foam	-20	100	0.037	9	38
PIR	-185	140	0.023	15	-
PUR	-185	110	0.023	15	-
Rock mineral wool	-160	850	0.040	19	100

** Note: The thermal conductivity values of most insulation materials vary with temperature. Mean values have been used in Table 1. Manufacturer's data should be consulted for full information.*

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ดำเนินการสำรวจตรวจสอบขนาดของท่อส่งจ่ายที่ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน หรือบริเวณอื่นที่ฉนวนกันความร้อนชำรุด
2) ตรวจวัดขนาดของท่อส่งไอน้ำโดยเก็บข้อมูลวัดขนาดเส้นรอบวงของท่อส่งไอน้ำ และความยาวท่อที่ไม่มีการหุ้มฉนวน จำนวนที่จะปรับปรุง
3) ทำการตรวจวัดอุณหภูมิผิวของท่อในระบบส่งจ่ายไอน้ำ ที่ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อน และเก็บข้อมูลอุณหภูมิรอบข้างของท่อส่งจ่ายไอน้ำก่อน และหลังการปรับปรุง
4) ทำการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ท่อส่งจ่ายไอน้ำ
5) ทำการตรวจสอบ และวิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานที่ได้

สภาพหลังการปรับปรุง

จากการดำเนินมาตรการหุ้มฉนวนกันความร้อนของท่อส่งจ่ายไอน้ำ สามารถประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ 3,706.56 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงิน 73,760.54 บาท/ปี



รูปภาพแสดงการปรับปรุงหุ้มฉนวนกันความร้อนที่ท่อส่งไอน้ำ

ประหยัดเชื้อเพลิงได้	**3,706.56**	**ลิตรต่อปี**	**หรือเทียบเท่า**	**3.489**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**73,760.54**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**23,875**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.32**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงานอย่างทั่วถึงทั้งโรงงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

คำนวณค่าการสูญเสียความร้อนก่อนหุ้มฉนวนจากสมการ

$$Ql = h \cdot A \cdot (Ts-Ta)$$

เมื่อ Ql คือ ความร้อนที่สูญเสียก่อนการหุ้มฉนวน (W)
h คือ สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m^2K)
A คือ พื้นที่ผิว (m^2)
Ts คือ อุณหภูมิผิวของผนัง (K)
Ta คือ อุณหภูมิผิวของสิ่งแวดล้อม (K)

พิจารณาฉนวนหุ้มท่อส่งจ่ายไอน้ำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางท่อ 3.0 นิ้ว และระยะความยาวของท่อที่จะดำเนินการหุ้มฉนวน 7.5 เมตร

แทนค่า

A = 1.79 m^2, Ts = 98.0 ^{o}C , Ta = 32.5 ^{o}C

หาค่า h จากสมการคำนวณ

h = hc + hr

เมื่อ

hc คือ สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (W/m^2K)

สมการคำนวณ

hc = 7.592 ´ [(Ts-Ta)/d]0.25

เมื่อ

d คือ เส้นผ่านศูนย์กลางท่อ (ฟุต) = 0.25 ฟุต

hc = 30.544 W/m^2K

hr คือ สัมประสิทธิ์การแผ่รังสีความร้อน (W/m^2K)

สมการคำนวณ

hr = e ´ s ´ (Ts + Ta) ´(Ts2 + Ta2)

e คือ ค่าการเปล่งรังสีของผิววัสดุ (surface emittance)

s คือ Stefan-Boltzmann มีค่า 5.669 ´ 10-8 W/(m^2.K4)

ดังนั้น

e = 0.95 , hr = 0.070 W/m^2K

ทำการคำนวณหาค่า h

h = 30.614 W/m^2K

ดังนั้นค่า Ql จะได้

Ql = 3,589.34 W

= 3.589 kW

คำนวณการสูญเสียความร้อนหลังการหุ้มฉนวนด้วย

จากสมการ

Qinsl = U ´ A ´ (Ts - Ta)

กรณีท่อ

$$U = \frac{1}{\frac{\left[r_o \ln\left(\frac{r_o}{r_i}\right)\right]}{k} + \left[\frac{1}{h}\right]}$$

ro คือ รัศมีของท่อหลังหุ้มฉนวน (m)

ri คือ รัศมีของท่อก่อนหุ้มฉนวน (m)

k คือ ค่าการนำความร้อนของฉนวน (W/m K)

h = hc + hr

ฉนวนหนา = 1.0 นิ้ว

หาค่า h จากสมการคำนวณ

hc = 0.27(q/D)0.25´5.678

q คือ ผลต่างอุณหภูมิของผนังกับสิ่งแวดล้อม (ฟาเรนไฮต์)

D คือ เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ (ฟุต)

แทนค่า

q = 54.50 ^{O}F, D = 0.25 Ft , q/D = 218.0 และ hc = 5.891 W/m^{2}K

hr = e ´ s ´ (T2 + Ta) ´(T22 + Ta2)

เมื่อ T_2 คือ อุณหภูมิของผิวของผนังหลังหุ้มฉนวน = 45 ^{O}C

hr = 0.013 W/m^{2}C

ดังนั้น h = 5.904 W/m^{2}K

หาค่า U

เมื่อ k = 0.850 W/mK, ri = 3.810 m, ro = 6.350 m , ln(ro/ri) =0.511

U = 0.407 W/m^{2}K

ดังนั้นค่า Qinsl เท่ากับ

Qinsl	=	9.107	W
หรือ Qinsl	=	0.009	kW
ความร้อนที่ประหยัดได้	=	3.580	kW
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	=	85	%
ค่าความร้อนของน้ำมันเตา A	=	38,180.00	kJ/ลิตร
คิดเป็นน้ำมันเตา A ที่ประหยัดได้	=	0.00011	ลิตร/s
หรือ	=	0.40	ลิตร/ชม.
จำนวนชั่วโมงทำงาน	=	11	ชม./วัน
จำนวนวันทำงาน	=	312	วัน/ปี
เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	=	75	
คิดเป็นน้ำมันเตา A ที่ประหยัดได้	=	1,019.30	ลิตร/ปี

ราคาน้ำมันเตา A เฉลี่ยรอบปี = 19.90 บาท/ลิตร
คิดเป็นเงิน = 20,284.07 บาท/ปี

เมื่อมีการดำเนินการปรับปรุงซ่อมแซมการหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำรวมในส่วนอื่น ๆ ของโรงงาน พบว่า สามารถประหยัดพลังงานรวมได้ ดังนี้

ผลประหยัดค่าใช้จ่ายพลังงานได้รวม = 73,760.54 บาท/ปี

การลงทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

ฉนวนใยแก้วพร้อมทั้งหุ้มกรอบอลูมิเนียม

- ท่อขนาด 3 " ราคาฉนวน 800 บาท/เมตร
  จำนวนทั้งหมด 7.50 ม. รวมเป็นเงิน = 6,000 บาท
- ท่อขนาด 15 " ราคาฉนวน 2,000 บาท/เมตร
  จำนวนทั้งหมด 5.50 ม. รวมเป็นเงิน = 11,000 บาท
- ท่อขนาด 6 หุน ราคาฉนวน 250 บาท/เมตร
  จำนวนทั้งหมด 7.50 ม. รวมเป็นเงิน = 1,875 บาท
- ค่าแรงในการติดตั้ง = 5,000 บาท

รวมเป็นเงินลงทุน = 23,875.00 บาท
คิดเป็นระยะเวลาการคืนทุน = (23,875.00 / 73,760.54)
= 0.32 ปี

4.1.3 มาตรการลดการโบล์วดาวน์ของหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ มีกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานความร้อน โดยพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนผลิตจะใช้เพื่อการอบวัตถุดิบให้อ่อนตัวลงก่อนนำไปบดละเอียด การสำรวจการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้พลังงานแล้ว พบว่า ระบบผลิตความร้อนของโรงงานประกอบด้วย หม้อไอน้ำ (Boiler) พิกัดขนาด 2 ตัน ในการผลิตไอน้ำอิ่มตัวส่งจ่ายผ่านระบบท่อไปยังกระบวนการผลิต โดยผลิตความดันไอน้ำ 6.0 - 7.0 บาร์ และไอน้ำมีอุณหภูมิ 120 - 150 $^{\circ}$C หม้อไอน้ำทำงานที่ระยะเวลาตั้งแต่ 10 - 24 ชั่วโมง/วัน



รูปแสดงลักษณะการติดตั้งหม้อไอน้ำพิกัดขนาด 2 ตัน ของโรงงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจลักษณะการใช้งานของหม้อไอน้ำ พบว่า ในการควบคุมการปล่อยน้ำหรือโบลว์ดาวน์ตะกรันน้ำในหม้อไอน้ำทิ้งนั้น พนักงานผู้ควบคุมจะทำการโบลว์ดาวน์ทุก 2 ชั่วโมง โดยช่วงเวลาการโบลว์ดาวน์ทิ้งนานประมาณ 10-15 วินาที/ครั้ง การตรวจวัดค่าความเข้มข้นของสารละลาย (TDS) ของน้ำโบลว์ดาวน์ วัดค่าได้ 1,663 ppm ซึ่งยังถือว่าสภาพน้ำในหม้อน้ำยังมีค่าอยู่ในระดับมาตรฐาน ซึ่งที่เหมาะสมค่ามาตรฐานสำหรับไอน้ำที่ความดัน 0 – 20 บาร์ ควรจะรักษาให้อยู่ที่ไม่เกิน 3,500 ppm ดังนั้น แสดงว่าทางโรงงานมีการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อไอน้ำทิ้งเกินความจำเป็นมากเกินไป

การสูญเสียปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งไปนั้น โดยคุณภาพของน้ำที่ใช้กับหม้อไอน้ำมีความสัมพันธ์กับการใช้พลังงาน คือ เมื่อปริมาณหินปูน $CaCO_3$) และของแข็งที่สะสมอยู่ในน้ำซึ่งไม่ระเหยเป็นไอไป มีความเข้มข้นสูงเมื่อใช้งานไป และสะสมเป็นตะกรันเกาะอยู่ที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อน จะทำให้การถ่ายเทความร้อนได้น้อยลง ส่งผลให้อุณหภูมิก๊าซไอเสียสูงขึ้น แล้วยังอาจก่อให้เกิดการแตกร้อาวได้อีกด้วย เช่น เกลือของแคลเซียม และแมกนีเซียมที่ละลายอยู่ในน้ำจะสะสมในรูปตะกรันที่ผิวท่อ ทำให้การถ่ายเทความร้อนไม่ดี และท่อโลหะได้รับความร้อนสะสม ผลอีกแง่หนึ่งของคุณภาพน้ำก็คือ การใช้งานหม้อไอน้ำจำเป็นจะต้องมีการระบายน้ำทิ้ง

เพื่อลดความเข้มข้นของสารที่ปนมาในน้ำไม่ให้มีค่าสูงเกินขนาดที่จะส่งผลเสียกับหม้อไอน้ำ ตามมาตรฐานแล้วค่าความเข้มข้นสารแขวนลอย (Total Dissolved Solid : TDS) ในหม้อไอน้ำควรต่ำกว่า 3,500 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และความเข้มข้นสารแขวนลอยในน้ำป้อนควรต่ำกว่า 200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) น้ำป้อนที่ไม่สะอาด มีสารแขวนลอย มีโลหะเจือปนก็จะทำให้ต้องระบายน้ำทิ้งบ่อย และปริมาณมาก หรือในบางโรงงานก็มีการระบายที่ไม่เหมาะสม ระบายบ่อยเกินไป จึงเหมือนกับต้องเทน้ำ ที่ต้มแล้วทิ้ง เสียทั้งค่าพลังงาน ค่าน้ำ และค่าปรับสภาพ อัตราการระบายเป็น

ร้อยละเทียบกับน้ำป้อน คิดเป็นการสูญเสียความร้อนของหม้อไอน้ำหรือร้อยละของประสิทธิภาพที่ตกลง (Efficiency Loss) ที่ความดันใช้งานต่างๆ

ตารางแสดงตารางอัตราการระบายเมื่อคิดเป็นร้อยละการสูญเสียความร้อน

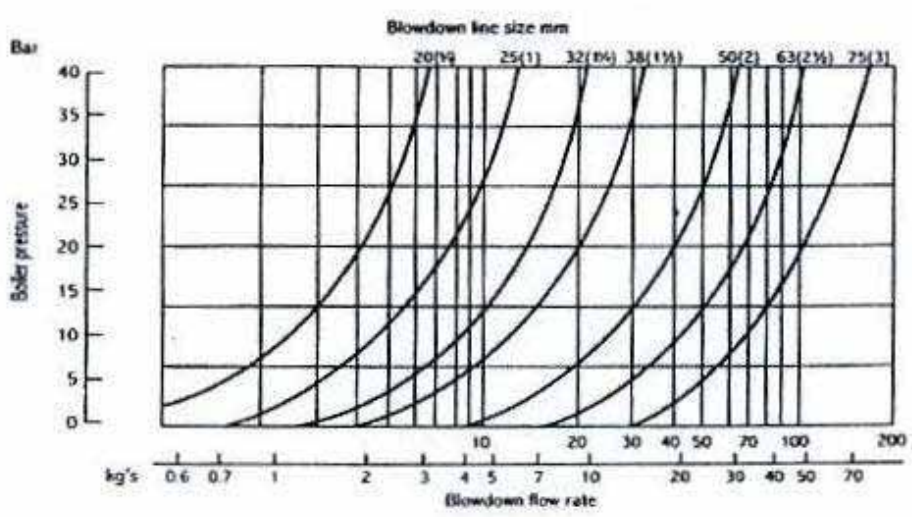
ร้อยละของการระบายเทียบกับอัตราการผลิตไอน้ำ	การสูญเสียความร้อนเนื่องจากการะบายน้ำ (Blow Down)				
	2 bar (g)	4 bar (g)	6 bar (g)	8 bar (g)	10 bar (g)
2.0	0.30%	0.40%	0.40%	0.50%	0.50%
5.0	0.80%	1.00%	1.10%	1.20%	1.20%
10.0	1.60%	1.90%	2.10%	2.30%	2.40%

อย่างไรก็ตามการปล่อยน้ำระบายทิ้งเป็นสิ่งจำเป็น เพื่อปรับสภาพน้ำในหม้อไอน้ำ ความถี่ของการระบายขึ้นกับคุณสมบัติ และปริมาณน้ำป้อนที่นำมาใช้ ระดับของสารที่จะก่อให้เกิดปัญหาในน้ำ หม้อน้ำ ประเภทของหม้อไอน้ำ และความดันที่ใช้งานของแต่ละโรงงาน โดยทั่วไปแล้วน้ำระบายไม่ควรเกิน 1 – 3% ของไอน้ำที่ผลิต ในกรณีที่จำเป็นต้องระบายน้ำออกบ่อยๆ และมีปริมาณมาก ควรทำการติดตั้งระบบปล่อยน้ำระบายอัตโนมัติ และนำความร้อนทิ้งกลับมาใช้โดยการผ่านอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน

ปริมาณการปล่อยน้ำระบายสามารถคำนวณได้จากสมการ

$$B = \frac{Cf}{Cb - CF} \; x\,100\,\%$$

โดยที่ ***B*** = อัตราการปล่อยน้ำระบายเป็นร้อยละของอัตราการผลิตไอน้ำ
Cf = ความเข้มข้นของสารละลายน้ำป้อนเป็น PPM
Cb = ความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อไอน้ำเป็น PPM



รูปแสดงการเปรียบเทียบความดันไอน้ำกับมาตรฐานอัตราการโบลว์ดาวน์



รูปแสดงการเก็บตัวอย่างน้ำโบล์วดาวน์ของหม้อไอน้ำก่อนการปรับปรุง

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

การปรับลดความถี่ในการโบลว์ดาวน์น้ำในหม้อไอน้ำ โดยจะทำการโบลว์ดาวน์ในทุก 6 ชั่วโมง/ครั้ง และระยะเวลาการโบลว์ดาวน์จะใช้เวลาประมาณ 10-15 วินาที/ครั้ง เท่านั้น ตลอดจนมีการตรวจระดับวัดค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อไอน้ำให้อยู่ที่ไม่เกิน 3,500 ppm ซึ่งโดยวิธีดังกล่าวทำให้ลดการสูญเสียปริมาณความร้อนไปกับน้ำที่ปล่อยทิ้งลงได้

การปรับลดปริมาณการโบลว์ดาวน์โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) เก็บข้อมูลค่าความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อไอน้ำ
2) ทำการปรับลดปริมาณการโบลว์ดาวน์ลง
3) รักษาระดับความเข้มข้นของสารละลายของน้ำในหม้อไอน้ำให้อยู่ใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานที่สุด
4) วิเคราะห์ผลประหยัดพลังงานที่ได้

สภาพหลังการปรับปรุง

จากการดำเนินมาตรการลดการโบล์วดาวน์ของหม้อไอน้ำลง สามารถประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ 13,838.02 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงิน 223,207.26 บาท/ปี



รูปแสดงตำแหน่งการโบล์วดาวน์น้ำของหม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง

ประหยัดเชื้อเพลิงได้	**13,838.02**	**ลิตรต่อปี**	**หรือเทียบเท่า**	**13.025**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**223,207.26**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	No.1
ข้อมูล			
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี	l/y	m_T	171,616.66
ชั่วโมงการทำงานตลอดทั้งปี	h/y	h	4,992.00
ขนาดท่อ Blow down	m	di	0.07
เวลาในการเปิด วาล์ว Blow down	hr/period	T_O	2.00
เวลาที่ใช้ Blow down ต่อครั้ง	sec	T	10.00
ค่าขนาดการไหลสัมพัทธ์ของวาล์วปีกผีเสื้อ		Cd	40.00
เวลาในการเปิด วาล์ว Blow down ใหม่	hr/period	T_N	6.00
เวลาที่ใช้ Blow down ต่อครั้งใหม่	sec	T_S	10.00
ปริมาณน้ำป้อนที่ใช้ใน 1 ชั่วโมง	kg/h	W_F	1,400.00
ความดันหม้อไอน้ำ	Bar	Pg	7.00
เอนธาลปีของน้ำที่ความดันในหม้อไอน้ำ ที่แรงดัน 7 บาร์	kJ/kg	hBg	2,769.00
เอนธาลปีของน้ำป้อนที่อุณหภูมิ ของน้ำป้อน ที่อุณหภูมิประมาณ 5	kJ/kg	hf	220.00
ค่า TDS ของน้ำป้อน	PPM	TDS_F	800.00
ค่า TDS ของน้ำป้อนที่เหมาะสม	PPM	TDS_{FR}	400.00
ค่า TDS ของน้ำในหม้อไอน้ำ	PPM	TDS_B	1,663.00
ค่า TDS ของน้ำในหม้อไอน้ำที่เหมาะสม	PPM	TDS_{BR}	3,500.00
ราคาเชื้อเพลิงแข็งเฉลี่ย	฿/kg	C_S	0.00
ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย	฿/l	C_L	16.13
สัดส่วนการผลิตไอน้ำ	kg/l	R	40.72
ค่าน้ำและปรับคุณภาพน้ำเดิม	฿/m^3	C_W	2.00
การคำนวณ			
สัมประสิทธิ์การไหล $C_V = 0.07577 \times Cd \times di^2$	l/sec	C_V	0.0128
ปริมาณการโบล์ดาวน์เดิม $m_B = C_V \times Pg^{0.5} \times 1000 \times T$	kg/Period	m_B	338.66

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน (ต่อ)

รายการ	หน่วย	ตัวย่อ	No.1
ข้อมูล			
ปริมาณการ Blow down ใหม่หลังปรับค่า TDS น้ำให้ได้ตามกำหนด	kg/Period	m_{BN}	338.66
$m_{BN} = C_V \times Pg^{0.5} \times 1000 \times T_S$			
ปริมาณการโบล์ดาวน์ที่ลดลงต่อปี			
$m_S = [(m_B \times h / T_O) - (m_{BN} \times h / T_N)] / 1000$	m^3/y	m_S	563.53
ค่าปรับปรุงคุณภาพน้ำใหม่เพื่อให้ได้คุณภาพน้ำตามต้องการ	฿/m^3	C_{WN}	2.00
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำเดิม	฿/y	C_O	13,977.60
$C_O = C_W \times R \times m_T / 1000$			
ค่าใช้จ่ายในการปรับปรุงคุณภาพน้ำใหม่เพื่อให้ได้ค่า TDS ตามต้องการ	฿/y	C_N	13,977.60
$C_N = C_{WN} \times R \times m_T / 1000$			
ค่าปรับสภาพน้ำที่ต้องจ่ายเพิ่มขึ้น	฿/y	C_I	0.00
$C_I = C_N - C_O$			
ลดค่าใช้จ่ายค่าน้ำและปรับคุณภาพน้ำจากการปล่อยทิ้งได้			
$S_W = m_S \times (C_W - C_{WN})$	฿/y	S_W	0.00
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัด			
$F_{BS} = m_S \times 1000 / R$	kg/y	F_{BS}	13,838.02
$F_{BL} = m_S \times 1000 / R$	l/y	F_{BL}	***13,838.02***
ค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงที่ประหยัด			
$C_{BS} = F_{BS} \times C_S$	฿/y	C_{BS}	0.00
$C_{BL} = F_{BL} \times C_L$	฿/y	C_{BL}	223,207.26
ประหยัดค่าใช้จ่ายได้ทั้งสิ้น			
$C_{TS} = S_W + C_{BS} - C_I$	฿/y	C_{TS}	0.00
$C_{TL} = S_W + C_{BL} - C_I$	฿/y	C_{TL}	***223,207.26***

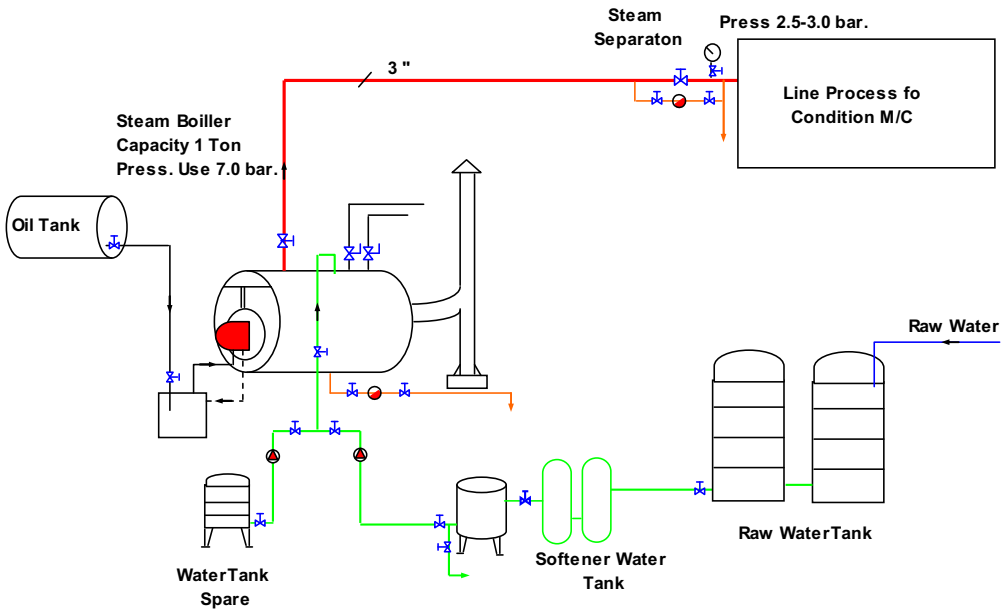
การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้เอง

4.1.4 มาตรการนำน้ำคอนเดนเสตกลับมาใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร ผลิตภัณฑ์อาหารสัตว์ มีกระบวนการผลิตที่ใช้พลังงานความร้อน โดยพลังงานความร้อนที่ใช้ในกระบวนผลิตจะใช้เพื่อการอบวัตถุดิบให้อ่อนตัวลงก่อนนำไปบดละเอียด การสำรวจการใช้พลังงานในเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้พลังงานแล้ว พบว่า ระบบผลิตความร้อนของโรงงานประกอบด้วย หม้อไอน้ำ (Boiler) พิกัดขนาด 2 ตัน ในการผลิตไอน้ำอิ่มตัวส่งจ่ายผ่านระบบท่อไปยังกระบวนการผลิต โดยผลิตความดันไอน้ำ 6.0 - 7.0 บาร์ และไอน้ำมีอุณหภูมิ 120 - 150 $^{\circ}$C หม้อไอน้ำทำงานที่ระยะเวลาตั้งแต่ 10 - 24 ชั่วโมง/วัน จากการสำรวจการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต พบว่า โรงงานไม่มีการนำน้ำคอนเดนเสตกลับมาใช้ประโยชน์ใด ๆ



รูปแสดงระบบการใช้พลังงานความร้อนจากหม้อไอน้ำของโรงงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต พบว่า ปริมาณการใช้ไอน้ำจ่ายไปที่เครื่องอบความร้อนวัตถุดิบ ซึ่งมีความต้องการไอน้ำอยู่ที่ความดัน 2- 3 บาร์ ในขณะที่แรงดันต้นทางผลิตของหม้อไอน้ำอยู่ที่ประมาณ 7 บาร์ โดยระบบส่งจ่ายไอน้ำจะมีชุดอุปกรณ์ กับดักไอน้ำ (Steam trap) ติดตั้งอยู่ในส่วนต่าง ๆ เพื่อระบายน้ำคอนเดนเสตทิ้งออกตลอดเวลาโดยปล่อยออกไปตามรางระบายน้ำ ซึ่งลักษณะดังกล่าวนับเป็นการสูญเสียปริมาณความร้อนเป็นอย่างมาก ดังนั้น หากสามารถ

รวบรวมและนำความร้อนทิ้งดังกล่าวนี้กลับมาผสมกับน้ำป้อนหม้อไอน้ำ จะทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงพลังงานลงได้



รูปแสดงกับดักไอน้ำและการปล่อยน้ำคอนเดนเสททิ้งสู่รางระบายน้ำ

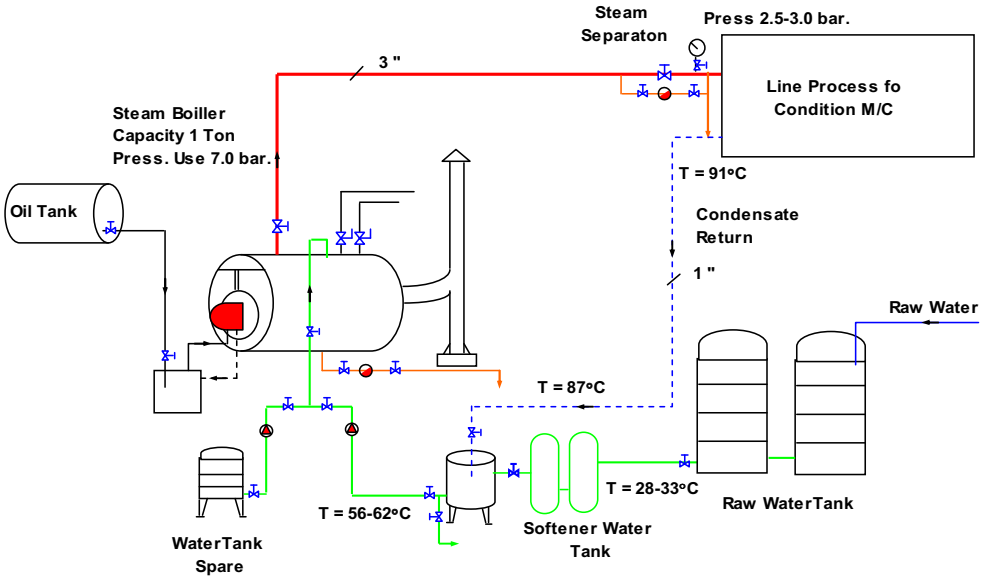
แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินการ

การปรับปรุงทำได้โดยการรวบรวมน้ำคอนเดนเสตต่อทางกลับไปยังถังพักน้ำ เพื่อนำความร้อนจากน้ำคอนเดนเสทมาผสมกับน้ำป้อนหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น มีขั้นตอนดำเนินการ ดังนี้

1) ตรวจเช็คจุดที่มีการปล่อยน้ำคอนเดนเสตทั้งหมดในระบบของอุปกรณ์ใช้ไอน้ำ
2) ตรวจวัดปริมาณไอน้ำที่ปล่อยทิ้ง และขนาดของท่อนำน้ำคอนเดนเสทกลับมาที่ถังพักก่อนเข้าหม้อไอน้ำ
3) เก็บปริมาณน้ำดิบที่ใช้ในหม้อไอน้ำ และตรวจวัดอุณหภูมิก่อนเข้าหม้อไอน้ำ และอุณหภูมิของน้ำคอนเดนเสตที่สามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้
4) วิเคราะห์ผลการประหยัดเชื้อเพลิงเพื่อเปรียบเทียบความคุ้มค่ากับการลงทุน
5) ดำเนินการต่อท่อเพื่อนำน้ำคอนเดนเสตกลับมาไว้ที่ถังน้ำป้อน
6) ตรวจสอบการใช้พลังงานของเครื่องหลังการปรับปรุง เพื่อวิเคราะห์หาผลประหยัดที่ได้รับ และนำเสนอต่อคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงาน และผู้บริหารต่อไป
7) หาแนวทางปรับปรุงจุดอื่นๆ อย่างต่อเนื่อง

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการนำน้ำคอนเดนเสตกลับมาอุ่นน้ำป้อน พบว่า สามารถเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำจากอุณหภูมิ 27-30°C เป็น 58-60°C ซึ่งสามารถประหยัดเชื้อเพลิงน้ำมันเตาลงได้ 2,988.10 ลิตร/ปี คิดเป็นเงิน 59,463.19 บาท/ปี



รูปแสดงระบบการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้อุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง



รูปแสดงการติดตั้งถังพักน้ำคอนเดนเสทหลังการปรับปรุง

ประหยัดเชื้อเพลิงได้	**2,988.10**	**ลิตรต่อปี**	**หรือเทียบเท่า**	**2.813**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**59,463.19**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**2,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.03**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

เมื่อมีการต่อท่อน้ำคอนเดนเสตกลับ ท่อที่ใช้ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนซึ่ง อุณหภูมิน้ำคอนเดนเสตอยู่ที่ประมาณ 98°C แต่เมื่อกลับมาถึงที่ถังน้ำป้อนอุณหภูมิน้ำคอนเดนเสตอยู่ที่ประมาณ 76°C พบว่ามีการสูญเสียความร้อนไปมาก จึงควรมีการหุ้มฉนวนกันความร้อน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากสมการ $Q = mfC\,´\,(T1 - T2)$

เมื่อ Q_f คือ พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ (kJ/hr)

m_f คือ ปริมาณน้ำคอนเดนเสตที่นำกลับมาใช้ (kg/hr)

C คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 4.186 (kJ/kg. °C)

T_1 คือ อุณหภูมิของน้ำคอนเดนเสต (°C)

T_2 คือ อุณหภูมิของน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (°C)

แทนค่า

mf = 300 kg/hr, C = 4.186 kJ/kg.°C, T_1 = 58 °C, T_2 = 28 °C

ดังนั้น		Q_f =	37,674.00	kJ/hr
	ชั่วโมงการทำงาน	=	11	ชั่วโมง/วัน
	จำนวนวันทำงาน	=	312	วัน/ปี
	เปอร์เซ็นต์การใช้งาน	=	75	วัน/ปี
		Q_f =	96,972,876	kJ/ปี
		Q_f =	96,972.88	MJ/ปี
	ค่าความร้อนของน้ำมันเตา A	=	38.180	MJ/ลิตร
	ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ	=	85.00	%
	คิดเป็นปริมาณน้ำมันเตา	=	(Q_s) / (ค่าความร้อนของน้ำมันเตา x ประสิทธิภาพ)	
		=	2,988.10	ลิตร/ปี
	ราคาของน้ำมันเตาเฉลี่ย	=	19.90	บาท/ลิตร
	คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	59,463.19	บาท/ปี

การลงทุน และระยะเวลาคืนทุน

ราคาค่าอุปกรณ์ท่อ ขนาด 6 หุน	=	2,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.03	ปี
	=	0.36	เดือน

4.1.5 ปรับปรุงระบบการอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานได้มีการติดตั้งใช้งานหม้อไอน้ำ ขนาด 2 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 2 ชุด เพื่อผลิตไอน้ำที่ความดัน ประมาณ 7 บาร์ สำหรับใช้ในกระบวนการผลิตในส่วนต่าง ๆ ได้แก่ Cutting, Cooking, Filling และ Sterilizing





รูปแสดงหม้อไอน้ำและถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำของโรงงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

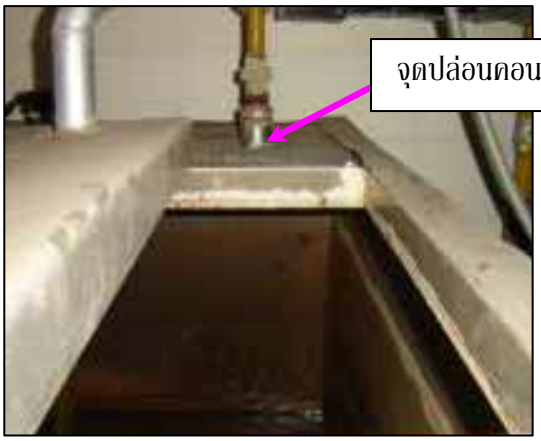
จากการร่วมสำรวจการติดตั้งใช้งานหม้อไอน้ำ และระบบการเตรียมน้ำป้อนหม้อไอน้ำ ทำให้พบว่า ปัจจุบันมีการตติดตั้งกับดักไอน้ำ จำนวน 5 ชุด และมีการนำคอนเดนเสท กลับมาอุ่นน้ำป้อนจำนวน 1 จุด (บริเวณ Steam Header ภายในห้องหม้อไอน้ำ) เนื่องจากอีก 4 จุดที่เหลือติดตั้งในตำแหน่งที่ไกลจากถังน้ำป้อน จึงไม่มีการนำคอนเดนเสทกลับ

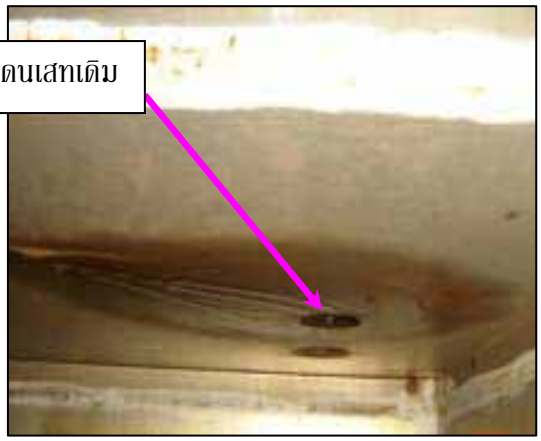
โดยจากการสำรวจในเบื้องต้น พบว่า ถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำมีขนาดค่อนข้างใหญ่ เมื่อประกอบกับการนำคอนเดนเสทกลับมาในปริมาณน้อย รวมทั้งในส่วนของการปล่อยคอนเดนเสทเข้าถัง พบว่า มีการต่อท่อคอนเดนเสทลงทางด้านบนของถัง และปล่อยคอนเดนเสทอยู่เหนือผิวน้ำ จึงทำให้น้ำป้อนหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิต่ำ (ประมาณ 30 องศาเซลเซียส) ดังรูป ซึ่งส่งผลให้สิ้นเปลืองเชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำในปริมาณมากกว่าที่ควร



