การจัดการพลังงาน กรณีศึกษาโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

ENERGY MANAGEMENT
CASE STUDY OF ICE FACTORY PHETCHABUN PROVINCE

นายชวลิต ธีรารักษ์ รหัส 52370651
นางสาวพรทิพวรรณ คำก้อนแก้ว รหัส 52370866

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ 24 ก.ค. 2556
เลขทะเบียน 16315872
เลขเรียกหนังสือ ปร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร ว281 ว 2555

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2555

ใบรับรองปริญญานิพนธ์

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การจัดการพลังงานกรณีศึกษาโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชวลิต ธีรารักษ์ รหัส 52370651
	นางสาวพรทิพวรรณ คำก้อนแก้ว รหัส 52370866
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2555

.....

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ

.....ที่ปรึกษาโครงงาน

(อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล)

.....กรรมการ

(ดร.ภาณุ บูรณจารุกร)

.....กรรมการ

(ดร.ชัยธำรง พงษ์พัฒนศิริ)

ชื่อหัวข้อโครงงาน	การจัดการพลังงานกรณีศึกษาโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์
ผู้ดำเนินโครงงาน	นายชวลิต ธีรารักษ์ รหัส 52370651
	นางสาวพรทิพวรรณ คำก้อนแก้ว รหัส 52370866
ที่ปรึกษาโครงงาน	อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล
สาขาวิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	2555

.....

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันในโรงงานน้ำแข็งให้ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ต่อตันผลผลิต ซึ่งในปี 2554 มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 2,306,342 kWh คิดเป็นเงิน 5,889,983 บาท ปริมาณการผลิต 20,653.86 ตัน คิดเป็นอัตราการใช้ไฟฟ้าต่อการผลิต 1 ตัน เท่ากับ 111.67 kW มีการใช้พลังงานน้ำมัน 43,954 ลิตร คิดเป็นเงิน 1,296,695 บาท คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานน้ำมันต่อการผลิต 1 ตัน เท่ากับ 2.12 ลิตร ซึ่งกระบวนการผลิตของโรงงานน้ำแข็งจะแบ่งออกเป็น 2 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ น้ำแข็งซอง และน้ำแข็งอนามัย นำข้อมูลที่ได้รับมาวิเคราะห์การใช้พลังงานจากกระบวนการผลิตทั้งน้ำแข็งซองและน้ำแข็งอนามัย สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เน้นการศึกษาแนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานน้ำมันทั้งหมดของโรงงาน กระบวนการวิจัยผู้ศึกษาได้นำกระบวนการจัดการ การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ระบบการจัดการพลังงานและปรับเปลี่ยนอุปกรณ์การใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานจากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำการศึกษา (มกราคม – ธันวาคม 2554) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานน้ำมันโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูง คือประมาณ 416.55 kWh/หน่วย และ 2.18 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ หรือมีการใช้พลังงานรวมในหน่วยพลังงานเป็น 487.11 MJ/หน่วย ในช่วงทำการศึกษา (มกราคม – ธันวาคม 2555) พบว่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิต มีการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันโดยเฉลี่ยเท่ากับ 351.58 kWh/หน่วย และ 1.84 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละรวมของการลดพลังงานทั้ง 3 ชนิดได้ร้อยละ 13.46 ต่อตันผลผลิต ซึ่งลดลงได้มากกว่าที่ตั้งเป้าหมายไว้

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดีด้วยความช่วยเหลือ และความกรุณาจากบุคคลและสถาบันหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งบุคคลเหล่านั้นได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตลอดถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่จะได้กล่าวดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา

ขอขอบพระคุณทางโรงงานที่ให้ความร่วมมือ รวมถึงคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานในการทำโครงงานนี้ให้ลุล่วงได้ ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้จัดการและพนักงานทุกท่าน

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดาที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกด้านจนสำเร็จการศึกษา

คณะผู้ดำเนินโครงงานวิศวกรรม
นายชวลิต ธีรารักษ์
นางสาวพรทิพวรรณ คำก้อนแก้ว

มีนาคม 2556

สารบัญ

หน้า

ใบรับรองปริญญานิพนธ์ ..... ก
บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ข
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช
สารบัญรูป ..... ญ
สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน 1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน 1
1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน 1
1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ 1
1.5 ขอบเขตการดำเนินโครงงาน 2
1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน 2
1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน 2
1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินโครงงาน 3

บทที่ 2 หลักการและทฤษฎี 4
2.1 การประหยัดพลังงาน 4
2.2 การอนุรักษ์พลังงาน 5
2.3 การจัดองค์กร และการบริหารงานบุคคล 6
2.4 เทคนิคการลดค่าใช้จ่าพลังงาน 11
2.5 การจัดการพลังงานอย่างสมบูรณ์ 11
2.6 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน 18
2.7 Energy Layout, Energy Chart และ Energy Equation 18
2.8 ประเภทของมาตรการประหยัดพลังงาน 20
2.9 การคิดราคาค่าพลังงานไฟฟ้า 20
2.10 หน่วยและการวัดค่าพลังงานต่างๆ 23

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

2.11 แนวทางในการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรต่างๆ ในโรงงาน....26
2.12 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน....39
2.13 จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน....41
2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง....42

บทที่ 3 วิธีดำเนินโครงงาน....44
3.1 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน....44
3.2 เข้าศึกษาปัญหาในโรงงานและเก็บข้อมูลก่อนจัดทำรายงาน....44
3.3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดรรชนีชี้วัดก่อนทำระบบจัดการพลังงาน....44
3.4 จัดทำนโยบายร่วมสร้างทีมอนุรักษ์พลังงาน....44
3.5 นำมาตรการและระเบียบวิธีการปฏิบัติไปบังคับใช้ในโรงงาน....45
3.6 ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน....45
3.7 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังปรับปรุง....45
3.8 เปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุง....45
3.9 สรุปผลและจัดทำรายงาน....45

บทที่ 4 ผลการทดลองและการวิเคราะห์....46
4.1 การสำรวจสภาพเบื้องต้น....46
4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการตรวจสอบการใช้พลังงาน....50
4.3 การวางแผนจัดการพลังงาน....58
4.4 การจัดทำบัญชีเครื่องจักร, Energy Layout, Energy Chart และ Energy Equation 58
4.5 ประเมินผลประสิทธิภาพการใช้พลังงาน....63
4.6 การออกมาตรการจากการวิเคราะห์การใช้พลังงาน....64
4.7 สรุปมาตรการการประหยัดพลังงาน....92
4.8 นำมาตรการและระเบียบวิธีปฏิบัติไปบังคับใช้ในโรงงาน....94
4.9 ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน....98
4.10 การนำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังปรับปรุง....98
4.11 เปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานหลังปรับปรุง....105
4.12 สรุปผลและจัดทำรายงาน....112

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 5 บทสรุปและข้อเสนอแนะ....115
5.1 สรุปการทำโครงงานวิจัย....115
5.2 ปัจจัยที่ทำให้โครงงานประสบผลสำเร็จ....121
5.3 ข้อเสนอแนะ....121

เอกสารอ้างอิง....122

ภาคผนวก ก....124
ภาคผนวก ข....130
ภาคผนวก ค....143
ประวัติผู้ดำเนินโครงงาน

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน 3

2.1 ค่าไฟฟ้าอัตราปกติ 22

2.2 ค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน 22

2.3 ค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ 24

4.1 ข้อมูลการผลิตน้ำแข็ง 46

4.2 เวลาการผลิต 46

4.3 ผลผลิตรายเดือนรอบ 12 เดือนในปี 2554 47

4.4 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารอบ 12 เดือนในปี 2554 51

4.5 ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์ 52

4.6 การใช้พลังงานรวม 53

4.7 ดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงการ 55

4.8 ดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงานตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2554 56

4.9 เครื่องจักรและอุปกรณ์หลักในโรงงานน้ำแข็งซอง 58

4.10 เครื่องจักรและอุปกรณ์หลักในโรงงานน้ำแข็งหลอด 59

4.11 อุปกรณ์สนับสนุน 59

4.12 Energy Chart ของการผลิตน้ำแข็งซอง 61

4.13 บันทึกเวลาการผลิตน้ำแข็งอนามัย วันที่ 7 เมษายน 2555 65

4.14 ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นต่อหน่วยความเย็นที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่างกัน 65

4.15 ค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนล้างและหลังล้าง 72

4.16 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงหลังล้างเครื่องปรับอากาศ 72

4.17 เลขมิเตอร์ในกรณีไม่ปิดเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนทำการปิดห้องเย็น 82

4.18 เลขมิเตอร์ในกรณีปิดเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนทำการเปิดห้องเย็น 83

4.19 ค่าจำนวนหน่วยไฟฟ้าของมิเตอร์หน้าห้องเย็นที่ลดลง 84

4.20 ค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ก่อนการติดตั้งเพิ่ม 86

4.21 ค่าไฟฟ้าก่อนทำการทดลอง 87

4.22 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้หลังการติดตั้งเพิ่ม 87

4.23 ค่าไฟฟ้าหลังทำการทดลอง 88

4.24 ปริมาณน้ำแข็งและจำนวนเครื่องที่ใช้เป่า 89

4.25 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของมาตรการลดการใช้พลังงาน 93

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

4.26 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงานของห้องเย็น....94
4.27 ตารางแผนซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องแพ็คน้ำแข็ง....95
4.28 ตารางการเปลี่ยนอะไหล่....97
4.29 การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าโรงน้ำแข็งซองและค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2555....99
4.30 การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าโรงน้ำแข็งหลอดและค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2555....100
4.31 การพยากรณ์การใช้พลังงานน้ำมันและค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2555....102
4.32 ดัชนีชี้วัดหลังการปรับปรุง....104
4.33 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงซอง (เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม) ปี 54 และ ปี 55....105
4.34 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงหลอด (เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม) ปี 54 และ ปี 55....107
4.35 ปริมาณการใช้พลังงานน้ำมัน (เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม) ปี 54 และ ปี 55....108
4.36 ปริมาณพลังงานที่ใช้ใน เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2555....110
4.37 ปริมาณพลังงานที่ใช้ใน เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2555....111
4.38 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเพศ....113
4.39 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามตำแหน่ง....113
4.40 จำนวนคนที่เลือกระดับคะแนนความพึงพอใจ....113
4.41 จำนวนคะแนนตามระดับความพึงพอใจ....114
5.1 ผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ดำเนินการ....119
5.2 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดก่อนทำและช่วงทำการศึกษา....120
ก.1 Energy Chart ของโรงน้ำแข็งหลอด....126

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

2.1 กราฟแสดงเหตุผลในการดำเนินการประหยัดพลังงาน 4
2.2 ตัวอย่าง Energy Chart 13
2.3 ตัวอย่าง Energy Layout 19
2.4 ตัวอย่างใบเสร็จการคิดค่าไฟฟ้า 19
2.5 แสดงวงจรพื้นฐานระบบทำความเย็นแบบ Indirect Contact 21
2.6 การติดตั้งเครื่องอัดอากาศที่ไม่มีความร้อนทิ้งออกห้อง 29
2.7 การติดตั้งเครื่องอัดอากาศที่มีการทำการทำความร้อนทิ้งออกห้อง 31
2.8 การรั่วไหลที่ข้อต่อท่อเมน (มีน้ำมันซึมออกมา) และรั่วซึม (รอยทางมด) 31
2.9 การรั่วไหลที่อุปกรณ์ควบคุม ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง 33
2.10 การต่อท่อแบบตัวทีและการต่อท่อแบบตัววาย 33
2.11 การต่อปั๊มแบบน้ำเข้าก่อนและออกก่อนและรูปการต่อปั๊มแบบน้ำเข้าก่อนและออกหลัง 37
2.12 การต่อปั๊มแบบน้ำเข้าก่อนและออกก่อนและรูปการต่อปั๊มแบบน้ำเข้าก่อนและออกหลัง 38
4.1 แผนผังการผลิตน้ำแข็งซอง 48
4.2 แผนผังการผลิตน้ำแข็งหลอด 49
4.3 เครื่องมือวัด Power Meter ไฟฟ้า 3 เฟส 50
4.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ 50
4.5 กราฟสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี 2554 51
4.6 กราฟสถิติการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลตั้งแต่เดือนมกราคม – ธันวาคม ปี 2554 53
4.7 กราฟสัดส่วนการใช้พลังงาน 54
4.8 ผังโครงสร้างคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์ 57
4.9 Energy Layout โรงงานน้ำแข็ง 60
4.10 น้ำเย็นจากบริเวณใต้เครื่องผลิตน้ำแข็งอนามัยมีอ่างน้ำรองรับน้ำเย็นที่หยดลงมาจากกระบวนการผลิต 66
4.11 น้ำเย็นจากการละลายของน้ำแข็งอนามัยบริเวณด้านหน้าเครื่องทำน้ำแข็งอนามัย 66
4.12 ถังทิวบูลาร์ไม่มีการหุ้มฉนวนความร้อนและบริเวณท่อส่ง 68
4.13 ท่อส่งสารแอมโมเนียเย็นไม่มีการหุ้มฉนวน 68
4.14 ด้านหน้าของ Coil ร้อนของห้องเย็น 71
4.15 ภาพด้านในของ Coil ร้อนมีฝุ่นเกาะ 71
4.16 การเปรียบการใช้พลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ 71

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.17 หลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8 และ T5 ตามลำดับ 74

4.18 บัลลาตต์หลอด T5 74

4.19 Lumen Maintenance ของหลอดต่างๆ 74

4.20 ฟลักซ์การส่องสว่างและอุณหภูมิแวดล้อมหลอด T5 74

4.21 รถบรรทุกน้ำแข็งของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์ 76

4.22 มอเตอร์บ่อกวนน้ำเกลือ 78

4.23 กราฟความสำพันธ์ระหว่าง Power, Torque กับ Speed ของปั้มน้ำและพัดลม 78

4.24 เครื่อง Inverter ขนาดต่างๆ 79

4.25 การติดตั้งมิเตอร์หน้าห้องเย็น 82

4.26 กราฟเปรียบเทียบจำนวนไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง 84

4.27 ไส้กรองสีเหลืองที่ติดเพิ่มอีก 2 ไส้กรอง 86

4.28 ชิ้นส่วนนี้คือหลอดเป่าลมที่จะวางเหนือซองน้ำแข็ง 89

4.29 เมื่อวางลงบนซองน้ำแข็ง 89

4.30 เกจวัดความเย็นบ่อ A 89

4.31 เกจวัดแรงดันก่อนเข้าบ่อซองน้ำแข็ง 90

4.32 เกจที่ติดตั้งบริเวณท่อช่วงสุดท้ายก่อนปล่อยทิ้ง 90

4.33 เกจวัดปลายท่อความเย็น 90

4.34 น้ำแข็งขณะขึ้นรูป 91

4.35 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าจริงกับไฟฟ้าพยากรณ์ของโรงน้ำแข็งซองปี 55 99

4.36 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าจริงกับไฟฟ้าพยากรณ์ของโรงน้ำแข็งหลอดปี 55 101

4.37 กราฟเปรียบเทียบแนวโน้มการใช้น้ำมันจริงกับน้ำมันพยากรณ์ปี 55 102

4.38 กราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าระหว่างเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม ปี 54 กับ ปี 55 106

4.39 กราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าระหว่างเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม ปี 54 กับปี 55 107

4.40 กราฟเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลระหว่างเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม ปี 54 กับ ปี 55 109

4.41 กราฟสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2554 110

4.42 กราฟสัดส่วนการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2555 111

5.1 แสดง Flow chart ขั้นตอนการจัดการพลังงาน 116

5.2 แสดง Flow chart ระบบการจัดการเอกสาร 117

ก.1 Energy Layout โรงน้ำแข็งหลอด 125

ก.2 Linear Regression สมการพลังงานของน้ำแข็งซอง 127

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

ก.3 Linear Regression สมการพลังงานของน้ำแข็งหลอด....128
ก.4 Linear Regression สมการพลังงานของน้ำมันดีเซล....129
ข.1 ใบระเบียบปฏิบัติมอเตอร์....133
ข.2 ใบระเบียบปฏิบัติห้องเย็น....134
ข.3 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันรถบรรทุกน้ำแข็ง....135
ข.4 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันหอผึ่งน้ำ....137
ข.5 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องแพ็คน้ำแข็ง....139
ข.6 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมอเตอร์....141
ข.7 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องทำความเย็น....143
ค.1 ตัวอย่างที่ 1 รายละเอียดผู้ประเมิน....144
ค.2 ตัวอย่างที่ 1 แบบประเมิน....145
ค.3 ตัวอย่างที่ 2 รายละเอียดผู้ประเมิน....146
ค.4 ตัวอย่างที่ 2 แบบประเมิน....147
ค.5 ตัวอย่างที่ 3 รายละเอียดผู้ประเมิน....148
ค.6 ตัวอย่างที่ 3 แบบประเมิน....149

สารบัญสัญลักษณ์และอักษรย่อ

MJ	=	Mega Joule
kW	=	กิโลวัตต์
kWh	=	กิโลวัตต์ – ชั่วโมง
kVA	=	กิโลวัตต์ – แอมป์
TOU	=	Time of Use Rate
TOD	=	Time of Day Rate
Ft	=	ค่าไฟฟ้าแปรผัน
Hp	=	แรงม้า
PM	=	การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน
PF	=	Power Factor
kWR	=	กิโลวัตต์ความเย็น
T	=	ตันความเย็น
V	=	แรงดันไฟฟ้า
A	=	กระแสไฟฟ้า
Q	=	ค่าความร้อน
W	=	Watt

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของโครงงาน

ปัจจุบันประเทศไทยมีการเจริญเติบโตเศรษฐกิจทางภาคอุตสาหกรรมขึ้นเป็นอย่างมากภายใต้การผลักดันนโยบายของรัฐบาลในช่วงหลายปีที่ผ่านมาก่อให้เกิดโรงงานอุตสาหกรรมใหม่ๆ ขึ้นมามากมายจึงทำให้มีการแข่งขันทางด้านการตลาดที่สูงขึ้นตามไปด้วย บริษัทอุตสาหกรรมด้านต่างๆ จึงหันมาปรับปรุงการผลิตเพื่อที่จะรักษาศักยภาพด้านการแข่งขันเอาไว้ เช่น การหาวิธีการลดต้นทุนการผลิตเพื่อปรับราคาสินค้าขายให้ลดลง หรือหาวิธีการปรับปรุงสินค้าให้เพิ่มมากขึ้น เป็นต้น

การจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมจึงเป็นอีกวิธีหนึ่งที่ช่วยลดต้นทุนการผลิตลงได้ เพราะพลังงานเป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างมากต่อการผลิตไม่ว่าจะเป็น พลังงานไฟฟ้า พลังงานกล พลังงานทดแทนในรูปแบบต่างๆ โดยเฉพาะพลังงานไฟฟ้ามีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการผลิตสินค้า ทุกโรงงานอุตสาหกรรมมีความต้องการไฟฟ้าในการผลิตซึ่งแต่ละเดือนโรงงานจะต้องสูญเสียค่าใช้จ่ายในส่วนนี้สูงมาก

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

1.2.1 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพและการลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานให้องค์กร

1.2.2 มีมาตรการและระเบียบปฏิบัติเพื่อสร้างระบบการจัดการพลังงาน

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน

1.3.1 ได้มีระบบการจัดการพลังงานที่เหมาะสม

1.3.2 มีคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงาน

1.3.3 มีการลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับพลังงาน

1.3.4 มีกฎและระเบียบที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ

1.4.1 สามารถอนุรักษ์พลังงานลดค่าใช้จ่ายพลังงานในรูปของค่า Mega Joule ได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 5 ต่อต้นผลผลิต

1.4.2 สามารถวัดความพึงพอใจของผู้ร่วมโครงการมีความพึงพอใจไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผู้ร่วมโครงการที่ได้รับการประเมินทั้งหมด

1.5 ขอบเขตในการดำเนินโครงงาน

ศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการใช้พลังงาน และจัดทำมาตรการการประหยัดพลังงานในโรงงานเพื่อการลดต้นทุนการผลิต และเพิ่มผลผลิตในกับโรงงาน

1.6 สถานที่ในการดำเนินโครงงาน

โรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินโครงงาน

1 มกราคม พ.ศ. 2555 – 20 มีนาคม 2556

มหาวิทยาลัยนเรศวร

1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ตารางที่ 1.1 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงาน

ลำดับ	การดำเนินงาน	ปี 2555												ปี 2556		
		ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.
1.	ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีและข้อมูลเกี่ยวกับการจัดการพลังงานในโรงงาน															
2.	เข้าศึกษาสภาพปัญหาด้านพลังงานของโรงงาน															
3.	นำสภาพของปัญหามาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดก่อนทำระบบการจัดการพลังงาน															
4.	จัดทำนโยบายและโครงสร้างคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงาน พร้อมทั้งระดมความคิดกับคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงาน															
5.	เริ่มมีการนำมาตรการไปบังคับใช้โรงงาน															
6.	ติดตามควบคุมมาตรการและปรับปรุงแก้ไข พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน															
7.	นำข้อมูลทั้งหมดมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังปรับปรุง เพื่อสร้างระบบการจัดการ															
8.	เปรียบเทียบดัชนีชี้วัดก่อนทำ - หลังทำการปฏิบัติงานปรับปรุงการจัดการ															
9.	สรุปผลและจัดรูปเล่ม															

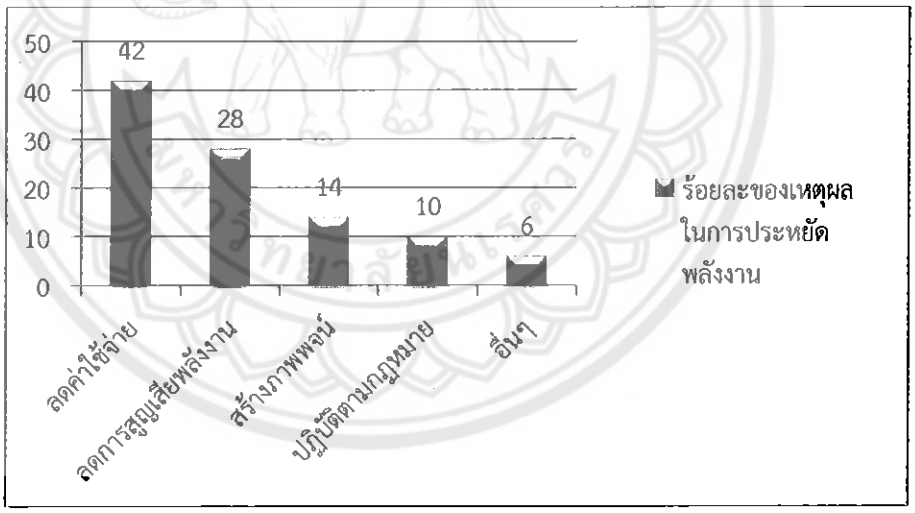
บทที่ 2
หลักการและทฤษฎีเบื้องต้น

ค่าใช้จ่ายพลังงานเป็นต้นทุนอย่างหนึ่งของอาคาร และโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภทถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายพลังงานจะมีสัดส่วนไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านอื่นๆ ไม่ว่าจะเป็นค่าบุคลากร ค่าวัตถุดิบ และค่าการตลาด แต่การลดค่าใช้จ่ายพลังงานจะช่วยเพิ่มกำไรให้แก่วิสาหกิจได้โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันการแข่งขันทางธุรกิจมีความรุนแรงมากขึ้นในขณะที่ค่าบุคลากร ค่าวัตถุดิบเป็นต้นทุนที่ควบคุมได้ยากขึ้นทุกทีทำให้การลดค่าใช้จ่ายได้รับความสนใจจากเจ้าของวิสาหกิจมากขึ้น

แต่อย่างไรก็ตามการลดค่าใช้จ่ายพลังงานให้สัมฤทธิ์ผลต้องรู้จักเลือกใช้เทคโนโลยีหรือเทคนิคให้เหมาะสม และมีกระบวนการในการนำเทคนิคไปใช้อย่างเป็นระบบ

2.1 การประหยัดพลังงาน

วัตถุประสงค์ของการประหยัดพลังงานมีหลายอย่างแต่เหตุผลที่สำคัญที่เจ้าของโรงงานตัดสินใจดำเนินการประหยัดพลังงานก็คือเพื่อลดค่าใช้จ่าย ดังรูป



รูปที่ 2.1 กราฟแสดงเหตุผลในการดำเนินการประหยัดพลังงาน

ที่มา : หนังสือกระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

ดังนั้นความหมายของการประหยัดพลังงานในที่นี้จะหมายถึงการลดค่าใช้จ่ายพลังงานมากกว่าที่จะลดระดับการใช้พลังงาน เนื่องจากการลดค่าใช้จ่ายพลังงานบางครั้งอาจจะไม่ได้ลดปริมาณการใช้พลังงาน เช่น การเปลี่ยนชนิดเชื้อเพลิงจากชนิดที่มีราคาแพงเป็นชนิดที่มีราคาถูก เป็นต้น นอกจากนี้การประหยัดพลังงานที่ดีต้องไม่ทำให้ผลผลิตเสียหาย และรักษาความสบายของผู้ใช้ให้อยู่ในระดับมาตรฐาน

2.2 การอนุรักษ์พลังงาน

การอนุรักษ์พลังงาน คือการจัดการการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และประหยัดการอนุรักษ์พลังงานนอกจากจะช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานซึ่งเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในกิจการแล้วยังจะช่วยลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากแหล่งที่ใช้ และผลิตพลังงานด้วยโดยการดำเนินกิจกรรมนี้สามารถแบ่งย่อยเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่

2.2.1 Cost/Energy Focus

ปรับเปลี่ยนทัศนคติเรื่องการประหยัดพลังงานว่าไม่ใช่เรื่องของพลังงานเท่านั้นหากแต่เป็นเรื่องของการลดต้นทุน และเพิ่มศักยภาพทางการแข่งขันซึ่งทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการดำเนินการโดยกระบวนการนี้จะปรับเปลี่ยนทัศนคติของทุกส่วนนับตั้งแต่ผู้บริหารไปจนถึงพนักงานระดับล่าง หากการปรับเปลี่ยนทัศนคตินี้ไม่เป็นผลการดำเนินงานในขั้นตอนอื่นๆ ย่อมไม่สามารถทำได้ซึ่งการปรับเปลี่ยนทัศนคติของพนักงานเป็นสิ่งที่ต้องใช้เวลาในการประชาสัมพันธ์ และฝึกอบรมอย่างต่อเนื่อง

2.2.2 การกำหนดนโยบาย แผนงานและแผนการปฏิบัติ

โดยผู้บริหารระดับสูง ผู้บริหารระดับกลาง และผู้บริหารระดับล่างตามลำดับโดยผู้บริหารระดับสูงจำเป็นต้องมีการกำหนดนโยบายเป้าหมาย และทิศทางขององค์กรที่ชัดเจนเพื่อให้ผู้บริหารระดับกลาง และล่างสามารถนำไปประยุกต์เป็น Action Plan ได้อย่างสอดคล้องกัน

2.2.3 Product/Process Improvement

โดยมุ่งเน้นการใช้ทรัพยากรให้เกิดประโยชน์สูงสุด (Optimization of Resource Usage) โดยขั้นตอนนี้จะมีจุดมุ่งหมายเพื่อลดต้นทุนสูญเสียที่เกิดจากการออกแบบ และการผลิต (Process) โดยอาจมีการพิจารณาการลงทุนในเทคโนโลยีการผลิตที่มีประสิทธิภาพ หรือการดัดแปลงปรับปรุงกระบวนการผลิต วัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์โดยความร่วมมือของผู้เชี่ยวชาญในหลายสาขา (ไม่ใช่ผู้เชี่ยวชาญด้านพลังงานเพียงคนเดียว) เช่น วิศวกรโรงงาน วิศวกรพลังงาน ผู้บริหาร

2.2.4 Total Involvement

ผู้บริหาร และพนักงานทุกคนทุกระดับมีส่วนร่วมในการดำเนินงานเพื่อพัฒนา และปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง การปรับโครงสร้างเพื่อให้เอื้อต่อการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้น การวางแผนการดำเนินงานเป็นส่วนหนึ่งของแผนธุรกิจ และการกำหนดนโยบายในการดำเนินการที่ชัดเจน

2.3 การจัดองค์กร และการบริหารงานบุคคล

2.3.1 ความสำคัญของการจัดองค์กร และการบริหารงานบุคคล

องค์กรเกิดจากการที่มนุษย์รวมกลุ่มกันเพื่อทำกิจกรรมใดกิจกรรมหนึ่งเพื่อตอบความสนองความต้องการแบบใดแบบหนึ่ง เช่น การรวมตัวกันของคนในสมัยก่อนเพื่อการล่าสัตว์มาเป็นอาหาร การสร้างที่อยู่อาศัย เป็นต้น การรวมตัวในลักษณะนี้ยังช่วยสร้างความสัมพันธ์ของคนในกลุ่ม โดยนำเอาการรวมกลุ่มเป็นเครื่องมือในการกำหนดความสัมพันธ์จนกลายมาเป็นรูปแบบขององค์กรในปัจจุบันที่เป็นการร่วมตัวกันเพื่อให้เกิดผลประโยชน์มากกว่าการที่รวมตัวกันโดยสัญชาตญาณของมนุษย์เอง องค์กรจึงเข้ามามีบทบาทในการในกิจกรรมทุกรูปแบบของมนุษย์ เช่น กิจกรรมด้านธุรกิจ การศาสนา การศึกษา เป็นต้น ในปัจจุบันนี้กิจกรรมแบบองค์กรได้ขยายตัวเพิ่มมากขึ้นเป็นลำดับด้วยเหตุผล 4 ประการคือ

2.3.1.1 เงื่อนไขจากสิ่งแวดล้อม

เกิดจากการเปลี่ยนแปลงของสังคมวัฒนธรรมชนบท (Rural Culture) มาเป็นสังคมวัฒนธรรมเมือง (Urban Culture) สังคมประเภทนี้จะก่อให้เกิดการอยู่ใกล้ชิดกับบุคคลอื่นเกิดความพึ่งพาอาศัยกันเกิดความขัดแย้งกันจึงเป็นที่มาของการเกิดขึ้นขององค์กรเพื่อให้องค์กรเป็นเครื่องมือในสร้างความสัมพันธ์ของมนุษย์

2.3.1.2 เงื่อนไขจากมนุษย์มีผลกระทบต่อการสร้างแรงจูงใจให้มนุษย์

ก่อตั้งองค์กรใหม่ขึ้นมาที่เกิดจากการเรียนรู้วิธีการในการกำหนดความความสัมพันธ์เพื่อหาผลประโยชน์จากการดำเนินงาน

2.3.1.3 เงื่อนไขจากองค์กร

เมื่อมีการตั้งองค์กรในระยะหนึ่งจะเกิดการสร้างวัฒนธรรมในองค์กรจึงก่อให้เกิดการเปลี่ยนไปเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่องด้วยปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมทั้งภายใน และภายนอกองค์กรเพื่อรักษาทรัพยากรของตนไว้

2.3.1.4 เงื่อนไขจากสังคม

การเกิดวิวัฒนาการทางสังคมต่างๆ เช่น วิวัฒนาการทางเทคโนโลยี วิวัฒนาการทางการศึกษารวมถึงการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากรที่มากขึ้นทำให้ต้องมีการขยายตัวขององค์กรเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ที่เพิ่มมากขึ้น

ความหมายขององค์กรมีผู้ให้ความหมายขององค์กรไว้หลายความหมาย เช่น Alvin Brown ซึ่งกล่าวว่าองค์กรหมายถึงหน้าที่ซึ่งสมาชิกแต่ละคนของหน่วยงานถูกคาดหมายให้ประพฤติปฏิบัติ และถูกคาดหมายความสัมพันธ์ระหว่างสมาชิกเพื่อนำไปสู่วัตถุประสงค์ของหน่วยงานอย่างมีประสิทธิภาพเป็นความหมายที่เน้นภารกิจหน้าที่ Louis Allen พิจารณาองค์กรในแง่ของโครงสร้างซึ่งเป็นกลไกที่ทำให้ชีวิตสามารถร่วมกันทำงานได้ดีโดยต้องมีการจัดกลุ่มทำงานกำหนด และมอบหมาย

หน้าที่ความรับผิดชอบ และกำหนดความสัมพันธ์ให้บรรลุถึงเป้าหมายอย่างมีประสิทธิภาพเป็นความหมายที่เน้นกระบวนการ

Talcott Parsons มององค์กรเป็นหน่วยงานหนึ่งของสังคม (Social Unit) คือเป็นกลุ่มที่ถูกสร้างขึ้นอย่างรอบคอบ และมีการปรับปรุงตามกาลเวลาเพื่อให้บรรลุถึงเป้าหมายอย่างเฉพาะทาง

จากความหมายขององค์กรจะสามารถมองเห็นได้ว่าความสำคัญขององค์กรนั้นเป็นสิ่งที่จำและขาดไม่ได้ คือองค์กรจะต้องมีส่วนที่เป็นโครงสร้างที่พลวัตร (Dynamic) คือคน และกระบวนการปฏิบัติของคน เช่น อำนาจ หน้าที่ ความรับผิดชอบ ประกอบโครงสร้างที่คงที่ (Static) คืออำนาจ หน้าที่ ความรับผิดชอบ การแบ่งงานกัน และการติดต่อสื่อสาร (ทั้งการบัญชาและประสานงาน) เพื่อมุ่งไปสู่เป้าหมายที่สามารถเรียงลำดับความสำคัญได้

การจัดองค์กร คือการกำหนดโครงสร้างขององค์การอย่างเป็นทางการโดยการจัดแบ่งออกเป็นหน่วยงานย่อยต่างๆ กำหนดอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบของแต่ละหน่วยงานไว้ให้ชัดเจน รวมทั้งความสัมพันธ์ระหว่างหน่วยงานย่อยเหล่านั้นทั้งนี้เพื่อให้เอื้อต่อการดำเนินงานให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์การอย่างมีประสิทธิภาพ

2.3.2 ความสำคัญของการจัดองค์กร

องค์กรเป็นที่รวมของคน และเป็นที่รวมของงานต่างๆ เพื่อให้พนักงานขององค์กรปฏิบัติงานได้อย่างเต็มที่ และเต็มสามารถจึงจำเป็นต้องจัดแบ่งหน้าที่การงานกันทำ และมอบอำนาจให้รับผิดชอบตามความสามารถ และความถนัดถ้าเป็นองค์กรขนาดใหญ่ และมีคนมากตลอดจนงานที่ต้องทำมีมากก็จะต้องจัดหมวดหมู่ของงานที่เป็นอย่างเดียวกัน หรือมีลักษณะใกล้เคียงกันมารวมเข้าด้วยกันเรียกว่าฝ่าย หรือแผนกงานแล้วจัดให้คนที่มีความสามารถในงานนั้นๆ มาปฏิบัติงานรวมกันในแผนกนั้น และตั้งหัวหน้าขึ้นรับผิดชอบควบคุมดังนั้นจะเห็นว่าการจัดองค์กรมีความจำเป็น และก่อให้เกิดประโยชน์หลายด้านดังนี้

2.3.2.1 ประโยชน์ต่อองค์กร

ก. การจัดโครงสร้างองค์กรที่ดี และเหมาะสมจะทำให้องค์การบรรลุวัตถุประสงค์และเจริญก้าวหน้าขึ้นไปเรื่อยๆ

ข. ให้งานไม่ซ้ำซ้อน ไม่มีแผนกงานมากเกินไปเป็นการประหยัดต้นทุนไปด้วย

ค. องค์กรสามารถปรับตัวเข้ากับสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนไปได้ง่ายๆ ตามความจำเป็น

2.3.2.2 ประโยชน์ต่อผู้บริหาร

ก. การบริหารงานง่าย สะดวกรู้ว่าใครรับผิดชอบอะไร และมีหน้าที่ทำอะไร

ข. แก้ปัญหาการทำงานซ้ำซ้อนได้ง่าย

ค. ทำให้งานไม่คั่งค้าง ณ จุดใดสามารถติดตามแก้ไขได้ง่าย

ง. การมอบอำนาจทำได้ง่ายขจัดปัญหาการเกี่ยงกันทำงาน หรือปัดความรับผิดชอบ

2.3.2.3 ประโยชน์ต่อผู้ปฏิบัติงาน

ก. ทำให้รู้อำนาจหน้าที่ และขอบข่ายการทำงานของตนว่ามีเพียงใด

ข. การแบ่งงานให้พนักงานอย่างเหมาะสมช่วยให้พนักงานมีความพอใจไม่เกิดความรู้สึกว่างานมาก หรือน้อยเกินไป

ค. เมื่อพนักงานรู้อำนาจหน้าที่ และขอบเขตงานของตนย่อมก่อให้เกิดความคิดริเริ่มในการทำงาน

ง. พนักงานเข้าใจความสัมพันธ์ของตนต่อฝ่ายอื่นๆ ทำให้สามารถติดต่อกันได้ดียิ่งขึ้น

การจัดองค์กรเป็นกระบวนการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างหน้าที่การงานบุคลากร และปัจจัยทางกายภาพต่างๆ ขององค์กรในที่นี้ขอนำหลักการจัดองค์กรในระบบราชการมาศึกษาเพราะระบบราชการนั้นเป็นองค์การที่มีการจัดองค์การที่ได้รับความนิยมกันอย่างกว้างขวาง และมีการนำไปใช้ในทุกวงการ

2.3.3 หลักที่สำคัญของการจัดองค์การ

2.3.3.1 การกำหนดหน้าที่การงาน

การกำหนดหน้าที่ของงาน (Function) นั้นขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ขององค์กร หน้าที่การงาน และภารกิจจึงหมายถึงกลุ่มของกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติที่ต้องเพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ขององค์กรหน้าที่การงานจะมีอะไรบ้าง และมีกี่กลุ่มขึ้นอยู่กับเป้าหมายขององค์กรลักษณะขององค์กรและขนาดขององค์กรด้วย

2.3.3.2 การแบ่งงาน

การแบ่งงาน (Division of Work) หมายถึงการแยกงาน หรือรวมหน้าที่การงานที่มีลักษณะเดียวกันหรือใกล้เคียงกันไว้ด้วยกัน หรือแบ่งงานตามลักษณะเฉพาะของงานแล้วมอบงานนั้นๆ ให้แก่บุคคลหรือกลุ่มบุคคลที่มีความสามารถ หรือความถนัดในการทำงานนั้นๆ โดยตั้งเป็นหน่วยงานขึ้นมารับผิดชอบ

2.3.3.3 หน่วยงานสำคัญขององค์กร

หน่วยงานย่อยที่สำคัญขององค์กร ได้แก่ หน่วยงานหลัก (Line) หน่วยงานที่ปรึกษา (Staff) และหน่วยงานอนุกร (Auxiliary) การแบ่งหน่วยงานเช่นนี้ทำให้เห็นลักษณะของงานเด่นชัดขึ้น

ก. หน่วยงานหลัก หมายถึงหน่วยงานที่ทำหน้าที่โดยตรงกับวัตถุประสงค์ขององค์กร และบุคคลที่ปฏิบัติงานที่ขึ้นตรงต่อสายบังคับบัญชาองค์กรทุกแห่งจะต้องประกอบด้วยหน่วยงานหลักซึ่งเป็นหน่วยงานปฏิบัติงานเพื่อผลประโยชน์โดยตรงต่อความสำเร็จขององค์กรในธุรกิจ

ขนาดเล็กมักจะมีแต่หน่วยงานหลักเท่านั้นอำนาจหน้าที่ความรับผิดชอบทุกอย่างอยู่กับผู้เป็นเจ้าของหรือผู้จัดการสมาชิกทุกคนอยู่ภายใต้การควบคุม และสั่งการจากผู้จัดการแต่เพียงผู้เดียวในบริษัทผู้ผลิตหน่วยงานหลักคือฝ่ายผลิต ในห้างสรรพสินค้าหน่วยงานหลักคือฝ่ายขายส่วนหน่วยงานประกอบที่ช่วยอำนวยความสะดวกให้แก่หน่วยงานหลัก

ข. หน่วยงานที่ปรึกษา หมายถึงหน่วยงานที่ช่วยให้หน่วยงานหลักปฏิบัติงานได้ดียิ่งขึ้นส่วนใหญ่จะเป็นลักษณะผู้เชี่ยวชาญเฉพาะงาน หรือเป็นรูปคณะกรรมการที่ปรึกษาในบริษัทต่างๆ ได้แก่ คณะกรรมการบริหาร ฝ่ายวิจัยวางแผน ฝ่ายตรวจสอบ

ค. หน่วยงานอนุกร หมายถึงหน่วยงานที่ช่วยบริการแก่หน่วยงานหลัก และหน่วยงานที่ปรึกษา หน่วยงานอนุกรมักเป็นงานด้านธุรการ และงานอำนวยความสะดวกเป็นส่วนใหญ่ ไม่มีหน้าที่บริการลูกค้าขององค์กรโดยตรง หรือไม่ได้ปฏิบัติงานอันเป็นงานหลักขององค์กรในบริษัททั่วไป ได้แก่ ฝ่ายการเงิน ฝ่ายบุคคล เป็นต้น

2.3.3.4 สายการบังคับบัญชา

สายการบังคับบัญชา (Chain of Command) หมายถึงความสัมพันธ์ตามลำดับขั้นระหว่างผู้บังคับบัญชากับผู้ใต้บังคับบัญชาเพื่อให้ทราบว่าการติดต่อสื่อสารมีทางเดินอย่างไรมีการควบคุม และรับผิดชอบอย่างไรสายการบังคับบัญชาที่ดีควรมีลักษณะดังนี้

ก. จำนวนระดับชั้นแต่ละสายไม่ควรให้มีจำนวนมากเกินไปจะทำให้ไม่สะดวกแก่การควบคุม อาจทำให้งานคั่งค้างได้

ข. สายบังคับบัญชาควรมีลักษณะชัดแจ้งว่าใครเป็นผู้มีอำนาจสั่งการ และสั่งไปยังผู้ใด ในทำนองเดียวกัน ถ้าจะมีการรายงานจะต้องรายงานต่อใคร มีทางเดินไปในทิศทางใด

ค. สายการบังคับบัญชาไม่ควรให้มีการก้าวก่ายกันหรือซ้อนกัน งานอย่างหนึ่งควรให้มีผู้รับผิดชอบเพียงคนเดียวถ้ามีผู้สั่งงานได้หลายคนหลายตำแหน่งในงานเดียวกันจะทำให้การปฏิบัติงานสับสน

2.3.3.5 ช่วงการควบคุม

ช่วงการควบคุม (Span of Control) หมายถึงสิ่งที่แสดงให้ทราบว่าผู้บังคับบัญชาคนหนึ่งมีขอบเขตความรับผิดชอบเพียงใดมีผู้ใต้บังคับบัญชากี่คน หรือมีหน่วยงานที่อยู่ใต้ความควบคุมรับผิดชอบกี่หน่วยงาน แต่เดิมเชื่อกันว่าผู้บังคับบัญชาคนหนึ่งควรมีผู้ใต้บังคับบัญชารองลงไปไม่เกิน 10 ถึง 20 คน ปัจจุบันเชื่อกันว่าจะมีผู้ใต้บังคับบัญชากี่คนก็ได้ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้บังคับบัญชา และคุณภาพของผู้ใต้บังคับชา

2.3.4 แผนภูมิขององค์กร

แผนภูมิองค์กร (Organization Chart) เป็นเครื่องมือสำคัญอย่างหนึ่งที่จะช่วยให้เข้าใจโครงสร้างขององค์การ อำนาจหน้าที่ ความรับผิดชอบ ตลอดจนสายบังคับบัญชาในองค์การนั้นๆ แผนภูมิองค์การเป็นส่วนย่อที่ช่วยแสดงให้ทราบถึงหน่วยงานย่อย และความสัมพันธ์ของหน่วยงาน

ภายในองค์การการจัดองค์การควรต้องเขียนแผนภูมิแสดงไว้ด้วยเสมอ แผนภูมิองค์กรจำแนกได้เป็น 3 ประเภท

2.3.4.1 แผนภูมิโครงสร้างหลัก (Skeleton Chart)

เป็นแผนภูมิแสดงการจัดโครงสร้างทั้งหมดขององค์กรว่าประกอบด้วยหน่วยงานย่อยอะไรบ้างมีความสัมพันธ์กันอย่างไร หน่วยงานย่อยใดขึ้นกับหน่วยงานใด แสดงสายบังคับบัญชาที่ชัดเจน

ข้อแนะนำในการเขียนแผนภูมิองค์กร

ก. รวบรวมหน่วยงานย่อยทั้งหมดขององค์กรว่ามีทั้งหมดกี่หน่วยงาน และศึกษาให้เข้าใจว่าหน่วยงานใดขึ้นอยู่กับหน่วยงานใด

ข. กำหนดชนิดของแผนภูมิว่าจะใช้แบบใด (แบบโครงสร้างหลัก แบบแสดงตัวบุคคล หรือแบบแสดงหน้าที่การงาน)

2.3.4.2 แผนภูมิแสดงตัวบุคคล (Personnel Chart)

เป็นแผนภูมิแสดงตำแหน่ง และหน่วยงายย่อยคล้ายแผนภูมิโครงสร้างหลักแต่ระบุชื่อบุคคลผู้ดำรงตำแหน่งไว้ด้วย บางแห่งติดรูปผู้ดำรงตำแหน่งในระดับสูงอีกด้วย

2.3.4.3 แผนภูมิแสดงหน้าที่การงาน (Function Chart)

เป็นแผนภูมิแสดงตำแหน่ง และหน่วยงานย่อย คล้ายแผนภูมิโครงสร้างหลักแต่บอกหน้าที่ย่อๆ ของแต่ละตำแหน่งไว้ด้วย แผนภูมิแบบนี้ไม่เป็นที่นิยมใช้

2.3.5 การสร้างแรงจูงใจ และวินัยในการทำงาน

2.3.5.1 เป็นผู้วางแผนการปฏิบัติงาน

2.3.5.2 เป็นผู้จัดระเบียบองค์กร และจัดตัวบุคคลให้เข้ากับงาน

2.3.5.3 เป็นผู้ควบคุมสั่งการ

2.3.5.4 มีหน้าที่ให้ข่าว และการติดต่อทั่วไป

2.3.5.5 มีหน้าที่ประสานงาน

2.3.5.6 เป็นผู้บำรุงขวัญ ริเริ่ม และส่งเสริมงาน

2.3.5.7 เป็นผู้ตัดสินใจออกคำสั่งให้ปฏิบัติ และต้องยอมรับความเสี่ยงต่อความผิดพลาดที่อาจจะพึงมี

2.3.5.8 เป็นทั้งหัวหน้า ผู้ควบคุม และจัดมอบงานให้ผู้อื่นทำ

2.3.5.9 มีหน้าที่ต้องประเมินผลงาน และแก้ไขปรับปรุงงานให้ดีขึ้น

2.3.6 การพัฒนาบุคลากรเป็นการสร้างแรงจูงใจที่ดี

2.3.6.1 สอนงาน

2.3.6.2 มอบอำนาจหน้าที่

2.3.6.3 จัดฝึกอบรม

2.3.6.4 ส่งไปดูงาน หรือศึกษาต่อ

2.3.6.5 จัดให้เข้าร่วมประชุม หรือมีบทบาทในคณะกรรมการต่างๆ

2.3.6.6 เปิดโอกาสให้แสดงความคิดเห็นโดยการเขียน - พูดในงานสัมมนาต่างๆ

2.4 เทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงาน

เทคนิคการประหยัดพลังงานคืออุปกรณ์ระบบ และวิธีการที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน มีดังนี้

2.4.1 อุปกรณ์ที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน

คืออุปกรณ์หรือเครื่องจักรประสิทธิภาพสูง และอุปกรณ์ติดตั้งเพื่อควบคุมการใช้พลังงาน เช่น มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์ เป็นต้น

2.4.2 ระบบที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน

คือระบบควบคุมการใช้พลังงาน เช่น ระบบควบคุมอัตโนมัติ ระบบกักเก็บความเย็น ระบบโคเจนเนอเรชัน เป็นต้น

