ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

การบริหารจัดการพลังงาน : กรณีศึกษาในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์

Energy Management : Case Study of Cement Product Factory

อรรถพล จันทะมัด

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์
วันที่รับ - 1 ก.ค. 2553
เลขทะเบียน 1504330X
เลขเรียกหนังสือ ส/ร.
มหาวิทยาลัยนเรศวร

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร
ปีการศึกษา 2552
PROJ 59/52

ใบรับรองโครงงานวิจัย

หัวข้อโครงงานวิจัย : การบริหารจัดการพลังงาน : กรณีศึกษาในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์
ผู้ดำเนินงานวิจัย : นายอรรถพล จันทะมัด รหัส 46360608
ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย : อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล
สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา : 2552

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร อนุมัติให้โครงการวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ

คณะกรรมการสอบโครงงานวิจัย

..... ประธานกรรมการ
(ดร. ภาณุ บูรณจารุกร)

..... กรรมการ
(ดร. ขวัญนิธิ คำเมือง)

..... กรรมการ
(อาจารย์วัฒนชัย เยาวรัตน์)

..... ที่ปรึกษาโครงงาน
(อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล)

หัวข้อโครงงานวิจัย	:	การบริหารจัดการพลังงาน : กรณีศึกษาในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์
ผู้ดำเนินงานวิจัย	:	นายอรรถพล จันทะมัด รหัส 46360608
ที่ปรึกษาโครงงานวิจัย	:	อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล
สาขาวิชา	:	วิศวกรรมอุตสาหการ
ภาควิชา	:	วิศวกรรมอุตสาหการ
ปีการศึกษา	:	2552

.....

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ให้ได้ไม่น้อยกว่า 5% ซึ่งในปี 2551 มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 162,586.08 kWh คิดเป็นค่าเงิน 591,940.70 บาท ในปีดังกล่าวนี้มีการผลิต 49,768.74 ตัน คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อการผลิต 1 ตัน 3.27 kW และมีการใช้น้ำมัน 128,465.44 ลิตร คิดเป็นค่าเงิน 4,379,910 บาท คิดเป็นอัตราการใช้น้ำมันต่อการผลิต 1 ตัน 2.58 ลิตร ซึ่งกระบวนการผลิตของโรงงานแบ่งออกเป็น 4 ผลิตภัณฑ์ ได้แก่ เสา-วง อิฐบล็อก ท่ออัดแรง คอนกรีตผสมเสร็จ สำหรับในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เน้นที่การศึกษาแนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันทั้งหมดของโรงงาน กระบวนการวิจัยผู้ศึกษาได้นำ กระบวนการจัดการ การซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน ระบบการจัดการพลังงาน และการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ มาใช้ในการแก้ปัญหาดังกล่าว

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการจัดการพลังงานอย่างเป็นระบบ พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานจากการเก็บข้อมูลเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำการศึกษา(มกราคม – ธันวาคม 2551) มีการใช้ไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูงคือประมาณ 3.45 kWh/หน่วย และ 2.57 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ ในช่วงทำการศึกษา(มกราคม – สิงหาคม 2552) พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิต มีการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ย 3.25 kWh/หน่วย และ 2.40 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์รวมของการลดพลังงานทั้ง 2 ชนิด ได้ 12.41% ซึ่งลดลงมากกว่าที่ตั้งเป้าหมายไว้

Project title	: Energy Management : Case Study of Cement Product Factory
Student	: Mr.Uttapon Chantamat code 46360608
Advisor	: Mr.Visaka Chaosakul
Major	: Industrial Engineering
Department	: Industrial Engineering
Academic Year	: 2009

.....

Abstract

The purpose of this study is to reduce electrical energy and fuel energy at least 5% in cement product factory where consumed average electrical energy 162,586.08 kWh (591,940.70 baht) and fuel energy 128,465.44 liters (4,379,910 baht) for producing 49,768.74 tons of products in Thai year of 2551 this can be calculated as 3.27 kW per ton of products for electrical energy and 2.58 liters per ton of products for fuel energy. The production process of this factory can be classified along with products in 4 processes namely: cement pole and pipeline segment, cement block brick, high strength cement pipeline segment and ready mixed concrete. The focus of this study is to set the outlines to reduce all both electrical and fuel energy by using the of preventive maintenance, energy management system and changing some spare parts and equipments

The result of this study shows that the consumption of all energy in this factory can be reduced 12.41%. Due to the average consumption of electrical and fuel energy per unit ton of cement from January to December 2551 was 3.45 kWh and 2.57 liters respectively compares to the average energy consumption from January to August 2552 was 3.25 kWh and 2.40 liters respectively.

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษาวิจัยปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงด้วยดีก็ด้วยความช่วยเหลือ และความกรุณาจากบุคคลและสถาบันหลายฝ่ายด้วยกัน ซึ่งบุคคลเหล่านั้นได้ให้คำแนะนำ ข้อคิดเห็น ตลอดถึงข้อมูลที่เป็นประโยชน์ในการดำเนินงานวิจัยนี้ ผู้จัดทำจึงขอขอบพระคุณทุกท่านที่จะได้กล่าวดังต่อไปนี้

ขอกราบขอบพระคุณ อาจารย์วิสาข์ เจ่าสกุล อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ และอาจารย์มานพ เกิดส่ง ที่ให้คำแนะนำและข้อคิดเห็นที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิจัยด้วยดีตลอดมา

ท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา ที่คอยให้กำลังใจและความช่วยเหลือในทุกด้านจนสำเร็จการศึกษา

นายอรรถพล จันทะมัด รหัส 46360608

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	
	1.1 หลักการและเหตุผล	1
	1.2 วัตถุประสงค์โครงงาน	2
	1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)	2
	1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ(Outcome)	2
	1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย	2
	1.6 สถานที่ในการดำเนินงานวิจัย	2
	1.7 ระยะเวลาในการดำเนินงานวิจัย	2
	1.8 ขั้นตอนและแผนการดำเนินงานวิจัย	3
2	งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	
	2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	4
	2.1.1 ความหมายของการประหยัดพลังงาน	4
	2.1.2 การประหยัดพลังงานในโรงงาน	4
	2.1.3 ประเภทของมาตรการประหยัดพลังงาน	6
	2.1.4 การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน (Energy Audit)	7
	2.1.5 การควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า	8
	2.1.6 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่าง ๆ	12
	2.1.7 แนวทางการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง	36
	2.1.8 การลดความสูญเสียจากการทำงานในโรงงาน	39
	2.1.9 วิธีการจัดทำ Energy Chart	43
	2.1.10 วิธีการวิเคราะห์ Energy Chart	45
	2.1.11 การจัดทำ Energy Layout	47

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	2.1.12 การจัดทำสมการพลังงาน (Energy equation).....	48
	2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	48
3	การดำเนินงานวิจัย	
	3.1 ศึกษาวิธีการประหยัดพลังงาน.....	52
	3.2 เก็บข้อมูลดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงาน.....	52
	3.2.1 การรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบการใช้พลังงาน.....	52
	3.2.2 สรุปดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงาน.....	53
	3.2.3 การวิเคราะห์ผลการตรวจวัดพลังงาน.....	53
	3.3 การจัดทำบัญชีเครื่องจักร, Energy Chart, Energy Layout และ Energy Equation.....	53
	3.3.1 บัญชีเครื่องจักร.....	53
	3.3.2 Energy Chart.....	53
	3.3.3 Energy Layout.....	53
	3.3.4 สมการพลังงาน (Energy Equation).....	54
	3.4 วิเคราะห์ข้อมูลจาก Energy Chart, Energy Layout และEnergy Equation.....	54
	3.4.1 การนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ (Energy Utilization).....	54
	3.4.2 การวิเคราะห์ประเภทพลังงาน (Energy Type).....	54
	3.4.3 การวิเคราะห์ ศักยภาพพลังงาน (Energy Potential).....	54
	3.4.4 การนำพลังงาน และทรัพยากรกลับคืน (Energy and Resource Recovery).....	54

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	3.4.5 การวิเคราะห์การรักษาศักยภาพพลังงาน (Energy Potential Preservation)	55
	3.5 การหาแนวทางการจัดการและประหยัดพลังงาน	55
	3.5.1 การประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์	55
	3.5.2 การจัดทำตารางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน	55
	3.6 การจัดทำมาตรการและระเบียบวิธีปฏิบัติงานการประหยัดพลังงาน	55
	3.7 ทดลองใช้มาตรการ และระเบียบปฏิบัติ	56
	3.8 เก็บข้อมูลหลังจากทดลองใช้มาตรการ และระเบียบปฏิบัติ	56
	3.9 การประเมินผล	56
4	**ผลการดำเนินงานวิจัย**	
	4.1 การสำรวจสภาพเบื้องต้น	57
	4.1.1 ข้อมูลแผนผังการผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์	58
	4.2 การวางยุทธศาสตร์การจัดการพลังงาน	62
	4.2.1 นโยบายการจัดการพลังงาน	62
	4.2.2 คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของบริษัท	62
	4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบการใช้พลังงาน	63
	4.3.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก	63
	4.3.2 ข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก	65
	4.4 การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงาน	67
	4.4.1 การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจากปริมาณการใช้พลังงานในอดีต	67

สารบัญ(ต่อ)

บทที่ หน้า

4.5 การจัดทำบัญชีเครื่องจักร, Energy Chart, Energy Layout และ Energy Equation..... 69

4.5.1 บัญชีเครื่องจักร..... 69

4.5.2 Energy Layout..... 70

4.5.3 Energy Chart..... 70

4.5.4 สมการพลังงาน (Energy Equation)..... 75

4.6 วิเคราะห์ข้อมูลจาก Energy Chart, Energy Layout และ Energy Equation..... 76

4.6.1 เครื่องผสมซีเมนต์..... 76

4.6.2 บัลลาสต์..... 76

4.6.3 เครื่องปรับอากาศ..... 76

4.6.4 มอเตอร์..... 77

4.6.5 รถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จ (CPAC)..... 77

4.7 แนวทางการประหยัดพลังงาน..... 78

4.7.1 มาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าเครื่องผสมซีเมนต์..... 78

4.7.2 มาตรการเปลี่ยนบัลลาสต์แกนเหล็กเป็นบัลลาสต์อิเลคทรอนิคส์..... 81

4.7.3 มาตรการล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนเครื่องปรับอากาศสำนักงาน จำนวน 5 ชุด..... 83

4.7.4 มาตรการลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์..... 84

4.7.5 มาตรการลดเวลารอคอยการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า (ระยะเวลารอคอยประมาณ 5-10 นาที)..... 87

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.7.6 มาตรการลดเวลารอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม (ระยะเวลารอคอยประมาณ 1 ชั่วโมง)	91
	4.7.7 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของมอเตอร์ไฟฟ้า	95
	4.7.8 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM)	95
	4.8 เก็บข้อมูลหลังจากปฏิบัติตามมาตรการ และระเบียบปฏิบัติ	97
	4.8.1 ข้อมูลด้านพลังงาน	97
	4.9 การประเมินผล	106
	4.9.1 การประเมิลด้านพลังงาน	106
	4.9.2 การประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ประกอบการและพนักงาน	106
5	สรุปและข้อเสนอแนะ	
	5.1 สรุปผลการทำโครงงานวิจัย	109
	5.1.1 สรุปขั้นตอนการจัดการพลังงาน	109
	5.1.2 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์	111
	5.1.3 สรุปผลจากการเก็บข้อมูลจริงช่วงการดำเนินโครงงาน	111
	5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงานวิจัย	113
	5.3 ข้อเสนอแนะ	114
	บรรณานุกรม	115
	ภาคผนวก	
	ก รายละเอียดตาราง บัญชีเครื่องจักร, Energy Chart, Energy Layout	117

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	ข ระเบียบปฏิบัติ และตารางซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน	135
	ค บันทึกการประชุม และแบบสอบถาม	152
ประวัติผู้วิจัย		163

สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
1.1	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551 ของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก	1
1.2	แผนการดำเนินงาน (Gantt Chart) ทุก 2 อาทิตย์	3
2.1	แสดงค่าไฟฟ้าอัตราปกติ	9
2.2	ค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	9
2.3	ค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นต่อหน่วยความเย็นที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่างกัน	13
2.4	การเปรียบเทียบคุณสมบัติของบัลลาสส์ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา และบัลลาส์อิเลคทรอนิกส์ โดยทดสอบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์	16
2.5	ระยะเวลาการดูแลรักษาสำหรับมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ	23
2.6	การแบ่งเครื่องอัดอากาศตามขนาดพิกัดความดันและการนำไปใช้งาน	32
2.7	ตัวอย่าง Energy Chart	45
4.1	ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์	57
4.2	เวลาการผลิต	57
4.3	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเดือนมกราคม – ธันวาคม 2551ของ โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก	64
4.4	ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิงเดือน มกราคม 2551 – ธันวาคม 2551	66
4.5	การใช้พลังงานรวม	67
4.6	ดัชนีชี้วัดก่อนการทำโครงงาน	68
4.7	อุปกรณ์และเครื่องจักรในสายการผลิต	69
4.8	Energy chart แผนก CPAC	72
4.9	ระยะเวลาการเดินเครื่องผสมซีเมนต์ตัวเปล่า	78

สารบัญตาราง(ต่อ)