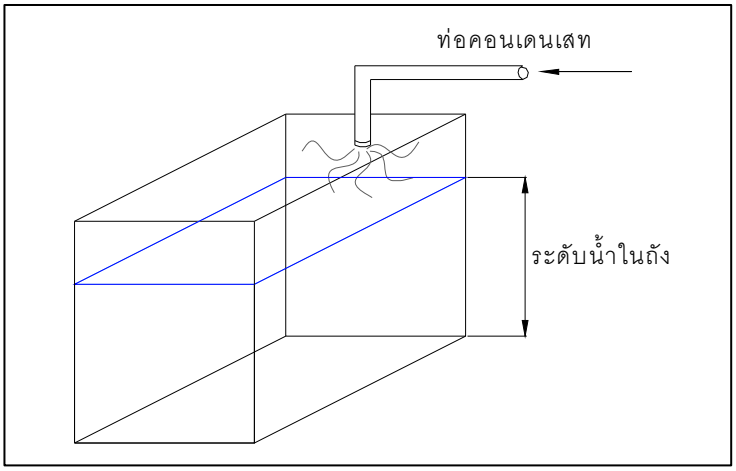


รูปจุดที่นำคอนเดนเสทมาอุ่นน้ำป้อนและถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำก่อนปรับปรุง





รูปแสดงลักษณะของถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำก่อนปรับปรุง

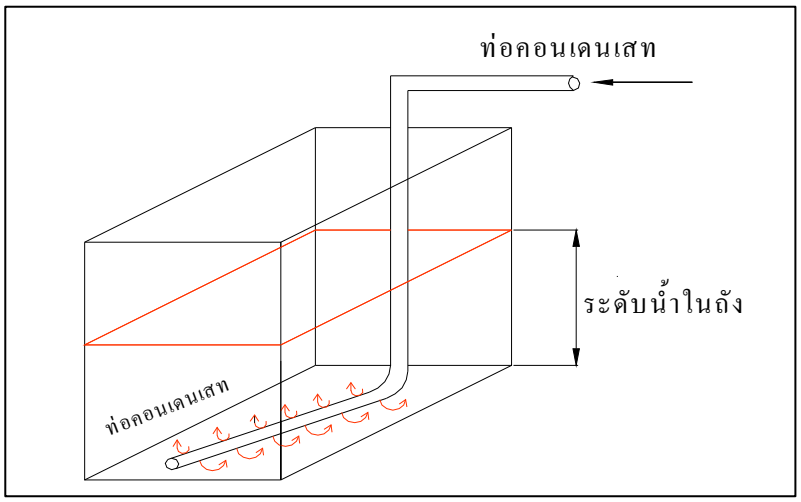


รูปแสดงแนวท่อคอนเดนเสทและระดับน้ำในถังน้ำป้อนก่อนปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากข้อมูลและแนวคิดที่จะปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำให้สูงขึ้นเพื่อการประหยัดเชื้อเพลิง จึงดำเนินการตรวจสอบปริมาตรความจุของถังน้ำป้อน พบว่า ปัจจุบันมีความจุสุทธิประมาณ 5 ลูกบาศก์เมตร โดยมีการควบคุมการเติมน้ำเข้าถังด้วยสวิทช์ควบคุมระดับน้ำแบบก้านอิเล็คโทรด ซึ่งควบคุมปริมาณน้ำให้อยู่ในระดับ 4.5 ลูกบาศก์เมตร ซึ่งจากบันทึกการใช้น้ำป้อนหม้อไอน้ำของโรงงาน พบว่า สภาพการใช้งานจริงมีการใช้น้ำป้อนเฉลี่ยประมาณ 3 ลูกบาศก์เมตร/วัน เท่านั้น ดังนั้น ในเบื้องต้นทางจึงดำเนินการปรับตั้งค่าของสวิทช์ควบคุมระดับน้ำ ให้มีความจุน้ำในถังลดลงเหลือสูงสุดเพียง 3 ลูกบาศก์เมตร เพื่อให้มั่นใจว่าเพียงพอต่อการใช้งาน และมีผลช่วยให้อุณหภูมิน้ำป้อนสูงขึ้น

จากนั้น จึงได้ดำเนินการปรับปรุงระบบการนำคอนเดนเสทกลับเข้าสู่ถังน้ำป้อน โดยการต่อท่อคอนเดนเสทให้ยาวขึ้น จนเกือบถึงก้นถัง รวมทั้งเดินท่อในแนวนอนขนานกับก้นถัง และเจาะรูขนาดเล็กตลอดแนวท่อดังกล่าว เพื่อให้คอนเดนเสทสามารถไหลเพิ่มปริมาณออกมาผสมกับน้ำป้อนในถังได้ดีขึ้นกว่าเดิม โดยสามารถแสดงแบบถังน้ำป้อนหลังปรับปรุง ได้ดังรูป



รูปแสดงแบบแนวท่อจ่ายคอนเดนเสทและความสูงของระดับน้ำในถังน้ำป้อนหลังปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

เมื่อดำเนินการปรับปรุงตามแนวคิดและขั้นตอนดังกล่าวแล้วนั้น ส่งผลให้น้ำในถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นเป็น 50 องศาเซลเซียส โดยไม่มีผลกระทบต่อการทำงานของหม้อไอน้ำ และระบบการใช้น้ำของโรงงาน สามารถแสดงลักษณะการเดินท่อจ่ายคอนเดนเสท ระยะความสูงระดับน้ำในถัง และอุณหภูมิน้ำป้อนหลังดำเนินการปรับปรุงได้ แสดงดังรูป





รูปแสดงจุดเชื่อมต่อและแนวท่อจ่ายคอนเดนเสทที่ดำเนินหลังการปรับปรุง

ประหยัดเชื้อเพลิงได้	**81.56**	**MMBTU/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**2.037**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**30,075.25**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

โรงงานสามารถขยายผลการดำเนินการตามมาตรการนี้ เพื่อให้มีผลประหยัดที่เพิ่มสูงขึ้น จากการที่น้ำป้อนหม้อไอน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นได้อีก โดยการพิจารณาปรับลดปริมาณน้ำในถังน้ำป้อนลงให้อยู่ในค่าที่เหมาะสมที่สุด และพิจารณานำคอนเดนเสทที่ปล่อยออกจากกับดักไอน้ำที่เหลืออีก 4 จุด จากกระบวนการผลิตกลับมาเข้าถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การวิเคราะห์ผลประหยัดสำหรับมาตรการนี้ เกิดจากการที่หม้อไอน้ำมีการใช้เชื้อเพลิงลดลง โดยเมื่อน้ำป้อนมีอุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้น 20 ^{O}C (จาก 30 ^{O}C เป็น 50 ^{O}C) โดยมีรายละเอียดการคำนวณ ดังต่อไปนี้

ค่าความร้อนจากเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ = [ปริมาณน้ำป้อนต่อวัน x วันทำงานต่อปี x ค่าความจุจำเพาะของน้ำ x (ผลต่างของอุณหภูมิน้ำ] / Eff. Boiler

= [3,000 x 274 x 4.187 x (50-30)] / 0.80

= 86,042,850.00 kJ/ปี

= 86,042.85 MJ/ปี

เทียบเท่า = 86,042.85 x 23.67 x 10^{-6}

= 2.037 toe/ปี

ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ = $\frac{\text{พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้}}{\text{ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (NG)}}$

= $\frac{86,042.85 \text{ MJ/ปี}}{1,055 \text{ MJ/MMBTU}}$

= 81.56 MMBTU/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้เฉลี่ย = เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ x ราคาเชื้อเพลิง

= 81.56 MMBTU/ปี x 368.75 บาท/MMBTU

= 30,075.25 บาท/ปี

4.1.6 มาตรการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมผลิตไม้แปรรูป มีผลผลิตหลักประเภท ได้แก่ ไม้ยางพาราแปรรูป สำหรับทำเฟอร์นิเจอร์ สำหรับระบบการใช้ความร้อนมีการติดตั้งใช้งานหม้อไอน้ำพิกัดขนาด 6 ตันต่อชั่วโมง จำนวน 1 ลูก เพื่อผลิตไอน้ำความดัน 2 บาร์ เพื่อส่งจ่ายความร้อนให้กับห้องอบซึ่งใช้สำหรับอบไม้ โดยที่หม้อไอน้ำดังกล่าวมีการใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง แสดงการติดตั้งและลักษณะการทำงานดังรูปต่อไปนี้




รูปแสดงหม้อไอน้ำที่ติดตั้งใช้งานภายในโรงงานก่อนการปรับปรุง

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการที่หม้อไอน้ำของโรงงาน เป็นหม้อไอน้ำแบบท่อไฟที่ใช้เชื้อเพลิงแข็ง คือ ไม้ฟืน ซึ่งการใช้เชื้อเพลิงแข็งเป็นเชื้อเพลิงดังกล่าว ส่งผลให้เกิดมีคราบเขม่าเกาะรอบ ๆ ท่อไฟของหม้อไอน้ำ ได้ง่าย มีผลกระทบทำให้ประสิทธิภาพการแลกเปลี่ยนความร้อนของหม้อไอน้ำลดต่ำลง ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนทางปล่องก๊าซไอเสีย (Flue Gas Loss) และสิ้นเปลืองพลังงาน




รูปแสดงสภาพเขม่าจับบริเวณท่อไฟของหม้อไอน้ำในปริมาณมากก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากสภาพการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำเดิม โรงงานมีการจ้างผู้รับเหมาจากภายนอกให้ดำเนินการล้างทำความสะอาดหม้อไอน้ำปีละ 1 ครั้ง แต่เนื่องจากหม้อไอน้ำของทางโรงงานนั้นมีชั่วโมงการใช้งานสูงมาก ประกอบกับการที่ใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิงมีผลกระทบทำให้เกิดคราบเขม่าจับผิวท่อในปริมาณสูง ดังนั้น ทางโรงงานจึงได้กำหนดให้เพิ่มความถี่ในการล้างทำความสะอาดหม้อไอ

น้ำโดยการดำเนินการเองเดือนละ 1 ครั้ง โดยลักษณะการบำรุงรักษาหม้อไอน้ำของโรงงานแสดงดังรูป



รูปแสดงการล้างทำความสะอาดท่อไฟภายในหม้อไอน้ำ

สภาพหลังปรับปรุง

เมื่อโรงงานดำเนินการล้างทำความสะอาดท่อไฟของหม้อไอน้ำเป็นประจำ มีผลทำให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนความร้อนของหม้อไอน้ำสูงขึ้น สามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำลงคิดเป็นเงินทั้งสิ้น 38,767.97บาท/ปี



รูปแสดงสภาพความสะอาดของท่อไฟของหม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง

ประหยัดเชื้อเพลิงได้	**48,459.96**	**kg/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.385**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**38,767.97**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ผลการอนุรักษ์พลังงานสำหรับมาตรการนี้ ประเมินได้จากข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงที่ลดลงไปจากเดิมหลังจากดำเนินการล้างทำความสะอาดหม้อไอน้ำ โดยมีรายละเอียดการคำนวณดังนี้

ก่อนปรับปรุง

ปริมาณการใช้ไม้ฟืนเฉลี่ย = 51,258.33 kg/เดือน

หลังปรับปรุง

เก็บข้อมูลหลังจากการล้างทำความสะอาดประจะทุกเดือน

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง = 47,220.00 kg/เดือน

ดังนั้นการใช้เชื้อเพลิงลดลง = 51,258.33 - 47,220.00

= 4,038.33 kg/เดือน

= 4,038.33 x 12

= 48,459.96 kg/ปี

พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ลดลง x ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง

= 48,459.96 x 15.99

= 774,874.76 MJ/ปี

ค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้ = ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ x ค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย

= 48,459.96 x 0.80

= 38,767.97 บาท/ปี

เทียบเท่า = 38,767.97 / 28,000.00

= 1.385 toe/ปี

4.1.7 มาตรการเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อนของหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมผลิตไม้แปรรูป มีผลผลิตหลักประเภท ได้แก่ ไม้ยางพาราแปรรูป สำหรับทำเฟอร์นิเจอร์ สำหรับระบบการใช้ความร้อนมีการติดตั้งใช้งานหม้อไอน้ำพิกัดขนาด 6 ตัน ต่อชั่วโมง จำนวน 1 ลูก เพื่อผลิตไอน้ำความดัน 2 บาร์ เพื่อส่งจ่ายความร้อนให้กับห้องอบซึ่งใช้สำหรับอบไม้ โดยที่หม้อไอน้ำดังกล่าวมีการใช้ไม้ฟืนเป็นเชื้อเพลิง มีปริมาณ 615,000 กิโลกรัม/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 492,503.50 บาท/ปี



รูปแสดงลักษณะห้องอบไม้ที่ใช้พลังงานความร้อนจากหม้อไอน้ำของโรงงาน

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

ระบบความร้อนที่ผลิตจากหม้อไอน้ำซึ่งใช้เชื้อเพลิงแข็ง ส่งจ่ายความร้อนเพื่อใช้ในห้องอบไม้ จำนวน14 ห้อง แยกออกเป็น ห้องอบใหญ่ จำนวน 2 ห้อง และห้องอบเล็ก จำนวน 12 ห้อง โดยท่อส่งจ่ายไอน้ำจะไหลผ่านขดท่อให้ความร้อนภายในห้องอบ และมีกับดักไอน้ำติดตั้งไว้เพื่อนำคอนเดนเสทกลับสู่ถังน้ำป้อนผ่านท่อนำคอนเดนเสท การตรวจวัดอุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำพบว่า มีอุณหภูมิเพียง 50 องศาเซลเซียส ซึ่งนับว่ายังมีค่าอุณหภูมิไม่สูงได้ตามที่คาดหมายในขณะที่ระบบมีการติดตั้งกับดักไอน้ำเพื่อนำคอนเดนเสทกลับแล้ว

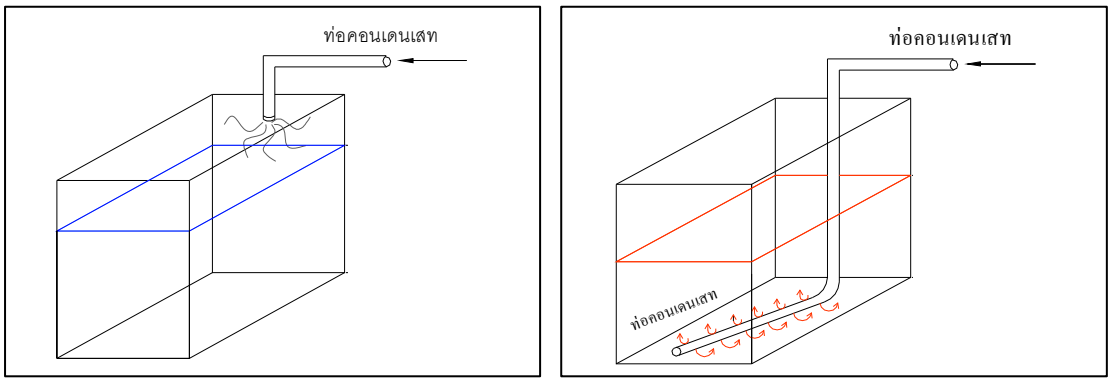


รูปแสดงการติดตั้งกับดักไอน้ำของห้องอบและการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำคอนเดนเสท

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

โรงงานมีแนวคิดที่จะปรับปรุงระบบผลิตไอน้ำเพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำป้อน โดยการนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุด จากการตรวจสอบเบื้องต้น พบว่า ถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำเดิมเป็นถังเก็บน้ำที่ก่อขึ้นด้วยวัสดุก่ออิฐฉาบปูนธรรมดาไม่มีฝาปิด ตลอดจนคอนเดนเสทที่นำกลับจะไม่สัมผัสสู่น้ำโดยตรงเพียงปล่อยให้ไอแฟลชและน้ำคอนเดนเสทลงสู่ถังบริเวณผิวน้ำป้อนเดิมเท่านั้น ทำให้สูญเสียความร้อนไปกับอากาศโดยรอบแทนที่จะเข้าผสมกับน้ำในถังน้ำป้อนตามที่คาดหมาย ดังนั้น หากดำเนินการปรับปรุงกังน้ำป้อนแล้วกระบวนนำคอนเดนเสทกลับเข้าผสมน้ำป้อนได้อย่างถูกต้องแล้ว จะสามารถประหยัดพลังงานและลดค่าใช้จ่ายด้านเชื้อเพลิงลงได้

จากแนวความคิดดังกล่าว โรงงานได้ดำเนินการปรับปรุงระบบของถังน้ำป้อนและท่อนำกลับคอนเดนเสทใหม่ โดยจัดหาและติดตั้งถังน้ำป้อนใหม่ที่มีปริมาตรเหมาะสมและปรับปรุงกระบวนการแลกเปลี่ยนอุณหภูมิของน้ำคอนเดนเสทให้สามารถผสมกับน้ำป้อนได้โดยตรง โดยไม่สัมผัสอากาศ ทำให้อุณหภูมิน้ำป้อนหม้อไอน้ำมีค่าสูงขึ้นจากเดิมที่ 50 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ทำให้หม้อไอน้ำมีการใช้เชื้อเพลิงลดลง ซึ่งลักษณะถังน้ำป้อนใหม่ของระบบแสดงดังไดอาแกรมต่อไปนี้



รูปแสดงไดอาแกรมแนวคิดในการปรับปรุงระบบการนำคอนเดนเสทกลับเข้าสู่ถังน้ำป้อน



รูปแสดงถังน้ำป้อนหม้อไอน้ำใหม่และและอุณหภูมิน้ำป้อนที่สูงขึ้น

สภาพหลังปรับปรุง

เมื่อดำเนินการติดตั้งใช้งานถังน้ำป้อนชุดใหม่ ปรับปรุงระบบท่อคอนเดนเสทนำความร้อนกลับผสมในถังน้ำป้อนอย่างมีประสิทธิภาพแล้ว สามารถประหยัดพลังงานจากการลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้ ดังนี้

ประหยัดเชื้อเพลิงได้	**41,027.17**	**kg/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**1.172**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**32,821.74**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**65,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.98**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

เพื่อให้คอนเดนเสทที่เก็บกลับมาผสมในถังน้ำป้อนอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด ควรมีการหุ้มฉนวนท่อคอนเดนเสท เพื่อป้องกันการสูญเสียอุณหภูมิความร้อนของน้ำคอนเดนเสทขณะนำกลับไปยังถังน้ำป้อน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

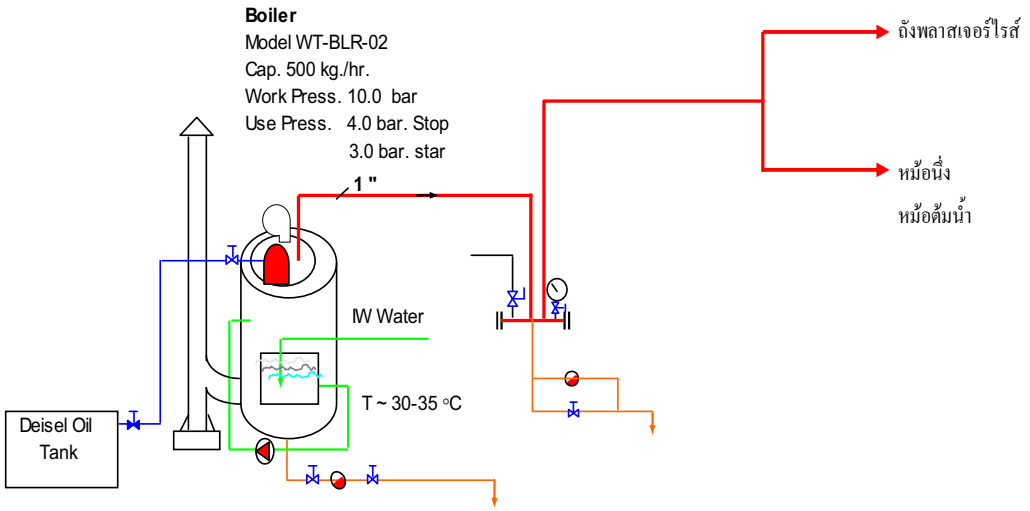
การคำนวณผลประหยัดสำหรับมาตรการนี้ จะคำนวณด้วยหลักการอย่างง่ายได้ คือ ทุกอุณหภูมิน้ำป้อนที่เพิ่มขึ้น 6 ^{0}C จะทำให้สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้ 1 % ซึ่งสามารถแสดงรายละเอียดการคำนวณได้ดังนี้

อุณหภูมิน้ำป้อน ก่อนปรับปรุง	=	50	^{0}C
อุณหภูมิน้ำป้อน หลังปรับปรุง	=	90	^{0}C
ดังนั้น สามารถประหยัดเชื้อเพลิงได้	=	(90 – 50) / 6 x 100%	
	=	6.67	%
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ ก่อนปรับปรุง	=	615,100	kg/ปี
ดังนั้น เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	615,100.00 x (6.67 /100)	
	=	41,027.17	kg/ปี
คิดเป็นค่าใช้จ่ายที่สามารถประหยัดได้	=	ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ x ค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย	
	=	41,027.17 x 0.80	
	=	32,821.74	บาท/ปี
เทียบเท่า	=	32,821.74 / 28,000	
	=	1.172	toe/ปี
เงินลงทุน	=	65,000	บาท
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	=	65,000 / 32,821.74	
	=	1.98	ปี

4.1.8 มาตรการอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำจากปล่องก๊าซไอเสีย

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมห้องเย็น ดำเนินกิจการผลิตอาหารแปรอาหารทะเลแช่แข็งและตากแห้ง โดยส่วนหนึ่งในกระบวนการผลิตจะใช้พลังงานความร้อนเพื่อใช้ในการอบ การนึ่ง และพลาสเจอร์ไรส์ โดยความร้อนที่ใช้มาจากหม้อไอน้ำ ที่มีการผลิตความดันไอน้ำ 3.0-4.0 บาร์ มีอุณหภูมิความร้อนประมาณ 120 – 150 $^{\circ}$C โดยใช้เวลาประมาณ 6-8 ชั่วโมง



รูปแสดงแผนผังการใช้งานระบบหม้อไอน้ำของโรงงาน

ปัญหาของระบบก่อนการปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้ไอน้ำในกระบวนการผลิต พบว่า บริเวณหม้อไอน้ำมีถังน้ำป้อนติดตั้งใกล้กับท่อปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำ การตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำป้อนก่อนเข้าสู่หม้อไอน้ำพบว่ามีอุณหภูมิไม่สูงมากนักอยู่ประมาณ 30-33 °C โดยน้ำป้อนที่มีอุณหภูมิที่ต่ำๆ เมื่อนำมาต้มให้กลายเป็นไอต้องใช้เวลาที่นานกว่าน้ำที่มีอุณหภูมิสูง ดังนั้น จึงสิ้นเปลื้องเชื้อเพลิงในการเผาไหม้ให้ความร้อนมาก หากมีการอุ่นอุณหภูมิของน้ำป้อนให้สูงขึ้นจะสามารถลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงในการผลิตไอน้ำลงได้



รูปแสดงลักษณะการใช้งานของหม้อไอน้ำก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

1) ดำเนินการตรวจวัดอุณหภูมิของน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ
2) รวบรวมข้อมูลการใช้เชื้อเพลิงย้อนหลังในรอบปี เพื่อวิเคราะห์หาศักยภาพในการประหยัดพลังงาน
3) ปรับปรุงโดยการติดตั้งท่อน้ำป้อนเข้าสู่หม้อไอน้ำ พันรอบท่อปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำ เพื่อเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างอุณหภูมิของไอเสีย บริเวณผิวท่อที่มีอุณหภูมิสูงถึง 110 ^{o}C แลกเปลี่ยนกับท่อทองแดงที่เป็นน้ำป้อนมีอุณหภูมิอยู่ที่ 32.0 ^{o}C ให้มีอุณหภูมิที่สูงขึ้นก่อนป้อนสู่หม้อไอน้ำ
4) ทำการหุ้มฉนวนกันความร้อนที่บริเวณพื้นที่ปรับปรุง เพื่อเพิ่มอุณหภูมิน้ำให้สูงขึ้นอีก
5) ทำการตรวจวัด และวิเคราะห์ผลการดำเนินมาตรการที่ประหยัดได้
6) แต่งตั้งทีมงานคอยติดตามการปฏิบัติงานในมาตรการดังกล่าว
7) สรุปผลการดำเนินการ และผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการ
8) นำเสนอผลการดำเนินการให้กับผู้บริหารและคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานรับทราบ

สภาพหลังการปรับปรุง

การดำเนินการมาตรการอุ่นน้ำป้อนก่อนเข้าหม้อไอน้ำ โดยใช้ก๊าซร้อนทิ้งจากปล่องไอเสียของหม้อไอน้ำ สามารถประหยัดน้ำมันดีเซลที่ใช้เป็นเชื้อเพลิงลงได้ 3,122.22 ลิตร/ปี คิดเป็นเงิน 90,638 บาท/ปี



รูปแสดงลักษณะการใช้งานของหม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง

ประหยัดเชื้อเพลิงได้ 3,122.22 ลิตร/ปี หรือเทียบเท่า 2.691 toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 90,638.05 บาท/ปี เงินลงทุน 1,600 บาท
ระยะเวลาคืนทุน 0.02 ปี

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากสมการ $Q_f = m_f C' (T_1 - T_2)$

เมื่อ T_2 คือ พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ (kJ/hr)
m_f คือ ปริมาณน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (l/hr)
C คือ ค่าความร้อนจำเพาะของน้ำ เท่ากับ 4.186 (kJ/kg.$^\circ$C)
T_1 คือ อุณหภูมิของน้ำหลังการแลกเปลี่ยนความร้อน ($^\circ$C)
T_2 คือ อุณหภูมิของน้ำป้อนหม้อไอน้ำ (°C)

แทนค่า m_f = 375 l/hr, C = 4.186 kJ/kg.$^\circ$C, T_1 = 65.0 $^\circ$C และ T_2 = 32.0 $^\circ$C

ดังนั้น	Q_f	=	51,801.75	kJ/hr
ชั่วโมงการทำงาน		=	6	ชั่วโมง/วัน
จำนวนวันทำงาน		=	300	วัน/ปี
	Q_f	=	93,243,150	kJ/ปี
		=	93,243.15	MJ/ปี
ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซล		=	36.42	MJ/ลิตร
ประสิทธิภาพหม้อไอน้ำ		=	82.00	%

คิดเป็นน้ำมันดีเซลที่ประหยัดได้ = (Q_f) / (ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซล x ประสิทธิภาพ)

	=	(93,243.15/36.42)/(82.0/100)	
	=	3,122.22	ลิตร/ปี
	=	2.691	toe/ปี
ราคาน้ำมันดีเซลรวมค่าขนส่ง	=	29.03	บาท/ลิตร
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	=	90,638.05	บาท/ปี

การลงทุนและระยะเวลาในการคืนทุน

ราคาเดินท่อระบบ	=	1,600	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	(1,600.00 / 90,638.05)	
	=	0.02	ปี

4.1.9 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้หม้อไอน้ำขนาด 1 ตัน จำนวน 2 ชุด โดยใช้น้ำมันเตาเกรด A เป็นเชื้อเพลิง ผลการตรวจวัดองค์ประกอบของก๊าซไอเสีย ของหม้อไอน้ำชุดที่ 1 พบว่ามีปริมาณ O_2 เท่ากับ 10% โดยปริมาตร อุณหภูมิของไอเสีย 160 ^{o}C และหม้อไอน้ำชุดที่ 2 พบว่ามีปริมาณ O_2 เท่ากับ 9.8% โดยปริมาตร อุณหภูมิของไอเสีย 155 ^{o}C ซึ่งหม้อไอน้ำที่ใช้เชื้อเพลิงเหลวขนาดกำลังการผลิตไอน้ำไม่เกิน 10 ตัน/ชม. ควรจะมีค่า O_2 ไม่เกิน 4%

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากผลการสำรวจการใช้งานหม้อไอน้ำ พบว่าค่า O_2 ที่ทำการตรวจวัดได้จากไอเสียพบว่ามี
ค่าสูงกว่ามาตรฐาน แสดงให้เห็นถึงอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงมากเกินไป ซึ่งอากาศส่วนเกินนี้จะพาความร้อนออกไปทางปล่องไอเสีย



รูปแสดงการตรวจวัดประสิทธิภาพหม้อไอน้ำก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการสำรวจและตรวจวัดทำให้ทีมงานอนุรักษ์พลังงานของโรงงานมีความคิดที่จะปรับอัตราส่วนการเผาไหม้ของหม้อไอน้ำเพื่อช่วยลดการใช้น้ำมันเตาเกรด A ของหม้อไอน้ำลง โดยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. สำรวจเก็บข้อมูลสภาพการใช้งานปัจจุบัน
2. ทีมงานร่วมกันหาวิธีการปรับปรุง
3. จัดทำแผนปฏิบัติ
4. ดำเนินการตามแผนปฏิบัติ

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานดำเนินการควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้น้อยลงโดยการปรับอัตราส่วนการเผาไหม้ขอหม้อไอน้ำ ชุดที่ 1 และชุดที่ 2 ให้มีค่า O_2 อยู่ที่ 7.20% และ 4.15% ตามลำดับ ทั้งนี้จำเป็นต้องพิจารณาปริมาณการเกิดก๊าซ CO ให้อยู่ในปริมาณที่ต่ำด้วย เนื่องจากถ้าปรับลดปริมาณก๊าซลงมากเกินไปจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์



รูปแสดงการตรวจวัดประสิทธิภาพหม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง

เงินลงทุน	-	บาท	
ผลประหยัดที่ได้	40,994.60	บาท	0.00228 ktoe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	-	ปี	

ข้อเสนอแนะ

ค่า O_2 ที่ตรวจวัดได้จากไอเสียพบว่ามีค่าสูงกว่ามาตรฐานแสดงว่ามีอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้เชื้อเพลิงมากเกินไป อากาศส่วนเกินนี้จะพาความร้อนออกไปทางปล่องไอเสีย ดังนั้นจึงควรควบคุมปริมาณอากาศที่ใช้ในการเผาไหม้ให้น้อยลง โดยการปรับอัตราส่วนการเผาไหม้ให้มีค่า O_2 อยู่ที่ประมาณ 4% ทั้งนี้จำเป็นต้องพิจารณาปริมาณการเกิดก๊าซ CO ให้อยู่ในปริมาณที่ต่ำด้วย เนื่องจากถ้าปรับลดปริมาณก๊าซลงมากเกินไปจะทำให้เกิดการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ให้	F	=	ปริมาณการใช้น้ำมันเตา	
		=	273,873.36	l/y
	D	=	ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง	
		=	0.95	kg/l
	LH	=	ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง	
		=	38.18	MJ/kg
	O_2	=	ปริมาณออกซิเจนในก๊าซเสีย	%
	C_{pg}	=	ความร้อนจำเพาะของก๊าซเสีย	
		=	(0.00005 x Tg) + 0.32	
		=	(0.00005 x 160) + 0.32	
		=	0.33	$kJ/Nm^3.^oC$
	T_a	=	อุณหภูมิของบรรยากาศ	$=36.00\ ^oC$
	T_g	=	อุณหภูมิไอเสียออกจากห้องเผาไหม้	^oC

ตัวอย่างการคำนวณผลประหยัดของหม้อไอน้ำ ชุดที่ 1

ก่อนปรับปรุง

ปริมาณออกซิเจนออกจากห้องเผาไหม้ (% O_2)	=	10.00	%
อุณหภูมิไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ (T_g)	=	160.00	^oC
ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎี(Ao)	=	(0.85 x LH/4.187) + 2	
	=	(0.85 x 38.18/4.187) + 2	
	=	9.75	Nm^3/kg_{fuel}
ปริมาณก๊าซเสียเชิงทฤษฎี(Go)	=	1.11 x LH/4.187	
	=	1.11 x 38.18/4.187	
	=	10.12	Nm^3/kg_{fuel}
อัตราส่วนของอากาศ (m)	=	$21/(21-O_2)$	

	=	21/(21-10.00)	
	=	1.91	
ปริมาณก๊าซเสียจริง(G)	=	Go + (Ao x (m - 1))	
	=	10.12 + (9.75 x (1.91 - 1))	
	=	18.99	Nm^3/kg_{fuel}
ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสีย (Q_g)	=	F x D x G x C_{pg} x (T_g-T_a)/1,000	
	=	273,873.36 x 0.95 x18.99 x 0.33 x (160.00 - 36.00)/1,000.00	
	=	202,178.04	MJ/yr

หลังปรับปรุง

ปริมาณออกซิเจนออกจากห้องเผาไหม้ (% O_2)	=	7.20	%
อุณหภูมิไอเสียออกจากห้องเผาไหม้ (T_g)	=	165.00	^oC
ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎี(Ao)	=	(0.85 x LH / 4.187) + 2	
	=	(0.85 x 38.18/4.187) + 2	
	=	9.75	Nm^3/kg_{fuel}
ปริมาณก๊าซเสียเชิงทฤษฎี(Go)	=	1.11 x LH / 4.187	
	=	1.11 x 38.18/4.187	
	=	10.12	Nm^3/kg_{fuel}
อัตราส่วนของอากาศ (m)	=	21/(21-O_2)	
	=	21/(21-7.20)	
	=	1.52	
ปริมาณก๊าซเสียจริง(G)	=	Go + (Ao x (m - 1))	
	=	10.12 + 9.75 x (1.52 - 1)	
	=	15.19	Nm^3/kg_{fuel}
ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสีย (Q_g)	=	F x D x G x C_{pg} x (T_g-T_a)/1,000	
	=	273,873.36 x 0.95 x15.19 x 0.33 x (165.00 - 36.00)/1,000	
	=	168,242.15	MJ/yr
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	[Q_g(ก่อน) - Q_g (หลัง)] / (LH * D)	
	=	[202,178.08 – 168,242.15)] / (38.18 * 0.95)	
	=	935.62	ลิตร/ปี
ราคาเชื้อเพลิง	=	16.29	บาท/ลิตร

เงินที่ประหยัดได้	=	935.62 x 16.29	
	=	15,241.25	บาท/ปี
หรือคิดเป็นผลประหยัดจากน้ำมันดิบที่ประหยัดได้	=	935.62 x (903.80/10^9)	
	=	0.00085	ktoe/ปี

ผลประหยัดรวม

เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ในหม้อไอน้ำชุดที่ 1	=	935.62	ลิตร/ปี
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ในหม้อไอน้ำชุดที่ 2	=	1,580.93	ลิตร/ปี
รวม	=	2,516.55	ลิตร/ปี
เงินที่ประหยัดได้	=	40,994.60	บาท/ปี
หรือคิดเป็นผลประหยัดจากน้ำมันดิบที่ประหยัดได้	=	0.00228	ktoe/ปี

เงินลงทุน

ไม่มีเงินลงทุน เนื่องจากโรงงานร่วมกับทีมที่ปรึกษาในการดำเนินการเอง

ตารางการคำนวณการปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำให้เหมาะสม