2.4.3 วิธีการที่ช่วยในการประหยัดพลังงาน

คือการใช้อุปกรณ์อย่างมีประสิทธิภาพ และการออกแบบเพื่อการประหยัดพลังงาน เช่น การปิดอุปกรณ์ และเครื่องจักรเมื่อเลิกการใช้งานการออกแบบระบบแสงสว่างโดยใช้แสงธรรมชาติ เป็นต้น

2.5 การจัดการพลังงานอย่างสมบูรณ์

หมายถึงการบริหารจัดการพลังงานทั้งระบบ คือต้องมีการจัดการและการบริหารองค์กรอย่างมีประสิทธิภาพ (การบริหารจัดการคน) ต้องมีการปรับปรุง และเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยอาศัยการมีส่วนร่วมของทุกคนในองค์กร

2.5.1 แนวทางการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานภายในโรงงาน

แบ่งออกเป็น 3 แนวทาง ดังนี้

2.5.1.1 เพิ่มประสิทธิภาพการปฏิบัติการ และการจัดการพลังงานอาศัยแนวทางการปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการใช้พลังงานให้ผู้ใช้ทุกคนปฏิบัติตามมาตรฐานการใช้ที่ถูกต้อง และดีที่สุด รวมทั้งเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานของผู้ใช้ซึ่งประเด็นสำคัญที่สุดคือความร่วมมือของพนักงานทุกคนเริ่มตั้งแต่ผู้บริหาร ผู้จัดการไปจนถึงหัวหน้างานในแต่ละส่วนของโรงงาน

2.5.1.2 ปรับปรุงและเพิ่มอุปกรณ์พลังงานที่จำเป็น และการใช้อุปกรณ์ต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพโดยอาศัยเทคนิคทางวิศวกรรมนำมาปรับปรุงเพิ่มประสิทธิภาพของอุปกรณ์ต่างๆ ให้สูงขึ้น หรือเปลี่ยนอุปกรณ์ใหม่ที่จำเป็นใช้งานอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงให้มากขึ้นโดยต้องมีแผนการบำรุงรักษาที่ดี และเหมาะสมเพื่อรักษาประสิทธิภาพของอุปกรณ์ให้ดีอยู่ตลอดเวลา

2.5.1.3 นำกระบวนการผลิตใหม่ที่ประหยัดพลังงานมากกว่ากระบวนการเดิมมาใช้ ในกรณีที่โรงงานมีการใช้งานกระบวนการผลิตเดิมที่มีอยู่อย่างเต็มพิกัดแล้วอาจจำเป็นต้องพิจารณาถึงแนวทางการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงขั้นตอนในกระบวนการผลิตให้ดีขึ้นโดยการเลือกใช้กระบวนการผลิตที่มีต้นทุนต่ำให้มากขึ้น หรือเปลี่ยนกระบวนการผลิตใหม่ที่ประหยัดพลังงานมากกว่ากระบวนการเดิมมาใช้

2.5.2 กลยุทธ์เพื่อยกระดับการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ

พื้นที่ภายในโรงงานทุกจุดมีศักยภาพที่จะอนุรักษ์พลังงานได้ทั้งนี้การจัดการพลังงานแบบสมบูรณ์ จะมีการดำเนินงานเป็นขั้นตอนตามลำดับควบคู่ไปกับการควบคุมคุณภาพโดยใช้ “วงจรการจัดการ : PDCA” ซึ่งเป็นการกระทำซ้ำหมุนเวียนไปด้วยความระมัดระวังในแต่ละขั้นตอนจนกว่าการดำเนินงานจะบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ประกอบด้วย

2.5.2.1 Plan (วางแผน) เกิดจากการวางแผนอย่างมีประสิทธิภาพในการปรับปรุงงาน

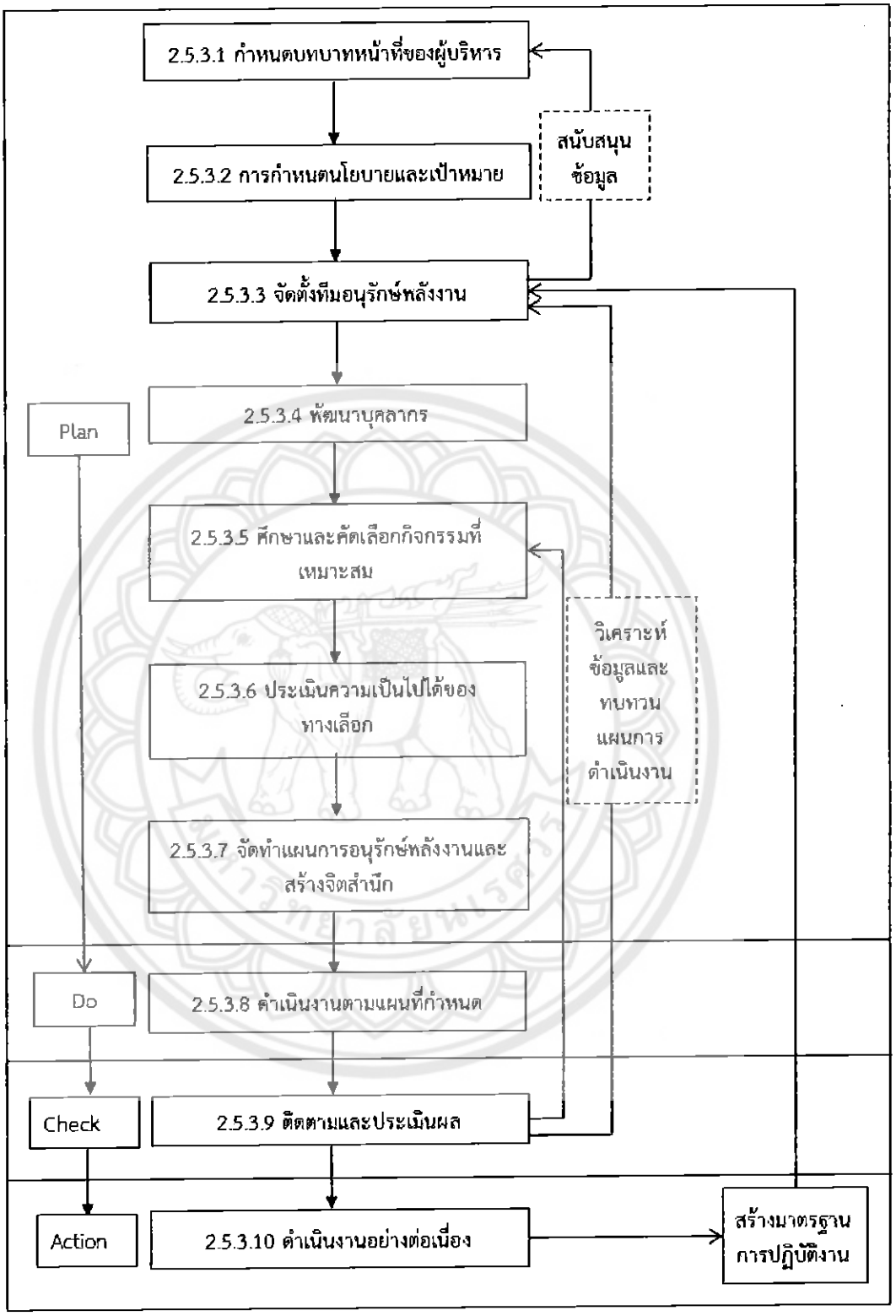
2.5.2.2 Do (ดำเนินการตามแผน) ต้องลงมือปฏิบัติที่ได้วางแผนไว้

2.5.2.3 Check (ตรวจสอบ) ต้องตรวจสอบว่างานที่ทำสอดคล้องตามที่วางแผนไว้หรือไม่ทำได้หรือไม่

2.5.2.4 Action (ปฏิบัติ) การนำผลมาวิเคราะห์ดูว่าจะต้องแก้ไขอะไรบ้างเรียนรู้อะไรบ้างทำนายอะไรได้บ้าง

2.5.3 กลยุทธ์เพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม

สามารถดำเนินการใช้ “บันไดสู่ความสำเร็จ 10 ขั้น” ดังนี้



รูปที่ 2.2 แสดงบันไดสู่ความสำเร็จ 10 ขั้น

ที่มา : http://teenet.tei.or.th/Knowledge/Paper/02EMH.pdf

2.5.3.1 กำหนดบทบาทของผู้บริหาร

ผู้บริหารระดับสูงมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการสนับสนุน และผลักดันให้กิจกรรมอนุรักษ์พลังงานประสบความสำเร็จเป็นอย่างต่อเนื่อง และยั่งยืนโดยบทบาทของผู้บริหารระดับสูงควรมีลักษณะดังนี้

ก. มีทัศนคติที่ดีต่อการอนุรักษ์พลังงาน และแสดงเจตนารมณ์ส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานโดยประกาศนโยบายอนุรักษ์พลังงานของบริษัทให้พนักงานทุกระดับทราบ

ข. สนับสนุนกำลังคน และงบประมาณในการทำกิจกรรมอย่างต่อเนื่อง

ค. ติดตามความก้าวหน้าของกิจกรรม

ง. สร้างแรงจูงใจในการดำเนินกิจกรรมโดยมีผลตอบแทนแก่พนักงานเมื่อสามารถดำเนินการประหยัดพลังงานได้ตามเป้าหมายที่กำหนด

2.5.3.2 การกำหนดนโยบายและเป้าหมาย

นโยบายเปรียบเสมือนใบประกาศแสดงเจตนารมณ์ของผู้บริหารระดับสูง และเป็นกรอบในการดำเนินกิจกรรมอนุรักษ์พลังงานเพื่อให้บุคลากรทุกฝ่ายร่วมมือกันทำกิจกรรมให้บรรลุผลตามเป้าหมายดังนั้นนโยบายที่ดีจะต้องแสดงความมุ่งมั่นของผู้บริหารมีเป้าหมาย และจะต้องประกาศให้พนักงานทั้งองค์กรทราบ และที่สำคัญจะต้องมีการทบทวนนโยบาย และเป้าหมายประจำทุกปี

ก. การกำหนดนโยบาย ต้องมีความชัดเจนง่ายต่อการเข้าใจมีความสอดคล้องกับสถานการณ์ปัจจุบันและอนาคตของบริษัท สามารถปรับเปลี่ยนให้ทันต่อเหตุการณ์และข้อมูลอยู่เสมอ

ข. การกำหนดเป้าหมาย ควรกำหนดเป็นเชิงปริมาณเพื่อสะดวกต่อการตรวจวัดและประเมินผลควรอยู่ในระดับที่สูงพอที่จะกระตุ้นให้เกิดความพยายาม และมีความเป็นไปได้ในทางปฏิบัติ

2.5.3.3 การจัดตั้งทีมอนุรักษ์พลังงาน

สมาชิกควรประกอบไปด้วยตัวแทนจากฝ่ายต่างๆ ในองค์กร และจะต้องมีการกำหนดหน้าที่ความรับผิดชอบที่ชัดเจนแก่สมาชิกในทีมโดยทีมอนุรักษ์พลังงานจะมีหน้าที่ส่งเสริมกิจกรรมอนุรักษ์พลังงานสร้างจิตสำนึก และกระตุ้นให้พนักงานมีความร่วมมือในการดำเนินกิจกรรม และที่สำคัญก็คือทำหน้าที่รวบรวมข้อมูลพนักงานสนับสนุนข้อมูลให้ผู้บริหารในการประกาศนโยบายและเป้าหมายของบริษัทสำรวจ และวิเคราะห์ปัญหาพลังงานกำหนดแนวทางการอนุรักษ์พลังงานเป้าหมาย แผนงาน วิธีการดำเนินงาน การแก้ไขปัญหา การติดตาม และประเมินผลตลอดจนประชาสัมพันธ์กิจกรรม และเมื่อจัดตั้งทีมงานอนุรักษ์พลังงานได้แล้วผู้บริหารจะต้องประกาศโครงสร้างทีมอนุรักษ์พลังงาน และบทบาทหน้าที่ให้แก่พนักงานทราบทั่วทั้งองค์กรด้วย

2.5.3.4 พัฒนาบุคลากร

การพัฒนาบุคลากรที่ดีควรทำอย่างต่อเนื่องโดยมีวัตถุประสงค์ไม่เพียงแต่ต้องการให้เรียนรู้เท่านั้นยังต้องการเปลี่ยนทัศนคติให้มีจิตสำนึก และความรับผิดชอบที่ดีต่องานที่ทำ และจะช่วยให้พนักงานเกิดแนวความคิดใหม่ๆ มีโอกาสแลกเปลี่ยนข้อคิดเห็น และประสบการณ์กับผู้เชี่ยวชาญ และผู้เข้าอบรมอื่นๆ และมีความรู้สึกเชื่อมั่นกับบทบาทหน้าที่ที่ตนเองได้รับมอบหมาย ทั้งนี้การพัฒนาบุคลากรควรกระทำดังนี้

ก. สร้างจิตสำนึก และความรู้แก่พนักงานสามารถดำเนินการโดยตรง หรือให้ความรู้ผ่านสื่อต่างๆ เช่น เปิดโทรทัศน์ เสียงตามสายระหว่างพักกลางวัน การจัดบอร์ดประชาสัมพันธ์ และควรจัดทำกิจกรรมเพื่อให้พนักงานมีส่วนร่วม เช่น การตอบปัญหาด้านอนุรักษ์พลังงาน การจัดทำข้อเสนอแนะด้านการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น

ข. อบรมความรู้ด้านเทคนิคในการประหยัดพลังงานให้แก่พนักงานแต่ละแผนก เพื่อให้พนักงานสามารถใช้เครื่องจักร และอุปกรณ์เครื่องจักรที่เกี่ยวข้องกับพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.5.3.5 ศึกษาและคัดเลือกกิจกรรมที่เหมาะสม

ก. การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูลและกำหนดดัชนีข้อมูล

ก.1 ข้อมูลที่ควรรวบรวม ใบเสร็จค่าไฟฟ้า ใบเสร็จค่าเชื้อเพลิง ใบเสร็จค่าน้ำ ปริมาณการผลิต และปริมาณวัตถุดิบย้อนหลังอย่างน้อย 12 เดือน เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงและผลของต้นทุนการผลิตด้านพลังงานที่สูงและต่ำในแต่ละเดือนอีกทั้งยังสามารถนำไปกำหนดเป็นเป้าหมาย และดัชนีในการอนุรักษ์พลังงานได้

ก.2 ดัชนีการใช้พลังงาน และเป้าหมายในการลดการใช้พลังงานต้นทุนการผลิตของโรงงานมีอยู่มากมาย เช่น ค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบ ค่าซ่อมบำรุง ค่าพลังงาน เป็นต้น ดังนั้นเมื่อพลังงานเป็นต้นทุนการผลิตอย่างหนึ่งดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานในแต่ละเดือนจะบอกให้ทราบว่าในแต่ละเดือนมีการใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพเพียงใด และถ้านำไปเปรียบเทียบกับโรงงานประเภทเดียวกันจะทราบว่าต้นทุนการผลิตของเราสูงหรือต่ำกว่า ถ้าต่ำกว่าแสดงว่าเรามีศักยภาพในการลดการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ ลงได้ซึ่งจะมากน้อยเพียงใดขึ้นอยู่กับความสามารถของผู้บริหาร และเจ้าหน้าที่ทุกคนที่อยู่ในโรงงานดังนั้นหลังจากมีการปรับปรุงในการลดการสูญเสีย และเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานแล้วดัชนีการใช้พลังงานใหม่จะลดต่ำลงนั่นคือดัชนีเฉลี่ยของการใช้พลังงานลดลง

ข. การรวบรวม และคัดเลือกกิจกรรมที่เหมาะสมเทคนิคในการหาปัญหา และแนวทางแก้ไขปัญหาลำดับแรกเราต้องรู้ก่อนว่าในพื้นที่มีอุปกรณ์ใดบ้างที่มีการใช้พลังงาน และประเมินสภาพการใช้งานในปัจจุบันว่ามีความเหมาะสมหรือไม่ โดยใช้เทคนิคการ “ตามหาอุปกรณ์... ตามหามาตรการ” ร่วมกับ “การทำกิจกรรมกลุ่มย่อย”

ค. หลักเกณฑ์การพิจารณาเพื่อคัดเลือกกิจกรรมที่เหมาะสม การทำกิจกรรมที่มีทั้งการลงทุน และไม่ลงทุนในแต่ละมาตรการมีกิจกรรม หรือทางเลือกในการอนุรักษ์พลังงานมากมาย ดังนั้นเพื่อให้สามารถคัดเลือกกิจกรรมที่เหมาะสม และได้ประสิทธิภาพมากที่สุดจำเป็นจะต้องมีการศึกษา และพิจารณาจาก

ค.1 ผลการประหยัดพลังงาน กิจกรรมที่มีการประหยัดพลังงานมากจะเป็นทางเลือกที่น่าสนใจมากกว่ากิจกรรมที่มีการประหยัดพลังงานได้น้อยกว่า

ค.2 เงินลงทุน กิจกรรมใดที่มีเงินลงทุนต่ำ หรือไม่จำเป็นต้องใช้เงินลงทุนแต่มีผลการประหยัดพลังงานมากถือเป็นมาตรการที่มีความน่าสนใจที่จะดำเนินการมาก

ค.3 ระยะเวลาคืนทุนและอายุการใช้งานของอุปกรณ์ กิจกรรมใดที่ระยะเวลาคืนทุนสั้นเมื่อเทียบกับอายุการใช้งานถือว่าเป็นมาตรการที่น่าสนใจเนื่องจากหลังจากที่คืนทุนแล้วผลการประหยัดพลังงานที่ได้ คือกำไร

ค.4 ระยะเวลาในการดำเนินงาน กิจกรรมที่ดำเนินงานง่าย และใช้ระยะเวลาน้อยอีกทั้งไม่กระทบกับกระบวนการผลิตของโรงงานจัดเป็นมาตรการที่น่าสนใจ

ค.5 กำลังคนที่ต้องใช้ กิจกรรมที่ต้องใช้คนมากมักจะเป็นกิจกรรมที่ยุ่งยาก

ค.6 ความสำคัญต่อผู้บริหาร และชื่อเสียงของบริษัทบางกิจกรรมอาจจะมีผลตอบแทนที่ไม่น่าสนใจแต่สามารถสร้างภาพลักษณ์ให้กับผู้บริหารและสร้างชื่อเสียง

ค.7 ความเสี่ยงของโครงการ บางกิจกรรมมีผลตอบแทนดีมากแต่มีความเสี่ยงสูงในแฟ็คเตอร์ต่างๆ อาจจะทำให้ความสำคัญลดต่ำลงได้

2.5.3.6 ประเมินความเป็นไปได้ของทางเลือก

การกำหนดว่ากิจกรรมใดควรดำเนินการก่อนหลังควรประเมินดังนี้

ก. การประเมินเบื้องต้น สามารถทำให้เห็นลักษณะความซับซ้อน และศักยภาพเบื้องต้นของกิจกรรมซึ่งกิจกรรมที่เปลี่ยนวิธีการทำงานที่ง่ายลงทุนต่ำ และส่งผลกระทบต่อด้านอื่นๆ ต่ำสามารถลงมือปฏิบัติได้ในทันที และอาจไม่จำเป็นต้องศึกษาประเมินละเอียดขั้นต่อไปควรได้รับการพิจารณาเป็นระดับต้น เช่น การปรับเปลี่ยนพฤติกรรม และการอบรมให้แก่พนักงาน

ข. การประเมินทางด้านเทคนิค สามารถทำการประเมินโดยการทดลองจริงในบางส่วนของการผลิต หรือใช้ประสบการณ์จากบริษัทอื่น หรือความรู้จากผู้เชี่ยวชาญ

ค. การประเมินทางเศรษฐศาสตร์ ควรพิจารณาถึงข้อเสีย หรือกิจกรรมที่ทำให้ได้ผลตอบแทนที่คุ้มค่ากับการลงทุนมากที่สุด และมีระยะเวลาคืนทุนสั้นที่สุด

2.5.3.7 การจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงานและสร้างจิตสำนึก

หลังจากได้ข้อสรุปของทางเลือกแล้วสิ่งสำคัญที่จะต้องทำต่อไป คือการนำทางเลือกต่างๆ มาจัดทำเป็นแผนเพื่อที่จะนำไปปฏิบัติต่อไปแผนงานอนุรักษ์พลังงานควรจะรวมถึงแผนการรณรงค์สร้างจิตสำนึกด้านการอนุรักษ์พลังงานโดยแต่ละแผนงานควรประกอบด้วยรายละเอียดกิจกรรม ระยะเวลาดำเนินงาน ผู้รับผิดชอบ งบประมาณ และการประเมินผล

2.5.3.8 ดำเนินงานตามแผนที่กำหนด

เมื่อแผนการดำเนินการได้รับการอนุมัติจากผู้บริหารกิจกรรมต่างๆ ในแผนการดำเนินงานจะถูกนำมาปฏิบัติโดยผู้รับผิดชอบที่ระบุไว้ในแต่ละกิจกรรมโดยความร่วมมือจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง

2.5.3.9 การติดตามและประเมินผล

การติดตาม และประเมินผลที่ดีจะต้องทำอย่างสม่ำเสมอควรจะนำผลการประเมินไปเปรียบเทียบกับแผนการดำเนินงานเป้าหมายของแต่ละกิจกรรมที่กำหนดไว้รวมทั้งจะต้องมีการวิเคราะห์หาสาเหตุ และปัญหาในกรณีที่ประเมินพบว่าไม่สามารถปฏิบัติตามแผนงาน หรือเป้าหมายที่วางไว้ได้ และทบทวนปรับแผนการดำเนินงานเป็นระยะที่สำคัญจะต้องนำผลการประเมินที่ได้ไปติดบอร์ดเพื่อประชาสัมพันธ์ให้พนักงานในองค์กรทราบจะได้เกิดความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมต่อไปการตรวจประเมินผลแบ่งเป็น 3 ระดับ คือ

ก. Self Audit เป็นการตรวจประเมินด้วยตนเอง ภายในกลุ่มย่อย หรือหน่วยงานตามแบบฟอร์มที่กำหนดให้ (ตรวจทุกเดือน)

ข. Section Manager Audit เป็นการตรวจประเมินโดยผู้จัดการแผนก หรือผู้จัดการส่วนที่ดูแลรับผิดชอบในหน่วยงานนั้นๆ เพื่อยกระดับมาตรฐานความเข้มแข็งของการดำเนินกิจกรรมให้สูงขึ้นจากระดับปฏิบัติการ (ตรวจทุก 3 เดือน)

ค. Top Management Audit เป็นการตรวจประเมินโดยผู้บริหารระดับสูงขององค์กร และให้นำผลการตรวจประเมินโดยผู้บริหารระดับสูงขององค์กรไปเป็นคะแนนสำหรับการพิจารณาปรับค่าผลตอบแทนประจำปี (ตรวจทุก 6 เดือน)

2.5.3.10 ดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง

การอนุรักษ์พลังงานควรบรรจุเป็นงานประจำ และแผนงานของโรงงานเพื่อให้เกิดการดำเนินงานอย่างต่อเนื่อง และเป็นระบบโดยบรรจุกิจกรรมการอนุรักษ์พลังงานไว้เป็นส่วนหนึ่งในนโยบายหลักของบริษัทรวมทั้งบรรจุไว้ในแผนดำเนินธุรกิจขององค์กรหลังจากประเมินผลลัพธ์แก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่องต่างๆ ให้บรรลุตามเป้าหมายแล้วหากแผนงานใดที่ดำเนินการไปได้ด้วยดีตามเป้าหมาย หรือเกินกว่าที่คาดไว้ควรมีการรวบรวมไว้เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติในการกำหนด และจัดทำเป็น “มาตรฐานการทำงาน” และดำเนินการทบทวนข้อมูลเพื่อจัดเตรียมแผนงานสำหรับดำเนินกิจกรรมใหม่ๆ ต่อไป

2.6 การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงาน

การตรวจสอบ และการวิเคราะห์การใช้พลังงานเป็นการศึกษาตรวจสอบสภาพการใช้พลังงานเพื่อการจัดการพลังงานอย่างถูกต้องหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพ หรือแนวทางประหยัดพลังงานได้โดยทั่วไป การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานแบ่งได้เป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.6.1 การตรวจสอบการใช้พลังงานจากการใช้พลังงานในอดีต

เป็นการรวบรวม และศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานในปีก่อนๆ ที่ทางโรงงานจดบันทึกไว้เพื่อต้องการทราบปริมาณพลังงานทุกรูปแบบที่ใช้ค่าใช้จ่ายพลังงานทุกรูปแบบที่ใช้ผลผลิตที่ได้จากปริมาณพลังงานที่ใช้ และรูปแบบของการใช้พลังงานในแต่ละช่วง

2.6.2 การตรวจสอบพลังงานโดยการเข้าสำรวจในโรงงาน

ขั้นแรกเป็นการสำรวจแผนผังของโรงงานเพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของโรงงาน กระบวนการผลิต อุปกรณ์พิจารณาบริเวณที่มีการใช้พลังงานสูง ระบบการใช้พลังงานในรูปแบบต่างๆ บริเวณที่เกี่ยวข้อง และขั้นตอนการเข้าสำรวจในโรงงานเพื่อหาตำแหน่งที่มีการสูญเสียพลังงาน และต้นเหตุของการสูญเสียพลังงานทำการสำรวจระบบการใช้พลังงานทุกระบบทั้งในช่วงทำการผลิต และหยุดทำการผลิตรวมทั้งการตรวจวัดโดยใช้เครื่องมือวัดต่างๆ ข้อมูลที่ได้จะนำไปวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อไป

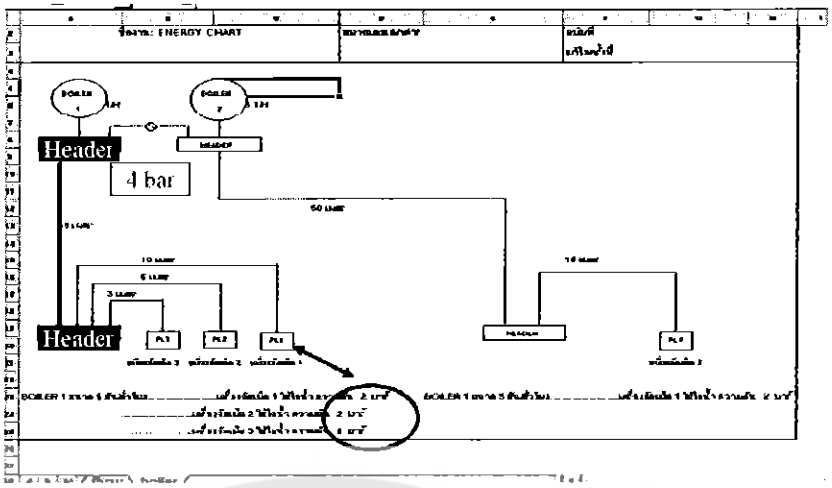
2.6.3 การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียด

ผลการตรวจสอบขั้นต้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียดโดยการทำสมดุลพลังงานเพื่อหาประสิทธิภาพของระบบอุปกรณ์ และปริมาณพลังงานสูญเสียเมื่อนำข้อมูลที่วิเคราะห์ได้มาสร้างเป็นรูปแบบการใช้พลังงานจะทำให้ทราบว่าจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขส่วนใดบ้าง และวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไขคัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมทั้งในด้านเทคนิค และเศรษฐศาสตร์

2.7 Energy Layout & Energy Chart

2.7.1 Energy Layout

การจัดทำ Energy Layout เป็นเครื่องมือสำหรับวิเคราะห์ลักษณะการใช้งานพลังงานภายในสถานประกอบการเพื่อให้ภาพในการแปรรูป และส่งถ่ายพลังงานจากลักษณะหนึ่งไปอีกลักษณะหนึ่ง



รูปที่ 2.3 ตัวอย่าง Energy Layout

ที่มา : คู่มือหน่วยงานที่ปรึกษา Total Energy Management รุ่นที่ 10

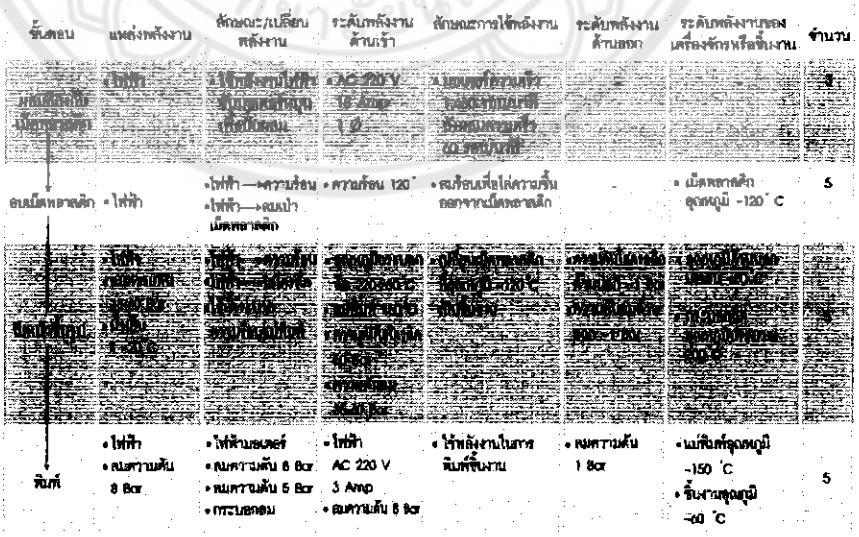
2.7.2 Energy Chart

การจัดทำ Energy Chart เป็นการแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานทุกกระบวนการตั้งแต่เริ่มรับวัตถุดิบ ผ่านกระบวนการ ดำเนินการแปรรูป ตากแห้ง จนเป็นสินค้า และจัดส่งซึ่งจะต้องแสดงให้เห็นข้อมูลที่สำคัญ คือ

ก. นำพลังงานไปใช้ประโยชน์อะไร

ข. ศักยภาพของพลังงานที่ป้อนเข้ากระบวนการ

ค. ศักยภาพของพลังงานที่เหลือจากกระบวนการ



รูปที่ 2.4 ตัวอย่าง Energy Chart

ที่มา : คู่มือหน่วยงานที่ปรึกษา Total Energy Management รุ่นที่ 10

2.8 ประเภทของมาตรการประหยัดพลังงาน

หากพิจารณาในแง่ของการปรับปรุง หรือระดมการลงทุนโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 มาตรการ คือ

2.8.1 มาตรการไม่ต้องลงทุนหรือลงทุนน้อย

เป็นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนเลย หรือลงทุนน้อยมากมีการดำเนินการที่ง่าย เช่น การควบคุมอากาศส่วนเกิน การปรับความตึงของสายพาน เป็นต้น

2.8.2 มาตรการที่มีการลงทุนปรับปรุงอุปกรณ์พอสมควร

เป็นมาตรการที่มีการลงทุนไม่มาก เช่น การหุ้มฉนวน การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์ การติดตั้งอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน เป็นต้น

2.8.3 มาตรการที่มีการลงทุนสูงระยะเวลาคืนทุนนาน

เป็นมาตรการที่มีการลงทุนสูงโดยการเปลี่ยนแปลง หรือปรับปรุงเครื่องจักรอุปกรณ์ หรือกระบวนการผลิตใหม่ เช่น การเปลี่ยนหม้อไอน้ำ การติดตั้งอุปกรณ์นำความร้อนทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ เป็นต้น

2.9 การคิดราคาค่าพลังงานไฟฟ้า

2.9.1 ส่วนประกอบค่าไฟฟ้า

ค่าไฟฟ้าปัจจุบันประกอบด้วย 3 ส่วนคือค่าไฟฟ้าฐาน + ค่าไฟฟ้าผันแปร + ภาษีมูลค่าเพิ่ม

2.9.1.1 ค่าไฟฟ้าฐาน กำหนดจากค่าลงทุนก่อสร้างโรงไฟฟ้า สายส่งไฟฟ้า สถานีจ่ายไฟฟ้า และค่าเชื้อเพลิง ค่าไฟฟ้าฐานมีอัตราแน่นอนโดยแบ่งตามผู้ใช้ 7 ประเภท อัตราค่าไฟฟ้าฐานมีการปรับปรุงครั้งล่าสุดเมื่อปี 2534 และได้แยกภาษีมูลค่าเพิ่มออกเมื่อเดือนมกราคม 2540 ปัจจุบันยังไม่มีการปรับซึ่งหากมีการปรับอัตราค่าไฟฟ้าฐานต้องได้รับความเห็นชอบจากคณะรัฐมนตรี ทั้งนี้ค่าไฟฟ้าฐานจะแสดงในรายการค่าไฟฟ้าใบเสร็จรับเงิน

2.9.1.2 ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft) คือค่าไฟฟ้าที่ปรับตามต้นทุนการผลิต ระบบส่ง และระบบจัดจำหน่ายเนื่องมาจากปัจจัยที่อยู่นอกเหนือการควบคุมของการไฟฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปในแต่ละเดือน ปัจจุบันจะทำการปรับค่า Ft 4 เดือนต่อครั้ง การปรับค่าไฟฟ้าผันแปรดำเนินการโดยคณะอนุกรรมการกำกับสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติภายใต้การกำกับดูแลของคณะกรรมการพิจารณานโยบายพลังงานทั้งนี้ค่าไฟฟ้าผันแปรจะแสดงในช่อง Ft ส่วนเพิ่ม หรือส่วนลดในใบเสร็จค่าไฟฟ้าหรือใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า

2.9.1.3 ภาษีมูลค่าเพิ่ม คิดเป็นร้อยละ 7 ของค่าไฟฟ้าฐานรวมกับค่าไฟฟ้าผันแปร

ใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า

รูปที่ 2.5 ตัวอย่างใบเสร็จการคิดค่าไฟฟ้า

ที่มา : http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html.

2.9.2 การแบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก มีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง ความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ ความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป และมีปริมาณการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนเกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรไม่แสวงหาผลกำไร ความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด ต่ำกว่า 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

ประเภทที่ 8 ไฟฟ้าชั่วคราว โดยต่อผ่านเครื่องวัดหน่วยไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.9.3 ประเภทอัตราค่าไฟฟ้า

เนื่องจากโรงงานที่เข้าศึกษานี้จัดอยู่ในผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลางสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อธุรกิจธุรกิจรวมกับบ้านที่อยู่อาศัยอุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.9.3.1 ค่าไฟฟ้าปกติ

คิดค่าไฟฟ้ามาจาก 2 ส่วน คือค่าความต้องการไฟฟ้า (kWh) ค่าพลังงานไฟฟ้า (kW) อัตรานี้ใช้กับโรงงานที่ใช้ไฟฟ้าค่อนข้างน้อยไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน

ตารางที่ 2.1 ค่าไฟฟ้าอัตราปกติ

แรงดันและหน่วยที่ใช้	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
ก. แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	3.423	312.24
ข. แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์		46.16
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 – 150)	2.7628	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 – 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	

ที่มา : อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

2.9.3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่กำหนดให้ราคาแตกต่างกันตามช่วงเวลาเหมือนกันแต่รายละเอียดของช่วงเวลา และราคาที่แตกต่างกันตามค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และค่าพลังงานไฟฟ้า (หน่วย) แตกต่างกันออกไปได้ดังนี้

ตารางที่ 2.2 ค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาการใช้งาน

แรงดัน	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Off Peak	
ก. แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	4.5827	2.1495	312.24
ข. แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	5.2674	2.1827	46.16

ที่มา : อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

ช่วงเวลาของการใช้พลังงานไฟฟ้า

ก. On Peak: เวลา 09.00 - 22.00น. วันจันทร์ – วันศุกร์

ข. Off Peak: เวลา 22.00 - 09.00น. วันจันทร์ – วันอาทิตย์และวันหยุดราชการปกติ

ค่าไฟฟ้าต่ำสุด : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดในแต่ละเดือนต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่สูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา

2.9.3.3 หมายเหตุประเภทอัตราการใช้ไฟฟ้า

ก. ประเภทที่ 2.9.3.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

ข. ประเภทที่ 2.9.3.2 เป็นอัตราเลือกทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือนสามารถแจ้งความประสงค์ขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 2.9.3.1 ตามเดิมได้

ค. เดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไปให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 3 หรือ 4 หรือ 5 แล้วแต่กรณี

อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น เริ่มใช้ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือนกรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป

2.10 หน่วยและการวัดค่าพลังงานต่างๆ

Mega Joules (MJ) คือค่าพลังงานความร้อนค่าพลังงานความร้อนไม่สามารถแปรผันตามต้นทุนของการใช้พลังงานแต่จะแปรผันตามปริมาณการใช้พลังงานหากใช้พลังงานมากค่าพลังงานเป็น Mega Joules (MJ) ก็จะมากขึ้นเชื้อเพลิงแต่ละประเภทจะให้พลังงานออกมาไม่เท่ากันที่ปริมาณต่อหน่วยเดียวกันค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ แสดงได้ดังตาราง

ตารางที่ 2.3 แสดงค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ประเภทหน่วย	กิโลแคลอรี่/หน่วย (kcal/UNIT)	ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ/ล้านหน่วย (ton/10^6UNIT)	เมกะจูล /หน่วย (MJ/UNIT)	พันบีทียู /หน่วย (10^3Btu/UNIT)
พลังงานเชิงพาณิชย์				
1. น้ำมันดิบ (ลิตร)	8680	860.00	36.33	34.44
2. คอนเดนเสท (ลิตร)	7900	782.72	33.07	31.35
3. ก๊าซธรรมชาติ				
3.1 ชื้น (ลูกบาศก์ฟุต)	248	24.57	1.04	0.98
3.2 แห้ง (ลูกบาศก์ฟุต)	244	24.18	1.02	0.97
4. ผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียม				
4.1 ก๊าซปิโตรเลียมเหลว (ลิตร)	6360	630.14	26.62	25.24
4.2 น้ำมันเบนซิน (ลิตร)	7520	745.07	31.48	29.84
4.3 น้ำมันเครื่องบิน (ลิตร)	8250	817.40	34.53	32.74
4.4 น้ำมันก๊าด (ลิตร)	8250	817.40	34.53	32.74
4.5 น้ำมันดีเซล (ลิตร)	8700	861.98	36.42	34.52
4.6 น้ำมันเตา (ลิตร)	9500	941.24	39.77	37.70
4.7 ยางมะตอย (ลิตร)	9840	974.93	41.19	39.05
4.8 ปิโตรเลียมโค๊ก (กก.)	8400	832.26	35.16	33.33
5. ไฟฟ้า (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	860	85.21	3.60	3.41
6. ไฟฟ้าพลังน้ำ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	2236	221.54	9.36	8.87
7. พลังงานความร้อนใต้พิภพ (กิโลวัตต์ชั่วโมง)	9500	941.24	39.77	37.70
8. ถ่านหินนำเข้า (กก.)	6300	624.19	26.37	25.00
9. ถ่านโค๊ก (กก.)	6600	653.92	27.63	26.19
10. แอนทราไซต์ (กก.)	7500	743.09	31.40	29.76
11. อีเทน (กก.)	11203	1110.05	46.89	44.45
12. โปรเพน (กก.)	11256	1115.34	47.11	44.67
13. ลิกไนต์				
13.1 ลี้ (กก.)	4400	435.94	18.42	17.46
13.2 แจ้คอน (กก.)	3610	357.67	15.11	14.32

ตารางที่ 2.3 (ต่อ) แสดงค่าพลังงานความร้อนของเชื้อเพลิงชนิดต่างๆ

ประเภทหน่วย	กิโลแคลอรี่/หน่วย (Kcal/UNIT)	ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ/ล้านหน่วย (ton/10^6UNIT)	เมกะจูล/หน่วย (MJ/UNIT)	พันบีทียู/หน่วย (10^3Btu/UNIT)
พลังงานใหม่และหมุนเวียน				
1. ฟืน (กก.)	3820	378.48	15.99	15.16
2. ถ่าน (กก.)	6900	683.64	28.88	27.38
3. แกลบ (กก.)	3440	340.83	14.40	13.65
4. กากอ้อย (กก.)	1800	178.34	7.53	7.14
5 .ขยะ (กก.)	1160	114.93	4.86	4.60
6. ขี้เลื่อย (กก.)	2600	257.60	10.88	10.32
7. วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (กก.)	3030	300.21	12.68	12.02
8. ก๊าซชีวภาพ (ลูกบาศก์เมตร)	5000	495.39	20.93	19.84

ที่มา : เอกสารประกอบการเรียนรายวิชา Energy Conservation

หน่วยทั่วไป GENERAL

1 กิโลแคลอรี่ (kcal)	=	4,186	จูล (Joules)
	=	3.968	บีทียู (Btu)
1 ตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ (toe)	=	10.093	จิกะแคลอรี่ (Gcal)
	=	42.244	จิกะจูล (GJ)
	=	40.047×10^6	บีทียู (Btu)
1 บาร์เรล (barrel)	=	158.99	ลิตร (litres)
1 ลูกบาศก์เมตรของไม้ (cu.m. of solid wood)	=	600	กิโลกรัม (kg.)
1 ลูกบาศก์เมตรของถ่าน (kg. of charcoal)	=	250	กิโลกรัม (kg.)
5 กิโลกรัมของฟืน (kg. of fuel wood)	=	1 กิโลกรัมของถ่าน	(kg. of charcoal product)
1 ลิตรของก๊าซปิโตรเลียมเหลว (litre of LPG)	=	0.54	กิโลกรัม (kg.)