ตาราง หน้า

4.10 ระยะเวลาการจอดรถบรรทุกรอค่อยส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า(ข้อมูลก่อนดำเนินงานตามมาตรการ)..... 87

4.11 ระยะเวลาการจอดรถบรรทุกรอค่อยส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า(ข้อมูลหลังดำเนินงานตามมาตรการ)..... 89

4.12 ระยะเวลาการจอดรถบรรทุกรอค่อยส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม..... 91

4.13 ระยะเวลาการจอดรถบรรทุกรอค่อยส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากลูกค้าไม่พร้อมรับสินค้า(ข้อมูลหลังดำเนินงานตามมาตรการ)..... 92

4.14 สรุปการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของมาตรการลดการใช้พลังงาน..... 94

4.15 ระเบียบปฏิบัติที่ประกาศใช้ในโรงงาน..... 95

4.16 การซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าประจำวัน..... 96

4.17 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปี 2552..... 97

4.18 การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าและค่าความคลาดเคลื่อนของ ปี 2552..... 98

4.19 การพยากรณ์การใช้น้ำมันดีเซลและค่าความคลาดเคลื่อนของ ปี 2552..... 99

4.20 การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าและค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2551 และปี2552..... 101

4.21 การพยากรณ์การใช้น้ำมันดีเซล และค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2551 และปี2552..... 104

4.22 สรุปผลการประหยัดพลังงาน..... 106

4.23 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเพศ..... 107

4.24 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงาน..... 108

5.1 ผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ดำเนินงาน..... 111

5.2 สรุปผลดัชนีชี้วัดช่วงการทำโครงงาน..... 113

สารบัญรูป

รูป หน้า

2.1 ภาพมอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้..... 17
2.2 ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)..... 17
2.3 ตัวหมุนแบบวาวด์หรือตัวหมุนที่ใช้ในสลิปริงมอเตอร์..... 18
2.4 ลักษณะการใช้งานมอเตอร์ในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย..... 20
2.5 รูปส่วนตัดแสดงระบบตลับลูกปืนของมอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ..... 22
2.6 รูปตัดของระบบหล่อลื่นแบบ PLS สำหรับตลับลูกปืนแบบ Ball..... 23
2.7 การใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกตรวจสอบตลับลูกปืนมอเตอร์..... 27
2.8 ลักษณะรูปคลื่นความถี่เสียงที่คอมพิวเตอร์แสดงเมื่อตลับลูกปืนทำงานเป็นปกติ.. 28
2.9 ลักษณะของรูปคลื่นความถี่เสียงที่วิเคราะห์ได้ว่าตลับลูกปืนเสียหาย..... 28
2.10 ส่วนประกอบของระบบอัดอากาศ..... 30
2.11 ส่วนการสร้างอากาศอัด..... 31
2.12 ส่วนท่อจ่ายอากาศ..... 33
2.13 ตัวอย่าง Energy Layout ระบบ ไอน้ำ..... 48
4.1 แผนผังกระบวนการจัดซื้อและจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง..... 58
4.2 บริเวณจัดเก็บวัสดุก่อสร้างเพื่อจำหน่าย..... 58
4.3 แผนผังกระบวนการผลิต เสา วงบ่อ ท่ออัดแรง อิฐบล็อก..... 59
4.4 การผลิตท่ออัดแรง..... 59
4.5 การผลิตอิฐบล็อก..... 60
4.6 การผลิตเสา-วงบ่อ..... 60
4.7 แผนผังกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ..... 61
4.8 บริเวณผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ..... 61
4.9 แผนผังโครงสร้างคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของบริษัท..... 62

สารบัญรูป(ต่อ)

รูป		หน้า
4.10	เครื่องมือวัด Power meter	63
4.11	กราฟสถิติการใช้ไฟฟ้า ปี 2551	65
4.12	กราฟสถิติการใช้น้ำมันดีเซล ปี 2551	66
4.13	กราฟสัดส่วนการใช้พลังงาน	67
4.14	การจัดทำ Energy Layout แผนก CPAC	70
4.15	Flow Chart ขั้นตอนการดำเนินมาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าเครื่องผสมซีเมนต์	79
4.16	บริเวณที่ตั้งเครื่องผสมซีเมนต์	80
4.17	บัลลาสต์แกนเหล็กและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์	81
4.18	คอยล์เย็นและคอยล์ร้อนของแอร์	83
4.19	Flow chart การดำเนินมาตรการลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์	86
4.20	มอเตอร์ที่ไม่มีฝาครอบพัดลมทำให้อุณหภูมิที่ผิวนอกสูงถึง 85 °C	86
4.21	Flow chart ขั้นตอนการดำเนินมาตรการ 4.7.4	89
4.22	รถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จ	90
4.23	บริเวณที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม	92
4.24	กราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าจริงกับการพยากรณ์	98
4.25	กราฟเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลจริงกับการพยากรณ์	100
4.26	กราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าจริงกับการพยากรณ์ปี 2551 และปี2552	103
4.27	กราฟเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลจริงกับการพยากรณ์ปี 2551 และปี2552	105
5.1	Flow chart ขั้นตอนการจัดการพลังงาน	110

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการ และเหตุผล

สภาวการณ์ในปัจจุบัน ค่าไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญในการบริหารต้นทุนในการผลิต ซึ่งในปัจจุบันค่าไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิงมีราคาต่อหน่วยที่สูงขึ้น จึงเป็นสาเหตุให้ต้นทุนการผลิตสูงขึ้นไปด้วย ดังนั้นการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิง โดยไม่มีผลกระทบต่อคุณภาพของสินค้า แล้วทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงได้ เพิ่มความสามารถในการแข่งขันในตลาดให้สูงขึ้น เป็นสิ่งที่ผู้ประกอบการต้องหานโยบายในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงที่มีประสิทธิภาพมาใช้อย่างเร่งด่วน

ตารางที่ 1.1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลเดือน มกราคม – ธันวาคม 2551 ของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก

เดือน/ปี	ปริมาณ ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า			ปริมาณการใช้น้ำมัน		
		ปริมาณหน่วย ไฟฟ้าที่ใช้(kWh)	ใช้ไฟฟ้า / หน่วย	MJ/หน่วย	ปริมาณน้ำมัน ที่ใช้ (ลิตร)	ใช้น้ำมัน / หน่วย	MJ/หน่วย
มกราคม	3,335.56	13,146.58	3.94	14.19	9,373.27	2.81	102.29
กุมภาพันธ์	3,335.98	13,824.67	4.14	14.92	10,072.59	3.02	109.91
มีนาคม	4,749.88	14,005.01	2.95	10.61	11,808.01	2.49	90.49
เมษายน	2,992.69	14,766.34	4.93	17.76	7,619.91	2.55	92.68
พฤษภาคม	3,703.02	14,381.19	3.88	13.98	9,504.93	2.57	93.43
มิถุนายน	3,629.35	15,080.49	4.16	14.96	10,649.36	2.93	106.81
กรกฎาคม	5,992.09	15,056.54	2.51	9.05	12,889.45	2.15	78.30
สิงหาคม	7,742.25	17,443.63	2.25	8.11	15,869.49	2.05	74.61
กันยายน	3,953.67	11,979.69	3.03	10.91	9,294.12	2.35	85.57
ตุลาคม	3,426.26	12,199.21	3.56	12.82	9,712.37	2.83	103.18
พฤศจิกายน	3,547.54	11,228.16	3.17	11.39	9,489.41	2.67	97.37
ธันวาคม	3,360.45	9,474.57	2.82	10.15	7,982.53	2.38	86.47
รวม	49,768.74	162,586.08	41.35	148.85	124,265.44	30.80	1,121.09
เฉลี่ย	4,147.40	13,548.84	3.45	12.40	10,355.45	2.57	93.42

จากตารางจะเห็นได้ว่าปริมาณการผลิต และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิงมีความผิดปกติ เช่น เดือนมกราคม กับเดือนกุมภาพันธ์ มีปริมาณการผลิตที่ใกล้เคียงกัน

มาก แต่มีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงที่แตกต่างกันมาก ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความผิดปกติของการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงของโรงงานอย่างเห็นได้ชัด ดังนั้นจึงควรมีการบริหารจัดการพลังงานใหม่อย่างเป็นระบบ เพื่อให้การใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงเมื่อเทียบกับปริมาณผลผลิตในแต่ละเดือนแล้วมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงต่อหน่วยการผลิตใกล้เคียงกัน อีกทั้งเป็นการช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงโดยก่อให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงาน

เพื่อหาแนวทางและมาตรการในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิงลง

1.3 เกณฑ์ชี้วัดผลงาน (Output)

แนวทางและมาตรการในการลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้

1.4 เกณฑ์ชี้วัดผลสำเร็จ (Outcome)

ลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิงลงได้ไม่น้อยกว่า 5% ของการใช้พลังงานเฉลี่ยทั้งหมดในแต่ละเดือนเมื่อเทียบกับปีฐาน

1.5 ขอบเขตในการดำเนินงานวิจัย

ดำเนินงานการลดปริมาณการใช้พลังงานทั้งหมดได้แก่ ไฟฟ้า และน้ำมันเชื้อเพลิง ในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์เท่านั้น โดยมีระยะเวลาดำเนินการบริหารจัดการพลังงาน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2552 ถึง 31 สิงหาคม พ.ศ. 2552

1.6 สถานที่ในการดำเนินการวิจัย

โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก

1.7 ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย

1 มกราคม พ.ศ. 2552 – 31 สิงหาคม พ.ศ. 2552

1.8 ขั้นตอน และแผนการดำเนินการ (Gantt Chart)

ตารางที่ 1.2 แผนการดำเนินงาน (Gantt Chart)

ลำดับ	การดำเนินงาน	ม.ค.		ก.พ.		มี.ค.		เม.ย		มิ.ย.		ก.ค.		ส.ค.	
1	วางแผนการทำงานและเก็บข้อมูลจากโรงงาน														
2	วิเคราะห์ข้อมูลที่รวบรวมได้														
3	วางระบบการจัดการปรับเปลี่ยนอุปกรณ์ และออกมาตรการต่างๆ														
4	ปฏิบัติตามมาตรการ														
5	เก็บข้อมูลสรุปและประเมินผล														
6	จัดทำรูปเล่มวิทยานิพนธ์														

บทที่ 2

งานวิจัย และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

2.1.1 ความหมายของการประหยัดพลังงาน

การประหยัดพลังงานในโรงงาน หมายถึง การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดโดยไม่มีผลกระทบต่อกิจกรรมการผลิต โดยพยายามใช้อุปกรณ์ที่ใช้พลังงานต่างๆ ให้มีประสิทธิภาพสูงสุด ลดการสูญเสียพลังงาน เกิดผลดีด้านการลดต้นทุนการผลิตและลดปัญหาด้านมลภาวะซึ่งเป็นผลดีทางอ้อมมีหลักพิจารณาในการประหยัดพลังงานในโรงงานโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 ประการ คือ

2.1.1.1 การเลือกใช้พลังงานและเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม การเลือกใช้ชนิดของพลังงานและเชื้อเพลิงใดควรพิจารณาคุณสมบัติทางกายภาพ เศรษฐกิจ ความยากง่ายในการจัดหาเชื้อเพลิง และที่เก็บเชื้อเพลิง เลือกใช้พลังงานที่เหมาะสมกับงานมากที่สุดเพื่อลดต้นทุนด้านพลังงาน เช่น เตาอบไฟฟ้า ใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อน เราสามารถพิจารณาการให้ความร้อนจาก ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซธรรมชาติ แทนซึ่งมีต้นทุนพลังงานความร้อนต่อราคาต่ำกว่ามาก

2.1.1.2 การลดการสูญเสียและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ การใช้พลังงานในโรงงานมีทั้งพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ควรศึกษาสภาพการใช้งานและรายละเอียดของอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานในโรงงาน ทำการศึกษาและวิเคราะห์หาแนวทางลดการสูญเสียเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การเดินมอเตอร์ตัวเปล่า ลมรั่ว ท่อไอน้ำรั่ว ฉนวนความร้อนเสื่อมสภาพ เป็นต้น เพื่อให้ใช้พลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

2.1.1.3 การนำพลังงานปล่อยทิ้งที่มีคุณภาพกลับมาใช้ประโยชน์ เป็นการศึกษาการวิเคราะห์เพื่อนำพลังงานที่ปล่อยทิ้งเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ กลับมาใช้ให้เกิดประโยชน์เพื่อให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นโดยคำนึงถึงความเหมาะสมด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์

2.1.2 การประหยัดพลังงานในโรงงาน

การประหยัดพลังงานที่ให้ได้ผลดี จะต้องเริ่มต้นที่ผู้บริหารระดับสูงของโรงงาน มีความมุ่งมั่นในการดำเนินมาตรการต่าง ๆ อย่างจริงจัง ในการดำเนินการนั้น หน่วยงานจะต้องจัดลำดับให้โครงการประหยัดพลังงานมีความสำคัญอยู่ในลำดับต้น และต้องให้การสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน ไม่ว่าจะเป็นงบประมาณต่าง ๆ รวมถึงกำลังคนและบุคลากรที่ต้องใช้การประหยัดพลังงานนั้น จะ