รายการ	ตัวย่อ	หน่วย	หม้อไอน้ำ	
ข้อมูล			**1**	**2**
ปริมาณการใช้น้ำมันเตา	F	l/y	273,873.36	273,873.36
ความหนาแน่นของเชื้อเพลิง	D	kg/y	0.95	0.95
ค่าความร้อนต่ำของเชื้อเพลิง	LH	MJ/kg	38.18	38.18
ความร้อนจำเพาะของก๊าซเสีย	C_{pg}	$kJ/Nm^3.^oC$	0.33	0.33
อุณหภูมิของบรรยากาศ	T_a	^oC	36.00	36.00
ก่อนปรับปรุง				
ปริมาณออกซิเจนออกจากห้องเผาไหม้	$\%O_2$	%	10.00	9.80
อุณหภูมิไอเสียจากห้องเผาไหม้	T_g	^oC	160.00	155.00
ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎี	Ao	Nm^3/kg_{fuel}	9.75	9.75
ปริมาณก๊าซเชิงทฤษฎี	Go	Nm^3/kg_{fuel}	10.12	10.12
อัตราส่วนของอากาศ	m	-	1.91	1.88
ปริมาณก๊าซเสียจริง	G	Nm^3/kg_{fuel}	18.99	18.70
ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสีย	Q_g	MJ/y	202,178.04	191,062.70
หลังปรับปรุง				
ปริมาณออกซิเจนออกจากห้องเผาไหม้	$\%O_2$	%	7.20	4.15
อุณหภูมิไอเสียจากห้องเผาไหม้	T_g	^oC	165.00	160.00
ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎี	Ao	Nm^3/kg_{fuel}	9.75	9.75
ปริมาณก๊าซเชิงทฤษฎี	Go	Nm^3/kg_{fuel}	10.12	10.12
อัตราส่วนของอากาศ	m	-	1.52	1.25
ปริมาณก๊าซเสียจริง	G	Nm^3/kg_{fuel}	15.19	12.56
ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสีย	Q_g	MJ/y	168,242.15	133,720.71
เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	-	ลิตร/ปี	935.62	1,580.93
ราคาเชื้อเพลิง	-	บาท/ลิตร	16.29	16.29
เงินที่ประหยัดได้	-	บาท/ปี	15,241.25	25,753.35
หรือคิดเป็น	-	ktoe/ปี	0.00085	0.00143

4.1.10 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพอุปกรณ์ดักไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

บริษัทมีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ประมาณ 15,000 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 250,000 บาทต่อเดือน มีค่าก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 16.50 บาท ต่อกิโลกรัมมีการผลิตประมาณวันละ 12 ชั่วโมงต่อวัน 300 วันต่อปี โรงงานใช้หม้อไอน้ำขนาด 3 ตันต่อ ชั่วโมง ตั้งความดันไอน้ำที่ 6.5 บาร์

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากเข้าไปสำรวจพบว่าอุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) ขนาดขนาด 0.25 นิ้ว รู orific ประมาณ 1.6 mm เสื่อมสภาพทำให้ไอน้ำรั่ว ซึ่งทำให้สูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์



รูปแสดงสภาพของ steam trap ก่อนการปรับปรุง

แนวความคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ทำการซ่อมแซมอุปกรณ์ดักไอน้ำ (Steam trap) ที่ชำรุด ลดการสูญเสียไอน้ำและช่วยประหยัดพลังงาน มีขั้นตอน การดำเนินงานดังนี้

1. สำรวจ steam trap ที่ชำรุด
2. วิเคราะห์ศักยภาพประหยัดพลังงาน
3. ศึกษาความเป็นไปได้ในการดำเนินการ
4. ดำเนินการ
5. ติดตามและประเมินผล

สภาพหลังปรับปรุง

โรงงานได้ทำการเปลี่ยน steam trap ที่ชำรุดเพื่อลดไอน้ำรั่วไหล




รูปแสดงการเปลี่ยน steam trap หลังการปรับปรุง

เงินลงทุน	10,000	บาทต่อปี
ผลประหยัดที่ได้	18,678	บาทต่อปี
ก๊าซ LPG ที่ประหยัด	1,132	กิโลกรัมต่อปี คิดเป็น 1.3456 toe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	0.54	ปี

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

อุปกรณ์ดักไอน้ำขนาด 0.25 นิ้ว รู orifice ประมาณ 1.6 mm

อัตราการสูญเสียไอน้ำ = 0.4 d2 (P + 1.013) kg/ชั่วโมง

โดย d = 1.6 mm P = 5.5 บาร์ จำนวน 1 ชุด

อัตราการสูญเสียไอน้ำ = 6.7 kg/ชั่วโมง

พลังงาน

ไอน้ำความดัน 5.5 บาร์ พลังงาน 2,752.30 kJ/kg

คอนเดนเสทที่ 80 °C พลังงาน 335 kJ/kg

พลังงานสูญเสียที่หม้อไอน้ำประสิทธิภาพ 85%

ค่าความร้อนก๊าซ LPG เท่ากับ 50.22 MJ/กิโลกรัม หรือ 50,220 kJ/กิโลกรัม

= 6.7 kg/ชั่วโมง x (2,752.30 - 335)/0.85 x 12 ชั่วโมง/วัน x 300 วัน/ปี

= 56,879 MJ/ปี

สิ้นเปลืองน้ำมันเตา = 2,148,201/ 39.77 MJ/ลิตร

= 54,015 ลิตร/ปี
คิดเป็นเงิน = 725,421 บาท/ปี
ประหยัดพลังงานได้ = 56,879 / 50.22
= 1,132 กิโลกรัม/ปี
คิดเทียบน้ำมัน = (1,132 x 50.22 x 23.669) / 1,000,000
= 1.3456 toe/ปี

ด้านค่าใช้จ่ายที่ลดลง

ค่าก๊าซ LPG = 16.50 บาท/กิโลกรัม
คิดเป็นผลประหยัด = ปริมาณก๊าซ LPG ที่ลดลง x ราคาค่าก๊าซ LPG
= 1,132 x 16.50
= 18,678 บาทต่อปี

การลงทุน

ค่าใช้จ่าย = 10,000 บาท
ผลประหยัด = 18,678 บาทต่อปี
ระยะเวลาคืนทุน = 0.54 ปี

4.1.11 มาตรการลดเวลาการใช้งานหม้อไอน้ำ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการติดตั้งหม้อไอน้ำขนาด 5 ตัน จำนวน 1 ชุด เพื่อผลิตไอน้ำป้อนสู่กระบวนการผลิต เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นน้ำมันเตาเกรดซี เปิดใช้งานตลอด 24 ชั่วโมง เป็นเวลา 4 วันต่อเดือน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง 248,100 ลิตรต่อปี เมื่อเทียบกับข้อมูลย้อนหลังแล้วพบว่ามีปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเพิ่มขึ้นตลอดทุกปี ดังนั้นจึงต้องมีมาตรการเพื่อประหยัดการใช้เชื้อเพลิง ซึ่งให้สอดคล้องกับนโยบายการอนุรักษ์พลังงานของบริษัท คณะทำงานด้านพลังงานได้ศึกษาแนวทางโดยจากการสำรวจพบว่าหากสามารถลดการใช้งานของหม้อไอน้ำลงก็สามารถที่ประหยัดเชื้อเพลิงลงได้ เนื่องจากปัจจุบันเปิดการใช้งานของหม้อไอน้ำ ก่อนเครื่องจักรทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปิดหม้อไอน้ำพร้อมเครื่องจักร

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

หลังจากทีมงานได้ทำการสำรวจและบันทึกสภาพการเปิดใช้งานของหม้อไอน้ำก่อนเครื่องจักรทำงานเป็นเวลา 1 ชั่วโมง และปิดพร้อมเครื่องจักร โดยมีการเปิดหม้อไอน้ำใช้งานสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทางทีมงานได้เสนอที่จะปรับลดเวลาการทำงานของหม้อไอน้ำ คือลดเวลาการเปิดใช้งานลง 0.5 ชั่วโมง และปิดหลังจากขบวนการผลิตในการสร้างเม็ดแล้วเสร็จ ทำให้ลดเวลาในการทำงานของหม้อไอน้ำลงได้อีก 1 ชั่วโมง รวมเวลาที่ลดลง 1.5 ชั่วโมง/ครั้ง และมีจำนวนครั้งในการเปิดหม้อไอน้ำ 12 ครั้ง / ปี ส่งผลให้สามารถประหยัดพลังงานลงได้

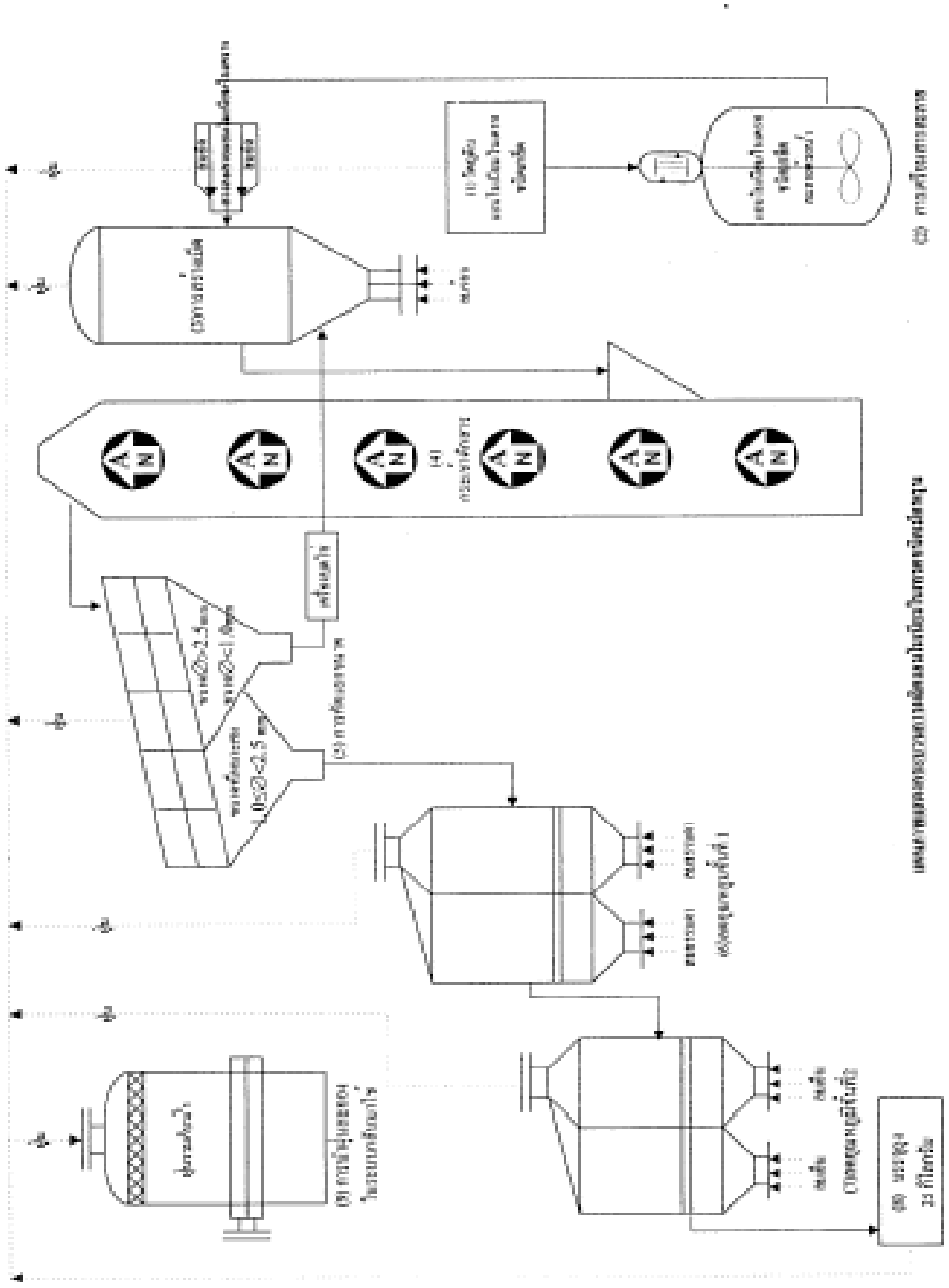


รูปแสดงลักษณะของหม้อไอน้ำก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ทำการลดชั่วโมงการใช้งานของหม้อไอน้ำลงโดยอาศัยความร่วมมือแต่ละฝ่ายใช้การควบคุมแบบกำหนดเวลาเปิด - ปิดหม้อไอน้ำ โดยในช่วงเช้าเปิดก่อนเครื่องจักร 0.5 ชั่วโมง และปิดก่อน 1 ชั่วโมง ซึ่งจะลดการใช้งานลงได้ 1.5 ชั่วโมง ก็สามารถประหยัดเชื้อเพลิงลงได้โดยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

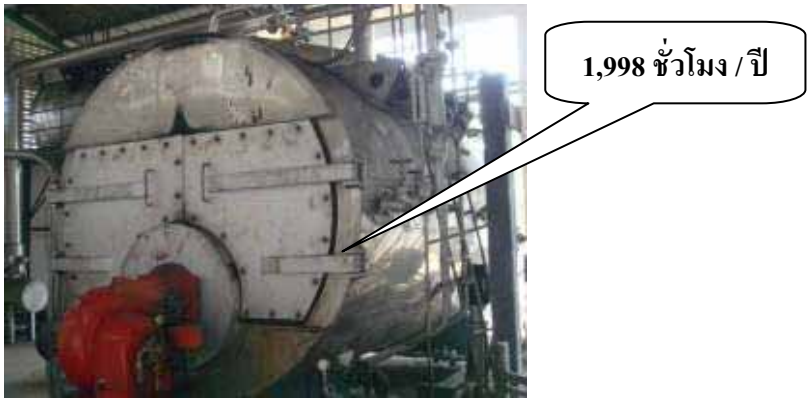
1. สำรวจเก็บข้อมูลสภาพการใช้งานปัจจุบัน
2. ทีมงานร่วมกันหาวิธีการปรับปรุง
3. จัดทำแผนปฏิบัติและนำเสนอแผนต่อผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติ
4. ดำเนินการตามแผนปฏิบัติ
5. ติดตามและประเมินผลโดยทีมงานอนุรักษ์พลังงานและทีมตรวจติดตามภายในที่ได้แต่งตั้งขึ้นและรายงานผลต่อผู้บริหาร



แผนผังขบวนการผลิต

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากลดเวลาในการใช้งานหม้อไอน้ำลง 1.5 ชั่วโมงต่อ 1 รอบการทำงาน ปรากฏว่าเครื่องจักรที่ใช้ไอน้ำก็ยังสามารถทำงานได้ตามปกติ ไม่กระทบต่อกระบวนการผลิต ส่งผลให้หลังจากควบคุมการเปิดปิดหม้อไอน้ำและเครื่องจักรแต่ละส่วนมาคำนวณผลประหยัดทำให้ลดการใช้เชื้อเพลิงลงได้



รูปแสดงลักษณะของหม้อไอน้ำหลังการปรับปรุง

เงินลงทุน ไม่มี
ผลประหยัดที่ได้ 56,227.50 บาท/ปี 0.00314 ktoe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน -

ข้อเสนอแนะ

ทางโรงงานควบคุมการเดินเครื่องหม้อไอน้ำอย่างรัดคุม สำหรับในระยะยาว ทำให้สามารถประหยัดพลังงานได้

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

<u>ก่อนปรับปรุง</u>

หม้อไอน้ำขนาด 0.5 ตัน		=	1	ลูก
อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย	m_f	=	215.36	ลิตร / ชั่วโมง
เวลาการทำงาน	H	=	24	ชั่วโมง / วัน
วันทำงาน	D	=	48	วัน / ปี
เวลาการทำงานจริง	T	=	H x D	
		=	1,152	ชั่วโมง / ปี

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ	V_f	=	m_f x H	
		=	205,632.00	ลิตร/ปี
<u>หลังปรับปรุง</u>				
อัตราการใช้เชื้อเพลิงเฉลี่ย	m_f	=	178.50	ลิตร / ชั่วโมง
เวลาการทำงานที่ลดลง 1.5 ชั่วโมง/ครั้ง	t	=	1.5	ชั่วโมง / ครั้ง
คิดเป็นเวลาการทำงานที่เหลือ	H	=	96-1.5	
		=	94.5	ชั่วโมง / ครั้ง
วันทำงาน	D	=	12	ครั้ง / ปี
เวลาการทำงานจริง	T	=	H x D	
		=	1,134	ชั่วโมง / ปี
ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงของหม้อไอน้ำ	V_f	=	m_f x H	
		=	202,419.00	ลิตร/ปี

ผลประหยัด

ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้		=	$V_{f\ (ก่อนปรับปรุง)}$ - $V_{f\ (หลังปรับปรุง)}$	
		=	205,632.00 -	202,419.00
		=	3,213.00	ลิตร/ปี
				x 977.18 /
หรือคิดเป็น		=	3,213.00	10^9
		=	0.00314	ktoe/ปี
ค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย		=	17.50	บาท/kg
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้		=	3,213.00 x	17.50
		=	56,227.50	บาท/ปี
เงินลงทุน		=	ไม่มี	
ระยะเวลาคืนทุน		=	-	

4.2 เตาความร้อน/ตู้อบ

4.2.1 มาตรการหุ้มฉนวนเตาลมร้อนเชื้อเพลิงแกลบ

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

ในการลดความชื้นของข้าวเปลือกให้ได้มาตรฐานจากประมาณ 30% ลงเหลือ 14% โดยปกติโรงสีใช้วิธีการอบด้วยความร้อน ในการให้ความร้อนใช้วิธีการเผาแกลบที่ได้จากการสีข้าว โรงอบข้าวเปลือกของสถานประกอบการ มีการติดตั้งเตาลมร้อนที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง เพื่อสร้างความร้อนไว้ใช้ในการอบเมล็ดข้าวเปลือก ก่อนนำข้าวเปลือกที่ได้รับการลดความชื้นแล้ว ไปเก็บไว้ในยุ้งเก็บข้าวเปลือกระยะหนึ่งก่อนที่จะนำไปสีข้าวต่อไป

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจของคณะทำงานของโรงสีและทีมงานที่ปรึกษา โดยการวัดอุณหภูมิที่ผิวภายนอกของเตาลมร้อน พบว่ามีอุณหภูมิผิวภายนอกเท่ากับ 160°C ทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนออกมานอกเตาเผาเป็นจำนวนมาก ซึ่งมีผลทำให้เกิดการสิ้นเปลืองแกลบโดยเปล่าประโยชน์เป็นจำนวนมาก อีกทั้งโรงสีมีปริมาณแกลบที่ได้จากการสีข้าวไม่เพียงพอต่อการอบข้าว จึงมีความจำเป็นต้องซื้อแกลบเป็นจำนวนมาก



รูปแสดงเตาลมร้อนเชื้อเพลิงแกลบก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

หากสถานประกอบการ ทำการหุ้มฉนวนรอบเตาลมร้อนเพื่อลดการสูญเสียความร้อน เพื่อที่จะสามารถนำความร้อนไปใช้ในการอบเมล็ดข้าวเปลือกได้เต็มที่ และสามารถลดการใช้เชื้อเพลิงแกลบลงได้ เป็นการลดปริมาณการซื้อแกลบ จากประเด็นดังกล่าวได้มีการระดมสมอง

ปรึกษาหารือในส่วนของที่ปรึกษา และทีมงานอนุรักษ์พลังงาน มีแนวคิดที่จะต้องการลดความร้อนสูญเสียที่เกิดขึ้นโดยอ้างอิงจากข้อมูลที่ได้ทำการสำรวจของที่ปรึกษา สรุปได้ว่าทางสถานประกอบการ จะดำเนินการหุ้มฉนวนเตาลมร้อนเพื่อลดการสูญเสียความร้อนโดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยวัดขนาดของเตาที่จะทำการหุ้มอย่างละเอียดอีกครั้ง
2) สำรวจข้อมูลด้านราคา โดยสอบถามราคาชนิดและราคาของฉนวน พร้อมทั้งระยะเวลาในการสั่งซื้อ
3) จัดทำแผนการปรับปรุงร่วมกับคณะทำงานของสถานประกอบการ โดยวางแผนงานในการปรับปรุงเตาในช่วงที่มีการผลิตน้อยเพื่อให้กระทบการผลิตน้อยที่สุด
4) วิเคราะห์ข้อมูล โดยนำข้อมูลทั้งหมดและแผนงานดังกล่าวมาวิเคราะห์นำเสนอเจ้าของโรงสีเพื่อพิจารณา
5) ดำเนินการตามมาตรการ โดยการสั่งซื้อฉนวนและอุปกรณ์ต่าง ๆที่ใช้ และทำการหุ้มฉนวนโดยใช้ช่างที่อยู่ในโรงสีเป็นผู้หุ้ม
6) ตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการ โดยที่ปรึกษาจะเข้าไปดูความเรียบร้อยในการหุ้มพร้อมทั้งทำการตรวจวัดอุณหภูมิของเตาหลังปรับปรุง
7) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง โดยการวิเคราะห์ผลประหยัดจริงที่เกิดขึ้นทั้งหมด ในแง่วิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้น และสรุปผลที่ได้ให้สถานประกอบการ

สภาพหลังปรับปรุง



รูปแสดงการหุ้มฉนวนเตาลมร้อนหลังการปรับปรุง

หลังการปรับปรุงโดยการหุ้มฉนวนเตาลมร้อนที่ใช้แกลบเป็นเชื้อเพลิง โดยใช้ฉนวนหุ้มด้านนอกของเตา จากการตรวจวัดอุณหภูมิรอบเตาเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 40 องศาเซลเซียส สามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดเชื้อเพลิงได้	**32,281.53**	**kg/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**11.004**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**25,825.22**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**30,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**1.16**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ดำเนินสำรวจระบบท่อลมร้อนเพิ่มเติมว่ามีรอยรั่วหรือไม่ เพื่อทำการซ่อมแซมต่อไป

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงานจาก การหุ้มฉนวนเตาลมร้อนเชื้อเพลิงแกลบ

พื้นที่รอบเตาลมร้อนที่ไม่ได้หุ้มฉนวน	=	43	m^2
อุณหภูมิผิวด้านนอกเตาลมร้อนโดยเฉลี่ย	=	160	^oC
โรงงานมีชั่วโมงการทำงาน	=	24 ชม./วัน x 210 วัน/ปี	
	=	5,040	ชม./ปี

การคำนวณความร้อนสูญเสียรอบเตาลมร้อน

ความร้อนสูญเสีย Q = UA(T – Tamb.)

U_steel = 1 Btu/hr/ft^2 F

A = 1 m^2 = 10.75 ft^2

amb. Temp. = 30 C = 86 F

ความร้อนสูญเสียรอบเตาลมร้อนที่ไม่ได้หุ้มฉนวน

T = 160C = 320 F

Q = 1 x 10.75 x (320 – 86)

= 2515.50 BTU/H

Q = 2515.50 / 3.41

= 737.68 W/m^2

ความร้อนสูญเสียรอบเตาลมร้อนที่หุ้มฉนวน

T = 55C = 131 F

Q = 1 x 10.75 x (131 – 86)

= 483.75 BTU/H

Q = 483.75 / 3.41

= 141.86 W/m^2

ความร้อนสูญเสียรอบเตาลมร้อนที่ไม่ได้หุ้มฉนวน

= 737.68 W/m^2

คิดเป็นความร้อนสูญเสียตลอดทั้งปี เนื่องจากไม่ได้หุ้มฉนวน เท่ากับ

= 737.68 x 43 x 5,040 x 3,600 / 1,000,000

= 575,532.03 MJ/ปี

ความร้อนสูญเสียเทียบเป็นปริมาณแกลบ

= (575,532.03 MJ/ปี) / (14.4 MJ/kg)

= 39,967.50 kg/ปี

เมื่อหุ้มฉนวนรอบเตาลมร้อน

ความร้อนสูญเสียเตาลมร้อนที่หุ้มฉนวน = 141.86 W/m^2

คิดเป็นความร้อนสูญเสียตลอดทั้งปี หลังจากหุ้มฉนวน เท่ากับ

= 141.86x43 x 5,040 x 3,600 / 1,000,000

= 110,678.04 MJ/ปี

ความร้อนสูญเสียเทียบเป็นปริมาณแกลบ

= (110,678.04 MJ/ปี) / (14.4 MJ/kg)

= 7,685.97 kg/ปี

หลังจากหุ้มฉนวน จะทำให้สูญเสียความร้อนลดลง เท่ากับ

= (575,532.03 – 110,678.04) x 100

575,532.03 x 100

= 80.77 %

คิดเป็นพลังงานความร้อนที่ลดลง = 575,532.03 – 110,678.04

= 464,853.99 MJ/ปี

คิดเป็นปริมาณแกลบที่ประหยัดได้ = 39,967.50 –7,685.97

= 32,281.53 kg/ปี

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 32,281.53 kg/ปี x 0.8 บาท/kg

= 25,825.22 บาท/ปี

เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ = (32,281.53 kg/ปี) / (2,934 kg/toe)

= 11.004 toe/ปี

การลงทุน

ค่าใช้จ่ายในการหุ้มฉนวนใยแก้ว = 30,000 บาท

หลังจากหุ้มฉนวนสามารถประหยัดเงินได้	=	25,825.22	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	=	1.16	ปี

4.2.2 มาตรการลดอุณหภูมิในกระบวนการอบสี

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการที่มีกระบวนการผลิตกล่องโลหะที่ใช้ในการประกอบวงจรของอุปกรณ์อิเล็คทรอนิกส์ ขั้นตอนจะเริ่มจากการตัดโลหะและพับขึ้นรูปให้ได้ตามขนาดที่ต้องการ จากนั้นจึงนำไปเชื่อมจุดสปอทด้วยไฟฟ้าเพื่อให้โลหะติดกันแล้ว หลังจากนั้นจึงนำผลิตภัณฑ์ไปทำสีซึ่งในกระบวนการทำสีนั้นหลังจากพ่นสีแล้วจะต้องอบด้วยเตาความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ของโรงงาน เพื่อให้สีมีคุณสมบัติตามที่ต้องการ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

ในการอบสีจะใช้เตาความร้อนที่ใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ในการให้ความร้อนขณะอบ โดยอุณหภูมิที่ใช้ในการอบควบคุมการปรับตั้งไว้ที่ 200 ^{o}C แต่จากการศึกษาข้อมูลของสีร่วมกับบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายสีให้กับทางโรงงาน พบว่า ปัจจุบันบริษัทผู้จำหน่ายสีได้มีการปรับปรุงคุณสมบัติของสีที่ใช้ทำให้สามารถลดอุณหภูมิขณะอบจาก 200 ^{o}C เหลือ 180 ^{o}C ได้โดยไม่ส่งผลกระทบใด ๆ กับผลิตภัณฑ์ ซึ่งหากสามารถดำเนินการดังกล่าวแล้วจะทำให้การใช้ปริมาณก๊าซ LPG ลดลงได้



รูปแสดงลักษณะของตู้อบสีและการควบคุมอุณหภูมิที่ 200 ^{o}C ก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

1) ศึกษาลักษณะทางกายภาพของตู้อบ
2) ศึกษากรรมวิธีและขั้นตอนในการอบสีและปริมาณก๊าซที่ใช้ก่อนปรับปรุง
3) เก็บข้อมูลปริมาณก๊าซที่ใช้หลังปรับปรุงโดยการเปลี่ยนชนิดของสี
4) ตรวจสอบผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์
5) วิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้



รูปแสดงการปรับลดการควบคุมอุณหภูมิในการอบสีที่ 180 °C หลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการลดอุณหภูมิการให้ความร้อนในการอบสีสำหรับผลิตภัณฑ์ จาก 200 °C ให้เหลือเพียง 180 °C โดยไม่ส่งผลกระทบใด ๆ กับผลิตภัณฑ์ สามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดเชื้อเพลิงได้	**5,529.51**	**kg/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**6.97**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**102,297.60**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

จากการเก็บข้อมูลการใช้แก๊ส LPG ในช่วง 1 สัปดาห์ก่อนและหลังการเปลี่ยนอุณหภูมิที่ใช้ในการอบจาก 200 °C เป็น 180 °C โดยเทียบที่จำนวนผลิตภัณฑ์ในการการอบเท่ากัน พบว่าที่จำนวนผลิตภัณฑ์ประมาณ 3,800 ชิ้น/สัปดาห์ ใช้แก๊ส LPG ในการอบสี 16 ถัง (1,536

ลิตร) ที่อุณหภูมิในการอบ 200 °C และเมื่อปรับอุณหภูมิเป็น 180 °C ในจำนวนผลิตภัณฑ์ที่ใกล้เคียงกัน การใช้แก๊ส LPG ในการอบสีลดลงเหลือ 13 ถัง (1,248 ลิตร) ทำให้สามารถประหยัดแก๊ส LPG ได้ 288 ลิตร/สัปดาห์ เฉลี่ยประมาณ 1,152 ลิตร/เดือน หรือ 13,824 ลิตร/ปี กำหนดให้ Load Factor 80 % ราคาก๊าซ LPG 18.50 บาท/kg

ปริมาณ LPG ที่ประหยัดได้	=	13,824	Liter /ปี
หรือ (L.F. 80%)	=	13,824 × 0.8	
	=	11,059.2	Liter /ปี
คิดเทียบเป็นน้ำมันดิบได้	=	11,059.2 × 630.15 / 1,000,000,000	
	=	0.00697	ktoe/ปี
เมื่อก๊าซ LPG มีความหนาแน่น	=	0.5	kg/Liter
ประหยัดเชื้อเพลิงก๊าซ LPG ได้	=	11,059.2 x 0.5	
	=	5,529.51	kg/ปี
ราคาก๊าซ LPG	=	18.50	บาท/kg
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	11,059.2 × 0.5 × 18.50	
	=	102,297.6	บาท/ปี

4.2.3 มาตรการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ทดแทนพลังงานไฟฟ้าสำหรับเตาหลอม

ความเป็นมาและลักษณะการใช้พลังงาน

สถานประกอบการมีเตาหลอมอลูมิเนียมขนาด 33,000 Watt จำนวน 1 เตา โดยเตาดังกล่าวนี้มีคุณสมบัติในการปรับเปลี่ยนการใช้เชื้อเพลิงพลังงานให้สามารถใช้ได้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง ซึ่งโดยปกติในเวลาที่ผ่านมาพนักงานจะใช้ไฟฟ้าเป็นหลักเนื่องจากสะดวกต่อการใช้งาน การทำงานของเตาหลอมนี้จะใช้งาน 2 วันต่อสัปดาห์ และมีการควบคุมการใช้งานดังนี้

เริ่มอุ่นเตาจากอุณหภูมิแวดล้อมขึ้นเป็น 700°C ใช้เวลา 5 ชั่วโมง โดยช่วงเวลานี้ขดลวดความร้อนจะทำงานเต็มที่ ใช้ระยะเวลาในการหลอมอลูมิเนียม 3 ชั่วโมง ซึ่งในช่วงเวลาดังกล่าวนี้ขดลวดความร้อนทำงานเพียง 1/3 เท่านั้น คือ ประมาณ 1 ชั่วโมง ดังนั้น ในการทำงานหนึ่งวันขดลวดความร้อนทำงาน 6 ชั่วโมง ในหนึ่งปีทำงาน 50 สัปดาห์

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบพบว่า เตาหลอมอลูมิเนียมมีการใช้พลังงานไฟฟ้าเป็นหลักซึ่งมีความสะดวกต่อการทำงาน แต่หากพิจารณาคุณสมบัติในการใช้พลังงานเพื่อเปลี่ยนรูปเป็นพลังงานความร้อนแล้ว การใช้พลังงานไฟฟ้าในขดลวดความร้อนจะมีประสิทธิภาพต่ำกว่าการใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิง ตลอดจนมีต้นทุนในการให้ความร้อนสูงกว่าด้วยเช่นกัน




รูปแสดงลักษณะของเตาหลอมอลูมิเนียมที่ใช้พลังงานไฟฟ้าก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินงาน

เปลี่ยนระบบการใช้พลังงานสำหรับเตาหลอมอลูมิเนียม จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในขดลวดความร้อนเป็นการใช้ก๊าซ LPG เป็นเชื้อเพลิงความร้อน



รูปแสดงเตาหลอมอลูมิเนียมที่เปลี่ยนมาใช้ก๊าซ LPG แทนพลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการใช้เชื้อเพลิงก๊าซ LPG ทดแทนพลังงานไฟฟ้าสำหรับเตาหลอม โดยไม่ส่งผลกระทบใด ๆ กับกระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์ สามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 11,987.12 kWh/ปี หรือเทียบเท่า 1.02 toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 45,191.45 บาท/ปี เงินลงทุน - บาท
ระยะเวลาคืนทุน - ปี
ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

-

<u>วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน</u>

เตาหลอมขนาด	=	33,000	Watt
ใช้งาน	=	600	ชั่วโมงต่อปี
ดังนั้นคิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้	=	600 x 33	
	=	19,800	kWh/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ	=	3.77	บาท/kW
ดังนั้นคิดเป็นเงิน	=	3.77 x 19,800	
	=	74,646	บาท/ปี
ดังนั้นคิดเป็นพลังงาน	=	19,800 kWh x 3.6 MJ	
	=	71,280	MJ/ปี
ค่าความร้อน LPG	=	26.62	MJ/kg
ดังนั้นคิดเป็นพลังงานความร้อนจาก LPG ได้	=	71,280/26.62	
	=	2,677.686	kg LPG
ราคา LPG	=	11	บาทต่อกิโลกรัม
ดังนั้นคิดเป็นค่าใช้จ่าย	=	2,677.686 x 11	
	=	29,454.55	บาท
ดังนั้นสามารถประหยัดเงินได้	=	74,646 – 29,454.55	
	=	45,191.45	บาท/ปี
เงินที่ประหยัดได้นี้คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าได้	=	45,191.45/3.77	
	=	11,987.12	kWh/ปี
หรือเป็นพลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	11,987.12 kWh x 3.6 MJ	
	=	43,153.64	MJ
	=	1.02	toe/ปี

4.2.4 มาตรการลดอุณหภูมิเตาอบสีให้เหมาะสม

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมมีการใช้พลังงานความร้อนจากเชื้อเพลิงก๊าซ LPG สำหรับเตาอบสี ประกอบด้วยหัวพ่นเปลวไฟ จำนวน 20 หัวเผาภายในเตาอบ โดยมีปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ประมาณ 6,624.00 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นค่าเชื้อเพลิง 126,960.00 บาทต่อปี มีค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ยอยู่ที่ประมาณ 19.17 บาทต่อกิโลกรัม โดยเตาอบสีดังกล่าวมีการทำงาน 12 ชั่วโมงต่อวัน และ 300 วันต่อปี ซึ่งการควบคุมอุณหภูมิของเตาอบความร้อนดังกล่าวจะขึ้นอยู่กับชนิดของสีและผลิตภัณฑ์

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

โดยทั่วไป ในการใช้อุณหภูมิการอบชิ้นงานเหล็กหลังผ่านกระบวนการทำสีพ่นนั้น การอบสีให้แห้งจะควบคุมอุณหภูมิประมาณ 160 องศาเซลเซียส จากการตรวจสอบการทำงานของเตาอบสีดังกล่าว พบว่า โดยปกติการควบคุมอุณหภูมิของห้องอบสีเกินค่าที่กำหนดไว้มาก คือ 174 องศาเซลเซียส ซึ่งจากการรวบรวมข้อมูลพบว่าการควบคุมดังกล่าวเป็นการควบคุมด้วยมือ (Manual Control) โดยในช่วงเริ่มแรกการใช้เตาอบจะทำการเปิดหัวเผาทั้งหมด จำนวน 20 หัวเผา จากนั้นเมื่ออุณหภูมิถึงจุดที่กำหนดไว้จะทำการปิดหัวเผาดังกล่าวให้เหลือประมาณ 12 หัว และด้วยวิธีการควบคุมด้วยมือดังกล่าวจะไม่มีความแม่นยำจึงมีผลกระทบทำให้อุณหภูมิโดยทั่วไปสูงขึ้นกว่าค่าที่กำหนดไว้ ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานมาก



รูปแสดงลักษณะของค่าอุณหภูมิของเตาอบที่ 174 ^{o}C สูงกว่าที่กำหนดก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ศึกษาลักษณะการทำงานของเตาอบในการปรับตั้งค่าการควบคุมอุณหภูมิในการอบสีให้แห้ง โดยค่าอุณหภูมิที่ใช้นั้นจะขึ้นอยู่กับคุณสมบัติของสีที่จะนำมาพ่น หรือตามที่ผู้ผลิตสีได้กำหนดค่าในการทำให้สีแห้ง และใช้ระยะเวลาในการอบนานเท่าใดเพื่อไม่ให้เกิดการไหม้ของสีที่พ่นไว้ ตรวจสอบรายละเอียดของค่าอุณหภูมิที่ปรับตั้งไว้และค่าอุณหภูมิที่เกิดขึ้นภายในเตาอบไม่สอดคล้องกัน โดยความร้อนที่ใช้ในการอบต้องการอุณหภูมิในเตาอบอยู่ที่ 160 องศาเซลเซียส แต่อุณหภูมิเตาอบเพิ่มขึ้นจากค่าที่ตั้งไว้อยู่ที่ 174 องศาเซลเซียส จากการสอบถามลักษณะการใช้งานดังกล่าว พบว่าเกิดจากการปรับอุณหภูมิด้วยมือ โดยเริ่มจากเมื่อเริ่มเปิดเตาอบครั้งแรกจะทำการเปิดหัวเผาทั้งหมด 20 หัว จากนั้นเมื่ออุณหภูมิถึงค่าที่กำหนดจะทำการปิดหัวเผาโดยให้เหลือประมาณ 12 หัว จากนั้นทำการพ่นสีและทำการอบสี





รูปแสดงการตรวจสอบอุณหภูมิที่ใช้ในการอบสีและรูปเตาอบสี

การกำเนินการเพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงาน สามารถสรุปเป็นลำดับขั้นตอนการดำเนินการได้ดังนี้

1) ทดลองปิดหัวเผาโดยให้อุณหภูมิไม่ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้
2) ตรวจสอบชิ้นงานหลังการอบสี โดยให้มีคุณภาพตามที่กำหนดไว้
3) ตรวจสอบจำนวนหัวเผาที่ปิดได้และระยะเวลาที่ปิดได้

จากขั้นตอนดังกล่าว การทดสอบการทำงานของเตาอบความร้อนสามารถลดการใช้หัวเผาได้จำนวน 4 หัว และควบคุมให้มีการปรับอุณหภูมิภายในเตาอบลดลงจาก 174 องศาเซลเซียสลงมาเหลือที่ประมาณ 163 องศาเซลเซียส ซึ่งอยู่ในเกณฑ์ที่เหมาะสม และเมื่อมีการตรวจสอบคุณภาพของชิ้นงาน พบว่า มีคุณภาพอยู่ในระดับปกติตามเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งการลดการใช้หัว

เผาตามขั้นตอนดังกล่าวนี้ สามารถลดจำนวนการใช้หัวเผาลงได้ 4 หัว ทำให้สามารถลดการใช้เชื้อเพลิงได้ประมาณ 33.33 เปอร์เซ็นต์

สภาพหลังปรับปรุง

หลังจากการทำความเข้าใจกับผู้ควบคุมเตาอบสี ในการควบคุมอุณหภูมิให้ได้ตามที่กำหนดไว้ จึงได้ตรวจสอบผลการดำเนินการพบว่าสามารถลดการทำงานของหัวเผาลงได้ประมาณ 4 หัวเผา โดยมีอุณหภูมิหลังปรับปรุงอยู่ที่ประมาณ 163 องศาเซลเซียส โดยชิ้นงานที่ออกมายังได้คุณภาพตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ สามารถประหยัดพลังงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดเชื้อเพลิง LPG ได้	**2,207.78**	**kg/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**2.625**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**42,323.14**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			



รูปแสดงลักษณะของค่าอุณหภูมิของเตาอบที่ 163 °C หลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรปรับตั้งอุณหภูมิของเตาอบให้เหมาะสมกับเกณฑ์ที่กำหนดตามลักษณะและขนาดของชิ้นงาน และควบคุมระยะเวลาการอบให้ถูกต้องอย่างเคร่งครัด

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การคำนวณผลประหยัดสามารถวิเคราะห์ได้จากการใช้ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ต่อปี นำมาวิเคราะห์ผลประหยัดจากเปอร์เซ็นต์การใช้เชื้อเพลิงที่ลดลงหลังปรับปรุง ซึ่งสามารถวิเคราะห์ผลประหยัดได้ดังนี้

เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้ = ปริมาณการใช้เชื้อเพลิง x เปอร์เซ็นต์เชื้อเพลิงที่ประหยัดได้

= 6,624.00 x 33.33 /100

= 2,207.78 กิโลกรัมต่อปี

เทียบเท่า = 2,207.78 x 50.23 x 23.67 x 10^{-6}

= 2.625 toe/ปี

ค่าใช้จ่ายที่ลดลง = เชื้อเพลิงที่ลดลง x ค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย

= 2,207.78 x 19.17

= 42,323.14 บาทต่อปี

4.2.5 มาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของตู้อบความร้อน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้พลังงานความร้อน ในกระบวนการอบกระดาษ เป็นจำนวนมาก โดยใช้น้ำมันเตาเกรด C เป็นเชื้อเพลิงหลักในการเผาไหม้เพื่อให้ความร้อน ซึ่งในการเผาไหม้นั้นได้มีปริมาณอากาศส่วนเกินที่ออกจากปล่องอยู่มาก จึงทำให้เกิดการสูญเสียความร้อนออกจากตู้อบ

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการตรวจสอบการเผาไหม้ของตู้อบที่ใช้ในโรงงานพบว่า มีปริมาณอากาศส่วนเกินในการเผาไหม้เของเตาอบตัวที่ 1 และ 2 เท่ากับ 14.2-13.2% ซึ่งเป็นเหตุให้สิ้นเปลืองพลังงานความร้อนเกินกว่า ค่ามาตรฐานสำหรับการเผาไหม้อยู่มาก ทางโรงงานสามารถทำการปรับปรุงประสิทธิภาพการเผาไหม้ของเตาอบได้โดยการปรับแต่งหัวเผาให้มีส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันให้เหมาะสมจะช่วยประหยัดพลังงานความร้อนได้



รูปแสดงสภาพของตู้อบความร้อนก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

จากการร่วมกันระดมสมองเสนอ และแลกเปลี่ยนความคิดเห็นของคณะทำงานและการให้คำปรึกษาของทีมงานที่ปรึกษา เพื่อหามาตรการอนุรักษ์พลังงานได้มีการกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงาน การปรับอัตราส่วนอากาศต่อเชื้อเพลิงให้เหมาะสม โดยการปรับแต่งหัวเผาให้มีส่วนผสมระหว่างอากาศกับน้ำมันให้เหมาะสม

สภาพหลังปรับปรุง

หลังการปรับปรุงโดยการปรับแต่งหัวเผาให้มีส่วนผสมระหว่างอากาศ กับน้ำมันให้เหมาะสมเพื่อลดการสูญเสียพลังงานความร้อน สามารถทำให้ประหยัดพลังงานลงได้ดังวิธีคำนวณผลประหยัดที่แสดงดังนี้





รูปแสดงสภาพของตู่อบความร้อนหลังการปรับปรุง

เงินลงทุนประมาณ	ไม่มี	
ผลประหยัดที่ได้	429,626.89	บาท/ปี
พลังงานที่ประหยัดได้	45,949.40	ลิตร/ปี หรือเทียบเท่า 44.90 toe/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	-	

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ให้กับเจ้าหน้าที่ที่ดูแล ระบบไอน้ำของโรงงานเพื่อให้มีการดูแลรักษาอย่างสม่ำเสมอ

แนวทางการขยายผล

จากการดำเนินการดังกล่าว ทางทีมงานที่ดูแลระบบทำการศึกษา และทำการติดมาตรวัดหรือตารางในการป้อนเชื้อเพลิงเพื่อให้เจ้าหน้าที่ดูแลระบบได้ปฏิบัติตาม และดูแลรักษาได้อย่างถูกวิธี และเหมาะสม

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ชื่ออุปกรณ์		=	เตาอบ 1	
ชนิดเชื้อเพลิง		=	น้ำมันเตาเกรด C	
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง (LH) *		=	10378	kcal/kg
ปริมาณออกซิเจนก่อน ($O_{2ก่อน}$)		=	14.2	%
ปริมาณออกซิเจนหลัง ($O_{2หลัง}$)		=	4.0	%
ปริมาณอากาศเชิงทฤษฎี (A_o)		=	(0.85 x LH / 1000) + 2	
		=	(0.85 x 10378 / 1000) + 2	
		=	10.82	Nm^3/kg_{fuel}
ปริมาณก๊าซเสียเชิงทฤษฎี (G_o)		=	1.11 x LH / 1000	
		=	1.11 x 10378 / 1000	
		=	11.52	Nm^3/kg_{fuel}
อัตราส่วนของอากาศ (m)		=	21 / (21 - O_2)	
	$m_{ก่อน}$	=	21 / (21 - 14.2)	
		=	3.09	
	$m_{หลัง}$	=	21 / (21 - 4.0)	
		=	1.24	
ปริมาณก๊าซเสียจริง (G)		=	$G_o + A_o$ x (m - 1)	
	$G_{ก่อน}$	=	11.52 + 10.82 x (3.09 - 1)	
		=	34.13	Nm^3/kg_{fuel}
	$G_{หลัง}$	=	11.52 + 10.82 x (1.24 - 1)	
		=	14.12	Nm^3/kg_{fuel}
ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสียก่อน ($Q_{gก่อน}$		=	61363.09	kcal/hr
ความร้อนสูญเสียในก๊าซเสียหลัง ($Q_{gหลัง}$)		=	($G_{หลัง}$ / $G_{ก่อน}$) x $Q_{gก่อน}$	
		=	(14.12 / 34.13) x 61363.09	
		=	25,386.66	kcal/hr

ความร้อนใช้ประโยชน์ก่อน ($Q_{uก่อน}$)	=	290,166.30	kcal/hr
ความร้อนใช้ประโยชน์หลัง ($Q_{uหลัง}$)	=	$Q_{uก่อน} + (Q_{gก่อน} - Q_{gหลัง})$	
	=	290166.30 + (61363.09 - 25386.66)	
	=	326,142.73	kcal/hr
ความร้อนของเชื้อเพลิงในการเผาไหม้	=	364,786.70	kcal/hr
ประสิทธิภาพอุปกรณ์ (h)	=	$S \times (h_g - h_w) / Q_f \times 100$	
$h_{ก่อน}$	=	290166.30 / 364786.70 x 100	
	=	79.54	%
$h_{หลัง}$	=	326142.73 / 364786.70 x 100	
	=	89.41	%
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ (F)	=	266,400.00	ลิตร/ปี
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ประหยัดได้	=	$F \times (h_{หลัง} - h_{ก่อน}) / h_{หลัง}$	
	=	266400 x (89.41 - 79.54) / 89.41	
	=	29,407.99	ลิตร/ปี
ค่าความร้อนของเชื้อเพลิง	=	41.28	MJ/ลิตร
พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้	=	29407.99 x 41.28	
	=	1,213,961.83	MJ/ปี
ราคาค่าเชื้อเพลิง	=	9.35	บาท/ลิตร
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	29407.99 x 9.35	
	=	274,964.71	บาท/ปี

การลงทุน

ทางที่ปรึกษาได้ทำการปรับช่องอากาศเข้าและปรับระดับน้ำมันให้เหมาะสมกันก็ไม่ต้องมีการลงทุนใดๆ

4.2.6 มาตรการลดการรั่วไหลของลมร้อนของเครื่องอบสปริง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมโลหะ ทำการผลิตชิ้นส่วนสปริงในรูปแบบต่างๆ เพื่อใช้ในอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์และในอุตสาหกรรมยานยนต์ ซึ่งภายในโรงงานมีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในสำนักงานและพื้นที่ปฏิบัติงานบางส่วน การสำรวจเครื่องจักรหลักที่ใช้พลังงานในส่วนต่างๆ ภายในโรงงาน พบว่า ในกระบวนการผลิตมีการใช้งานตู้อบความร้อน (Heat Treatment) ซึ่งมีการซึ่งใช้พลังงานมาก



รูปแสดงลักษณะของเครื่องจักรอบความร้อน Heat Treatment

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้พลังงานหลักภายในโรงงาน พบว่า ในกระบวนการผลิตลวดสปริงเป็นเมื่อขึ้นรูปชิ้นส่วนต่างๆ แล้วจะนำไปอบให้ความร้อนโดยใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า ด้วยตู้อบ (Heat Treatment) ควบคุมอุณหภูมิที่ 250 – 300 $^{\circ}$C เพื่อให้ลวดสปริงมีความคงทน ซึ่งตู้อบความร้อนนี้จะเปิดใช้งานตลอดเวลา และมีท่อดูดลมร้อนออกไปทิ้งภายนอกโรงงาน ซึ่งจากการตรวจสอบยังพบอีกว่า ตู้อบดังกล่าวมีลมร้อนไหลผ่านช่องด้านเข้าและด้านออกอย่างต่อเนื่องในปริมาณมาก เนื่องจากตู้อบไม่มีวัสดุแผ่นกันความร้อนกันไม่ให้ลมร้อนไหลออก คงมีเฉพาะช่องระบายลมร้อนและใช้ท่อส่งลมร้อนดูดออกไปทิ้งด้านนอก ซึ่งจากการทำงานดังกล่าวจะทำให้เกิดการสูญเสียการใช้พลังงานได้ออกเป็น 2 ส่วน คือ

1) การสูญเสียในรูปของความร้อนภายในตู้อบ เนื่องจากอากาศร้อนไหลออกมาเป็นจำนวนมากทำให้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าในการอบต้องทำงานมากขึ้นตามอุณหภูมิที่ตั้งไว้

2) การรั่วไหลของลมร้อนจากตู้อบ ทำให้เป็นภาระของเครื่องปรับอากาศเป็นอย่างมาก เนื่องจากตู้อบตั้งอยู่ในห้องปรับอากาศที่ควบคุมอุณหภูมิภายในห้องประมาณ 24-27 °C เมื่อมีอากาศร้อนรอบๆ ตู้อบที่ใช้เป็นจำนวนมากและเกิดการสะสมของความร้อน เป็นผลทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานหนักและคอมเพรสเซอร์ชำรุดบ่อยเนื่องจากต้องทำงานตลอดเวลา

จากสาเหตุดังกล่าว หากมีการดำเนินการลดการรั่วไหลของลมร้อนภายในตู้อบแล้วจะสามารถลดการทำงานของฮีตเตอร์ไฟฟ้าลงได้อีก ตลอดจนยังสามารถลดภาระความร้อนภายในระบบปรับอากาศลงอีกด้วย ทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากยิ่งขึ้น



รูปแสดงลักษณะการใช้งานของเครื่องอบสปริงที่มีการรั่วไหลลมร้อนก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

การปรับปรุงแผ่นฉนวนที่จะนำมาปิดช่องทางเข้า-ออกของตู้อบให้มีคุณภาพดีขึ้นกว่าเดิมได้ ซึ่งจะสามารถลดการสูญเสียลมร้อนที่ออกมาจากตู้อบได้ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) ดำเนินการตรวจวัดปริมาณลมร้อนที่รั่วไหลออกไป โดยการวัดความเร็วของลมดูด เพื่อหาค่า cfm ของลมร้อน
2) ตรวจวัดอุณหภูมิ และความชื้นของอากาศร้อนทิ้งออกไปและอุณหภูมิภายในห้อง
3) คำนวณหาปริมาณภาวะความร้อนแฝงจากการถ่ายเทอากาศ เพื่อทราบภาระการทำงานของเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในพื้นที่นั้น
4) เปรียบเทียบผลของการสูญเสียพลังงานจากการรั่วไหลของอากาศร้อนปล่อยทิ้งไว้ตลอดเวลา

5) นำเสนอผลการตรวจวัด และวิเคราะห์ผลการประหยัดพลังงาน เพื่อขอความเห็นชอบจากผู้บริหาร เพื่อดำเนินการจัดหาแผ่นวัสดุป้องกันความร้อนออกจากตู้อบ
6) ดำเนินการติดตั้งแผ่นวัสดุป้องกันความร้อนของตู้อบ พร้อมทั้งแต่งตั้งทีมงานคอยติดตามการปฏิบัติงานในมาตรการดังกล่าว
7) สรุปผลการดำเนินการ และผลการประหยัดที่เกิดขึ้นจากการดำเนินมาตรการ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการลดการรั่วไหลของลมร้อนของเครื่องอบสปริง สามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้	**43,239.46**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**3.684**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**141,393.03**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**12,600**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.09**	**ปี**			



รูปภาพแสดงการติดตั้งแผ่นวัสดุป้องกันความร้อนของตู้อบหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

ควรมีการให้ความรู้เกี่ยวกับการอนุรักษ์พลังงานให้กับพนักงาน และขอความร่วมมือกับพนักงานในการช่วยกันประหยัดพลังงาน

เนื่องจากทางโรงงานมีการใช้เครื่องปรับอากาศภายในโรงงาน และใช้งานของตู้อบเป็นจำนวนมาก โดยมีช่องระบายลมร้อนของตู้อบทั้งสองด้าน และควรใช้ท่อส่งลมร้อนดูดออกไปทิ้งด้านนอก เพื่อไม่ให้เป็นการเพิ่มภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศ ทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นควรกำหนดให้พนักงานคอยติดตามการปฏิบัติงานในมาตรการดังกล่าว

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าที่สามรถประหยัดได้จากเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากการดำเนินการติดตั้งแผ่นวัสดุป้องกันความร้อนของตู้อบ

ภาระการทำความร้อนเนื่องจากการรั่วซึมของอากาศร้อนจากภายในเครื่อง

จากสมการ

$$Q = 72 \times CMM_{oa} \times (h_{oa}-h_{rm})$$

แทนค่า Q คือ ภาระทำความเย็นเนื่องจากการรั่วซึมของอากาศภายนอก (kj/hr.)

CMM_{oa} คือ ปริมาณลมที่ผ่านรอยรั่วซึม (m^3/min)

h_{oa} คือ เอนทาลปีของอากาศภายนอก (kj/kg)

h_{rm} คือ เอนทาลปีของอากาศภายในห้อง (kj/kg)

72 คือ ค่าคงที่ได้จาก 1.2 kg/m^3 (ความหนาแน่นอากาศ) x 60 นาที

รอยรั่วไหลของอากาศเย็น	=	(0.20 + 0.10) x 1	
	=	0.20	m^2
ความเร็วลม	=	0.20	m/s
อุณหภูมิภายนอกเฉลี่ย	=	27.60	^oC
ความชื้นสัมพัทธ์	=	43.80	%
อุณหภูมิภายในเฉลี่ย	=	78.00	^oC
ความชื้นสัมพัทธ์	=	3.20	%
ปริมาณลมที่ผ่านรอยรั่วทั้งหมด	=	0.48	ลบม./นาที
เอนทาลปีของอากาศภายนอกตู้อบ	=	53.41	kj/kg
เอนทาลปีของอากาศภายในตู้อบ	=	100.95	kj/kg
ภาระการทำความร้อนจากการรั่วซึม	=	72 x 0.48 x (100.95 - 53.41)	
	=	1,642.98	kj/hr
ภาระการทำความร้อน	=	(1,642.98 x 0.9478)	
	=	1,557.22	btu/W
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(1,557.22 / 3.4122) / 1000	
	=	0.46	kW
ชั่วโมงทำงาน/วัน	=	24.00	ชม./วัน
วันทำงาน/ปี	=	262.00	วัน/ปี
เปอร์เซนต์การใช้งานเฉลี่ย	=	85	%
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย	=	3.27	บาท/kWh
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	=	(0.46 x 24.0 x 262 x 85 / 100)	

	=	2,458.61	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	=	(2,458.61 x 3.27)	
	=	8,039.65	บาท/ปี
จำนวนตู้อบที่ปรับปรุง	=	13.0	ชุด
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้รวม	=	31,961.93	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้รวม	=	(31,961.93 x 3.27)	
	=	104,515.51	บาท/ปี
คิดเทียบเป็นภาระความร้อนของเครื่องปรับอากาศ	=	21,358.740	kj/hr
	=	20,243.810	Btu/hr
ประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศเฉลี่ยประมาณ	=	9.60	Btu/W
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	=	(20,243.810 / 9.60) / 1000	
	=	2.11	kW
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้	=	(2.11 x 24.0 x 262 x 85 / 100)	
	=	11,277.53	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	=	(11,277.53 x 3.27)	
	=	36,877.52	บาท/ปี
คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่สามารถประหยัดได้รวม	=	(31,961.93 + 11,277.53)	
	=	43,239.46	kWh/ปี
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้รวม	=	(43,239.46 x 3.27)	
	=	141,393.03	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	(43,239.46 x 3.60)	
	=	155,662.06	MJ/ปี
	=	3.684	toe/ปี

การลงทุน

ราคาแผ่นผ้าฉนวนกันความร้อน	=	2,100.00	บาท
จำนวน	=	6.00	ชุด
รวมทั้งสิ้น	=	12,600.00	บาท
คิดเป็นระยะเวลาคืนทุน	=	(12,600.00 / 141,393.03)	
	=	0.09	ปี
	=	1.08	เดือน

4.2.7 มาตรการหุ้มฉนวนถังอบเม็ดพลาสติก (Hopper)

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมพลาสติก มีการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 763,247.95 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าไฟฟ้า 2,425,053.66 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยอยู่ที่ 3.18 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ในกระบวนการผลิตหลักมีการติดตั้งใช้งานเตาหลอมเม็ดพลาสติก ซึ่งมีการใช้งานตลอด 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 300 วันต่อปี เพื่อผลิตขวดพลาสติก โดยมีการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้าให้ความร้อนสำหรับกระบวนการหลอมเม็ดพลาสติก ซึ่งนับเป็นกระบวนการที่มีการใช้พลังงานในปริมาณที่สูงมาก

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการพิจารณากระบวนการผลิตของโรงงาน พบว่า การติดตั้งใช้งานเตาหลอมเม็ดพลาสติกในกระบวนการผลิตขวดพลาสติกนั้นไม่มีการหุ้มฉนวนหลายจุด ทำให้อุณหภูมิผิวของเครื่องมีอุณหภูมิอยู่ระหว่าง 120 - 295 ˚C มีผลทำให้เกิดความร้อนสูญเสียในปริมาณสูงผ่านผนังเครื่องจักรตลอดเวลาการเดินเครื่อง นอกจากนั้นยังส่งผลให้อากาศภายในห้องและบริเวณโดยรอบมีอุณหภูมิสูงซึ่งอาจทำให้ผู้ปฏิบัติงานมีประสิทธิภาพการทำงานลดลง และสิ้นเปลืองพลังงานในการถ่ายเทความร้อนออกจากห้องด้วยเช่นกัน การตรวจวัดข้อมูลเบื้องต้นของเตาหลอมเม็ดพลาสติก มีดังนี้

เตาหลอมเม็ดพลาสติก	ขนาด Dia x L (m x m)	อุณหภูมิผิว (˚C)	สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (W/m2-K)	สัมประสิทธิ์การแผ่รังสี (W/m2-K)	สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม (W/m2-K)
ส่วน Preheat	0.16 x 1.00	295	8.4208	11.4609	19.8818
ส่วนป้อน	0.5 x 0.60	120	8.5979	5.4419	14.0398
ส่วนเกลียวอัด	0.15 x 1.00	274	8.3830	10.5527	18.9357



รูปแสดงเตาหลอมเม็ดพลาสติกและการตรวจวัดอุณหภูมิผิวท่อก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

เตาหลอมเม็ดพลาสติกใช้ในการเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตขวดพลาสติก มีการเดินระบบทำงานตลอดเวลาที่ 24 ชั่วโมงต่อวัน และ 320 วันต่อปี เพื่อต้องการเดินเครื่องให้ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ลดพลังงานสูญเสียจากการอุ่นและหยุดเครื่อง อย่างไรก็ตามเครื่องจักรยังไม่มีการหุ้มฉนวนพื้นผิวอย่างเหมาะสม ทำให้อุณหภูมิผิวของอุปกรณ์ส่วนต่างๆอยู่ระหว่าง 120-295 ˚C ซึ่งจะทำให้เกิดความร้อนสูญเสียผ่านผนังเครื่องตลอดเวลา จึงควรมีการหุ้มฉนวนใยแก้วหนาประมาณ 38-62 มม. จะสามารถประหยัดพลังงานความร้อนสูญเสียผ่านผนังในส่วนนี้ได้

การดำเนินมาตรการสำหรับการติดตั้งหุ้มฉนวนอุปกรณ์ต่างๆเตาหลอมเม็ดพลาสติกให้เหมาะสม เพื่อเป็นการลดความร้อนสูญเสียโดยไม่จำเป็น โดยมีขั้นตอนการทำงานดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยตรวจวัดอุณหภูมิผิวอุปกรณ์ อุณหภูมิสภาพแวดล้อม พื้นที่ผิวอุปกรณ์ ชั่วโมงการใช้ทำงาน และข้อมูลอื่นๆที่จำเป็นในการวิเคราะห์ความร้อนสูญเสีย
2) สำรวจข้อมูลด้านราคา โดยสอบถามค่าดำเนินการในการหุ้มฉนวน การติดตั้งและระยะเวลาการดำเนินการ
3) จัดทำแผนการปรับปรุงโดยพิจารณาเลือกช่วงเวลาที่ทำการติดตั้งหุ้มฉนวนโดยไม่กระทบต่อการผลิตของโรงงาน

4) วิเคราะห์ข้อมูลโดยนำข้อมูลเชิงเทคนิค ค่าดำเนินการ และแผนงานในการปรับปรุงจัดทำเป็นเอกสารเพื่อนำเสนอต่อผู้บริหารประกอบการพิจารณา
5) ดำเนินการตามมาตรการ โดยการจัดจ้างบริษัทเพื่อเข้าดำเนินการ ทั้งนี้จะทำการสอบถามรายละเอียดขั้นตอนในการทำงานทำการวางแผนเตรียมความพร้อม
6) ตรวจสอบความถูกต้องของการดำเนินการ โดยที่ปรึกษาจะเข้าไปดูความเรียบร้อยในการติดตั้งหุ้มฉนวนให้เหมาะสม พร้อมทั้งวิเคราะห์ข้อมูลหลังการปรับปรุง
7) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง โดยการวิเคราะห์ผลการประหยัดจริงที่เกิดขึ้นทั้งหมดในเชิงวิศวกรรมและเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นและสรุปรายงานผลให้ผู้บริหารทราบ

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการหุ้มฉนวนถังอบเม็ดพลาสติกโดยการติดตั้งฉนวนใยแก้ว สามารถประเมินศักยภาพการลดความร้อนสูญเสียได้ประมาณ 88% และประหยัดได้แสดงดังตารางต่อไปนี้

เตาหลอมเม็ดพลาสติก	ขนาด (m) Dia x L	อุณหภูมิผิว (˚C)	ความร้อนสูญเสียก่อนหุ้มฉนวน (W)	หุ้มฉนวนหนา (mm)	ความร้อนสูญเสียหลังหุ้มฉนวน (W)
ส่วน Preheat	0.16 x 1.00	295	2649.39	62	317.93
ส่วนป้อน	0.5 x 0.60	120	119.14	38	14.30
ส่วนเกลียวอัด	0.15 x 1.00	274	2178.15	62	261.38

ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ 39,311 kWh/ปี หรือเทียบเท่า 3.352 toe/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 125,072.58 บาท/ปี เงินลงทุน 15,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน 0.12 ปี



รูปแสดงการหุ้มฉนวนเตาอบเม็ดพลาสติกหลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

สำรวจจุดสูญเสียพลังงานความร้อนในอุปกรณ์อื่น และดำเนินการหุ้มฉนวนเพื่อลดการสูญเสียความร้อนทั้งหมด**ภายในโรงงาน**

วิธีคำนวณผลการประหยัด

ก่อนการปรับปรุง

ผนังอุปกรณ์ Preheat มีอุณหภูมิผิวประมาณ 295 ˚C มีค่าความร้อนสูญเสียที่ผิวผนังเท่ากับ 5268.67 วัตต์/ตารางเมตร มีพื้นที่ผิวที่ควรหุ้มฉนวนเท่ากับ 0.50 ตารางเมตร

ความร้อนสูญเสีย = 5,268.67 x 0.50
= 2,649.39 วัตต์
เทียบเท่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย = 2,649.39 / 0.85
= 3,116.93 วัตต์

หลังการปรับปรุง

การปรับปรุงติดตั้งฉนวนใยแก้วหนา 62 มม. หุ้มที่ตัวอุปกรณ์อย่างเหมาะสม ซึ่งสามารถประเมินศักยภาพการลดความร้อนสูญเสียลงได้ประมาณ 88% ดังนั้นหลังจากหุ้มฉนวนแล้วจะมีค่าความร้อนสูญเสียที่ผิวผนังเท่ากับ 635.86 วัตต์/ตารางเมตร มีพื้นที่ผิวที่ควรหุ้มฉนวนเท่ากับ 0.50 ตารางเมตร

ความร้อนสูญเสีย = 635.86 x 0.50
= 317.93 วัตต์
เทียบเท่ากำลังไฟฟ้าสูญเสีย = 317.93 / 0.85
= 374.04 วัตต์

กำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง = ความร้อนสูญเสีย (ก่อนการปรับปรุง- หลังการปรับปรุง)
= 3,116.93 – 374.04
= 2,742.89 วัตต์

คิดเป็นพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง = กำลังไฟฟ้าสูญเสียลดลง x ชั่วโมงการทำงาน
= 2.743 kW x 24 ชม./วัน x 300 วัน/ปี
= 19,749.60 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
เทียบเท่า = 19,749.60 x 85.21 x 10^{-6} toe/ปี
= 1.795 toe/ปี

คิดเป็นเงิน	=	19,749.60 x 3.18	
	=	62,803.72	บาท/ปี

ผลการประหยัดพลังงานรวมจากการหุ้มฉนวนเตาหลอมเม็ดพลาสติก

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดลงทั้งหมด	=	39,331	กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ	=	39,331 x 85.21 x 10^{-6}	
	=	3.352	toe/ปี
คิดเป็นเงิน	=	39,331 x 3.18	บาท/ปี
	=	125,072.58	บาท/ปี

การลงทุน

ค่าดำเนินการในการปรับปรุงหุ้มฉนวน	15,000	บาท
ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลง	125,072.58	บาท/ปี
ระยะเวลาคืนทุน	0.12	ปี

4.2.8 มาตรการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตเพื่อลดการใช้งานตู้อบ Conditioning

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการเป็นโรงงานอุตสาหกรรมการผลิตท่อฉนวนไฟฟ้าชนิดหดตัวได้ด้วยความร้อน ซึ่งต้องทำการอบผลิตภัณฑ์ (Conditioning system) ในขั้นตอนสุดท้ายของการผลิต โดยโรงงานมีตู้อบ Conditioning จำนวน 1 ตู้ ซึ่งจะมีฮีตเตอร์ขนาด 2.2 kW จำนวน 6 ชุด เพื่อให้ความร้อนในการอบผลิตภัณฑ์ และมีมอเตอร์พัดลมขนาด 5.5 kW สำหรับใช้ในการไหลเวียนอากาศในตู้อบ จำนวน 2 ตัว

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

ในระยะเวลาที่ผ่านมา โรงงานจัดทำระบบบริหารจัดการกระบวนการผลิตที่มีประสิทธิภาพโดยไม่มีการกำหนดระยะเวลาในการอบ ตลอดจนขาดลำดับขั้นตอนการนำผลิตภัณฑ์เข้าตู้อบอย่างต่อเนื่องโดยมีการเปิดประตูของตู้อบบ่อยครั้ง ทำให้สูญเสียความร้อนและพลังงานไฟฟ้ามากในแผนกอบผลิตภัณฑ์



รูปแสดงลักษณะของตู้อบผลิตภัณฑ์ก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

กำหนดระบบบริหารจัดการสำหรับกระบวนการอบความร้อนผลิตภัณฑ์โดยปรับปรุงลำดับขั้นตอนการทำงาน โดยการรวบรวมผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าตู้อบให้ได้ปริมาณมากที่สุดในแต่ละรอบของการอบความร้อน และทำการอบผลิตภัณฑ์ต่อเนื่องทั้งหมดกันเป็นเวลา 3 วัน หลังจากนั้นจึงทำการปิดการใช้ตู้อบเป็นระยะเวลา 4 วัน เพื่อรอวัตถุดิบจากระบบผลิตและรวบรวมผลิตภัณฑ์ก่อนเข้าตู้อบในอีกรอบของการทำงาน

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินมาตรการปรับปรุงขั้นตอนการผลิตเพื่อลดการใช้งานตู้อบ Conditioning ทำให้มีลดการใช้งานตู้อบเป็นระยะเวลา 4 วันต่อสัปดาห์ จากเดิมซึ่งไม่เคยปิดการใช้งานตู้อบเลย ทำให้สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าของตู้อบลงได้ ดังนี้ 71,185.92 kWh/ปี

ประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้	**71,185.92**	**kWh/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**6.07**	**toe/ปี**
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	**203,591.73**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			





รูปแสดงการกำหนดระบบการบริหารจัดการตู้อบผลิตภัณฑ์หลังการปรับปรุง

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

สำรวจและตรวจสอบเพื่อจัดระบบการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานอื่นของโรงงาน เพื่อลดระยะเวลาการทำงานและสามารถประหยัดพลังงานได้มากยิ่งขึ้น

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

ขนาดของมอเตอร์พัดลมหมุนเวียนอากาศ = 5.5 kW
จำนวน = 2 ตัว
โหลดแฟกเตอร์ของมอเตอร์ = 100 เปอร์เซ็นต์
จากการวัด กำลังไฟฟ้าของมอเตอร์พัดลม = (2.93 kW x 2)
= 5.86 kW
ชั่วโมงการลดการใช้งาน = 24 ชม./วัน x 4 วัน/สัปดาห์ x 52 สัปดาห์/ปี
= 4,992 ชม./ปี
ดังนั้นประหยัดได้ = 5.86 x 4,992
= 29,253.12 kWh/ปี

ปริมาตรของตู้อบ 2 m x 6 m x 2 m
มีพื้นที่ผนังรวม, A_w = 56 m^2
อุณหภูมิผนังตู้อบขณะเปิดใช้งาน, T_w = 45 $^{\circ}C$
อุณหภูมิอากาศแวดล้อมเฉลี่ย, T_a = 30 $^{\circ}C$
สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนรวม, U_L = 10 $W/m^2\text{-}^{\circ}C$
ดังนั้นอัตราการสูญเสียความร้อนผ่านผนังตู้อบ,

$$Q = U_L \times A_w \times (T_w - T_a)$$

= 8.4 kW

กำลังไฟฟ้ารวมของฮีตเตอร์ไฟฟ้าขนาด 2.2 kW จำนวน 6 ตัว

	=	13.2 kW
ดังนั้นโหลดแฟกเตอร์ของฮีตเตอร์ขั้นต่ำ	=	(8.4/13.2) x 100
	=	63.6 %
ดังนั้นประหยัดพลังงานไฟฟ้าของฮีตเตอร์ได้	=	8.4 x 4,992
	=	41,932.80 kWh/ปี
คิดผลประหยัดรวม	=	71,185.92 kWh/ปี
หรือคิดเป็นปริมาณน้ำมันดิบเท่ากับ	=	6.07 toe/ปี
คิดเป็นจำนวนเงินที่ประหยัดได้	=	203,591.73 บาท/ปี

* อัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ย 2.86 บาท/หน่วย

4.3 อุปกรณ์ความร้อนอื่น ๆ

4.3.1 มาตรการปรับปรุงกระบวนการเผาเหล็กแบบพ่นไฟโดยใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมี กระบวนการผลิตก้านร่ม ซึ่งในการผลิตก้านร่มจะต้องผ่านการเผาเหล็กส่วนปลายให้ร้อนจนแดงแล้วนำไปเข้าเครื่องอัดให้เหล็กส่วนที่ร้อนแบนลงแล้วทำการเจาะรูเพื่อร้อยก้านร่มต่อไป

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

จากการสำรวจพบว่า ในกระบวนการเผาเหล็กส่วนปลายให้ร้อนจนแดงนั้น ต้องใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิงในการเผา แต่พบว่าในกระบวนการเผานั้นเป็นการเผาในระบบเปิดโดยการพ่นเปลวไฟลงไปบริเวณปลายเหล็กโดยตรงซึ่งเป็นการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงเป็นอันมาก



รูปแสดงกระบวนการใช้เชื้อเพลิง LPG ของโรงงานก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

โรงงานพิจารณานำเอาออกซิเจนมาเป็นตัวช่วยในการเผาไหม้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) รวมทั้งปรับปรุงหัวเผาให้เปลวเชื้อเพลิงพุ่งไปยังชิ้นงานดีขึ้น รวมทั้งทำการเผาปลายเหล็กในระบบกึ่งปิดเพื่อช่วยลดการสูญเสียความร้อน โดยสามารถนำอิฐทนไฟมาปิดกั้นเพื่อลดการกระจายของเปลวเชื้อเพลิง ลดการสูญเสียความร้อนได้อีกทางหนึ่ง

สภาพหลังปรับปรุง

จากการดำเนินการปรับปรุงและทำการเก็บบันทึกจำนวนการผลิตสินค้า และการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ในแต่ละสัปดาห์ พบว่ามีการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ลดลงเฉลี่ยเดือนละ 48 kg ต่อสัปดาห์



รูปแสดงกระบวนการใช้เชื้อเพลิง LPG ของโรงงานหลังการปรับปรุง

ผลประหยัด

จำนวนเงิน	46,824.96	บาท
LPG	2,496.00	kg/ปี
คิดเป็นน้ำมันดิบ	0.00297	ktoe/ปี
เงินลงทุน	30,000.00	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	0.64	ปี

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

การวิเคราะห์

ก่อนการปรับปรุง

ปริมาณการใช้ LPG (V1)	=	4.0	ถัง/สัปดาห์ (48 kg/ถัง)
	=	208.0	ถัง/ปี
	=	9,984.0	kg/ปี

หลังดำเนินการปรับปรุง

ปริมาณการใช้ LPG ลดลงเหลือ (V2)	=	3.0	ถัง/สัปดาห์ (48 kg/ถัง)
	=	156.0	ถัง/ปี
	=	7,488.0	kg/ปี
สามารถลดการใช้ LPG ลงได้	=	V1 - V2	
	=	1.0	ถัง/สัปดาห์ (48 kg/ถัง)
	=	52.0	ถัง/ปี
	=	2,496.0	kg/ปี
หรือคิดเป็น	=	(2,496/0.53) x (630.14 x 10^{-9})	
	=	0.00297	ktoe/ปี
ค่า LPG เฉลี่ย	=	18.76	Baht/kg
ค่า LPG ที่สามารถประหยัดได้	=	46,824.96	Baht/ปี
เงินลงทุน	=	30,000	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.64	ปี

4.3.2 มาตรการใช้ก๊าซชีวภาพมาใช้เป็นพลังงานทดแทน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานมีการใช้พลังงานไฟฟ้า จากเดือน มีนาคม 2550 ถึงเดือน กุมภาพันธ์ 2551 รวมทั้งสิ้น 2,291,556 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าไฟฟ้า 7,675,373.76 บาทต่อปี มีค่าไฟฟ้าเฉลี่ยเท่ากับ 3.35 บาทต่อหน่วย และมีการใช้พลังงานความร้อนจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) รวมทั้งสิ้น 405 ถังต่อปี โดยโรงงานมีเวลาทำงาน 312 วันต่อปี

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

ในกระบวนการให้ความร้อนโดยการเผาขาหมู เดิมจะใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) เป็นเชื้อเพลิงในการเผาซึ่งจะต้องใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ถึง 2 ถัง/สัปดาห์ (ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) 1 ถัง หนัก 48 กก.)