2.11 แนวทางในการอนุรักษ์พลังงานของเครื่องจักรต่างๆในโรงงาน

2.11.1 มอเตอร์

มอเตอร์เป็นเครื่องจักรที่ใช้ไฟฟ้าในสัดส่วนร้อยละ 80 ของการใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานอุตสาหกรรมมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสสลับ 3 เฟสชนิดเหนี่ยวนำเป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันมากที่สุด ในขณะที่มอเตอร์กระแสสลับชนิดซิงโครนัส (Synchronous) มักใช้สำหรับงานที่ต้องการความเร็วรอบที่แน่นอนส่วนมอเตอร์กระแสตรงมักใช้กับกรณีที่ปรับความเร็วรอบได้อย่างไรก็ตามความก้าวหน้าของเทคโนโลยีทำให้สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำได้โดยใช้อุปกรณ์ปรับความเร็วรอบมอเตอร์โดยปรับความถี่ของแหล่งจ่ายไฟจึงทำให้มอเตอร์เหนี่ยวนำถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย

2.11.1.1 การสูญเสียพลังงานในมอเตอร์ไฟฟ้า

มอเตอร์ไฟฟ้ามีประเภทการสูญเสียพลังงาน อยู่ 3 ประเภท ดังนี้

ก. การสูญเสียขณะไม่มีโหลด (No Load Losses) มีค่าคงที่ไม่ขึ้นกับโหลดประกอบด้วยการสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss) กับการสูญเสียจากแรงลม และแรงเสียดทานการสูญเสียในแกนเหล็กสัดส่วนร้อยละ 16 ของพลังงานสูญเสียทั้งหมดเกิดจากพลังงานที่ใช้ในการเปลี่ยนทิศทางของสนามแม่เหล็กที่ไหลอยู่ในแกนเหล็กการสูญเสียแรงลม และแรงเสียดทานสัดส่วนร้อยละ 14 ของพลังงานสูญเสียทั้งหมดเกิดจากแรงเสียดทานจากตลับลูกปืน และแรงต้านของครีบระบายอากาศที่ตัวมอเตอร์

ข. การสูญเสียเนื่องจากโหลด (Load Losses) เป็นพลังงานที่สูญเสียที่เพิ่มขึ้นตามขนาดของโหลดประกอบด้วย การสูญเสียที่โรเตอร์และการสูญเสียที่สเตเตอร์การสูญเสียเกิดจากภาระการใช้งาน (Stray Loss) การสูญเสียที่สเตเตอร์สัดส่วนร้อยละ 33 ของพลังงานสูญเสียทั้งหมดอยู่ในรูปความร้อนเกิดจากกระแสไหลผ่านขดลวดที่ตัวอยู่กับที่ หรือสเตเตอร์ (Stator) การสูญเสียที่โรเตอร์สัดส่วนร้อยละ 15 อยู่ในรูปความร้อนเกิดจากกระแสไหลผ่านขดลวดที่ตัวหมุนของโรเตอร์ (Rotor)

ค. การสูญเสียจากภาระใช้งานสัดส่วนร้อยละ 22 เกิดจากความถี่ในแกนเหล็กที่โรเตอร์ค่ากระแสไหลวนในขดลวดที่สเตเตอร์ค่าความสูญเสียจากกระแสฮาร์มอนิกส์ในตัวนำของโรเตอร์ขณะที่มีโหลดค่าสนามแม่เหล็กรั่วไหลที่เกิดจากกระแสโหลด

2.11.1.2 หลักการประหยัดไฟฟ้าในมอเตอร์

ก. หลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ขณะไม่มีโหลด ขณะที่มอเตอร์เดินตัวเปล่าไม่มีโหลดกำลังงานของมอเตอร์ดึงเข้าไปจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกำลังงานสูญเสียในแกนแม่เหล็ก กำลังงานสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทาน แรงต้านของลมจากใบพัดระบายอากาศ และกำลังงานสูญเสียในขดลวดทองแดงดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรหยุดเดินมอเตอร์ในขณะที่ไม่มีโหลด

ข. เลือกใช้ขนาดมอเตอร์ให้เหมาะสม การใช้มอเตอร์ที่มีขนาดพิกัดใหญ่เกินไปจะทำให้มอเตอร์ทำงานที่โหลดต่ำซึ่งจะส่งผลให้ประสิทธิภาพ และพาวเวอร์แฟกเตอร์ต่ำ

มอเตอร์ที่มีโหลดต่ำกว่าร้อยละ 40 ของขนาดพิกัดจะมีประสิทธิภาพลดลงมากแต่ถ้าใช้มอเตอร์ขนาดเล็กกว่าโหลดก็จะทำให้มอเตอร์ทำงานในสภาวะเกินพิกัดอายุการใช้งานมอเตอร์จะสั้นลง

ค. เลือกใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง จะมีการสูญเสียลดลงเนื่องจากใช้แผ่นเหล็กซิลิกอนคุณภาพสูง และบางสำหรับทำแกนเหล็กเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดจากกระแสไหลวนใช้ลวดทองแดงขนาดใหญ่ขึ้นเพื่อลดความต้านทานในขดลวดปรับปรุงการออกแบบ เช่น ลดช่องว่างระหว่างสเตเตอร์กับโรเตอร์เพื่อให้สนามแม่เหล็กไฟฟ้าจากสเตเตอร์วิ่งผ่านไปยังโรเตอร์ที่มีความเข้มสูงขึ้นเป็นต้น

2.11.1.3 บำรุงรักษามอเตอร์

ปัญหาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ามักเกิดขึ้นเมื่อใช้งานไปถึงระยะการซ่อมบำรุงเมื่อผ่านการใช้งานหนัก หรือเมื่อเกิดปัญหาในระบบไฟฟ้าจนส่งผลให้มอเตอร์ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ และไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดก็ตามเราสามารถยืดอายุการใช้งานมอเตอร์ให้ยาวนานได้ด้วยการดูแลรักษา และแก้ปัญหาอย่างถูกต้องด้วยกระบวนการดังต่อไปนี้

ก. กำจัดฝุ่นผงและการกัดกร่อน รวมทั้งคราบสิ่งสกปรกที่จับตัวบนตัวมอเตอร์ และโครงสร้างภายในจะส่งผลเสียกับตัวมอเตอร์ได้การทำความสะอาดเพื่อขจัดออกไปเป็นการดูแลขั้นพื้นฐานที่ทำได้ในทันทีทั้งนี้ฝุ่นผงบางชนิดยังสามารถกัดกร่อนเนื้อโลหะกัดกร่อนฉนวนไฟฟ้าบนขดลวดของมอเตอร์จนสร้างความเสียหายให้กับมอเตอร์จนต้องรื้อทิ้งเลย และวิธีการทำความสะอาดทั่วไปมีดังนี้

ก.1 การปัด แปรง ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก วิธีการดังกล่าวนี้จะเป็นการทำความสะอาดตัวมอเตอร์ได้ทั้งส่วนภายนอกและภายใน ฝุ่นสกปรกที่เข้าไปเกาะติดภายในตัวถังมอเตอร์โดยเฉพาะบริเวณช่องระบายอากาศจะทำให้อุณหภูมิสะสมอุณหภูมิสะสมในตัวมอเตอร์สูงเพราะการระบายความร้อนทำได้ไม่ดีพอ และเมื่ออุณหภูมิสูงก็จะส่งผลต่ออายุการใช้งานของฉนวนต่างๆ และลดอายุการทำงานของมอเตอร์ลงไปในที่สุด

ก.2 ตรวจสอบช่องระบายอากาศว่าในขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่ในบางครั้งพัดลมระบายอากาศอาจชำรุด บิดงอ หรือมีสิ่งอุดตันก็จะส่งผลให้การระบายอากาศไม่ดี

ก.3 ตรวจสอบสัญญาณของการกัดกร่อน ให้สังเกตที่ตัวถังโลหะ ขดลวดมอเตอร์รวมทั้งชิ้นส่วนภายในมอเตอร์ว่าถูกกัดกร่อนได้รับความเสียหายบ้างหรือไม่เพราะในการใช้งานสภาพแวดล้อมที่มีสารเคมี หรือกรดเกลือแพร่กระจายในอากาศอาจทำให้การกัดกร่อนตัวมอเตอร์เกิดขึ้นได้เร็วขึ้นการแก้ไขที่เราอาจทำได้คือการทำความสะอาดแล้วพ่นสี หรือเคลือบสารป้องกันการกัดกร่อนให้กับมอเตอร์

ก.4 ในสภาพแวดล้อมที่เปียกชื้น หรือมีไอระเหยของสารเคมีเราอาจต้องเปิดฝาขั้วต่อไฟฟ้าของมอเตอร์เพื่อตรวจหาร่องรอยของคราบเกลือ สนิม หรือความเสียหายกับฉนวนสายไฟซึ่งมักจะเกิดจากการเสื่อมสภาพจะต้องทำการแก้ไข หรือซ่อมในส่วนนี้ด้วย

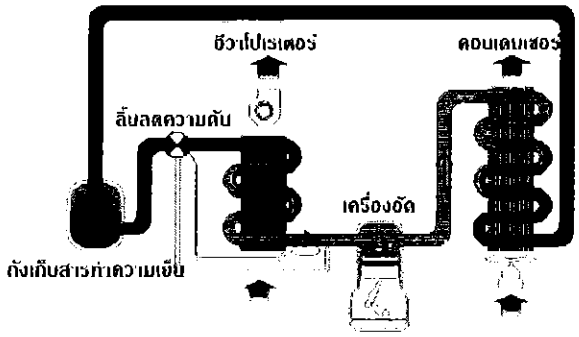
2.11.1.4 การหล่อลื่นมอเตอร์ไฟฟ้า

การหล่อลื่นชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของมอเตอร์คือเพลา และตลับลูกปืนโดยปกติเราจะต้องจัดทำอยู่เป็นประจำ หรือทำตามตารางเวลาการซ่อมบำรุงเพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงเสียดทานในการหมุน และเกิดเสียงดังในขณะมอเตอร์ทำงานอย่างไรก็ตามการหล่อลื่นตลับลูกปืนด้วยจาระบีหากมากเกินไปจะเกิดผลเสียมากกว่าผลดีเพราะจารบีที่อัดแน่นมากเกินไปจะทำให้ตลับลูกปืนแตกเสียหายนอกจากนี้การเลือกใช้จารบีให้เหมาะสมกับงานก็เป็นเรื่องสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น จาระบีแต่ละชนิดทนทานต่ออุณหภูมิที่ต่างกันหากเลือกใช้จาระบีที่อุณหภูมิที่ต่ำเกินไปจะทำให้จาระบีละลาย และลดประสิทธิภาพการทำงานลงไปข้อควรระวังอีกอย่างก็คือการไม่ใช้จาระบีและน้ำมันหล่อลื่นปะปนกัน

2.11.2 ระบบทำความเย็น

อุตสาหกรรมอาหารมีความจำเป็นในการใช้ระบบทำความเย็นเป็นอย่างมากเพื่อการเก็บรักษาคุณภาพอาหารถนอมอาหารให้สามารถเก็บไว้ได้นานรวมทั้งขนส่งไปยังลูกค้า และผู้บริโภค การแช่แข็ง ผลิตน้ำแข็ง และอุตสาหกรรมอีกหลายประเภทได้นำเอาระบบทำความเย็นไปประยุกต์ใช้ในการกระบวนการ เช่น อุตสาหกรรมเคมีเพื่อแบ่งแยกก๊าซ ควบแน่นก๊าซ รวมทั้งระบบปรับอากาศสามารถกล่าวได้ว่าทั้งระบบทำความเย็น และระบบปรับอากาศมีพัฒนาการควบคู่กันมาโดยมีพื้นฐานในการทำงาน และอุปกรณ์หลักของระบบเหมือนกันแตกต่างเพียงแค่การนำไปใช้ประโยชน์เท่านั้น

การทำความเย็น หมายถึงการทำให้อุณหภูมิของบริเวณโดยรอบ หรือบริเวณควบคุมลดต่ำลงจนถึงระดับที่ต้องการใช้ประโยชน์โดยอาศัยหลักการดูดความร้อนในบริเวณดังกล่าว หรือจากสิ่งที่ต้องการทำให้เย็นผ่านอุปกรณ์ที่เราเรียกว่า อีวาโปเรตอร์ (Evaporator) เข้าสู่ตัวกลางหรือสารทำงานเพื่อนำความร้อนส่วนนั้นไประบายทิ้งในแหล่งที่มีอุณหภูมิสูงบริเวณอุปกรณ์ที่เรียกว่าคอนเดนเซอร์ (Condenser) โดยมีอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ขับเคลื่อนสารทำงานในระบบที่เรียกว่าเครื่องอัด (Compressor) และมีอุปกรณ์สำคัญที่จะทำให้เกิดการทำความเย็นในระบบได้โดยทำหน้าที่ลดความดันของสารทำความเย็นนั่นคือ ลิ้นลดความดัน (Expansion Valve) ซึ่งในระบบทำความเย็นจะนิยมเรียกว่า วาล์วควบคุมการไหลสารทำความเย็น (Refrigeration Flow Control) และในระบบใหญ่ที่ใช้งานจริงจะมีการติดตั้งถังเก็บสารทำความเย็น (Receiver Tank) เพิ่มขึ้น



รูปที่ 2.6 แสดงวงจรพื้นฐานระบบทำความเย็นแบบ Indirect Contact

ที่มา : คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และThe Energy Conservation Center แห่งประเทศญี่ปุ่น (ECCJ) ปี 2552

แนวทางการประหยัดพลังงานในระบบทำความเย็นมีดังนี้

2.11.2.1 จัดการเดินเครื่องให้เหมาะสมและประหยัดพลังงาน

โรงงานส่วนใหญ่จะติดตั้งเครื่องทำความเย็นหลายชุด และใช้งานสลับ หรือพร้อมกันในบางชุดตอนช่วงภาระระบบสูงโดยไม่คำนึงถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นแต่ละชุดดังนั้นในช่วงเวลาที่ภาระระบบต่ำ หรือเดินเครื่องเพียงบางชุดแต่ชุดที่เลือกเดินเป็นชุดที่มีประสิทธิภาพต่ำจะส่งผลต่อการใช้พลังงานที่สูงตามไปด้วยอีกทั้งอาจเกิดปัญหาอัตราการทำความเย็นอาจไม่เพียงพอกับภาระระบบทำให้ต้องเดินเครื่องทำความเย็นเพิ่มซึ่งมากเกินจำเป็นได้เช่นกัน โรงงานควรตรวจวัด และวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นอย่างน้อยทุก 2 เดือนโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะเป็นตัวชี้วัดถึงประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็นแต่ละชุดเพื่อจัดทำเป็นแผนการเดินเครื่องอย่างเหมาะสม และประหยัดพลังงานโดยทำการเลือกเดินชุดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลักทั้งนี้ก่อนจัดการเดินใหม่ต้องปรับปรุงเครื่องแต่ละชุดให้อยู่ในสภาพสมบูรณ์ที่สุดก่อน

2.11.2.2 การลดความดันสารทำความเย็นด้านคอนเดนเซอร์

โรงงานส่วนใหญ่มักละเลย และไม่ค่อยให้ความสำคัญต่อเรื่องความสะอาดของเครื่องควบแน่นหรือคอนเดนเซอร์มากนักมีเพียงการกำหนดเวลาในการดูแลไว้เท่านั้นซึ่งส่วนใหญ่กำหนดเวลาในการทำความสะอาด และตรวจเช็คไว้เพียงปีละ 1 ครั้งเท่านั้นในบางลักษณะงานที่มีการใช้งานระบบตลอดเวลา และขึ้นอยู่กับคุณภาพของอากาศ หรือน้ำที่ใช้ในการระบายความร้อนควรต้องให้ความสำคัญมากขึ้นโดยปีละ 1 ครั้งที่เคยดำเนินการอยู่จะไม่เพียงพอกับการรักษาระดับประสิทธิภาพของเครื่องควบแน่นเพื่อให้ระบบมีประสิทธิภาพในการทำงานสูงได้ดีพอความถี่ในการทำความสะอาดจะมากน้อยเพียงใดสามารถใช้ข้อมูลที่วัดได้จากระบบนั่น คือผลต่างของอุณหภูมิสารทำความเย็นที่ออกจากเครื่องควบแน่นกับอุณหภูมิของอากาศ หรือน้ำระบายความร้อนที่ออกเครื่องควบแน่น (Condenser Approach Temperature) เป็นตัวกำหนดความถี่ในการทำความสะอาด

ดังกล่าวซึ่งอุณหภูมิควรแตกต่างกันไม่เกิน 2-3°C หรือ 4-6°F หรืออาจใช้การเก็บข้อมูลผลต่างดังกล่าวหลังการล้างทำความสะอาดแล้วเป็นค่าตั้งต้นก็ได้เช่นกัน

2.11.2.3 การเพิ่มความดันด้านอีวาโปเรเตอร์ให้สูงขึ้น

การที่โรงงานปรับตั้งอุณหภูมิการทำความเย็นต่ำกว่าอุณหภูมิใช้งานมากจะส่งผลให้เครื่องอัดสารทำความเย็นใช้พลังงานมากขึ้น และประสิทธิภาพของระบบจะลดต่ำลง เนื่องจากเครื่องอัดจะต้องใช้กำลังมากในการดูดสารทำความเย็นดังนั้นการเพิ่มความดันสารทำความเย็นด้านต่ำให้สูงขึ้นจะส่งผลให้ค่า COP ของระบบสูงขึ้นซึ่งอาจทำได้โดยวิธีการดังต่อนี้

ก. การทำความสะอาดพื้นที่ผิวแลกเปลี่ยนความร้อนของ Evaporator

ข. การเพิ่มความเร็วลมให้กับ Evaporator

ค. การลดการเกาะของน้ำแข็งที่พื้นผิว Evaporator

ง. การเพิ่มขนาดของ Evaporator

จ. การปรับตั้งอุณหภูมิใช้งานให้สูงขึ้นหรือให้เหมาะสมกับการใช้งาน

2.11.2.4 เลือกใช้ระบบละลายน้ำแข็งให้เหมาะสมและประหยัดพลังงาน

โรงงานหลายแห่งใช้ขดลวดความร้อนในการละลายน้ำแข็งในห้องเย็นซึ่งขดลวดจะเพิ่มภาระความร้อนของห้องเย็นด้วยเช่นกันดังนั้นควรใช้เวลาในการละลายให้เพียงพอต่อการละลายน้ำแข็งได้หมดเท่านั้น และควรเลือกใช้ระบบละลายที่ใช้พลังงานน้อยที่สุดซึ่งสามารถใช้แก๊สร้อนของระบบทำความเย็นเองมาใช้ละลายน้ำเข็งแทนจะประหยัดค่าใช้จ่าย และประหยัดพลังงานต่อระบบทำความเย็นได้อีกด้วยซึ่งเรียกระบบนี้ว่า Hot Gas Defrost

2.11.2.5 การลดภาระการทำความเย็นที่ไม่จำเป็นหรือที่ปรับปรุงได้เพื่อประหยัดพลังงาน มีดังนี้

ก. ลดจำนวนหลอดแสงสว่างที่ติดตั้งเกินจำเป็น

ข. แยกสวิทช์แสงสว่างเพื่อให้เปิดใช้งานเฉพาะบริเวณพื้นที่ที่ใช้งานเท่านั้น

ค. ใช้หลอดและอุปกรณ์ประสิทธิภาพสูงเพื่อลดความร้อนภายในห้องเย็น

ง. ซ่อมแซมม่านพลาสติกหรือประตูที่ชำรุดป้องกันอากาศร้อนเข้าสู่ห้องเย็น

จ. ตั้งเวลาการละลายน้ำแข็งให้เหมาะสม

ฉ. ตรวจสอบฉนวนห้องเย็นและฉนวนหุ้มต่างๆ ให้อยู่ในสภาพดีเสมอ

2.11.3 ระบบอัดอากาศ

การลดการสูญเสียในระบบอากาศอัดทำได้ทั้งแบบไม่มีการลงทุน ขั้นลงทุนเล็กน้อย และขั้นลงทุนสูงคือปรับปรุงระบบ และเลือกใช้เครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูงการใช้พลังงานจะขึ้นอยู่กับกำลังภาระทางกลที่ต้องการใช้งานประสิทธิภาพของอุปกรณ์ ประสิทธิภาพของการส่งกำลัง ประสิทธิภาพของมอเตอร์ และประสิทธิภาพของอินเวอร์เตอร์ (กรณีเครื่องอัดอากาศที่ควบคุมโดยอินเวอร์เตอร์) และชั่วโมงการใช้งาน

แนวทางการประหยัดพลังงานในระบบอัดอากาศมีดังนี้

2.11.3.1 การลดอุณหภูมิของอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ

อุณหภูมิของอากาศที่ต่ำย่อมมีความหนาแน่นของอากาศมากกว่าอากาศที่มีอุณหภูมิสูง และเมื่ออัดเข้าไปแล้วย่อมได้เนื้ออากาศอัดที่มากกว่าเช่นกันปกติโรงงานจะติดตั้งเครื่องอัดอากาศเป็นศูนย์รวมหลายๆ ชุดหากมีการต่อท่อดักช์ระบายความร้อนทิ้งออกนอกอาคารไม่เหมาะสมจะการระบายความร้อนของระบบอัดอากาศไม่ดีพอทางโรงงานควรพิจารณาในการปรับปรุงระบบระบายความร้อนเพื่อนำความร้อนออกนอกห้องเครื่องอัดอากาศ

รูปที่ 2.7 การติดตั้งเครื่องอัดอากาศที่ไม่มีความร้อนทิ้งออกห้อง

รูปที่ 2.8 การติดตั้งเครื่องอัดอากาศที่มีการทำการทำความร้อนทิ้งออกห้อง

ที่มา : คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน : สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และThe Energy Conservation Center แห่งประเทศญี่ปุ่น (ECCJ) ปี 2552

2.11.3.2 การปรับปรุงท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัด

ผู้ออกแบบจะออกแบบระบบท่อเมนที่เหมาะสมกับเครื่องจักรในตอนนั้น แต่เมื่อเศรษฐกิจของโรงงานดีขึ้นมีการขยายเครื่องจักรเพิ่มขึ้นความต้องการปริมาณอากาศอัดมากขึ้น ทางโรงงานก็มักแก้ปัญหาโดยซื้อเครื่องอัดอากาศเพิ่มแต่มิได้คำนึงถึงขนาดท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัดว่ามีความเหมาะสม หรือเพียงพอกับสภาวะการจ่ายอากาศอัดหรือไม่สาเหตุหลักที่ทำให้เกิดการสูญเสียความดัน

ก. แรงเสียดทานระหว่างอากาศกับผนังท่อ

ข. การเปลี่ยนทิศทางการไหล

ค. การเปลี่ยนความเร็วของอากาศอัด

เนื่องจากการเพิ่มหรือลดขนาดท่อการปรับปรุงท่อเมนส่งจ่ายอากาศอัดนอกจากจะลดการสูญเสียความดันแล้วยังสามารถลดการใช้พลังงานลงได้หากเราทำการปรับปรุงท่อเมนแล้วควรลดแรงดันที่เครื่องอัดอากาศลงเพราะการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลงทุกๆ 1 bar จะสามารถลดพลังงานลงได้ร้อยละ 7 – 11 หรือ 2 psi จะสามารถลดพลังงานลงได้ร้อยละ 1

2.11.3.3 การลดแรงดันในการผลิตอากาศอัด

โรงงานมักจะเข้าใจผิดว่าการผลิตแรงดันอากาศอัดที่ความดันสูงๆ แล้วให้เครื่องหยุดพักในลักษณะแบบไร้โหลดจะทำให้เครื่องได้หยุดพัก และใช้พลังงานน้อยลงซึ่งก็เป็นความจริงเครื่องอัดอากาศที่ทำงานในลักษณะไร้โหลดเป็นการที่มอเตอร์กินไฟแต่มิได้จ่ายอากาศอัดออกมา อุปกรณ์ที่ใช้อากาศอัดทั่วๆ ไปมีความต้องการอากาศอัดที่ความแรงดัน 4 - 5 บาร์เท่านั้นหากอุปกรณ์ใดมีการใช้อากาศอัดที่ความดันสูงกว่านี้จะถูกจัดไว้เป็นอุปกรณ์พิเศษควรจะแยกระบบออกไป หรือใช้บู๊ตเตอร์เพรสเซอร์ (Pressure Booter) เพื่อเพิ่มแรงดันอากาศอัดเฉพาะเป็นจุดๆ ไม่ควรผลิตอากาศอัดที่แรงดันสูงเพื่อรองรับอุปกรณ์ที่ใช้ความดันพิเศษเพียงบางจุด

ก. ประโยชน์ของการลดแรงดัน

ก.1 ช่วยลดการใช้พลังงานโดยทั่วไปการลดแรงดันในการผลิตอากาศอัดลง 1 bar จะลดการใช้พลังงานได้ร้อยละ 7.25 หรือลดแรงดันลงทุกๆ 2 psi ประหยัดพลังงานได้ร้อยละ 1 สำหรับสำหรับเครื่องอัดอากาศทั่วไป

ก.2 ช่วยลดการสูญเสียเนื่องจากการรั่วไหลเนื่องจากแรงดันอากาศอัดที่สูง ย่อมรั่วไหลในปริมาณที่สูง

ก.3 ช่วยลดการใช้อุปกรณ์ปรับลดแรงดันก่อนการใช้งานกรณีแรงดันสูงกว่าความต้องการ

ก.4 เมื่อลดแรงดันในการผลิตลงส่งผลให้เครื่องอัดอากาศสามารถผลิตอากาศอัดได้มากขึ้น

ข. ขั้นตอนการลดแรงดันในการผลิต

ข.1 สำรวจการใช้แรงดันอากาศอัดทุกๆ จุดที่มักเกิดปัญหาเมื่อแรงดันตก เพื่อทำการแก้ไข

ข.2 สำรวจความต้องการแรงดันอากาศอัดของเครื่องจักรว่าต้องการแรงดันสูงสุดเท่าไร ก่อนการปรับลดแรงดันเพื่อมิให้มีผลกระทบต่อการผลิต

ข.3 สำรวจรอยรั่วไหลของอากาศอัดแล้วทำการซ่อมรอยรั่วเสียเพื่อลดปัญหาแรงดันตก

ข.4 การปรับลดแรงดันควรเป็นแบบลักษณะค่อยๆ ลด เช่น ลดจาก 7.5 บาร์ มาที่ 7 บาร์โดยพยายามลดลงคราวละประมาณ 0.5 บาร์ หรือน้อยกว่านี้ถ้าเครื่องสามารถปรับได้

2.11.3.4 การลดการรั่วไหลของอากาศอัด

หากทดสอบการรั่วไหลแล้วอัตราการรั่วเกินกว่าร้อยละ 5 โรงงานควรดำเนินการแก้ไขโดยด่วน ประโยชน์ของการลดการรั่วไหลของอากาศอัด

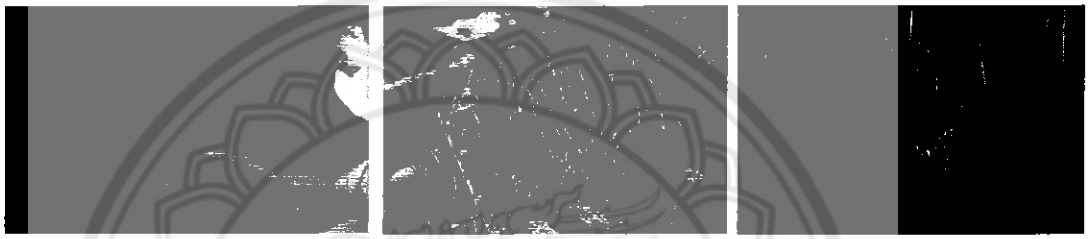
ก. ลดการสูญเสียพลังงานโดยเปล่าประโยชน์

ข. ลดปัญหาแรงดันอากาศตก

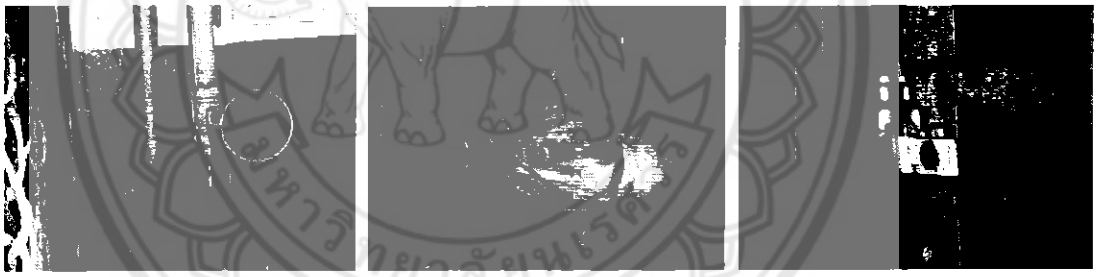
ค. ลดการใช้งานของเครื่องอัดอากาศ

ง. ลดต้นทุนการใช้พลังงานในส่วนของระบบอัดอากาศ

ตำแหน่งการรั่วไหลที่มักพบบ่อยๆ เช่น วาล์ว หน้าแปลน ข้อต่อท่อต่างๆ จุดต่อเข้าเครื่องจักร หัวต่อสาย และตำแหน่งที่รั่วมักจะรั่วซ้ำๆ จุดเดิมอาจเนื่องมาจากการยึดท่อที่ไม่แข็งแรง หรือบริเวณใช้งานมีการเคลื่อนไหว หรือการต่อสายท่ออ่อนไม่ถูกต้อง เป็นต้น การรั่วมีอยู่ 2 ลักษณะคือการรั่วตรง และการรั่วซึมส่วนมากจะเป็นรั่วซึมมากกว่าเพราะการรั่วซึมสังเกตได้ยาก เสียงเบาส่วนการรั่วตรงส่วนใหญ่จะพบที่จุดควบคุมนิวส์เมตริก เช่น การรั่วไหลของวาล์วคอนโทรล หรือชุดปรับลดแรงดันก่อนเข้าอุปกรณ์



รูปที่ 2.9 การรั่วไหลที่ข้อต่อท่อเมน (มีน้ำมันซึมออกมา) และรั่วซึม (รอยทางมด)



รูปที่ 2.10 การรั่วไหลที่อุปกรณ์ควบคุม ก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง

ที่มา : คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และThe Energy Conservation Center แห่งประเทศญี่ปุ่น (ECCJ) ปี 2552

2.11.3.5 ปรับปรุงถังเก็บอากาศอัด (ถังเล็ก) เพื่อการประหยัดพลังงาน

ในที่นี้จะพูดถึงกรณีถังเก็บอากาศเล็กถังขนาดความจุมากๆ ไม่มีข้อเสียเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานแต่มีข้อเสียในเรื่องการลงทุนหากเราเลือกขนาดของถังที่เหมาะสมกับโหลดแล้วจะประหยัดพลังงานลงได้ และชะลอการซื้อเครื่องอัดอากาศประโยชน์ของถังเก็บอากาศอัด

ก. เก็บอากาศอัดและลดการกระเพื่อมของแรงดันอากาศอัดจากคอมเพรสเซอร์

ข. สามารถชดเชยความต้องการของโหลดในลักษณะ Peak Load ได้

ค. ช่วยลดการตัดต่อของคอมเพรสเซอร์ที่บ่อยเกินไป

ง. ช่วยระบายความร้อนของอากาศอัด และเป็นจุดกลั่นตัวของน้ำและน้ำมัน

2.11.3.6 การจัดโหลดเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับความต้องการ

คือการวางแผนการใช้เครื่องอัดอากาศ

ก. ประโยชน์ คือ

ก.1 เพื่อควบคุมการทำงานของเครื่องให้เหมาะสมกับความต้องการ

ก.2 เพื่อการประหยัดพลังงานโดยการเลือกเครื่องมาใช้งานตามความเหมาะสม

ก.3 ลดปัญหาการเดินตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ และการเดินเครื่องซ้ำซ้อน

ก.4 เพิ่มประสิทธิภาพให้กับระบบ

ข. มีขั้นตอนดังนี้

ข.1 ควรให้เครื่องที่มีกำลังการผลิตมากกว่าเป็นตัวหลักในการทำงานและเครื่องขนาดรองลงเป็นตัวเสริมโหลด

ข.2 เลือกเดินเครื่องที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดเป็นตัวหลักเพราะจะใช้พลังงานน้อยกว่า

ข.3 ใช้เครื่องควบคุมอัตโนมัติควบคุมการทำงานเพื่อให้เกิดความแม่นยำในการจัดการโหลด

ข.4 ควรทราบปริมาณอากาศอัดในแต่ละช่วงเวลาเพื่อการวางแผนการเดินเครื่อง เช่น ในช่วงเวลากลางคืนความต้องการปริมาณอากาศอาจลดลงควรเลือกเดินเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมโหลดตามช่วงเวลา

2.11.3.7 การลดพฤติกรรมการใช้อากาศอัดที่ไม่เหมาะสม

โดยห้ามหรือลดการกระทำดังต่อไปนี้

ก. การนำเอาอากาศอัดไปใช้ในการเป่าทำความสะอาดพื้น

ข. การนำเอาอากาศอัดไปใช้เป่าระบายความร้อนเป่าฝุ่นตัวเองทางโรงงานควรขอความร่วมมือจากพนักงานให้งดการใช้โดยเด็ดขาดหากแรงดันตกอาจก่อให้เกิดผลเสียต่อกระบวนการผลิตอย่างมหาศาล

ค. การนำเอาอากาศอัดไปใช้เป่าระบายความร้อนเครื่องจักรซึ่งก็เป็นวิธีที่ไม่เหมาะสมเช่นกันก่อนหน้านี้ใช้พัดลมโบเวอร์เป่าภายหลังขยายพื้นที่ในการเป่าทำให้ลมไม่พอจึงดัดแปลงมาใช้อากาศอัดแทนหากเป็นเช่นนี้เพิ่มโบเวอร์จะดีกว่า

ง. การใช้ท่อยางเป่าโดยตรงโดยไม่ใช้ปืนลมการใช้อากาศอัดเป่าทำความสะอาดชิ้นงานในตำแหน่งที่ทำความสะอาดได้ยากควรจะพิจารณาในการใช้ปืนลมแทน

จ. การนำอากาศอัดไปเป่าชิ้นงานซึ่งดัดแปลงแทนการใช้กระเดื่องเขี่ยเป็นการดัดแปลงที่ไม่เหมาะสมหากเป็นระบบที่ติดกับเครื่องจักรจะมีชุดควบคุมเป็นแบบอัตโนมัติซึ่งมีการ

ควบคุมที่ดีแต่ถ้าเป็นการดัดแปลงจากพนักงานชิ้นงานไม่มีก็เป่าอยู่ตลอดเวลาเกิดการสูญเสียอย่างมาก

ฉ. การลืมปิดวาล์ว หรือปิดวาล์วไม่สนิทของพนักงาน (พนักงานหักท่อสายยางแทนการปิดวาล์ว) หัวหน้าจะต้องแนะนำหรือคอยย้ำเตือนพนักงานบ่อยๆ เพื่อให้เกิดจิตสำนึกที่ดีในการประหยัดพลังงาน

2.11.3.8 การเลือกใช้อุปกรณ์ประสิทธิภาพสูง

ก. ปืนลมประสิทธิภาพสูง คือการออกแบบให้มีความสูญเสียแรงดันต่ำ และใช้ปริมาณอากาศอัดไม่มาก และสามารถถอดเปลี่ยนหัวได้หลายขนาดปรับใช้ให้เหมาะสมกับสภาพหน้างาน และช่วยลดการใช้ปริมาณอากาศอัด

ข. หัว Nozzle ประสิทธิภาพสูง ปัจจุบันก็มีการผลิตออกมาหลากหลายชนิดตามลักษณะงาน เช่น งานเป่าโบ เป่าเป็นเกลียว หรือเป่าพ่นซึ่งช่วยลดการใช้พลังงานในระบบอัดอากาศลงได้เป็นอย่างมาก

ค. การเลือกใช้ Booster เพื่อเพิ่มแรงดันในระบบที่ต้องการแรงดันอากาศอัดที่สูงกว่าเครื่องจักรอื่นๆ เราสามารถเลือกใช้บู๊ตเตอร์แทนซึ่งจะดีกว่าการผลิตแรงดันที่สูงบู๊ตเตอร์จะมี 2 แบบ คือแบบธรรมดาสามารถผลิตแรงดันออกมาได้ 2 เท่าของแรงดันที่ป้อนเข้าไป และแบบปั๊มบู๊ตเตอร์สามารถผลิตแรงดันอากาศอัดได้ประมาณ 5 – 6 เท่าของแรงดันที่ป้อนเข้าก็ขึ้นอยู่กับลักษณะของงานที่ต้องการใช้

ง. การเลือกใช้เครื่องอัดอากาศประสิทธิภาพสูงเป็นทางเลือกสุดท้ายสำหรับระบบผลิตอากาศอัด

จ. การเลือกใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วรอบกับเครื่องอัดอากาศในการผลิตอากาศอัดเพื่อไม่ให้เครื่องอัดอากาศทำงานในสภาวะไร้โหลดเครื่องควบคุมความเร็วรอบมอเตอร์จะช่วยการควบคุมให้มอเตอร์หมุน และผลิตอากาศอัดออกมาอย่างต่อเนื่องสิ่งสำคัญในการพิจารณา คือ

จ.1 ค่าใช้จ่ายในการลงทุน

จ.2 ปริมาณของพลังงานที่ประหยัดได้

จ.3 ควรติดตั้งเครื่องควบคุมความเร็วรอบไว้ที่เครื่องอัดอากาศตัวเสริมโหลดเท่านั้นเพราะตัวเดินโหลดหลักไม่มีโอกาสทำงานในลักษณะไร้โหลด

จ.4 ควรจะเป็นเครื่องอัดอากาศที่ทำงานในลักษณะ (Load – Unload)

จ.5 โหลดอยู่ในช่วงมากกว่าร้อยละ 30 – 75 และค่าเฉลี่ยของการผลิตสะสมผู้ผลิตจะแนะนำอยู่ในช่วงไม่เกิน 15 วินาที

2.11.3.9 การนำความร้อนทิ้งจากเครื่องอัดอากาศกลับมาใช้

พลังงานไฟฟ้าที่เครื่องอัดอากาศใช้นั้นจะแปรเป็นรูปพลังงานสองส่วน คือ แปรเป็นรูปพลังงานอากาศอัด และพลังงานความร้อนซึ่งพลังงานความร้อนนี้สามารถที่จะนำกลับมาใช้ได้ถึงร้อยละ 94 เมื่อเทียบกับพลังงานที่ปลายเพลา ที่เหลือเป็นพลังงานความร้อนแผ่ร้อยละ 2 และ

เป็นพลังงานอากาศอัดร้อยละ 4 พลังงานความร้อนที่ปล่อยทิ้งสามารถนำกลับมาใช้ได้หลายรูปแบบ เช่น

ก. การนำมาอุ่นน้ำป้อนหม้อไอน้ำ

ข. การนำกลับมาอุ่นอากาศเพื่อใช้ในการอบหรือให้ความร้อน

ค. การนำมาแลกเปลี่ยนทำน้ำอุ่น

2.11.4 ปั๊ม

ปั๊มหรือเครื่องสูบทำหน้าที่เพิ่มพลังงานให้แก่ของไหลเพื่อทำให้ของไหลเคลื่อนที่จากตำแหน่งหนึ่งไปยังอีกตำแหน่งที่อยู่สูงกว่าหรือในระยะทางที่ไกลออกไปโดยพลังงานที่ให้กำลังแก่ปั๊มมาจาก เครื่องยนต์ มอเตอร์ แรงลม แรงคน หรือแหล่งพลังงานอื่นๆ โดยถ้าของไหลที่สูบเป็นน้ำ หรือของเหลวจะเรียกว่าปั๊ม หรือเครื่องสูบถ้าของไหลที่สูบเป็นอากาศจะเรียกว่าเครื่องสูบอากาศ หรือเครื่องอัดอากาศ (Compressor) ในที่นี้จะกล่าวถึงเฉพาะปั๊มของเหลวซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่ช่วยจัดส่งน้ำเพื่อการอุปโภค บริโภค เกษตร และอุตสาหกรรมตลอดจนการบำบัดน้ำเสีย

แนวทางในการประหยัดพลังงานของปั๊มมีดังนี้

2.11.4.1 การเลือกปั๊มที่เหมาะสมในการใช้งาน

จุดการปฏิบัติงานของเครื่องสูบจะเป็นจุดที่เส้นโค้งของเครื่องสูบ และเส้นความต้านทานของระบบมาตัดกันอย่างไรก็ตามเป็นไปไม่ได้ที่จะให้จุดปฏิบัติงานหนึ่งจุดตอบสนองกับความต้องการในการทำงานต่างๆ ได้ทั้งหมดดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องเลือกขนาดของปั๊มให้เหมาะสมกับการใช้งานจริง เนื่องจากเมื่อนำปั๊มที่มีขนาดเล็ก หรือใหญ่เกินไปมาใช้งานจะทำให้ประสิทธิภาพลดลง และเกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน

2.11.4.2 การเปลี่ยนใบพัดและการลดขนาดใบพัด

การเปลี่ยนขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของใบพัดเป็นวิธีที่ควบคุมอัตราการไหลในปั๊มได้อย่างมีประสิทธิภาพด้านพลังงานอย่างไรก็ตามควรพิจารณาถึงสิ่งต่อไปนี้

ก. ไม่ควรตัดแต่งใบพัดเกินกว่าร้อยละ 25 ของขนาดใบพัดเดิมมิฉะนั้นจะทำให้เกิดการสั่นสะเทือนเนื่องจากการเกิดฟองอากาศซึ่งจะเป็นการลดประสิทธิภาพของเครื่องสูบ

ข. ควรรักษาระดับความสมดุลของปั๊มไว้ให้ได้นั่นคือควรจะตัดแต่งใบพัดให้เท่าๆ กันทุกด้าน

ค. การเปลี่ยนใบพัดเป็นวิธีที่ดีกว่าการตัดแต่งใบพัดแต่มีราคาแพงจึงควรพิจารณาว่าการลดขนาดโดยวิธีการใดจึงจะให้ประโยชน์ในการใช้งานสูงสุด

2.11.4.3 ควบคุมการเปิดวาล์วด้านดูดและวาล์วด้านจ่าย

วิธีหนึ่งที่จะลดปริมาณการไหลของของเหลวในระบบโดยเมื่อมีการควบคุมการเปิดวาล์วทำอัตราการไหล และความเร็วของของไหลในระบบลดลงส่งให้ Heat ลดลง และให้กำลังของปั๊มลดลงด้วย

2.11.4.4 การควบคุมความเร็วรอบของปั๊ม

เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพที่สุดในการควบคุมการไหลเพราะเมื่อความเร็วของเครื่องสูบลดลงจะใช้พลังงานน้อยลงด้วยวิธีที่ใช้มากที่สุดในการลดความเร็ว คือการใช้ตัวขับเคลื่อนที่เปลี่ยนแปลงความเร็วได้ (VSD) อินเวอร์เตอร์

2.11.4.5 เลือกเดินปั๊มประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก

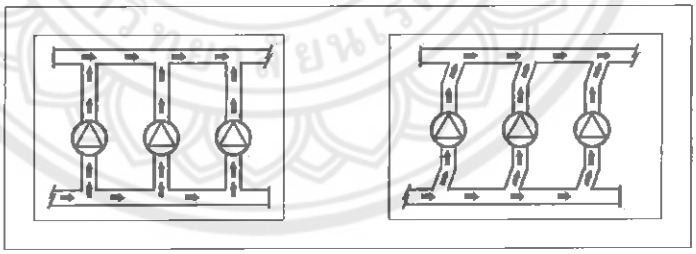
เป็นวิธีการลดการใช้พลังงานอีกทางหนึ่ง เช่น มีปั๊ม 3 ชุดเดินใช้งาน 2 ชุด สำรอง 1 ชุดประสิทธิภาพของปั๊มแต่ละตัวก็จะแตกต่างกันดังนั้นจึงควรเลือกเดินปั๊มชุดที่มีประสิทธิภาพสูงเป็นหลัก

2.11.4.6 การออกแบบโดยคุณลักษณะที่เหมาะสม

ในการเลือกปั๊มจะต้องเลือกให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยจะต้องพิจารณาถึงคุณสมบัติของปั๊มแต่ละชนิด อัตราการไหลที่ต้องการ ชนิดของของเหลว อุณหภูมิของของเหลว เนื่องจากการใช้ปั๊มที่ผิดประเภท หรือปั๊มที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้เกิดการเสียหายของปั๊ม การทำงานไม่มีประสิทธิภาพซึ่งก่อให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงาน

2.11.4.7 การออกแบบท่อและอุปกรณ์อื่นที่สัมพันธ์กันอย่างเหมาะสม

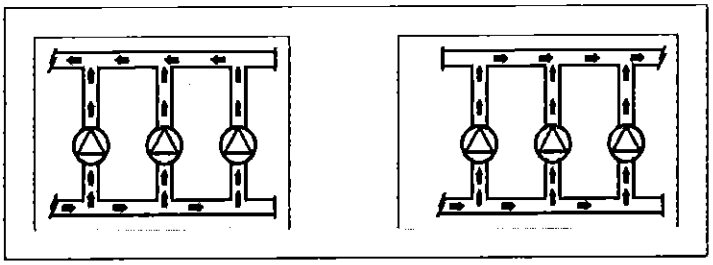
การออกแบบท่อและอุปกรณ์ต่างๆ มีผลกับ Heat ของระบบจึงควรเลือกระบบท่อ วาล์ว ข้อต่อ และอุปกรณ์ส่งถ่ายกำลังระหว่างมอเตอร์กับปั๊มให้เหมาะสมซึ่งจะช่วยลดภาระของปั๊ม เช่น ในการต่อท่อแบบตัว T จะเกิดการสูญเสียในระบบมากกว่าการต่อท่อแบบตัว Y และการปรับตั้งแนวการขับ (Aliment) ลักษณะการต่อท่อแบบต่างๆ



รูปที่ 2.11 การต่อท่อแบบตัวทีและการต่อท่อแบบตัววาย

ที่มา: คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน, สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และ The Energy Conservation Center แห่งประเทศญี่ปุ่น (ECCJ) ปี 2552

การต่อท่อแบบตัว T ในระบบที่มีการเดินปั๊มแบบขนานซึ่งต้องการเพิ่มอัตราการไหลในการใช้งานจริงอัตราการไหลจะไม่เท่ากับอัตราการไหลของปั๊มสองตัวรวมกันเนื่องจากเกิดการสูญเสียในระบบการต่อท่อ และปั๊มจะต้องใช้กำลังไฟฟ้ามากส่วนระบบที่มีการเดินปั๊มแบบขนานและมีการต่อท่อแบบตัว Y จะช่วยลดการสูญเสียในระบบท่อลงได้ และยังส่งผลให้ภาระของปั๊มลดลงทำให้กำลังไฟฟ้าที่ใช้ลดลงด้วย



รูปที่ 2.12 การต่อปั๊มแบบน้ำเข้าก่อนและออกก่อนและรูปการต่อปั๊มแบบน้ำเข้าก่อนและออกหลัง
ที่มา : คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน: สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม และ The Energy Conservation Center แห่งประเทศญี่ปุ่น (ECCJ) ปี 2552

ลักษณะการต่อปั๊มแบบน้ำเข้าก่อน และออกก่อนจะทำให้ประสิทธิภาพของปั๊มต่างกัน เนื่องจากปั๊มตัวแรกจะมีอัตราการสูบสูงกว่าปั๊มตัวถัดมา และปั๊มตัวสุดท้ายจะมีอัตราการสูบน้อย และปั๊มยังกินพลังไฟฟ้าสูงเนื่องจากจะต้องสร้างแรงดันให้ชนะปั๊มตัวแรกส่วนการต่อแบบน้ำเข้าก่อน และออกหลังประสิทธิภาพของปั๊มจะไม่แตกต่างกันมากนัก

2.11.4.8 การลดการ By Pass ในระบบ

ระบบปั๊มบางระบบจะต้องติดตั้งระบบ By Pass เพื่อป้องกันความเสียหายและความปลอดภัย เช่น ในระบบ High Pressure ระบบทำน้ำเย็นในอาคารสูงที่ต้องติดตั้งปั๊มแบบ Primary และ Secondary และในระบบบำบัดน้ำเสียส่งผลให้เกิดการสูญเสียพลังงานแต่ในบางระบบการ By Pass จะช่วยลดการสูญเสียพลังงาน เช่น ในระบบน้ำเย็นจะช่วยลดโหลดของเครื่องทำน้ำเย็น ดังนั้นในการปรับลดการ By Pass ควรต้องคำนึงถึงผลดีและผลเสียก่อนทำการปรับตั้ง

2.11.4.9 การปรับตั้งแนวการขับ (Aliment)

การปรับตั้งแนวการขับจะช่วยยืดอายุการใช้งานของปั๊มและมอเตอร์ การเพิ่มประสิทธิภาพโดยเมื่อมีการเยื้องสูญจะเกิดความเสียหายต่ออุปกรณ์ เช่น คับปลิ้ง แบริ่ง ลูกปืน เพลาส่งกำลัง และยังส่งผลให้ภาระของมอเตอร์เพิ่มขึ้น

2.12 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM)

คือการบำรุงรักษาที่ดำเนินการเพื่อป้องกันการสึกหรอ การชำรุด การติดขัดหยุดกะทันหัน และยืดอายุการใช้งานซึ่งเป็นการดำเนินงานประจำโดยแบ่งออกเป็นช่วงเวลา ประจำวัน ประจำสัปดาห์ ประจำ 1 เดือน ประจำ 3 เดือน ประจำ 6 เดือน หรือประจำปี หรือตามระยะเวลาที่เหมาะสมซึ่งอาจกำหนดเป็นชั่วโมงการทำงานก็ได้โดยงานประจำที่ทำ ได้แก่ การทำความสะอาด และหล่อลื่นอย่างถูกวิธี การตรวจสภาพเครื่อง การปรับแต่งให้เครื่องทำงานได้ดีตามคำแนะนำของคู่มือรวมทั้งการดูแลเอาใจใส่บำรุงรักษา และเปลี่ยนชิ้นส่วนตามกำหนดเวลา

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเปรียบเสมือนยาป้องกันเน้นที่ยาป้องกันการเจ็บป่วยซึ่งเชื้อโรคไม่สามารถเข้ามาสัมผัสได้ การรับประทานอาหารที่ถูกต้องออกกำลังกายสม่ำเสมอ การตรวจสุขภาพตามคาบเวลาอันสมควรโดยผู้เชี่ยวชาญจะสามารถป้องกัน และบำบัดได้ตั้งแต่ระยะเริ่มต้นซึ่งการบำรุงรักษาประจำวันเครื่องจักรก็มีจุดประสงค์เดียวกัน (ความพยายามในการหล่อลื่น ทำความสะอาด การปรับแต่ง และทำการตรวจสอบ)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันจะเป็นบำรุงรักษาโดยทำการบำรุงรักษาตามคาบเวลา (Time – Based Maintenance) โดยให้การบริการตามกำหนด และการซ่อมใหญ่ (Overhaul) เช่น การบำรุงรักษาตามวาระ 500, 1,000, 1,500, 2,000 ชม. เป็นต้น แต่ในปัจจุบันการบำรุงรักษาตามคาบเวลายังไม่เป็นการเพียงพอจะต้องมีการบำรุงรักษาเชิงพยากรณ์ซึ่งเป็นการบำรุงรักษาตามเงื่อนไขการใช้งาน (Condition – Based Maintenance) โดยการใช้เครื่องมือเครื่องวัดสมัยใหม่ และเทคนิคในการวิเคราะห์เครื่องจักรในขณะเครื่องจักรทำงานเพื่อตรวจหาสัญญาณของการเสื่อมสภาพ หรือเหตุขัดข้องที่อาจเกิดขึ้นกระบวนการซ่อม และบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (PM)

2.12.1 การอบรมให้ความรู้เรื่องการใช้งานและการบำรุงรักษาเครื่องจักร

ในเบื้องต้นก่อนการนำเครื่องจักรไปใช้งานต้องมีการอบรมให้ความรู้แก่ผู้ใช้งานถึงวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้อง และการบำรุงรักษาเครื่องจักรแก่ผู้ที่ทำหน้าที่บำรุงรักษาทั้งการอบรมแบบในห้องเรียน (Class Room Training) และแบบฝึกปฏิบัติจริงในหน้างาน หรือแบบสอนในระหว่างทำงาน (On the Job Training)

2.12.2 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษาจัดทำรายการชิ้นส่วนที่สำคัญของเครื่องจักร

สำหรับเครื่องจักรที่ต้องเปลี่ยน หรือบำรุงรักษาตามวาระตลอดอายุใช้งานเครื่องจักรโดยอาศัยข้อมูลเบื้องต้นจากคู่มือบำรุงรักษาเครื่องจักร หรือข้อมูลจากผู้ขาย

2.12.3 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา จัดทำรายการตรวจสอบ (Checklist)

ในการตรวจสอบประจำวัน, ประจำสัปดาห์ หรือประจำเดือนพร้อมทั้งมาตรฐานในการตรวจ พร้อมทั้งชี้แจงให้ผู้ใช้เครื่องจักร และผู้บำรุงรักษาทราบเพื่อนำไปใช้งาน

2.12.4 ผู้ใช้เครื่องจักรดำเนินการตรวจเครื่องจักรตามคาบเวลา

ตามรายการตรวจสอบที่มีถ้าพบความผิดปกติแล้วดำเนินการแก้ไขเองได้ (เช่น เครื่องจักรสกปรก, น้ำหม้อน้ำหมด, น็อตหลวม เป็นต้น) ให้ดำเนินการแก้ไขด้วยตนเองถ้าไม่สามารถดำเนินการแก้ไขได้ ให้แจ้งงานไปยังหน่วยงานซ่อม และบำรุงรักษา หรือกรณีนำเครื่องจักรออใช้งานแล้วเครื่องจักร Breakdown หรือมีสิ่งผิดปกติให้แจ้งหน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา

2.12.5 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา จัดทำแผน PM & OVH

เครื่องจักรประจำปี/ประจำเดือนดำเนินการเตรียมอะไหล่ และ Supplies ต่างๆ เมื่อใกล้วาระ PM & OVH (บริหารพัสดุ, คงคลัง) และนัดผู้ใช้เครื่องจักรนำเครื่องจักรเข้าบำรุงรักษาถ้าผู้ใช้งานเครื่องจักรไม่พร้อมให้ทำการเลื่อน (ต้องไม่เลื่อนมากเกินไปจนมีผลกระทบต่อเครื่องจักร)

2.12.6 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา ทำการบำรุงรักษาพร้อมบันทึกประวัติ