เกิดผลสำเร็จสูงสุดก็ต่อเมื่อ มีการทำงานต่อเนื่องอย่างจริงจังเนื่องจากการประหยัดพลังงานนั้น จะเกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นอยู่เป็นประจำทุกวัน ตามความเปลี่ยนแปลงจากปัจจัยหลายประการ ทำให้ต้องมีการติดตามอยู่ตลอดเวลาเพื่อให้การใช้พลังงานเป็นไปอย่างเหมาะสมมีประสิทธิภาพ ดังนั้นจึงสมควรจัดให้งานเหล่านี้เข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของงานประจำ

2.1.2.1 เครื่องมือในการตรวจสอบ ติดตามผล และควบคุมการใช้พลังงานโดยทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบติดตามผล และควบคุมการใช้พลังงานภายในโรงงานจะมีอยู่ 2 ชนิด คือ

1. สมรรถภาพพลังงานของโรงงาน (Plant Energy Performance : PEP) สมรรถภาพพลังงานของโรงงาน เป็นการชี้ให้เห็นความแตกต่าง ของการใช้พลังงานในอดีตและปัจจุบัน และเป็นการวัดการดำเนินงานของแผนการจัดการพลังงานว่า ได้ผลเพียงใด สิ่งที่ทำให้ผู้บริหารได้รับประโยชน์คือ การเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานต่อผลผลิตในแต่ละปี จึงเป็นการเปรียบเทียบสมรรถภาพพลังงานของโรงงานระหว่างปีฐานกับปีปัจจุบัน โดยใช้ปีฐานเป็นจุดอ้างอิง และปีปัจจุบันเป็นปีที่มีการวัดค่าต่าง ๆ เพื่อแสดงว่ามีการปรับปรุงการใช้พลังงานให้ดีขึ้นแล้วหรือยัง โดยทั่วไปแล้วผลผลิตที่ได้ระหว่างปีฐานกับปีปัจจุบัน จะแตกต่างกันและจำนวนผลผลิตก็มีผลต่อการใช้พลังงานอีกด้วย เมื่อทำการเปรียบเทียบแล้วจะทำให้เราทราบว่าในปัจจุบันต้องใช้พลังงานมากน้อยอย่างไร ที่จะผลิตผลผลิตให้ได้ผลผลิตเท่ากับปีนี้ ถ้าใช้การทำงานแบบเดียวกับการผลิตในปีฐาน

$$\text{การใช้พลังงานเทียบที่ปีฐาน} = \text{การใช้พลังงานปีฐาน} \times \frac{\text{ผลผลิตปีปัจจุบัน}}{\text{ผลผลิตปีที่เป็นฐาน}} \qquad (2.1)$$

$$\text{สมรรถภาพพลังงาน} = \frac{\left(\text{การใช้พลังงานเทียบที่ปีฐาน} - \text{การใช้พลังงานปัจจุบัน}\right)}{\text{การใช้พลังงานเทียบที่ปีฐาน}} \times 100\% \qquad (2.2)$$

การตรวจสอบการใช้พลังงานในลักษณะนี้ เป็นเพียงแค่การตรวจสอบเบื้องต้นเท่านั้น สำหรับการตรวจสอบการใช้พลังงานโดยละเอียด จำเป็นต้องใช้เครื่องมือวัดที่เพียงพอในการตรวจสอบและมีการวิเคราะห์การใช้พลังงาน เพื่อหาข้อมูลของการใช้พลังงานในแต่ละขั้นตอนของกระบวนการผลิต และจุดที่มีการใช้พลังงานมากที่สุด ซึ่งค่าสำคัญที่ต้องทำการวัดได้แก่ ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) ประสิทธิภาพของเครื่องจักร เป็นต้น

2. ดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานโครงการต่าง ๆ ในกระบวนการจัดการพลังงานจะประสบความสำเร็จได้ก็ต่อเมื่อมีการทำงานที่ต่อเนื่องกันไป ดังนั้นเพื่อให้คุ้มค่ากับการลงทุนที่เสียไป จึงควรพัฒนาให้เป็นงานประจำของโรงงานไปด้วย การติดตามผลจะเป็นสิ่งที่ทำให้ทราบว่า โครงการที่กำลังทำอยู่มีการดำเนินการไปตามแนวทางที่วางไว้ และสามารถบรรลุเป้าหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ และการติดตามผลจะทำให้ทราบถึงแนวโน้มความสำเร็จของโครงการและเป็นการวัดการดำเนินงานที่ได้ทำไปแล้วการติดตามผลควรเริ่มตั้งแต่ระดับล่างขึ้นไป ซึ่งในระดับนี้จะคอยบันทึกรายละเอียดการทำงานทั้งของอุปกรณ์ และกระบวนการผลิตต่างๆ ส่วนผู้บริหารนั้นต้องกำหนดแนวทาง รูปแบบการควบคุม และการติดตามผลการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนการผลิต โดยต้องกำหนดความถี่ในการติดตามและบันทึกผล ซึ่งแนวโน้มการใช้พลังงานของโครงการนั้น อาจดูได้จากดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต (Specific Energy Consumption) โดยสามารถหาได้จากการแปลงปริมาณพลังงานทั้งหมดที่ใช้อยู่ให้เป็นหน่วยเดียวกันแล้วหารด้วยปริมาณผลผลิต

$$\text{ดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต} = \frac{\text{ปริมาณพลังงานที่ใช้ทั้งหมด}}{\text{ปริมาณผลผลิต}} \qquad (2.3)$$

2.1.3 ประเภทของมาตรการประหยัดพลังงาน

มาตรการต่าง ๆ ในการประหยัดพลังงาน หากพิจารณาในแง่ของการปรับปรุงหรือระดับการลงทุนโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 3 มาตรการ คือ

2.1.3.1 มาตรการบำรุงรักษาเครื่องจักร (House Keeping) เป็นมาตรการที่ไม่ต้องลงทุนหรือมีการลงทุนน้อยมากดำเนินการได้ง่าย เช่น การปรับความตึงสายพาน, ปิดไฟในตำแหน่งที่ไม่ใช้งาน, การลดของเสีย, การจัด Layout โรงงานเป็นต้น

2.1.3.2 มาตรการปรับปรุงกระบวนการผลิต (Process Improvement) เป็นมาตรการที่มีการลงทุนแต่ลงทุนไม่มาก เช่น การหุ้มฉนวน, การนำคอนเดนเสทกลับมาใช้ประโยชน์, การเปลี่ยนหัวเผา (Burner) ของหม้อไอน้ำ, การเปลี่ยนบัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์ เป็นต้น

2.1.3.3 มาตรการเปลี่ยนเครื่องจักรหลัก (Major Change of Equipment) เป็นมาตรการที่ต้องมีการลงทุนสูงโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงเครื่องจักรอุปกรณ์หรือกระบวนการผลิตใหม่ เช่น การเปลี่ยนหม้อไอน้ำ, การติดตั้งระบบ Cogeneration เป็นต้น

2.1.4 **การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน** (Energy Audit)

การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงานคือการตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อหาแนวทางในการประหยัดพลังงาน โดยทั่วไปการตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน มีขั้นตอนปฏิบัติตามลำดับ 4 ขั้นตอน คือ

2.1.4.1 การตรวจสอบการใช้พลังงานจากข้อมูลการใช้พลังงานในอดีต เป็นการรวบรวมและศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานในปีก่อน ๆ ที่ทางโรงงานจดบันทึกไว้เพื่อต้องการทราบปริมาณพลังงานทุกรูปแบบที่ใช้, ค่าใช้จ่ายพลังงานทุกรูปแบบที่ใช้, ผลผลิตที่ได้ต่อปริมาณพลังงานที่ใช้และรูปแบบของการใช้พลังงานในแต่ละช่วงการผลิต

2.1.4.2 การตรวจสอบการใช้พลังงานโดยการเข้าสำรวจในโรงงาน ขั้นตอนแรกเป็นการสำรวจแผนผังของโรงงาน เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของโรงงาน กระบวนการผลิตและอุปกรณ์ต่าง ๆ พิจารณาบริเวณที่มีการใช้พลังงานสูง ระบบการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ บริเวณที่เกี่ยวข้อง จากนั้นเป็นขั้นตอนการเข้าสำรวจในโรงงานเพื่อหาตำแหน่งที่มีการสูญเสียพลังงานและต้นเหตุการสูญเสียพลังงาน ทำการสำรวจระบบการใช้พลังงานทุกระบบ ทั้งในช่วงทำการผลิตและหยุดการผลิต รวมทั้งสำรวจมาตรวัดต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมที่จะบันทึกข้อมูลเพื่อนำไปใช้วิเคราะห์การใช้พลังงานต่อไป

2.1.4.3 การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียด ผลจากการตรวจสอบขั้นต้น นำข้อมูลมาวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียดโดยการทำสมดุลพลังงาน เพื่อหาประสิทธิภาพของระบบ อุปกรณ์และปริมาณพลังงานสูญเสีย ข้อมูลที่วิเคราะห์ได้เมื่อนำมาสร้างรูปแบบการใช้พลังงาน จะทำให้ทราบว่าจะต้องมีการปรับปรุงแก้ไขส่วนใดบ้าง และวิเคราะห์หาแนวทางการปรับปรุงแก้ไข คัดเลือกวิธีการที่เหมาะสมทั้งในด้านเทคนิคและเศรษฐศาสตร์ต่อไป

2.1.4.4 การทำบัญชีพลังงาน (Energy Auditing) การทำบัญชีพลังงานเป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานการใช้พลังงานเพื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานและหาแนวทางการประหยัดพลังงาน ข้อมูลพื้นฐานได้จากการตรวจสอบการใช้พลังงาน ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การตรวจสอบการใช้พลังงานโดยศึกษาจากใบเสร็จค่าใช้จ่ายพลังงาน (the billing audit) โดยการรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายพลังงานและราคาเชื้อเพลิงจากใบเสร็จค่าใช้จ่าย (เช่น ค่าไฟฟ้า ค่าน้ำประปา และค่าเชื้อเพลิงต่าง ๆ) เพื่อเป็นแนวทางในการหาค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิต

2. การตรวจสอบการใช้พลังงานโดยศึกษาจากการลงสนามสำรวจ (The field audit) เป็นขั้นตอนหลังจากเสร็จสิ้นการตรวจสอบการใช้พลังงานโดยศึกษาจากใบเสร็จค่าใช้จ่าย

พลังงาน เพื่อจัดทำรายละเอียดการใช้พลังงานในขั้นตอนของกระบวนการผลิตของอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ

2.1.5 การควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

การไฟฟ้าฯ แบ่งประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าออกเป็น 8 ประเภท ดังนี้คือ

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก (มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดไม่เกิน 30 kW)

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง (มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30-999 kW และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน)

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่ (มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยสูงสุดตั้งแต่ 1,000 kW ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน เกินกว่า 250,000 หน่วยต่อเดือน)

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง (มีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 30 kW ขึ้นไป)

ประเภทที่ 6 ส่วนราชการและองค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

ประเภทที่ 7 สูบน้ำการเกษตร

ประเภทที่ 8 ไฟฟ้าชั่วคราว

2.1.5.1 ประเภทของอัตราค่าไฟฟ้า

โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ที่เข้าทำการศึกษานี้จัดอยู่ในผู้ใช้ไฟฟ้า ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการที่มีลักษณะเป็นอุตสาหกรรม รัฐวิสาหกิจ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

1. อัตราปกติ มาจากคำว่า TWO PART TARIFF คิดค่าไฟฟ้าจาก 2 ส่วน คือ พลังงานไฟฟ้า (kWh) และความต้องการพลังไฟฟ้า (kW) อัตรานี้ใช้กับโรงงานที่ใช้ไฟฟ้าค่อนข้างน้อย คือไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน

ตารางที่ 2.1 ค่าไฟฟ้าอัตราปกติ

ระดับแรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท / กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท / หน่วย)
1.1 ตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	175.70	1.6660
1.2 22-33 กิโลโวลท์	196.26	1.7034
1.3 ต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	221.50	1.7314

2. อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่กำหนดให้ราคาแตกต่างกันตามช่วงเวลา และราคาที่แตกต่างกันตามค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และค่าพลังงานไฟฟ้า(หน่วย) แตกต่างกันออกไปดังนี้

ตารางที่ 2.2 **ค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้** (Time of Use Rate : TOU)

แรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท / กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท / หน่วย)		ค่าบริการ (บาท)
	Peak	Peak	Off Peak	
3.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	2.6136	1.1726	228.17
3.2.2 แรงดัน 22-33 กิโลโวลท์	132.93	2.6950	1.1914	228.17
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	2.8408	1.2246	228.17

หมายเหตุ : Peak: วันจันทร์ -ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น.