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

ทีมงานอนุรักษ์พลังงานของบริษัท ได้เปลี่ยนมาใช้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงในการเผาขาหมูแทนก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ซึ่งทางโรงงานมีก๊าซชีวภาพที่ผลิตมาจากมูลสุกรอยู่แล้ว ทำให้สามารถประหยัดค่าใช้จ่ายจากก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ได้ถึง 2 ถัง/สัปดาห์

สภาพหลังปรับปรุง

ประหยัดเงินได้	89,232	บาท/ปี
ประหยัดก๊าซ LPG ได้	4,992	กก./ปี
ประหยัดพลังงานได้	250,748	MJ/ปี
หรือเทียบเท่า	5.936	toe/ปี
เงินลงทุน	-	บาท
ระยะเวลาคืนทุน	-	



รูปแสดงลักษณะโดมบรรจุก๊าซชีวภาพ



รูปแสดงลักษณะของหัวเผาสำหรับเผาขาหมู

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน
การเผาขาหมูโดยใช้ก๊าซชีวภาพแทนก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)

ก่อนปรับปรุง : ใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ถัง/สัปดาห์
หลังปรับปรุง : ใช้ก๊าซชีวภาพแทนก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) จึงลดการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ทันทีถึง 2 ถัง/สัปดาห์

ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) 1 ถัง หนัก = 48 กก./ถัง
เมื่อใช้ก๊าซชีวภาพในการเผาขาหมูจึงลดการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)
= 2 ถัง/สัปดาห์
เวลาการทำงานใน 1 ปี = 52 สัปดาห์/ปี
สามารถลดปริมาณการใช้ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG) ได้
= 2 ถัง/สัปดาห์ x 52 สัปดาห์/ปี
= 104 ถัง/ปี
คิดเป็นปริมาณก๊าซปิโตรเลียมเหลว (LPG)
= 48 กก./ถัง x 104 ถัง/ปี
= 4,992 กก./ปี
คิดเป็นพลังงานที่สามารถประหยัดได้
= 4,992 กก./ปี x 50.23 MJ/กก.
= 250,748 MJ/ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = 104 ถัง/ปี x 858 บาท/ถัง
= 89,232 บาท/ปี
คิดเป็น toe = (4,992 กก./ปี) / (841 กก./toe)
= 5.936 toe/ปี

4.3.3 มาตรการเปลี่ยนหัวเตาก๊าซหุงต้มประสิทธิภาพสูง

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

สถานประกอบการประเภทห้องอาหารและภัตราคาร มีลักษณะการให้บริการร้านอาหารและจัดเลี้ยง มีห้องครัวขนาดใหญ่ซึ่งใช้ในการประกอบอาหาร ซึ่งในขั้นตอนกระบวนการประกอบอาหารจะใช้เตาก๊าซหุงต้ม ในการทำอาหารเกือบทุกประเภท โดยมีการใช้เตาก๊าซ จำนวนรวม 13 เตา

ปัญหาของอุปกรณ์/ระบบก่อนปรับปรุง

การสำรวจ พบว่า เตาก๊าซที่ใช้งานอยู่ในปัจจุบันเป็นหัวเตาชนิดเก่าซึ่งมีอัตราการใช้ก๊าซมากกว่าหัวเตาก๊าซรุ่นใหม่ อีกทั้งจากการที่ใช้งานมานานและใช้งานเป็นประจำทำให้ประสิทธิภาพการให้พลังงานต่ำ พิจารณาได้จากเปลวไฟเป็นสีแดงส้มซึ่งก่อให้เกิดเขม่าดำปรากฏที่ภาชนะแสดงว่าการเผาไหม้ไม่สมบูรณ์ทำให้สิ้นเปลืองก๊าซหุงต้มมากกว่าปกติ



รูปแสดงลักษณะ การใช้งานหัวเตาก๊าซหุงต้มของสถานประกอบการก่อนการปรับปรุง

แนวคิดและขั้นตอนการดำเนินการ

เนื่องจากห้องครัวของห้องอาหารและภัตราคารมีการใช้ก๊าซ LPG ไปริมาณมากถึง 18,828 กิโลกรัมต่อปี ในการประกอบอาหาร การใช้หัวเตาก๊าซประสิทธิภาพสูงทดแทนการใช้หัวเตาก๊าซแบบเดิมซึ่งใช้งานมานาน สามารถทำให้โรงแรมประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานเชื้อเพลิงจากก๊าซ LPG มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1) สำรวจข้อมูลเชิงเทคนิค โดยสำรวจจำนวนหัวเตาก๊าซที่ต้องการเปลี่ยน และอุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการติดตั้ง

2) สำรวจข้อมูลด้านราคา โดยสอบถามราคาของอุปกรณ์ที่ใช้งาน พร้อมทั้งระยะเวลาในการสั่งซื้อ

3) จัดทำแผนการปรับปรุงโดยวางแผนงานในการติดตั้งไม่ให้กระทบกับการประกอบอาหารเพื่อบริการลูกค้า

4) วิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอผู้บริหารเพื่อพิจารณาอนุมัติโครงการ

5) ดำเนินการสั่งซื้อและติดตั้งอุปกรณ์ต่าง ๆที่กำหนด และตรวจสอบความถูกต้องและความปลอดภัย

6) สรุปและประเมินผลการปรับปรุง โดยการวิเคราะห์ผลประหยัดที่ได้รับและรายงานผลต่อผู้บริหารทราบ



ภาพแสดงการเปลี่ยนไปใช้หัวเตาหุงต้มก๊าซประสิทธภาพสูงหลังการปรับปรุง

สภาพหลังปรับปรุง

การดำเนินการเปลี่ยนหัวเตาก๊าซหุงต้มประสิทธิภาพสูง จำนวน 13 ชุด สำหรับห้องอาหารและภัตราคาร สามารถประหยัดพลังงานก๊าซหุงต้ม (LPG) ลงได้ ดังนี้

ประหยัดก๊าซ LPG ลงได้	**3,765.60**	**กิโลกรัม/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**4.4771**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**72,186.55**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**26,000**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**0.36**	**ปี**			

ข้อเสนอแนะและแนวทางการขยายผล

มีการตรวจสอบและบำรุงรักษาโดยการทำความสะอาดบริเวณเตาก๊าซหุงต้ม โดยเฉพาะหัวเตาให้ปราศจากคราบสกปรกและไขมันเพื่อไม่ก่อให้เกิดการอุดตันที่มีผลทำให้ประสิทธิภาพ การให้ความร้อนต่ำลง ตลอดจนในการประกอบอาหารควรมีการปรับเปลวไฟเพื่อให้ความร้อนตามความเหมาะสมของประเภทอาหาร โดยควรปิดเตาทันทีเมื่อเสร็จสิ้นการประกอบอาหารและไม่เปิดเตาทิ้งไว้ขณะรอการจัดเตรียมอาหาร

วิธีการคำนวณผลการประหยัดพลังงาน

ปริมาณการใช้ก๊าซ LPG ในแผนกครัวต่อปี เป็น 18,828 กิโลกรัม

<u>ก่อนการปรับปรุง</u>

พลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG *(คิดที่ปริมาณที่ใช้งานในรอบ1 ปีที่ผ่านมา)*

= 18,828 กิโลกรัม/ปี

<u>หลังการปรับปรุง</u>

พลังงานความร้อนจากก๊าซ LPG (*ใช้ปริมาณก๊าซลดลง 20 เปอร์เซนต์ผลจากการทดสอบการใช้งานหัวเตาใหม่)*

= 18,828 x 0.80

= 15,062.40 กิโลกรัม/ปี

<u>การคำนวณพลังงานจากก๊าซ LPG ที่ประหยัดได้</u>

ก๊าซ LPGที่ประหยัดได้	=	ปริมาณการใช้ก๊าซ (ก่อนปรับปรุง–หลังปรับปรุง)
	=	18,828 - 15,062.40
	=	3,765.60 กิโลกรัม/ปี
เทียบเท่าตันน้ำมันดิบ	=	3,765.60 x 1.8868 x 630.14 x 10^{-6}
	=	4.4771 toe / ปี
คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้	=	3,765.60 กิโลกรัม/ปี x 19.17 บาท/กิโลกรัม
	=	72,186.55 บาท/ปี

<u>การลงทุน</u>

ลงทุนหัวเตาก๊าซ 13 หัว รวมเป็นเงิน	=	26,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	0.36 ปี

4.3.4 มาตรการใช้เชื้อเพลิงทดแทนในภาคขนส่งภายในโรงงาน

ความเป็นมาและลักษณะการใช้งาน

โรงงานอุตสาหกรรมประเภทอาหาร ในระบบการขนถ่ายวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์ภายในโรงงานจะเป็นรถประเภทโฟล์กลิฟท์ มีการใช้งานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลรวมประมาณ 36,000 ลิตรต่อปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายประมาณ 1,008,480 บาทต่อปี มีค่าเชื้อเพลิงเฉลี่ย 28.01 บาทต่อลิตร



รูปแสดงลักษณะของรถโฟล์กลิฟท์ใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลภายในโรงงานก่อนการปรับปรุง

ปัญหาของระบบก่อนการปรับปรุง

จากการสำรวจการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในภาคขนถ่ายวัตถุดิบเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตภายในโรงงานมีปริมาณการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงเฉลี่ย 3,000 ลิตร/เดือน ซึ่งในสภาวะที่ราคาน้ำมันในท้องตลาดที่มีราคาสูงขึ้นกว่าในรอบหลายปีที่ผ่านมา มีผลกระทบทำให้ค่าใช้จ่ายทางด้านการขนส่งสินค้าสูงขึ้นมากซึ่งไม่เหมาะสมต่อสภาพการเศรษฐกิจในปัจจุบัน

แนวคิด และขั้นตอนการดำเนินงาน

ปรับปรุงโดยการเปลี่ยนประเภทการใช้เชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซล B2 มาใช้เชื้อเพลิงทดแทนจากน้ำมันไบโอดีเซล B5 ซึ่งมีปริมาณการผสมระหว่างน้ำมันไบโอ 5 % และน้ำมันดีเซล 95 % ซึ่งคงให้ปริมาณค่าความร้อนในการใช้ที่เท่าเดิม และไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์สำหรับรถโฟล์กลิฟท์และรถตักวัตถุดิบทั้งสิ้น

สภาพหลังการปรับปรุง

การดำเนินมาตรการเปลี่ยนชนิดของเชื้อเพลิงจากน้ำมันดีเซลมาเป็นน้ำมันไบโอดีเซล B5 ซึ่งหาซื้อได้ง่ายจากปั๊มน้ำมันทั่วไป แล้วสามารถลดค่าใช้จ่ายด้านน้ำมันดีเซลของโรงงานลงได้ ดังนี้

ประหยัดเชื้อเพลิงลงได้	**1,063.66**	**ลิตร/ปี**	**หรือเทียบเท่า**	**0.917**	**toe/ปี**
เป็นเงินที่ประหยัดได้	**93,059.66**	**บาท/ปี**	**เงินลงทุน**	**-**	**บาท**
ระยะเวลาคืนทุน	**-**	**ปี**			




รูปแสดงลักษณะการทำงานของรถโฟล์กลิฟท์ที่เปลี่ยนการใช้ชนิดของเชื้อเพลิงทดแทน

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมและแนวทางการขยายผล

การเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงทดแทนจากน้ำมันไบโอดีเซล B5 นั้นอาจยังไม่ส่งผลกระทบต่อเครื่องยนต์รอบต่ำแต่ประการใด ดังนั้นช่วงเริ่มต้นควรใช้น้ำมันไบโอดีเซลควบคู่กับน้ำมันดีเซล เพื่อประเมินผลกระทบของการใช้งานของเครื่องยนต์ประมาณ 6 เดือน แล้วจึงใช้น้ำมันไบโอดีเซลทั้งหมดอย่างถาวร

วิธีการคำนวณผลการอนุรักษ์พลังงาน

อัตราค่าน้ำมันดีเซล B2 ณ ปัจจุบัน (กรุงเทพ และปริมณฑล) เท่ากับ 23.99 บาท/ลิตร

ปริมาณน้ำมันที่มีการใช้ของโรงงานเฉลี่ย	=	3,000	ลิตร/เดือน
รวมปริมาณการใช้รอบปี	=	36,000	ลิตร/ปี
คิดเป็นต้นทุนรวม ณ ปัจจุบัน	=	838,440	บาท/เดือน
ค่าความร้อนของน้ำมันดีเซล	=	36.42	MJ/ลิตร
คิดเป็นปริมาณความร้อนที่ใช้	=	(36,000.00 x 36.42)	
	=	1,311,120	MJ/ปี

หากดำเนินการเปลี่ยนมาใช้เชื้อเพลิงทดแทนจากน้ำมันไบโอดีเซล B5 แล้ว ค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซล B5 จะต่ำกว่าน้ำมันดีเซล B2 อยู่ประมาณ 2 %

ค่าความร้อนของน้ำมันไบโอดีเซล B5	=	35.69	MJ/ลิตร
คิดเทียบเป็นปริมาณน้ำมันที่ใช้	=	(1,311,120.00 / 35.69)	
	=	36,736.34	ลิตร/ปี
คิดเป็นปริมาณน้ำมันที่ใช้เพิ่มขึ้น	=	(36,736.34 - 36,000.00)	
	=	736.34	ลิตร/ปี

ค่าน้ำมันไบโอดีเซล B5 ณ ปัจจุบัน (กรุงเทพ และปริมณฑล) เท่ากับ 20.99 บาท/ลิตร

คิดเป็นต้นทุนรวม ณ ปัจจุบัน = 745,380.34 บาท/ปี

แต่เนื่องจากน้ำมันไบโอดีเซล B5 สามารถผลิตได้เองภายในประเทศ จึงลดการนำเข้าน้ำมันดิบเพื่อมากลั่นเป็นน้ำมันดีเซลลงได้ 5 %

คิดเทียบปริมาณน้ำมันดิบเพื่อมากลั่นเป็นน้ำมันดีเซลลดลง			
	=	(36,000.00 x 5 %)	
	=	1,800.00	ลิตร/ปี
ดังนั้นปริมาณน้ำมันดีเซลที่ประหยัดได้	=	(1,800.00 - 736.34)	
	=	1,063.66	ลิตร/ปี
ผลที่ประหยัดได้	=	3.00	บาท/ลิตร
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้	=	(838,440.00 - 745,380.34)	
	=	93,059.66	บาท/ปี
คิดเป็นผลประหยัดจากพลังงาน	=	38,738.50	MJ/ปี
	=	0.917	toe/ปี

การลงทุน

มาตรการนี้ไม่มีค่าใช้จ่ายใดๆ เนื่องจากทางโรงงานสามารถดำเนินการได้ด้วยตนเอง

ภาคผนวก ก

ตารางตรวจสอบ (Checklist)
สำหรับการอนุรักษ์พลังงาน

ตารางตรวจสอบ (Checklists) เพื่อการอนุรักษ์พลังงาน

1. ตรวจสอบการบริหารจัดการ

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
1	มีการประกาศนโยบายพลังงานให้พนักงานทุกคนทราบอย่างชัดเจนหรือไม่	☐	☐	
2	ท่านได้กำหนดเป้าหมายของการประหยัดพลังงานหรือไม่	☐	☐	
3	ท่านได้แต่งตั้งทีมงานอนุรักษ์พลังงานขึ้นมาหรือยัง	☐	☐	
4	ทีมงานอนุรักษ์พลังงานมาจากพื้นที่ที่มีการใช้พลังงานหรือไม่	☐	☐	
5	ทีมงานอนุรักษ์พลังงานของท่านมีการประชุมกันทุกเดือนหรือไม่	☐	☐	
6	การประชุมมีการรายงานพลังงานที่ใช้ และเปรียบเทียบกับค่าเป้าหมายหรือไม่	☐	☐	
7	ท่านมีระบบการรวบรวมข้อมูลการผลิต และพลังงานที่ใช้หรือไม่	☐	☐	
8	แต่ละแผนกมีเป้าหมายการประหยัดพลังงานของตัวเอง และมีการติดตามให้ได้ตามเป้าหมายหรือไม่	☐	☐	
9	ข้อมูลการใช้พลังงานมีการรายงานถึงผู้บริหารหรือไม่	☐	☐	
10	บริษัทของท่านมีการประชาสัมพันธ์ ย้ำเตือนถึงการประหยัดพลังงานไปยังพนักงานอย่างต่อเนื่องหรือไม่	☐	☐	
11	บริษัทของท่านมีกิจกรรมที่จูงใจให้พนักงานร่วมกันประหยัดพลังงานหรือไม่	☐	☐	

ถ้าท่านได้ 11 คะแนนเต็ม ท่านมีระบบการจัดการพลังงานที่ยอดเยี่ยม

9-11 คะแนน ท่านมีระบบการจัดการพลังงานแล้ว แต่ยังขาดไปบางเรื่อง

6-8 คะแนน ท่านอยู่ในขั้นเริ่มต้นแล้ว

0-5 คะแนน ท่านต้องออกแรงมากขึ้นอีก

2. การรณรงค์และประชาสัมพันธ์ในองค์กร

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
1	ปิดระบบปรับอากาศในเวลาพักกลางวันโดยไม่เปิดหน้าต่าง	☐	☐	
2	ปิดระบบแสงสว่างในเวลาพักกลางวันบางส่วนคงเหลือเท่าที่จำเป็น	☐	☐	
3	ปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ Printer เครื่องถ่ายเอกสาร เวลาพักกลางวัน	☐	☐	
4	ควบคุมการถ่ายเอกสารให้ถ่ายเฉพาะงานที่จำเป็นและใช้กระดาษ Reused	☐	☐	
5	มีระเบียบขั้นตอนการขอใช้ไฟหลังเวลา 18.30 น. โดยเฉพาะกับระบบปรับอากาศ	☐	☐	
6	ออกกฎระเบียบควบคุมการเปิดปิดเครื่องปรับอากาศในพื้นที่ที่มีการใช้งานไม่สม่ำเสมอ	☐	☐	
7	ออกกฎให้ใช้บันไดแทนลิฟต์เมื่อขึ้นลงไม่เกิน 2 ชั้น (ตั้งการจอดลิฟท์ตามชั้นที่กำหนด)	☐	☐	
8	แยกพื้นที่ Coffee Break และพื้นที่สูบบุหรี่ออกจากพื้นที่ปรับอากาศ	☐	☐	
9	จัดระเบียบไม่ให้แม่บ้านเปิดแอร์ตอนทำความสะอาดห้อง	☐	☐	
10	ทำความสะอาดในเวลาทำงานปกติ	☐	☐	
11	มีพนักงานเดินปิดไฟและเครื่องปรับอากาศอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานอื่น ๆ ตามตารางเวลา	☐	☐	
	เช่น พักกลางวัน หลังเลิกงาน			
12	ใช้โปสเตอร์ให้ความรู้ทางด้านพลังงาน (รณรงค์)	☐	☐	
13	ประชาสัมพันธ์ขอความร่วมมือเกี่ยวกับการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน	☐	☐	
14	ประชาสัมพันธ์มาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ดำเนินการแล้ว	☐	☐	

2. การรณรงค์และประชาสัมพันธ์ในองค์กร (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
15	ติดกราฟแสดงระดับการใช้พลังงานขององค์กร หรือติดประกาศบนบอร์ดประชาสัมพันธ์	☐	☐	
16	ติดประกาศ ข้อมูลพลังงาน และกราฟระดับการใช้พลังงาน แยกแต่ละฝ่าย	☐	☐	
17	เขียนข้อความ คำขวัญ หรือความรู้ด้านพลังงานในกระดาษโน้ตที่ใช้ภายในองค์กร	☐	☐	
18	จัดการประกวดฝ่ายประหยัดพลังงานดีเด่นประจำปี และออกความเห็นเพื่อการปรับปรุง	☐	☐	
19	ให้โบนัสหรือรางวัลสำหรับฝ่ายที่ประหยัดพลังงานดีเด่น	☐	☐	
20	จัดให้มีวันประหยัดพลังงานปีละ 2 ครั้ง	☐	☐	
21	จัดให้มีวันทดลองมาตรการประหยัดพลังงาน เช่น วันศุกร์จะทดลองปิดแอร์เร็วขึ้น 15 นาที	☐	☐	
22	มีกล่องรับข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการประหยัดพลังงาน	☐	☐	
23	จัดการอบรมให้พนักงานมีความรู้ ความเข้าใจและเห็นประโยชน์ในการอนุรักษ์พลังงาน	☐	☐	
24	ปลูกฝังจิตสำนึกที่ดีเรื่องการอนุรักษ์พลังงานให้แก่พนักงานจนกลายเป็นความเคยชิน	☐	☐	
25	จัดให้มีเสียงตามสาย กำชับในเรื่องการประหยัดพลังงานทุกวัน	☐	☐	
26	ติดป้ายผ้ารณรงค์การประหยัดพลังงาน	☐	☐	
27	ผู้บริหารเยี่ยมพบหน่วยงานต่างๆ พร้อมให้นโยบายอนุรักษ์พลังงาน	☐	☐	
28	ติดสติกเกอร์ ป้ายผ้า เตือนที่สวิตซ์ไฟ สวิตซ์เครื่องปรับอากาศ	☐	☐	
29	ประกวดคำขวัญประหยัดพลังงาน	☐	☐	
30	แข่งขันหาจุดสูญเสีย จุดรั่ว เช่น ลมรั่ว	☐	☐	
31	จัดให้มีหัวข้อพลังงานใน Morning Talk	☐	☐	
32	ตั้งหน้าจอให้มีถ้อยคำชักชวนให้ประหยัดพลังงาน	☐	☐	

3. ระบบแสงสว่าง

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
1	ปิดไฟช่วงพักเที่ยงและปิดไฟฟ้าที่ไม่ได้ใช้งานเสมอ	☐	☐	
2	ปิดไฟแสงสว่างในห้องไฟฟ้า ห้องเครื่องห้องเก็บของและห้องน้ำ เปิดเฉพาะเมื่อมีการใช้งาน	☐	☐	
3	ปลดหลอดไฟฟ้าบริเวณที่ไม่ใช้งานหรือไม่จำเป็นออก	☐	☐	
4	ตั้งเวลาปิดไฟระเบียงหลัง 05:00 น.	☐	☐	
5	ลดการใช้หลอด Spot Light หรือ Display Light ซึ่งเป็นหลอดไส้ที่กินไฟมาก	☐	☐	
6	ลดจำนวนหลอดต่อโคมลง ถ้าระดับความสว่างเกินมาตรฐาน	☐	☐	
7	ลดจำนวนหลอดไฟบนเพดานลง และใช้โคมไฟตั้งโต๊ะแทน	☐	☐	
8	ปรับลดความสูงของโคมหรือระดับฝ้าเพดานลง เพื่อลดหลอด	☐	☐	
9	ปลดฝาครอบโคมออกเพื่อเพิ่มความสว่าง และลดหลอด	☐	☐	
10	ใช้แผ่นสะท้อนแสงประสิทธิภาพสูง และลดจำนวนหลอดต่อโคม	☐	☐	
11	ทำความสะอาดหลอดไฟและโคมทุกเดือน	☐	☐	
12	ทาสีเพดานและผนังห้อง และใช้เฟอร์นิเจอร์สีอ่อนเพื่อลดจำนวนหลอดไฟลง	☐	☐	
13	ใช้ Timer ควบคุมการเปิดปิดไฟในพื้นที่	☐	☐	
14	ใช้ Motion Sensor ควบคุมการเปิดปิดไฟในพื้นที่	☐	☐	
15	ใช้แสงธรรมชาติ (Daylight) แทนหลอดไฟ	☐	☐	

3. ระบบแสงสว่าง (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
16	ใช้ Photo Switch ควบคุมการเปิดปิดไฟในบริเวณที่ใช้ Daylight ได้	☐	☐	
17	ทางเดินที่มี Daylight แยกสวิตช์สำหรับเปิดบางหลอดเวลากลางวันเสริมให้ได้ 100 Lux	☐	☐	
18	บันไดที่มี Daylight แยกสวิตช์สำหรับเปิดบางหลอดเวลากลางวันเสริมให้ได้ 150 Lux	☐	☐	
19	ห้องน้ำที่มี Daylight แยกสวิตช์สำหรับเปิดบางหลอดเวลากลางวันเสริมให้ได้ 150 Lux	☐	☐	
20	ที่จอดรถที่มี Daylight แยกสวิตช์สำหรับเปิดบางหลอดเวลากลางวันเสริมให้ได้ 50 Lux	☐	☐	
21	แยกสวิตช์สำหรับบริเวณภายในห้องทำงานที่ใช้ Daylight ได้	☐	☐	
22	แยกสวิตช์เป็นพื้นที่ย่อยๆ ในห้องทำงาน หรือทางเดิน	☐	☐	
23	แยกสวิตช์เพื่อให้เปิดไฟน้อยดวงที่สุดได้เวลาที่แม่บ้านเข้าทำความสะอาด	☐	☐	
24	ให้แม่บ้านทำความสะอาดเวลากลางวันเท่านั้น (เช้าหรือหลังเลิกงาน) เพื่อไม่ต้องเปิดไฟ	☐	☐	
25	แยกสวิตช์เปิด แต่ปิดรวมได้ (สวิตช์เดียวปิดได้หมดทั้งพื้นที่)	☐	☐	
26	ใช้สวิตช์แบบกระตุกเพื่อเปิดแยกแต่ละโคมได้	☐	☐	
27	ติดสติ๊กเกอร์ระบุว่าสวิตช์ตัวใดควบคุมบริเวณใด	☐	☐	
28	ติดสติ๊กเกอร์แจ้งตัวเลขที่ประหยัดได้ถ้าไม่เปิดไฟบริเวณนี้ทิ้งไว้	☐	☐	
29	จัดพนักงานเดินตรวจและปิดไฟหลัง 18:00 น. (เช่น แม่บ้าน รปภ.)	☐	☐	
30	เปลี่ยนจากหลอดไส้เป็นหลอด Compact Fluorescent Warm White	☐	☐	
31	ใช้หลอดประสิทธิภาพสูงแทนหลอดที่กำลังจะเปลี่ยน	☐	☐	
32	ใช้บัลลาสต์แบบความสูญเสียต่ำแทนบัลลาสต์แกนเหล็กที่กำลังจะเปลี่ยน	☐	☐	
33	ลดจำนวนหลอดไฟ Flood Light และ Street Light ภายนอกอาคารที่ไม่จำเป็น	☐	☐	
34	ใช้ Timer ควบคุมการเปิดปิด Flood Light และ Street light ภายนอกอาคาร	☐	☐	
35	ใช้ Photo Switch ควบคุมการเปิดปิด Flood Light และ Street light ภายนอกอาคาร	☐	☐	
36	ให้แม่บ้านปิดไฟให้ห้องพักเวลา 08:00 น.ทุกห้องก่อนทำความสะอาดตามปกติ	☐	☐	

4. Load Management

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
1	ลดการใช้ระบบปรับอากาศช่วง On Peak	☐	☐	
2	เพิ่มอุณหภูมิ Thermostat 1 °C ในช่วง On Peak	☐	☐	
3	ลดจำนวนเครื่องทำน้ำเย็นช่วง On Peak	☐	☐	
4	ลดจำนวนปั๊มน้ำเย็น (Chilled Water Pump) ช่วง On Peak	☐	☐	
5	เลือกเดิน Chiller ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุดในช่วง On Peak	☐	☐	
6	เพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นของ Chiller ช่วง On Peak	☐	☐	
7	ใช้ Split Type ในบางห้องเพื่อหลีกเลี่ยงการเดิน Chiller เพิ่มอีก 1 ตัว	☐	☐	
8	ปิดหรือลดการใช้ระบบ Ventilation ช่วง On Peak	☐	☐	
9	ลดการใช้ระบบแสงสว่างช่วง On Peak	☐	☐	
10	เปิด Sprinker รดน้ำสนาม ช่วง Off Peak	☐	☐	
11	ลดการใช้ลิฟต์ช่วง On Peak	☐	☐	
12	พนักงานเดินปิดไฟในจุดที่ไม่ได้ใช้งานช่วง On Peak	☐	☐	
13	ลดการใช้ปั๊มน้ำช่วง On Peak ให้เดินปั๊มในช่วง Off Peak	☐	☐	

4. Load Management (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
14	Interlock ปั๊มน้ำไม่ให้เดินช่วง On Peak	☐	☐	
15	ถ้าถังเก็บน้ำได้น้อยกว่า 3 ชั่วโมง ให้ปรับลูกลอยเพื่อให้เก็บน้ำให้มากกว่า 3 ชั่วโมง	☐	☐	
16	เปลี่ยนเป็นถังน้ำเก็บน้ำได้มากกว่า 3 ชั่วโมง	☐	☐	
17	ไม่เดินโหลดพร้อมกันหรือ Start อุปกรณ์ที่กินกำลังไฟสูงพร้อมกันในช่วง On Peak	☐	☐	
18	จัดรูปแบบโหลดให้เหมาะสม หรือกระจายโหลดให้สม่ำเสมอ	☐	☐	
19	ปรับ Load Profile ในช่วง On Peak ให้สม่ำเสมอ	☐	☐	
20	ใช้ Timer สั่งเปิดปิดอุปกรณ์ช่วง On Peak	☐	☐	
21	ลดการใช้งานอุปกรณ์ช่วง On Peak	☐	☐	
22	ลดระยะเวลาทำงานของอุปกรณ์	☐	☐	
23	เดินเครื่องกำเนิดไฟฟ้าช่วง On Peak	☐	☐	
24	กรณีมีหลายมิเตอร์ ย้ายโหลดจากมิเตอร์หนึ่งไปยังอีกมิเตอร์หนึ่งช่วง On Peak	☐	☐	
25	ควบคุมค่า Peak Demand โดยติด Power Meter และปิดอุปกรณ์ที่ไม่จำเป็น	☐	☐	

5. ระบบปรับอากาศ และระบบระบายอากาศ

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
1	เปิด A/C ก่อนเวลาทำงานเพียง 15 นาที หรือน้อยกว่า	☐	☐	
2	ปิด A/C ก่อนเวลาเลิกงาน 15-30 นาที หรือมากกว่า	☐	☐	
3	ปิด A/C ช่วงพักกลางวัน (แต่ไม่เปิดประตูหรือหน้าต่างทิ้งไว้เพื่อป้องกันความชื้นและความร้อนจากภายนอก)	☐	☐	
4	ปิด A/C บริเวณทางเดินและโถงลิฟต์	☐	☐	
5	จัดพนักงานเดินตรวจและปิด A/C หลังเลิกงาน (เช่น แม่บ้าน รปภ.) หรือเมื่อผู้พักแรมออกจากห้องเวลา 08:00 น.	☐	☐	
6	ตั้งความเร็วพัดลมของ A/C ให้ต่ำที่สุดเท่าที่คนที่ใช้งานพื้นที่ยังคงรู้สึกสบาย	☐	☐	
7	ปรับ Thermostat ให้เหมาะสม ไม่ตั้งต่ำเกินไป เช่น ตั้งไว้ที่ 25 °C	☐	☐	
8	ฤดูฝนและฤดูหนาวตั้งอุณหภูมิที่ 26.60 °C	☐	☐	
9	หน้าร้อนตั้งอุณหภูมิที่ 25.50 °C	☐	☐	
10	ตั้งอุณหภูมิทางเดินและโถงลิฟท์ที่ 27.70 °C	☐	☐	
11	ตั้งอุณหภูมิบริเวณตู้แช่สูงกว่า 25.00 °C	☐	☐	
12	ปิดฝาครอบ Thermostat ป้องกันพนักงานปรับ	☐	☐	
13	ใช้ Electronic Thermostat (กรณีที่ระยะเวลาคืนทุนต่ำ)	☐	☐	
14	ใช้ Programmable Thermostat (กรณีที่ระยะเวลาคืนทุนต่ำ)	☐	☐	
15	ใช้พัดลมเสริมเพื่อเพิ่มความเร็วลม แทนการตั้ง Thermostat ต่ำลง	☐	☐	
16	ทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศ คอยล์เย็น และคอยล์ร้อนทุก 1-3 เดือน	☐	☐	
17	ปิดเครื่องปรับอากาศ และดูดอากาศเย็นจากพื้นที่อื่นเข้ามา	☐	☐	
18	สร้างอุปกรณ์บังแดด หรือลดอุณหภูมิรอบ Condensing Unit อากาศรอบๆ	☐	☐	
19	กำจัดสิ่งกีดขวางทางลมรอบ Condensing Unit	☐	☐	
20	ติดตั้ง Thermostat ในพื้นที่ปรับอากาศ หรือ Return Air หลีกเลี่ยง Fresh Air หรือแสงแดด	☐	☐	
21	ปรับอุณหภูมิน้ำเย็น Chiller สูงขึ้นเมื่อโหลดต่ำ	☐	☐	