2.12.7 กรณีที่เครื่องจักรเกิด Breakdown

ได้รับการแจ้งงานจากหน่วยงานผู้ใช้เครื่องจักร หน่วยงานซ่อม และบำรุงรักษาตรวจอาการ ดำเนินการซ่อม แก้ไข เพื่อให้เครื่องจักรใช้งานได้ (Corrective) จากนั้นมาพิจารณาว่าการ Breakdown ของเครื่องจักรเป็นไปอย่างผิดปกติ นอกแผน เช่น เร็วเกินไป ยังไม่ถึงอายุชิ้นส่วนที่เสียหายหรือเกิดอุบัติเหตุหรือไม่ ถ้าการ Breakdown เป็นแบบไม่ปกติให้ดำเนินการวิเคราะห์หาสาเหตุรากเหง้าโดยพิจารณา 4M ได้แก่ คน (Man) เครื่องจักร (Machine) วัสดุ (Material) และวิธีการ (Method) แล้วกำหนดมาตรการป้องกันตามสาเหตุรากเหง้าแล้วทำการบันทึกประวัติเครื่องจักรควรบันทึกจุดที่เป็นสัญญาณ (Warning Point) ก่อนเกิดการ Breakdown ด้วย เช่น เสียงดัง สายไฮโดรลิค (HYD.) บวม ยางมีรอยแผล เป็นต้น เพื่อเก็บเป็นจุดใช้คาดการณ์ หรือทำนายการ Breakdown ได้

2.12.8 หน่วยงานซ่อมและบำรุงรักษา ทำการตรวจวัดการเสื่อมสภาพ

สภาพของเครื่องจักร หรือชิ้นส่วนเครื่องจักรตามคาบเวลาที่กำหนด เช่น อัตราการสึกของยางรถบรรทุก สภาพยางสภาพของสายไฮโดรลิค และการสึกเหงือกบุ้งกี๋ เป็นต้น โดยบางครั้งการวัดอาจทำโดยหน่วยงานผู้ใช้เครื่องจักร เช่น การสึกหรือสภาพของดอกเจาะ การสึกของค้อนย่อย เป็นต้น ในการวัดนี้ในกรณีที่ใกล้ครบอายุที่คาดการณ์ของชิ้นส่วนอาจจะต้องทำการวัดถี่ขึ้นเพื่อทำนายหรือคาดการณ์การหมดอายุของชิ้นส่วนเครื่องจักร (Condition - Based Maintenance) พร้อมทั้งดำเนินการเตรียมอะไหล่ชิ้นส่วนก่อนการหมดอายุ และดำเนินการเปลี่ยน หรือซ่อมแซมก่อนการหมดอายุแล้วบันทึกประวัติ (ถ้าการเก็บบันทึกข้อมูล ประวัติอายุชิ้นส่วนดี การมีจุดหรือสัญญาณเตือนภัยดีจะสามารถทำนายคาดการณ์ได้แม่นยำ)

2.12.9 รวบรวมประวัติของเครื่อง (เครื่องจักร 1 เครื่องเสมือนคนไข้ 1 คน)

นำมาเป็นข้อมูลในการทำนายคาดการณ์การ Breakdown การสึกหรอ ชิ้นส่วนสัญญาณ หรือการเตือนภัยก่อน Breakdown เป็นข้อมูลป้อนกลับในการวางแผนต่อไปแล้วจะทำให้เรามีเทคโนโลยีเฉพาะ (Intrinsic Technology) ที่ค่อยๆ พัฒนาเพิ่มขึ้น

2.13 จุดคุ้มทุนและระยะเวลาคืนทุน

จุดคุ้มทุน (Break Even Point) และระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) ทั้งสองคำนี้ผู้ประกอบการมักเข้าใจผิดว่าเป็นเรื่องเดียวกัน หรือบางคนก็ยังสับสนว่ามีความหมาย และการใช้วิเคราะห์อย่างไรซึ่งจุดคุ้มทุน (Break Even Point) และระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) ทั้งสองเรื่องนี้ไม่เหมือนกัน และใช้เป็นเครื่องมือในการวิเคราะห์ตัดสินใจในประเด็นที่แตกต่างกันโดยเครื่องมือทั้งสองนี้มีวิธีการหาที่ไม่ยุ่งยากนักจึงขอทำความเข้าใจเพื่อสามารถนำไปปรับใช้ในการดำเนินธุรกิจอย่างมีประสิทธิภาพ

เริ่มจากจุดคุ้มทุน (Break Even Point) หมายถึงระดับของยอดขายของกิจการที่เท่ากับค่าใช้จ่ายทั้งหมดของกิจการซึ่งก็คือจุดที่กิจการไม่มีผลกำไรหรือขาดทุนนั่นเองโดยจุดคุ้มทุนจะสามารถหาได้ก็ต่อเมื่อผู้ประกอบการสามารถแยกได้ว่าค่าใช้จ่ายของธุรกิจนั้นมีอะไรเป็นต้นทุนคงที่และต้นทุนผันแปรอย่างละเท่าไรบ้าง จากการคำนวณดังนี้

$$\text{จุดคุ้มทุน (หน่วยขายที่คุ้มทุน)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{ราคาขายต่อหน่วย} - \text{ต้นทุนผันแปรต่อหน่วย}}$$

$$\text{จุดคุ้มทุน (ยอดขายที่คุ้มทุน)} = \text{หน่วยขายที่คุ้มทุน} \times \text{ราคาขายต่อหน่วย}$$

หรือ

$$\text{จุดคุ้มทุน (ยอดขายที่คุ้มทุน)} = \frac{\text{ต้นทุนคงที่}}{\text{อัตรากำไรส่วนเกิน}}$$

จะเห็นได้ว่าการวิเคราะห์หาจุดคุ้มทุนเป็นการวางแผนการทำกำไรจากการดำเนินงานของธุรกิจโดยมองที่ราคาขาย ต้นทุนคงที่ และต้นทุนผันแปรโดยหากต้องการให้มีจุดคุ้มทุนที่ต่ำลงเพื่อเพิ่มความสามารถในการทำกำไรก็สามารถทำได้โดยเพิ่มราคาขาย หรือลดต้นทุนผันแปรและต้นทุนคงที่ลงซึ่งการใช้การวิเคราะห์จุดคุ้มทุนจะใช้ในการวางแผนระยะสั้นๆ เช่นต่อเดือนหรือต่อปี เป็นต้น ส่วนระยะเวลาคืนทุน (Pay Back Period) หมายถึงระยะเวลาที่ได้รับผลตอบแทนในรูปของกระแสเงินสดเข้าเท่ากับกระแสเงินสดจ่ายลงทุนโดยไม่คำนึงถึงเรื่องมูลค่าของเงินตามระยะเวลาเข้ามาเกี่ยวข้อง

การคำนวณหาระยะเวลาคืนทุนจึงมองที่กระแสเงินสดรับไม่ใช่ตัวกำไร หรือขาดทุนของกิจการโดย ณ จุดได้ที่ผลสะสมของกระแสเงินสดรับเท่ากับเงินลงทุนในครั้งแรกก็จะได้ระยะเวลาคืนทุนนั้นเอง ยกตัวอย่าง ลงทุนในโครงการหนึ่ง ใช้เงินลงทุน 1,200,000 บาท จะให้กระแสเงินสดในแต่ละปีจำนวน 400,000 บาท เป็นเวลา 6 ปี ระยะเวลาคืนทุนก็คือ 3 ปี

การวิเคราะห์ระยะเวลาคืนทุนจึงเป็นการวิเคราะห์โครงการลงทุนที่มีระยะค่อนข้างนาน และพิจารณาความเสี่ยงจากการลงทุนเพื่อใช้ในการเลือกโครงการลงทุนโดยดูจากระยะเวลาคืนทุนที่เร็วที่สุด เพราะจะทำให้ผู้ประกอบการมีความเสี่ยงจากการลงทุนน้อยที่สุดด้วย

แต่อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์การลงทุนโดยใช้ระยะเวลาการลงทุนเพียงอย่างเดียวไม่เหมาะสม นักต้องใช้เครื่องมืออื่นๆ ประกอบด้วย เช่น มูลค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value) อัตราผลตอบแทนภายในโครงการ (Internal Rate of Return) เป็นต้น

2.14 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.14.1 อรรถพล จันทะมัด, (2552)

ได้ศึกษาการลดใช้พลังงานและน้ำมันในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ ให้ได้ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ซึ่งในปี 2551 มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 162,586.08 kWh คิดเป็นค่าเงิน 591,940.70 บาท ในปีดังกล่าวนี้มีการผลิต 49,768.74 ตัน คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการผลิต 1 ตัน 2.58 ลิตร ซึ่งกระบวนการผลิตของโรงงานแบ่งออกเป็น 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เสา-วง อิฐบล็อก ท่ออัดแรง คอนกรีตผสมเสร็จ สำหรับในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เน้นที่การศึกษาแนวทางการลดการใช้พลังงานและน้ำมันทั้งหมดของโรงงาน กระบวนการวิจัยผู้ศึกษาได้นำ กระบวนการจัดการ การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ระบบการจัดการพลังงาน และการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์มาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการอย่างเป็นระบบ พบว่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานจากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำการศึกษา (มกราคม - สิงหาคม 2551) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูงคือประมาณ 3.45 kWh/หน่วย และ 2.57 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ ในช่วงการศึกษา (มกราคม – สิงหาคม 2552) พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตมีการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลเฉลี่ย 3.25 kWh/หน่วย และ 2.40 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ คิดเป็นร้อยละรวมของการลดพลังงาน 2 ชนิดได้ร้อยละ 12.41

2.14.2 วริฏฐา จิรารักษ์, อนุกูล แสงแก้ว, (2553)

การศึกษาการจัดการพลังงานโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรม และสภาพปัญหาการใช้พลังงานในโรงงานพร้อมทั้งหาแนวทาง และมาตรการในการประหยัดพลังงานเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงในหน่วยค่าความร้อน Mega Joules (MJ) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ต่อหน่วยการผลิต และจัดทำระบบการจัดการพลังงานในสถานประกอบการซึ่งระบบที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการศึกษาครั้งนี้ คือระบบการจัดการพลังงานโดยมีมาตรการการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงาน

ผลการวิจัยพบว่า พลังงานไฟฟ้าและพลังงานน้ำมันเชื้อเพลิงดีเซลเป็นพลังงานหลักที่ถูกใช้ในโรงงานโดยพลังงานน้ำมันดีเซลส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิตมากที่สุดเพราะในกระบวนการผลิตส่วนใหญ่มีการใช้พลังงานน้ำมันดีเซลในขณะที่พลังงานไฟฟ้าถูกนำไปใช้ในการส่อง

สว่างดังนั้นการจัดทำระบบการจัดการพลังงานภายในโรงงาน พลังงานที่ควรควบคุมการใช้มากที่สุด คือพลังงานน้ำมันดีเซล นอกจากนี้ยังพบว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานน้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำโครงงานมีปริมาณการใช้พลังงานอยู่ที่ 169.55 MJ/หน่วย แต่ในช่วงทำโครงงานนั้นการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานน้ำมันดีเซลเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตมีการใช้พลังงานลดลงคือ 156.17 MJ/หน่วย คิดเป็นร้อยละสามารถลดลงได้ร้อยละ 7.89 จึงถือว่าการจัดการพลังงานประสบผลสำเร็จ

2.14.3 พัฒิพงษ์ นนท์ศรี, ศุภสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์, (2554)

การศึกษาโครงการวิจัยการอนุรักษ์พลังงาน มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมและสภาพปัญหาการใช้พลังงานในโรงงาน พร้อมทั้งหาแนวทางและมาตรการในการประหยัดพลังงานเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซล และพลังงานเชื้อเพลิงแกลบในหน่วยค่าความร้อน Mega Joules (MJ) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ต่อหน่วยการผลิต และจัดทำระบบการอนุรักษ์พลังงานในสถานประกอบการซึ่งระบบที่ถูกนำมาใช้ในกระบวนการศึกษา คือการอนุรักษ์พลังงานและการบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นแนวทางในการลดการใช้พลังงาน

ผลการวิจัยพบว่า ดัชนีการใช้พลังงานของโรงสีข้าวจากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำการศึกษา (มิถุนายน – ธันวาคม 2553) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันดีเซลและแกลบโดยเฉลี่ยต่อเดือนค่อนข้างสูง คือประมาณ 145.76 kWh/หน่วย 10.90 ลิตร/หน่วย และ 0.10 ตัน/หน่วย ตามลำดับ หรือมีการใช้พลังงานร่วมในหน่วยพลังงานเป็น 2,392.07 MJ/หน่วย ในช่วงทำการศึกษา (มิถุนายน – ธันวาคม 2554) พบว่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงสีข้าวเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตมีการใช้พลังงานไฟฟ้า น้ำมันดีเซล และแกลบโดยเฉลี่ยต่อเดือน 142.47 kWh/หน่วย 9.16 ลิตร/หน่วย 0.094 ตัน/หน่วย ตามลำดับ หรือมีการใช้พลังงานรวมทั้งหมดในหน่วยพลังงานเป็น 2,208.35 MJ/หน่วย คิดเป็นร้อยละรวมของการลดพลังงานทั้งสามชนิดได้ร้อยละ 7.68 จึงถือว่าการอนุรักษ์พลังงานประสบผลสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

บทที่ 3
วิธีการดำเนินโครงงาน

3.1 ศึกษาค้นคว้าทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการประหยัดพลังงาน

ศึกษาข้อมูลเรื่องการประหยัดพลังงานทั้งทางทฤษฎีและปฏิบัติโดยศึกษาข้อมูลจากการเข้าอบรมการประหยัดพลังงาน และกรณีศึกษาที่มีการดำเนินการลดการใช้พลังงานดังรายละเอียดที่ปรากฏในเอกสารอ้างอิงโดยบุคคลที่มีความรู้ด้านนี้ เช่น อาจารย์ และพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อเป็นการปรับพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเรื่องการประหยัดพลังงาน

3.2 เข้าศึกษาปัญหาในโรงงานและเก็บข้อมูลก่อนจัดทำรายงาน

3.2.1 ข้อมูลจากเอกสาร ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากพนักงานในโรงงาน ได้แก่ ข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (ใบเสร็จค่าไฟฟ้า) ข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซลและข้อมูลอัตราการผลิตที่แสดงถึงการใช้พลังงานในแต่ละเดือนย้อนหลังในระยะเวลา 1 ปี ข้อมูลแผนการซ่อมบำรุง และข้อมูลกระบวนการผลิตเป็นต้น

3.2.2 ข้อมูลจากการสำรวจและสอบถาม ทำการสำรวจกระบวนการผลิต สำรวจเส้นทางการผลิต และสอบถามลักษณะการทำงานรวมถึงการสอบถามข้อมูลทั่วๆไปจากพนักงาน และนอกจากนี้ได้ทำนี้ได้ทำการตรวจวัดเครื่องจักรทั้งหมดในโรงงานและอุปกรณ์หลักๆ

3.3 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดรรชนีชี้วัดก่อนทำระบบจัดการพลังงาน

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอุปกรณ์และเครื่องจักที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลมาจัดทำรายการดังต่อไปนี้

3.3.1 บัญชีเครื่องจักร

3.3.2 แผนการนำพลังงานไปใช้ (Energy Layout)

3.3.3. แผนการวิเคราะห์การใช้พลังงาน (Energy Chart)

3.4 จัดทำนโยบายร่วมสร้างทีมอนุรักษ์พลังงาน

ทำการประชุมร่วมกับทีมงานอนุรักษ์พลังงานและพนักงานที่ใช้เครื่องจักรเพื่อวิเคราะห์สภาพปัญหา พร้อมจัดทำระเบียบปฏิบัติในการจัดการประหยัดพลังงาน และจัดระบบบำรุงเชิงป้องกัน

3.5 นำมาตรการและระเบียบวิธีการปฏิบัติไปบังคับใช้ในโรงงาน

กำหนดให้พนักงานในโรงงานดำเนินงานตามมาตรการ และวิธีการปฏิบัติงานตามนโยบายที่ผู้บริหารวางไว้อย่างเคร่งครัดโดยที่พนักงานมีส่วนร่วมในการเสนอแนะ หรือแจ้งปัญหาในการปฏิบัติงานประหยัดพลังงานหลังจากที่ได้ลงมือปฏิบัติจริง (โดยมีระยะเวลาดำเนินการบริหารจัดการพลังงานหลังจากออกมาตรการเสร็จสิ้น)

3.6 ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน

มีการสุ่มเข้าโรงงานทุกเดือนหลังจากบังคับใช้มาตรการ เพื่อตรวจการปฏิบัติงานของพนักงานและสังเกตการปฏิบัติงานว่างานมีปัญหาอะไรหรือไม่ เพื่อที่จะได้นำมาปรับปรุงแก้ไขได้ดียิ่งขึ้น

3.7 นำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังปรับปรุง

เก็บข้อมูลปริมาณการใช้ และค่าใช้จ่ายลังจากการปรับปรุงรวมถึงค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุงเครื่องจักร

3.8 เปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานหลังการปรับปรุง

นำดัชนีชี้วัดก่อนทำมาเปรียบเทียบกับดรรชนีชี้วัดหลังทำเพื่อสังเกตการณ์ใช้พลังงานลดลงมากน้อยเพียงใด สังเกตกระบวนการผลิตและพฤติกรรมของพนักงานในองค์กรรวมทั้งระบบการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

3.9 สรุปผลและจัดทำรายงาน

3.9.1 โรงงานสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันในหน่วยค่าความร้อน Mega Joules (MJ) ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 ต่อตันผลผลิต

3.9.2 ผู้ประกอบการและพนักงานมีความพึงพอใจในปริมาณการใช้ และค่าใช้จ่ายพลังงานที่ลดลง โดยให้ผู้ประกอบการและพนักงานกรอกแบบสอบถามความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงานซึ่งค่าความพึงพอใจต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผู้ร่วมโครงการที่ได้รับการประเมินทั้งหมด

บทที่ 4
ผลการทดลองและการวิเคราะห์

4.1 การสำรวจสภาพเบื้องต้น

ชื่อวิสาหกิจ โรงงานน้ำแข็ง จ.เพชรบูรณ์

ปีที่ก่อตั้ง 2508

ประเภทอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมอาหาร

จำนวนพนักงาน 30 คน

ข้อมูลการผลิตน้ำแข็ง

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการผลิตน้ำแข็ง

ผลิตภัณฑ์หลัก	น้ำแข็งซอง และน้ำแข็งอนามัย
กำลังการผลิต	57,500 ตันต่อปี (น้ำแข็งซอง) และ 21,900 ตัน (น้ำแข็งอนามัย)
ผลิตจริง	17,944 ตันต่อปี (น้ำแข็งซอง) และ 2,709 ตัน (น้ำแข็งอนามัย)
วัตถุดิบหลัก	น้ำดิบจากแม่น้ำป่าสัก
วัตถุดิบรอง	น้ำประปา เกลือ คลอรีน

ตารางที่ 4.2 เวลาการผลิต

	จำนวนวันทำงาน (วัน/ปี)	จำนวนชั่วโมงทำงาน (ชั่วโมง/วัน)	จำนวนกะ (กะ/วัน)
ฝ่ายผลิต	365	8	1
ฝ่ายสำนักงาน	365	8	1

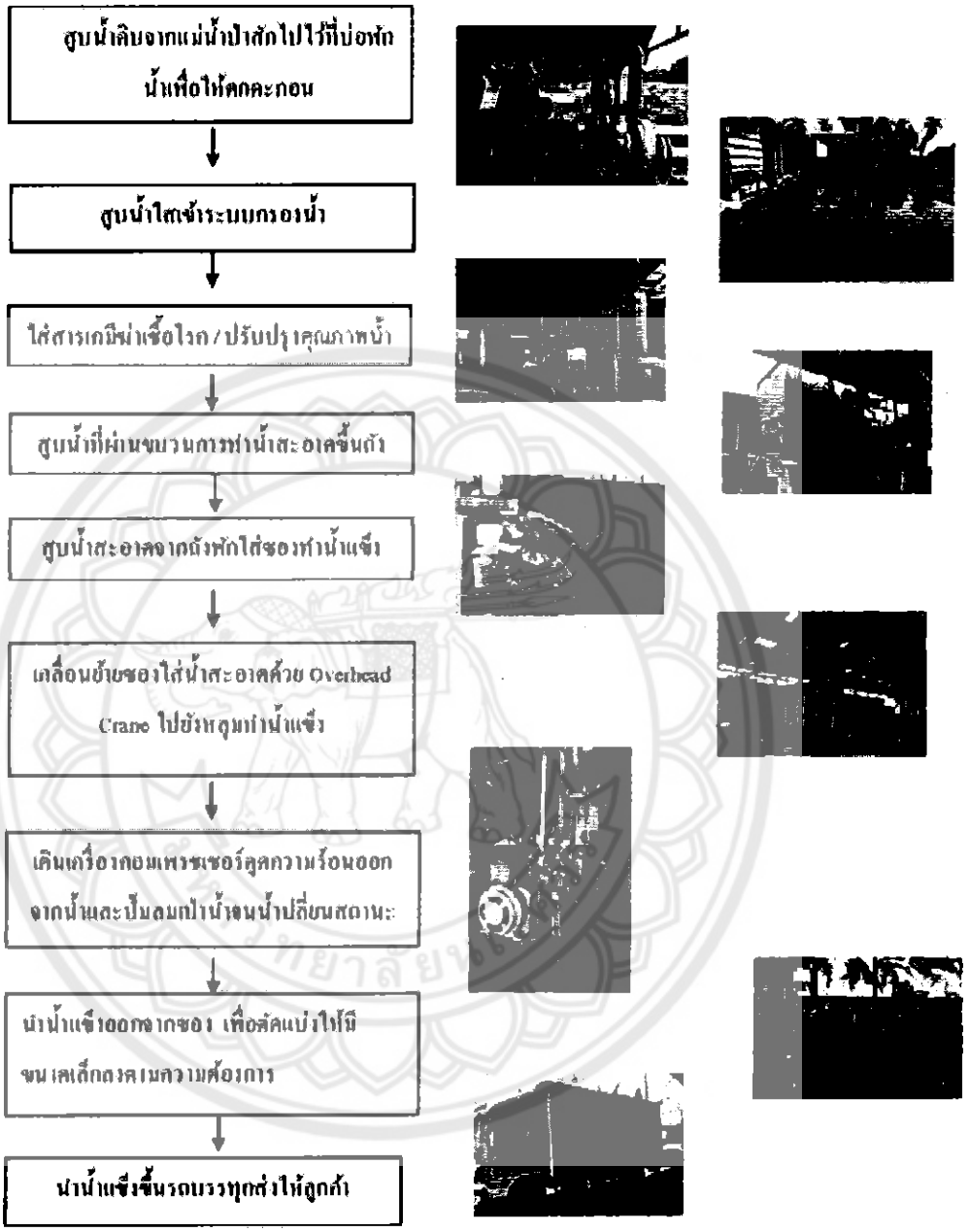
ตารางที่ 4.3 ผลผลิตรายเดือนในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมา (มกราคม 2554 - ธันวาคม 2554)

เดือน	ปริมาณการผลิต	
	น้ำแข็งซอง (ตัน)	น้ำแข็งอนามัย (ตัน)
มกราคม	1,120.60	236.60
กุมภาพันธ์	1,208.50	191.04
มีนาคม	1,514.95	252.04
เมษายน	2,270.55	398.76
พฤษภาคม	2,039.05	298.52
มิถุนายน	1,739.60	202.52
กรกฎาคม	1,503.40	197.10
สิงหาคม	1,287.15	162.50
กันยายน	1,121.70	150.84
ตุลาคม	1,271.80	196.66
พฤศจิกายน	1,518.00	196.76
ธันวาคม	1,349.40	225.82
รวม	17,944.70	2,709.16
เฉลี่ย/เดือน	1,495.39	225.76

4.1.1 ข้อมูลแผนผังการผลิตน้ำแข็ง

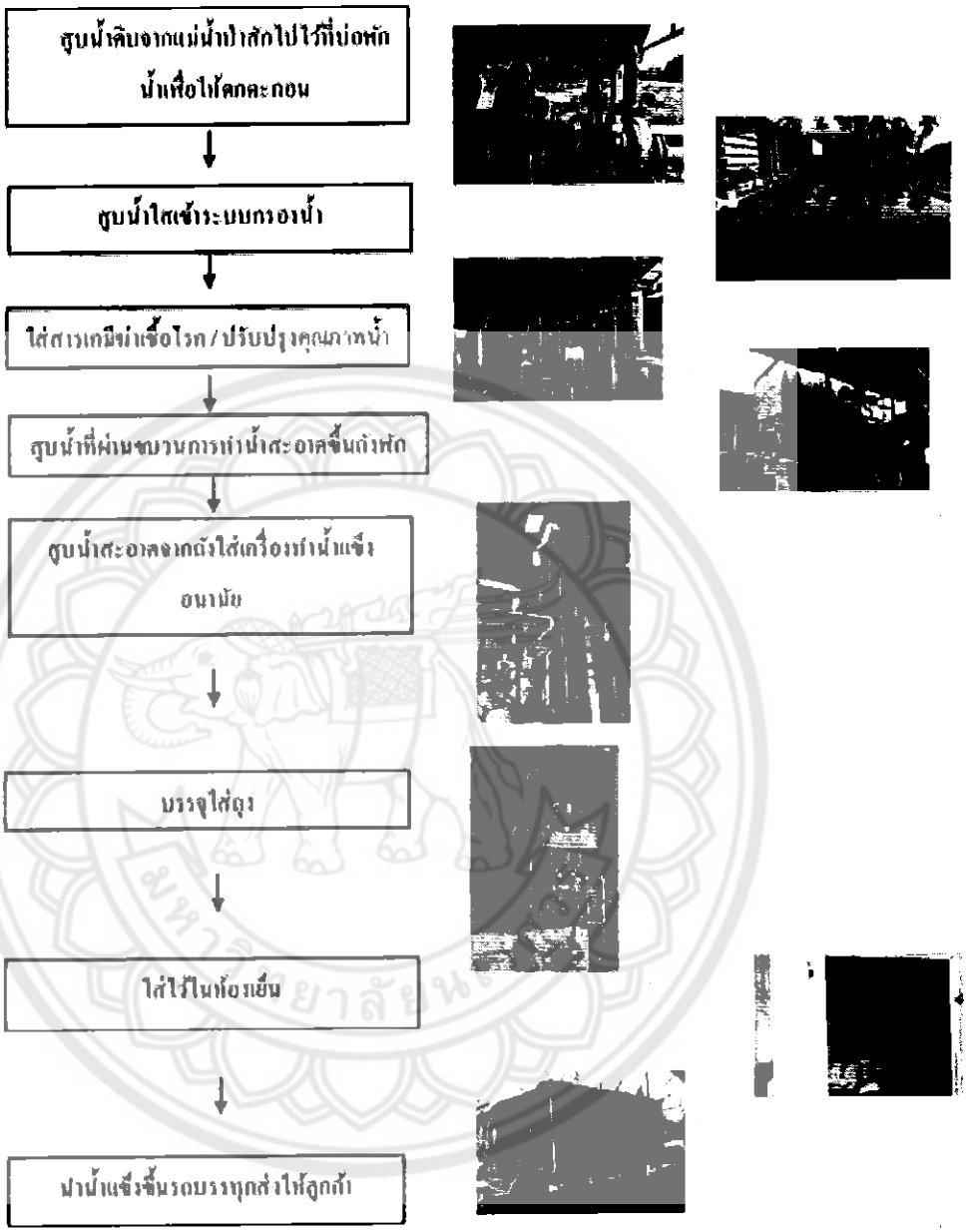
โรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ได้ทำการผลิตน้ำแข็งอนามัยและน้ำแข็งหลอดโดยมีวัตถุดิบหลักที่มาจากแม่น้ำป่าสักเป็นหลัก และมีขั้นตอนในการผลิตแสดงในผังการผลิต ดังนี้

4.1.1.1 กระบวนการผลิตน้ำแข็งซอง



รูปที่ 4.1 แผนผังการผลิตน้ำแข็งซอง

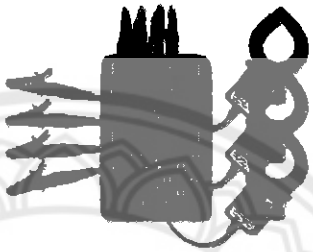
4.1.1.2 กระบวนการผลิตน้ำแข็งหลอด



รูปที่ 4.2 แผนผังการผลิตน้ำแข็งหลอด

4.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลและการตรวจสอบการใช้พลังงาน

ข้อมูลที่สามารถเก็บรวบรวมได้ ได้แก่ ใบเสร็จค่าไฟฟ้า ใบเสร็จค่าน้ำมันเชื้อเพลิง ที่แสดงถึงการใช้พลังงานในรอบ 1 ปีที่ผ่านมา การตรวจวัดลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานโดยการติดตั้งเครื่องมือวัด Power Meter ดังรูปที่ 4.3 และบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส โดยทำการตรวจวัดที่ตู้ไฟฟ้าหลักของโรงงาน



รูปที่ 4.3 เครื่องมือวัด Power Meter ไฟฟ้า 3 เฟส

และมีการวัดอุณหภูมิโดยใช้เครื่องวัดอุณหภูมิดังรูปที่ 4.4 วัดเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักที่เกี่ยวข้องกับการผลิต

รูปที่ 4.4 เครื่องวัดอุณหภูมิ

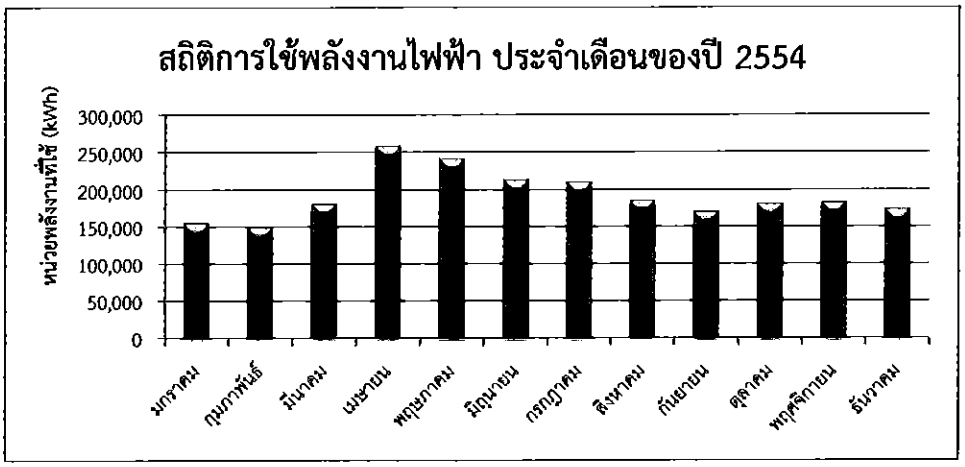
4.2.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

จำนวนหม้อแปลงขนาด 800 kVA จำนวน 1 ลูก ขนาด 400 kVA จำนวน 1 ลูก
ประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า ประเภทที่ 3.2.2 กิจการขนาดกลาง
อัตราปกติแรงดันขนาด 22-33 โวลต์
หมายเลขมิเตอร์ (สำหรับหม้อแปลงขนาด 800 kVA) 23,057,889
หมายเลขมิเตอร์ (สำหรับหม้อแปลงขนาด 400 kVA) 23,057,896
ราคาการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงขนาด 800 kVA เฉลี่ย 2.53 บาท/kWh
ราคาการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับหม้อแปลงขนาด 400 kVA เฉลี่ย 2.68 บาท/kWh
พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดที่ใช้ 2,306,342 kWh/ปี
เทียบเท่าการใช้พลังงานความร้อน 8,302,831 kJ/ปี

การใช้พลังงานโดยทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (TOU) เป็นอัตราไฟฟ้าที่กำหนดให้ราคาแตกต่างกันตามช่วงเวลา และราคาที่แตกต่างกันตามค่าความต้องการ การใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และค่าไฟฟ้า (หน่วย) แตกต่างกันออกไปมีช่วงเวลาการใช้ คือ วันจันทร์ – ศุกร์ 09.00–22.00 น. (On-Peak) กับวันจันทร์ - ศุกร์ 22.00-09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน (Off-Peak) ซึ่งการใช้ไฟฟ้าช่วงเวลา On-Peak มีอัตราค่าไฟฟ้าแพงกว่า Off-Peak การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานน้ำแข็งจะแบ่งเป็น 2 ช่วง คือช่วง Off-Peak จะเป็นการผลิตน้ำแข็งซอง และช่วง On-Peak จะเป็นการผลิตน้ำแข็งหลอด และมีการผลิตในช่วงวันหยุดอีกด้วย ดังตาราง

ตารางที่ 4.4 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมระหว่างเดือนมกราคม – ธันวาคม 2554 ของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

เดือน	พลังงานไฟฟ้า				
	On-Peak (kWh)	Off-Peak (kWh)	Holiday (kWh)	รวม (kWh)	รวมจำนวนเงิน (บาท)
มกราคม	15,488	77,700	62,316	155,504	384,930
กุมภาพันธ์	13,792	75,656	59,924	149,372	367,413
มีนาคม	14,589	43,760	122,519	180,868	444,233
เมษายน	26,120	95,540	137,088	258,748	651,542
พฤษภาคม	32,136	109,784	100,068	241,988	645,765
มิถุนายน	18,956	118,716	76,776	214,448	540,408
กรกฎาคม	16,544	104,092	90,664	211,300	543,282
สิงหาคม	15,940	105,260	64,424	185,624	480,239
กันยายน	15,240	97,356	57,980	170,576	441,226
ตุลาคม	14,912	95,480	70,740	181,132	467,337
พฤศจิกายน	17,544	108,580	56,908	183,102	477,587
ธันวาคม	16,788	94,028	62,864	173,680	446,021
รวม	**218,049**	**1,125,952**	**962,271**	**2,306,342**	**5,889,983**
เฉลี่ย	**18,171**	**93,829**	**80,189**	**192,195.17**	**490,832**



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าตั้งแต่ มกราคม – ธันวาคม 2554

4.2.2 ข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

ชนิดเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล

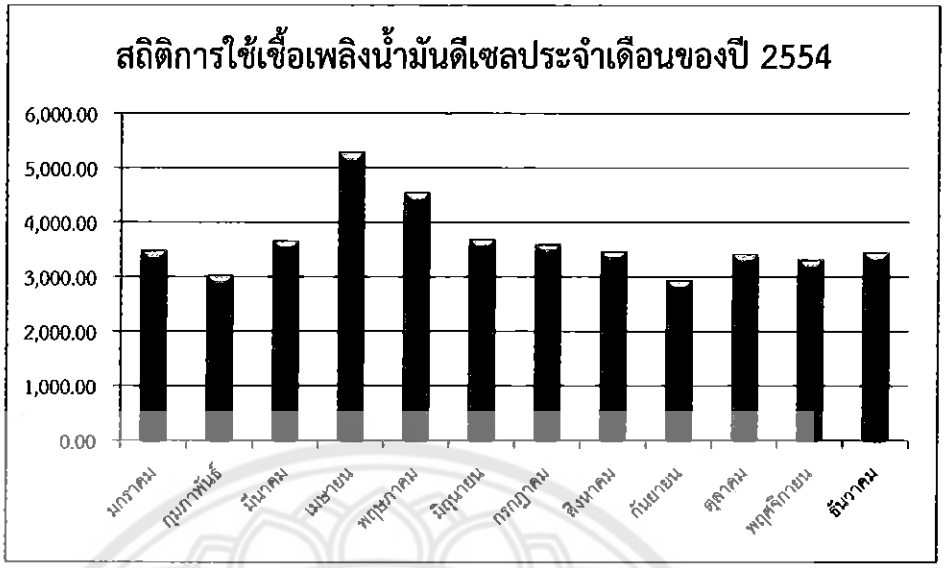
ปริมาณเชื้อเพลิงที่ใช้ น้ำมันดีเซล 43,953.53 ลิตร/ปี

เทียบเท่ากับการใช้พลังงานความร้อนของน้ำมันดีเซล 1,600,789 MJ/ปี

ในการผลิตของโรงงานน้ำแข็ง มีการใช้รถบรรทุกในการบรรทุกน้ำแข็งเพื่อเป็นการขนส่งน้ำแข็งให้กับลูกค้าซึ่งมีปริมาณการใช้แสดงในตารางที่

ตารางที่ 4.5 แสดงปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

เดือน	ชนิดเชื้อเพลิง (น้ำมันดีเซล)	
	ปริมาณ (ลิตร)	ค่าใช้จ่าย (บาท)
มกราคม	3,492.16	104,730.00
กุมภาพันธ์	3,034.54	91,006.00
มีนาคม	3,670.51	109,972.00
เมษายน	5,286.40	158,539.00
พฤษภาคม	4,555.75	136,627.00
มิถุนายน	3,693.46	110,767.00
กรกฎาคม	3,603.87	108,080.00
สิงหาคม	3,469.08	102,359.00
กันยายน	2,939.72	82,567.00
ตุลาคม	3,422.65	95,248.00
พฤศจิกายน	3,325.55	96,042.00
ธันวาคม	3,459.83	100,758.00
รวม	**43,953.53**	**1,296,695.00**
เฉลี่ย	**3,662.79**	**108,057.92**



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงสถิติการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลตั้งแต่ มกราคม – ธันวาคม 2554

จากตารางที่ 4.4 และ 4.5 สามารถหาค่าพลังงานความร้อนใน 1 ปีของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานน้ำมันดีเซลรวมทั้งหมดได้ดังตารางที่ 4.6 และหาสัดส่วนการใช้พลังงานของทั้ง 2 ชนิดได้ดังรูปที่ 4.7

ตารางที่ 4.6 การใช้พลังงานรวม

พลังงาน	ปริมาณ	ค่าความร้อน (MJ)	ร้อยละ
ไฟฟ้า	2,306,342 หน่วย	8,302,831	83.84
น้ำมันดีเซล	43,954 ลิตร	1,600,788	16.16
รวม		9,903,619	100

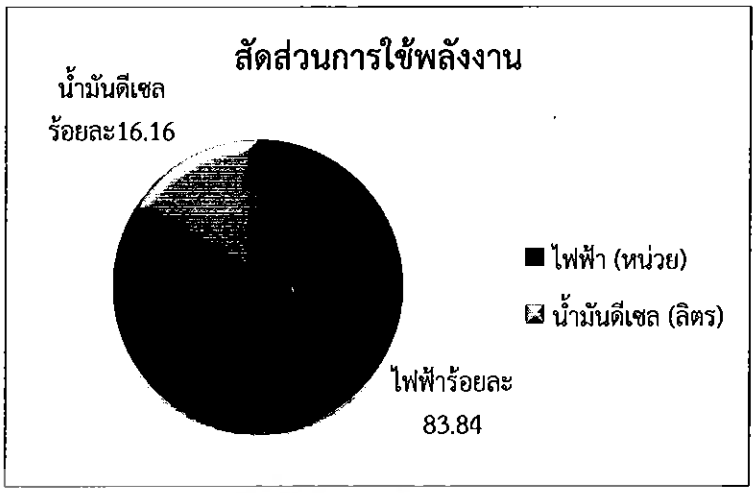
จากการใช้ตารางการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซล สามารถคำนวณหาสัดส่วนค่าพลังงานความร้อนได้ดังนี้

ค่าพลังงานความร้อนของพลังงานไฟฟ้า (MJ)

= ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) × ค่าพลังงานไฟฟ้า 3.6 MJ (4.1)

ค่าพลังงานความร้อนของน้ำมันดีเซล (MJ)

= ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (ลิตร) × ค่าพลังงานน้ำมันดีเซล 36.42 MJ (4.2)



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงาน

4.2.3 **การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงาน**

การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานเป็นการหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจาก**การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้า** และน้ำมันดีเซลในแต่ละเดือนโดยแบ่งเป็นช่วงก่อนทำการศึกษา **(ระหว่างเดือน**มกราคม – ธันวาคม 2554) ดังตารางที่ 4.7 และช่วงทำการศึกษา (ระหว่าง**เดือนพฤษภาคม – ธัน**วาคม 2554) แล้วนำค่าดัชนีการใช้พลังงานของทั้ง 2 ช่วงเวลามาหาร้อยละ**ของการลดลงการใช้พลังงาน** จากตารางที่ 4.8 ดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงการจะเห็นได้ว่ามีการใช้พลังงาน**รวมทั้ง** 2 **ชนิดต่อหน่**วยการผลิตในหน่วยพลังงานค่าความร้อนคือ 8,001.96 MJ เป้าหมายของโคร**งการนี้ต้องการลด**การใช้พลังงานรวมต่อหน่วยการผลิตในหน่วยความร้อนร้อยละ 5 ต่อตันผลผลิตเมื่อ**เปรียบเทียบดัชนีชี้วั**ดก่อนทำโครงการและช่วงทำการศึกษาโครงงาน

ตารางที่ 4.7 ดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงการ

เดือน (ปี2554)	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน				ดัชนีการใช้พลังงาน			
		ไฟฟ้า		น้ำมันดีเซล	รวม	ไฟฟ้า		น้ำมันดีเซล	รวม
		kWh	MJ	MJ	MJ	kWh/หน่วย	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย
มกราคม	1,357.2	155,504	559,814	127,185	686,999	114.58	412.48	93.71	506.19
กุมภาพันธ์	1,399.54	149,372	537,739	110,518	648,257	106.73	384.23	78.97	463.19
มีนาคม	1,766.99	180,868	651,125	133,680	784,805	102.36	368.49	75.65	444.15
เมษายน	2,669.31	258,748	931,493	192,531	1,124,023	96.93	348.96	72.13	421.09
พฤษภาคม	2,337.57	241,988	871,157	165,920	1,037,077	103.52	372.68	70.98	443.66
มิถุนายน	1,942.12	214,448	772,013	134,516	906,529	110.42	397.51	69.26	466.77
กรกฎาคม	1,700.50	211,300	760,680	131,253	891,933	124.26	447.33	77.18	524.51
สิงหาคม	1,449.65	185,624	668,246	126,344	794,590	128.05	460.97	87.15	548.13
กันยายน	1272.54	170,576	614,074	107,065	721,138	134.04	482.56	84.13	566.69
ตุลาคม	1,468.46	181,132	652,075	124,653	776,728	123.35	444.05	84.89	528.94
พฤศจิกายน	1,714.76	183,102	659,167	121,117	780,284	106.78	384.41	70.63	455.04
ธันวาคม	1,575.22	173,680	625,248	126,007	751,255	110.26	396.93	79.99	476.92
รวม	**20,653.86**	**2,306,342.00**	**8,302,831.00**	**1,600,789.00**	**9,903,618.00**	**1,361.28**	**4,900.59**	**944.69**	**5,845.28**
สูงสุด	**2,669.31**	**258,748.00**	**931,493.00**	**192,531.00**	**1,124,023.00**	**134.04**	**482.56**	**93.71**	**566.69**
ต่ำสุด	**1,272.54**	**149,372.00**	**537,739.00**	**107,065.00**	**648,257.00**	**96.93**	**348.96**	**69.26**	**421.09**
เฉลี่ย	**1,721.16**	**192,195.17**	**691,902.58**	**133,399.08**	**825,301.50**	**113.44**	**408.38**	**78.72**	**487.11**

ตารางที่ 4.8 ดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงานตั้งแต่เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2554

เดือน (ปี 2554)	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน					ดัชนีการใช้พลังงาน		
		ไฟฟ้า		น้ำมันดีเซล		รวม	ไฟฟ้า	น้ำมันดีเซล	รวม
		kWh	MJ	ลิตร	MJ	MJ	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย
พฤษภาคม	2,337.57	241,988	871,157	4,555.75	165,920	1,037,077	372.68	70.98	443.66
มิถุนายน	1,942.12	214,448	772,013	3,693.46	134,516	906,529	397.51	69.26	466.77
กรกฎาคม	1,700.50	211,300	760,680	3,603.87	131,253	891,933	447.33	77.18	524.51
สิงหาคม	1,449.65	185,624	668,246	3,469.08	126,344	794,590	460.97	87.15	548.13
กันยายน	1272.54	170,576	614,074	2,939.72	107,065	721,138	482.56	84.13	566.69
ตุลาคม	1,468.46	181,132	652,075	3,422.65	124,653	776,728	444.05	84.89	528.94
พฤศจิกายน	1,714.76	183,102	659,167	3,325.55	121,117	780,284	384.41	70.63	455.04
ธันวาคม	1,575.22	173,680	625,248	3,459.83	126,007	751,255	396.93	79.99	476.92
รวม	**13,460.82**	**1,561,850**	**5,622,660**	**28,469.91**	**1,036,875.00**	**6,659,534.00**	**3,386.43**	**624.23**	**4,010.66**
สูงสุด	**2,337.57**	**241,988.00**	**871,157**	**4,555.75**	**165,920.00**	**1,037,077.00**	**482.56**	**87.15**	**566.69**
ต่ำสุด	**1,272.54**	**170,576**	**614,074**	**2,939.72**	**107,065.00**	**721,138.00**	**372.68**	**69.26**	**443.66**
เฉลี่ย	**1,682.60**	**195,231.25**	**702,832.50**	**3,558.74**	**129,609.38**	**832,441.75**	**423.3**	**78.03**	**501.33**

หมายเหตุ: เนื่องจากดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงาน (พฤษภาคม – ธันวาคม 2554) ต้องนำไปเปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดระหว่างดำเนินโครงงาน (พฤษภาคม – ธันวาคม 2555)

4.3 การวางแผนจัดการพลังงาน

4.3.1 นโยบายการจัดการพลังงาน

4.3.1.1 มุ่งมั่นในการใช้พลังงานทุกประเภทที่เกี่ยวข้องกับการผลิต การจัดส่ง การจัดเก็บสินค้า และธุรกรรมทางธุรกิจต่างๆ เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพและประสิทธิผลสูงสุด

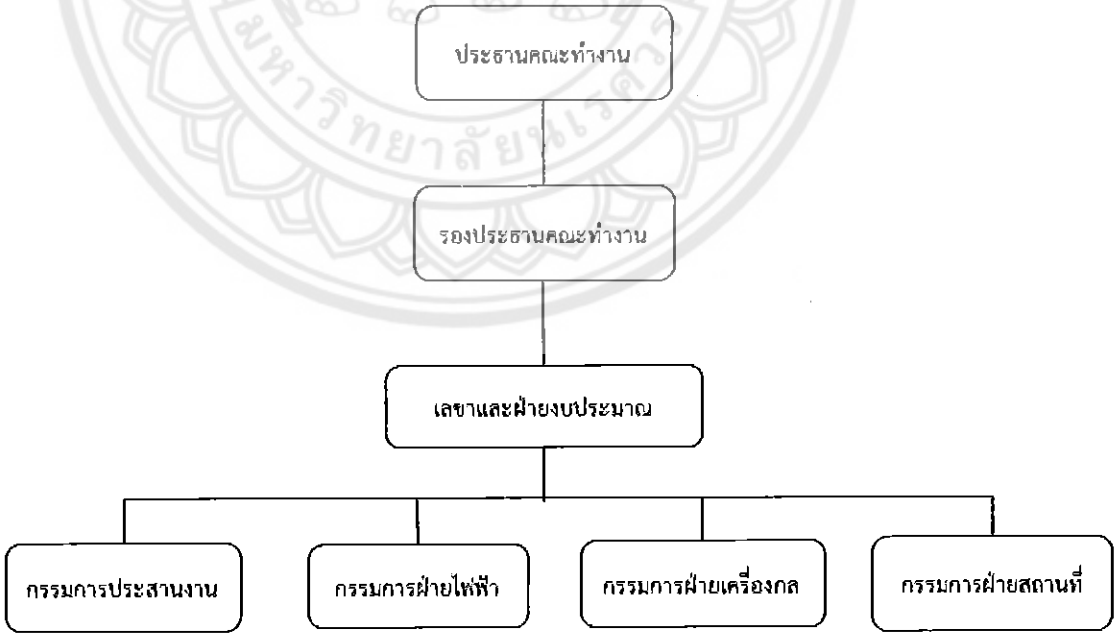
4.3.1.2 ให้ความรู้และสื่อสารกับบุคลากรทุกคนในองค์กร ให้ตระหนักถึงความสำคัญของนโยบายการจัดการพลังงาน โดยรณรงค์และมุ่งเน้นให้ทุกคนในองค์กรมีส่วนร่วมในนโยบายการจัดการพลังงาน และสามารถเสนอแนะแนวทางปฏิบัติ ให้บรรลุจุดประสงค์และเป้าหมายร่วมกัน