Off Peak: วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น. และวันเสาร์ วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือนที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ : 1. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 2 เป็นอัตราบังคับสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 3 เป็นครั้งแรก ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าเดือน ตุลาคม 2543

3. ประเภทที่ 2 เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิม เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราที่ 1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

4. เดือนใดความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปก็ยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้า เป็นประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก อัตราปกติ

องค์ประกอบที่มีผลต่อค่าไฟฟ้า มีอยู่ 3 ส่วน คือ

1. ค่าไฟฟ้าฐาน
   - ก. ค่าพลังงานไฟฟ้า
   - ข. ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า
   - ค. ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า
   - ง. ค่าบริการ
2. ค่าไฟฟ้าผันแปร (Ft : Fuel Tarriff)
3. ภาษีมูลค่าเพิ่ม 7%

จากองค์ประกอบของเงินค่าไฟฟ้าที่กล่าวมาทั้งหมด ค่าธรรมเนียมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Demand Charge) มีสัดส่วนค่อนข้างสูง ดังนั้นถ้าสถานประกอบการใดสามารถลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ ค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในแต่ละเดือนก็จะลดลงไปได้เอง เนื่องจากการไฟฟ้าคิดว่าไฟฟ้าในส่วนที่ใช้เฉลี่ยสูงสุดในช่วงเวลา 15 นาที ของแต่ละเดือน โดยค่าไฟฟ้าส่วนนี้จะคิดจากค่าสูงสุดเพียงอย่างเดียวไม่เกี่ยวกับระยะเวลาใช้งานว่าจะมากน้อยยาวนานเพียงใด จะมีค่าสูงสุดเพียงครั้งเดียวหรือหลายครั้งในรอบหนึ่งเดือนก็ตาม ก็จะคิดค่าไฟฟ้าส่วนนี้เท่ากัน ดังนั้นเพื่อการประหยัดค่าไฟฟ้าและคุ้มค่ากับเงินที่จะต้องจ่ายส่วนนี้จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปรับระดับ ความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดให้ลดลงมากที่สุดเท่าที่จะมากได้ สาเหตุที่ต้องมีการควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด เพราะเป็นตัวประกอบอันหนึ่งที่

จะแสดงประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าว่าเป็นอย่างไร ถ้าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดมีค่าสูง ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะต่ำ (มีตัวประกอบโหลดต่ำหรือที่เรียกว่า Load Factor) แต่ถ้าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดมีค่าต่ำ (ใช้เท่าที่จำเป็นจริง ๆ ในกระบวนการผลิตหรือการบริการ) ประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าก็จะสูง ถ้าสถานประกอบการใดที่สามารถปรับค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดให้อยู่ ในขนาดที่เหมาะสมก็จะช่วยลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้าในแต่ละเดือนได้อย่างมาก และเป็นเครื่องแสดงให้เห็นว่าสถานประกอบการนั้นมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่ในระดับสูง แนวทางในการพิจารณาเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด จำเป็นต้องทำความเข้าใจกับคำว่าตัวประกอบโหลด (Load Factor) เสียก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดความสม่ำเสมอของการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีคำจำกัดความดังนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลด(Load Factor)} = \frac{(\text{จำนวนกิโลวัตต์–ชั่วโมงที่ใช้ทั้งหมดต่อเดือน})}{(\text{กิโลวัตต์สูงสุด} \times \text{จำนวนชั่วโมงในเดือนนั้น})} \times 100\ \% \qquad (2.4)$$

พิจารณาสมการตัวประกอบโหลดจะเห็นว่า ตัวแปรที่ทำให้เปอร์เซ็นต์ตัวประกอบโหลดสูงหรือต่ำจะมีอยู่สองตัวคือ จำนวนหน่วยพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) และจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด หรือความต้องการ กำลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) ดังนั้น เราสามารถที่จะเพิ่มค่าประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ 2 วิธี คือ

1. ลดจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด (Peak demand) ลง

2. ลดการใช้จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) ลง เพื่อให้สมดุลกับจำนวน Peak demand ที่ลดลง อันจะมีผลทำให้อัตราส่วนของค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่การลดจำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) จะมีผลต่อการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดไม่มากนัก แต่จะส่งผลโดยตรงต่อค่าไฟฟ้าที่ลดลง ผลประโยชน์ที่ได้รับโดยตรงจากการลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด มีอยู่ด้วยกัน 4 ประการ คือ

1. ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงขึ้นหรือมีค่าตัวประกอบโหลดสูง จะเห็นว่ายิ่งค่าตัวประกอบโหลดมีค่าสูงเท่าไร ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยยิ่งต่ำลงเท่านั้น ดังนั้นถ้าโรงงานสามารถ ปรับปรุงค่าตัวประกอบโหลดให้สูงขึ้นได้ก็จะสามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานลงได้ ซึ่งจะทำให้ต้นทุนในการผลิตต่ำลงอีกด้วย

2. โรงงานจะเสียค่าไฟฟ้าในส่วนที่เป็นค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (Demand Charge) ลดลง

3. ทำให้พลังงานไฟฟ้าสูญเสียในหม้อแปลงและสายไฟฟ้าลดลง

4. การที่ความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดลดลงทำให้หม้อแปลง สายเมน และสายป้อนกระแสไฟฟ้าลดลง ทำให้มีความจุเหลือสามารถติดตั้งเครื่องใช้ไฟฟ้าเพิ่มขึ้นได้อีก

2.1.6 การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ต่าง ๆ

ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านไฟฟ้า นอกจากจะจัดการด้านระบบไฟฟ้ารวมเพื่อลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า และค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าแล้ว ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่อุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ ใช้ก็นับว่าเป็นองค์ประกอบที่มีความสำคัญมากต่อค่าไฟฟ้าที่จ่ายในแต่ละเดือนศักยภาพของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในอุปกรณ์ไฟฟ้าต่างๆ จะพิจารณาจากค่ากิโลวัตต์-ชั่วโมง (หน่วย) และประสิทธิภาพของอุปกรณ์ไฟฟ้านั้น ๆ

$$\text{ปริมาณของพลังงานที่อุปกรณ์ไฟฟ้าใช้} = \frac{\left(\text{ขนาดของอุปกรณ์ (kW)} \times \text{เวลาการทำงาน (h)}\right)}{\text{ประสิทธิภาพ } (\eta)} \qquad (2.5)$$

ดังนั้นการบริหารการจัดการเพื่อลดปริมาณพลังงานที่ใช้สามารถทำได้โดย

1. การลดขนาดของอุปกรณ์ไฟฟ้า โดยการเลือกขนาดให้เหมาะสมหรือลดโหลดของอุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระทางไฟฟ้า

2. การลดชั่วโมงการทำงาน เช่น ปิดเมื่อไม่ใช้งาน

3. การใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูง หรือดูแลบำรุงรักษาอย่างสม่ำเสมอเพื่อให้อุปกรณ์ ไฟฟ้ามีประสิทธิภาพสูงอยู่สม่ำเสมอ การบริหารการจัดการพลังงานในอุปกรณ์ไฟฟ้าให้ได้ผล จะต้องมีการดำเนินการทั้ง 3 ข้อผสมกัน

2.1.6.1 ระบบปรับอากาศ การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศขนาดใหญ่สามารถแยกวิธีการได้เป็น 2 ส่วน คือ

1. การใช้งานอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศอย่างมีประสิทธิภาพ อุปกรณ์ต่าง ๆ ของระบบปรับอากาศที่ติดตั้งอยู่ในอาคาร ถ้าหากมีการใช้อย่างเหมาะสมและคำนึงถึงการประหยัดพลังงานแล้ว ก็จะสามารถลดการใช้ไฟฟ้าลงได้ โดยที่ผู้ประกอบการโรงงานและอาคารไม่ต้องอาศัยเครื่องมือหรือความรู้ความสามารถพิเศษและไม่ต้องลงทุนเพิ่มเติม โดยวิธีการต่อไปนี้

ก. ควบคุมอุณหภูมิน้ำหล่อเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นให้มีอุณหภูมิที่ต่ำสุด สำหรับอาคารที่ติดตั้งระบบปรับอากาศประเภทเครื่องทำน้ำเย็นชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water Cooled Water Chiller) การควบคุมอุณหภูมิน้ำเย็นที่เข้าเครื่องทำน้ำเย็นจะทำให้เครื่องทำน้ำเย็นนั้นใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลงขณะที่ความสามารถในการทำความเย็นยังคงเดิมอยู่ จัดระบบ

ให้เครื่องปรับอากาศทำงานเป็นช่วง ๆ สลับกัน และควรปิดเครื่องปรับอากาศเมื่อไม่ใช้งาน ดูรายละเอียดในตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 แสดงค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องทำน้ำเย็นต่อหน่วยความเย็นที่อุณหภูมิน้ำหล่อเย็นต่างกัน

อุณหภูมิน้ำหล่อเย็น	กำลังไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องทำความเย็น	
(องศาเซลเซียส)	kW/kWR	kW/T
29.4	0.274	0.967
28.3	0.254	0.897
25.0	0.243	0.855
23.9	0.228	0.802
20.0	0.200	0.704
18.9	0.196	0.690

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

ข. ตั้งค่าเทอร์โมสแตทควบคุมอุณหภูมิที่ 25 – 26 องศาเซลเซียส

ค. เลือกขนาดเครื่องปรับอากาศให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งาน

ง. ดูแลบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศอย่างสม่ำเสมอ เช่น การทำความสะอาดแผ่นกรองอากาศที่อยู่ด้านหน้ากากของเครื่องด้วยการล้างทำความสะอาดอย่างน้อยเดือนละครั้ง การทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศครั้งใหญ่ควรถอดออกมาล้างปีละครั้ง รวมทั้งแผ่นระบายความร้อนด้านหลังเครื่องด้วย

2. การบำรุงรักษาอุปกรณ์ในระบบปรับอากาศ การประหยัดไฟฟ้าในระบบปรับอากาศจะไม่ประสบผลสำเร็จได้ถ้าปราศจากการติดตามการใช้งานจริงมีข้อแนะนำเกี่ยวกับการบำรุงรักษาอุปกรณ์ต่าง ๆ ในระบบปรับอากาศ ดังนี้

ก. ควรทดลองและปรับแต่งระบบอย่างสมบูรณ์เป็นครั้งคราว ตามกำหนดเวลา ตลอดอายุการใช้งานของระบบ การปรับแต่งในครั้งแรกเพียงครั้งเดียว ทำให้ประสิทธิภาพของระบบลดลงเรื่อย ๆ

ข. ตั้งเทอร์โมสแตทให้ควบคุมอุณหภูมิที่พอเหมาะกับความสบาย ไม่ควรตั้งไว้ต่ำเกินไป และหมั่นตรวจสอบการทำงานของเทอร์โมสแตทว่าเป็นปกติหรือไม่

ค. ทำความสะอาดแผงกรองอากาศและขดลวดทำความเย็น (Cooling Coil) ของเครื่องส่งลมเย็นเป็นประจำถ้ามีความสกปรก พื้นผิวรับความร้อนจะถ่ายความร้อนได้ไม่ดี ทำให้น้ำเย็นที่ไหลกลับไปยังเครื่องทำน้ำเย็นมีอุณหภูมิต่ำ เป็นผลให้ประสิทธิภาพของเครื่องทำน้ำเย็นต่ำลงด้วย

ง. ทำความสะอาดตัวระบายความร้อนเป็นประจำ เช่น ตรวจสอบอย่าให้มีวัสดุปิดขวางท่อลมที่ใช้ในการระบายความร้อน ตรวจสอบอย่าให้ผิวด้านในของตัวควบแน่นมีตะกรันและสิ่งสกปรก

จ. ทำความสะอาดหอระบายความร้อนเพื่อให้ผิวระบายความร้อนสะอาด หัวกระจายน้ำตามกำหนด

ฉ. บำบัดคุณภาพน้ำในระบบน้ำหล่อเย็น เพราะความสกปรกจะลดความสามารถในการถ่ายเทความร้อน

ช. อัดจาระบีหล่อลื่นพัดลมทุกตัว หรือหยอดน้ำมันอย่างสม่ำเสมอ

ซ. ตรวจความตึงของสายพานพัดลมให้พอเหมาะ

ฌ. ตรวจสอบการรั่วของท่อน้ำเย็นและซ่อมแซมฉนวนท่อน้ำ รวมทั้งแก้ไขการรั่วของน้ำเย็นที่อุปกรณ์ต่าง ๆ ปั๊มน้ำแบบหอยโข่งที่ใช้ Packing Seal ต้องให้น้ำซึมบ้าง แต่ไม่ควรรั่วมากเกินไป

ฎ. ตรวจสอบการรั่วของท่อลม รวมถึงการซ่อมแซมฉนวนท่อลมที่ฉีกขาด

ฏ. ตรวจสอบรอยรั่วตามหน้าต่างและประตูของอาคารซึ่งทำให้อากาศร้อนภายนอกเข้าสู่อาคารได้

2.1.6.2 ระบบแสงสว่าง หลักการสำคัญของการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง มีดังต่อไปนี้

1. การทำความเข้าใจกับพื้นที่ที่จะใช้แสงสว่างการทำความเข้าใจกับพื้นที่งานที่จะใช้แสงสว่างคือ การศึกษาถึงประเภทหรือชนิดของงานที่จะกระทำในพื้นที่นั้น ๆ ว่าเป็นงานชนิดใด ต้องการระดับความสว่างสูงต่ำมากน้อยเพียงใด ในขณะเดียวกันก็พิจารณาหรือเลือกสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมให้กับพื้นที่นั้น ๆ ด้วย เช่น การใช้สีทาที่ฝาผนังเพดานและ พื้นควรเลือกใช้สีที่ให้ผลในการส่องสว่างสูง เป็นต้น ในกรณีที่ภายในห้องที่มีค่าความสว่างเท่ากัน ห้องที่มีฝาสว่างกับฝามืดจะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 20% และถ้าเป็นห้องขนาดใหญ่ที่

มีฝาสว่าง กับห้องที่มีฝามืด จะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 30% สำหรับการให้ความสว่างที่ค่าเท่ากัน