5. ระบบปรับอากาศ และระบบระบายอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
22	ลดเวลาการเดิน Chiller โดยเฉพาะเครื่องที่เดิน 24 ชั่วโมง	☐	☐	
23	เลือกเดิน Chiller เครื่องที่มีขนาดเหมาะสมกับภาระ	☐	☐	
24	เลือกเดิน Chiller ที่มีประสิทธิภาพมากกว่า	☐	☐	
25	จัดให้ Chiller เดินที่สภาวะประสิทธิภาพสูงสุด เช่น 80% Load	☐	☐	
26	ติดตั้ง Split Type เสริมในห้องที่อยู่รอบอาคารเพื่อไม่ต้องตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นต่ำมาก	☐	☐	
27	ลดอุณหภูมิน้ำด้านน้ำระบายความร้อนของ Chiller	☐	☐	
28	ลดอุณหภูมิน้ำด้านน้ำ Make-up ที่ Cooling Tower	☐	☐	
29	กำจัดสิ่งกีดขวางทางลมเข้าออก Cooling Tower	☐	☐	
30	ควบคุมคุณภาพน้ำโดยเฉพาะการลดความกระด้างและตะกรันที่ Cooling Tower	☐	☐	
31	ปรับตั้งมุมใบพัดของ Cooling Tower ไม่ให้กินลมมากเกินไป	☐	☐	
32	ตรวจสอบสมดุลความดันอากาศในระบบส่งจ่ายลมเย็น	☐	☐	
33	ตรวจสอบสมดุลความดันน้ำเย็นในระบบส่งจ่ายน้ำเย็น	☐	☐	
34	ตรวจสอบสมดุลปริมาณ Fresh Air, Return Air และ Exhaust Air	☐	☐	
35	ลดปริมาณ Fresh Air ลงให้อยู่ที่ระดับต่ำที่สุด เช่น 10 CFM/คน	☐	☐	
36	หน้าหนาวที่อุณหภูมิภายนอกต่ำ ให้นำ Fresh Air เข้ามาให้มากที่สุด	☐	☐	
37	นำ Exhaust Air ที่ยังเย็นอยู่ไป Pre-cool Fresh Air ก่อน	☐	☐	
38	ใช้ Carbon Filter กรอง Return Air จากบริเวณที่มีกลิ่น เช่น ห้องน้ำ เพื่อลด Fresh Air	☐	☐	
39	ลดจำนวนหัวจ่ายลง	☐	☐	
40	สำรวจและซ่อมรอยรั่วที่ประตูและหน้าต่างระหว่างพื้นที่ปรับและไม่ปรับอากาศ	☐	☐	
41	ตรวจสอบและซ่อมกลไกปิดประตูอัตโนมัติให้ทำงานปกติ	☐	☐	
42	สำรวจและซ่อมรอยรั่วท่อลม	☐	☐	
43	ติดสติ๊กเกอร์แจ้งตัวเลขค่าไฟของ A/C ที่ประหยัดได้ถ้าไม่เปิดประตูหรือหน้าต่างทิ้งไว้	☐	☐	
44	ใช้ประตูอัตโนมัติเพื่อให้แน่ใจว่าประตูปิดแน่นอนและไม่มีอากาศรั่วไหล	☐	☐	
45	ใช้ Air Curtain เพื่อลดปริมาณอากาศรั่วไหล	☐	☐	
46	ลดการสูญเสียอากาศเย็นไปทาง Shaft ลิฟต์	☐	☐	
47	ป้องกันอากาศชื้นเข้ามาในพื้นที่ปรับอากาศ	☐	☐	
48	กันอากาศชื้นให้ออกไปนอกบริเวณ เช่น ห้องน้ำ ห้องครัว	☐	☐	
49	ใช้ Split Type แทน AHU และ FCU บริเวณที่มีเวลาใช้งานไม่แน่นอน เช่น ห้องผู้บริหาร	☐	☐	
50	ใช้พัดลมแทน A/C ชั้นล่างหรือชั้นใต้ดิน	☐	☐	
51	ใช้พัดลมแทน A/C ห้องไฟฟ้า ห้องเครื่องต่างๆ	☐	☐	
52	ใช้ Natural Ventilation แทน Fan Ventilation	☐	☐	
53	เปิดพัดลมดูดในห้องประชุมหลังเปิด A/C 1 ชั่วโมง	☐	☐	
54	ห้องทำงานที่มีคนเดียวไม่ต้องมีพัดลมดูด เนื่องจาก Natural Ventilation เพียงพอ	☐	☐	
55	ห้องที่มีคนน้อยกว่า 8 ตร.ม./ คน ไม่ต้องมี Force Ventilation	☐	☐	
56	พื้นที่โถงสูงใช้งานไม่เกิน 1 ชั่วโมง ไม่จำเป็นต้องระบายอากาศ	☐	☐	

5. ระบบปรับอากาศ และระบบระบายอากาศ (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
57	พื้นที่ที่ต้องการ Force Ventilation เพิ่ม ให้เพิ่มเฉพาะส่วนที่เกินจาก Natural Ventilation	☐	☐	
58	เปิด Ventilation Fan ที่ Speed ต่ำ	☐	☐	
59	ตรวจสอบว่า เวลาที่ Ventilation Fan ปิด Damper ปิดสนิทหรือไม่	☐	☐	
60	พื้นที่ 2 พื้นที่ที่ต้องการ Ventilation Rate ต่างกัน ควรแยกระบบ Ventilation	☐	☐	
61	ลด Ventilation Rate เวลาอากาศร้อนหรือช่วง Peak ของวัน	☐	☐	
62	ใช้ Hood ดูดอากาศที่มี Make-up Air ในห้องครัว	☐	☐	
63	ใช้ Hood เป็นพัดลมดูดอากาศและสร้าง Ventilation	☐	☐	
64	ปรับอัตราการดูดของ Hood ให้ต่ำที่สุดตามลักษณะการใช้งาน	☐	☐	
65	ย้ายกระติกน้ำร้อน เครื่องถ่ายเอกสาร หรืออุปกรณ์ที่มีความร้อน ออกจากพื้นที่ปรับอากาศ	☐	☐	
66	ตรวจสภาพฉนวนของอุปกรณ์ที่มีความร้อนที่ย้ายออกจากพื้นที่ปรับอากาศไม่ได้	☐	☐	
67	ปิดประตูหน้าต่างบริเวณปรับอากาศตลอดเวลา	☐	☐	
68	จ่ายสัมภาระเอกสาร ฯลฯ ที่ไม่ใช้งานนำไปเก็บบริเวณที่ไม่ได้ปรับอากาศ	☐	☐	

6. เครื่องอัดอากาศ

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
1	ลดความดันใช้งานของอากาศอัดให้เหลือเท่าที่จำเป็นต่อการใช้งาน	☐	☐	
2	ลดอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ เช่น นำอากาศทิ้งจากห้องปรับอากาศมาใช้	☐	☐	
3	หลีกเลี่ยงความชื้นที่จะปนกับอากาศที่ป้อนเข้าเครื่อง	☐	☐	
4	สร้างถังพักอากาศอัดกรณีที่ยังไม่มี เพื่อหลีกเลี่ยงการที่ต้องเดินเครื่องบ่อยๆ	☐	☐	
5	รวมอากาศอัดจากหลายเครื่องไว้ที่ถังพักแล้วส่งไปตามจุดใช้งานแทนการติดตั้งเครื่องทุกจุด	☐	☐	
6	ทำความสะอาดกรองอากาศเพื่อไม่ให้เครื่องต้องออกแรงดูดมาก	☐	☐	
7	สำรวจและซ่อมแซมรอยรั่วที่ถังพักอากาศอัด	☐	☐	
8	สำรวจและซ่อมแซมรอยรั่วที่วาล์วนิรภัย	☐	☐	
9	สำรวจและซ่อมแซมรอยรั่วที่หน้าแปลน วาล์ว ข้อต่อต่างๆ	☐	☐	
10	เปิดวาล์วด้านล่างของเครื่องและถังพักอากาศอัดเพื่อไล่น้ำอย่างสม่ำเสมอ	☐	☐	
11	ตรวจสอบความตึงสายพานไม่ให้หย่อนเกินไป	☐	☐	
12	เลือกเดินเครื่องขนาดเล็กก่อนเพื่อให้เดินใกล้ Full Load มากที่สุด	☐	☐	
13	จัดให้ห้องเครื่องมีอากาศถ่ายเทได้สะดวกเพื่อให้เครื่องทำงานที่ประสิทธิภาพสูง	☐	☐	
14	ไม่ใช้ลมจากเครื่องอัดอากาศในการทำความสะอาดร่างกาย (ใช้เฉพาะการทำงาน)	☐	☐	
15	ทำการทดสอบร้อยละการรั่ว ด้วยวิธี Nolood Test	☐	☐	

7. หม้อไอน้ำและระบบไอน้ำ

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
1	นำน้ำคอนเดนเสทกลับมาเป็นน้ำป้อน	☐	☐	
2	นำน้ำคอนเดนเสทกลับมาอุ่นน้ำป้อน	☐	☐	
3	นำน้ำคอนเดนเสทไปใช้เป็นน้ำร้อนสำหรับงานอื่น	☐	☐	
4	นำน้ำโบลดาวน์กลับมาใช้งาน	☐	☐	
5	นำความร้อนทิ้งในไอเสียกลับมาอุ่นน้ำป้อน	☐	☐	

7. หม้อไอน้ำและระบบไอน้ำ (ต่อ)

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
6	นำความร้อนทิ้งจากแหล่งอื่นมาอุ่นน้ำป้อน	☐	☐	
7	นำความร้อนทิ้งจากแหล่งอื่นมาอุ่นน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อลดการใช้ฮีตเตอร์ไฟฟ้า	☐	☐	
8	นำความร้อนจากแสงอาทิตย์มาอุ่นน้ำป้อน เช่น สร้างถังน้ำป้อนโลหะวางไว้กลางแจ้ง	☐	☐	
9	ปรับสัดส่วนอากาศ/เชื้อเพลิงเพื่อให้ % O_2 ในไอเสียไม่เกิน 3-4 % (สำหรับเชื้อเพลิง)	☐	☐	
10	ปรับลดปริมาณเชื้อเพลิงถ้าควันไอเสียมีสีดำ	☐	☐	
11	ปรับลดปริมาณอากาศถ้าควันไอเสียมีสีขาว	☐	☐	
12	ควบคุมสภาพน้ำอย่างสม่ำเสมอเพื่อลดโอกาสในการเกิดตะกรัน	☐	☐	
13	ลดปริมาณน้ำโบลดาวน์ถ้าค่า TDS และ Conductivity ยังไม่เกินมาตรฐาน	☐	☐	
14	ลดอุณหภูมิและความดันใช้งานของไอน้ำ	☐	☐	
15	หุ้มฉนวนวาล์วไอน้ำ นอกจากการหุ้มฉนวนหม้อไอน้ำและท่อส่ง	☐	☐	
16	สำรวจและซ่อมแซมฉนวนหม้อไอน้ำ ท่อไอน้ำ ท่อน้ำร้อน	☐	☐	
17	สำรวจและซ่อมแซมรอยรั่วที่หน้าแปลน วาล์ว ข้อต่อต่างๆ	☐	☐	
18	สำรวจและซ่อมแซมรอยรั่วที่ถังน้ำมันเชื้อเพลิง วาล์ว ข้อต่อต่างๆ	☐	☐	
19	ใช้น้ำมันเตาเกรดต่ำลงเพื่อลดต้นทุน โดยต้องมีการอุ่นน้ำมันเตาให้อุณหภูมิสูงขึ้น	☐	☐	
20	เปลี่ยนจากการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงไปใช้ก๊าซธรรมชาติที่ราคาถูกกว่าและเผาไหม้สมบูรณ์กว่า	☐	☐	
21	เปลี่ยนไปใช้เชื้อเพลิงชนิดอื่นที่ราคาถูกกว่า	☐	☐	
22	ปรับตั้งหัวเผาให้ฉีดน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นฝอยละเอียดมากขึ้น	☐	☐	
23	เปลี่ยนหัวเผาให้เป็นชนิดที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น และฉีดเชื้อเพลิงได้เป็นฝอยละเอียดขึ้น	☐	☐	
24	กรณีมีหม้อไอน้ำหลายลูก เลือกเดินหม้อไอน้ำลูกที่มีขนาดเหมาะสมกับโหลด	☐	☐	
25	ตรวจสอบกับดักไอน้ำทุก 6 เดือน	☐	☐	
26	ปรับลดอุณหภูมิอุ่นน้ำมันเตา ซีลง 100-110 C	☐	☐	
27	พยายามอุ่นน้ำมันเตาด้วยไอน้ำเป็นหลัก ไม่ใช้ไฟฟ้า	☐	☐	
28	ทำความสะอาดถังน้ำมันปีละครั้ง	☐	☐	
29	ล้างท่อแลกเปลี่ยนความร้อน ขูดเขม่าเมื่ออุณหภูมิไอเสียสูงขึ้น 20C	☐	☐	
30	นำไอแฟลชกลับมาใช้จากน้ำระบายและคอนเดนเสท	☐	☐	
31	ลดขนาดหัวเผาถ้าภาระหม้อน้ำต่ำมากตลอดเวลา	☐	☐	
32	ติดตั้ง Economizerกับหม้อไอน้ำเชื้อเพลิงก๊าซ	☐	☐	

8. ระบบขนส่ง

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
1	ให้ใช้ระบบขนส่งสาธารณะให้มากที่สุด	☐	☐	
2	ระบบการใช้รถร่วมกับหลายคน (Car Pool)	☐	☐	
3	ขนส่ง / ส่งของหลาย ๆ ครั้ง ในเที่ยวเดียวกัน	☐	☐	
4	กำหนดเวลาส่งของที่ชัดเจนในเวลาจราจรเบาบาง	☐	☐	
5	กำหนดผู้มีอำนาจในการสั่งจ่ายเช็ค	☐	☐	
6	หาทางให้ลูกค้ามารับของเอง	☐	☐	
7	กำหนดมาตรฐาน ปริมาณการใช้เชื้อเพลิงต่อระยะทางในรถแต่ละคัน	☐	☐	
8	การบำรุงรักษาที่สม่ำเสมอ	☐	☐	
9	ระดับแรงดันของลมในยาง	☐	☐	
10	วิธีการขับรถของพนักงานขับ	☐	☐	
11	ลดเวลา / ดับเครื่องยนต์เมื่ออยู่กับที่	☐	☐	
12	ลดแสงที่ไม่จำเป็นในรถ	☐	☐	

9. ระบบและอุปกรณ์อื่น ๆ

ลำดับ	รายการตรวจสอบ	ทำ	ไม่ทำ	เหตุผลประกอบ
	อุปกรณ์สำนักงาน			
1	ปิดคอมพิวเตอร์เวลาพักเที่ยง	☐	☐	
2	ตั้งเวลาปิดจอคอมพิวเตอร์อัตโนมัติเมื่อไม่มีการใช้งาน 3 นาที	☐	☐	
3	ตั้งเวลาคอมพิวเตอร์ให้เข้า Stand-by Mode เมื่อไม่มีการใช้งาน 15 นาที	☐	☐	
4	ต่อ Printer 1 เครื่องให้ใช้งานกับคอมพิวเตอร์อย่างน้อย 3 เครื่อง	☐	☐	
5	ใช้งาน Ink-jet Printer มากกว่า Laser Printer	☐	☐	
6	ตั้งเวลาเครื่องถ่ายเอกสารให้เข้า Energy Save Mode เมื่อไม่มีการใช้งาน 3 นาที	☐	☐	
	ลิฟท์			
1	จัดตารางเวลาการเปิดปิดลิฟต์ให้เหมาะสม เช่น ลดชั่วโมงการใช้ลิฟท์ต่อวัน	☐	☐	
2	ปิดลิฟต์บางตัวช่วง On Peak	☐	☐	
3	ให้ช่วงเวลารอของลิฟท์ไม่ต่ำกว่า 25 วินาที	☐	☐	
4	ปิด A/C ห้องเครื่องลิฟต์ เวลาไม่ใช้งานลิฟต์	☐	☐	
5	ใช้พัดลมระบายอากาศในห้องเครื่องลิฟท์แทนการใช้ A/C	☐	☐	
6	ใช้การระบายอากาศตามธรรมชาติแทนการใช้พัดลมระบายอากาศ	☐	☐	
7	โปรแกรมให้ลิฟต์จอดชั้นเว้นชั้น หรือเฉพาะบางชั้น	☐	☐	
8	ติดสติ๊กเกอร์และขอความร่วมมือให้บันไดแทนลิฟต์เมื่อขึ้นลง 1 ชั้น	☐	☐	
9	ติดตั้ง Timer เพื่อปิดพัดลมและไฟแสงสว่างในลิฟท์เมื่อไม่มีการใช้งานเกิน 2 นาที	☐	☐	
10	โปรแกรมควบคุมการจัดการลิฟท์ให้ทำงานสัมพันธ์กันทุกตัว	☐	☐	
	หม้อแปลง			
1	ปรับลดแรงดันหม้อแปลงไม่ให้สูงเกินความจำเป็น	☐	☐	
2	รวมโหลดให้ใช้หม้อแปลงจำนวนน้อยลง	☐	☐	
3	สลับใช้หม้อแปลงตัวใหญ่เวลาโหลดมาก และตัวเล็กเวลาโหลดน้อย	☐	☐	
4	ใช้หม้อแปลงตัวเล็กตอนกลางคืน	☐	☐	

ภาคผนวก ข

ตารางการแปลงหน่วย
(Conversion Factors)

ค่าการแปลงหน่วย (Conversion Factors)

ความยาว (Length)

1 kilometer (km)	=	1000 meters (m)
1 meter (m)	=	100 centimeters (cm)
1 centimeters (cm)	=	10^{-2} m
1 millimeter (mm)	=	10^{-3} m
1 micron (μ)	=	10^{-6} m
1 millimicron (mμ)	=	10^{-9} m
1 angstrom (A)	=	10^{-10} m
1 inch (in.)	=	2.540 cm
1 foot (ft)	=	30.48 cm
1 mile (mi)	=	1.609 km
1 centimeters (cm)	=	0.3937 in.
1 meter (m)	=	39.37 in.
1 kilometer (km)	=	0.6214 mile

พื้นที่ (Area)

1 square meter (m^2)	=	10.76 ft^2
1 square foot (ft^2)	=	929 cm^2
1 square mile (mi^2)	=	640 acres
1 acre	=	43,560 ft^2

ปริมาตร (Volume)

1 liter (l)	=	1000 cm^3
	=	1.057 quart (qt)
	=	61.02 in^3
	=	0.03532 ft^3
1 cubic meter (m^3)	=	1000 l
	=	35.32 ft^3
1 cubic foot (ft^3)	=	7.481 U.S.gal
	=	0.02832 m^3
	=	28.32 l
1 U.S.gallon (gal)	=	231 in^3
	=	3.785 l
1 British gallon	=	1.201 U.S.gallon
	=	277.4 in^3

น้ำหนัก (Mass)

1 kilogram (kg)	=	2.2046 pounds (lb)
	=	0.06852 slug
1 pound (lb)	=	453.6 gm
	=	0.03108 slug
1 slug	=	32.174 lb
	=	14.59 kg

ความเร็ว (Speed)

1 km/hr	=	0.2778 m/sec
	=	0.6214 mi/hr
	=	0.9113 ft/sec
1 mi/hr	=	1.467 ft/sec
	=	1.609 km/hr
	=	0.4470 m/sec

ความหนาแน่น (Density)

1 gm/cm^3	=	10^3 kg/m^3
	=	62.43 lb/ft^3
	=	1.940 $slug/ft^3$
1 lb/ft^3	=	0.01602 gm/cm^3
1 $slug/ft^3$	=	0.5154 gm/cm^3

แรง (Force)

1 newton (nt)	=	10^5 dynes
	=	0.1020 kgwt
	=	0.2248 lbwt
1 pound weight (lbwt)	=	4.448 nt
	=	0.4536 kgwt
	=	32.17 poundals
1 kilogram weight (kgwt)	=	2.205 lbwt
	=	9.807 nt
1 U.S.short ton	=	2000 lbwt
1 long ton	=	2240 lbwt
1 metric ton	=	2205 lbwt

พลังงาน (Energy)

1 joule	=	1 nt m
	=	10^7 ergs
	=	0.7376 ft lbwt
	=	0.2389 cal
	=	9.481×10^{-4} Btu
1 ft lbwt	=	1.356 joules
	=	0.3239 cal
	=	1.285×10^{-3} Btu
1 calorie (cal)	=	4.186 joules
	=	3.087 ft lbwt
	=	3.968×10^{-3} Btu
1 Btu	=	778 ft lbwt
(British thermal unit)	=	1055 joules
	=	0.293 watt hr
1 kilowatt hour (kw hr)	=	3.60×10^6 joules
	=	860.0 kcal
	=	3413 Btu
1 electron volt (ev)	=	1.602×10^{-19} joule

กำลังงาน (Power)

1 watt	=	1 joule/sec
	=	10^7 ergs/sec
	=	0.2389 cal/sec
1 horsepower (hp)	=	550 ft lbwt/sec
	=	33,000 ft lbwt/min
	=	745.7 watts
1 kilowatt (kw)	=	1.341 hp
	=	737.6 ft lbwt/sec
	=	0.9483 Btu/sec

ความดัน (Pressure)

1 nt/m^2	=	10 $dynes/cm^2$
	=	9.869×10^{-6} atmosphere
	=	2.089×10^{-2} $lbwt/ft^2$
1 $lbwt/in^2$	=	6895 nt/m^2
	=	5.171 cm mercury
	=	27.68 in.water
1 atmosphere (atm)	=	1.013×10^5 nt/m^2
	=	1.013×10^6 $dynes/cm^2$
	=	14.70 $lbwt/in^2$
	=	76 cm mercury
	=	406.8 in.water

ภาคผนวก หม้อแปลงน้ำมัน 3 เฟส HV: 22 KV
หรือ 12/24 KV LV: 400/230 V หรือ 416/240 V

ขนาดพิกัด	ขนาด (mm)			น้ำมัน	น้ำหนัก	กำลังสูญเสีย (W)		Uk
(kVA)	H	L	W	(L)	(kgs)	Load Loss 75° C	No Load Loss	(%)
30	1195	890	600	165	480	500	130	4
50	1245	870	730	175	500	1050	210	4
100	1325	980	755	250	660	1750	340	4
160	1385	1090	825	280	930	2350	480	4
250	1490	1495	770	320	1075	3250	670	4
315	1685	1545	855	380	1465	3900	700	4
400	1730	1590	905	430	1600	4600	850	4
500	1800	1630	935	465	1745	5500	1000	4
630	1945	1700	930	545	2095	6500	1200	4
800	2010	1815	1040	680	2850	11000	1300	6
1000	2100	1925	1165	810	3310	13500	1600	6
1250	2240	2145	1150	1155	4200	16000	1800	6
1600	2390	2230	1160	1315	4970	19500	2100	6
2000	2330	2205	1305	1530	5800	22700	2700	6
2500	2585	2310	1560	1655	6200	26800	3200	6
3000	2585	2390	1960	1780	6700	30800	3600	7
3500	2760	2460	1995	2260	7520	34500	4100	7
4000	2910	2570	2120	2970	8460	36000	4500	7
5000	3095	2645	2190	3450	9310	42000	5300	7

ที่มา : สมาคมช่างรับเหมาไฟฟ้าและเครื่องกล. "การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า ตามกฎการเดินสายของการไฟฟ้านครหลวง." หน้าหม้อแปลงไฟฟ้า 11 (เอกสารประกอบการบรรยายทางวิชาการ)

ภาคผนวก หม้อแปลงน้ำมัน 3 เฟส HV: 22 KV (ต่อ)

หรือ 12/24 KV LV: 400/230 V หรือ 416/240 V

ขนาดพิกัด	ขนาด (mm)			น้ำมัน	น้ำหนัก	กำลังสูญเสีย (W)		Uk
(kVA)	H	L	W	(L)	(kgs)	Load Loss 75° C	No Load Loss	(%)
30	1505	890	215	230	560	500	150	4
50	1465	1070	775	230	615	1050	230	4
100	1590	1195	805	305	812	1750	350	4
160	1640	1605	745	380	1350	2350	500	4
250	1680	1745	900	455	1400	3250	700	4
315	1890	1785	710	550	1700	3900	740	4
400	1950	1510	740	600	1850	4600	900	4
500	2010	1850	820	630	2350	5500	1100	4
630	2090	1890	860	680	2500	6500	1300	4
800	2060	1990	950	1050	3130	11000	1400	6
1000	2395	2020	990	1200	3500	13500	1700	6
1250	2440	2250	1180	1310	4700	16000	1900	6
1600	2530	2360	1230	1560	5500	19500	2150	6
2000	2560	2520	1170	2130	6200	22700	2800	6
2500	2750	2670	1690	2505	7700	26800	3300	6
3000	2870	2750	2020	2650	8500	30800	3800	7
3500	3210	2830	2110	2970	8640	34500	4300	7
4000	3460	3160	2460	3360	9100	3600	4700	7
5000	3780	3350	2640	3780	9480	42000	5500	7
12500	3560	4950	3400	6200	28000	90000	11500	10

ที่มา : สมาคมช่างรับหมาไฟฟ้าและเครื่องกล. "การออกแบบและติดตั้งระบบไฟฟ้า ตามกฎการเดินสายของการไฟฟ้านครหลวง." หน้าหม้อแปลงไฟฟ้า 12 (เอกสารประกอบการบรรยายทางวิชาการ)

ประสิทธิภาพขั้นต่ำของมอเตอร์ไฟฟ้าชนิดเหนี่ยวนำที่พิกัดต่างๆ

ขนาดพิกัด (แรงม้า)	2 ขั้ว (3,000 รอบ/นาที)		4 ขั้ว (1,500 รอบ/นาที)	
	ธรรมดา	ประสิทธิภาพสูง	ธรรมดา	ประสิทธิภาพสูง
3	80.0	84.0	81.5	86.5
5	82.5	86.5	82.5	86.5
7.5	82.5	87.5	85.5	88.5
10	85.5	88.5	85.5	88.5
15	85.5	89.5	86.5	90.2
20	86.5	89.5	88.5	90.2
25	87.5	90.2	89.5	91.7
30	87.5	90.2	89.5	91.7
40	88.5	91.0	90.2	92.4
50	88.5	91.7	91.0	92.4
60	90.2	92.4	91.7	93.0
75	91.0	92.4	91.7	93.6
100	91.7	93.0	92.4	94.1
125	91.7	94.1	92.4	94.1
150	91.7	94.1	93.0	94.5
200	93.0	94.5	93.6	94.5
250	93.5	95.0	93.8	95.0
300	93.5	95.0	93.8	95.0
400	93.5	95.0	93.8	95.0
500	93.5	95.0	94.0	95.4

ที่มา: *วิชระ มั่งวิทิตกุล. กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพมหานคร : บริษัทซีเอดยูเคชั่นแอนด์พับลิชิ่ง จำกัด, หน้า 189, 2544.*

พิกัดกระแสเหนี่ยวนำ 1 เฟสและ 3 เฟส

Single phase motors				3 phase 4 pole motors 50/60 H_z								
kW	hp	220V	240V	kW	hp	220-240V	380V	415V	440V	500V	660V	1000V
		A	A			A	A		A	A	A	A
0.37	0.5	3.9	3.6	0.37	0.5	1.8	1.03	-	0.99	1	0.6	0.4
0.55	0.75	5.2	4.8	0.55	0.75	2.75	1.6	-	1.36	1.21	0.9	0.6
7.5	1	6.6	6.1	0.75	1	3.5	2	2	1.68	1.5	1.1	0.75
1.1	1.5	9.6	8.8	1.1	1.5	4.4	2.6	2.5	2.37	2	1.5	1
1.5	2	12.7	11.7	1.5	2	6.1	3.5	3.5	3.06	2.6	2	1.3
1.8	2.5	15.7	14.4	2.2	3	8.7	5	5	4.42	3.8	2.8	1.9
2.2	3	18.6	17.1	3	4	11.5	6.6	6.5	5.77	5	3.8	2.5
3	4	24.3	22.2	3.7	5	13.5	7.7	7.5	7.1	5.9	4.4	3
4	5	29.6	27.1	4	5.5	14.5	8.5	8.4	7.9	6.5	4.9	3.3
4.4	6	34.7	31.8	5.5	7.5	20	11.5	11	10.4	9	6.6	4.5
5.2	7	39.8	36.5	7.5	10	27	15.5	14	13.7	12	8.9	6
5.5	7.5	42.2	38.7	9	12	32	18.5	17	16.0	13.9	10.6	7
6	8	44.5	40.8	10	13.5	35	20	-	-	15	11.5	7.5
7	9	49.5	45.4	11	15	39	22	21	20.1	18.4	14	9
7.5	10	54.4	50	15	20	52	30	28	26.5	23	17.3	12
				18.5	25	64	37	35	32.8	28.5	21.3	14.5
				22	30	75	44	40	39	33	25.4	17
				25	35	85	52	47	45.3	39.4	30.3	20
				30	40	103	60	55	51.5	45	34.6	23
				33	45	113	68	60	58	50	39	25
				37	50	126	72	66	64	55	42	28
				40	54	134	79	71	67	60	44	30
				45	60	150	85	80	76	65	49	33
				51	70	170	98	90	83	75	57	38
				55	75	182	105	100	90	80	61	40
				59	80	195	112	105	97	85	66	43
				63	85	203	117	115	109	89	69	45
				75	100	240	138	135	125	105	82	53
				80	110	260	147	138	131	112	86	57
				90	125	295	170	165	146	129	98	65
				100	136	325	188	182	162	143	107	71

คุณสมบัติอากาศอิ่มตัวที่ความดันบรรยากาศ 101.325 kpa

t, °C	Vapor pressure, kPa	Humidity ratio, kg/kg	Specific volume, m^3/kg	Enthalpy, kJ/kg
-40	0.01283	0.000079	0.6597	-40.041
-35	0.02233	0.000138	0.6740	-34.868
-30	0.03798	0.000234	0.6884	-29.609
-25	0.06324	0.000390	0.7028	-24.187
-20	0.10318	0.000637	0.7175	-18.546
-18	0.12482	0.000771	0.7231	-16.203
-16	0.15056	0.000930	0.7290	-13.795
-14	0.18107	0.001119	0.7349	-11.314
-12	0.21716	0.001342	0.7409	-8.745
-10	0.25971	0.001606	0.7469	-6.073
-8	0.30975	0.001916	0.7529	-3.285
-6	0.36846	0.002280	0.7591	-0.360
-4	0.43716	0.002707	0.7653	2.724
-2	0.51735	0.003206	0.7716	5.991
0	0.61072	0.003788	0.7781	9.470
1	0.6566	0.00407	0.7813	11.290
2	0.7055	0.00438	0.7845	13.178
3	0.7575	0.00471	0.7878	14.807
4	0.8130	0.00505	0.7911	16.692
5	0.8719	0.00542	0.7944	18.634
6	0.9347	0.00582	0.7978	20.639
7	1.0013	0.00624	0.8012	22.708
8	1.0722	0.00668	0.8046	24.848
9	1.1474	0.00716	0.8081	27.059
10	1.2272	0.00766	0.8116	29.348
11	1.3119	0.00820	0.8152	31.716
12	1.4017	0.00876	0.8188	34.172
13	1.4969	0.00937	0.8225	36.719
14	1.5977	0.01001	0.8262	39.362
15	1.7044	0.01069	0.8300	42.105
16	1.8173	0.01141	0.8338	44.955
17	1.9367	0.01218	0.8377	47.918
18	2.0630	0.01299	0.8417	50.998
19	2.1964	0.01384	0.8457	54.205

คุณสมบัติอากาศอิ่มตัวที่ความดันบรรยากาศ 101.325 kpa (ต่อ)

t, °C	Vapor pressure, kPa	Humidity ratio, kg/kg	Specific volume, m^3/kg	Enthalpy, kJ/kg
20	2.3373	0.01475	0.8498	57.544
21	2.4861	0.01572	0.8540	61.021
22	2.6431	0.01674	0.8583	64.646
23	2.8086	0.01781	0.8626	68.425
24	2.9832	0.01896	0.8671	72.366
25	3.1671	0.02016	0.8716	76.481
26	3.3609	0.02144	0.8763	80.777
27	3.5649	0.02279	0.8811	85.263
28	3.7797	0.02422	0.8860	89.952
29	4.0055	0.02572	0.8910	94.851
30	4.2431	0.02732	0.8961	99.977
31	4.4928	0.02900	0.9014	105.337
32	4.7552	0.03078	0.9068	110.946
33	5.0308	0.03266	0.9124	116.819
34	5.3201	0.03464	0.9182	122.968
35	5.6237	0.03674	0.9241	129.411
36	5.9423	0.03895	0.9302	136.161
37	6.2764	0.04129	0.9365	143.239
38	6.6265	0.04376	0.9430	150.660
39	6.9935	0.04636	0.9497	158.445
40	7.3778	0.04911	0.9567	166.615
41	7.7803	0.05202	0.9639	175.192
42	8.2016	0.05509	0.9713	184.200
43	8.6424	0.05833	0.9790	193.662
44	9.1036	0.06176	0.9871	203.610
45	9.5856	0.06537	0.9954	214.067
46	10.0896	0.06920	1.0040	225.068
47	10.6161	0.07324	1.0130	236.643
48	11.1659	0.07751	1.0224	248.828
49	11.7402	0.08202	1.0322	261.667
50	12.3397	0.08680	1.0424	275.198
52	13.6176	0.09720	1.0641	304.512
54	15.0072	0.10887	1.0879	337.182
56	16.5163	0.12198	1.1141	373.679

คุณสมบัติอากาศอิ่มตัวที่ความดันบรรยากาศ 101.325 kpa (ต่อ)

t, °C	Vapor pressure ,kPa	Humidity ratio, kg/kg	Specific volume, m^3/kg	Enthalpy, kJ/kg
58	18.1531	0.13674	1.1429	414.572
60	19.9263	0.15341	1.1749	460.536
62	21.8447	0.17228	1.2105	512.391
64	23.9184	0.19375	1.2504	571.144
66	26.1565	0.21825	1.2953	638.003
68	28.5701	0.24638	1.3462	714.531
70	31.1693	0.27884	1.4043	802.643
75	38.5562	0.38587	1.5925	1092.010
80	47.3670	0.55201	1.8792	1539.414
85	57.8096	0.83634	2.3633	2302.878
90	70.1140	1.41604	3.3412	3856.547

ที่มา : *Wilbert F. Stoecker and Jerold W.Jones. Refrigeration and Air Conditioning. International Editions. Singapore : McGraw Hill, p 418-419. 1982.*

รายละเอียดการใช้งานของหลอดไฟฟ้า

ชนิดหลอด	พิกัดกำลังไฟฟ้า (W)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิภาพ (lm/w)	สี	อายุการใช้งาน (ชม.)
หลอดฟลูออเรสเซนต์สามแบนด์					
เดย์ไลต์ไวต์คัลเลอร์	18, 36, 58	1450 – 5400	80 – 96	dw	7500
นิวทรัลไวต์คัลเลอร์	18, 36, 58	1450 – 5400	80 – 96	nw	7500
วอร์มไวต์คัลเลอร์	18, 36, 58	1450 – 5400	80 – 96	ww	7500
หลอดคอมแพกต์ฟลูออเรสเซนต์					
หลอดอิเล็กทรอนิกส์ (E27)	7, 9, 11, 15, 20,23	400 – 1500	57 – 65	ww	8000
พร้อมบัลลาสต์	9, 13, 18, 25	450 – 1200	50	ww	8000
พร้อมสี่หลอดดิสชาร์จ/ 2 หรือ 4 ขา	8, 10, 13, 18, 26	350 – 1800	44 – 71	nw, ww	8000
พร้อมสองหลอดดิสชาร์จ/ 2 หรือ 4 ขา	5, 7, 9, 11	250 – 900	50 – 82	nw, ww	8000
พร้อมสองหลอดดิสชาร์จ/ 4 ขา	18, 24, 36, 40, 55	1200 – 4800	67 – 88	dw, nw, ww	7500
หลอดทังสเตนฮาโลเจน					
หลอดทังสเตนฮาโลเจนแรงดันไฟฟ้าสูง					
พร้อมขาแบบ E27	60, 75, 100, 150, 250	840 – 4100	14 – 16	ww	2000
พร้อมขาแบบ R7s	100 – 500	1650 – 9900	17 – 20	ww	2000
หลอดฮาโลเจนแรงดันไฟฟ้าต่ำ					
พร้อมชุดสะท้อนแสง	10, 15, 20, 35, 50, 70, 100		4* – 32**	ww	2000
พร้อมชุดสะท้อนแสงแบบกระจกเงา	20, 35, 50, 65, 75		8* – 60**	ww	3000
ไม่มีชุดสะท้อนแสง (12V)	5, 10, 20, 50, 75,100	60 – 2550	12 – 26	ww	2000
หลอดเมทัลฮาไลด์					
แบบขาอยู่ด้านเดียว	35, 75, 150	2400 – 12000	69 – 80	nw	6000
แบบขาอยู่ทั้งสองข้าง	75, 150, 250	5000 – 20000	67 – 80	nw, ww	6000
หลอดความดันไอโซเดียมสูง	35, 50, 100	1300 – 4800	39 – 50	ww	5000

* มุมการแผ่รังสี *(Radiation angle)*

ที่มา : ศุลี บรรจงจิตร. วิศวกรรมการส่องสว่าง. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน). หน้า 323-324.