4.3.1.3 จัดให้มีคณะกรรมการพลังงานและกลุ่มกิจกรรมย่อยที่ตรวจสอบและพัฒนาการจัดการพลังงานภายในบริษัทอย่างเป็นรูปธรรม และสามารถนำไปปฏิบัติได้จริง

4.3.1.4 จัดให้มีการประชุม ทบทวน การจัดการเรื่องพลังงานเป็นประจำ อย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

4.3.2 คณะกรรมการการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

การจัดทำโครงการจัดการพลังงานมีความจำเป็น ที่จะต้องมีผู้ดูแลรับผิดชอบอย่างจริงจัง จึงต้องมีการจัดตั้งคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็ง ซึ่งมีโครงสร้างดังนี้



รูปที่ 4.8 ผังโครงสร้างคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

4.4 การจัดทำบัญชีเครื่องจักร, Energy Layout, Energy Chart และ Energy Equation

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักที่มีส่วนในการผลิตมาจัดทำตารางดังนี้

4.4.1 บัญชีเครื่องจักร

การจัดทำบัญชีเครื่องจักรเพื่อให้ทราบว่าในโรงงานมีเครื่องจักรกี่ชนิด จำนวนกี่เครื่อง และมีขนาดเท่าไหร่เพื่อสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการตรวจวัด และการซ่อมบำรุง ดังตารางที่ 4.9

ตารางที่ 4.9 แสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักในโรงงานน้ำแข็งซอง

อุปกรณ์	ขนาด (HP)	ขนาด (kW)	จำนวน
1. คอมเพรสเซอร์บ่อ A เครื่องใหญ่	120.69	90	1
2. คอมเพรสเซอร์บ่อ B เครื่องใหญ่	177.01	132	1
3. คอมเพรสเซอร์เครื่องเล็ก	127.4	95	2
4. ปั๊มแม่น้ำตัวใหญ่	15	11.19	1
5. ปั๊มแม่น้ำตัวเล็ก	7.5	5.59	1
6. ปั้มน้ำ Cooling บ่อ B	15	11.19	1
7. พัดลม Cooling	7.5	5.59	4
8. ปั้มน้ำแลกค่า บ่อ B	5	3.73	1
9. ปั้มน้ำ Cooling บ่อ A	10	7.46	1
10. ปั้มน้ำแลกค่า บ่อ A	2	1.49	1
11. ปั้มลมบ่อ A ตัวที่ 1	2	1.49	8
12. เลื่อยน้ำแข็ง	7.5	5.59	2
13. รอกบ่อ A	7.5	5.59	2
14. พัดน้ำเกลือ	7.5	5.59	4
15. ปั้มน้ำ R/O FEED No. 1	5.5	4.1	1
16. ปั้มน้ำ R/O FEED No. 2	5.5	4.1	1
17. ปั้ม R/O	13	9.69	1
18. ปั้มน้ำ U/F	5.5	4.1	3
19. ปั้มน้ำลงบ่อเล็ก No. 1	5	3.73	2
20. แอร์ Trane 137,158.39 BTU	14.21	10.6	1

ตารางที่ 4.10 แสดงเครื่องจักรและอุปกรณ์หลักในโรงงานน้ำแข็งหลอด

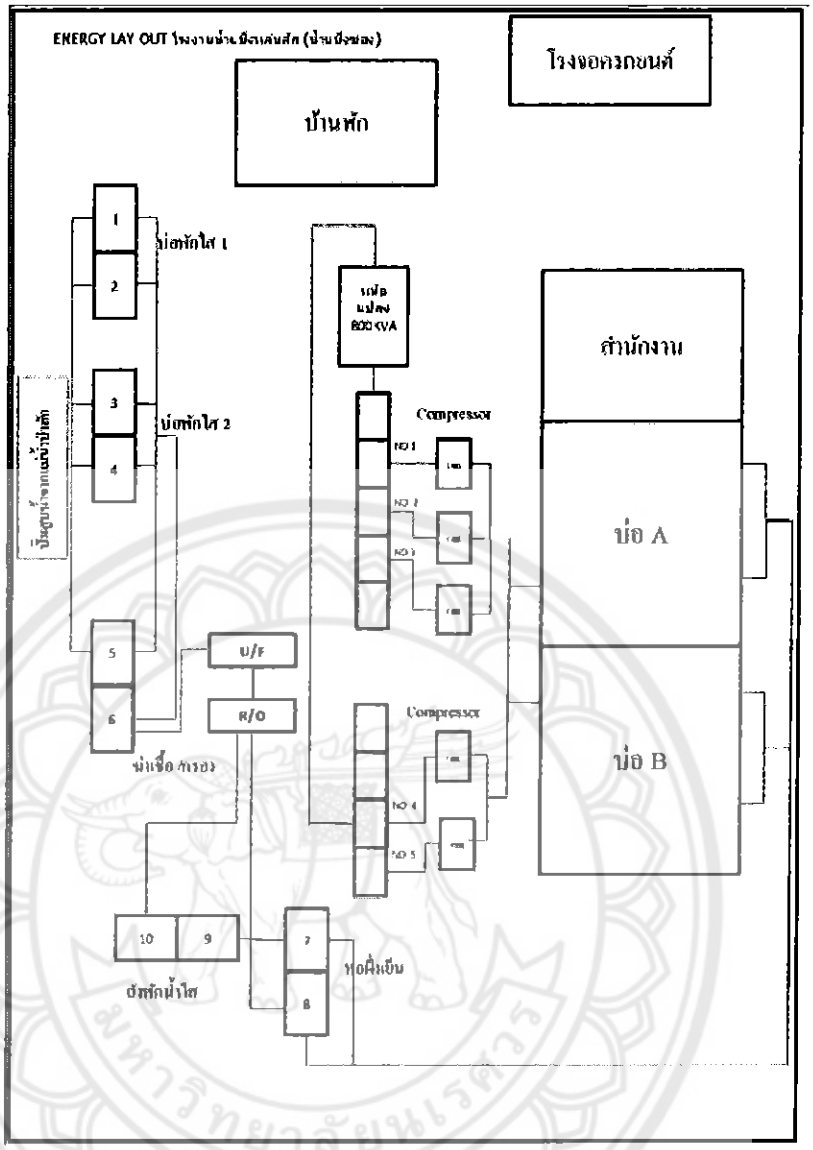
อุปกรณ์	ขนาด(HP)	ขนาด(kW)	จำนวน
1. คอมเพรสเซอร์ No.1	37.55	28	1
2. คอมเพรสเซอร์ No.2	37.55	28	1
3. มอเตอร์เครื่อง No.1	150	111.86	1
4. มอเตอร์เครื่อง No.2	150	111.86	1
5. มอเตอร์ปั้มลมเครื่องแพ็ค	7.5	5.59	1
6. มอเตอร์ปั้มน้ำคูลลิ่ง No.1	10	7.46	1
7. มอเตอร์ปั้มน้ำคูลลิ่ง No.2	7.5	5.59	1
8. ปั้มน้ำขึ้นแท๊งค์	3	2.24	1

ตารางที่ 4.11 แสดงอุปกรณ์สนับสนุน

อุปกรณ์	ขนาด	หน่วย	จำนวน
1. รถบรรทุก	250	แรงม้า	12 คัน
2. ห้องเย็น NO.1 (2.5x4x6.86)	68.6	ลูกบาตร์เมตร	1 ห้อง
3. ห้องเย็น NO.2 (2.60x3.36x7)	61.152	ลูกบาตร์เมตร	1 ห้อง
4. ห้องเย็น NO.3 (2.7x3.45x7)	65.205	ลูกบาตร์เมตร	1 ห้อง

4.4.2 Energy Layout

การจัดทำ Energy Layout เพื่อแสดงให้เห็นแผนผังของโรงงานว่าจัดตั้งเครื่องจักร อุปกรณ์บริเวณไหน และมีการใช้พลังงานส่วนไหนบ้างดังรูปที่ 4.9 เป็นการจัดทำ Energy Layout ของโรงงานน้ำแข็งของโรงน้ำแข็งซอง (Energy Layout ของโรงน้ำแข็งหลอดมีอยู่ในภาคผนวก ก)



รูปที่ 4.9 Energy Layout โรงงานน้ำแข็ง

4.4.3 Energy Chart

เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานในทุกกระบวนการผลิตที่เริ่มตั้งแต่การรับวัตถุดิบ ผ่านกระบวนการผลิต จนเป็นสินค้าสำเร็จรูป รวมถึงการจัดส่ง แสดงได้ดังตารางที่ 4.12 Energy Chart ของการผลิตน้ำแข็งซอง (Energy Chart ของการผลิตน้ำแข็งหลอดมีต่อในภาคผนวก ก)

ตารางที่ 4.12 Energy Chart ของการผลิตน้ำแข็งซอง

ขั้นตอนกระบวนการผลิต (Process)	ศักยภาพพลังงาน (Original Energy Potential)				
	แหล่งกำเนิด	ที่ป้อนเข้ากระบวนการผลิต	การใช้ประโยชน์พลังงาน	เหลือออกจากกระบวนการผลิต	เหลือในเครื่องจักร อุปกรณ์ และผลิตภัณฑ์
1. สูบน้ำดิบจากแม่น้ำป่าสักไปไว้ที่บ่อพัก	หม้อแปลงไฟฟ้า 800 kVA	แรงดัน 380 V	ปั๊มน้ำ ขนาด 15 แรงม้า และ 10 แรงม้า	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 46 องศาปกติ
2. สูบน้ำใสเข้าระบบกรองน้ำ	หม้อแปลงไฟฟ้า 800 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ปั๊มน้ำ 7.5 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 44 องศา
3. ใส่สารเคมีฆ่าเชื้อโรค/ปรับปรุงคุณภาพน้ำ	หม้อแปลงไฟฟ้า 800 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ปั๊ม 3 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 45 องศาปกติ
4. สูบน้ำที่ผ่านขบวนการทำน้ำสะอาดขึ้นถัง	หม้อแปลงไฟฟ้า 800 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ปั๊ม 7.5 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 42 องศาปกติ
5. สูบน้ำสะอาดจากถังพักใส่ซองทำน้ำแข็ง	หม้อแปลงไฟฟ้า 800 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ปั๊ม 7.5 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 40 องศาปกติ
6. เคลื่อนย้ายซองด้วย Overhead Crane ไปยังหลุมทำน้ำแข็ง	หม้อแปลงไฟฟ้า 800 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์เครน 10 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 40 องศาปกติ
7. เดินเครื่องคอมเพรสเซอร์	หม้อแปลงไฟฟ้า 800 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ขับ 180,125 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 50 องศา
8. นำน้ำแข็งออกจากซอง เพื่อตัดแบ่งให้มีขนาดเล็กลง	หม้อแปลงไฟฟ้า 800 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ 7.5 HP ใบมีดตัด	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 48 องศาปกติ

4.4.4 สมการพลังงาน (Energy Equation)

4.4.4.1 พลังงานไฟฟ้า

สามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้พลังงานและอัตราการผลิตของโรงงานก่อนการดำเนินโครงการ (มกราคม – ธันวาคม 2554) โดยการสร้างสมการพลังงานขึ้นมาซึ่งได้สมการดังนี้

ค่าไฟฟ้าน้ำแข็งก้อน = 54,065.34 + 72.10 (ผลผลิตของน้ำแข็งก้อน) (4.3)

และ

ค่าไฟฟ้าน้ำแข็งอนามัย = 10,401.62 + 88.22 (ผลผลิตของน้ำแข็งอนามัย) (4.4)

สมการพลังงานแสดงถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตรวมที่ผลิตได้โดยสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้พลังงาน และอัตราการผลิตของโรงงานโดยพิจารณาจาก

ก. การผลิตน้ำแข็งก้อนพบว่า จากสมการถดถอยสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ค่า R-Sq เท่ากับร้อยละ 83.46 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 และค่า P-Value เท่ากับ 0.006001 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าสมการพลังงานมีความน่าเชื่อถือได้

ข. การผลิตน้ำแข็งหลอดพบว่า จากสมการถดถอยสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ค่า R-Sq เท่ากับร้อยละ 90.33 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 และค่า P-Value เท่ากับ 0.000666 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าสมการพลังงานมีความน่าเชื่อถือได้

เมื่อได้สมการที่ (4.1) และสมการ (4.2) แล้วก็จะทำการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงการ (มกราคม 2555 – ธันวาคม 2555) โดยนำอัตราการผลิตของน้ำแข็งก้อนและน้ำแข็งหลอดระหว่างโครงงานมาแทนค่าลงในสมการ 4.3 และสมการที่ 4.4 ตามลำดับ เพื่อหาแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของปี 2555 ต่อไป

4.4.4.2 พลังงานความร้อน (น้ำมันดีเซล)

สามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซลและอัตราการผลิตของโรงงานก่อนการดำเนินโครงงาน (มกราคม – ธันวาคม 2554) โดยการสร้างสมการพลังงานขึ้นมาซึ่งได้สมการดังนี้

ค่าน้ำมันดีเซล = 1,205.63 + 0.85 (ผลผลิตน้ำแข็งก้อน (ตัน))
+ 5.24 (ผลผลิตน้ำแข็งหลอด (ตัน)) (4.5)

สมการพลังงานแสดงถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตรวมที่ผลิตได้โดยสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซล และอัตราการผลิตของโรงงานโดยพบว่าจากสมการถดถอยสำหรับการใช้น้ำมันดีเซลได้ค่า R-Sq เท่ากับร้อยละ 94.72 ซึ่งมากกว่าร้อยละ 80 และค่า P-Value เท่ากับ 0.0002907 ซึ่งน้อยกว่า 0.05 แสดงว่าสมการพลังงานมีความน่าเชื่อถือได้เมื่อได้สมการที่ (4.5) แล้วก็จะทำการเก็บข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซลและอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงการ (มกราคม 2555 – ธันวาคม 2555) โดยนำอัตราการผลิตระหว่างโครงงานมาแทนค่าลงในสมการ 4.5 เพื่อหาแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของปี 2555 ต่อไป

4.5 ประเมินผลประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

4.5.1 พลังงานความร้อน

พลังงานความร้อนของโรงงานนี้ใช้น้ำมันดีเซลสำหรับใช้งานกับรถบรรทุกขนส่งน้ำแข็งไปยังลูกค้า บริษัทได้มีการพูดคุยกับพนักงานขับรถบรรทุกถึงเส้นทางขนส่งต่างๆ เพื่อให้มีความเหมาะสมกับค่าใช้จ่าย

4.5.2 พลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าของบริษัท จ่ายจากหม้อแปลงต้นกำลัง 2 ตัว โดยโรงงานน้ำแข็งซองมีหม้อแปลงขนาด 800 kVA มีแรงดันที่ตู้ Main Distribution Board 399 V ซึ่งค่อนข้างสูง ภาระไฟฟ้าที่สำคัญคือเครื่องคอมเพรสเซอร์จำนวน 4 ชุด และโรงงานที่ 2 เป็นโรงงานผลิตน้ำแข็งอนามัยมีหม้อแปลงขนาด 400 kVA มีแรงดันที่ตู้ Main Distribution Board 395 V ซึ่งค่อนข้างสูง และวัดค่า Power Factor ได้ประมาณ 0.73 โดย Capacitor Bank ส่วนหนึ่งเสียไป

4.5.3 ประสิทธิภาพของระบบการผลิตหลัก

ระบบผลิตหลักของโรงงานเป็นน้ำแข็งซอง ซึ่งมีอยู่ 2 บ่อ A และ B โดยบ่อ B ท่อมีการหุ้มฉนวนป้องกันความร้อน และมีขนาดเครื่องคอมเพรสเซอร์ใหญ่กว่า ส่วนโรงงานผลิตน้ำแข็งอนามัยมีเครื่องทำน้ำแข็ง 2 ชุดขนาดเท่ากัน นอกจากนี้ยังมีห้องเย็นจำนวน 3 ตู้เพื่อเก็บน้ำแข็งอนามัยรอการขนส่งให้ลูกค้า

4.5.4 ประสิทธิภาพของระบบสนับสนุน

ระบบสนับสนุนของโรงงานน้ำแข็งได้แก่ระบบผลิตน้ำสะอาดโดยใช้น้ำดิบจากแม่น้ำป่าสักสูบขึ้นมายังถังพัก ปรับสภาพน้ำ ทำการฆ่าเชื้อ ทิ้งให้ตกตะกอน แล้วสูบน้ำใสไปผ่านกระบวนการกรองก่อนส่งไปยังถังเก็บน้ำเพื่อนำไปใช้ผลิตน้ำแข็งซองและน้ำแข็งอนามัย เครื่องจักรในระบบสนับสนุนนี้เป็นมอเตอร์ขับปั๊มน้ำต่างๆ ซึ่งสภาพทั่วไปอยู่ในสภาพดีมาก

4.5.6 วิเคราะห์ข้อมูลจาก Energy Layout, Energy Chart, Energy Equation

จากการทำ Energy Chart และการเข้าสำรวจการผลิตภายในโรงงานแล้วสามารถวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของการใช้พลังงาน และสามารถนำข้อมูลมาวิเคราะห์เพื่อการออกมาตรการลดการใช้พลังงานในโรงงานได้

4.6 การออกมาตรการจากการวิเคราะห์การใช้พลังงาน

ในการออกมาตรการจากการวิเคราะห์การใช้พลังงานจาก Energy Chart จะทำการออกมาตรการร่วมกับคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานและพนักงานในโรงงานเพื่อดูว่ามาตรการที่จะออกให้พนักงานได้ปฏิบัติ สามารถปฏิบัติได้หรือไม่ และทางผู้บริหารสามารถอนุมัติในการออกมาตรการได้

4.6.1 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน ลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเครื่องผลิตน้ำแข็งอนามัย

เครื่องทำน้ำแข็งอนามัยของโรงงานมี 2 ชุดระบายความร้อนด้วยหอผึ่งเย็น (Water Cooled Water Chiller) จากการวัดอุณหภูมิของน้ำระบายความร้อนหอผึ่งเย็นได้ 28 °C จากการตรวจสภาพเครื่องผลิตน้ำแข็งอนามัยพบน้ำเย็นที่ได้จากการละลายของน้ำแข็งอนามัย และน้ำเย็นจากไอน้ำไปเกาะที่ผิวเครื่องผลิตน้ำแข็งกลั่นตัวเป็นหยอดน้ำอุณหภูมิ 0 °C ไหลลงมารวมกันที่หลุมด้านล่างของเครื่องแล้วระบายน้ำเย็นนี้ทิ้งไปปริมาณน้ำมีปริมาณเฉลี่ย 1 ลบ.เมตร หากนำน้ำเย็นนี้ไปใช้ในระบบหล่อเย็นของหอผึ่งเย็นจะทำให้ประสิทธิภาพการระบายความร้อนของเครื่อง Compressor ได้ดีมากขึ้นส่งผลทำให้รอบการผลิตน้ำแข็งอนามัยลดลง ส่งผลให้ประหยัดค่าไฟฟ้าได้

ตารางที่ 4.13 แสดงบันทึกเวลาการผลิตน้ำแข็งอนามัย วันที่ 7 เมษายน 2555

ครั้งที่	เวลา	ใช้เวลาในรอบการผลิต (นาที)
0	06.56	-
1	07.30	34
2	08.03	33
3	08.36	33
4	09.10	34
5	09.45	35
6	10.18	33
7	10.51	33
8	11.25	34
9	12.00	35
10	12.37	37
เฉลี่ย	**(นาที)**	**34.1**

จากข้อมูลการเก็บข้อมูลการผลิตน้ำแข็งอนามัยประจำวันที่ 7 เมษายน 2555 จำนวน 10 รอบการผลิต จะเห็นได้ว่าเมื่ออุณหภูมิภายนอกสูงขึ้น รอบการผลิตมีแนวโน้มใช้เวลามากขึ้นตามไปด้วย การทำให้น้ำหล่อเย็นยิ่งอุณหภูมิต่ำ ก็จะทำให้การดึงความร้อนออกจากน้ำผ่านระบบทำความเย็น โดยเครื่อง Compressor ทำงานน้อยลง ทำให้การใช้ไฟฟ้าลดลง

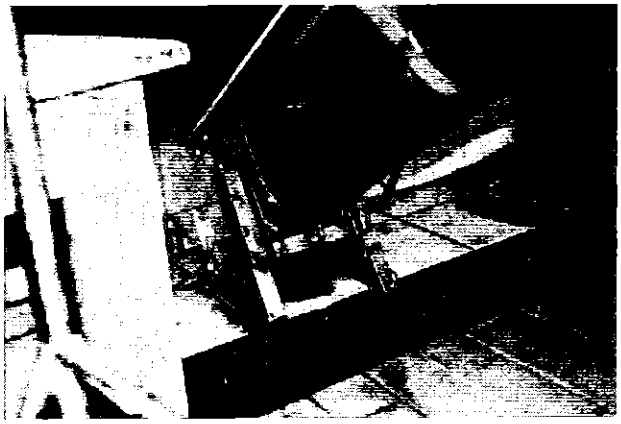
ตารางที่ 4.14 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็น
ต่อหน่วยความเย็นที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่างกัน

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น (องศาเซลเซียส)	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำความเย็น	
	kW/ kWR	kW/T
29.4	0.274	0.967
28.3	0.254	0.897
25	0.243	0.855
23.9	0.228	0.802
20	0.2	0.704
18.9	0.196	0.69

kW = กิโลวัตต์ (ไฟฟ้า) kWR = กิโลวัตต์ความเย็น T = ตันความเย็น

สำหรับวิธีการทำให้น้ำหล่อเย็นมีอุณหภูมิลดลง โดยการใช้เครื่องสูบน้ำขนาดเล็ก สูบน้ำเย็นที่เก็บไว้ในอ่างพักไปผสมกับน้ำที่ใช้หล่อเย็นบริเวณหอผึ่งเย็น ทำให้อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นลดลงจาก 28 °C มาเป็นประมาณ 18 °C ซึ่งจะส่งผลให้รอบการผลิตลดลงจากค่าเฉลี่ย 34 นาทีต่อรอบ ลงมาเหลือ 28 นาทีต่อรอบการผลิต

รูปที่ 4.10 แสดงน้ำเย็นจากบริเวณใต้เครื่องผลิตน้ำแข็งอนามัย
มีอ่างน้ำรองรับน้ำเย็นที่หยดลงมาจากกระบวนการผลิต



รูปที่ 4.11 แสดงน้ำเย็นจากการละลายของน้ำแข็งอนามัย บริเวณด้านหน้าเครื่องทำน้ำแข็งอนามัย

คำนวณผลการประหยัด

ขนาดมอเตอร์ขับดันเครื่อง Compressor = 150 HP 380 V

กินกระแส 205 A PF 0.87

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของคอมเพรสเซอร์ เฉลี่ยประมาณ = 117.4 kW

ก่อนปรับปรุง

คอมเพรสเซอร์จะกินไฟ = 34/60 x 117.4 หน่วย/รอบการผลิต

= 66.53 หน่วย/รอบการผลิต

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำแข็ง = 15 รอบการผลิต/วัน

ดังนั้นใน 1 วันจะเปลืองไฟประมาณ = 66.53 x 15 หน่วย

= 998 หน่วย/วัน

เครื่องทำน้ำแข็งอนามัยมีทั้งหมด 2 ชุด การกินไฟสูสีกัน ดังนั้นใช้ไฟฟ้าต่อวัน

= 2 x 998

= 1,996 หน่วย/วัน

หลังปรับปรุง

รอบการผลิตลดลงคอมเพรสเซอร์กินไฟ = 28/60 x 117.4 หน่วย/รอบการผลิต

= 54.8 หน่วย/รอบการผลิต

การทำงานของเครื่องผลิตน้ำแข็ง = 15 รอบการผลิต/วัน

ดังนั้นใน 1 วันจะเปลืองไฟประมาณ = 54.8 x 15 หน่วย

= 822 หน่วย/วัน

เครื่องทำน้ำแข็งอนามัยมีทั้งหมด 2 ชุด การกินไฟสูสีกัน ดังนั้นใช้ไฟฟ้าต่อวัน

= 2 x 822

= 1,644 หน่วย/วัน

พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้ = ก่อนแก้ไข – หลังแก้ไข

= 1,996 – 1,644 หน่วย/วัน

= 352 หน่วย/วัน

ใน 1 เดือน ทำงานทำงานเฉลี่ย 30 วัน คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่เสียลดได้

= 352 x 30 หน่วย/เดือน

= 10,560 หน่วย/เดือน

หรือคิดเป็นปี = 10,560 x 12

= 126,720 หน่วย/ปี

ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ = 2.68 บาท

ดังนั้นสามารถประหยัดได้ = 2.68 x 126,720

= 339,609.6 บาท/ปี

คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี = 126,720 หน่วย x 3.6 MJ/หน่วย

= 456,192 MJ/ปี

ประเมินผลการลงทุน

ลงทุนซื้อเครื่องปั๊มไดโว่และสายยางและอื่น ๆ = 5,000 บาท

ระยะเวลาการคืนทุน = เงินลงทุน/เงินค่าพลังงานที่ประหยัดได้

= 5,000 / 339,609.6

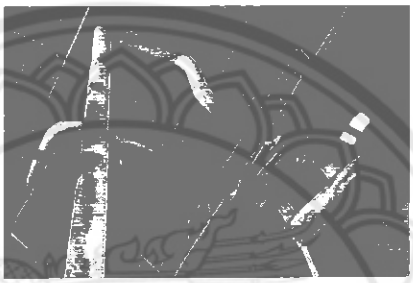
= 0.01472 ปี

= 6 วัน

4.6.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงาน หุ้มฉนวนท่อส่งความเย็นแอมโมเนีย

เมื่อตรวจสภาพภายในโรงงานพบมีอุปกรณ์ทำความเย็นของบ่อ A ไม่มีการหุ้มฉนวนกันความร้อนเข้าไปยังสารความเย็น อุณหภูมิ -14 °C ซึ่งบริเวณด้านนอกของท่อมีน้ำแข็งเกาะอยู่เป็นจำนวนมาก น้ำแข็งเหล่านี้เกิดจากไอน้ำด้านนอกมากระทบกับความเย็นบริเวณรอบผิวท่ออุณหภูมิเท่ากับ -10 °C เกิดการกลั่นตัวเป็นหยดน้ำเนื่องจากอุณหภูมิต่ำมากจึงทำให้หยดน้ำเปลี่ยนสภาพกลายเป็นน้ำแข็ง เนื่องจากของเหลวภายในท่อมีอุณหภูมิต่ำมากความร้อนจากบรรยากาศจึงแพร่เข้าไปส่งผลให้เครื่องทำความเย็นต้องทำงานมากขึ้นเพื่อไล่ความร้อนส่วนนี้ทิ้งไป หากลงทุนหุ้มพื้นผิวภาชนะ และท่อทำให้ความร้อนเข้าไปยังของเหลวเย็นได้น้อยลงทำให้การทำงานของระบบทำความเย็นน้อยลงไปด้วยส่งผลให้เกิดการประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

รูปที่ 4.12 แสดงถังทิวบูลาร์ไม่มีการหุ้มฉนวนความร้อนและบริเวณท่อส่ง



รูปที่ 4.13 แสดงท่อส่งสารแอมโมเนียเย็นไม่มีการหุ้มฉนวน

แนวคิดและขั้นตอนในการดำเนินการ

4.6.2.1 ตรวจวัดอุณหภูมิผิวท่อแอมโมเนียด้านเย็น และอุณหภูมิโดยรอบ

4.6.2.2 ทำการหุ้มฉนวนด้วยแผ่นกันความร้อนห่อหุ้มเพื่อป้องกันความร้อนจากภายนอกเข้าไปยังสารแอมโมเนีย

4.6.2.3 ตรวจวัดอุณหภูมิของผิวแผ่นโลหะ พร้อมอุณหภูมิอากาศโดยรอบ หลังการปรับปรุง

4.6.2.4 วิเคราะห์และคำนวณผลประหยัด

คำนวณผลการประหยัด

ก่อนปรับปรุง

อุณหภูมิท่อและทิวบูลาร์ที่ไม่หุ้มฉนวน		=	- 10 ^{o}C
พื้นที่ผิวทั้งหมดของทิวบูลาร์และท่อ		=	25 m^2
อุณหภูมิอากาศ		=	30 ^{o}C
ข้อมูลการคำนวณอ้างอิงก่อนปรับปรุง			
ผิวท่อส่งความร้อน	Ts	=	-10 ^{o}C
	Ta	=	30 ^{o}C
สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (ho)		=	10 W/m^2.^{o}C
พื้นที่ผิวท่อส่งความร้อน (A)		=	25 m^2

ค่าความต่างของอุณหภูมิ (dT)		=	40 ^{o}C
ความร้อนบรรยากาศที่เข้าสู่ท่อ (Q1)		=	ho x A x dT
		=	10 x 25 x 40 W
		=	10,000 W
หรือคิดเป็น		=	10 kW
หลังปรับปรุง			
ผิวท่อส่งความร้อน	Ts	=	7 ^{o}C
ฉนวนกันความร้อน		=	3 cm
	Ta	=	30 ^{o}C
สัมประสิทธิ์การพาความร้อน (hi = ho)		=	10 W/m^{2}.^{o}C
ความหนาแผ่นเหล็กของท่อส่งความร้อน (L1)		=	0.02 m
ความหนาของฉนวนกันความร้อน (L2)		=	0.03 m
ค่าสภาพการนำความร้อนของแผ่นเหล็ก (k1)		=	54 W/m.^{o}C
ค่าสภาพการนำความร้อนของฉนวน (k2)		=	0.067 W/m.^{o}C
พื้นที่ผิวท่อส่งความร้อน (A)		=	25 m^{2}
ค่าความต่างของอุณหภูมิ (dT)		=	27 ^{o}C
ความต้านทานความร้อนของท่อที่หุ้มฉนวน (R)		=	1/hi +L1/K1+L2/K2+ 1/ho
		=	0.652 m^{2}.^{o}C/W
ความร้อนที่สูญเสียสู่บรรยากาศ (Q2)		=	UAdT = 0.652 x 25 x 27
		=	440 W
หรือคิดเป็น		=	0.44 kW
ผลการประหยัด			
คิดเป็นความร้อนที่ลดลง		=	Q2 - Q1
		=	10,000 - 440
		=	9,560 W
หรือคิดเป็นความร้อนที่ประหยัดได้รวม		=	9.56 kW
จำนวนวันทำงานเฉลี่ยต่อปี		=	365 วัน/ปี
จำนวนชั่วโมงทำงานเฉลี่ยต่อวัน		=	14 ชั่วโมง/วัน
จำนวนชั่วโมงทำงานเฉลี่ยต่อปี		=	365 x 14
		=	5,110 ชั่วโมง/ปี
คิดเป็นความร้อนที่ประหยัด		=	9.56 x 5,110
		=	48,852 kWh/ปี
คิดเทียบเท่าพลังงานความร้อน		=	48,852 x 3.6

= 175,867 MJ/ปี

ประสิทธิภาพรวมในการรับความร้อนจากอากาศ = 40 %

ค่าพลังงานความร้อนของไฟฟ้า = 3.6 MJ/kg

คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้

= พลังงานความร้อนที่ประหยัดได้ / ประสิทธิภาพรวมในการรับความร้อนจากอากาศ / ค่าพลังงานความร้อนไฟฟ้า

= 175,867 / 0.7 / 3.60

= 69,788 หน่วย

ราคาค่าไฟฟ้าเฉลี่ย = 2.53 บาท/หน่วย

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ = ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้ต่อปี x ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย

= 69,788 x 2.53 บาท/ปี

= 176,563.64 บาท/ปี

ประเมินผลการลงทุน

การลงทุน = 100,000 บาท

ระยะเวลาการคืนทุน = 100,000 / 176,563.64 ปี

= 0.5663 ปี

= 207 วัน

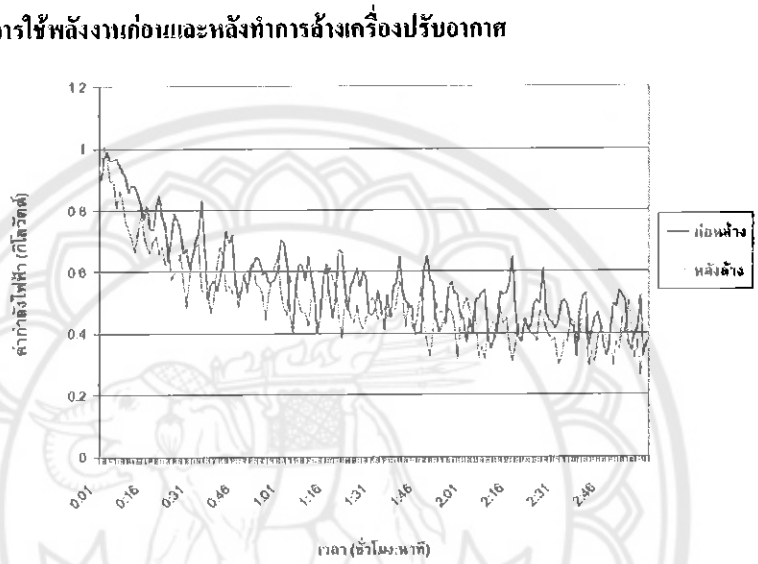
4.6.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนห้องเย็น 2 ตู้

ห้องเย็นใช้สำหรับเก็บน้ำแข็งอนามัยก่อนส่งไปจำหน่ายยังลูกค้าต่างๆ เครื่องคอมเพรสเซอร์ กินกระแส 15.9 A Pf 0.87 ใช้งานห้องเย็นทุกวันๆ ละ 24 ชั่วโมง

จากการตรวจสภาพรังผึ้งระบายความร้อนพบมีฝุ่นเกาะเป็นจำนวนมาก ซึ่งฝุ่นเหล่านี้เป็นอุปสรรคทำให้การระบายความร้อนแย่ลง

รูปที่ 4.14 แสดงด้านหน้าของ Coil ร้อนของห้องเย็น

รูปที่ 4.15 แสดงภาพด้านในของ Coil ร้อน มีฝุ่นเกาะ



รูปที่ 4.16 แสดงการเปรียบการใช้พลังไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศ

ตารางที่ 4.15 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศก่อนล้างและหลังล้าง

สถานะเครื่องปรับอากาศ	ค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมง (หน่วยต่อชั่วโมง)
ก่อนล้าง	0.554
หลังล้าง	0.505

ที่มา : กองแผนงานและวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้า (กผวคฟ.) ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า (อผช.) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551

ตารางที่ 4.16 แสดงค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงหลังล้างเครื่องปรับอากาศ

สถานะเครื่องปรับอากาศ	พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อชั่วโมงลดลง
หลังล้าง	ร้อยละ 8.92

ที่มา : กองแผนงานและวิเคราะห์การใช้ไฟฟ้า (กผวคฟ.) ฝ่ายบริหารและแผนงานด้านการใช้ไฟฟ้า (อผช.) การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปี พ.ศ. 2551

จากการตรวจสอบสภาพ Coil เย็นและ Coil ร้อน ของเครื่องปรับอากาศส่วนใหญ่พบว่ามีฝุ่นจากถนนไปเกาะติดครีบระบายความร้อน ซึ่งเป็นอุปสรรคทำให้การการระบายความร้อนทิ้งไม่ดี ทำให้เครื่องทำความเย็นของห้องเย็นกินพลังงานไฟฟ้ามากกว่าที่ควรจะเป็นซึ่งหากล้างทำความสะอาดจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงประมาณร้อยละ 4 - 8.92

สำหรับการใช้เครื่องทำความเย็นของห้องเย็นมี 2 ชุด ใช้งานเพียงร้อยละ 80 โดยคิดเฉลี่ยการทำงาน 22 ชั่วโมงต่อวันต่อเครื่อง หากใช้มาตรการล้าง Coil ร้อนและเย็นจะสามารถลดการใช้พลังงานได้ประมาณร้อยละ 6

คำนวณผลการประหยัด

มาตรการล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนเครื่องทำความเย็นของห้องเย็น

กำลังไฟฟ้าของเครื่องทำความเย็น	=	I x V x Pf x 1.732
	=	15.9 x 380 x 0.87 x 1.732
	=	9,104 W
มี 2 เครื่อง ดังนั้น ใช้กำลังไฟฟ้า	=	2 x 9,104
	=	18,208 W
	=	18.21 kW
การคำนวณ พลังงานที่สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ เฉลี่ยประมาณ		0.06 x 18.21 kW
	=	1.0926 kW
ชั่วโมงการทำงาน	=	22 ชั่วโมง/วัน
คิดเป็นพลังงานที่ลดได้ต่อวัน	=	1.0926 x 22 / 1000 หน่วย
	=	24.04 หน่วย/วัน
	=	24.04 x 365
	=	8,775 หน่วย/ปี
ค่าไฟฟ้าหน่วยละ	=	2.68 บาท
ดังนั้นสามารถประหยัดได้	=	2.68 x 8,775
	=	23,517 บาท/ปี
คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี	=	8,775 หน่วย x 3.6 MJ/หน่วย
	=	31,590 MJ/ปี

ประเมินผลการลงทุน

ค่าจ้างล้างแอร์ เครื่องละ 500 บาท 3 ครั้งต่อปี

	=	500 x 2 x 3 บาท
	=	3,000 บาท

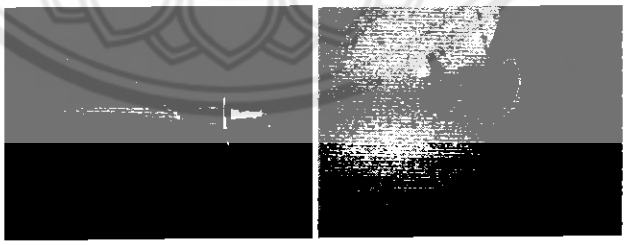
ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน/ค่าพลังงานที่ประหยัดได้
= 3,000 / 23,517 ปี
= 0.1275 ปี
= 47 วัน

4.6.4 มาตรการปรับเปลี่ยนหลอดผอม T8 เป็นหลอดประหยัดพลังงาน T5 ในโรงน้ำแข็งชอง

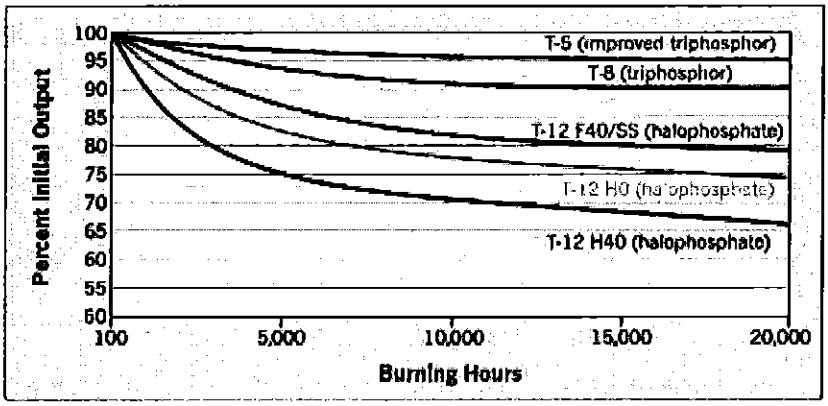
จากโครงการประหยัดพลังงานของกระทรวงพลังงาน และนวัตกรรมทางด้านหลอดไฟฟ้าเพื่อการประหยัดพลังงานจึงมีโครงการเปลี่ยนหลอด T8 (36 W) มาเป็นหลอดประหยัดพลังงาน T5 (28 W) การสำรวจการใช้ไฟฟ้าแสงสว่างในโรงงานน้ำแข็งชองปัจจุบันติดตั้งหลอดผอมประมาณ 60 หลอดซึ่งเปลี่ยนทดแทนหลอดดังกล่าวด้วยหลอดประหยัดพลังงาน (T5) จะประหยัดไฟฟ้าได้มาก

ดังนั้นเพื่อเป็นข้อมูลการตัดสินใจ และหาจุดคุ้มทุนจึงได้คำนวณหาค่าพลังงานที่ประหยัดได้ และค่าใช้จ่ายดำเนินการดังนี้

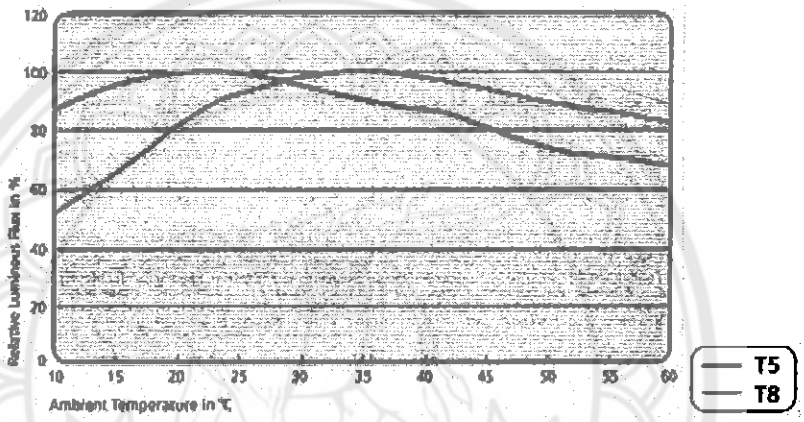
รูปที่ 4.17 แสดงหลอดฟลูออเรสเซนต์ T12, T8 และ T5 ตามลำดับ



รูปที่ 4.18 แสดงบัลลาตต์หลอด T5



รูปที่ 4.19 แสดง Lumen Maintenance ของหลอดต่างๆ



รูปที่ 4.20 แสดงฟลักซ์การส่องสว่างและอุณหภูมิแวดล้อมหลอด T5 และ T8

คำนวณผลการประหยัด

หลอดผอม T8 กินพลังงาน 36 W ใช้บัลลาสต์ 7 – 8 W

ราคาหลอด ประมาณ 60 บาท ราคาบัลลาสต์ ประมาณ 100 บาท

หลอดผอม T5 กินพลังงาน 28 W ใช้บัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์ 3 W

ราคาหลอดประมาณ 50 บาท

ราคาบัลลาสต์ชนิดหลอดเดี่ยวประมาณ 180 บาท

ราคาบัลลาสต์ชนิดหลอดคู่ประมาณ 200 บาท

Adapter สำหรับต่อใช้กับโคมไฟเดิมราคาอันละ 5 บาท

ก่อนการแก้ไข

หลอดผอม T8 รวมบัลลาสต์กินไฟ	=	36 + 8 W
	=	44 W
เปิดใช้งาน 10 ชั่วโมง/วัน ประมาณ	=	60 หลอด
ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้า	=	{60 x 10} x (36+8)/1000
	=	26.4 หน่วย/วัน

ดังนั้นใน 1 ปีจะเปลืองไฟฟ้า	=	26.4 x 365 หน่วย/ปี
	=	9,636 หน่วย/ปี
หลังการแก้ไข		
หลอดผอม T5 รวมบัลลาสต์กินไฟ	=	28 + 3 W
	=	31 W
เปิดใช้งาน 10 ชั่วโมง/วัน ประมาณ	=	60 หลอด
ดังนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้า	=	{60 x 10} x (28 + 3) / 1000
	=	18.6 หน่วย/วัน
ดังนั้นใน 1 ปีจะเปลืองไฟฟ้า	=	18.6 x 365 หน่วย/ปี
	=	6,789 หน่วย/ปี
พลังงานไฟฟ้าที่ลดลงได้	=	ก่อนแก้ไข – หลังแก้ไข
	=	9,636–6,789 หน่วย/ปี
	=	2,847 หน่วย/ปี
ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ	=	2.53 บาท
ดังนั้นสามารถประหยัดได้	=	2.53 x 2,847
	=	7,202.91 บาท/ปี
คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี	=	2,847 หน่วย x 3.6 MJ/หน่วย
	=	10,249 MJ/ปี
ประเมินผลการลงทุน		
ลงทุนซื้อหลอด T5 รวมบัลลาสต์คู่และหัวต่อ		
	=	50+100+10 บาท
	=	160 บาท
รวมต้นทุนค่าเปลี่ยหลอดไฟ T5	=	160 บาท/หลอด
ทั้งบริษัทมีหลอดทั้งหมด ประมาณ	=	60 หลอด
ต้นทุนค่าเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าทั้งหมด	=	60 x 160 บาท
	=	9,600 บาท
ระยะเวลาการคืนทุน	=	เงินลงทุน/เงินค่าพลังงานที่ประหยัดได้
	=	9,600 / 7,202.91
	=	1.3327 ปี
	=	16 เดือน 22 วัน

4.6.5 มาตรการอนุรักษ์พลังงานลดเวลารอคอยการขนส่งน้ำแข็งไปส่งลูกค้า

บริษัทมีรถบรรทุกสำหรับขนส่งน้ำแข็งจำนวน 12 คัน การขนส่งน้ำแข็งไปยังลูกค้าแต่ละวันเริ่มตั้งแต่เช้าตรู่โดยมีการแบ่งสายการเดินรถขนส่งแต่ละเส้นทางขณะที่นำรถบรรทุกไปส่งน้ำแข็งให้ลูกค้าจะต้องจอดรถเพื่อรอคอยนำน้ำแข็งลงโดยติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้หากสามารถลดการสูญเปล่านี้ประมาณ 5 นาทีต่อวันต่อคัน หากสามารถลดความสูญเสียจากการรอคอยได้ก็จะทำให้สามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้มาก

รูปที่ 4.21 แสดงรถบรรทุกน้ำแข็งของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

คำนวณผลการประหยัด

การคำนวณการใช้รถบรรทุกข้าวสารจำนวน 12 คันต่อรอบการขนส่ง

อัตราการกินน้ำมันเฉลี่ย	=	7 ลิตร / ชั่วโมง ขณะเครื่องเดินเบา
เวลาคอยงานเฉลี่ยวันละ	=	5 x 12 นาที
เวลาสูญเปล่า	=	60 นาที/วัน
คิดเป็นการสูญเสียน้ำมันจากการคอย	=	60 / 60 x 7 ลิตร
	=	7 ลิตร/วัน
1 ปีทำงาน 365 วัน	=	7 x 365 ลิตร/ปี
	=	2,555 ลิตร/ปี
คิดเป็นพลังงานสูญเสีย	=	2,555 x 36.42 MJ/ปี
	=	93,053 MJ/ปี

คิดค่าใช้จ่ายพลังงานสูญเสีย

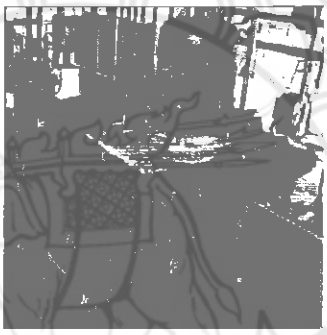
ค่าน้ำมันดีเซลลิตรละ	=	30.46 บาท
คิดเป็นเงินประมาณ	=	30.46 x 2,555 บาท/ปี
	=	77,825.30 บาท/ปี

ประเมินผลการลงทุน

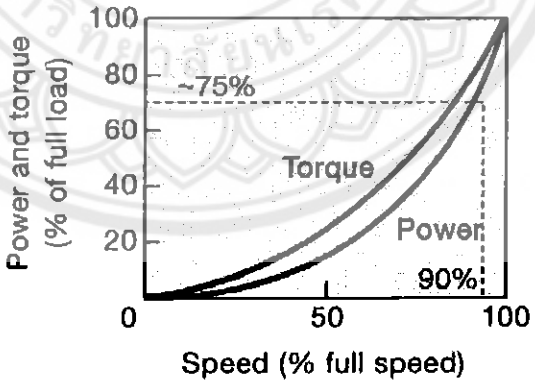
ไม่เสียค่าใช้จ่ายในการลงทุนแต่ต้องอบรมทำความเข้าใจกับพนักงานขับรถบรรทุกส่งน้ำแข็งให้เข้าใจ และขอความร่วมมือในการปฏิบัติช่วยลดการติดเครื่องรถบรรทุกรอคอยงาน