2. การออกแบบระบบแสงสว่างให้เหมาะสมกับงานแต่ละประเภทระบบไฟฟ้าแสงสว่างต้องได้รับการออกแบบและติดตั้ง เพื่อให้การประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และทำให้สภาพแวดล้อมทั่ว ๆ ไปของการมองเห็นมีความปลอดภัย วิธีการให้แสงสว่างที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งสามารถแบ่งออกเป็น 3 วิธี คือ

ก. การให้แสงสว่างแบบมีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่ (General Lighting)

ข. การให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่ (Localised General Highlight)

ค. การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง (Local lighting)

3. มาตรการอนุรักษ์พลังงานในระบบแสงสว่างจะมีหลายวิธี แต่จะมีแนวทางในการปรับปรุงอยู่เพียง 3 แนวทางใหญ่ ๆ คือ

ก. การใช้แสงสว่างจากธรรมชาติ

ข. การจัดการระบบแสงสว่างให้ทำงานอย่างมีประสิทธิภาพ

ค. การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าและอุปกรณ์ประหยัดพลังงานประเภทต่าง ๆ

4. บัลลาสต์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปิดติดและควบคุมไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้เหมาะสม ซึ่งสามารถแบ่งได้ 2 ชนิดหลัก คือ

ก. บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา บัลลาสต์ชนิดนี้เป็นบัลลาสต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำซึ่งเป็นส่วนหน้าของวงจรสตาร์ทสำหรับหลอดไฟฟ้า เมื่อเริ่มป้อนไฟฟ้าให้กับวงจร ตัวสวิตช์ Bimetalในสตาร์ทเตอร์จะอยู่ในตำแหน่งปิด เมื่อกระแสไหลผ่านไส้หลอดโดยผ่านทางสวิตช์ Bi-metal ซึ่งจะทำให้ไส้หลอดปล่อยอิออนเข้าสู่หลอด ในที่สุดเมื่อสวิตช์ Bi-metal ร้อนมากขึ้นและเปิดวงจรตัวเหนี่วนำจะพยายามที่จะรักษาระดับของกระแสไฟฟ้าที่ไหลและกำเนิดแรงดันสูงตกคร่อมหลอดและผลจากการที่มีอิออนออกมาอย่างต่อเนื่องหลอดก็จะ Strike ทันทีที่เกิดการ Discharge ขึ้นซึ่งตามธรรมชาติของขดลวดที่พันรอบแกนเหล็ก เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า แกนเหล็กจะเกิดการอิ่มตัวทำให้มีกำลังสูญเสียขึ้น เรียกว่า Ballast Loss บัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ส่วนใหญ่ที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นแบบ Induction (ค่า Power factor ของบัลลาสต์ชนิดนี้มีค่าประมาณ 0.5) โดยบัลลาสต์ชนิดนี้จะมีพลังงานสูญเสียประมาณ 10 - 14 วัตต์

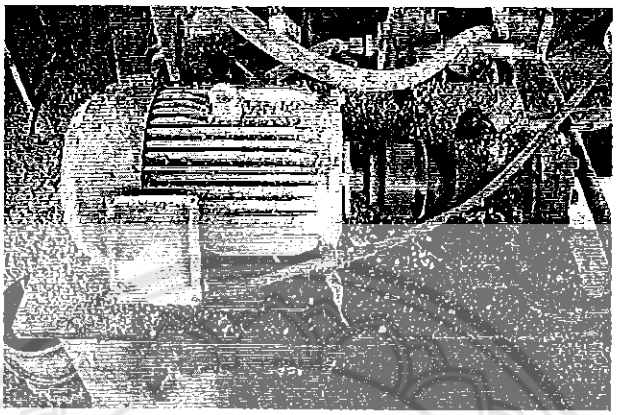
ข. บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic Ballast) เป็นบัลลาสต์ที่ทำด้วยชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานน้อยประมาณ 1-2 วัตต์ สามารถขับดันหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ตั้งแต่ 1 - 4 หลอดอย่างไรก็ตาม มาตรฐาน IEC 929 แนะนำให้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ควรมีความถี่ไม่ต่ำกว่า 25 kHz เพื่อป้องกันการรบกวนของความถี่เสียง และเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่างของหลอดฟลูออเรสเซนต์ โดยสามารถเปิดติดทันที ไม่กระพริบ ไม่ต้องใช้สตาร์ทเตอร์ ทำให้อายุการใช้งานของหลอดนานขึ้น 2 เท่าของหลอดที่ใช้ร่วมกับบัลลาสต์แกนเหล็กธรรมดา นอกจากนี้ยังมีอายุการใช้งานยาวนานกว่าบัลลาสต์แบบธรรมดา 30-50% ทั้งนี้ บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีการสูญเสียพลังงานน้อยกว่าการใช้บัลลาสต์แบบขดลวดแกนเหล็กธรรมดาที่ต่อกับหลอดไฟ ประมาณ 11 วัตต์ต่อหลอด โดยหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์กับบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็กแบบธรรมดา 10 วัตต์ จะใช้พลังงาน 46 วัตต์ หากเปลี่ยนมาใช้บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์จะใช้พลังงานเพียง 35 วัตต์ นอกจากนี้ยังประหยัดพลังงานของระบบปรับอากาศ เพราะมีความร้อนจากไฟฟ้าแสงสว่างเกิดขึ้นน้อยอีกด้วย ทั้งนี้การเปรียบเทียบคุณสมบัติของบัลลาสต์ทั้ง 2 ชนิด แสดงดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 การเปรียบเทียบคุณสมบัติของบัลลาสส์ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ โดยทดสอบกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 วัตต์

หลอดไฟที่ใช้	บัลลาสต์ธรรมดา	บัลลาสต์อิเลคทรอนิกส์
Lamp Consumption	36 W	32 W
Ballast Loss	10 W	4 W
System Consumption	46 W	36 W
Comparison Index	100 %	78 %
อายุการใช้งาน	15 ปี	7 ปี

2.1.6.3 มอเตอร์ไฟฟ้า ชนิดเหนี่ยวนำ 3 เฟส เป็นมอเตอร์ที่นิยมใช้กันทั่วไป มีข้อดี คือ ไม่มีแปรงถ่านทำให้การสูญเสียเนื่องจากความฝืดมีค่าน้อย มีตัวประกอบกำลังสูง การบำรุงรักษาน้อย การเริ่มหมุนทำได้ง่ายโดยเฉพาะชนิดกรงกระรอก สร้างง่าย ทนทาน ราคาไม่สูง ไม่เสียง่าย และมีประสิทธิภาพสูงพอสมควร มีข้อเสีย คือ การปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ทำได้ยาก เนื่องจากความเร็วรอบจะแปรผันตรงกับภาระโหลด แรงบิดเริ่มหมุนค่อนข้างต่ำกว่าแรงบิดเริ่มหมุน

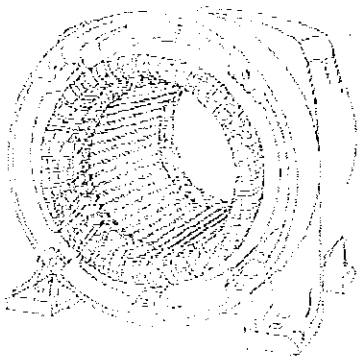
ของมอเตอร์ไฟฟ้ากระแสตรงแบบชันต์ แต่ก็ใช้กันมากในงานอุตสาหกรรมโครงสร้างของมอเตอร์เหนี่ยวนำ ประกอบด้วยส่วนใหญ่ ๆ 2 ส่วน ด้วยกันคือ



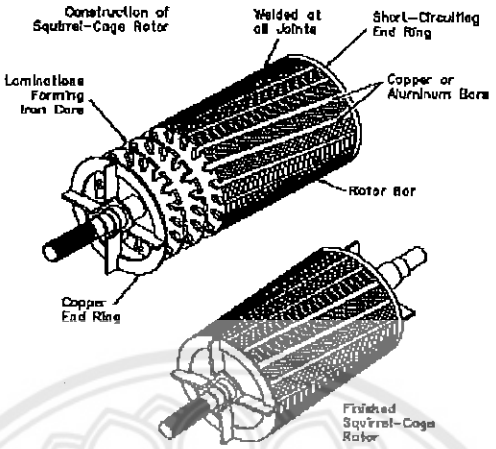
รูปที่ 2.1 มอเตอร์เหนี่ยวนำที่ใช้

1. ส่วนอยู่กับที่ เรียกว่า สเตเตอร์ (Stator) ทำด้วยวัสดุแม่เหล็กเป็นทรงกระบอกกลวง มีขดลวดทองแดงพันอยู่ในสล็อต ดังรูปที่ 2.2

2. ส่วนที่หมุนเรียกว่า โรเตอร์ (Rotor) ทำด้วยวัสดุแม่เหล็กเป็นรูปทรงกระบอกตัน หมุนได้รอบแกนหมุนและโรเตอร์จะหมุนอยู่ภายในสเตเตอร์ การที่โรเตอร์หมุนได้ เนื่องจากขดลวดทองแดงที่พันอยู่กับสเตเตอร์มีกระแสไฟฟ้าผ่านจะเกิดสนามแม่เหล็กหมุน (Rotating Magnetic Fields) หมุนอยู่ในช่องอากาศรอบ ๆ แกนหมุน สนามแม่เหล็กหมุนนี้จะเหนี่ยวนำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นในขดลวดโรเตอร์ ซึ่งกระแสไฟฟ้านี้จะสร้างแรงบิดที่โรเตอร์ ทำให้โรเตอร์หมุนไปตามทิศทางของสนามแม่เหล็กหมุน ดังรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.2 ส่วนที่อยู่กับที่ (Stator)



รูปที่ 2.3 ตัวหมุนแบบวาวด์หรือตัวหมุนที่ใช้ในสลิปริงมอเตอร์

การประหยัดพลังงานไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าเหนี่ยวนำ 3 เฟส ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าเป็นต้นทุน แม้จะเป็นสัดส่วนไม่มากเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายด้านอื่น ๆ ไม่ว่า จะเป็นบุคลากร ค่าวัตถุดิบ และค่าการตลาด แต่การลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าจะช่วยเพิ่มกำไร ให้ผู้ประกอบการ ทางการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค ปรารถนาให้ผู้ใช้บริการได้มีพลังงานไฟฟ้าใช้อย่างพอเพียง แต่ในขณะเดียวกันก็ควรเป็นการใช้อย่างประหยัด และมีประสิทธิภาพที่สุด ซึ่งในสถานประกอบการขนาดใหญ่ที่มีเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้ามาก การประหยัดพลังงานไฟฟ้าอาจทำได้ยากโดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของโรงงานที่ต้องใช้มอเตอร์ อย่างไรก็ตามมีวิธีช่วยได้คือการลดการสูญเสียกำลังของมอเตอร์ไฟฟ้าและระบบขับเคลื่อน โดยระบบขับเคลื่อนสามารถแบ่งได้เป็น 2 ประเภท คือ ระบบขับเคลื่อนที่มีความเร็วค่อนข้างคงที่ และระบบขับเคลื่อนที่สามารถควบคุม หรือปรับความเร็วได้ ไม่ว่าจะเป็นระบบขับเคลื่อนแบบใด ระบบขับเคลื่อนจะทำงานอย่างมีประสิทธิภาพก็ต่อเมื่อมอเตอร์ไฟฟ้า และระบบขับเคลื่อนทำงานสัมพันธ์กันอย่างเหมาะสมการใช้งานมอเตอร์ไฟฟ้า การที่จะให้ได้ระบบขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงนั้นมอเตอร์ไฟฟ้าที่เป็นตัวต้นกำลังของระบบขับเคลื่อน จะต้องได้รับการเลือกใช้งานอย่างเหมาะสมและใช้งานอย่างถูกต้อง การเลือกระบบขับเคลื่อนที่เหมาะสมนั้นจะขึ้นอยู่กับเงื่อนไขหลายประการ เช่น ความต้องการของกระบวนการผลิตเงินลงทุนขั้นแรก ค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานการออกแบบการใช้งานประเภทของมอเตอร์ และการบำรุงรักษา เป็นต้น เมื่อได้ระบบขับเคลื่อนที่เหมาะสมกับเงื่อนไขที่ได้ตั้งไว้แล้ว ทำขั้นตอนการใช้งานอย่างถูกต้อง ก็จะได้ระบบขับเคลื่อนที่มีประสิทธิภาพสูง มอเตอร์

ไฟฟ้ามีกำลังสูญเสียที่สามารถแยกเป็นส่วน ๆ คือ Iron Core Loss, Stator and Rotor Loss, Friction and Windage Loss และ Stray Load Loss เพื่อช่วยให้ระบบขับเคลื่อนทำงานอย่างมีประสิทธิภาพสูง และการประหยัดพลังงานสำหรับมอเตอร์ไฟฟ้าสามารถทำได้ดังนี้

1. ควรหลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ตัวเปล่า ขณะที่มอเตอร์เดินตัวเปล่าไม่มีโหลด กำลังงานที่มอเตอร์ดึงเข้าไปจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกำลังงานสูญเสียในแกนเหล็ก กำลังงานสูญเสียเนื่องจากแรงเสียดทานและแรงต้านของลมจากใบพัดระบายอากาศ และกำลังงานสูญเสียในขดลวดทองแดงดังนั้นถ้าเป็นไปได้ควรหยุดเดินมอเตอร์ในขณะที่ไม่มีโหลด