ระดับความเข้มแสงที่ใช้ในการออกแบบ

ประเภทของอาคารหรืองานหรือการใช้งาน	หลอดที่ใช้ควรจะเป็นสีแบบ	ค่าความเข้มแสง	การจำกัดแสงจ้า	
			คลาส	ดัชนีจำกัด
พื้นที่อาคารทั่ว ๆ ไป				
ทางเดิน	nw หรือ ww	100	D – E	22
บันไดเลื่อน ลิฟต์	nw หรือ ww	150	C – D	-
ห้องน้ำ	nw หรือ ww	150	C – D	-
ห้องเก็บของ	nw หรือ ww	150	D – E	-
โรงงานประกอบ				
เครื่องจักรกลหนัก (ชิ้นงานใหญ่)	nw หรือ ww	300	C – D	25
โรงงานประกอบเครื่องยนต์				
(ชิ้นงานปานกลาง)	nw หรือ ww	500	B – C	22
โรงงานประกอบอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์				
(ชิ้นงานเล็ก)	nw หรือ ww	750	A – B	19
โรงงานประกอบอุปกรณ์เครื่องมือวัด				
(ชิ้นงานเล็กมาก)	dw หรือ nw หรือ ww	1500	A – B	16
อุตสาหกรรมเคมี				
พื้นที่โรงงานภายในทั่ว ๆ ไป	nw หรือ ww	300	C – D	25
กระบวนการอัตโนมัติ	nw หรือ ww	150	D – E	15
ห้องปฏิบัติการ ห้องควบคุม	nw หรือ ww	500	C – D	22
โรงงานยา	nw หรือ ww	500	C – D	22
ตรวจสอบ	dw หรือ ww	750	A - B	19
โรงงานยางรถยนต์	nw หรือ ww	500	C – D	22
โรงงานทอผ้า				
เย็บ	dw หรือ ww หรือ ww	750	A – B	19
ตรวจสอบ	dw	1000	A – B	16
อุตสาหกรรมไฟฟ้า				
โรงงานผลิตสาย	-	300	B – C	-
โรงงานประกอบชุดโทรศัพท์	-	500	A – B	-
ประกอบการพันสาย	nw หรือ ww	750	A – B	25
ประกอบวิทยุโทรทัศน์	-	1000	A – B	-
ประกอบชิ้นส่วนละเอียดของ				
อุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์	-	1500	A – B	-
อุตสาหกรรมอาหาร				
พื้นที่ทำงานทั่ว ๆ ไป	nw หรือ ww	300	C – D	25

ระดับความเข้มแสงที่ใช้ในการออกแบบ (ต่อ)

ประเภทของอาคารหรืองานหรือการใช้งาน	หลอดที่ใช้ควรจะเป็นสีแบบ	ค่าความเข้มแสง	การจำกัดแสงจ้า	
			คลาส	ดัชนีจำกัด
ส่วนที่มีการทำงานอัตโนมัติ	nw หรือ ww	200	D – E	25
ตรวจสอบ	dw หรือ nw	500	A – B	22
อุตสาหกรรมแก้ว				
ห้องเตา	nw หรือ ww	150	D – E	28
ห้องผสม โมล	nw หรือ ww	300	C – D	25
ห้องเคลือบ ห้องทำงานให้สมบูรณ์	nw หรือ ww	500	B – C	22
ห้องสีตกแต่ง	nw หรือ ww	750	A – B	-
งานแก้วผลึกและเลนส์ (งานละเอียด)	nw หรือ ww	1000	A – B	16
งานเหล็ก				
โรงงานผลิตที่ไม่มีการทำโดยมีเข้าประกอบ	-	100	D – E	-
โรงงานผลิตที่มีการทำโดยมีเข้าประกอบ	-	150	D – E	-
โรงงานผลิตที่มีตำแหน่งทำงานแน่นอน	nw หรือ ww	300	D – E	28
พื้นที่ส่วนที่ทำหน้าที่เป็นงานควบคุม และตรวจสอบ	nw หรือ ww	500	A – B	25
อุตสาหกรรมหนัง				
พื้นที่ทำงานทั่ว ๆ ไป	nw หรือ ww	300	B – C	25
ตัด เย็บงานผลิตรองเท้า	nw หรือ ww	750	A – B	22
งานการควบคุมคุณภาพ	dw	1000	A – B	16
ห้องปฏิบัติงานเครื่องจักรและงานขึ้นรูป				
งานที่ไม่แน่นอนหรือนาน ๆ ครั้ง	nw หรือ ww	200	D – E	25
งานเชื่อมและโต๊ะทำงาน	nw หรือ ww	300	C – D	25
งานที่มีเครื่องจักรอัตโนมัติประกอบ	nw หรือ ww	500	B – C	22
งานละเอียดพร้อมทั้งมีเครื่องอัตโนมัติ ตรวจสอบ	nw หรือ ww	750	A – B	22
งานละเอียดมาก ตรวจสอบในชิ้นส่วนเล็ก ๆ	dw หรือ ww	1500	A – B	19
ห้องปฏิบัติงานสี				
ส่วนจุ่มและพ่นสี	nw หรือ ww	300	D – E	25
งานสีและพ่นและทำให้สมบูรณ์	dw หรือ nw	500	C – D	22
งานสีละเอียด	dw หรือ nw	750	A – B	22
โรงงานกระดาษ				
งานทำกระดาษ	nw หรือ ww	300	C – D	25
กระบวนการอัตโนมัติ	nw หรือ ww	200	D – E	25

ระดับความเข้มแสงที่ใช้ในการออกแบบ (ต่อ)

ประเภทของอาคารหรืองานหรือการใช้งาน	หลอดที่ใช้ควรจะเป็นสีแบบ	ค่าความเข้มแสง	การจำกัดแสงจ้า	
			คลาส	ดัชนีจำกัด
ตรวจสอบ	nw หรือ ww	500	A – B	19
งานพิมพ์				
ห้องเครื่องพิมพ์	nw หรือ ww	500	C – D	22
ห้องเรียงพิมพ์และพิสูจน์อักษร	dw, nw หรือ ww	750	A – B	16
งานพิมพ์				
งานแกะตัวพิมพ์และงานละเอียด	dw, nw หรือ ww	1000	A – B	16
งานสีและพิมพ์สี	dw	1500	A – B	16
งานแกะสลักโลหะและทองแดง	nw หรือ ww	2000	A – B	16
งานทำปกหนังสือ	nw หรือ ww	500	A – B	19
งานตีกรอบ งานทำลายนูน	nw หรือ ww	750	A – B	22
อุตสาหกรรมสิ่งทอ				
งานแบบ งานม้วน	nw หรือ ww	300	D – E	25
งานปั่น พัน หลอดด้าย งานย้อม	nw หรือ ww	500	C – D	22
งานปั่น บิด ถัก	nw หรือ ww	750	A – B	25
งานเย็บตรวจสอบ	dw	1000	A – B	16
ห้องปฏิบัติงานไม้และเฟอร์นิเจอร์				
งานตัด	nw หรือ ww	200	D – E	22
โต๊ะทำงาน ประกอบ	nw หรือ ww	300	C – D	22
งานใสไม้	nw หรือ ww	500	B – C	22
งานประกอบสมบูรณ์ ตรวจสอบ	nw หรือ ww	750	A – B	22
สำนักงาน				
สำนักงานทั่วไป ห้องคอมพิวเตอร์	nw หรือ ww	500	A – B	19
สำนักงานออกแบบ	dw, nw หรือ ww	750	A – B	16
ห้องประชุม	nw หรือ ww	500	A – B	16
โรงเรียน				
ห้องเรียน ห้องเลกเชอร์	-	300	A – B	16
ห้องปฏิบัติการ ห้องสมุด ห้องอ่านหนังสือ	-	500	A – B	19
ห้องศิลปี	-	500	A – B	19
ห้องปฏิบัติงาน สโตร์ และพื้นที่แสดงนิทรรศการ				
ห้องปฏิบัติงานที่มีความสะดวกสบาย	dw, nw หรือ ww	300	B – C	19
ห้องปฏิบัติงานที่ต้องทำงานด้วยตนเอง	nw หรือ ww	500	B – C	19

ระดับความเข้มแสงที่ใช้ในการออกแบบ (ต่อ)

ประเภทของอาคารหรืองานหรือการใช้งาน	หลอดที่ใช้ควรจะเป็นฮีแบบ	ค่าความเข้มแสง	การจำกัดแสงจ้า	
			คลาส	ดัชนีจำกัด
ซูเปอร์มาร์เก็ต	nw หรือ ww	750	B – C	22
ห้องโชว์	dw, nw หรือ ww	500	B – C	19
พิพิธภัณฑ์และห้องแสดงศิลป์				
งานแสดงที่ไวต่อแสง	dw, nw หรือ ww	150	B – C	16
งานแสดงที่ไม่ไวต่อแสง	dw, nw หรือ ww	300	B – C	16
อาคารทั่ว ๆ ไป (สาธารณะ)				
โรงภาพยนตร์				
ห้องดู	nw หรือ ww	50	B – C	-
ห้องพัก	nw หรือ ww	150	B – C	19
ห้องคอนเสิร์ต				
ห้องฟัง	nw หรือ ww	100	B – C	-
ห้องพัก	nw หรือ ww	200	B – C	19
บ้านพักและโรงแรม				
บ้าน :				
ห้องนอน				
ทั่ว ๆ ไป	nw หรือ ww	50	B – C	-
หัวเตียงนอน	nw หรือ ww	200	B – C	-
ห้องน้ำ				
ทั่ว ๆ ไป	nw หรือ ww	100	B – C	-
ส่วนแต่งหน้า	nw หรือ ww	500	B – C	-
บันได	nw หรือ ww	100	B – C	-
ครัว				
ทั่ว ๆ ไป	nw หรือ ww	300	B – C	-
พื้นที่ทำงาน	nw หรือ ww	500	B – C	-
ห้องทำงาน	nw หรือ ww	300	B – C	-
พยาบาล	nw หรือ ww	150	B – C	-
โรงแรม				
ทางเข้า	nw หรือ ww	300	B – C	19
ห้องอาหาร	nw หรือ ww	200	B – C	-
ครัว	nw หรือ ww	500	B – C	22
ห้องนอนห้องน้ำ				
ทั่ว ๆ ไป	nw หรือ ww	100	B – C	-

ระดับความเข้มแสงที่ใช้ในการออกแบบ (ต่อ)

ประเภทของอาคารหรืองานหรือการใช้งาน	หลอดที่ใช้ควรจะเป็นสีแบบ	ค่าความเข้มแสง	การจำกัดแสงจ้า	
			คลาส	ดัชนีจำกัด
เฉพาะที่	nw หรือ ww	300	B – C	-
โรงพยาบาล				
แผนกของโรงพยาบาล				
แสงสว่างทั่วไป	nw หรือ ww	100	A – B	-
ห้องตรวจ	nw	300	A – B	-
ห้องอ่านหนังสือ	-	200	A – B	-
ทางเดิน	nw หรือ ww	5	A – B	-
ห้องตรวจ				
แสงสว่างทั่วไป	nw	500	A – B	-
ตรวจสอบเฉพาะที่	ww	1000	A – B	-
ห้องอายุรเวท				
หัวเตียง	-	50	A – B	-
จุดสังเกต	-	750	A – B	-
สถานีพยาบาล	-	300	A – B	-
ส่วนที่ทำงาน	-	-	-	-
แสงสว่างทั่วไป	-	750	A – B	-
เฉพาะที่	-	30,000	A – B	-
ห้องชันสูตร				
แสงสว่างทั่วไป	-	750	A – B	-
เฉพาะที่	-	10,000	A – B	-
ห้องปฏิบัติการและห้องยา				
แสงสว่างทั่วไป	-	500	A – B	19
เฉพาะที่	-	750	A – B	19
ห้องปรึกษา				
แสงสว่างทั่วไป	-	500	A – B	16
เฉพาะที่	-	750	A – B	16

ที่มา : ศุลี บรรจงจิตร. วิศวกรรมการส่องสว่าง. บริษัทซีเอ็ดยูเคชั่น จำกัด (มหาชน), หน้า 324-329.

คุณสมบัติสารทำความเย็น R-22
ที่สภาวะของเหลวและไออิ่มตัว

t, °C	P,kPa	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg.K		Specific volume, L/kg	
		h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
-60	37.48	134.763	379.114	0.73254	1.87886	0.68208	537.152
-55	49.47	139.830	381.529	0.75599	1.86389	0.68856	414.827
-50	64.39	144.959	383.921	0.77919	1.85000	0.69526	324.557
-45	82.71	150.153	386.282	0.80216	1.83708	0.70219	256.990
-40	104.95	155.414	388.609	0.82490	1.82504	0.70936	205.745
-35	131.68	160.742	390.896	0.84743	1.81380	0.71680	166.400
-30	163.48	166.140	393.138	0.86976	1.80329	0.72452	135.844
-28	177.76	168.318	394.021	0.87864	1.79927	0.72769	125.563
-26	192.99	170.507	394.896	0.88748	1.79535	0.73092	116.214
-24	209.22	172.708	395.762	0.89630	1.79152	0.73420	107.701
-22	226.48	174.919	396.619	0.90509	1.78779	0.73753	99.9362
-20	244.83	177.142	397.467	0.91386	1.78415	0.74091	92.8432
-18	264.29	179.376	398.305	0.92259	1.78059	0.74436	86.3546
-16	284.93	181.622	399.133	0.93129	1.77711	0.74786	80.4103
-14	306.78	183.878	399.951	0.93997	1.77371	0.75143	74.9572
-12	329.89	186.147	400.759	0.94862	1.77039	0.75506	69.9478
-10	354.30	188.426	401.555	0.95725	1.76713	0.75876	65.3399
-9	367.01	189.571	401.949	0.96155	1.76553	0.76063	63.1746
-8	380.06	190.718	402.341	0.06585	1.76394	0.76253	61.0958
-7	393.47	191.868	402.729	0.97014	1.76237	0.76444	59.0996
-6	407.23	193.021	403.114	0.97442	1.76082	0.76636	57.1820
-5	421.35	194.176	403.496	0.97870	1.75928	0.76831	55.3394
-4	435.84	195.335	403.876	0.98297	1.75775	0.77028	53.5682
-3	450.70	196.497	404.252	0.98724	1.75624	0.77226	51.8653
-2	465.94	197.662	404.626	0.99150	1.75475	0.77427	50.2274
-1	481.57	198.828	404.994	0.99575	1.75326	0.77629	48.6517
0	497.59	200.00	405.361	1.00000	1.75279	0.77834	47.1354
1	514.01	201.174	405.724	1.00424	1.75034	0.78041	45.6757
2	530.83	202.351	406.084	1.00848	1.74889	0.78249	44.2702
3	548.06	203.530	406.440	1.01271	1.74746	0.78460	42.9166
4	565.71	204.713	406.793	1.01694	1.74604	0.78673	41.6124
5	583.78	205.899	407.143	1.02116	1.74463	0.78889	40.3556

คุณสมบัติสารทำความเย็น **R-22** (ต่อ)
ที่สภาวะของเหลวและไออิ่มตัว

t, °C	P,kPa	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg.K		Specific volume, L/kg	
		h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
6	602.28	207.089	407.489	1.02537	1.74324	0.79107	39.1441
7	621.22	208.281	407.831	1.02958	1.74185	0.79327	37.9759
8	640.59	209.477	408.169	1.03379	1.74047	0.79549	36.8493
9	660.42	210.675	408.504	1.03799	1.73911	0.79775	35.7624
10	680.70	211.877	408.835	1.04218	1.73775	0.80002	34.7136
11	701.44	213.083	409.162	1.04637	1.73640	0.80232	33.7013
12	722.65	214.291	409.485	1.05056	1.73506	0.80465	32.7239
13	744.33	215.503	409.804	1.05474	1.73373	0.80701	31.7801
14	766.50	216.719	410.119	1.05892	1.73241	0.80939	30.8683
15	789.15	217.937	410.430	1.06309	1.73109	0.81180	29.9874
16	812.29	219.160	410.736	1.06726	1.72978	0.81424	29.1361
17	835.93	220.386	411.038	1.07142	1.72848	0.81671	28.3131
18	860.08	221.615	411.336	1.07559	1.72719	0.81922	27.5173
19	884.75	222.848	411.629	1.07974	1.72590	0.82175	26.7477
20	909.93	224.084	411.918	1.08390	1.72462	0.82431	26.0032
21	935.64	225.324	412.202	1.08805	1.72334	0.82691	25.2829
22	961.89	226.568	412.481	1.09220	1.72206	0.82954	24.5857
23	988.67	227.816	412.755	1.09634	1.72080	0.83221	23.9107
24	1016.0	229.068	413.025	1.10048	1.71953	0.83491	23.2572
25	1043.9	230.324	413.289	1.10462	1.71827	0.83765	22.6242
26	1072.3	231.583	413.548	1.10876	1.71701	0.84043	22.0111
27	1101.4	232.847	413.802	1.11290	1.71576	0.84324	21.4169
28	1130.9	234.115	414.050	1.11703	1.71450	0.84610	20.8411
29	1161.1	235.387	414.293	1.12116	1.71325	0.84899	20.2829
30	1191.9	236.664	414.530	1.12530	1.71200	0.85193	19.7417
31	1223.2	237.944	414.762	1.12943	1.71075	0.85491	19.2168
32	1255.2	239.230	414.987	1.13355	1.70950	0.85793	18.7076
33	1287.8	240.520	415.207	1.13768	1.70826	0.86101	18.2135
34	1321.0	241.814	415.420	1.14181	1.70701	0.86412	17.7341
35	1354.8	243.114	415.627	1.14594	1.70576	0.86729	17.2686
36	1389.2	244.418	415.828	1.15007	1.70450	0.87051	16.8168
37	1424.3	245.727	416.021	1.15420	1.70325	0.87378	16.3779
38	1460.1	247.041	416.208	1.15833	1.70199	0.87710	15.9517
39	1496.5	248.361	416.388	1.16246	1.70073	0.88048	15.5375
40	1533.5	249.686	416.561	1.16659	1.69946	0.88392	15.1351
41	1571.2	251.016	416.726	1.17073	1.69819	0.88741	14.7439

คุณสมบัติสารทำความเย็น **R-22** (ต่อ)
ที่สภาวะของเหลวและไออิ่มตัว

t, °C	P,kPa	Enthalpy, kJ/kg		Entropy, kJ/kg.K		Specific volume, L/kg	
		h_f	h_g	s_f	s_g	v_f	v_g
42	1609.6	252.352	416.883	1.17486	1.69692	0.89097	14.3636
43	1648.7	253.694	417.033	1.17900	1.69564	0.89459	13.9938
44	1688.5	255.042	417.174	1.18315	1.69435	0.89828	13.6341
45	1729.0	256.396	417.308	1.18730	1.69305	0.90203	13.2841
46	1770.2	257.756	417.432	1.19145	1.69174	0.90586	12.9436
47	1812.1	259.123	417.548	1.19560	1.69043	0.90976	12.6122
48	1854.8	260.497	417.655	1.19977	1.68911	0.91374	12.2895
49	1898.2	261.877	417.752	1.20393	1.68777	0.91779	11.9753
50	1942.3	263.264	417.838	1.20811	1.68643	0.92193	11.6693
52	2032.8	266.062	417.983	1.21648	1.68370	0.93047	11.0806
54	2126.5	268.891	418.083	1.22489	1.68091	0.93939	10.5214
56	2223.2	271.754	418.137	1.23333	1.67805	0.94872	9.98952
58	2323.2	274.654	418.141	1.24183	1.67511	0.95850	9.48319
60	2426.6	277.594	418.089	1.25038	1.67208	0.96878	9.00062
62	2533.3	280.577	417.978	1.25899	1.66895	0.97960	8.54016
64	2643.5	283.607	417.802	1.26768	1.66570	0.99104	8.10023
66	2757.3	286.690	417.553	1.27647	1.66231	1.00317	7.67934
68	2874.7	289.832	417.226	1.28535	1.65876	1.01608	7.27605
70	2995.9	293.038	416.809	1.29436	1.65504	1.02987	6.88899
75	3316.1	301.399	415.299	1.31758	1.64472	1.06916	5.98334
80	3662.3	310.424	412.898	1.34223	1.63239	1.11810	5.14862
85	4036.8	320.505	409.101	1.36936	1.61673	1.18328	4.35815
90	4442.5	332.616	402.653	1.40155	1.59440	1.28230	3.56440
95	4883.5	351.767	386.708	1.45222	1.54712	1.52064	2.55133

ที่มา : *Wilbert F. Stoecker and Jerold W.Jones. Refigeration and Air Conditioning. International Editions. Singapore : McGraw Hill, p 426-427. 1982*

คุณสมบัติสารทำความเย็น R134a

ที่สภาวะของเหลวและไออิ่มตัว

Temp.	p_{sat}	Specific Volume		Enthalpy			Entropy		
		Liquid $v_f \times 10^3$	Vapour v_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
(°C)	(bar)	(m^3/kg)	(m^3/kg)		(kJ/kg)			(kJ/kg.K)	
−40	.517	.705	.3567	150.60	230.22	380.82	.8009	.9874	1.7882
−38	.573	.708	.3239	152.91	229.16	382.07	.8110	.9745	1.7855
−36	.633	.771	.2946	155.24	228.09	383.33	.8211	.9618	1.7828
−34	.699	.714	.2684	157.58	227.00	384.58	.8312	.9491	1.7803
−32	.771	.717	.2450	159.95	225.88	385.33	.8412	.9367	1.7779
−30	.848	.720	.2240	162.33	224.75	387.08	.8513	.9243	1.7766
−28	.931	.723	.2051	164.72	223.60	388.32	.8613	.9120	1.7734
−26	1.020	.726	.1881	167.13	222.42	389.55	.8714	.8999	1.7713
−24	1.117	.730	.1727	169.56	221.23	390.79	.8814	.8879	1.7692
−22	1.220	.733	.1589	172.01	220.01	392.02	.8913	.8760	1.7673
−20	1.330	.736	.1464	174.47	218.77	393.24	.9013	.8642	1.7655
−18	1.449	.739	.1350	176.95	217.51	394.46	.9113	.8525	1.7637
−16	1.575	.743	.1247	179.44	216.23	395.68	.9212	.8408	1.7620
−14	1.711	.746	.1153	181.96	214.93	396.89	.9311	.8293	1.7601
−12	1.855	.750	.1067	184.48	213.60	398.09	.9410	.8179	1.7589
−10	2.008	.753	.0989	187.03	212.26	399.28	.9509	.8066	1.7574
−8	2.171	.757	.0918	189.59	210.89	400.48	.9607	.7953	1.7561
−6	2.344	.761	.0853	192.17	209.49	401.66	.9706	.7841	1.7547
−4	2.528	.764	.0794	194.76	208.07	402.84	.9804	.7731	1.7535
−2	2.723	.768	.0739	197.37	206.63	404.01	.9902	.7620	1.7522
0	2.929	.772	.0689	200.00	205.17	405.17	1.0000	.7511	1.7511
2	3.147	.776	.0642	202.64	203.68	406.32	1.0098	.7402	1.7500
4	3.378	.780	.0600	205.31	202.16	407.47	1.0195	.7294	1.7489
6	3.621	.784	.0561	207.98	200.62	408.60	1.0293	.7187	1.7479
8	3.877	.788	.0525	210.68	199.05	409.73	1.0390	.7080	1.7470
10	4.147	.793	.0491	213.39	197.46	410.85	1.0487	.6973	1.7460
12	4.431	.797	.0460	216.13	195.84	411.96	1.0584	.6868	1.7452
14	4.730	.802	.0432	218.87	194.19	413.06	1.0681	.6762	1.7443
16	5.043	.806	.0405	221.64	192.51	414.15	1.0777	.6657	1.7435
18	5.372	.811	.0381	224.43	190.80	415.23	1.0874	.6553	1.7427
20	5.718	.816	.0358	227.23	189.06	416.29	1.0970	.6449	1.7419
22	6.080	.821	.0336	230.06	187.29	417.35	1.1067	.6345	1.7418
24	6.459	.826	.0317	232.90	185.49	418.39	1.1163	.6242	1.7405
26	6.855	.831	.0298	235.76	183.65	419.41	1.1259	.6139	1.7398
28	7.270	.836	.0281	238.65	181.78	420.43	1.1355	.6036	1.7391
30	7.703	.842	.0265	241.56	179.87	421.43	1.1451	.5933	1.7384
32	8.155	.847	.0250	244.48	177.93	422.41	1.1547	.5831	1.7377
34	8.627	.853	.0236	247.44	175.94	423.38	1.1643	.5728	1.7371

คุณสมบัติสารทำความเย็น **R134a** (ต่อ)

ที่สภาวะของเหลวและไออิ่มตัว

Temp.	p_{sat}	*Specific Volume*		*Enthalpy*			*Entropy*		
		Liquid $v_f \times 10^3$	*Vapour* v_g	h_f	h_{fg}	h_g	s_f	s_{fg}	s_g
(°C)	(bar)	(m^3/kg)	(m^3/kg)		(kJ/kg)			(kJ/kg.K)	
36	9.119	.859	.0222	250.41	173.92	242.33	1.1738	.5626	1.7364
38	9.632	.865	.0210	253.41	171.85	425.26	1.1834	.5523	1.7357
40	10.167	.871	.0199	256.43	169.74	426.17	1.1930	.5420	1.7350
42	10.723	.878	.0188	259.48	167.58	427.07	1.2026	.5317	1.7343
44	11.302	.885	.0177	262.56	165.38	427.94	1.2122	.5214	1.7336
46	11.904	.892	.0168	265.67	163.12	428.79	1.2218	.5111	1.7328
48	12.530	.899	.0159	268.80	160.81	429.61	1.2314	.5007	1.7321
50	13.180	.906	.0150	271.97	158.43	430.40	1.2410	.4903	1.7312
52	13.854	.914	.0142	275.17	156.00	431.17	1.2506	.4798	1.7304
54	14.555	.922	.0134	278.41	153.50	431.91	1.2603	.4692	1.7295
56	15.282	.931	.0127	281.68	150.94	432.61	1.2699	.4585	1.7285
58	16.036	.940	.0120	284.99	148.29	433.28	1.2796	.4478	1.7274
60	16.817	.949	.0114	288.34	145.57	433.91	1.2893	.4369	1.7263
62	17.627	.959	.0108	291.74	142.76	434.50	1.2991	.4260	1.7250
64	18.466	.969	.0102	295.19	139.86	435.05	1.3089	.4148	1.7237
66	19.336	.979	.0097	298.68	136.86	435.54	1.3187	.4035	1.7222
68	20.235	.991	.0091	302.23	133.74	435.98	1.3286	.3920	1.7206
70	21.167	.003	.0086	305.84	130.51	436.35	1.3386	.3803	1.7189

คุณสมบัติสารทำความเย็น R717 (AMMONIA)

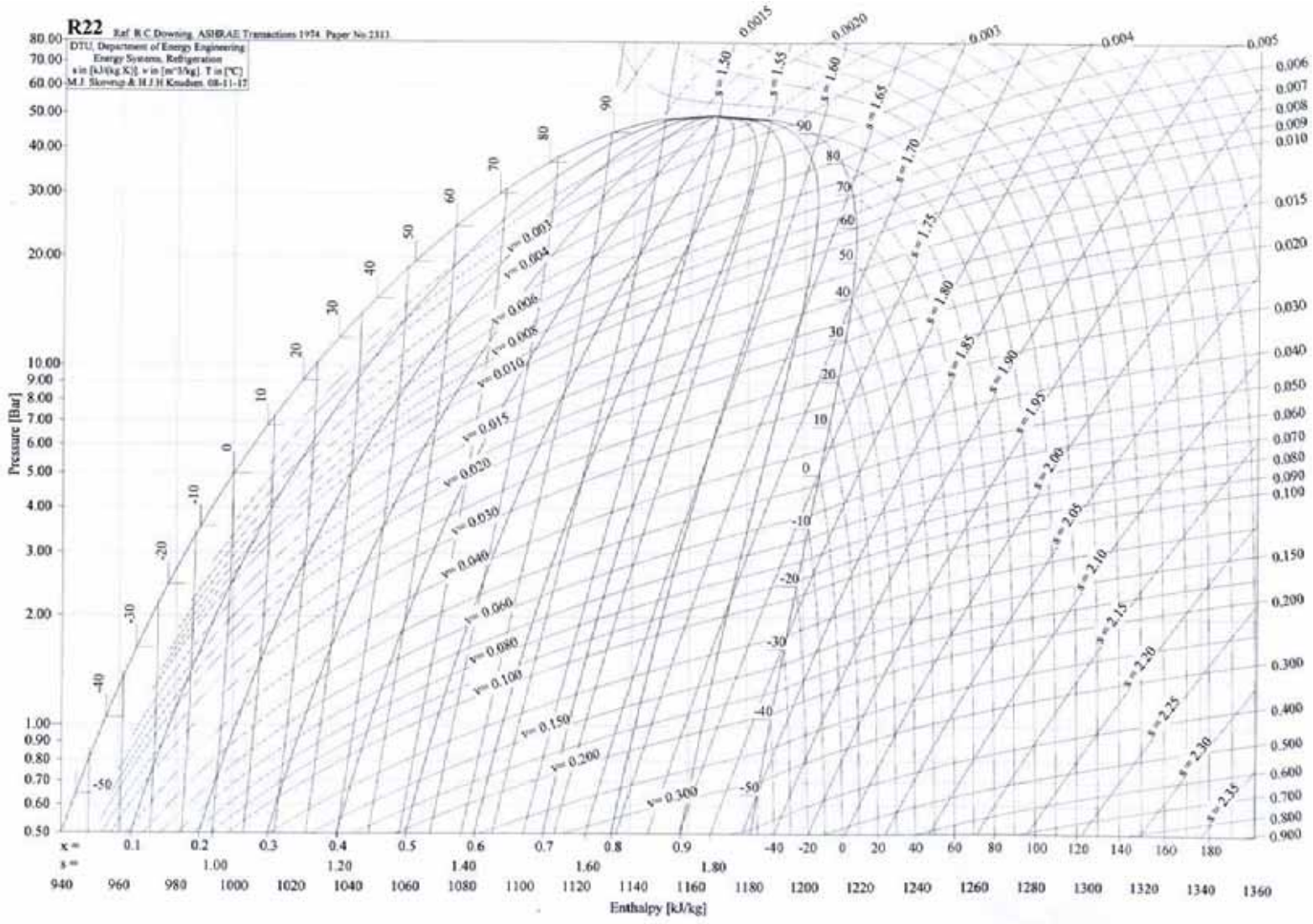
ที่สภาวะของเหลวและไออิ่มตัว

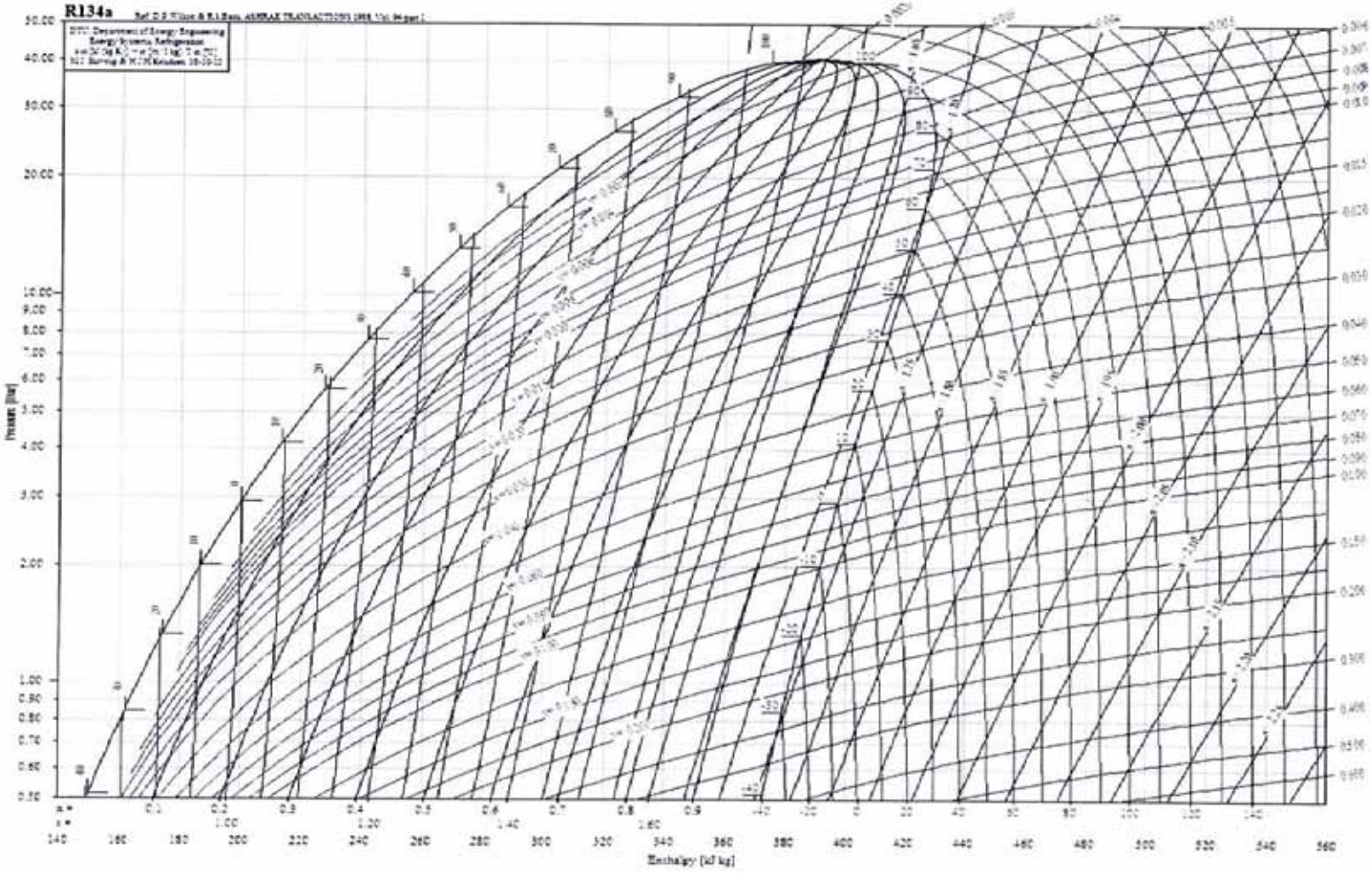
Temp.	*Pressure*	*Specific Volume* (m^3/kg)		*Enthalpy* (kJ/kg)		*Entropy* kJ/kg.K)	
(°C)	(bar)	$v_f \times 10^3$	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
−60	.2199	1.40	4.685	−69.5	1373.2	−0.1095	6.6592
−55	.3029	1.41	3.474	−47.5	1382.0	−0.0071	6.5454
−50	.4103	1.42	2.617	−25.4	1390.6	0.0926	6.4382
−45	.5474	1.43	2.000	−3.3	1399.0	0.1904	6.3369
−40	.7201	1.45	1.547	18.9	1407.2	0.2865	6.2410
−35	.9349	1.46	1.212	41.2	1415.2	0.3808	6.1501
−30	1.1990	1.48	.961	63.6	1422.8	0.4735	6.0636
−28	1.3202	1.48	.878	72.5	1425.8	0.5101	6.0302
−26	1.4511	1.48	.809	81.5	1428.7	0.5465	5.9974
−25	1.5216	1.49	.770	86.0	1430.2	0.5646	5.9813
−24	1.5922	1.49	.737	90.5	1431.6	0.5827	5.9652
−22	1.7441	1.49	.677	99.6	1434.4	0.6186	.5.9336
−20	1.9074	1.50	.622	108.6	1437.2	0.6543	5.9025
−18	2.0826	1.50	.573	117.7	1439.9	0.6898	5.8720
−16	2.2704	1.51	.528	126.7	1442.6	0.7251	5.8420
−15	2.3709	1.52	.508	131.3	1443.9	0.7426	5.8223
−14	2.4714	1.52	.488	135.8	1445.2	0.7601	5.8125
−12	2.6863	1.53	.451	144.9	1447.7	0.7950	5.7835
−10	2.9157	1.53	.417	154.2	1450.2	0.8296	5.7550
−9	3.0360	1.53	.402	158.6	1451.4	0.8469	5.7409
−8	3.1602	1.54	.387	163.2	1452.6	0.8641	5.7269
−7	3.2884	1.54	.373	167.8	1453.8	0.8812	5.7131
−6	3.4207	1.54	.359	172.4	1455.0	0.8983	5.6993
−5	3.5571	1.55	.346	176.9	1456.1	0.9154	5.6856
−4	3.6977	1.55	.334	181.6	1457.2	0.9324	5.6721
−3	3.8426	1.55	.322	186.2	1458.4	0.9493	5.6586
−2	3.9920	1.56	.310	190.8	1459.5	0.9663	5.6453
−1	4.1458	1.56	.299	195.4	1460.6	0.9831	5.6320
0	4.3043	1.57	.289	200.0	1461.7	1.0000	5.6189
1	4.4674	1.57	.279	204.6	1462.7	1.0167	5.6058
2	4.6353	1.57	.269	209.3	1463.8	1.0335	5.5929
3	4.8081	1.57	.260	213.9	1464.8	1.0502	5.5800
4	4.9859	1.58	.251	218.5	1465.8	1.0669	5.5672
5	5.1687	1.58	.243	223.2	1466.8	1.0835	5.5545
6	5.3567	1.59	.235	227.8	1467.8	1.1001	5.5419
7	5.5500	1.59	.227	232.5	1468.8	1.1167	5.5294
8	5.7487	1.59	.219	237.1	1459.7	1.1332	5.5170
9	5.9528	1.60	.212	241.8	1470.7	1.1496	5.5046
10	6.1625	1.60	.205	246.5	1471.5	1.1661	5.4924