4.6.6 มาตรการอนุรักษ์พลังงานใส่ Inverter มอเตอร์กวนน้ำเกลือ บ่อ A และบ่อ B

การทำความเย็นให้กับน้ำเกลือโดยอุปกรณ์ Compressor เมื่อมีการแลกเปลี่ยนความร้อนโดยสารแอมโมเนียจะดูดความร้อนจากน้ำเกลือทำให้น้ำเกลือเย็นลง น้ำเกลือที่มีอุณหภูมิต่ำนี้จะถูกใบพัดกวนให้ไหลหมุนเวียนไปในบ่อซึ่งน้ำเกลือเหล่านี้ก็จะรับความร้อนจากซองน้ำจนน้ำในซองกลายเป็นน้ำแข็ง การทำให้น้ำเกลือไหลเวียนนี้มีใบกวนซึ่งขับเคลื่อนโดยมอเตอร์ขนาด 7.5 HP มอเตอร์กวนน้ำเกลือนี้ทำงานด้วยความเร็วพิกัดตลอดการทำงานเมื่อน้ำในซองกลายเป็นน้ำแข็งหมดแล้วสามารถลดความเร็วของการส่งน้ำเกลือนี้ได้ วิธีเดิมโดยการปิดมอเตอร์กวนขนาด 7.5 HP และเปิดอีกครั้งเมื่ออุณหภูมิของบ่อสูงขึ้น หากการปิด - เปิดวงจรไฟฟ้าให้มอเตอร์หมุนด้วยความเร็วช้าลงได้ก็จะสามารถประหยัดพลังงานได้มาก



รูปที่ 4.22 แสดงมอเตอร์บ่อกวนน้ำเกลือ



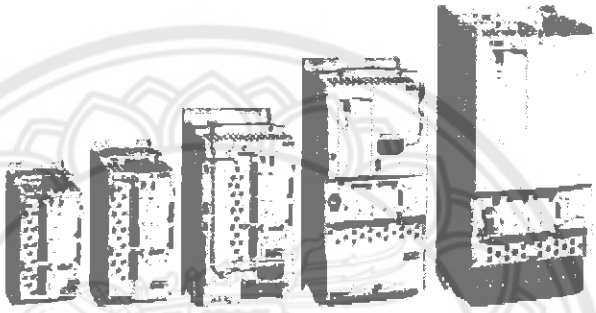
รูปที่ 4.23 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง Power, Torque กับ Speed ของปั๊มน้ำและพัดลม

จากกราฟความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานขาออกเทียบกับความเร็วรอบการหมุนเป็นดังนี้

พลังงาน = ความเร็วรอบยกกำลังสาม (n^3)

HP1 / HP2 = $(N1 / N2)^3$

เปรียบเทียบความเร็วรอบ (n)	พลังงาน (n^3)	จำนวน kW เมื่อเทียบกับมอเตอร์ 7.5 kW (100%)
100% = 1	100%	100% x 7.5 = 7.5 kW
90% = 0.9	72.9%	72.9% x 7.5 = 5.47 kW
60% = 0.6	21.6%	21.6% x 7.5 = 1.62 kW
50% = 0.5	12.5%	12.5% x 7.5 = 0.937 kW
40% = 0.4	6.4%	6.4% x 7.5 = 0.48 kW
30% = 0.3	2.7%	2.7% x 7.5 = 0.2 kW



รูปที่ 4.24 แสดงเครื่อง Inverter ขนาดต่างๆ

การคำนวณประหยัดพลังงาน

ก่อนแก้ไข

ข้อมูลเบื้องต้น บ่อ A ใช้มอเตอร์ 2 ชุด = 2 x 7.5 HP

= 2 x 7.5 x 0.746 kW

= 11.19 kW

ข้อมูลเบื้องต้น บ่อ B ใช้มอเตอร์ 2 ชุด = 2 x 10 HP

= 2 x 10 x 0.746kW

= 14.92 kW

ดังนั้นพลังงานที่ใช้รวมทั้ง 2 บ่อ = 11.19 + 14.92 kW

= 26.11 kW

ใน 1 วันเดินเครื่องเฉลี่ย 22 ชั่วโมง ใช้กำลังประมาณร้อยละ 80 ของพิกัดมอเตอร์

อัตราการใช้กำลังไฟฟ้า = 26.11 x 22 x 0.8

= 460 หน่วย

ใน 1 ปี ทำงานเฉลี่ย 365 วัน ดังนั้นใช้ไฟ = 460 x 365

= 165,600 หน่วย

หลังแก้ไข

โดยการใส่ชุด Inverter ควบคุมความเร็วเหลือร้อยละ 50 ประมาณ 15 ชั่วโมง จากทั้งหมด 22 ชั่วโมงต่อวัน

จากอัตราการกินกำลังไฟฟ้าที่ความเร็วร้อยละ 50 = ร้อยละ 12.5 ของกำลังไฟฟ้าเดิม

ดังนั้นมอเตอร์จะใช้กำลังไฟฟ้าแบ่งเป็น 2 ช่วง คือใช้ความเร็วเต็มพิกัด 7 ชั่วโมง เดินเบา 22 ชั่วโมง

ช่วงเดินเต็มพิกัด	=	26.11 x 7
	=	182.77 หน่วย
ช่วงเดินเบา	=	26.11 x 15 x 0.125 หน่วย
	=	48.96 หน่วย
ดังนั้นใช้ไฟฟ้ารวมต่อวัน	=	182.77 + 48.96 หน่วย
	=	231.73 หน่วย/วัน
ใน 1 ปี คิดการทำงาน 360 วัน	=	231.73 x 360 หน่วย
	=	83,423 หน่วย/ปี
คิดเป็นพลังงานที่ลดได้ต่อปี	=	165,600 - 83,423 หน่วย
	=	82,177 หน่วย
ค่าไฟฟ้าหน่วยละ	=	2.53 บาท
ดังนั้นสามารถประหยัดได้	=	2.53 x 82,177
	=	207,907.81 บาท/ปี
คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี	=	82,177 หน่วย x 3.6 MJ/หน่วย
	=	295,837 MJ/ปี

ประเมินผลการลงทุน

ค่าเครื่อง inverter 4 ชุด พร้อมติดตั้ง	=	(40,000 x 2) + (37,000 x 2) + 40,000 บาท
	=	194,000 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	เงินลงทุน/ค่าไฟฟ้าที่ประหยัดได้
	=	194,000 / 223,521 ปี
	=	0.868 ปี
	=	317 วัน
	=	10.5 เดือน

4.6.7 มาตรการพิเศษ จากข้อ 6 หากการผลิตต้องการคงรอบการหมุนของมอเตอร์ไว้ 1000 รอบ

จากเดิม 1450 รอบต่อนาที ทำงานปกติ 12 ชั่วโมง และทำงานลดรอบลงมา 12 ชั่วโมง

คำนวณผลการประหยัด

ทำงานปกติ 12 ชั่วโมง

พลังงานที่ใช้รวมทั้ง 2 บ่อ = 11.19 + 14.92 kw

= 26.11 kw

ใน 1 วันเดินเครื่องเฉลี่ย 12 ชั่วโมง ใช้กำลังประมาณร้อยละ 80 ของพิกัดมอเตอร์

อัตราการใช้กำลังไฟฟ้า = 26.11 x 12 x 0.8

= 250 หน่วย/วัน

ทำงานลดรอบลงมาเหลือ 1,000 รอบต่อนาที 12 ชั่วโมงต่อวัน

พลังงาน = ความเร็วรอบยกกำลังสาม (n^3)

HP1 / HP2 = $(N1 / N2)^3$

26.11 / HP2 = $(1450 / 1000)^3$

HP2 = $26.11 / (1450 / 1000)^3$

= 8.56 kW

ใน 1 วันเดินเครื่องเฉลี่ย 12 ชั่วโมง ใช้กำลังประมาณร้อยละ 80 ของพิกัดมอเตอร์

อัตราการใช้กำลังไฟฟ้า = 8.56 x 12 x 0.8

= 82 หน่วย/วัน

ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อวัน = 250 + 82

= 332 หน่วย/วัน

พลังงานที่ลดลง = ก่อนแก้ไข – หลังแก้ไข

= (2 x 250) - 332

= 168 หน่วย/วัน

ใน 1 ปี คิดการทำงาน 365 วัน = 168 x 365 หน่วย

= 61,320 หน่วย/ปี

ค่าไฟฟ้าหน่วยละ = 2.53 บาท

ดังนั้นสามารถประหยัดได้ = 2.53 x 61,320

= 155,139.6 บาท/ปี

คิดเป็นพลังงานที่ประหยัดได้ต่อปี = 61,320 หน่วย x 3.6 MJ/หน่วย

= 220,752 MJ/ปี

ประเมินผลการลงทุน

ค่าเครื่อง inverter 4 ชุด พร้อมติดตั้ง (40,000บาท)

= 40,000 x 2 + 37,000 x 2

+ 40,000 บาท

= 194,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = **เงินลงทุน/ค่าพลังงานที่ประหยัดได้**

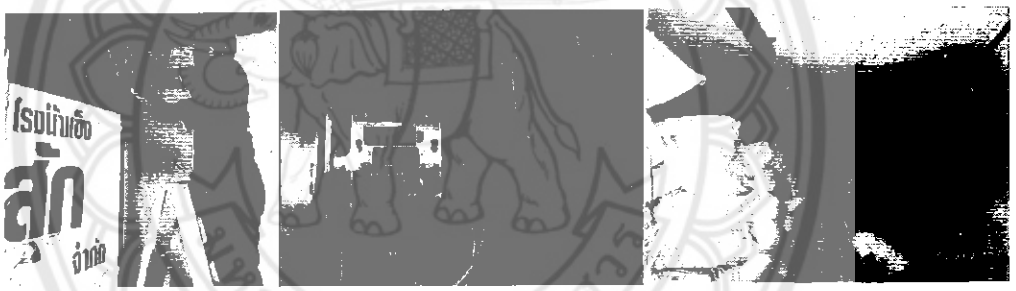
= 194,000 / 155,139.6 ปี

= 1.25 ปี

= 15 เดือน 21 วัน

4.6.8 มาตรการติดมิเตอร์หน้าห้องเย็น

เป็นการติดตั้งมิเตอร์บริเวณห้องเย็นเพื่อทดลองหาค่าความแตกต่างของ**เลขมิเตอร์** โดยทำการจดเลขมิเตอร์หน้าห้องเย็นก่อนเปิดห้องเย็น



รูปที่ 4.25 แสดงการติดตั้งมิเตอร์หน้าห้องเย็น

จะมีการแบ่งการทดลองเป็น 2 กรณี ได้แก่

4.6.8.1 กรณีไม่ปิดเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนทำการเปิดห้องเย็น

4.6.8.2 กรณีปิดเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนทำการเปิดห้องเย็น

- จากผลการทดลองในกรณีที่ 4.6.8.1 จะได้ค่าตามตาราง

ตารางที่ 4.17 เลขมิเตอร์ในกรณีไม่ปิดเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนทำการปิดห้องเย็น

ลำดับที่	วันที่	เวลา	เลขมิเตอร์	จำนวนน้ำแข็ง (ถุง)	ผลต่างเลขมิเตอร์ (kWh)	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้(kWh/ถุง)
1	2-พ.ย.-55	7.50	4837	144	-	-
2	3-พ.ย.-55	7.25	4880	144	43	0.33
3	4-พ.ย.-55	6.45	4919	120	39	0.34
4	5-พ.ย.-55	8.10	4951	96	32	0.34
5	6-พ.ย.-55	7.20	4982	96	31	0.32
6	8-พ.ย.-55	7.03	5071	120	41	0.34
7	9-พ.ย.-55	8.10	5110	120	39	0.35
8	10-พ.ย.-55	7.00	5168	192	58	0.30
9	11-พ.ย.-55	7.10	5215	144	47	0.33
10	12-พ.ย.-55	6.00	5267	147	52	0.33
11	13-พ.ย.-55	8.00	5326	192	59	0.31
12	14-พ.ย.-55	7.45	5358	96	32	0.33
13	15-พ.ย.-55	6.40	5397	120	39	0.35
รวม				1,731.00	560.00	**3.99**
เฉลี่ย				132.25	43.08	**0.33**

- จากผลการทดลองในกรณีที่ 2 จะได้ค่าตามตาราง

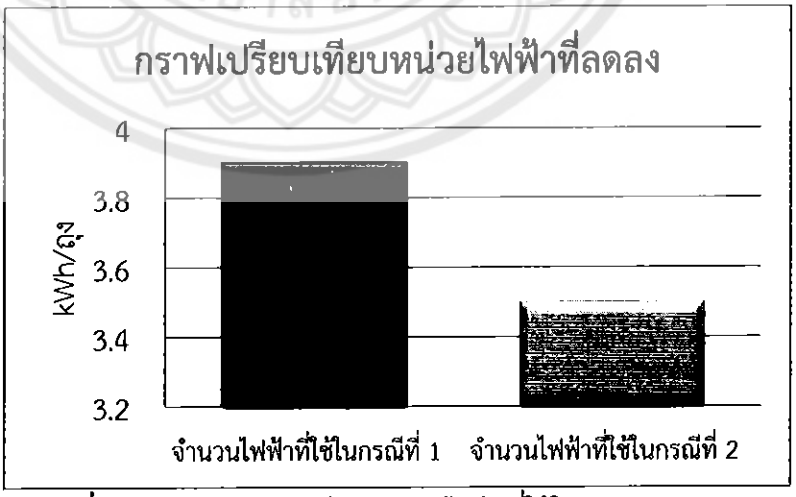
ตารางที่ 4.18 เลขมิเตอร์ในกรณีปิดเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนทำการเปิดห้องเย็น

ลำดับที่	วันที่	เวลา	เลขมิเตอร์	จำนวนน้ำแข็ง (ถุง)	ผลต่างเลขมิเตอร์ (kWh)	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้(kWh/ถุง)
1	16-พ.ย.-55	6.00	5427	96	-	
2	17-พ.ย.-55	8.00	5480	192	53	0.28
3	18-พ.ย.-55	7.40	5535	192	55	0.29
4	19-พ.ย.-55	8.10	5578	147	43	0.29
5	20-พ.ย.-55	8.30	5621	144	43	0.30
6	22-พ.ย.-55	8.15	5651	96	30	0.31
7	23-พ.ย.-55	7.20	5694	147	43	0.29
8	24-พ.ย.-55	7.05	5734	147	40	0.27
9	25-พ.ย.-55	8.00	5768	120	34	0.29
10	26-พ.ย.-55	8.20	5807	120	39	0.33
11	27-พ.ย.-55	8.00	5847	144	40	0.28
12	28-พ.ย.-55	7.40	5889	144	42	0.29
13	29-พ.ย.-55	8.30	5930	144	41	0.28
รวม				1,833.00	503.00	**3.50**
เฉลี่ย				144.75	41.92	**0.29**

- ผลต่างของจำนวนหน่วยไฟฟ้าของมิเตอร์หน้าห้องเย็นแสดงดังตาราง

ตารางที่ 4.19 แสดงค่าจำนวนหน่วยไฟฟ้าของมิเตอร์หน้าห้องเย็นที่ลดลง

ลำดับที่	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้ในกรณีที่ 1 (kWh/ถุง)	จำนวนไฟฟ้าที่ใช้ในกรณีที่ 2 (kWh/ถุง)	หน่วยที่ลดลง (kWh/ถุง)	ร้อยละที่ลดลง
1	-	-	-	-
2	0.30	0.28	0.02	7.99
3	0.32	0.29	0.03	9.38
4	0.33	0.29	0.04	11.36
5	0.32	0.30	0.02	7.53
6	0.34	0.31	0.03	9.27
7	0.33	0.29	0.04	11.36
8	0.30	0.27	0.03	9.92
9	0.33	0.29	0.04	11.15
10	0.36	0.33	0.04	9.72
11	0.31	0.28	0.03	9.60
12	0.33	0.29	0.04	12.50
13	0.33	0.28	0.05	13.72
รวม	3.90	3.50	0.40	123.49
เฉลี่ย	0.33	0.29	0.03	10.32



รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบจำนวนไฟฟ้าที่ใช้ในการทดลอง

จากตารางจะเห็นได้ว่า จำนวนไฟฟ้าที่ใช้ในกรณีที่ 2 มีค่าลดลงจากจำนวนไฟฟ้าที่ใช้ในกรณีที่ 1 โดยเฉลี่ยเป็นจำนวน 0.04 kWh/ถุง เมื่อคิดเป็นร้อยละแล้วสามารถลดลงไปร้อยละ 10.32

คำนวณผลการประหยัด

กรณีที่ 4.6.8.1 ไม่ปิดเครื่องคอมเพรสเซอร์ก่อนเปิดห้องเย็น

จำนวนที่ใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย = 0.33 kWh/ถุง

ค่าไฟฟ้าโรงน้ำแข็งหลอด = 2.68 บาท/ หน่วย

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ = 0.8844 บาท/ถุง

หากห้องเย็นนี้สามารถขนน้ำแข็งเข้า – ออก เฉลี่ย 138 ถุง/วัน

จะเสียค่าไฟฟ้า = 0.8844 × 138

= 122.0472 บาท /วัน

1 เดือนมี 30 วัน จะเสียค่าไฟ = 122.0472 × 30

= 3,661.416 บาท/เดือน

1 ปีมี 365 วัน จะเสียค่าไฟ = 3,661.416 × 365

= 44,547.23 บาท/ปี

กรณีที่ 4.6.8.2 ปิดเครื่องคอมเพรสเซอร์ ก่อนทำการเปิดห้องเย็น

จำนวนที่ใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ย = 0.29 kWh/ถุง

ค่าไฟฟ้าโรงน้ำแข็งหลอด = 2.68 บาท/หน่วย

ค่าไฟฟ้าที่ใช้ = 0.7772 บาท/ถุง

หากห้องเย็นนี้สามารถขนน้ำแข็งเข้า – ออก เฉลี่ย 138 ถุง/วัน

จะเสียค่าไฟฟ้า = 0.7772 × 138

= 107.2536 บาท/วัน

1 เดือนมี 30 วัน จะเสียค่าไฟ = 107.2536 × 30

= 3,217.61 บาท/เดือน

1 ปีมี 365 วัน จะเสียค่าไฟ = 3,217.61 × 365

= 39,147.56 บาทฝปี

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง = ค่าไฟฟ้าในกรณีที่ 4.6.8.1 – ค่าไฟฟ้าในกรณีที่ 4.6.8.2

ค่าไฟฟ้าที่ลดลง = 44,547.23 - 39,147.5

= 5,399.66 บาท/ปี

ประเมินผลการลงทุน

ลงทุนซื้อมิเตอร์ไฟฟ้าอื่น ๆ = 700 บาท

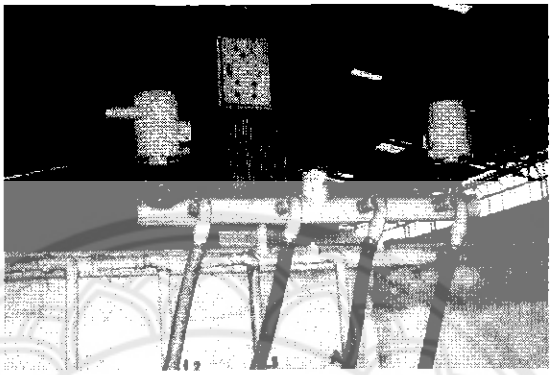
ระยะเวลาการคืนทุน = เงินลงทุน/เงินค่าพลังงานที่ประหยัดได้

= 700/5,399.66 ปี

= 0.1296 ปี

4.6.9 มาตรการทดลองการเพิ่มจำนวนไส้กรองอากาศจากเดิม 1 ตัว เป็น 3 ตัว

เป็นการติดไส้กรองเพิ่มขึ้นโดยวิเคราะห์ค่าพลังงานจาก Energy Chart ว่าน่าจะมีโอกาสเป็นไปได้ในการลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ผู้ทำโครงงานเลยทำการทดลองเพื่อทดลองหาจำนวนไฟฟ้าที่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ และการทดลองครั้งนี้พบว่าสามารถถอดไส้กรองออกง่ายจึงทำให้ง่ายต่อการบำรุงรักษา



รูปที่ 4.27 แสดงไส้กรองสีเหลืองที่ติดเพิ่มอีก 2 ไส้กรอง

จากรูปที่ 2.27 ตัวกรองอากาศที่ทาด้วยสีเหลืองคือกรองอากาศที่ติดตั้งเพิ่ม เป็นจำนวน 2 ตัว รวมทั้งหมด 3 ตัวด้วยกัน

คำนวณหาผลต่างของการทดลอง

4.6.9.1 ก่อนทำการติดตั้งได้ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้ได้ดังตารางที่ 4.20

ตารางที่ 4.20 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้ก่อนการติดตั้งเพิ่ม

กระแส	มอเตอร์ 1	มอเตอร์ 2	มอเตอร์ 3	มอเตอร์ 4
R	4	4.4	5.3	3.8
S	4	4	5	3.3
T	3.6	4	5.4	3.8

นำค่าจากตารางที่ 4.20 มาคำนวณหาจำนวนไฟฟ้าที่ใช้โดยที่ ในการผลิต 1 รอบ จะเปิดเครื่องเป่าลม 24 ชั่วโมงโดยประมาณ ได้จากสูตร

$$W = 1.73 \times 380 \times \text{กระแสไฟฟ้า} \times 0.8 \qquad (4.6)$$

โดยที่ ค่า PF = 0.8, แรงดันไฟฟ้า = 380 V และค่าทางไฟฟ้าระบบ 3 เฟส = 1.73 ทำการแทนค่ากระแสไฟฟ้าในตารางที่ 4.20 จะได้ค่าดังตารางที่ 4.21 (ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.53 บาท)

ตารางที่ 4.21 แสดงค่าไฟฟ้าก่อนทำการทดลอง

no.	watt	kWh	ค่าไฟฟ้า
มอเตอร์ 1	2,033.56	48.81	123.49
มอเตอร์ 2	2,173.80	52.17	131.99
มอเตอร์ 3	2,752.31	66.06	167.13
มอเตอร์ 4	1,910.84	45.86	116.03
รวม	**8,870.51**	**212.90**	**538.64**

การผลิตในแบบเดิมใช้ค่าไฟฟ้ารวมทั้งสิ้น 538.64 บาทต่อหนึ่งรอบการผลิต

4.6.9.2 หลังจากทำการปรับปรุงแล้วได้ทำการวัดค่ากระแสไฟฟ้าที่ใช้อีกครั้งได้ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 แสดงค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้หลังการติดตั้งเพิ่ม

กระแส	มอเตอร์ 1	มอเตอร์ 2	มอเตอร์ 3	มอเตอร์ 4
R	2	1.8	2	2.2
S	1.8	1.9	2.1	1.3
T	1.8	1.9	1.3	1.2

นำค่าจากตารางที่ 4.20 มาคำนวณหาจำนวนไฟฟ้าที่ใช้โดยที่ ในการผลิต 1 รอบจะเปิดเครื่องเป่าลม 24 ชั่วโมงโดยประมาณ ได้จากสูตร

$$W = 1.73 \times 380 \times \text{กระแสไฟฟ้า} \times 0.8 \quad (4.6)$$

โดยที่ ค่า PF = 0.8, แรงดันไฟฟ้า = 380 V และค่าทางไฟฟ้าระบบ 3 เฟส = 1.73 ทำการแทนค่ากระแสไฟฟ้าในตารางที่ 4.22 จะได้ค่าดังตารางที่ 4.23 (ค่าไฟฟ้าหน่วยละ 2.53)

ตารางที่ 4.23 แสดงค่าไฟฟ้าหลังทำการทดลอง

no.	watt	kWh	ค่าไฟฟ้า
มอเตอร์1	981.72	23.56	59.61
มอเตอร์2	981.72	23.56	59.61
มอเตอร์3	946.66	22.72	57.48
มอเตอร์4	823.94	19.77	50.02
รวม	**3,734.04**	**89.61**	**226.71**

หลังการทดลองพบว่า ค่าไฟฟ้าลดลงเหลือ 226.71 บาท

ผลการประหยัด

จำนวนเงินที่ประหยัดได้ = ค่าไฟฟ้าก่อนการทดลอง – ค่าไฟฟ้าหลังการทดลอง

= 538.64 – 226.71

= 311.92 บาท/รอบการผลิต

1 เดือน จะผลิต 30 รอบ เพราะฉะนั้น = 311.92 × 30

= 9,357.711 บาท

1 ปีจะสามารถประหยัดได้ = 9,357.711 × 12

= 113,852.15 บาท

ประเมินผลการลงทุน

ลงทุนซื้อไส้กรองราคา 1,700 บาทต่อตัว ใช้ 2 ตัว = 3,400 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน / เงินค่าพลังงานที่ประหยัดได้

= 3,400/113,852.15 ปี

= 0.0299 ปี

= 11 วัน

4.6.10 เลือกใช้เครื่องเป่าลมให้เหมาะสมกับการผลิต

ปัจจุบันโรงงานเลือกใช้เครื่องเป่าลม 2 ตัวในการเป่าขึ้นรูน้ำแข็งซอง

ตารางที่ 4.24 ปริมาณน้ำแข็งและจำนวนเครื่องที่ใช้เป่า

ปริมาณน้ำแข็ง(แพ)	จำนวนเครื่องที่ใช้เป่า
20 - 25	2
26 - 30	3
31 - 68	4

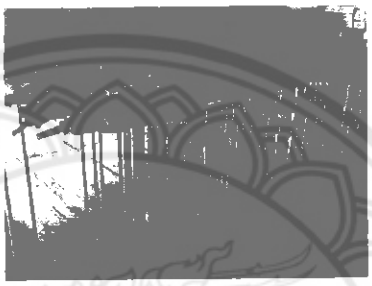
ในการผลิต 1 แพ เท่ากับ 7 ซอง 1 ซอง เท่ากับ 3 ลูก

ในการผลิตปกติจะทำเพียง 20 - 25 ซองโดยประมาณ จากเดิมโรงงานใช้เครื่องเป่า 3 ตัวในการเป่าซองน้ำแข็งซึ่งใช้พลังงานเกินความจำเป็นเพราะเพียงการทำงาน 2 ตัวของเครื่องเป่าก็เพียงพอต่อการผลิตโดยปัจจัยที่มีผลกระทบต่อการเป่าคือ

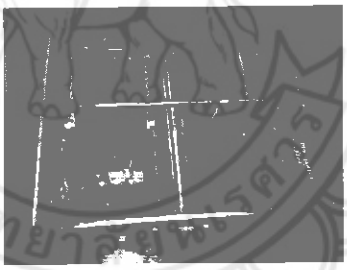
ก. ความเย็นของบ่อผลิตน้ำแข็ง

ข. การเติมน้ำลงในซองน้ำแข็ง

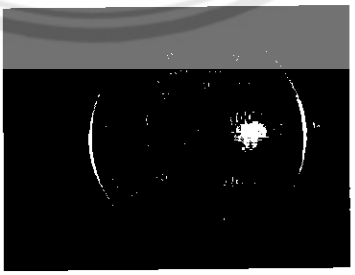
ค. ไอน้ำที่มากับท่อลม



รูปที่ 4.28 ชิ้นส่วนนี้คือหลอดเป่าลมที่จะวางเหนือซองน้ำแข็ง

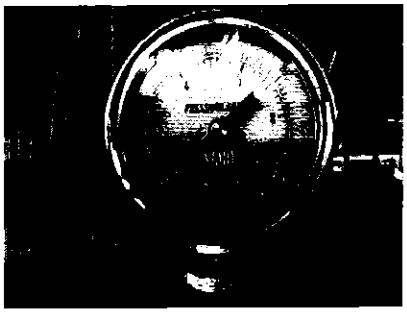


รูปที่ 4.29 เมื่อวางลงบนซองน้ำแข็ง

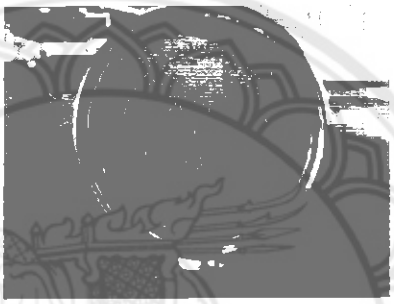


รูปที่ 4.30 เกจวัดความเย็นบ่อ A

ความเย็นของบ่อมีผลกระทบต่อการเลือกใช้เครื่องใช้เป่าลมจากรูปบ่อมีความเย็น -12 °C หากทำการผลิต 20-25 แพ สามารถใช้เครื่องเป่าลมจำนวน 2 ตัวได้ ในการทดสอบได้มีการการติดตั้งเกจเพื่อวัดปริมาณลมในกรณีที่ใช้เครื่องเป่า 3 ตัว



รูปที่ 4.31 เกจวัดแรงดันก่อนเข้าบ่อชองน้ำแข็ง

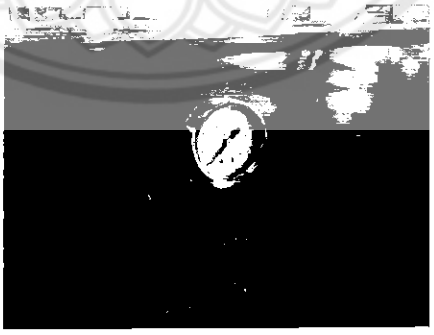


รูปที่ 4.32 เกจที่ติดตั้งบริเวณท่อช่วงสุดท้ายก่อนปล่อยทิ้ง

จากรูปที่ 4.31 มีแรงดันที่ 6.666

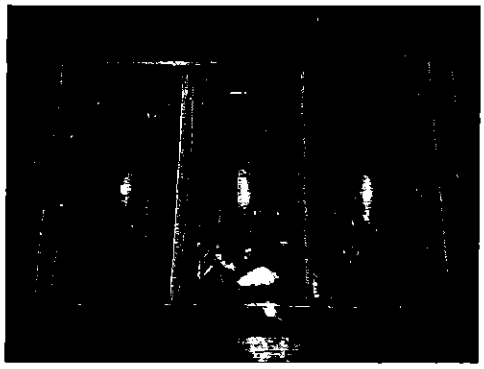
จากรูปที่ 4.32 มีแรงดันที่ 3.333

หลังจากทดลองทำการปิดเครื่องเป่าลม 1 ตัว แรงดันท่อส่วนปลายก่อน**ทิ้งไม่สามารถวัดค่าได้**



รูปที่ 4.33 เกจวัดปลายท่อความเย็น

ผลที่ได้รับคือความดันไม่สามารถวัดค่าได้ ต่อมาได้ทำการทดลองโดยน้ำแข็งในรอบการผลิตใหม่ จำนวน 20 แพ ใช้จำนวนเครื่องเป่า 2 ตัวได้ผลดังรูป



รูปที่ 4.34 น้ำแข็งขณะขึ้นรูป

ในการผลิตน้ำแข็งในแต่ละวัน ผลิตอยู่ในช่วง 20 – 25 แพ ทำให้สามารถผลิตปริมาณน้ำแข็งได้ครั้งละ 140 ซอง

1 แพ เท่ากับ 7 ซอง 1 ซอง เท่ากับ 3 ลูก

ในการผลิตน้ำแข็งในแต่ละวัน ผลิตอยู่ในช่วง 20 – 25 แพ

หากทำการผลิต 20 แพ จะผลิตน้ำแข็งได้ 420 ลูก

หากทำการผลิต 21 แพ จะผลิตน้ำแข็งได้ 441 ลูก

หากทำการผลิต 22 แพ จะผลิตน้ำแข็งได้ 462 ลูก

หากทำการผลิต 23 แพ จะผลิตน้ำแข็งได้ 483 ลูก

หากทำการผลิต 24 แพ จะผลิตน้ำแข็งได้ 504 ลูก

หากทำการผลิต 25 แพ จะผลิตน้ำแข็งได้ 525 ลูก

เมื่อนำจำนวนน้ำแข็งมาเฉลี่ยจะได้เท่ากับ 472.5 ลูก

คำนวณผลการประหยัด

เดิมในการในการผลิตมีต้นทุนต่อหน่วย (ลูก) ในการจำหน่ายที่ 1.225 **บาท/ลูก**

หลังติดตั้งไส้กรองเพิ่มการผลิตมีต้นทุนต่อหน่วย(ลูก)ในการจำหน่ายที่ 0.515 บาท2ลูก

ผลต่างหลังทำการปรับปรุง = ก่อนปรับปรุง – หลัง**ปรับปรุง**

= 1.225 - 0.515 = 0.709 บาท/ลูก

1 เดือนมี 30 วัน ทำการผลิต 14,175 ลูก

= 0.709 × 14,175

= 10,050.075 บาท/เดือน

ผลการประหยัดต่อปี = 10,050.075 × 12

= 120,600.9 บาท

ประเมินผลการลงทุน

ลงทุนซื้อเกจวัดความดัน	=	560 บาท
ระยะเวลาคืนทุน	=	เงินลงทุน / เงินค่าพลังงานที่ประหยัดได้
	=	560 / 120,600.9
	=	0.004643 วัน
	=	1.7 วัน

4.7 สรุปมาตรการการประหยัดพลังงาน

4.7.1 มาตรการที่ทางโรงงานได้ปฏิบัติตาม

4.7.1.1 มาตรการที่ 3 ล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนห้องเย็น 2 ตู้

4.7.1.2 มาตรการที่ 4 ปรับเปลี่ยนหลอดผอม T8 เป็นหลอดประหยัดพลังงาน T5

4.7.1.3 มาตรการที่ 5 ลดเวลารอคอยการขนส่งน้ำแข็งไปส่งลูกค้า

4.7.2 มาตรการที่มีการทดลองในโรงงานแล้วประสบผลสำเร็จในการอนุรักษ์พลังงาน

4.7.2.1 มาตรการที่ 8 ติดมิเตอร์หน้าห้องเย็น

4.7.2.3 มาตรการที่ 9 เพิ่มไส้กรอง ให้กับเครื่องเป่าลมจาก 1 เป็น 3 ไส้กรอง

4.7.2.3 มาตรการที่ 10 จำนวนเครื่องเปล่าลมให้เหมาะสมกับการผลิต

ในส่วนของมาตรการอื่นๆที่ต้องมีการลงทุนและไม่มีการลงทุน ทางโรงงานยังต้องพิจารณาถึงความเหมาะสมในการปฏิบัติ และจะปฏิบัติตามมาตรการดังกล่าวในอนาคต จึงไม่ได้ปฏิบัติตามมาตรการทั้งหมด ซึ่งทางโรงงานจะเลือกปฏิบัติตามบางมาตรการที่ทำได้เบื้องต้น

ตารางที่ 4.25 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของมาตรการลดการใช้พลังงาน

มาตรการ/กิจกรรม	การลงทุน (บาท)	ผลที่คาดว่าประหยัดได้								ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
		พลังงานไฟฟ้า			พลังงานความร้อน			รวม		
		kWh	MJ	ราคา (บาท)	หน่วย (ลิตร)	MJ	ราคา (บาท)	MJ	ราคา (บาท)	
1. ลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเครื่องผลิตน้ำแข็งอนามัย	5,000	126,720	456,192	339,609.6	-	-	-	456,192	339,609.60	0.0147
2. หุ้มฉนวนท่อส่งความเย็นแอมโมเนีย	100,000	69,788	175,867	176,563.64	-	-	-	175,867	176,563.64	0.5664
3. ล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนห้องเย็น 2 ตู้	3,000	8,775	31,590	23,517	-	-	-	31,590	23,517.00	0.1276
4. มาตรการปรับเปลี่ยนหลอดผอม T8 เป็นหลอดประหยัดพลังงาน T5	9,600	2,847	10,249	7,202.91	-	-	-	10,249	7,202.91	1.3328
5. ลดเวลารอคอยการขนส่งน้ำแข็งไปส่งลูกค้า	-	-	-	-	2,555	93,053	77,825	93,053	77,825.30	-
6. ใส่ Inverter มอเตอร์กวนน้ำเกลือ บ่อ A และบ่อ B	194,000	82,177	295,837	207,908	-	-	-	295,837	207,908	0.9331
7. พิเศษ เหมือนข้อ 6 แต่หมุน 1,000 รอบ	194,000	61,320	220,752	155,140	-	-	-	-	155,139.6	1.2505
8. มาตรการติดมิเตอร์หน้าห้องเย็น	700	20,805	74898	55,757.40					55,757.40	0.0126
9. เพิ่มจำนวนไส้กรองอากาศจากเดิม 1 ตัว เป็น 3 ตัว	3,400	45,000.85	162,003	113,852.15					113,852.15	0.0299
10. เลือกใช้เครื่องเป่าลมให้เหมาะสมกับการผลิต	560	-	-	120,600.90					120,600.90	0.00464
รวม		**290,307**	**969,735**	**801,424**	**2,555**	**93,053**	**84,315**	**1,062,788**	**885,739**	**-**

4.8 นำมาตรการและระเบียบวิธีปฏิบัติไปบังคับใช้ในโรงงาน

4.8.1 ระเบียบปฏิบัติที่นำไปใช้ในโรงงาน

ระเบียบปฏิบัติเพื่อการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน คือการแจ้งให้พนักงานทุกคนทราบแล้วปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติเพื่อให้การป้องกันเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพดังตารางที่ 4.26 (ระเบียบปฏิบัติอื่นๆ มีต่อในภาคผนวก ข)

ตารางที่ 4.26 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงานของห้องเย็น

ลำดับ	ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
			1	2	3
1.	ตั้งอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง -2 ถึง 0 องศา	อภิชาติ			
2.	จัดระเบียบในการจัดวางของในห้องเย็น	หัวหน้างาน			
3.	กำจัดความชื้น หรือเช็ดน้ำให้แห้งก่อนนำเข้าห้องเย็น	พนักงาน			
4.	ปิดประตูให้สนิทป้องกันอากาศข้างนอกเข้าไป	พนักงาน			
5.	เช็ด – ล้างทำความสะอาดเดือนละ 1-2 ครั้ง	พนักงาน			
6.	ตรวจเช็คความร้อนของเครื่องขณะทำงานว่าเป็นปกติหรือไม่	พนักงาน			
7.	ล้าง Coil ร้อน ทุก ๆ เดือน และ Coil เย็น ทุก ๆ 3 เดือน	จำรัส			

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ

(.....)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. .....

4.8.2 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance : PM)

การบำรุงรักษาเชิงป้องกันเป็นการบำรุงรักษาประจำวัน และตามแผนตารางเวลา ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบ, การทำความสะอาด, การหล่อลื่น และการขันให้แน่นโดยมุ่งเน้นจุดที่ส่งผลต่อระบบการทำงาน และความบกพร่องที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงาน หรือการผลิตที่หยุดชะงักได้จึงจะต้องมีการดำเนินการก่อนที่จะเกิดปัญหานำข้อมูลการตรวจสอบ และวิเคราะห์ความผิดปกติไปใช้ในการบำรุงรักษา หรือเปลี่ยนอะไหล่ และการซ่อมแซมเพื่อให้เครื่องจักร และอุปกรณ์สามารถใช้งานได้ตามปกติดังตารางที่ 4.27 และตารางที่ 4.28 (แผนซ่อมบำรุงรักษาเครื่องจักรอื่นๆ มีต่อให้ภาคผนวก ข)

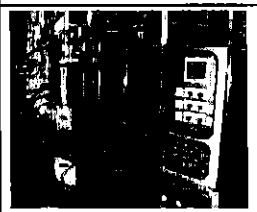
ตารางที่ 4.27 แสดงตารางแผนซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องแพ็คน้ำแข็ง

ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

No. PM-001 rev.0 (21/09/55) Page 1

ชื่อเครื่องจักร เครื่องแพ็คน้ำแข็ง สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร_____

รหัสเครื่อง_____

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	ประจำเดือน_____ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	หมายเหตุ
1		- ตรวจสอบชุดความร้อน Heater	ทุกวัน	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	
2		- ตรวจสอบการทำงานของวาล์วลมที่โซลินอยด์	ทุก 3 วัน	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	
3		ปั๊มลม,ลูกสูบ - รอยรั่ว - น้ำทิ้ง - เป่าฟอง	ทุก 3 วัน	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	
4		- ตรวจสอบความฝืดของกระบอกสูบ	ทุก 7 วัน	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	

ตารางที่ 4.27 (ต่อ) แสดงตารางแผนซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันของเครื่องแพ็คน้ำแข็ง

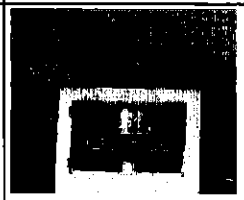
ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

No. PM-001 rev.0 (21/09/55) Page 1

ชื่อเครื่องจักร เครื่องแพ็คน้ำแข็ง

สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร_____

รหัสเครื่อง_____

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	ประจำเดือน_____ 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	หมายเหตุ
5		- ตรวจวัดระดับน้ำมันที่เกน้ำมัน	ทุก 7 วัน	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	
6		- ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ขับลูกเบี้ยว	ทุก 7 วัน	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	
7		- ตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า กระแส R = แรงดัน R = S = S = T = T =	ทุกเดือน	1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	
		ลงชื่อ(ผู้ปฏิบัติ)		1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	
		ลงชื่อ(ผู้ตรวจสอบ)			

ตารางที่ 4.28 แสดงตารางการเปลี่ยนอะไหล่

ใบเปลี่ยนอะไหล่

ชื่อเครื่องจักร_____ สถานที่ติดตั้ง_____

หมายเลขเครื่องจักร_____

ลำดับที่	รายการอะไหล่	จำนวน	สาเหตุที่เปลี่ยน	ความถี่ในการเปลี่ยนอะไหล่	ประจำปี _____												ผู้ปฏิบัติ	ผู้อนุมติ	หมายเหตุ
					ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.			