2. ใช้มอเตอร์ที่มีขนาดพิกัดเหมาะสมกับโหลด ไม่ควรติดตั้งมอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่กว่าโหลดมากเกินไปมอเตอร์เมื่อทำงานที่โหลดน้อยจะมีประสิทธิภาพ และเพาเวอร์แฟคเตอร์ต่ำโดยทั่วไปมอเตอร์จะมีประสิทธิภาพสูงสุดที่โหลดประมาณร้อยละ 80

3. การลดกำลังสูญเสียของมอเตอร์ขณะจ่ายโหลดน้อย ในบางกรณีโหลดของมอเตอร์ไม่เท่ากันตลอด จึงไม่สามารถหลีกเลี่ยงการใช้มอเตอร์ที่มีโหลดต่ำ เช่น ในงานของสายพานลำเลียงเครื่องกลึง เป็นต้น ในกรณีนี้อาจใช้ Power Saving Controllers ควบคุมแรงดันเข้ามอเตอร์ให้เหมาะสมกับขนาดของโหลดซึ่งจะทำให้สามารถลดกำลังสูญเสียลงได้

4. ควรเลือกใช้มอเตอร์ที่มีประสิทธิภาพสูง เนื่องจากมอเตอร์ประเภทนี้มีการสูญเสียต่ำจึงสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ แต่ราคาจะสูงกว่ามอเตอร์แบบธรรมดา แต่ถ้าคิดในเชิงเศรษฐศาสตร์อาจจะคุ้มค่า

5. ทำการบำรุงรักษามอเตอร์เป็นประจำ เช่น อัดน้ำมันหล่อลื่นตามเวลาที่กำหนด เพื่อลดกำลังงานสูญเสีย เนื่องจากแรงเสียดทานหรือความฝืด ตรวจสอบแรงตึงของสายพานให้มีค่าที่เหมาะสม

6. ตรวจสอบระดับแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ถ้าให้มอเตอร์ทำงานที่ค่าแรงดันแตกต่างไปจากค่าพิกัดบนป้ายชื่อ จะทำให้สมรรถนะการทำงานของมอเตอร์เปลี่ยนไป ซึ่งจะมีผลต่อประสิทธิภาพของระบบขับเคลื่อนและอายุของมอเตอร์ด้วย

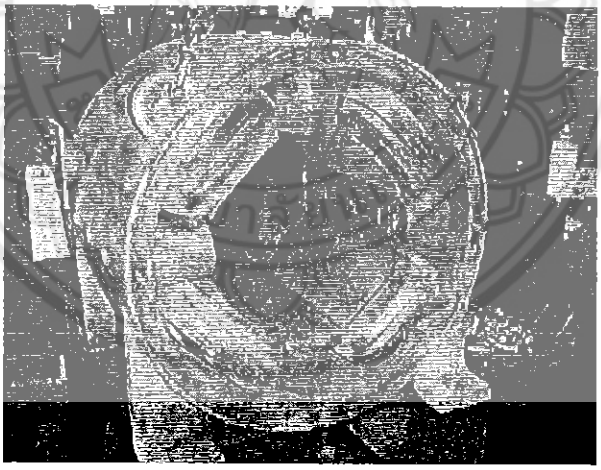
7. ตรวจสอบสภาพอุปกรณ์ระบายความร้อนของมอเตอร์เป็นประจำ การใช้งานมอเตอร์ที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้กำลังงานสูญเสียของมอเตอร์เพิ่มขึ้น เนื่องจากความต้านทานของขดลวดเพิ่มขึ้น

8. ตรวจสอบจุดต่อสายไฟฟ้า และตัวนำของชุดควบคุมที่จ่ายให้กับมอเตอร์ทุกจุดให้มีความแน่นหนา เพื่อให้กระแสไฟฟ้าไหลได้สะดวกจะได้ไม่เกิดความร้อนที่จุดต่อ

9. ใช้ชุดควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์ ระบบขับเคลื่อนที่สามารถปรับความเร็วได้หรือความเร็วของโหลดให้เหมาะสมกับการใช้งาน แต่การใช้ชุดควบคุมความเร็วบางประเภทของโหลดอาจจะไม่ประหยัดพลังงาน อาจจะมีเหตุผลที่ต้องปรับความเร็วรอบมอเตอร์

การซ่อมและบำรุงรักษาอุปกรณ์ส่งกำลังในงานเครื่องจักรกลการซ่อมและบำรุงรักษามอเตอร์ไฟฟ้า ปัญหาเกี่ยวกับมอเตอร์ไฟฟ้ามักเกิดขึ้นเมื่อใช้งานไปถึงระยะการซ่อมบำรุง เมื่อผ่านการใช้งานหนัก หรือเมื่อเกิดปัญหาในระบบไฟฟ้าจนส่งผลให้มอเตอร์ทำงานไม่เต็มประสิทธิภาพ และไม่ว่าจะด้วยสาเหตุใดก็ตาม เราสามารถยืดอายุการใช้งานมอเตอร์ให้ยาวนานได้ด้วยการดูแลรักษา และแก้ปัญหาอย่างถูกต้อง ด้วยกระบวนการดังต่อไปนี้

1. กำจัดฝุ่นผง และการกัดกร่อน ฝุ่นผง รวมทั้งคราบสิ่งสกปรกที่จับตัวบนตัวมอเตอร์ และโครงสร้างภายในจะส่งผลเสียกับตัวมอเตอร์ได้ การทำความสะอาดเพื่อขจัดออกไปเป็นการดูแลขั้นพื้นฐานที่ทำได้ในทันที ทั้งนี้ฝุ่นผงบางชนิดยังสามารถกัดกร่อนเนื้อโลหะ กัดกร่อนฉนวนไฟฟ้าบนขดลวดของมอเตอร์จนสร้างความเสียหายให้กับมอเตอร์จนต้องรื้อทิ้งเลย และวิธีการทำความสะอาดทั่วไปมีดังนี้



รูปที่ 2.4 **ลักษณะการใช้งานมอเตอร์ในสภาพแวดล้อมที่เลวร้าย**

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9

ก. การปัด แปรง ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก วิธีการต่าง ๆ ดังกล่าวนี้ทำความสะอาดตัวมอเตอร์ได้ทั้งส่วนภายนอก และภายใน ฝุ่นสกปรกที่เข้าไปเกาะติดภายในตัวถังมอเตอร์ โดยเฉพาะบริเวณช่องระบายอากาศจะทำให้อุณหภูมิสะสมในตัวมอเตอร์สูง

เพราะการระบายความร้อนทำได้ไม่ดีพอ และเมื่ออุณหภูมิสูงก็จะส่งผลต่ออายุการใช้งานของฉนวนต่าง ๆ และลดอายุการทำงานของมอเตอร์ลงไปในที่สุด

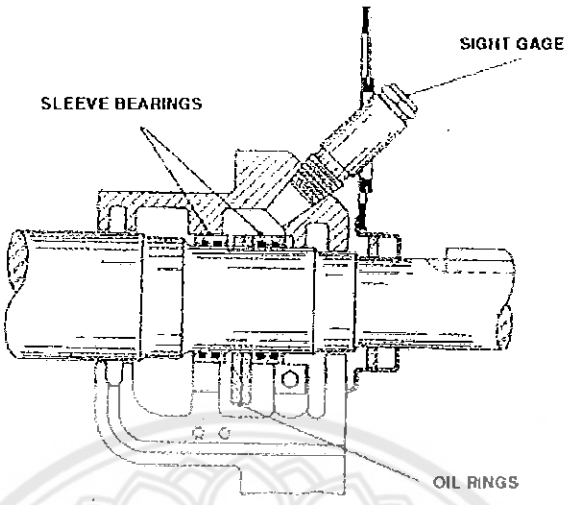
ข. ตรวจสอบช่องระบายอากาศว่าในขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่ ในบางครั้งพัดลมระบายอากาศอาจชำรุด บิดงอ หรือมีสิ่งอุดตัน ก็จะส่งผลให้การระบายอากาศไม่ดี

ค. ตรวจสอบสัญญาณของการกัดกร่อน ให้สังเกตที่ตัวถังโลหะ ขดลวดมอเตอร์ รวมทั้งชิ้นส่วนภายในมอเตอร์ว่าถูกกัดกร่อนได้รับความเสียหายบ้างหรือไม่ เพราะในการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีสารเคมี หรือกรดเกลือแพร่กระจายในอากาศอาจทำให้การกัดกร่อนตัวมอเตอร์เกิดขึ้นได้เร็วขึ้น การแก้ไขที่เราอาจทำได้คือการทำความสะอาดแล้วพ่นสี หรือเคลือบสารป้องกันการกัดกร่อนให้กับมอเตอร์

ง. ในสภาพแวดล้อมที่เปียกชื้น หรือมีไอระเหยของสารเคมี เราอาจต้องเปิดฝาขั้วต่อไฟฟ้าของมอเตอร์ เพื่อตรวจหาร่องรอยของขี้เกลือ สนิม หรือความเสียหายกับฉนวนสายไฟซึ่งมักจะเกิดการเสื่อมสภาพ จะต้องทำการแก้ไข หรือซ่อมในส่วนนี้ด้วย

การหล่อลื่นมอเตอร์ไฟฟ้า การหล่อลื่นชิ้นส่วนเคลื่อนที่ของมอเตอร์ คือ เพลา และตลับลูกปืน โดยปกติเราจะต้องจัดทำอยู่เป็นประจำ หรือทำตามตารางเวลาการซ่อมบำรุง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดแรงเสียดทานในการหมุน และเกิดเสียงดังในขณะมอเตอร์ทำงาน อย่างไรก็ตามการหล่อลื่นตลับลูกปืนด้วยจาระบี หากมากเกินไป (Over-Lubricate) จะส่งผลเสียมากกว่าผลดี เพราะจาระบีที่อัดแน่นมากเกินไปจะทำให้ตลับลูกปืนแตกเสียหาย นอกจากนี้การเลือกใช้จาระบีให้เหมาะสมกับงานก็เป็นเรื่องสำคัญ ยกตัวอย่างเช่น จาระบีแต่ละชนิดทนทานต่ออุณหภูมิที่ต่างกัน หากเลือกใช้จาระบีอุณหภูมิต่ำเกินไปจะทำให้จาระบีละลาย และลดประสิทธิภาพการทำงานลงไป ข้อควรระวังอีกอย่างก็คือ ไม่ควรใช้น้ำมันหล่อลื่น และจาระบีปะปนกัน

1. การหล่อลื่นตลับลูกปืนมอเตอร์ ชิ้นส่วนของตลับลูกปืนควรที่จะได้รับการหล่อลื่นเพื่อป้องกันแรงเสียดทาน และยืดอายุการใช้งานของตลับลูกปืน สำหรับตลับลูกปืนแบบ Oiling Sleeve ควรจะตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นทุก ๆ 2,000 ชั่วโมง หรืออย่างน้อยปีละครั้ง แต่หากมีการใช้งานในสภาพแวดล้อมที่มีฝุ่นสกปรกมาก ความชื้น สารเคมีกัดกร่อน หรือขับโหลดหนัก ก็อาจต้องเพิ่มความถี่ในการดูแลรักษาเป็นทุก ๆ 3 เดือน ในขณะที่มอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ ที่ติดตั้งอยู่กับอุปกรณ์เก็บน้ำมันหล่อลื่น จะมีช่องตรวจสอบน้ำมัน (Sight Gage) เอาไว้ให้ ดังรูปที่ 2.5

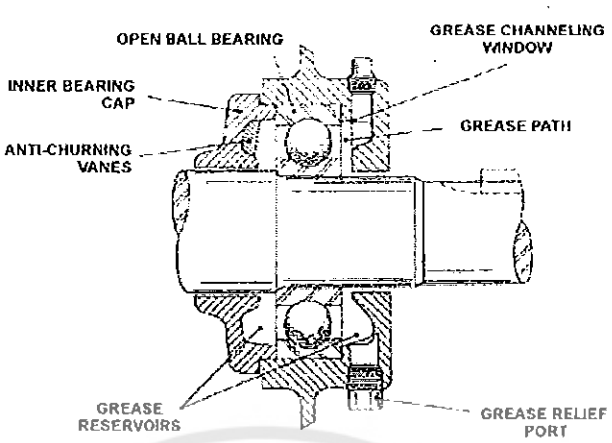


รูปที่ 2.5 รูปส่วนตัดแสดงระบบตลับลูกปืนของมอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9

ตราบใดที่น้ำมันหล่อลื่นไม่สกปรก สีไม่เข้มดำ ก็เพียงแค่เติมน้ำมันหล่อลื่นให้อยู่ในระดับปกติอยู่เสมอ