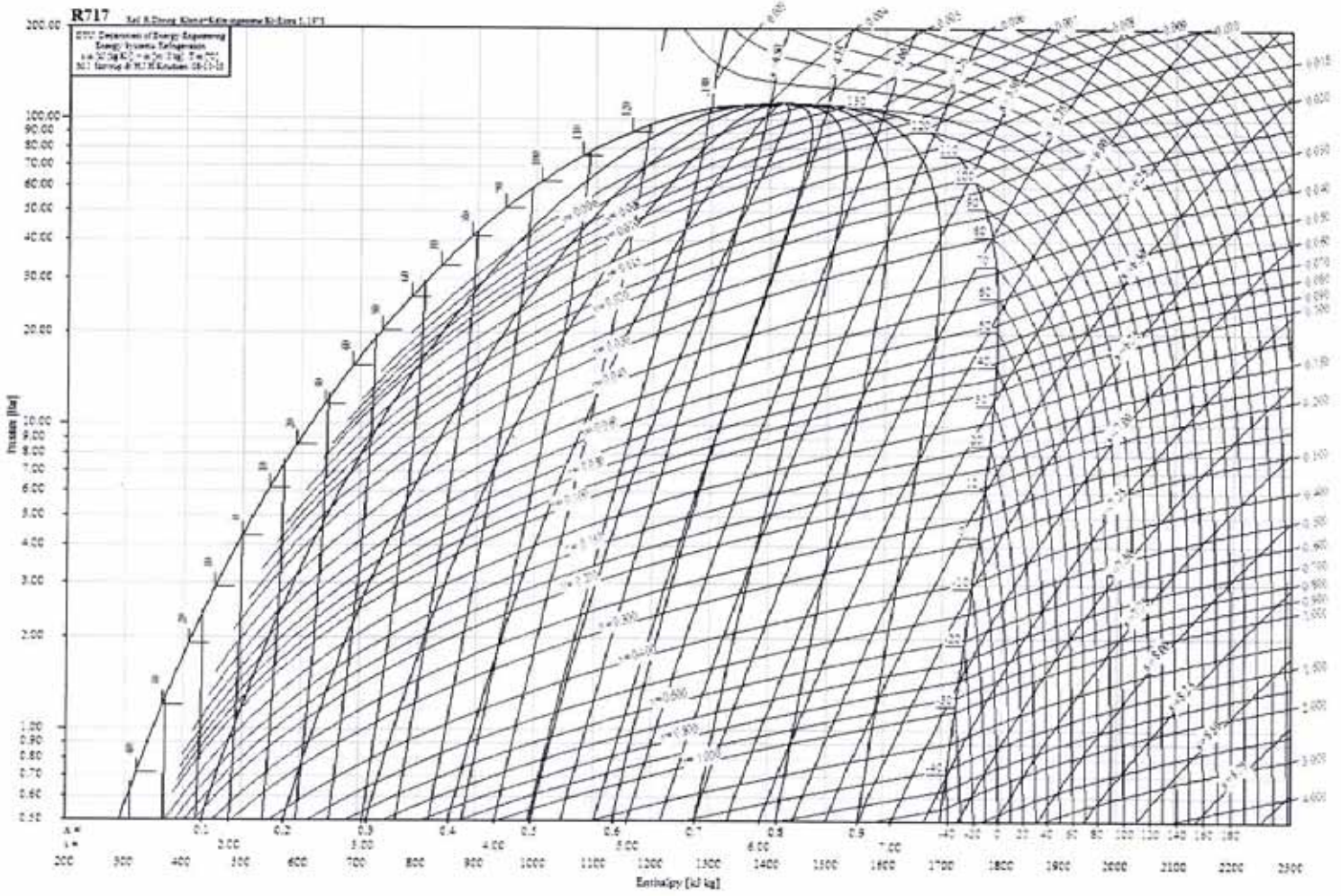
คุณสมบัติสารทำความเย็น R717 (AMMONIA) (ต่อ)

ที่สภาวะของเหลวและไออิ่มตัว

Temp.	Pressure	Specific Volume (m^3/kg)		Enthalpy (kJ/kg)		Entropy kJ/kg.K)	
(°C)	(bar)	$v_f \times 10^3$	v_g	h_f	h_g	s_f	s_g
11	6.3778	1.60	.198	251.2	1472.5	1.1825	5.4802
12	6.5989	1.61	.192	255.9	1473.3	1.1988	5.4681
13	6.8259	1.61	.186	260.6	1474.2	1.2152	5.4561
14	7.0588	1.61	.180	265.3	1475.4	1.2314	5.4441
15	7.2979	1.62	.174	270.0	1475.9	1.2477	5.4322
16	7.5431	1.62	.169	274.8	1476.2	1.2639	5.4204
17	7.7946	1.62	.164	279.5	1477.5	1.2801	5.4087
18	8.0525	1.63	.158	284.8	1478.3	1.2963	5.3971
19	8.3169	1.63	.154	289.0	1479.0	1.3124	5.3855
20	8.5879	1.64	.149	293.8	1479.8	1.3285	5.3740
21	8.8657	1.64	.144	298.5	1480.5	1.3445	5.3626
22	9.1503	1.64	.140	303.3	1481.2	1.3606	5.3512
23	9.4418	1.65	.136	308.4	1481.9	1.3765	5.3399
24	9.7403	1.65	.132	312.9	1482.5	1.3925	5.3286
25	10.046	1.66	.128	317.7	1483.2	1.4084	5.3175
26	10.359	1.66	.124	322.5	1483.8	1.4243	5.3063
27	10.680	1.67	.128	327.3	1484.4	1.4402	5.2953
28	11.007	1.67	.117	332.1	1485.0	1.4560	5.2843
29	11.343	1.67	.114	336.9	1485.8	1.4718	5.2733
30	11.686	1.68	.110	341.8	1486.1	1.4876	5.2624
31	12.037	1.68	.107	346.6	1486.7	1.5033	5.2516
32	12.396	1.69	.104	351.5	1487.2	1.5191	5.2408
33	12.763	1.69	.101	356.3	1487.7	1.5348	5.2300
34	13.139	1.70	.098	361.2	1488.1	1.5504	5.2193
35	13.522	1.70	.096	366.1	1488.6	1.5660	5.2086
36	13.915	1.71	.092	370.9	1489.0	1.5816	5.1980
37	14.314	1.71	.090	375.9	1489.4	1.5972	5.1874
38	14.724	1.72	.088	380.8	1489.8	1.6128	5.1768
39	15.143	1.72	.085	385.7	1490.1	1.6283	5.1663
40	15.570	1.72	.083	390.6	1490.4	1.6437	5.1558
41	16.006	1.73	.080	395.5	1790.7	1.6592	5.1453
42	16.451	1.73	.078	400.4	1490.9	1.6747	5.1349
43	16.906	1.74	.076	405.4	1491.2	1.6901	5.1244
44	17.370	1.74	.074	410.4	1491.4	1.7055	5.1140
45	17.843	1.75	.072	415.4	1491.5	1.7209	5.1036
46	18.326	1.75	.070	420.4	1491.7	1.7363	5.0932
47	18.819	1.76	.068	425.4	1491.8	1.7517	5.0827
48	19.322	1.76	.066	430.4	1491.8	1.7671	5.0723
49	19.835	1.77	.065	435.4	1491.9	1.7825	5.0618
50	20.359	1.77	.063	440.5	1491.8	1.7979	5.0514
51	20.892	1.78	.061	445.6	1491.8	1.8134	5.0409
52	21.436	1.78	.060	450.7	1491.7	1.8289	5.0303
53	21.991	1.79	.058	455.9	1491.5	1.8444	5.0198
54	22.556	1.79	.056	461.1	1491.3	1.8600	5.0092
55	23.132	1.80	.055	466.3	1491.1	1.8757	4.9985


R22
Ref. R.C.Downing, ASHRAE Transactions 1954. Paper No.2313.
DTU, Department of Energy Engineering
Energy Systems, Refrigeration
s in [kJ/(kg.K)], v in [m^3/kg], T in [°C]
M.J. Skovrup & H.J.H Knudsen. 08-11-17
Pressure [Bar]
Enthalpy [kJ/kg]
x =
s =


R134a
Pressure [Bar]
Enthalpy [kJ/kg]


R717
Pressure [bar]
Enthalpy [kJ kg]

ตารางไอน้ำอิ่มตัว (SI Units)

Absolute pressure *(kPa, kN/m^2)*	Temperature *(^oC)*	Specific Volume *(m^3/kg)*	Density *- ρ - (kg/m^3)*	Specific Enthalpy of			Specific Entropy of Steam *- s - (kJ/kgK)*
				Liquid *- h_l - (kJ/kg)*	Evaporation *- h_e - (kJ/kg)*	Steam *- h_s - (kJ/kg)*	
0.8	3.8	160	0.00626	15.8	2493	2509	9.058
2.0	17.5	67.0	0.0149	73.5	2460	2534	8.725
5.0	32.9	28.2	0.0354	137.8	2424	2562	8.396
10.0	45.8	14.7	0.0682	191.8	2393	2585	8.151
20.0	60.1	7.65	0.131	251.5	2358	2610	7.909
28	67.5	5.58	0.179	282.7	2340	2623	7.793
35	72.7	4.53	0.221	304.3	2327	2632	7.717
45	78.7	3.58	0.279	329.6	2312	2642	7.631
55	83.7	2.96	0.338	350.6	2299	2650	7.562
65	88.0	2.53	0.395	368.6	2288	2657	7.506
75	91.8	2.22	0.450	384.5	2279	2663	7.457
85	95.2	1.97	0.507	398.6	2270	2668	7.415
95	98.2	1.78	0.563	411.5	2262	2673	7.377
100	99.6	1.69	0.590	417.5	2258	2675	7.360
110	102.3	1.55	0.646	428.8	2251	2680	7.328
130	107.1	1.33	0.755	449.2	2238	2687	7.271
150	111.4	1.16	0.863	467.1	2226	2698	7.223
170	115.2	1.03	0.970	483.2	2216	2699	7.181
190	118.6	0.929	1.08	497.8	2206	2704	7.144

Absolute pressure *(kPa, kN/m^2)*	Temperature *(^{o}C)*	Specific Volume *(m^3/kg)*	Density *- ρ - (kg/m^3)*	Specific Enthalpy of			Specific Entropy of Steam *- s - (kJ/kgK)*
220	123.3	0.810	1.23	517.6	2193	2711	7.095
260	128.7	0.693	1.44	540.9	2177	2718	7.039
280	131.2	0.646	1.55	551.4	2170	2722	7.014
320	135.8	0.570	1.75	570.9	2157	2728	6.969
360	139.9	0.510	1.96	588.5	2144	2733	6.930
400	143.1	0.462	2.16	604.7	2133	2738	6.894
440	147.1	0.423	2.36	619.6	2122	2742	6.862
480	150.3	0.389	2.57	633.5	2112	2746	6.833
500	151.8	0.375	2.67	640.1	2107	2748	6.819
550	155.5	0.342	2.92	655.8	2096	2752	6.787
600	158.8	0.315	3.175	670.4	2085	2756	6.758
650	162.0	0.292	3.425	684.1	2075	2759	6.730
700	165.0	0.273	3.66	697.1	2065	2762	6.705
750	167.8	0.255	3.915	709.3	2056	2765	6.682
800	170.4	0.240	4.16	720.9	2047	2768	6.660
850	172.9	0.229	4.41	732.0	2038	2770	6.639
900	175.4	0.215	4.65	742.6	2030	2772	6.619
950	177.7	0.204	4.90	752.8	2021	2774	6.601
1000	179.9	0.194	5.15	762.6	2014	2776	6.583

Absolute pressure *(kPa, kN/m^2)*	Temperature *(^{o}C)*	Specific Volume *(m^3/kg)*	Density *- ρ - (kg/m^3)*	Specific Enthalpy of			Specific Entropy of Steam *- s - (kJ/kgK)*
1050	182.0	0.186	5.39	772	2006	2778	6.566
1150	186.0	0.170	5.89	790	1991	2781	6.534
1250	189.8	0.157	6.38	807	1977	2784	6.505
1300	191.6	0.151	6.62	815	1971	2785	6.491
1500	198.3	0.132	7.59	845	1945	2790	6.441
1600	201.4	0.124	8.03	859	1933	2792	6.418
1800	207.1	0.110	9.07	885	1910	2795	6.375
2000	212.4	0.0995	10.01	909	1889	2797	6.337
2100	214.9	0.0945	10.54	920	1878	2798	6.319
2300	219.6	0.0868	11.52	942	1858	2800	6.285
2400	221.8	0.0832	12.02	952	1849	2800	6.269
2600	226.0	0.0769	13.01	972	1830	2801	6.239
2700	228.1	0.0740	13.52	981	1821	2802	6.224
2900	232.0	0.0689	14.52	1000	1803	2802	6.197
3000	233.8	0.0666	15.00	1008	1794	2802	6.184
3200	237.4	0.0624	16.02	1025	1779	2802	6.158
3400	240.9	0.0587	17.04	1042	1760	2802	6.134
3600	244.2	0.0554	18.06	1058	1744	2802	6.112
3800	247.3	0.0524	19.08	1073	1728	2801	6.090
4000	250.3	0.0497	20.09	1087	1713	2800	6.069

การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

1. สัมประสิทธิ์การนำความร้อน (Thermal Conductivity, k)

คือ ปริมาณความร้อนที่ส่งผ่านวัสดุพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ความหนา 1 หน่วย ใน 1 หน่วยเวลา โดยมีความแตกต่างของอุณหภูมิผิวของวัสดุทั้งสองด้าน 1 หน่วย มีหน่วยเป็น ($W/m\ ^oC$)

รายละเอียดแสดงใน TABLE 1

2. ความต้านทานความร้อน (Resistance, R)

คือ สัดส่วนความหนาของวัสดุ ต่อ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน มีหน่วยเป็น ($m^2\ ^oC/W$)

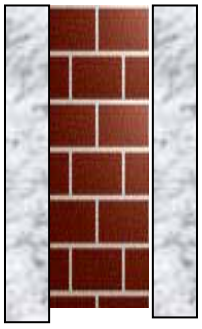
$$R = \frac{\Delta x}{k}$$

เมื่อ Δx คือ ความหนาของวัสดุ (m.)

k คือ สัมประสิทธิ์การนำความร้อน ($W/m^2\ ^oC$)

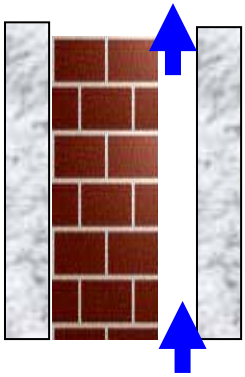
กรณีที่โครงสร้างประกอบด้วยวัสดุ หลายชนิด (n) เช่น ผนังก่ออิฐฉาบปูน หรือ หลังคากระเบื้องมีช่องว่างของอากาศและติดแผ่นฝ้า ค่าความต้านทานความร้อนรวม (R_t) สามารถคำนวณได้ ดังนี้

กรณีไม่มีช่องว่างของอากาศภายใน



$$Rt = Ro + \frac{\Delta x1}{k1} + \frac{\Delta x2}{k2} + \frac{\Delta x3}{k3} + ... + \frac{\Delta xn}{kn} + Ri$$

กรณีมีช่องว่างของอากาศภายใน



$$Rt = Ro + \frac{\Delta x1}{k1} + \frac{\Delta x2}{k2} + \frac{\Delta x3}{k3} + Ra..... + \frac{\Delta xn}{kn} + Ri$$

เมื่อ Rt คือ ค่าความต้านทานความร้อนรวม ($m^2\ ^oC/W$)

Ro คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศด้านนอก ($m^2\ ^oC/W$)

Ri คือ ค่าความต้านทานความร้อนของฟิล์มอากาศด้านใน ($m^2\ ^oC/W$)

Ra คือ ค่าความต้านทานความร้อนของช่องว่างอากาศ ($m^2\ ^oC/W$)
(รายละเอียด แสดงใน Table 2 และ Table 3)

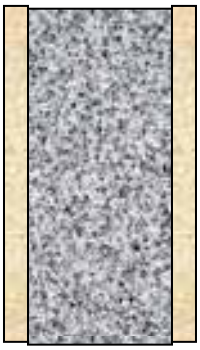
3. ความนำความร้อน (U)

คือ สัดส่วนของค่าสัมประสิทธิ์การนำความร้อน ต่อ ค่าความหนาของวัสดุ มีหน่วยเป็น ($W/m^2\ ^oC$) เป็นส่วนกลับของ **ความต้านทานความร้อน (R)**

$$U = \frac{1}{R}$$

ตัวอย่าง การคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน

1) เสาคอนกรีตเสริมเหล็ก + ฉาบปูนเรียบ 2 ด้าน



เสาคอนกรีต หนา 0.5 เมตร ฉาบปูนเรียบ 2 ด้าน หนา 0.01 เมตร

จากสมการ

$$Rt = Ro+\frac{\Delta x1}{k1}+\frac{\Delta x2}{k2}+\frac{\Delta x3}{k3}+.....+\frac{\Delta xn}{kn}+Ri$$

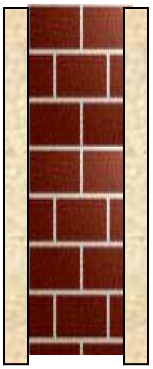
$$= 0.044+\frac{0.01}{0.533}+\frac{0.5}{1.442}+\frac{0.01}{0.533}+0.12$$

$$= 0.548 \quad m^2\,^oC/W$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0.548}$$

$$= 1.824 \quad m^2\,^oC/W$$

2) อิฐก่อชั้นเดียว + ฉาบปูนเรียบ 2 ด้าน



อิฐมอญ หนา 0.1 เมตร ฉาบปูนเรียบ 2 ด้าน หนา 0.01 เมตร

จากสมการ

$$Rt = Ro+\frac{\Delta x1}{k1}+\frac{\Delta x2}{k2}+\frac{\Delta x3}{k3}+.....+\frac{\Delta xn}{kn}+Ri$$

$$= 0.044+\frac{0.01}{0.533}+\frac{0.1}{1.154}+\frac{0.01}{0.533}+0.12$$

$$= 0.288 \quad m^2\,^oC/W$$

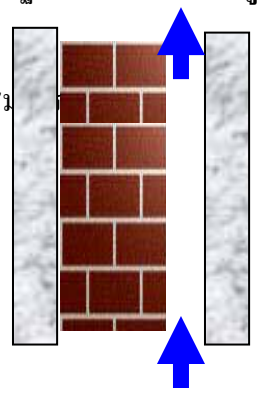
$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0.288}$$

$$= 3.470 \quad m^2\,^oC/W$$

3) อิฐก่อชั้นเดียว + ฉาบปูน 1 ด้าน + มีช่องว่างภายใน + กรุแผ่นเรียบ

(R ช่องว่างอากาศ ของผนัง แสดงใน Table 2-3)

จากสม



$$Rt = Ro+\frac{\Delta x1}{k1}+\frac{\Delta x2}{k2}+\frac{\Delta x3}{k3}+Ra.....+\frac{\Delta xn}{kn}+Ri$$

$$= 0.044+\frac{0.01}{0.533}+\frac{0.1}{1.154}+0.148+\frac{0.01}{0.191}+0.12$$

$$= 0.470 \quad m^2\,^oC/W$$

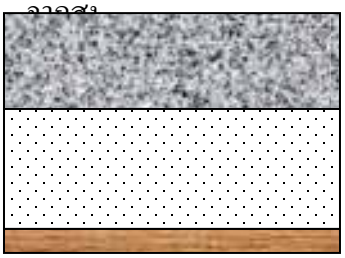
$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0.470}$$

$$= 2.129 \quad m^2\,^oC/W$$

4) หลังคา คอนกรีตเทเรียบ + ช่องว่างอากาศ + แผ่นเรียบ

(R ช่องว่างอากาศ ของฝ้าเพดาน แสดงใน Table 5-6)

จากสม



$$Rt = Ro+\frac{\Delta x1}{k1}+\frac{\Delta x2}{k2}+\frac{\Delta x3}{k3}+Ra.....+\frac{\Delta xn}{kn}+Ri$$

$$= 0.055+\frac{0.1}{1.142}+0.0174+\frac{0.01}{0.191}+0.152$$

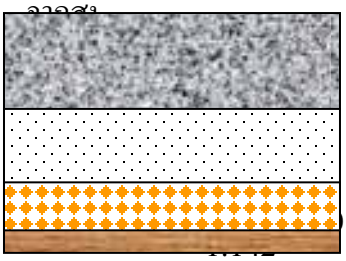
$$= 0.474 \quad m^2\,^oC/W$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{0.474}$$

$$= 2.110 \quad m^2\,^oC/W$$

5) หลังคา คอนกรีตเทเรียบ + ช่องว่างอากาศ + ฉนวนใยแก้ว + แผ่นเรียบ

(R ช่องว่างอากาศ ของฝ้าเพดาน แสดงใน Table 5-6)



$$Rt = Ro+\frac{\Delta x1}{k1}+\frac{\Delta x2}{k2}+\frac{\Delta x3}{k3}+Ra.....+\frac{\Delta xn}{kn}+Ri$$

$$174+\frac{0.01}{0.191}+\frac{0.05}{0.035}+0.162$$

$$= 1.902 \quad m^2\,^oC/W$$

$$U = \frac{1}{R} = \frac{1}{1.902}$$

$$= 0.526 \quad m^2\,^oC/W$$

4. ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่า (Equivalent Temperature Difference (TDeq, ^oC)

คือ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิเทียบเท่าที่รวมผลการดูดกลืนแสงอาทิตย์ระหว่างภายนอกและภายในอาคาร มีหน่วยเป็น ^oC

พิจารณาจากความหนาแน่น (Density) ขององค์ประกอบวัสดุโครงสร้างหน่วยพื้นที่เปรียบเทียบสีภายนอกของวัสดุที่ได้รับผลกระทบกับแสงอาทิตย์

(TDeq ของผนัง รายละเอียดแสดงดัง Table 4 และหลังคา แสดงใน Table 7)

<u>ตัวอย่าง</u> อิฐมอญ หนา 0.1 เมตร ฉาบปูนเรียบ 2 ด้าน หนา 0.01 เมตร สีภายนอก ขาว

ความหนาแน่น = (0.1 x 1760) + 2 (0.01 x 1568)

= 207.36 kg/m^2

พิจารณา Table 4 ค่า TDeq = 10 ^oC

Table 1 Thermal Conductivity of Building Materials [k]

	Material	Density kg/m^3	Thermal Conductivity (k) W/m ^{o}C
1	Asbestos cement	1860	0.198
2	Asbestos insulation	720	0.108
3	Asphalt	2240	1.226
4	Bitumen		1.298
5	Brick		
	(a) cover by sand cement)	1760	0.807
	(b) 5% moisture	1872	1.211
	(c) wall (uncover)		1.154
6	Concrete	2400	1.442
7	Light weight concrete	960	0.303
		1120	0.346
		1280	0.476
8	Cork	144	0.042
9	Fibre board	264	0.052
10	Fibre glass		
	(a) Blanket	10-24	0.038
	(b) Rigid board	32-48	0.033
	(c) Rigid pipe sections	56-80	0.038
11	Glass	2512	1.053
12	Fibre (roll)	32	0.035
13	Gypsum	880	0.191
14	Wood , Hardboard		
	(a) standard	1024	0.216
	(b) middle	640	0.123
15	Metals		
	(a) Aluminium alloy typical	2672	211

	Material	Density kg/m^3	Thermal Conductivity (k) W/m ^oC
	(b) copper commercial	8784	385
	(c) steel	7840	47.6
16	Mineral fibre	32-104	0.035-0.032
17	Plaster or render		
	(a) Gypsum	880	0.191
	(b) sand aggregate , lightweight	300	0.063
	middleweight	1104	0.274
	(c) Perlyte	616	0.115
	(d) cement/sand	1568	0.533
	(e) Vermiculite	640-960	0.202-0.303
18	polystyrene expanded	16	0.035
19	polyurethane foam	24	0.024
20	PVC floor materials	1360	0.173
21	Soil	1200	0.375
22	Stone		
	Soil sand	2000	1.298
	Granite	2640	2.927
	Marble	2640	1.298
23	Roof tile	1890	0.836
24	Wood	608	0.125
		720	0.138
		528	0.138

Table 2 Surface Film Resistance for Walls

Type of surface	Surface film resistance $m^2\,^oC/W$
Surface film resistance for walls	
1) Internal surface (Ri)	
(a) High radiation coefficient	0.120
(b) Low radiation coefficient	0.299
2) External surface (Ro)	0.044

Table 3 Air Space Resistance for Walls

Type of air space	Air space resistance (Ra) $m^2\,^oC/W$		
	5 mm.	20 mm.	100 mm.
Air space resistance for walls			
(a) Absorptivity (0.5 and above)	0.110	0.148	0.160
(b) Absorptivity (below 0.5)	0.250	0.578	0.606

Table 4 Equivalent Temperature Difference for Walls

Density of wall construction (kg/m^2)	equivalent temperature difference (^oC)				
	Absorptivity for Wall surface (α)				
	0 .1	0.3	0.5	0.7	0.9
0 - 125	14	15	16	17	18
126 - 165	11	12	13	14	15
Above 195	9	10	11	12	13

Table 5 Surface Film Resistance for Roofs

Type of surface	Surface film resistance $m^2\,^oC/W$
Surface film resistance **for Roofs**	
1) Internal surface (Ri) (slope 0°)	
(a) High radiation coefficient	0.162
(b) Low radiation coefficient	0.803
2) External surface (Ro)	0.055

Table 6 Air Space Resistance for Roofs

Type of air space	Air space resistance (Ra) $m^2\,^oC/W$		
	5 mm.	20 mm.	100 mm.
Air space resistance for Roofs			
(a) Absorptivity (0.5 and above)	0.110	0.148	0.174
(b) Absorptivity (below 0.5)	0.250	0.572	1.423

Table 7 Equivalent Temperature Difference for Roofs

Density of Roofs construction (kg/m^2)	equivalent temperature difference (^oC)				
	Absorptivity for Wall surface (α)				
	0 .1	0.3	0.5	0.7	0.9
0 - 125	20	24	28	28	32
126 - 165	16	20	24	24	28
Above 195	12	16	20	20	24

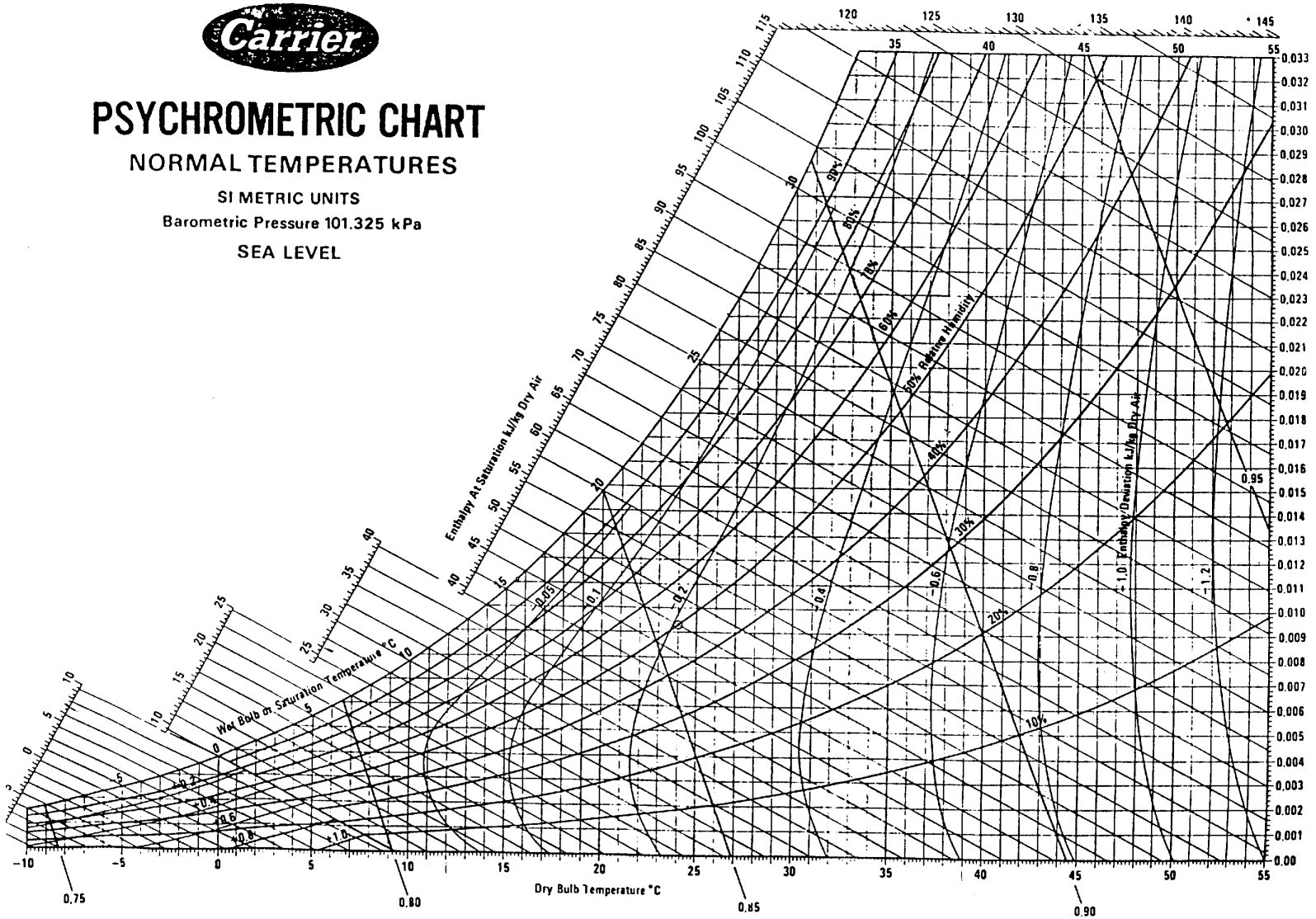
PSYCHROMETRIC CHART

NORMAL TEMPERATURES

SI METRIC UNITS

Barometric Pressure 101.325 kPa

SEA LEVEL



Below 0°C Properties and Enthalpy Deviation Lines Are For Ice

Copyright ©Carrier Corporation

Cat. No. 794 002 Printed in U

กรมพัฒนาพลังงานทดแทน
และอนุรักษ์พลังงาน
กระทรวงพลังงาน



สำนักส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

17 ถ. พระราม 1 เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์ : 02-223-0021-9

โทรสาร : 02-226-6430

http://www.dede.go.th