4.9 ติดตามมาตรการและระเบียบปฏิบัติ พร้อมทั้งเก็บข้อมูลประจำทุกเดือน

ในการจัดทำแผนซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันต้องอาศัยข้อมูลจากหนังสืออ้างอิง และการปรึกษากับพนักงานช่างประจำโรงงานเพื่อแก้ไขปรับปรุงแผนซ่อมบำรุงรักษาเชิงป้องกันเพื่อปรับปรุงให้เข้ากับเครื่องจักรในโรงงาน และเพื่อให้พนักงานเข้าใจในแผนซ่อมบำรุงรักษา และสามารถนำไปใช้ได้อย่างถูกต้องโดยจะเน้นในเรื่องของการเลือกบำรุงรักษาเครื่องจักรที่มีแนวโน้มการใช้พลังงานสูงสุด 5 อันดับแรก

4.10 การนำข้อมูลมาวิเคราะห์จัดทำดัชนีชี้วัดหลังปรับปรุง

หลังจากการทำมาตรการประหยัดพลังงานไปใช้ในโรงงานน้ำแข็งเป็นเวลาทั้งหมด 7 เดือนจึงสามารถเก็บรวบรวมข้อมูลได้ดังนี้

4.10.1 การพยากรณ์สมการพลังงาน

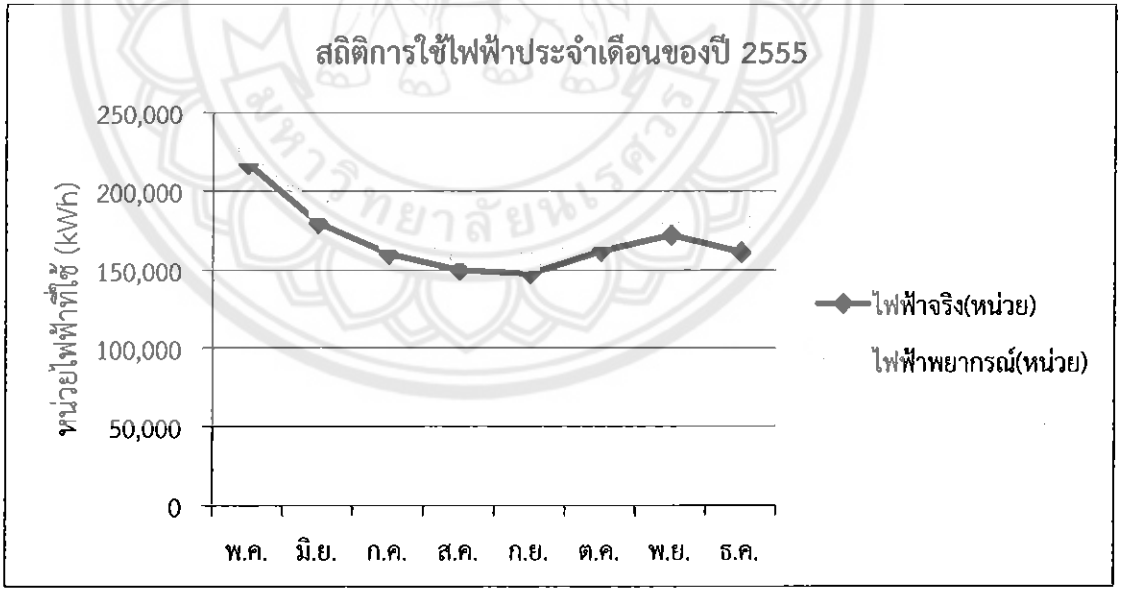
4.10.1.1 พลังงานไฟฟ้าในโรงงานน้ำแข็งซองสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้พลังงานและอัตราการผลิตของโรงงานก่อนดำเนินโครงงาน (มกราคม – ธันวาคม 2554) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งได้สมการดังนี้

ค่าไฟฟ้าน้ำแข็งก้อน (หน่วย) = 54,065.34 + 72.10 (ผลผลิตของน้ำแข็งซอง (ตัน)) **(4.3)**

จากการแทนค่าอัตราผลผลิตของปี 2555 นำค่าในเดือนที่เริ่มมีการออกมาตรการ (พฤษภาคม – ธันวาคม 2555) ลงในสมการ 4.3 แล้วได้ค่าพยากรณ์แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี 2555 ได้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.29 การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าโรงน้ำแข็งซอง
และค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2555

เดือน	ผลผลิตน้ำแข็งซอง(ตัน)	ไฟฟ้าจริง (หน่วย)	ไฟฟ้าพยากรณ์ (หน่วย)	Error	Error (ร้อยละ)
พ.ค.	2,356.65	216,840.00	223,979.81	7,139.81	3.19
มิ.ย.	1,880.45	180,084.00	189,645.79	9,561.79	5.04
ก.ค.	1,605.15	160,536.00	169,796.66	9,260.66	5.45
ส.ค.	1,488.25	150,144.00	161,368.17	11,224.17	6.96
ก.ย.	1,413.45	147,996.00	155,975.09	7,979.09	5.12
ต.ค.	1,631.65	162,492.00	171,707.31	9,215.31	5.37
พ.ย.	1,819.30	172,548.00	185,236.87	12,688.87	6.85
ธ.ค.	1,724.65	161,628.00	178,412.61	16,784.61	9.41
รวม	13,919.55	1,352,268.00	1,436,122.28	83,854.28	47.38
เฉลี่ย	1,739.94	169,033.50	179,515.28	10,481.78	5.84



รูปที่ 4.35 แสดงกราฟเปรียบเทียบแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง
กับพลังงานไฟฟ้าพยากรณ์ของโรงน้ำแข็งซองปี 2555

จากตารางที่ 4.20 สามารถอธิบายได้ว่า การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในโรงน้ำแข็งซองโดยการใช้พลังงานของปี 2554 แล้วแทนค่าตัวแปรสมการด้วยอัตราการผลิตของปี 2555 เพื่อหาแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งค่าพยากรณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 6.15 ซึ่ง

ถือว่ายอมรับได้ แต่มีค่าความคลาดเคลื่อนในบางเดือนที่มีปริมาณการผลิตที่มากจากกราฟจะเห็นได้ว่าเส้นการพยากรณ์จะใกล้เคียงกับเส้นการใช้ไฟฟ้าจริง และเส้นการใช้ไฟฟ้าจริงกับเส้นพยากรณ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คืออัตราการผลิตมากการใช้ไฟฟ้าก็มากขึ้นตามไปด้วย แต่เมื่อเทียบกับอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยแล้วปี 2555 มีอัตราการใช้ไฟฟ้าที่น้อยกว่าปี 2554 และมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการพยากรณ์ลดลงอีกในปี 2555 เมื่อเทียบกับปี 2554

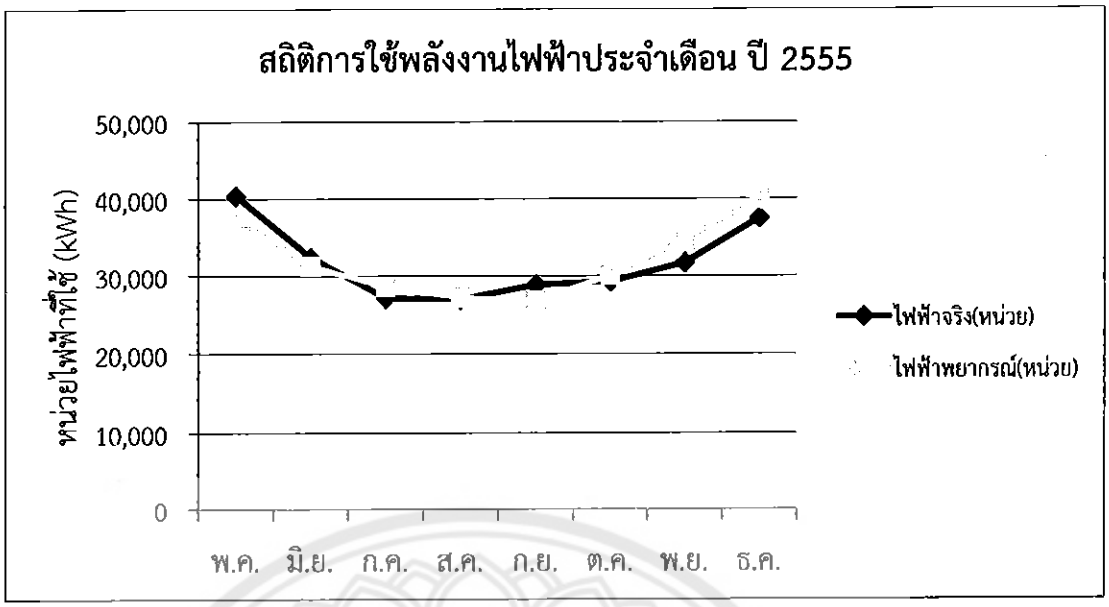
4.10.1.2 พลังงานไฟฟ้าในโรงงานน้ำแข็งหลอดสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้พลังงาน และอัตราการผลิตของโรงงานก่อนดำเนินโครงงาน (มกราคม – ธันวาคม 2554) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งได้สมการดังนี้

ค่าไฟฟ้าน้ำแข็งอนามัย (หน่วย) = 10,401.62 + 88.22 (ผลผลิตของน้ำแข็งอนามัย (ตัน)) **(4.4)**

จากการแทนค่าอัตราผลผลิตของปี 2555 นำค่าในเดือนที่เริ่มมีการออกมาตรการ (พฤษภาคม – ธันวาคม 2555) ลงในสมการ 4.4 แล้วได้ค่าพยากรณ์แนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี 2555 ได้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.30 การพยากรณ์การใช้พลังงานไฟฟ้าโรงน้ำแข็งหลอด
และค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2555

เดือน	ผลผลิตน้ำแข็งหลอด(ตัน)	ไฟฟ้าจริง (หน่วย)	ไฟฟ้าพยากรณ์ (หน่วย)	Error	Error (ร้อยละ)
พ.ค.	307.28	40,384.00	37,509.86	2,874.14	7.66
มิ.ย.	237.22	32,428.00	31,329.17	1,098.83	3.51
ก.ค.	206.36	27,200.00	28,606.70	1,406.70	5.17
ส.ค.	190.80	27,024.00	27,234.00	210.00	0.77
ก.ย.	186.26	28,904.00	26,833.48	2,070.52	7.72
ต.ค.	223.06	29,300.00	30,079.97	779.97	2.59
พ.ย.	275.74	31,732.00	34,727.40	2,995.40	8.63
ธ.ค.	334.82	37,544.00	39,939.44	2,395.44	6.00
รวม	**1,961.54**	**254,516.00**	**256,260.02**	**13,831.00**	**42.04**
เฉลี่ย	**245.19**	**31,814.50**	**32,032.50**	**1,728.88**	**5.26**



รูปที่ 4.36 แสดงกราฟเปรียบเทียบแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง กับพลังงานไฟฟ้าพยากรณ์ของโรงน้ำแข็งหลอดปี 2555

จากตารางที่ 4.21 สามารถอธิบายได้ว่า การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าในโรงน้ำแข็งหลอด โดยการใช้พลังงานของปี 2554 แล้วแทนค่าตัวแปรสมการด้วยอัตราการผลิตของ ปี 2555 เพื่อหาแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งค่าพยากรณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 5.26 ซึ่งถือว่ายอมรับได้ แต่มีค่าความคลาดเคลื่อนในบางเดือนที่มีปริมาณการผลิตที่มาก จากกราฟจะเห็นได้ว่าเส้นการพยากรณ์จะใกล้เคียงกับเส้นการใช้ไฟฟ้าจริง และเส้นการใช้ไฟฟ้าจริงกับเส้นพยากรณ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คืออัตราการผลิตมากการใช้ไฟฟ้าก็มากขึ้นตามไปด้วย แต่เมื่อเทียบกับอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยแล้ว ปี 2555 มีอัตราการใช้ไฟฟ้าที่น้อยกว่าปี 2554 และมีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าจากการพยากรณ์เพิ่มมากขึ้นตามปริมาณการผลิตในปี 2555 เมื่อเทียบกับปี 2554

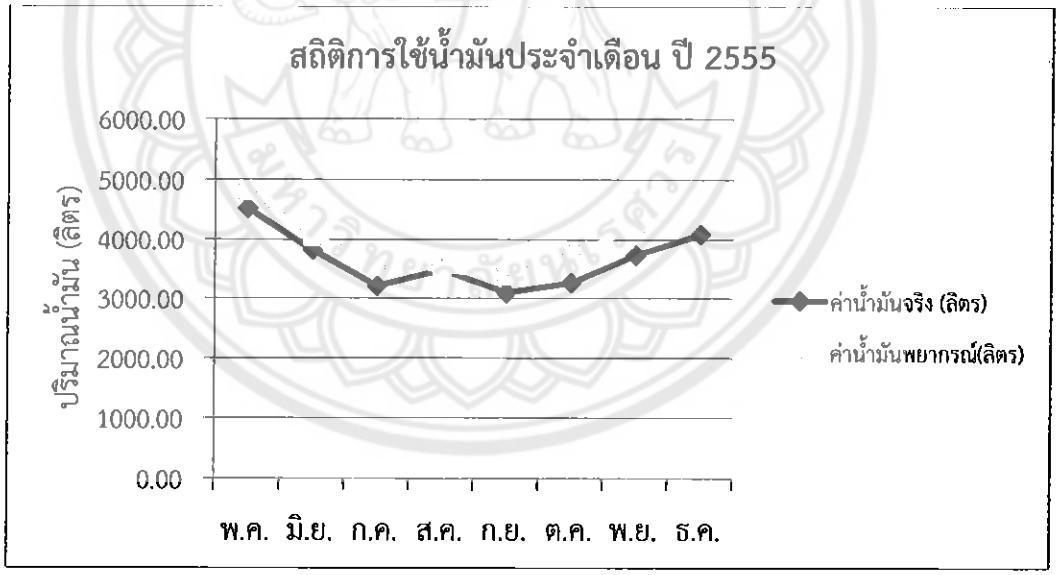
4.10.1.3 พลังงานน้ำมันสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้น้ำมันและอัตราการผลิตของโรงงานก่อนดำเนินโครงงาน (มกราคม – ธันวาคม 2554) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งได้สมการดังนี้

$$\text{ค่าน้ำมันดีเซล} = 1{,}205.63 + 0.85\ (\text{ผลผลิตน้ำแข็งก้อน (ตัน)}) + 5.24\ (\text{ผลผลิตน้ำแข็งหลอด (ตัน)}) \quad (4.5)$$

จากการแทนค่าอัตราผลผลิตของปี 2553 นำค่าในเดือนที่เริ่มมีการออกมาตรการ (พฤษภาคม – ธันวาคม 2555) ลงในสมการ 4.3 แล้วได้ค่าพยากรณ์ แนวโน้มการใช้พลังงานน้ำมันในปี 2553 ได้ข้อมูลดังนี้

ตารางที่ 4.31 การพยากรณ์การใช้พลังงานน้ำมันและค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2555

เดือน	ผลผลิตน้ำแข็งซอง(ตัน)	ผลผลิตน้ำแข็งหลอด(ตัน)	ค่าน้ำมันจริง (หน่วย)	ค่าน้ำมันพยากรณ์(หน่วย)	Error
พ.ค.	2,356.65	307.28	4,526.61	4,818.93	292.32
มิ.ย.	1,880.45	237.22	3,815.37	4,047.05	231.68
ก.ค.	1,605.15	206.36	3,210.40	3,651.33	440.94
ส.ค.	1,488.25	190.80	3,484.75	3,470.43	14.31
ก.ย.	1,413.45	186.26	3,095.65	3,383.06	287.42
ต.ค.	1,631.65	223.06	3,262.25	3,761.37	499.12
พ.ย.	1,819.30	275.74	3,733.44	4,196.91	463.47
ธ.ค.	1,724.65	334.82	4,089.60	4,426.04	336.44
รวม	13,919.55	1,961.54	29,218.07	31,755.13	**2,565.68**
เฉลี่ย	1,739.94	245.19	3,652.26	3,969.39	**317.13**



รูปที่ 4.37 แสดงกราฟเปรียบเทียบแนวโน้มการใช้พลังงานน้ำมันจริง กับพลังงานน้ำมันพยากรณ์ปี 2555

จากตารางที่ 4.22 สามารถอธิบายได้ว่า การพยากรณ์การใช้น้ำมันโดยการใช้พลังงานของปี 2554 แล้วแทนค่าตัวแปรสมการด้วยอัตราการผลิตของปี 2555 เพื่อหาแนวโน้มของการใช้พลังงานไฟฟ้าซึ่งค่าพยากรณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยร้อยละ 7.99 ซึ่งถือว่ายอมรับได้ แต่มี

ค่าความคลาดเคลื่อนในบางเดือนที่มีปริมาณการผลิตที่มาก จากกราฟจะเห็นได้ว่าเส้นการพยากรณ์จะใกล้เคียงกับเส้นการใช้ไฟฟ้าจริง และเส้นการใช้ไฟฟ้าจริงกับเส้นพยากรณ์เป็นไปในทิศทางเดียวกัน คืออัตราการผลิตมากการใช้ไฟฟ้าก็มากขึ้นตามไปด้วย แต่เมื่อเทียบกับอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยแล้วปี 2555 มีอัตราการใช้ไฟฟ้าที่น้อยกว่าปี 2554 และปริมาณการใช้น้ำมันจากการการพยากรณ์ในปี 2555 ลดลงเมื่อเทียบกับปี 2554

4.10.2 การจัดทำดัชนีชี้วัดหลังการปรับปรุง

ดัชนีชี้วัดหลังการปรับปรุงสามารถทำได้โดยนำปริมาณการใช้พลังงานมาทำดัชนีชี้วัดการใช้พลังงาน ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 4.32 แสดงดัชนีชี้วัดหลังการปรับปรุง

เดือน (ปี2555)	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน					ดัชนีการใช้พลังงาน		
		ไฟฟ้า		น้ำมันดีเซล		รวม	ไฟฟ้า	น้ำมันดีเซล	รวม
		kWh	MJ	ลิตร	MJ	MJ	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย
พฤษภาคม	2,663.93	257,224.00	926,006.40	4,526.61	164,859.15	1,090,865.55	347.61	61.89	409.49
มิถุนายน	2,117.67	212,512.00	765,043.20	3,815.37	138,955.75	903,998.95	361.27	65.62	426.88
กรกฎาคม	1,811.51	187,736.00	675,849.60	3,210.40	116,922.71	792,772.31	373.09	64.54	437.63
สิงหาคม	1,679.05	177,168.00	637,804.80	3,484.75	126,914.42	764,719.22	379.86	75.59	455.45
กันยายน	1,599.71	176,900.00	636,840.00	3,095.65	112,743.56	749,583.56	398.1	70.48	468.57
ตุลาคม	1,854.71	191,792.00	690,451.20	3,262.25	118,811.21	809,262.41	372.27	64.06	436.33
พฤศจิกายน	2,095.04	204,280.00	735,408.00	3,733.44	135,972.02	871,380.02	351.02	64.9	415.93
ธันวาคม	2,059.47	199,172.00	717,019.20	4,089.60	148,943.10	865,962.30	348.16	72.32	420.48
รวม	**15,881.09**	**1,606,784.00**	5,784,422.40	29,218.07	1,064,121.93	6,848,544.33	2,931.37	**539.39**	**3,470.76**
สูงสุด	**2,663.93**	**257,224.00**	926,006.40	4,526.61	164,859.15	1,090,865.55	398.1	**75.59**	**468.57**
ต่ำสุด	**1,599.71**	**176,900.00**	636,840.00	3,095.65	112,743.56	749,583.56	347.61	**61.89**	**409.49**
เฉลี่ย	**1,985.14**	**200,848.00**	723,052.80	3,652.26	133,015.24	856,068.04	366.42	**67.42**	**433.85**

4.11 เปรียบเทียบผลการปฏิบัติงานหลังปรับปรุง

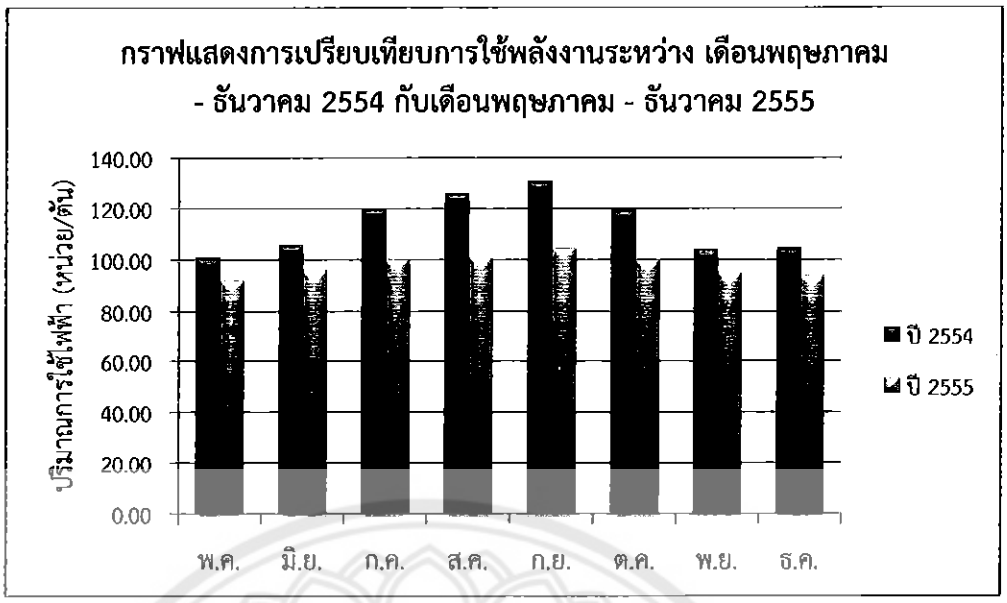
นำผลที่ได้จากดัชนีชี้วัดก่อนทำมาตรการมาเปรียบเทียบกับดัชนีชี้วัดหลังทำมาตรการ และได้ผลการใช้พลังงานต่างๆ ดังนี้

4.11.1 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม ปี 2554 กับเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม ปี 2555

4.11.1.1 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานในโรงน้ำแข็งซอง

ตารางที่ 4.33 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม) ปี 2554 และปี 2555

เดือน	ปี 2554			ปี 2555			ร้อยละที่ลดลง
	ไฟฟ้า	ผลผลิต	การใช้ไฟฟ้า	ไฟฟ้า	ผลผลิต	การใช้ไฟฟ้า	
	(kWh)	(ตัน)	(kWh/ตัน)	(kWh)	(ตัน)	(kWh/ตัน)	
พ.ค.	205,308.00	2,039.05	100.69	216,840.00	2,356.65	92.01	8.62
มิ.ย.	184,044.00	1,739.60	105.80	180,084.00	1,880.45	95.77	9.48
ก.ค.	180,240.00	1,503.40	119.89	160,536.00	1,605.15	100.01	16.58
ส.ค.	162,108.00	1,287.15	125.94	150,144.00	1,488.25	100.89	19.90
ก.ย.	146,652.00	1,121.70	130.74	147,996.00	1,413.45	104.71	19.91
ต.ค.	152,076.00	1,271.80	119.58	162,492.00	1,631.65	99.59	16.72
พ.ย.	157,990.00	1,518.00	104.08	172,548.00	1,819.30	94.84	8.87
ธ.ค.	141,060.00	1,349.40	104.54	161,628.00	1,724.65	93.72	10.35
รวม	**1,329,478.00**	**11,830.10**	**911.25**	**1,352,268.00**	**13,919.55**	**781.53**	**110.42**
เฉลี่ย	**166,184.75**	**1,478.76**	**113.91**	**169,033.50**	**1,739.94**	**97.69**	**14.23**



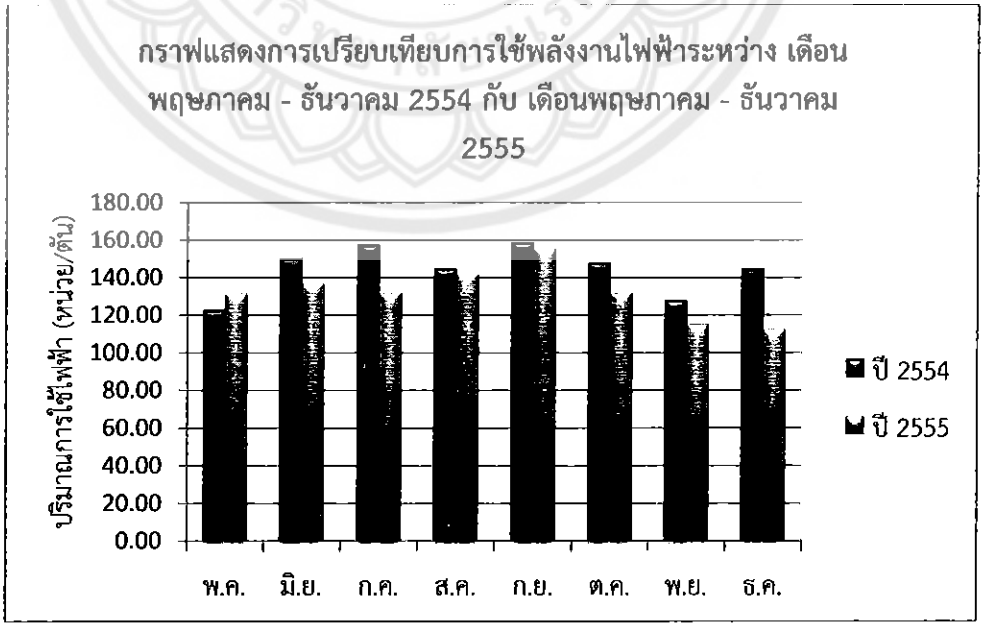
รูปที่ 4.38 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2554 กับเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2555

จากข้อมูลในตารางและกราฟการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงน้ำแข็งชองใน เดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2554 กับเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2555 พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในปี 2555 ลดลงจากปี 2554 เป็นอย่างมากในช่วงเดือนกรกฎาคม - ตุลาคม แสดงให้เห็นถึงในช่วงเดือนดังกล่าวได้มีการนำมาตรการมาปรับใช้อย่างเคร่งครัด และในช่วงทำการศึกษาอยู่นี้ก็จะพบว่าได้มีการลดจำนวนการใช้ไฟฟ้าที่ไม่จำเป็นออก และทางโรงงานได้มีการผลิตน้ำแข็งชองเพิ่มขึ้นจากปี 2554 จึงทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงเป็นอย่างมากเมื่อคิดเป็นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อตันผลผลิต

4.11.1.1 การเปรียบเทียบการใช้พลังงานในโรงน้ำแข็งหลอด

ตารางที่ 4.34 แสดงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม) ปี 2554 และปี 2555

เดือน	ปี 2554			ปี 2555			ร้อยละที่ลดลง
	ไฟฟ้า (kWh)	ผลผลิต (ตัน)	การใช้ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	ไฟฟ้า (kWh)	ผลผลิต (ตัน)	การใช้ไฟฟ้า (kWh/ตัน)	
พ.ค.	36,680	298.52	122.87	40,384	307.28	131.42	-6.96
มิ.ย.	30,404	202.52	150.13	32,428	237.22	136.70	8.94
ก.ค.	31,060	197.10	157.58	27,200	206.36	131.81	16.36
ส.ค.	23,516	162.50	144.71	27,024	190.80	141.64	2.13
ก.ย.	23,924	150.84	158.61	28,904	186.26	155.18	2.16
ต.ค.	29,056	196.66	147.75	29,300	223.06	131.35	11.10
พ.ย.	25,112	196.76	127.63	31,732	275.74	115.08	9.83
ธ.ค.	32,620	225.82	144.45	37,544	334.82	112.13	22.37
รวม	232,372	1,630.72	1,153.73	254,516	1,961.54	1,055.31	65.93
เฉลี่ย	29,046.5	203.84	144.22	31,814.5	245.19	131.91	8.53



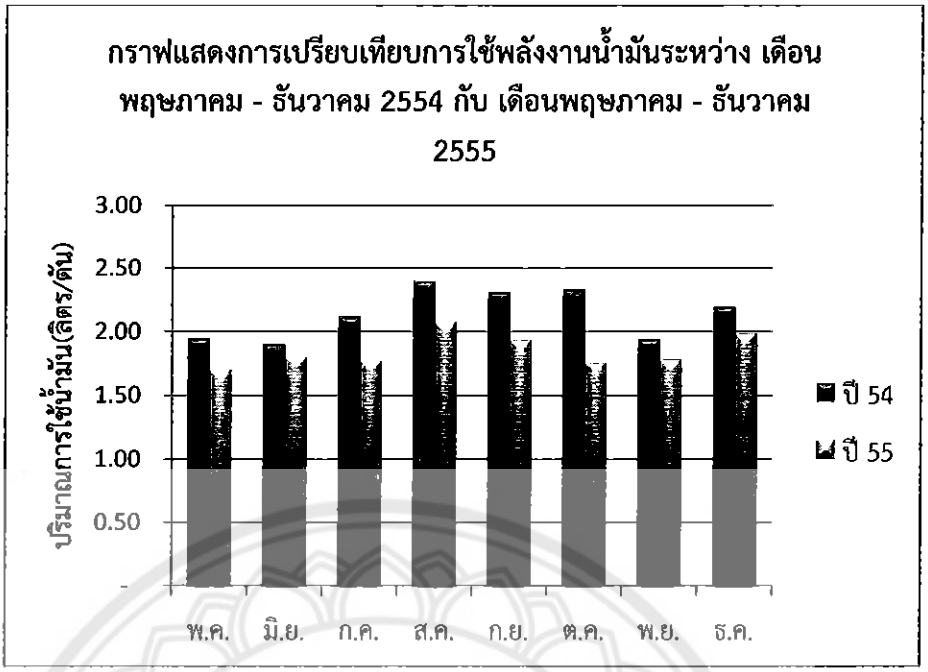
รูปที่ 4.39 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่าง เดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2554 กับเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2555

จากข้อมูลในตารางและกราฟการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงน้ำแข็งหลอด ในเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2554 กับเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2555 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในเดือนพฤษภาคมเพิ่มขึ้น เนื่องจากพนักงานในโรงน้ำแข็งหลอดยังไม่ได้ปฏิบัติตามระเบียบ มาตรการที่ได้ประกาศออกไปแต่เมื่อเริ่มปฏิบัติในเดือนมิถุนายนจะสังเกตได้ว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยลดลง และเมื่อมีการปฏิบัติตามระเบียบ และมาตรการอย่างต่อเนื่อง และทางโรงน้ำแข็งหลอดได้มีการผลิตน้ำแข็งหลอดเพิ่มขึ้นจากปี 2554 จึงทำให้ปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลง

4.11.2 การเปรียบเทียบการใช้เชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลระหว่าง เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2554 กับ เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม ปี 2555

ตารางที่ 4.35 แสดงปริมาณการใช้พลังงานน้ำมัน (เดือนพฤษภาคม – ธันวาคม) ปี2554 และปี 2555

เดือน	ปี 54			ปี 55			% ที่ลดลง
	น้ำมัน (ลิตร)	ผลผลิตรวม(ตัน)	การใช้น้ำมัน (ลิตร/ตัน)	น้ำมัน (ลิตร)	ผลผลิตรวม(ตัน)	การใช้น้ำมัน (ลิตร/ตัน)	
พ.ค.	4,555.75	2,337.57	1.95	4,526.61	2,663.93	1.70	12.81
มิ.ย.	3,693.46	1,942.12	1.90	3,815.37	2,117.67	1.80	5.26
ก.ค.	3,603.87	1,700.50	2.12	3,210.40	1,811.51	1.77	16.38
ส.ค.	3,469.08	1,449.65	2.39	3,484.75	1,679.05	2.08	13.27
ก.ย.	2,939.72	1,272.54	2.31	3,095.65	1,599.71	1.94	16.23
ต.ค.	3,422.65	1,468.46	2.33	3,262.25	1,854.71	1.76	24.54
พ.ย.	3,325.55	1,714.76	1.94	3,733.44	2,095.04	1.78	8.11
ธ.ค.	3,459.83	1,575.22	2.20	4,089.60	2,059.47	1.99	9.59
รวม	**43,953.53**	**13,460.82**	**17.14**	**29,218.07**	**15,881.09**	**14.81**	**106.20**
เฉลี่ย	**3,662.79**	**1,682.60**	**2.18**	**3,652.26**	**1,985.14**	**1.84**	**15.48**



รูปที่ 4.40 กราฟแสดงการเปรียบเทียบการใช้พลังงานน้ำมันดีเซลระหว่าง เดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2554 กับเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2555

จากข้อมูลในตารางและกราฟการเปรียบเทียบการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงน้ำแข็งหลอดในเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2554 กับเดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2555 แสดงให้เห็นว่าปริมาณการใช้พลังงานน้ำมันดีเซลมีค่าลดลง และมีค่าลดลงมากในเดือนตุลาคม และการนำระเบียบปฏิบัติไปปฏิบัติ ตามมาตรการที่ได้ประกาศออกไปอย่างเคร่งครัดจึงทำให้แนวโน้มการใช้พลังงานมีค่าลดลง

4.12 สรุปผลและจัดทำรายงาน

4.12.1 โรงงาน

ตารางที่ 4.36 แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ในเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2555

พลังงาน	ปริมาณ	ค่าความร้อน(MJ)	ร้อยละ
ไฟฟ้า (หน่วย)	1,561,850.00	5,622,660.00	97.40
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	43,953.53	150,321.07	2.60
รวม		5,772,981.07	100.00

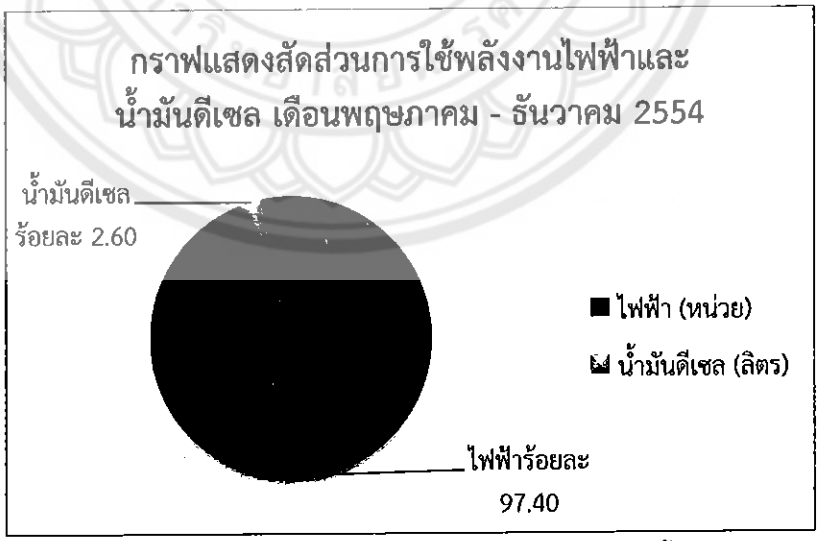
จากตารางปริมาณพลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลที่ใช้ในเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2555 สามารถคำนวณหาปริมาณพลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลในหน่วย Mega Joule ได้ดังต่อไปนี้

ค่าพลังงานความร้อนของพลังงานไฟฟ้า (MJ)

= ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (หน่วย) × ค่าพลังงานไฟฟ้า 3.6 MJ **(4.1)**

ค่าพลังงานความร้อนของน้ำมันดีเซล (MJ)

= ปริมาณการใช้น้ำมันดีเซล (ลิตร) × ค่าพลังงานน้ำมันดีเซล 36.42 MJ **(4.2)**



รูปที่ 4.41 กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซล เดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2554

จากกราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลเพื่อแสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในหน่วย Mega Joule

ตารางที่ 4.37 แสดงปริมาณพลังงานที่ใช้ในเดือนพฤษภาคม – ธันวาคม 2555

พลังงาน	ปริมาณ	ค่าความร้อน(MJ)	ร้อยละ
ไฟฟ้า (หน่วย)	1,606,784.00	5,784,422.40	98.30
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	29,218.07	99,925.78	1.70
รวม		**5,884,348.18**	**100.00**

รูปที่ 4.42 กราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซล เดือนพฤษภาคม - ธันวาคม 2555

จากกราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า และพลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลเพื่อแสดงให้เห็นถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในหน่วย Mega Joule

จากกราฟแสดงสัดส่วนการใช้พลังงานในเดือนพฤษภาคม – ธันวาคมในปี 2554 กับปี 2555 จะเห็นได้ว่าเมื่อเทียบอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้ปริมาณพลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลในหน่วย Mega Joule แล้ว ปรากฏว่ามีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มมากขึ้นร้อยละ 0.90 และมีอัตราการใช้พลังงานเชื้อเพลิงน้ำมันดีเซลลดลงไปร้อยละ 0.90

หมายเหตุ: กราฟแสดงสัดส่วนยังไม่ได้คิดอัตราการใช้พลังงานแต่ละชนิดต่อตันผลลิต แค่เป็นการแสดงให้เห็นถึงสัดส่วนการใช้พลังงานรวมของพลังงานแต่ละชนิดในหน่วย Mega Joule

4.12.2 ผู้ประกอบการ

ผู้ประกอบการและพนักงานมีความพึงพอใจในปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายพลังงานที่ลดลง โดยผู้ประกอบการและพนักงานกรอกแบบสอบถามความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงาน ซึ่งค่าพึงพอใจต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผู้ที่ได้ทำการประเมิน

จากการนำแบบประเมินความพึงพอใจไปให้พนักงานและผู้ประกอบการโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์ได้ทำการประเมิน พบว่ามีความพอใจในการนำมาตรการประหยัดพลังงานไปใช้ในโรงงาน

4.12.2.1 เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม 2 ตอน

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ (Checklist)

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ลักษณะเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ

4.12.2.2 วิเคราะห์และแปลผลข้อมูล ในการวิเคราะห์และแปรผลข้อมูลดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์ผลด้วยการหาค่าร้อยละ เสนอผลด้วยตาราง และแปรผลด้วยคำบรรยาย

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ด้วยการหาค่าร้อยละ เสนอผลด้วยตาราง และแปรผลด้วยการบรรยาย ผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องมีความพึงพอใจในการจัดการประหยัดพลังงานได้ไม่น้อยกว่า 80% ของผู้ที่ได้ทำการประเมินทั้งหมด

ในการแปลความหมายของค่าร้อยละ กำหนดดังนี้

ร้อยละ 81 - 100	หมายถึง พึงพอใจมากที่สุด
ร้อยละ 61 – 80	หมายถึง พึงพอใจมาก
ร้อยละ 41 – 60	หมายถึง พึงพอใจปานกลาง
ร้อยละ 21 – 40	หมายถึง พึงพอใจน้อย
ร้อยละ 0 – 20	หมายถึง ไม่พึงพอใจ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้เสนอผลการประเมินตามลำดับ ดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 4.38 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวนคน	ร้อยละ
ชาย	13	65.00
หญิง	7	35.00
รวม	20	100.00

ตารางที่ 4.39 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามตำแหน่ง

ตำแหน่ง	จำนวนคน	ร้อยละ
ผู้บริหาร	3	15.00
พนักงาน	17	85.00
รวม	20	100.00

ตอนที่ 2 ข้อมูลแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการจัดการประหยัดพลังงาน วิเคราะห์ด้วยผลการหาค่าร้อยละ

ตารางที่ 4.40 จำนวนคนที่เลือกระดับคะแนนความพึงพอใจ

รายการประเมิน	จำนวน(คน)				
	0	1	2	3	4
1. ประโยชน์ของการนำการจัดการพลังงานไปใช้	0	0	2	11	7
2. มีความพึงพอใจในโครงการประหยัดพลังงาน	0	0	4	6	10
3. ความคุ้มค่าของการลงทุนของการประหยัดพลังงาน	0	1	4	7	8
4. ความตั้งใจและเอาใจใส่กับการทำโครงงานของนิสิต	0	0	2	8	10
5. ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงการ	0	1	2	8	9

ตารางที่ 4.41 จำนวนคะแนนตามระดับความพึงพอใจ

รายการประเมิน	คะแนน					รวมคะแนน	คิดเป็นร้อยละ
1. ประโยชน์ของการนำการจัดการพลังงานไปใช้	0	0	4	33	28	65	81.25
2. มีความพึงพอใจในโครงการประหยัดพลังงาน	0	0	8	18	40	66	82.50
3. ความคุ้มค่าของการลงทุนของการประหยัดพลังงาน	0	1	8	21	32	62	77.50
4. ความตั้งใจและเอาใจใส่กับการทำโครงงานของนิสิต	0	0	4	24	40	68	85.00
5. ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงการ	0	1	4	24	36	65	81.25
รวม						326	81.50

หมายเหตุ: จากคะแนนเต็มทั้งหมด 400 คะแนนในจำนวนทั้งหมด 20 คน ดังนั้น

รายการแบบประเมินที่ 1 คะแนนเต็ม 80 ได้คะแนน 65 คะแนน

รายการแบบประเมินที่ 2 คะแนนเต็ม 80 ได้คะแนน 66 คะแนน

รายการแบบประเมินที่ 3 คะแนนเต็ม 80 ได้คะแนน 62 คะแนน

รายการแบบประเมินที่ 4 คะแนนเต็ม 80 ได้คะแนน 68 คะแนน

รายการแบบประเมินที่ 5 คะแนนเต็ม 80 ได้คะแนน 65 คะแนน

ดังนั้นคิดเป็นร้อยละความพึงพอใจ = [(65+66+62+68+65)/400]*100 = 81.50

สรุป ดังนั้นระดับคะแนนความพึงพอใจรวมอยู่ที่ร้อยละ 81.5 แสดงว่าพนักงานส่วนใหญ่มีความพึงพอใจมากในการจัดทำโครงงานการจัดการพลังงาน เป็นไปตามเงื่อนไข สามารถวัดความพึงพอใจของผู้ร่วมโครงการมีความพึงพอใจไม่ต่ำกว่าร้อยละ 80 ของผู้ร่วมโครงการที่ได้ทำการประเมินทั้งหมด

บทที่ 5
บทสรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการทำโครงงานวิจัย

5.1.1 สรุปขั้นตอนการบริหารจัดการพลังงาน

5.1.1.1 ผู้บริหารโรงงานมีความต้องการที่จะลดปริมาณการใช้พลังงานลง

5.1.1.2 โรงงานจัดตั้งหน่วยงานด้านการจัดการพลังงานรวมทั้งกำหนดโครงสร้างหน้าที่และความรับผิดชอบ

5.1.1.3 มีการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและมีการประชาสัมพันธ์

5.1.1.4 ประเมินสถานการณ์การจัดการพลังงานเบื้องต้น โดยการเก็บข้อมูลใบเสร็จค่าไฟฟ้า และน้ำมัน เพื่อหาดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงาน

5.1.1.5 เข้าสำรวจเก็บข้อมูลเกี่ยวกับขั้นตอนการผลิต การใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ใช้พลังงาน จำนวนเครื่องจักรและอุปกรณ์ ขนาดของเครื่องจักรและอุปกรณ์

5.1.1.6 จัดทำบัญชีเครื่องจักรและอุปกรณ์ Energy Chart, Energy Layout, และ Energy Equation

5.1.1.7 วิเคราะห์ข้อมูลจากการเข้าเก็บข้อมูลภายในโรงงาน และจาก Energy Chart และEnergy Equation

5.1.1.8 หาแนวทางการจัดการประหยัดพลังงานร่วมกับโรงงานเพื่อจัดให้มีการกำหนดเป้าหมายและจัดทำแผนอนุรักษ์พลังงาน

5.1.1.9 เสนอผู้บริหารเพื่อพิจารณา และปฏิบัติตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

5.1.1.10 เก็บข้อมูล และประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

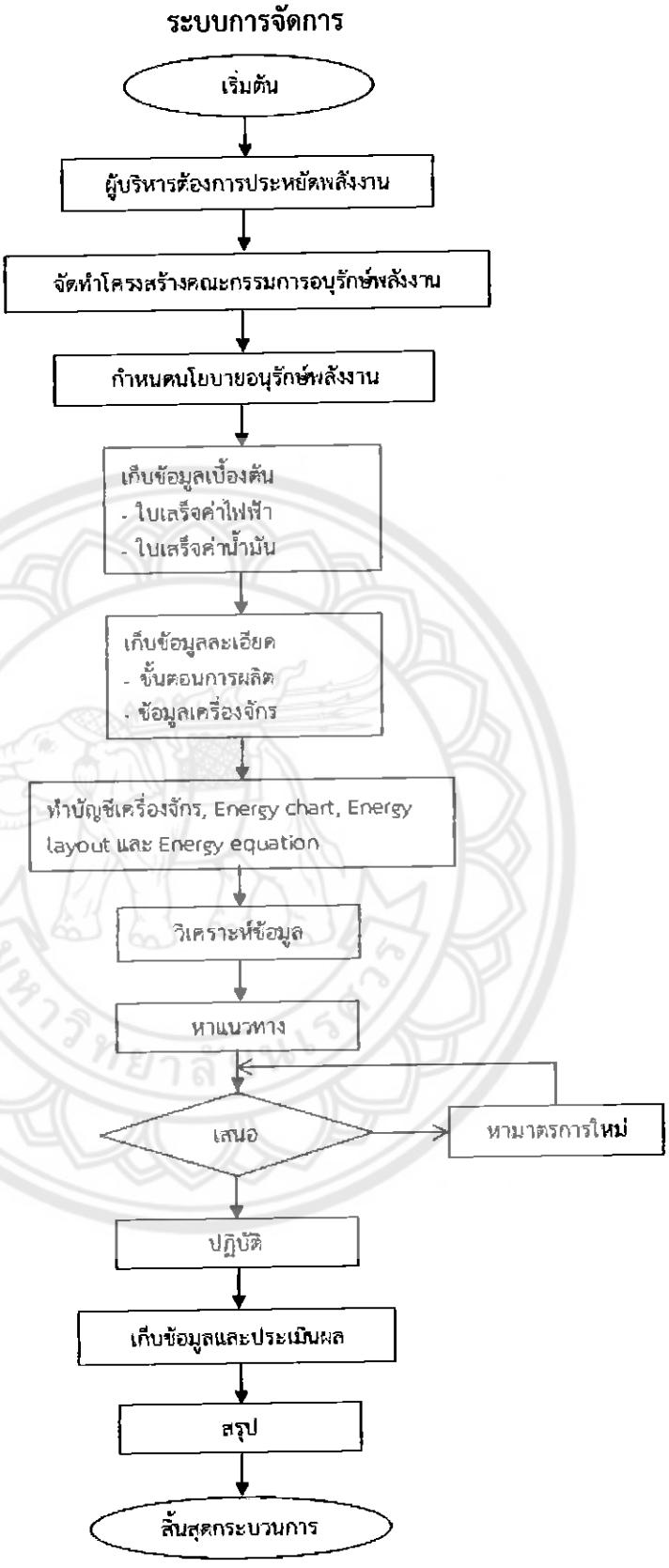
5.1.1.11 ตรวจสอบการวิเคราะห์การปฏิบัติงานตามเป้าหมาย และแผนอนุรักษ์พลังงาน

5.1.1.12 ตรวจติดตามและประเมินระบบการจัดการพลังงาน

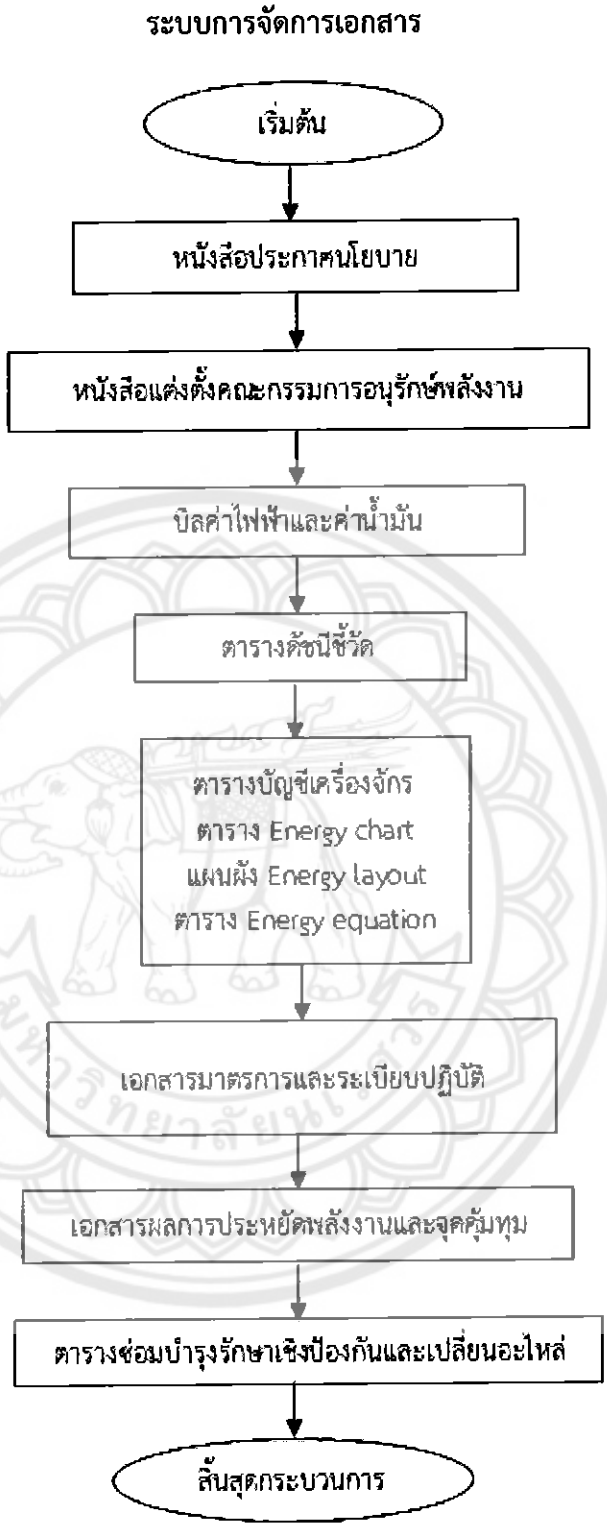
5.1.1.13 ทบทวน วิเคราะห์ และแก้ไขข้อบกพร่องของระบบการจัดการพลังงาน

5.1.1.14 ในการประชุมประจำเดือนของทุกเดือนให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นวาระการประชุมขององค์กรด้วย

การปฏิบัติงานทั้งหมดเป็นไปตามหลักของวงล้อ Deming มี 4 ขั้นตอนนั่นคือ Plan Do Check Action สามารถทำเป็น Flow Chart ได้ดังนั้น



รูปที่ 5.1 แสดง Flow chart ขั้นตอนการจัดการพลังงาน



รูปที่ 5.2 แสดง Flow chart ระบบการจัดการเอกสาร

5.1.2 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาและดำเนินการจัดให้องค์กรมีการบริหารจัดการการใช้พลังงานที่ดีทำให้การใช้ไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลโดยการออกมาตรการและระเบียบปฏิบัติดังนี้

5.1.2.1 มาตรการอนุรักษ์พลังงานลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเครื่องผลิตน้ำแข็งอนามัย ลดการใช้พลังงานได้ 126,720 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 344,678.4 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 0.0394 ปี

5.1.2.2 มาตรการอนุรักษ์พลังงานหุ้มฉนวนท่อส่งความเย็นแอมโมเนีย ลดการใช้พลังงานได้ 48,852 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 189,823.36 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 0.52 ปี

5.1.2.3 มาตรการอนุรักษ์พลังงานล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนห้องเย็น 2 ตู้ ลดการใช้พลังงานได้ 8,775 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 23,868 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 0.126 ปี

5.1.2.4 มาตรการอนุรักษ์พลังงานปรับเปลี่ยนหลอดผอม T8 เป็นหลอดประหยัดพลังงาน T5 ลดการใช้พลังงานได้ 2,847 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 7,744 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 1.24 ปี

5.1.2.5 มาตรการอนุรักษ์พลังงานลดเวลารอคอยการขนส่งน้ำแข็งไปส่งลูกค้า

5.1.2.6 มาตรการอนุรักษ์พลังงานใส่ Inverter มอเตอร์กวนน้ำเกลือบ่อ A และบ่อ B ลดการใช้พลังงานได้ 82,177 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 223,521 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 0.868 ปี

5.1.2.7 มาตรการพิเศษ จากข้อ 6 หากการผลิตต้องการคงรอบการหมุนของมอเตอร์ไว้ 1,000 รอบ ลดการใช้พลังงานได้ 61,320 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 166,790 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 1.16 ปี

5.1.2.8 มาตรการติดมิเตอร์หน้าห้องเย็น ลดการใช้พลังงานได้ 2,014.80 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 5,399.66 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 0.0126 ปี

5.1.2.9 มาตรการเพิ่มจำนวนไส้กรองอากาศจากเดิม 1 ตัว เป็น 3 ตัว ลดการใช้พลังงานได้ 45,000.85 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 113,852 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 0.0299 ปี

5.1.2.10 มาตรการเลือกใช้เครื่องเป่าลมให้เหมาะสมกับการผลิต ลดการใช้พลังงานได้ 47,668.34 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 113,852 บาท/ปี ระยะเวลาคืนทุน 0.0046 ปี

ตารางที่ 5.1 ผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ดำเนินการ

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน		พลังงานที่คาดว่าจะลดลงต่อปี	ผลการประหยัด (บาท/ปี)	ด้านเศรษฐศาสตร์		ร้อยละที่ลดลง
				เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)	
1. ลดอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นเครื่องผลิตน้ำแข็งอนามัย		126,720 kWh	339,609.60	5,000	0.0147	17.4
2. หุ้มฉนวนท่อส่งความเย็นแอมโมเนีย		48,852 kWh	176,563.64	100,000	0.5664	95.6
3. ล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนห้องเย็น 2 ตู้		8,775 kWh	23,517	3,000	0.1276	6.00
4. ปรับเปลี่ยนหลอดผอม T8 เป็นหลอดประหยัดพลังงาน T5		2,847 kWh	7,203	9,600	1.3328	29.54
5. ลดเวลารอคอยการขนส่งน้ำแข็งไปส่งลูกค้า		2,555 ลิตร	77,825	0	0	5.81
6. ใส่ Inverter มอเตอร์กวนน้ำเกลือ บ่อ A และบ่อ B		82,177 kWh	207,908	194,000	0.9331	49.62
7. มาตรการพิเศษ จากข้อ 6 หากการผลิตต้องการคงรอบการหมุนของมอเตอร์ไว้ 1000 รอบ		61,320 kWh	155,140	194,000	1.2505	33.6
8. มาตรการติดมิเตอร์หน้าห้องเย็น		2,014.80 kWh	5,399.66	700	0.0126	10.32
9. เพิ่มจำนวนไส้กรองอากาศจากเดิม 1 ตัว เป็น 3 ตัว		45,000.85 kWh	113,852	3,400	0.0299	51.91
10. เลือกใช้เครื่องเป่าลมให้เหมาะสมกับการผลิต		47,668.34 kWh	120,601	560	0.0046	57.88
รวมผลการประหยัด	ไฟฟ้า	330,691 kWh 1,190,487.6 MJ	956,424.76	505,600	1.3328	39.10
	น้ำมันดีเซล	2,555 ลิตร 93,053.1 MJ	84,315	-	-	5.81
รวมทั้งหมด		**1,283,540.7 MJ**	**1,040,739.76**	**505,600**	**3.9534**	**44.44**

5.1.3 สรุปผลจากการเก็บข้อมูลจริงช่วงดำเนินโครงการ

จากค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตมีการใช้ไฟฟ้าในช่วงก่อนทำการศึกษา (พฤษภาคม – ธันวาคม 2554) มีการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลเฉลี่ยค่อนข้างสูง คือ ประมาณ 117.58 kWh/หน่วย และ 2.14 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ หรือมีการใช้พลังงานในหน่วยพลังงานเท่ากับ 4,010.66 MJ/ตันผลผลิต ในช่วงทำการศึกษาพบว่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตมีการใช้ไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ยลดลงเหลือ 101.78 kWh/หน่วย และ 1.85 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ หรือมีการใช้พลังงานในหน่วยของพลังงานเท่ากับ 3,470.76 MJ/หน่วย คิดเป็นร้อยละรวมของพลังงานทั้งสองชนิดที่ลดลงได้ร้อยละ 13.46 ต่อตันผลผลิต ซึ่งมีค่าลดลงตามเป้าหมาย จึงถือได้ว่าการจัดการพลังงานประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ดังตารางที่ 5.1

จากการประเมินความพึงพอใจจากพนักงานของโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์ ในการทำโครงการนี้พนักงาน และผู้บริหารของโรงงานน้ำแข็งมีความพึงพอใจร้อยละ 81.5 ของผู้เข้าร่วมโครงการที่ได้รับการประเมินซึ่งตรงตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

ตารางที่ 5.2 การเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดก่อนทำและช่วงทำการศึกษา

เดือน	ปี 2554			ปี 2555			ร้อยละที่ลดลง
	พลังงานรวม (MJ)	ปริมาณการผลิต (ตัน)	พลังงานรวม (MJ/ตันผลผลิต)	พลังงานรวม (MJ)	ปริมาณการผลิต (ตัน)	พลังงานรวม (MJ/ตันผลผลิต)	
พ.ค.	1,037,077	2,337.57	443.66	1,090,865.55	2,663.93	409.49	7.70
มิ.ย.	906,529	1,942.12	466.77	903,998.95	2,117.67	426.88	8.55
ก.ค.	891,933	1,700.50	524.51	792,772.31	1,811.51	437.63	16.56
ส.ค.	794,590	1,449.65	548.13	764,719.22	1,679.05	455.45	16.91
ก.ย.	721,138	1,272.54	566.69	749,583.56	1,599.71	468.57	17.31
ต.ค.	776,728	1,468.46	528.94	809,262.41	1,854.71	436.33	17.51
พ.ย.	780,284	1,714.76	455.04	871,380.02	2,095.04	415.93	8.60
ธ.ค.	751,255	1,575.22	476.92	865,962.30	2,059.47	420.48	11.83
รวม	**5,622,660**	**20,653.86**	**4,010.66**	**6,848,544.33**	**15,881.09**	**3,470.76**	13.46
เฉลี่ย	**832,441.75**	**1,682.60**	**501.33**	**856,068.04**	**1,985.14**	**433.85**	**13.46**

หมายเหตุ: ที่นำเอาเดือนพฤษภาคม – ธันวาคมของปี 2554 มาเปรียบเทียบกับปี 2555 เพื่อป้องกัน Seasonal Effect

5.2 ปัจจัยที่ทำให้โครงงานประสบผลสำเร็จ

5.2.1 ที่ปรึกษาโครงงาน มีความรู้ความสามารถในการชักจูงผู้บริหารและพนักงานในโรงงานให้ตระหนักถึงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพสูงที่สุด และมีการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบมาใช้ในโครงงานประหยัดพลังงานเพื่อลดต้นทุน และเพื่อเพิ่มผลผลิตให้กับโรงงาน

5.2.2 ผู้บริหาร ผู้บริหารของโรงงานมีการสนับสนุน และติดตามผลที่ได้จากการดำเนินโครงการและสามารถชักจูงให้พนักงานในโรงงานตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.2.3 พนักงานในโรงงาน มีจิตสำนึกและตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ และให้ความร่วมมือในการทำโครงงานอย่างต่อเนื่องในช่วงการดำเนินโครงงาน

สรุป ปัจจัยที่สำคัญมีผลต่อการทำโครงงานให้ประสบผลสำเร็จก็คือ ผู้บริหาร เพราะผู้บริหารเป็นกลุ่มบุคคลเริ่มต้นในการตัดสินใจเข้าร่วมโครงการ และมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งต่อการสนับสนุน ผลักดัน ติดตามความก้าวหน้า และสร้างแรงจูงใจให้กับพนักงานอย่างต่อเนื่อง จึงทำให้การจัดการพลังงานประสบผลสำเร็จหลังจากออกมาตรการในช่วงดำเนินโครงงาน

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ผู้บริหารควรมีการสนับสนุนและติดตามผลอย่างต่อเนื่อง เพื่อทำให้พนักงานมีการทำตามระเบียบปฏิบัติซึ่งจะทำให้มีการใช้พลังงานอย่างมีระบบ และมีประสิทธิภาพสูงสุด

5.3.2 ควรมีการกระตุ้นให้พนักงานมีจิตสำนึกในการตระหนักถึงความสำคัญในการใช้พลังงานให้คุ้มค่าและเห็นประโยชน์ความสำคัญในการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

5.3.3 ในอนาคตควรมีการสร้างระบบบันทึกข้อมูล เพื่อการนำข้อมูลมาวิเคราะห์ถึงการใช้พลังงานต่อไป

เอกสารอ้างอิง

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (4 ธันวาคม 2543). **อัตราค่าไฟฟ้าการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค.** สืบค้นเมื่อ 25 พฤษภาคม 2555, จาก http://www.eppo.go.th/power/pw-Rate-PEA.html.