2. สำหรับตลับลูกปืนแบบ Ball หรือ Roller ซึ่งใช้จาระบีหล่อลื่นโดยปกติตลับลูกปืนชนิดนี้ได้รับการออกแบบให้มีการหล่อลื่นที่ดีมาตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตแล้ว นอกเสียจากเป็นตลับลูกปืนแบบเปิด ที่เราสามารถอัดจาระบีเข้าไปเพิ่มได้ในกรณีที่เกิดการสูญเสียจาระบีไปเนื่องมาจากการใช้งานหนัก ทำให้จาระบีเก่าเสื่อมสภาพ หรือระเหยออกไปมาก ทั้งนี้การอัดจาระบีใหม่ (Greasing) เป็นกระบวนการที่ต้องทำด้วยความระมัดระวัง เริ่มจากการขจัดจารบีเก่าออกให้หมดเสียก่อน เพราะจาระบีเก่าอาจเต็มไปด้วยฝุ่นผง รวมทั้งเศษโลหะ จาระบีเก่าจะไหลออกทางช่องระบาย Grease Relief ของตลับลูกปืน แต่ต้องไม่ลืมที่จะเปิดฝาอุดทั้งทางด้านเข้า (Inlet) และด้านระบายทิ้ง (Drain) ออกด้วย จากนั้นจึงใช้ปืนอัดจาระบีมาตรฐาน ซึ่งมีแรงอัดไม่สูงมากนัก โดยเติมให้จาระบีใหม่เริ่มไหลออกทางช่องระบายพอดี ทั้งนี้เมื่ออัดจาระบีใหม่เข้าไปจะมีส่วน หนึ่ง ที่ถูกกักเก็บเอาไว้ในช่องเก็บจาระบี (Grease Reservoirs) ดังแสดงในรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 รูปตัดของระบบหล่อลื่นแบบ PLS สำหรับตลับลูกปืนแบบ Ball

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9

ระยะเวลาที่เหมาะสมสำหรับการเติมจาระบีนั้นขึ้นอยู่กับการใช้งาน และขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้า ดังแสดงในตารางที่ 2.10 เป็นตารางแสดงระยะเวลาการดูแลรักษาสำหรับมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ

ตารางที่ 2.5 ระยะเวลาการดูแลรักษาสำหรับมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ

Motor Horsepower	Light Duty (1)	Standard Duty (2)	Heavy Duty (3)	Severe Duty (4)
Up to 7-1/2	10 years	7 years	4 years	9 months
10 to 40	7 years	4 years	1-1/2 years	4 months
50 to 150	4 years	1-1/2 years	9 months	3 months
Over 150	1 year	6 months	3 months	2 months

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9

ปัญหาอีกอย่างที่พบได้ในการใช้งานจริงก็คือ การที่ตลับลูกปืนมีเสียงดังและร้อน กรณีนี้จะต้องถอดตลับลูกปืนออก ทำการล้างช่องบรรจุตลับลูกปืน (Housing) ด้วยน้ำยาทำความสะอาด แล้วทำการเปลี่ยนตลับลูกปืนใหม่ เพราะตลับลูกปืนดังกล่าวอาจหลวม หรือเกิด

ข้อบกพร่องขึ้นภายใน เมื่อเปลี่ยนใหม่แล้วจะต้องอัดจาระบีในช่องเก็บจาระบี (Grease Cavity) ด้วยก่อนที่จะประกอบเข้ากับมอเตอร์เหมือนเดิม ในกรณีที่ไม่สามารถรื้อตลับลูกปืนออกจากแกนมอเตอร์ได้ ให้สังเกตที่เนื้อจาระบีว่ามีฝุ่นผงสิ่งสกปรกหรือไม่ เพราะอาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดเสียงดังในขณะมอเตอร์หมุน เราอาจแก้ไขได้โดยการทำความสะอาด แล้วอัดจาระบีใหม่เข้าไปแทน

ความร้อน เสียงดัง และการสั่นสะเทือน ความร้อนที่เกิดขึ้นสูงผิดปกติในตัวมอเตอร์เป็นสัญญาณเตือนว่ามีปัญหาเกิดขึ้น ข้อสันนิษฐานเบื้องต้นนั้นมีสาเหตุจากการเสื่อมสภาพของฉนวนขดลวดทองแดง เมื่อความร้อนยิ่งเพิ่มสูงขึ้นโอกาสที่จะเกิดการลัดวงจรระหว่างรอบของขดลวดก็เกิดขึ้นได้ และเป็นสาเหตุให้มอเตอร์มีอายุการใช้งานสั้นลง นอกจากนี้สาเหตุที่ทำให้ตัวมอเตอร์ร้อนผิดปกติเกิดได้จากอีก 5 สาเหตุดังนี้

ก. เลือกใช้มอเตอร์ผิดขนาด กล่าวคือเลือกมอเตอร์ขนาดเล็กเกินไป เมื่อนำไปขับโหลดจึงมีแรงบิดไม่เพียงพอ และกระแสไหลในขดลวดตัวนำสูงกว่าพิกัด

ข. ระบบการระบายความร้อนไม่ดี ทั้งนี้โดยปกติจะมีพัดลมระบายอากาศติดอยู่กับเพลาหมุนของมอเตอร์เพื่อส่งผ่านลมเย็นไปยังขดลวดทองแดงในตัวมอเตอร์เพื่อไม่ให้เกิดความร้อนสูงในขณะการใช้งานอย่างต่อเนื่อง แต่หากมีสิ่งสกปรก หรือวัตถุมาบังช่องระบายอากาศจะทำให้การระบายอากาศทำได้ไม่ดีจนทำให้เกิดความร้อนสะสมในตัวมอเตอร์ นอกจากนี้ในสภาพแวดล้อมการใช้งานที่ตัวมอเตอร์ต้องติดตั้งอยู่กับแหล่งกำเนิดความร้อน ที่ปล่อยลมร้อนมายังตัวมอเตอร์ เช่น ฮีตเตอร์ หรือชุดคอนเดนเซอร์ของระบบปรับอากาศ จะส่งผลเสียต่อประสิทธิภาพการทำงานของมอเตอร์

ค. มอเตอร์ขับโหลดเกินพิกัด หมายถึงการนำมอเตอร์ไปขับโหลดที่ไม่คงที่หรือเป็นการขับโหลดแบบร่วม ส่งผลให้มอเตอร์ต้องส่งแรงบิดมากขึ้น กระแสไหลสูงขึ้นกว่าระดับปกติ จนทำให้ขดลวดเกิดความร้อนสะสมขึ้นได้

ง. มอเตอร์รับแรงเสียดทานมากขึ้น ทั้งนี้สาเหตุอาจเกิดได้จากเพลาหมุนเกิดการเยื้องแกน กับเพลาหมุนของโหลดที่มอเตอร์ขับเคลื่อนอยู่, ความผิดปกติของตลับลูกปืน หรือความผิดปกติของระบบส่งกำลังทางกล เมื่อมอเตอร์ต้องต่อสู้กับแรงเสียดทานมากขึ้น ก็จะเป็นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้อุณหภูมิของมอเตอร์เพิ่มสูงขึ้น

จ. เกิดความผิดปกติของระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ยกตัวอย่างเช่น แรงดันที่จ่ายให้มอเตอร์ต่ำกว่าพิกัดจนทำให้เกิดกระแสไหลในมอเตอร์มากขึ้นเพื่อที่จะสร้างแรงบิดที่เพียงพอในการขับโหลด นอกจากนี้อาจเป็นเพราะจุดต่อขั้วไฟฟ้า หรือจุดต่อขดลวดตัวนำของมอเตอร์หลวม เป็นสาเหตุให้เกิดความร้อนสูงขึ้นในขดลวดได้ทั้งสิ้น เมื่อรู้สึกว่าตัวถังมอเตอร์ร้อน

ห้องสมุดคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร 1504330x
25 ล.
D 3581
2552

ผิดปกติ ให้สังเกตว่าขณะมอเตอร์หมุนนั้นมีการสั่นสะเทือนมากกว่าปกติ สัญญาณดังกล่าวนี้บ่งบอกว่าเริ่มมีอาการเสียของมอเตอร์ โดยเฉพาะที่ตลับลูกปืน และขดลวดมอเตอร์ ทั้งนี้การสั่นสะเทือนของมอเตอร์ในขณะหมุนอาจเป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายตามมาได้ เพราะมอเตอร์ที่สั่นสะเทือนมากจะทำให้ขั้วต่อวงจรไฟฟ้าภายในเกิดการหลวม หรือหลุดออกจากกัน รวมทั้งทำให้ระบบส่งกำลังทางกลเกิดความเสียหาย และไม่ได้สมดุล ในที่สุดแล้วการสั่นสะเทือนจะเป็นการทำลายตลับลูกปืนได้ หากสังเกตพบการสั่นสะเทือน และเสียงดังรบกวนที่ตัวมอเตอร์ จะต้องรีบทำการแก้ไขโดยเร็ว ยกตัวอย่างเช่นการแก้ไขการเยื้องแกนของเพลาหมุน ที่สามารถแก้ไขได้ด้วยการเลือกใช้คับปลิ้งแบบยืดหยุ่น (Flexible Coupling) ใช้เครื่องมือจัดแนวแกนหมุน ซึ่งมีทั้งแบบใช้แสงเลเซอร์ หรือแบบใช้ระบบคอมพิวเตอร์ให้เลือกใช้ หรือการแก้ไขการสั่นสะเทือนด้วยการใช้ฐานรองช่วยลดแรงสั่นสะเทือนซึ่งทำมาจากยาง สปริง หรือโช้คอัพ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการสั่นสะเทือนของมอเตอร์ไฟฟ้าอาจมีสาเหตุมาจากความไม่สมดุลของระบบไฟฟ้าที่จ่ายให้มอเตอร์ ทั้งนี้ความไม่สมดุลของระบบไฟฟ้าเกิดขึ้นได้จากการที่สนามแม่เหล็กระหว่างสเตเตอร์ กับโรเตอร์ ไม่ราบเรียบอันเป็นผลมาจากความผิดปกติของอุปกรณ์ในตัวมอเตอร์ เช่น ขดลวดฟิลด์ หรือสลิปริง เป็นต้น นอกจากที่กล่าวมาแล้วนั้นการสั่นสะเทือนมักมีสาเหตุมาจากการติดตั้งมอเตอร์ไม่ดี หรือชิ้นส่วนใดหลวม หรือหลุดออกไป ส่วนเสียงดังรบกวนมักเกิดจากใบพัดระบายอากาศหมุนกระทบกับฝาครอบตัวถังมอเตอร์ หรือมีวัตถุแปลกปลอมติดอยู่ในส่วนของใบพัดลม เป็นต้น

ขดลวดมอเตอร์ อาการผิดปกติของมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีสาเหตุจากขดลวดทองแดงทั้งในส่วนของแกนโรเตอร์ หรือสเตเตอร์ จะแสดงออกให้เห็นอย่างชัดเจน ยกตัวอย่างเช่น มอเตอร์มีแรงบิดต่ำลงมาก มอเตอร์ร้อนผิดปกติ จนถึงขั้นที่ไม่ทำงานเลย อย่างไรก็ตาม เมื่อได้ถอดมอเตอร์ออกมาเพื่อซ่อมบำรุง เราสามารถตรวจสอบชิ้นส่วนของขดลวดทองแดงได้ดังนี้

ก. ตรวจสอบว่ามีสิ่งสกปรกสะสมในขดลวดทองแดงหรือไม่ เพราะจะทำให้การระบายความร้อนทำได้ไม่ดี รวมทั้งฝุ่นที่เกาะอยู่บนลวดตัวนำจะเป็นตัวนำความชื้นมาให้ ส่งผลให้ฉนวนที่เคลือบอยู่บนลวดทองแดงนั้นเสื่อมสภาพลง การทำความสะอาดขดลวดทองแดงนั้นสามารถใช้ลมเป่า หรือดูดฝุ่นออกด้วยแรงดันลมที่ไม่สูงจนเกินไป

ข. ฝุ่นหรืออนุภาคที่กัดกร่อนได้อาจทำลายชั้นของฉนวนที่เคลือบบนขดลวด ถ้าหากตรวจพบว่าฉนวนสึกหรอ หรือถูกกัดกร่อน เราอาจต้องนำไปเคลือบวานิชใหม่ หรือต้องเปลี่ยนขดลวดใหม่

ค. ความชื้นเป็นตัวการที่ทำให้คุณสมบัติ Dielectric Strength ของฉนวนถูกลดทอนลงไป เราจึงต้องรู้จักและเข้าใจหลักการทำความสะอาด และเป่าแห้งขดลวดของมอเตอร์

ง. ขจัดคราบน้ำมัน หรือจาระบีออกจากขดลวด ทั้งนี้ต้องระวังการใช้น้ำยาทำความสะอาดซึ่งอาจทำลายคุณสมบัติของฉนวนขดลวดทองแดงได้

จ. หากตรวจพบว่าฉนวนของขดลวดมีการเปราะ แตก มีสีคล้ำเหมือนกับรอยไหม้ จะต้องนำไปเคลือบฉนวนใหม่

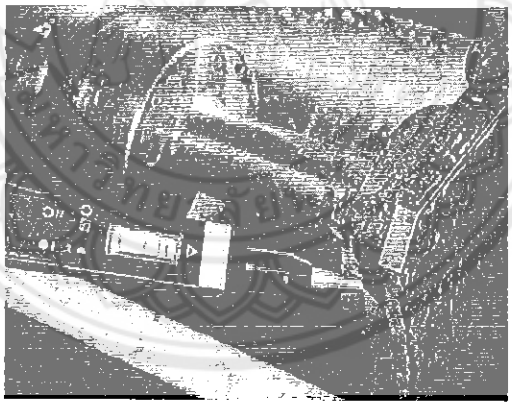
ฉ. หากตรวจพบว่าขดลวดทองแดง หรือขั้วต่อสายหลวม สามารถขยับไปมาได้ง่าย เมื่อมอเตอร์หมุน และสั่นสะเทือนจะทำให้เกิดความเสียหายกับฉนวนของขดลวด ทำให้ฉนวนขดลวดถลอก หรือจุดต่อต่าง ๆ หลุดออกได้

ช. ตรวจสอบความแน่นหนาของขดลวดโรเตอร์ เนื่องจากในขณะหมุนขดลวดจะต้องทนทานต่อแรงเหวี่ยงหนีศูนย์ หากหลวมจะทำให้เกิดความเสียหายตามมาได้