ชัยธำรง พงษ์พัฒนศิริ. (2554). **หน่วยและการวัดค่าพลังงานต่างๆ. เอกสารการเรียนการสอน Energy Conservation.** คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

พัฒิพงษ์ นนท์ศรี, นายศุภสวัสดิ์ สุขสวัสดิ์. (2554). **การอนุรักษ์พลังงานกรณีศึกษาโรงสีข้าวใน จ. อุตรดิตถ์.** ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบันฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วริฏฐา จิรานุรักษ์, นายอนุกูล แสงแก้ว. (2553). **การจัดการพลังงานกรณีศึกษาโรงงานลานมัน จ. พิษณุโลก.** ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบันฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

วัชระ มั่งวิทิตกุล, (2550). **กระบวนและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคารและโรงงานอุตสาหกรรม. พิมพ์ครั้งที่** 3. กรุงเทพฯ: หจก.สามลดา, 2553.

สถาบันสิ่งแวดล้อมไทย, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรมและThe Energy Conservaton Center แห่งประเทศญี่ปุ่น (ECCJ) ปี 2552. **คู่มือการจัดการพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน. สืบค้นเมื่อ** 27 เมษายน 2555, จาก http://teenet.tei.or.th/Knowledge/knowledge.html.

สมหวัง วิทยาปัญญานนท์. (20 เมษายน 2549). **การซ่อมและบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องจักร Preventive Maintenance.** สืบค้นเมื่อ 26 เมษายน 2555, จาก http://www.budmgt.com/quarry/qua01/preventive-maintenance.html.

ส่วนพัฒนาการใช้พลังงานและสิ่งแวดล้อม. (2555). **คู่มือหน่วยงานที่ปรึกษา Total Energy Management รุ่นที่ 10.** สำนักงานพัฒนาอุตสาหกรรม, กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.

เอกสารอ้างอิง (ต่อ)

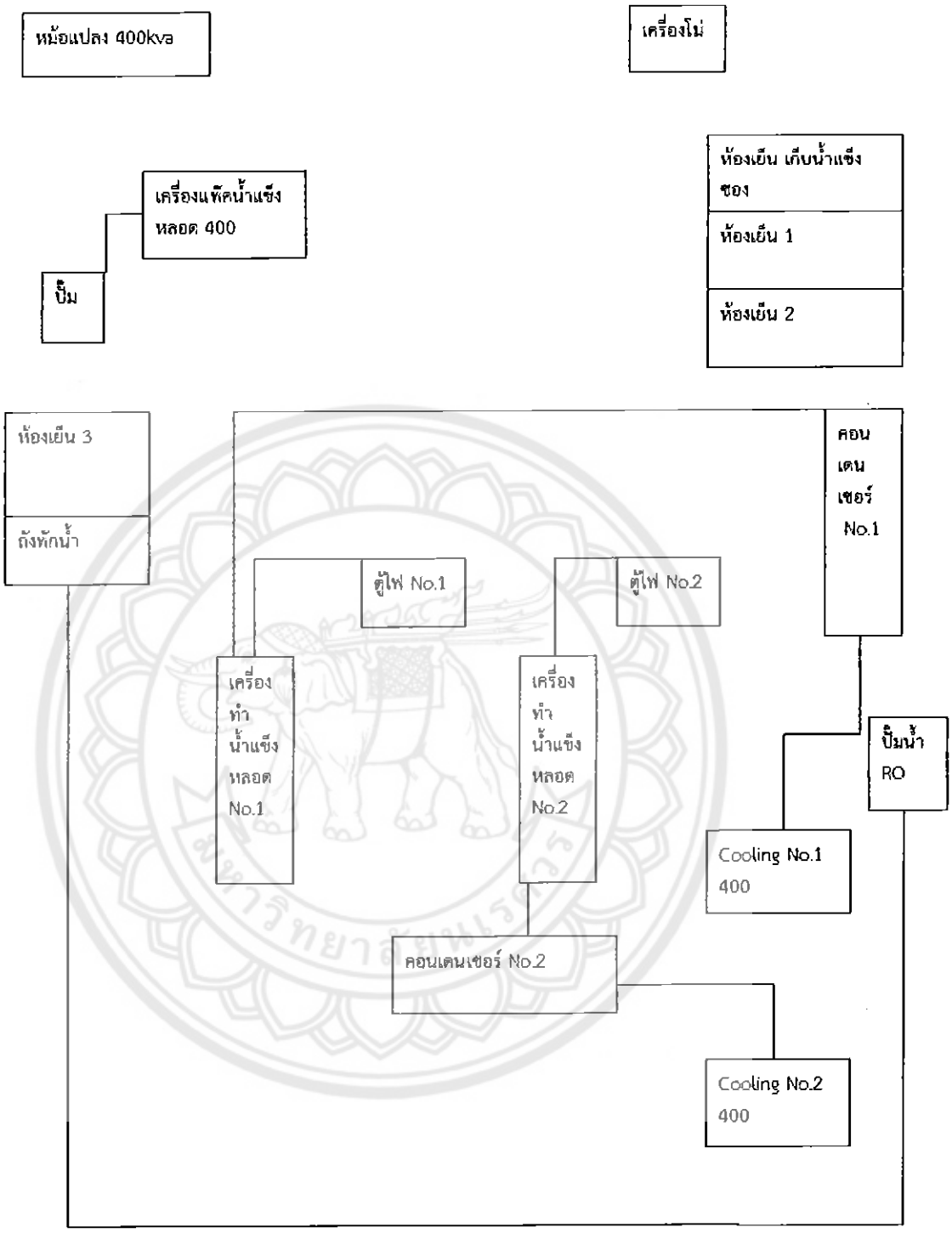
อริยะ แสงเมือง, นายธวัชชัย ดาวใส. (2553). **การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในส่วนของการผลิตโรงสีข้าวขนาดใหญ่ จ.พิจิตร.** ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

อรรถพล จันทะมัด. (2552). **การบริหารจัดการพลังงาน กรณีศึกษาในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์.** ปริญญานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต, สาขาวิชาวิศวกรรมอุตสาหการ, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยนเรศวร.

ภาคผนวก ก

Energy Chart, Energy Layout

และ Linear regression ของสมการพลังงาน



รูปที่ ก.1 Energy Layout โรงน้ำแข็งหลอด

ตารางที่ ก.1 Energy Chart ของโรงน้ำแข็งหลอด

ขั้นตอนกระบวนการผลิต	ศักยภาพพลังงาน (Original Energy Potential)				
	ที่แหล่งกำเนิด	ที่ป้อนเข้ากระบวนการผลิต	การใช้ประโยชน์พลังงาน	เหลือออกจากกระบวนการผลิต	เหลือในเครื่องจักรอุปกรณ์และผลิตภัณฑ์
1.สูบน้ำที่ผ่านขบวนการทำน้ำสะอาดไปถังพัก	หม้อแปลงไฟฟ้า 500 kVA	แรงดัน 380 V	ปั๊มน้ำ ขนาด 7.5 แรงม้า	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 48 องศาปกติ
2.สูบน้ำจากถังพักใส่เครื่องทำน้ำแข็งอนามัย	หม้อแปลงไฟฟ้า 500 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ขับปั๊ม 5 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 45 องศาปกติ
3.บรรจุใส่ถุง	หม้อแปลงไฟฟ้า 500 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ขับเครื่องบรรจุ 3 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 46 องศา
4.คอมเพรสเซอร์ทำงาน	หม้อแปลงไฟฟ้า 500 kVA	แรงดัน 380 V	มอเตอร์ขับขนาด 125 HP	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 50 องศาปกติ
5.เก็บไว้ในห้องเย็น	หม้อแปลงไฟฟ้า 500 kVA	แรงดัน 380 V	ห้องเย็นขนาด 10 ตัน	-	-
6.นำน้ำแข็งขึ้นรถบรรทุกส่งให้ลูกค้า	น้ำมันดีเซล	เครื่องยนต์รถบรรทุก 250 แรงม้า	รถบรรทุกน้ำแข็ง	-	-

Regression Statistics	
Multiple R	0.913575469
R Square	0.834620138
Adjusted R Square	0.818082151
Standard Error	12153.46635
Observations	12

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	7454294698	7.45E+09	50.46685	3.27967E-05
Residual	10	1477067442	1.48E+08		
Total	11	8931362140			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	54065.33951	15576.41748	3.470974	0.006011	19358.9187	88771.76	19358.9187	88771.7603
X Variable 1	72.09582361	10.14862	7.104003	3.28E-05	49.4832892	94.708358	49.4832892	94.708358

รูปที่ ก.2 Linear Regression สมการพลังงานของน้ำแข็งซอง

Regression Statistics	
Multiple R	0.950447232
R Square	0.903349941
Adjusted R Square	0.893684935
Standard Error	2038.407077
Observations	12

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	388361108.6	3.88E+08	93.46605131	2.16461E-06
Residual	10	41551034.11	4155103		
Total	11	429912142.7			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	10401.62311	2142.502428	4.854894	0.00066648	5627.830225	15175.41599	5627.830225	15175.41599
X Variable 1	88.21941957	9.12509193	9.667784	2.16461E-06	67.8874478	108.5513913	67.8874478	108.5513913

รูปที่ ก.3 Linear Regression สมการพลังงานของน้ำแข็งหลอด

Regression Statistics	
Multiple R	0.973293922
R Square	0.947301058
Adjusted R Square	0.935590183
Standard Error	164.6957121
Observations	12

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	2	4388268.818	2194134	80.89071	1.77055E-06
Residual	9	244122.0982	27124.68		
Total	11	4632390.917			

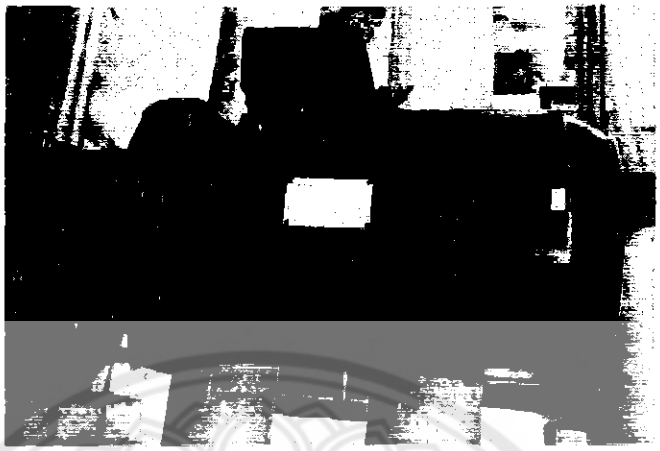
	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	1205.627893	211.1775481	5.709072	0.000291	727.9110905	1683.34469	727.9110905	1683.34469
X Variable 1	0.850895844	0.244489822	3.480291	0.006935	0.297821444	1.40397024	0.297821444	1.40397024
X Variable 2	5.248266854	1.310690903	4.004199	0.003091	2.283278047	8.21325566	2.283278047	8.21325566

รูปที่ ก.4 Linear Regression สมการพลังงานของน้ำมันดีเซล

ภาคผนวก ข

ระเบียบปฏิบัติและตารางการบำรุงรักษา

ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของมอเตอร์ไฟฟ้า



ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
		1	2	3
1. ใช้แปรงทำความสะอาดมอเตอร์ทุกตัวสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทุกแผนก	หัวหน้าแผนกทุกแผนก	✓	✓	✓
2. ป้องกันการสัมผัสน้ำในถังทำให้น้ำกระเด็นถูกมอเตอร์ข้างล่าง	คุณจำรัส	✓	✓	✓
3. ตรวจสอบมอเตอร์ทุกสัปดาห์โดยการใช้หลังมือสัมผัสบริเวณมอเตอร์ถ้าความร้อนเกินกว่าหลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียส) ให้แจ้งซ่อมด่วน	หัวหน้าแผนกทุกแผนก	✓	✓	✓
4. ตรวจสอบมอเตอร์ทุกตัวทุกสัปดาห์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ	หัวหน้าแผนกทุกแผนก	✓	✓	✓

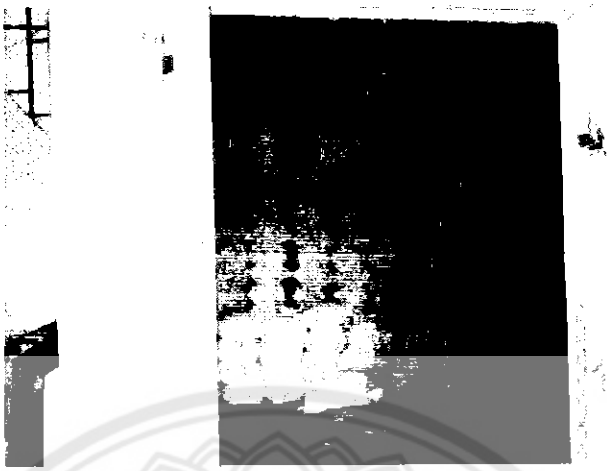
ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ

(.....)

วันที่ 15 เดือน ..... พ.ศ. 2555

รูปที่ ข.1 ใบระเบียบปฏิบัติมอเตอร์

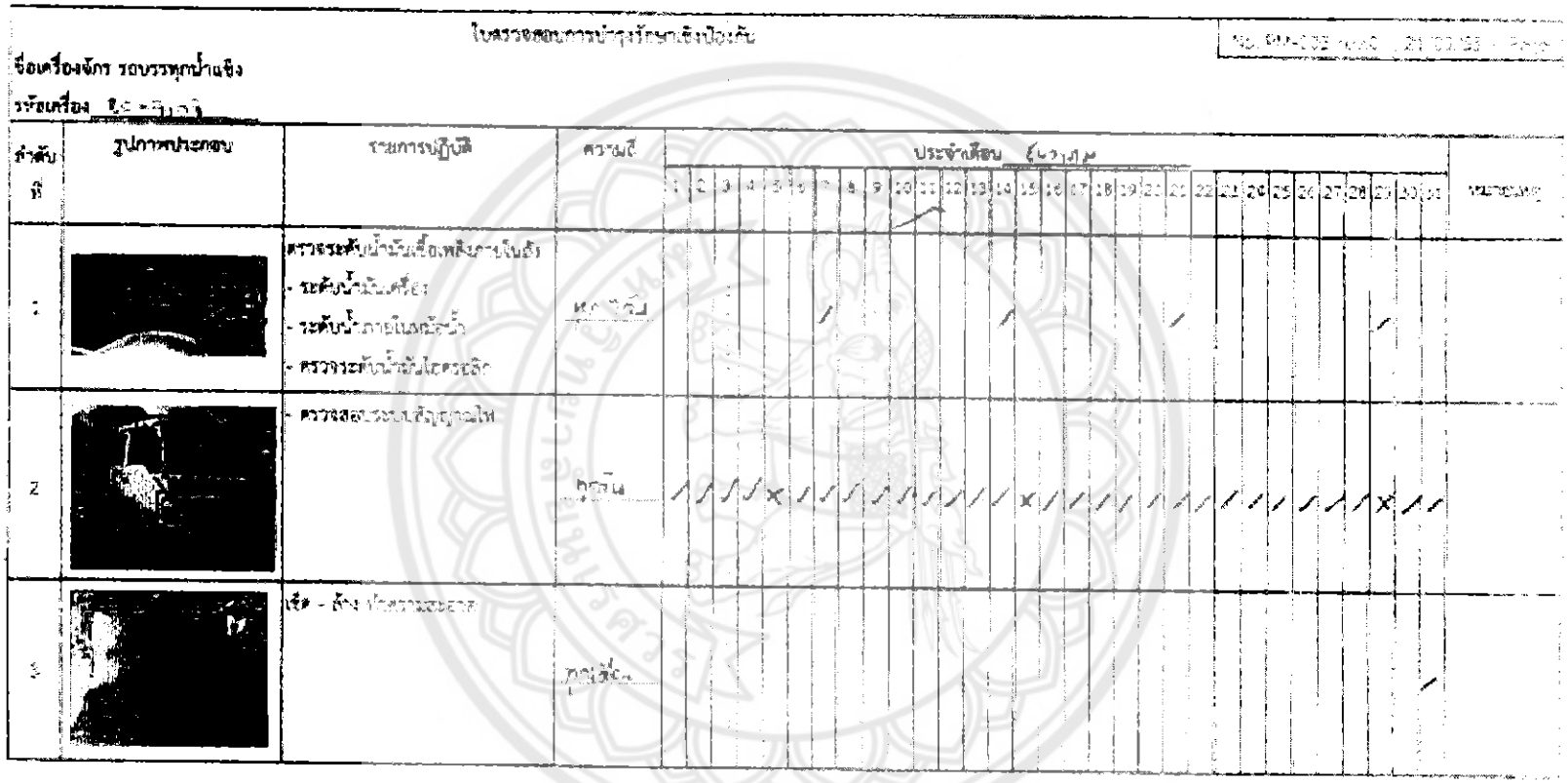
ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของห้องเย็น



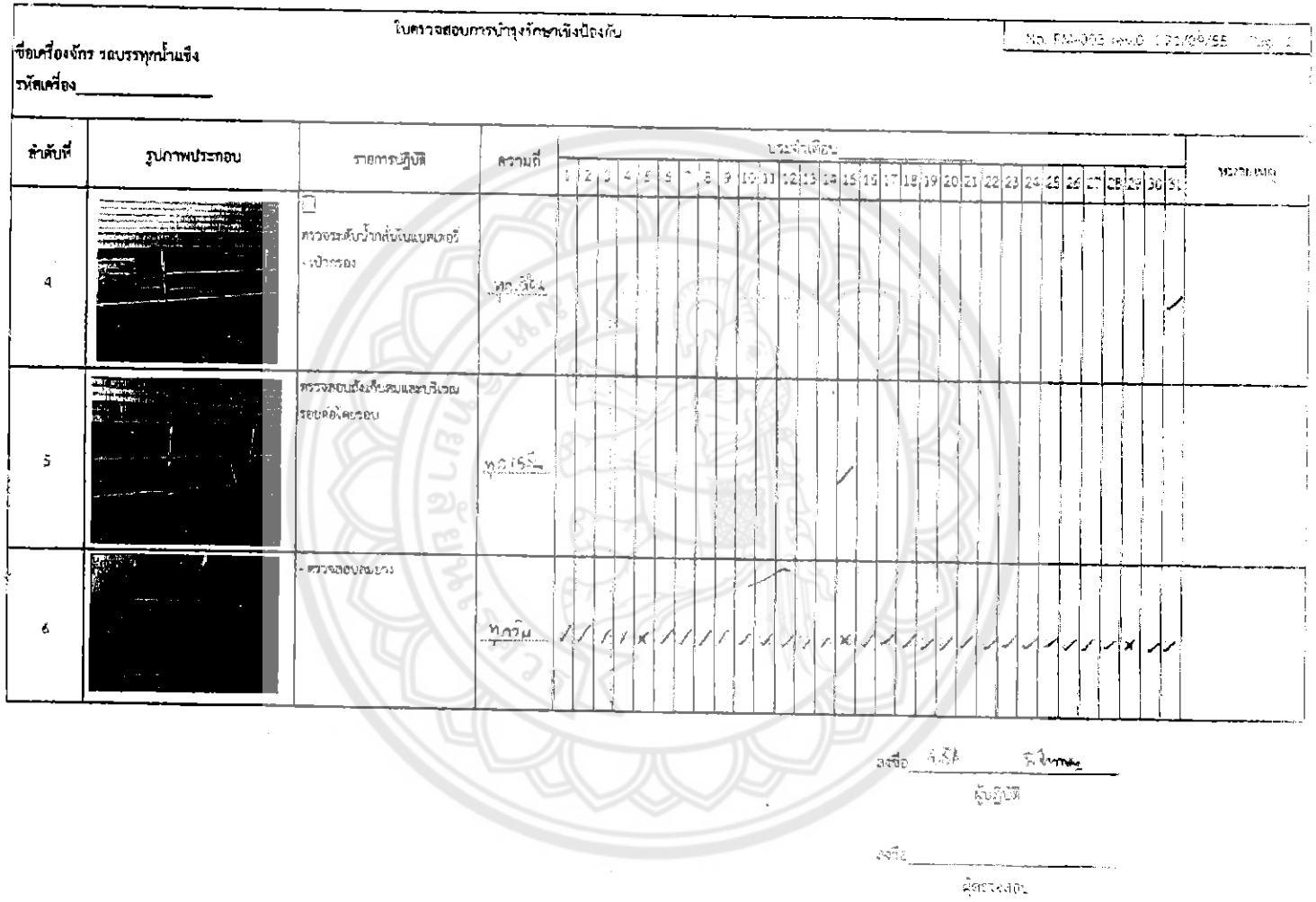
ลำดับ	ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
			1	2	3
1.	ตั้งอุณหภูมิให้อยู่ระหว่าง -2 ถึง 0 องศา	อภิชาติ	/	/	/
2.	จัดระเบียบใบการจัดวางของในห้องเย็น	หัวหน้างาน	/	×	/
3.	กำจัดความชื้น หรือเช็ดน้ำให้แห้งก่อนนำเข้าห้องเย็น	พนักงาน	/	/	/
4.	ปิดประตูให้สนิทป้องกันอากาศข้างนอกเข้าไป	พนักงาน	/	/	/
5.	เช็ด – ล้างทำความสะอาดเดือนละ 1-2 ครั้ง	พนักงาน	/	/	/
6.	ตรวจเช็คความร้อนของเครื่องขณะทำงานว่าเป็นปกติหรือไม่	พนักงาน	/	/	/
7	ล้าง Coil ร้อน ทุก ๆ เดือน และ Coil เย็น ทุก ๆ 3 เดือน	จำรัส	/	/	/

ลงชื่อ.....ผู้ตรวจสอบ
(.....)
วันที่ ๑ เดือน มีนาคม พ.ศ. ๒๕๕๕

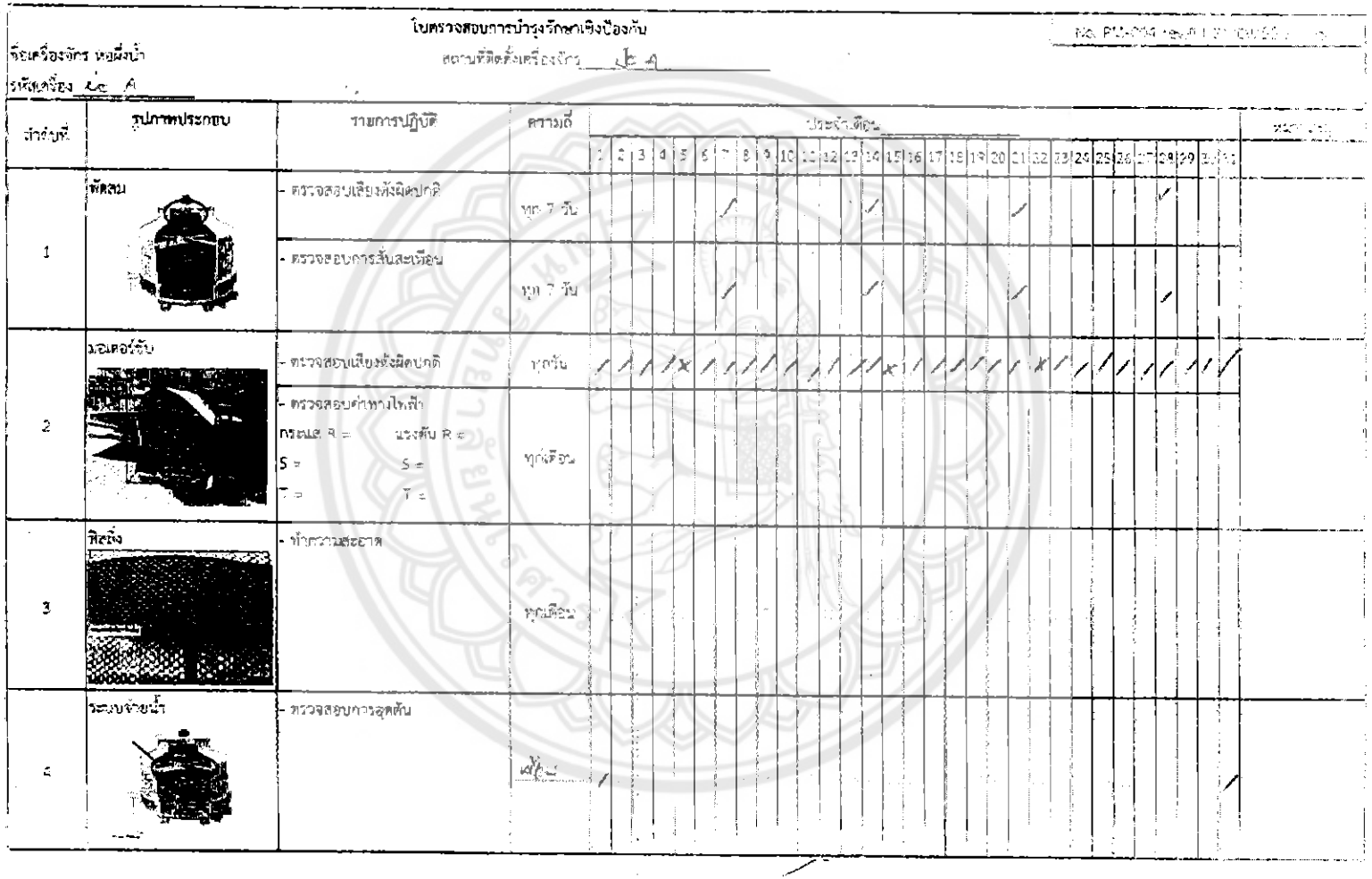
รูปที่ ข.2 ใบระเบียบปฏิบัติห้องเย็น



รูปที่ ข.3 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันรถบรรทุกน้ำแข็ง



รูปที่ ข.3 (ต่อ) ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันรถบรรทุกน้ำแข็ง



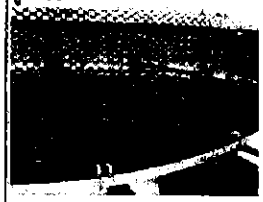
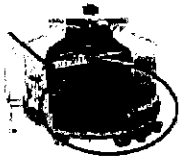
รูปที่ ข.4 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันหอผึ่งน้ำ

ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ชื่อเครื่องจักร หอผึ่งน้ำ

รหัสเครื่อง

สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	ประจำเดือน																													หมายเหตุ
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
5	ตูกลอย 	- ตรวจการรั่วซึม	7 วัน							/							/							/							/				
6	ช่องทางลงเข้า 	- ทำความสะอาด	7 วัน							/							/							/							/				

ลงชื่อ

ผู้ปฏิบัติ

ลงชื่อ

ผู้ตรวจสอบ

รูปที่ ข.4 (ต่อ) ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันหอผึ่งน้ำ

ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

No. PM-001 rev.0 : 31/09/55 : Page 1

ชื่อเครื่องจักร เครื่องแพ็คน้ำแข็ง

สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร [illegible]

รหัสเครื่อง -

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	ประจำเดือน [illegible]																															หมายเหตุ
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	
1		- ตรวจสอบชุดความร้อน Heater	ทุกวัน	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	✓	✓	X	✓	✓	✓	✓	X	
2		- ตรวจสอบความผิดของกระบอกสูบ	ทุก 7 วัน							✓							✓							✓							✓				
3		- ตรวจวัดระดับน้ำมันที่ถังน้ำมัน	ทุก 7 วัน							✓							✓							✓							✓				
4		- ตรวจสอบการทำงานของวาล์วลมที่โซลินอยด์	ทุก 3 วัน			✓			✓			X			✓			✓			✓			✓			X			✓			✓		

รูปที่ ข.5 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องแพ็คน้ำแข็ง

ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน				No. PM-001 rev.0 [21/09/55] Page
ชื่อเครื่องจักร เครื่องแพ็คน้ำแข็ง		สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร โรงน้ำแข็ง บลอก		
รหัสเครื่อง -				

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	หมายเหตุ
				ประจำเดือน																															
5		ระบบไฟ - วัดกระแส - วัดแรงดัน	ทุกเดือน																															/	
6		- ตรวจสอบการทำงานของมอเตอร์ขับลูกเบี้ยว	ทุก 7 วัน							/							/							/							/				
7		ปั๊มลมลูกสูบ - รอยรั่ว - น้ำทิ้ง - เป่าฝอง	ทุก 3 วัน			/			/			/			/			/			/			/			/			/			/x		

ลงชื่อ ชำนิ ผิวทอง
ผู้ปฏิบัติ

ลงชื่อ ________________
ผู้ตรวจสอบ

รูปที่ ข.5 (ต่อ) ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องแพ็คน้ำแข็ง

ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

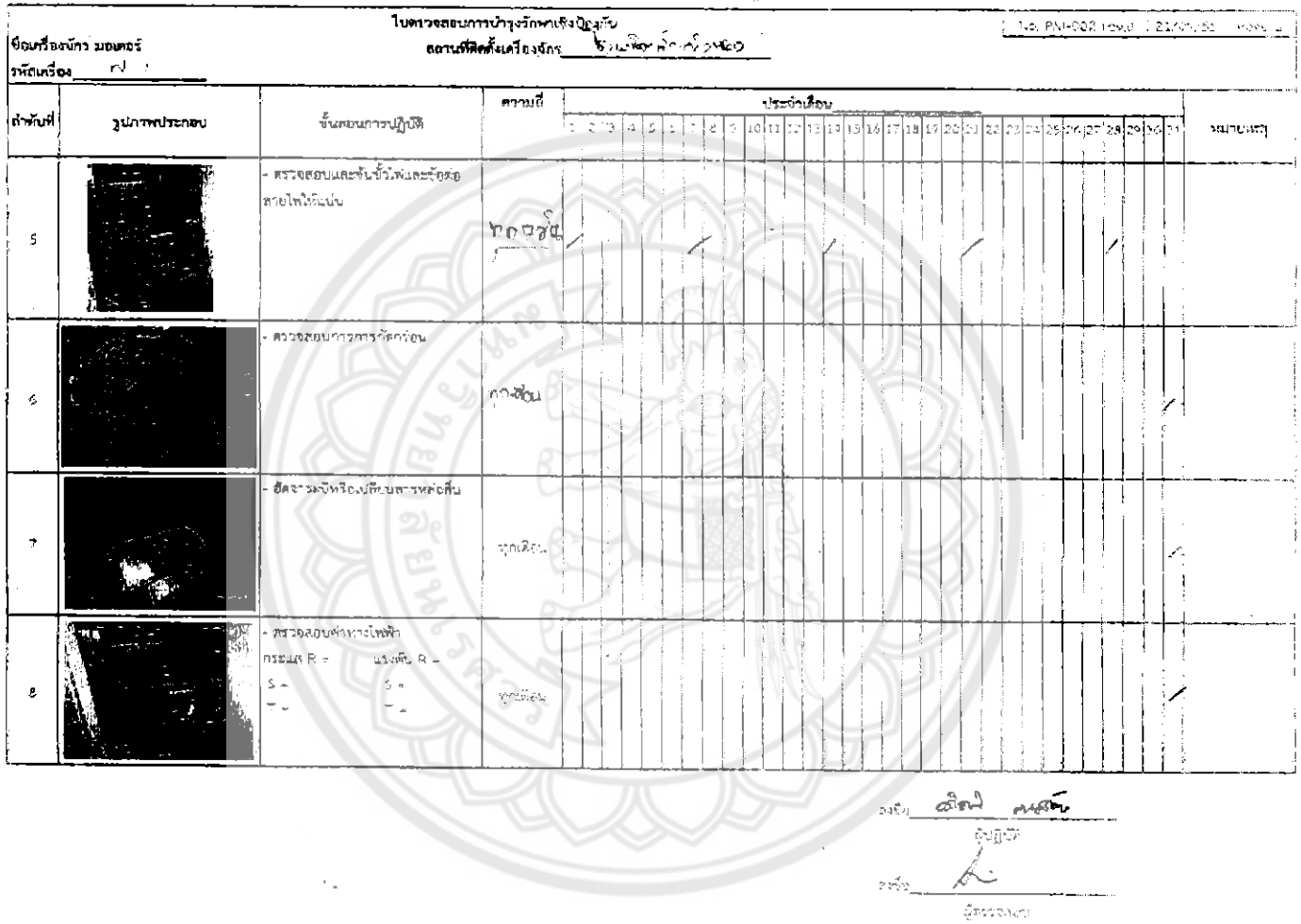
ชื่อเครื่องจักร มอเตอร์

สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร โรงงานอุตสาหกรรมเกษตร

รหัสเครื่อง M1

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	ประจำเดือน ปีนวาคม 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	หมายเหตุ
1		- ตรวจสอบเสียงดังผิดปกติ	ทุกวัน		
2		- ตรวจสอบค่าความร้อนของมอเตอร์	ทุกวัน		
3		- ตรวจสอบสายพานและบูเลย์	ทุก 7 วัน		
4		- ทำความสะอาดมอเตอร์	6 เดือนครั้ง		

รูปที่ ข.6 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมอเตอร์


ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ชื่อเครื่องจักร มอเตอร์

รหัสเครื่อง

สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	ประจำเดือน	หมายเหตุ
5		- ตรวจสอบและขันขั้วไฟและร้อยสายไฟให้แน่น	ทุกปี		
6		- ตรวจสอบการถอดการถัดก่อน	ทุกเดือน		
7		- ฉีดสารหล่อลื่นบริเวณตลับลูกปืน	ทุกเดือน		
8		- ตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า กระแส R = แรงดัน R = S = S = T = T =	ทุกเดือน		

ผู้ปฏิบัติ

ผู้ตรวจสอบ

รูปที่ ข.6 (ต่อ) ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันมอเตอร์

ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

No. PM-001 rev.2 (01/03/55) Page 1

ชื่อเครื่องจักร เครื่องทำความเย็น

สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร วิทยาลัยฯ

รหัสเครื่อง AA 2

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	ประจำเดือน 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	หมายเหตุ
1		- ตรวจสอบความดันและระดับน้ำมันหล่อลื่น	ทุกวัน	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ X ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	
2		- ตรวจสอบเสียงตัวมิตปกติ	ทุกวัน	✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ X ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓ ✓	
3		- ทำความสะอาด	ทุก 7 วัน	✓ ✓ ✓	
4		- ตรวจสอบระบบการรั่วไหลในระบบส่งจ่าย	ทุก 7 วัน	✓ ✓ ✓	

รูปที่ ข.7 ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องทำความเย็น

ใบตรวจสอบการบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

ชื่อเครื่องจักร เครื่องทำความเย็น สถานที่ติดตั้งเครื่องจักร_____

รหัสเครื่อง_____

ลำดับที่	รูปภาพประกอบ	ขั้นตอนการปฏิบัติ	ความถี่	ประจำเดือน ม.ค.-ธ.ค. 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31	หมายเหตุ
5		- ตรวจสอบการทำงานของวาล์วนิรภัย	ทุกวัน		
6		- ตรวจสอบการยุดคั่นของระบบจ่ายน้ำ	ทุกเดือน		
7		- ตรวจสอบค่าทางไฟฟ้า กระแส R - [illegible] แรงดัน R - [illegible] S = [illegible] S = [illegible] T = [illegible] T = [illegible]	ทุกเดือน		

ลงชื่อ [illegible]
ผู้ปฏิบัติ

ลงชื่อ [illegible]
ผู้ตรวจสอบ

รูปที่ ข.7 (ต่อ) ใบบำรุงรักษาเชิงป้องกันเครื่องทำความเย็น

ภาคผนวก ค

แบบสอบถามประเมินโครงงานวิจัย

แบบสอบถามความพึงพอใจในการบริหารจัดการประหยัดพลังงาน
โรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์
(สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงงานการจัดการประหยัดพลังงานจากโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อนำผลการสอบถามมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขงานให้มีคุณภาพ และนำผลการประเมินมาใช้วัดความสำเร็จของโครงงาน

แบบสำรวจชุดนี้ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

เกณฑ์การประเมินผล: แบบสอบถามในตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

0 หมายถึง ไม่มีความพึงพอใจ 1 หมายถึง น้อย (ระดับคะแนน 21-40%)

2 หมายถึง ปานกลาง (ระดับคะแนน 41-60%) 3 หมายถึง น้อย (ระดับคะแนน 61-80%)

5 หมายถึง ปานกลาง (ระดับคะแนน 81-100%)

คำชี้แจง: กรุณาใส่เครื่องหมาย √ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ
   - ☑ ชาย
   - ☐ หญิง
2. สถานภาพในการทำงาน
   - ☐ ผู้บริหาร
   - ☑ ลูกจ้างประจำ
   - ☐ ลูกจ้างรายวัน
   - ☐ ลูกจ้างรับเหมา
   - ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....
3. อายุการทำงานในโรงงานน้ำแข็ง
   - ☐ ต่ำกว่า 1 ปี
   - ☐ 2-5 ปี
   - ☑ 5-10 ปี
   - ☐ ตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป

รูปที่ ค.1 ตัวอย่างที่ 1 รายละเอียดผู้ประเมิน

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

4. ท่านมีความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	0	1	2	3	4
1. ประโยชน์ของการนำการจัดการพลังงานไปใช้				/	
2. มีความพึงพอใจในโครงการประหยัดพลังงาน			/		
3. ความคุ้มค่าของการลงทุนของการประหยัดพลังงาน				/	
4. ความตั้งใจและเอาใจใส่กับการทำโครงงานของนิสิต					/
5. ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงการ				/	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

รูปที่ ค.2 ตัวอย่างที่ 1 แบบประเมิน

แบบสอบถามความพึงพอใจในการบริหารจัดการประหยัดพลังงาน
โรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์
(สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงงานการจัดการประหยัดพลังงานจากโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์
2. เพื่อนำผลการสอบถามมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขงานให้มีคุณภาพ และนำผลการประเมินมาใช้วัดความสำเร็จของโครงงาน

แบบสำรวจชุดนี้ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

เกณฑ์การประเมินผล: แบบสอบถามในตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

0 หมายถึง ไม่มีความพึงพอใจ 1 หมายถึง น้อย (ระดับคะแนน 21-40%)

2 หมายถึง ปานกลาง (ระดับคะแนน 41-60%) 3 หมายถึง น้อย (ระดับคะแนน 61-80%)

5 หมายถึง มากกลาง (ระดับคะแนน 81-100%)

คำชี้แจง: กรุณาใส่เครื่องหมาย √ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ
   - ☐ ชาย
   - ☑ หญิง
2. ตำแหน่งในการทำงาน
   - ☐ ผู้บริหาร
   - ☑ ลูกจ้างประจำ
   - ☐ ลูกจ้างรายวัน
   - ☐ ลูกจ้างรับเหมา
   - ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....
3. อายุการทำงานในโรงงานน้ำแข็ง
   - ☐ ต่ำกว่า 1 ปี
   - ☑ 2-5 ปี
   - ☐ 5-10 ปี
   - ☐ ตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป

รูปที่ ค.3 ตัวอย่างที่ 2 รายละเอียดผู้ประเมิน

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

4. ท่านมีความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	0	1	2	3	4
1. ประโยชน์ของการนำการจัดการพลังงานไปใช้				✓	
2. มีความพึงพอใจในโครงการประหยัดพลังงาน					✓
3. ความคุ้มค่าของการลงทุนของการประหยัดพลังงาน			✓		
4. ความตั้งใจและเอาใจใส่กับการทำโครงงานของนิสิต					✓
5. ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงการ				✓	

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

รูปที่ ค.4 ตัวอย่างที่ 2 แบบประเมิน

แบบสอบถามความพึงพอใจในการบริหารจัดการประหยัดพลังงาน
โรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์
(สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงงานการจัดการประหยัดพลังงานจากโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

2. เพื่อนำผลการสอบถามมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขงานให้มีคุณภาพ และนำผลการประเมินมาใช้วัดความสำเร็จของโครงงาน

แบบสำรวจชุดนี้ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

เกณฑ์การประเมินผล: แบบสอบถามในตอนที่ 2 เป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมินดังนี้

0 หมายถึง ไม่มีความพึงพอใจ 1 หมายถึง น้อย (ระดับคะแนน 21-40%)

2 หมายถึง ปานกลาง (ระดับคะแนน 41-60%) 3 หมายถึง น้อย (ระดับคะแนน 61-80%)

5 หมายถึง มากกลาง (ระดับคะแนน 81-100%)

คำชี้แจง: กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่สอดคล้องกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ
   - ☐ ชาย
   - ☑ หญิง
2. สถานภาพในการทำงาน
   - ☑ ผู้บริหาร
   - ☐ ลูกจ้างประจำ
   - ☐ ลูกจ้างรายวัน
   - ☐ ลูกจ้างรับเหมา
   - ☐ อื่นๆ (โปรดระบุ).....
3. อายุการทำงานในโรงงานน้ำแข็ง
   - ☐ ต่ำกว่า 1 ปี
   - ☐ 2-5 ปี
   - ☐ 5-10 ปี
   - ☑ ตั้งแต่ 10 ปีขึ้นไป

รูปที่ ค.5 ตัวอย่างที่ 3 รายละเอียดผู้ประเมิน

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานน้ำแข็ง จังหวัดเพชรบูรณ์

4. ท่านมีความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด

รายการประเมิน	ระดับความพึงพอใจ				
	0	1	2	3	4
1. ประโยชน์ของการนำการจัดการพลังงานไปใช้				/	
2. มีความพึงพอใจในโครงการประหยัดพลังงาน					/
3. ความคุ้มค่าของการลงทุนของการประหยัดพลังงาน				/	
4. ความตั้งใจและเอาใจใส่กับการทำโครงงานของนิสิต					/
5. ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงการ					/

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

รูปที่ ค.6 ตัวอย่างที่ 3 แบบประเมิน