นอกจากที่กล่าวมานี้ การทดสอบขดลวด ก็จะรู้ถึงสิ่งผิดปกติที่เกิดขึ้นได้ก่อนที่ความเสียหายจะเกิดขึ้นในชั่วโมงการทำงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งสำหรับมอเตอร์แรงม้าสูง ๆ หรือมอเตอร์ที่ติดตั้งในบริเวณที่สำคัญ ๆ หรือเสี่ยงอันตราย เริ่มจากวิธีการทดสอบที่ง่ายที่สุด ด้วยการใช้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานฉนวน และวัดการลงกราวด์ของมอเตอร์ ทั้งนี้เครื่องมือวัดค่าความต้านทานสูง ๆ หรือ เมกกะโอห์มมิเตอร์ (Megger) จะปล่อยแรงดันไฟฟ้ากระแสตรงสูง 500 ถึง 1,000 โวลต์ ให้กับมอเตอร์เพื่อวัดค่าความต้านทานของฉนวนออกมา โดยตามมาตรฐานของ NEMA นั้นระบุความต้านทานลงกราวด์ขั้นต่ำสุดอยู่ที่ 1 เมกกะโอห์มต่อแรงดัน 1 กิโลโวลต์ ยกตัวอย่างมอเตอร์ขนาดกลางควรจะมีค่าความต้านทานอยู่ที่ระดับไม่ต่ำกว่า 50 เมกกะโอห์ม แต่หากค่าความต้านทานที่อ่านได้นั้นต่ำกว่าผิดปกติก็แสดงให้เห็นว่าขดลวดเกิดความชื้น มีคราบน้ำมัน มีฝุ่นผงที่เป็นตัวนำไฟฟ้าได้ หรือฉนวนมีการเสื่อมสภาพตามอายุการใช้งาน นอกจากนี้ยังอาจต้องใช้การทดสอบขดลวดแบบ "AC High Potential Ground Test" ซึ่งเป็นรูปแบบการทดสอบที่ให้ความแม่นยำมากยิ่งขึ้น โดยเฉพาะกับมอเตอร์ขนาดใหญ่ ๆ ซึ่งแรงดันจากเมกกะโอห์มมิเตอร์นั้นสูงไม่เพียงพอ วิธีการดังกล่าวจะใช้แรงดันสูง 2 เท่าของแรงดันใช้งานมอเตอร์บวกกับ 1,000 โวลต์ เพื่อทดสอบการลงกราวด์ระหว่างขดลวด และตัวถังมอเตอร์ อย่างไรก็ตามการทดสอบแบบนี้จะไม่สามารถตรวจพบว่าฉนวนขดลวดนั้นยังดีอยู่หรือเสื่อมสภาพแล้ว และยังเป็นการทดสอบที่ใช้แรงดันสูงจึงเสี่ยงอันตรายมาก เพราะแรงดังสูงอาจทำให้เกิดการอาร์กลงกราวด์ ทำให้ฉนวนขดลวดเกิดการไหม้ เมื่อมีความชื้นในตัวมอเตอร์ โดยเฉพาะเมื่อวัดค่าความต้านทานลงกราวด์ได้ค่าต่ำ เราจะต้องทำความสะอาดเพื่อขจัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่กับขดลวดตัวนำออกไป และเป่าแห้งเพื่อไล่ความชื้น ทั้งนี้จะใช้วิธีการต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับเครื่องมือที่มีอยู่ ยกตัวอย่างเช่น หัวฉีดน้ำอุ่น และน้ำยาซักล้าง สามารถนำมาใช้ล้างคราบฝุ่นสกปรกได้ รวมทั้งคราบน้ำมัน คราบขี้เกลือบริเวณตัวถัง

และบริเวณขั้วต่อสาย ก็จะต้องทำความสะอาดออกด้วย และหลังจากการทำความสะอาดแล้วจะต้องเป่าให้แห้งด้วยลม หรือนำเข้าในเตาอบ โดยเฉพาะบริเวณขดลวดทองแดงที่ต้องแห้งสนิท

เทคโนโลยีการซ่อมบำรุงมอเตอร์ไฟฟ้า ในปัจจุบันมีการนำเอาเทคโนโลยีของเซนเซอร์มาช่วยตรวจสอบสภาพของมอเตอร์ โดยเฉพาะในส่วนที่มีการเคลื่อนที่และสึกหรออย่างเช่น แกนหมุน และตลับลูกปืน ทั้งนี้ในบรรดาตัวเลือกของเทคโนโลยีต่าง ๆ นั้น ที่จะขอกล่าวถึงในที่นี้ก็คือการใช้เซนเซอร์ตรวจฟังเสียงอัลตราโซนิก (Ultrasonic) ในตลับลูกปืน เพื่อนำมาวิเคราะห์ถึงสภาพของตลับลูกปืน อันเป็นผลดีต่องานซ่อมบำรุงเป็นอย่างมาก เทคโนโลยีดังกล่าวนี้จะดักฟังเสียงความถี่สูงระดับอัลตราโซนิก ซึ่งเป็นเสียงที่เกิดจากการเกิดแรงเสียดทานของเพลาหมุน, เสียงจากลมที่ต้านการหมุน และเสียงจากการคายประจุไฟฟ้า ในขณะที่มอเตอร์หมุนจะเกิดแรงเสียดทานที่แกนหมุนของมอเตอร์กระทำกับตลับลูกปืน นอกจากแรงเสียดทานแล้วยังทำให้เกิดความร้อนขึ้นด้วย อย่างไรก็ตามแรงเสียดทานที่เกิดเป็นเรื่องปกติที่เราแก้ไข และลดลงได้ด้วยการใส่จาระบีหล่อลื่นเอาไว้ แต่หากจาระบีแห้ง หรือเกิดสิ่งผิดปกติเช่นเพลาหมุนเอียง หรือตลับลูกปืนไม่สมดุล เสียงที่เกิดขึ้นก็จะผิดปกติ จากแรงเสียดทานที่มากขึ้น และจากการที่มอเตอร์สั่นสะเทือนมากขึ้นด้วย

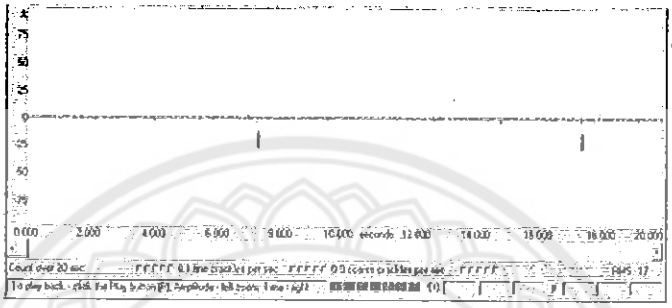


รูปที่ 2.7 การใช้เซนเซอร์อัลตราโซนิกตรวจสอบตลับลูกปืนมอเตอร์

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9

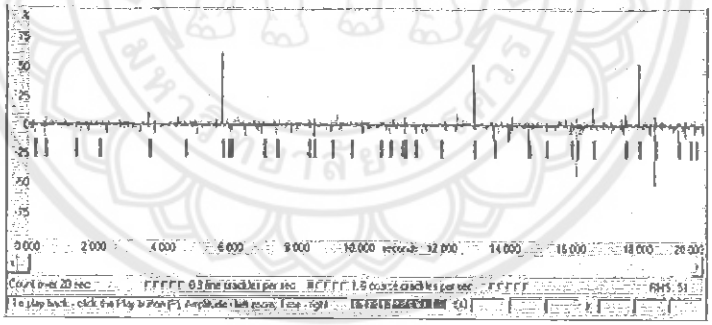
เสียงความถี่สูงที่เกิดขึ้นนั้นอยู่ในย่านความถี่ที่หูของมนุษย์ไม่สามารถจะได้ยินแต่เซนเซอร์อัลตราโซนิก ซึ่งใช้ไมโครโฟนเป็นตัวรับเสียงนั้นสามารถตรวจจับเสียงได้ ทั้งนี้คลื่นความถี่ที่เกิดอยู่ในระดับ 40 KHz ที่ตรวจจับได้จะถูกแปลงให้อยู่ในย่านความถี่ที่ต่ำลงพอที่จะรับฟังได้ด้วยหูฟัง และส่งให้คอมพิวเตอร์ประมวลผลต่อไป

ด้วยการรับฟังเสียงจากหูฟัง และข้อมูลจากการวิเคราะห์ของคอมพิวเตอร์ จะบอกเราได้ว่ามีสิ่งผิดปกติเกิดขึ้น เช่น การสะดุดของตลับลูกปืนในขณะหมุน, จาระบีหล่อลื่นมีน้อย หรือการไม่สมดุลของเพลาหมุน และด้วยการวิเคราะห์นี้เองจะช่วยให้การซ่อมบำรุงมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น เพราะเราสามารถตรวจพบปัญหาได้ทันก่อนที่อุปกรณ์จะได้รับความเสียหาย



รูปที่ 2.8 ลักษณะรูปคลื่นความถี่เสียงที่คอมพิวเตอร์แสดงเมื่อตลับลูกปืนทำงานเป็นปกติ

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9



รูปที่ 2.9 **ลักษณะของรูปคลื่นความถี่เสียงที่วิเคราะห์ได้ว่าตลับลูกปืนเสียหาย**

ที่มา: http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9

2.1.6.4 หม้อแปลงไฟฟ้า ปริมาณพลังงานไฟฟ้าส่วนหนึ่งของปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมด เกิดขึ้นเนื่องจากการสูญเสียกำลังงานไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้า ซึ่งจำเป็นต้องทราบปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียที่หม้อแปลงไฟฟ้า เพื่อใช้ในการพิจารณาแนวทางการประหยัดพลังงาน

1. การสูญเสียกำลังงานไฟฟ้าที่หม้อแปลงไฟฟ้าเกิดจากสาเหตุ 2 ประการ คือ

ก. การสูญเสียในแกนเหล็ก (Core Loss หรือ Iron Loss)

ข. การสูญเสียเนื่องจากความต้านทานของขดลวดทองแดง (Copper Loss) การสูญเสียในแกนเหล็กจะเกิดขึ้นตลอดเวลาที่มีกระแสไฟฟ้าเข้าสู่หม้อแปลงไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (Primary) การสูญเสียในแกนเหล็กจะแปรผันตามกำลังสองของแรงดันไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ (Primary Voltage) ส่วนการสูญเสียเนื่องจากความต้านทานของขดลวดทองแดงจะเกิดขึ้นเฉพาะช่วงเวลาที่มีภาระไฟฟ้าทางด้านทุติยภูมิ (Secondary) ของหม้อแปลงไฟฟ้า และการสูญเสียเนื่องจากความต้านทานของขดลวดทองแดงจะแปรผันตามกำลังสองของกระแสทางด้านทุติยภูมิ (Secondary Current)

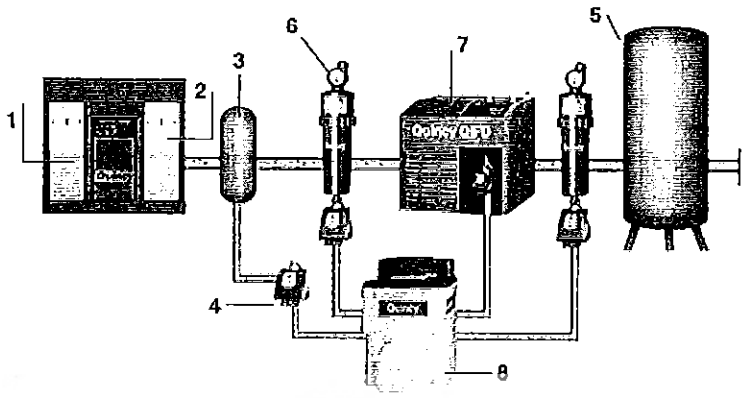
2. การสูญเสียกำลังไฟฟ้าในสายส่ง การสูญเสียกำลังงานไฟฟ้าในสายส่งจะขึ้นอยู่กับความยาวของสายส่งและชนิดของสายไฟฟ้า

2.1.6.5 เครื่องอัดอากาศ ส่วนประกอบระบบอัดอากาศมีส่วนประกอบสำคัญ 3 ส่วน ดังนี้

1. ส่วนการสร้างอากาศอัด (Air Compressor Section) ประกอบด้วย เครื่องอัดอากาศ (Compressor) เครื่องกรองอากาศและระงับเสียงบริเวณทางเข้า (Silencer / Filter) อุปกรณ์ระบายความร้อนหลังอากาศอัด (Aftercooler) และถังอากาศอัด (Air Receiver)

2. ส่วนการจ่ายอากาศอัด (Distribution Section) ประกอบด้วย ท่อจ่ายลมหลัก (Supply Lineท่อแยก (Branch) อุปกรณ์กรองฝุ่นและความชื้น (Filter) อุปกรณ์จ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator) และอุปกรณ์ควบคุมระดับความดันลม (Regulator)

3. ส่วนการใช้อากาศอัด ประกอบด้วย อุปกรณ์หรือเครื่องมือต่าง ๆ ที่ใช้ลมในการใช้งาน เช่น กระบอกสูบ (Air Cylinder) เครื่องเป่าลม (Blower) เครื่องเจาะถนนแบบกระแทก เป็นต้น



รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบของระบบอัดอากาศ

ที่มา: http://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4.html

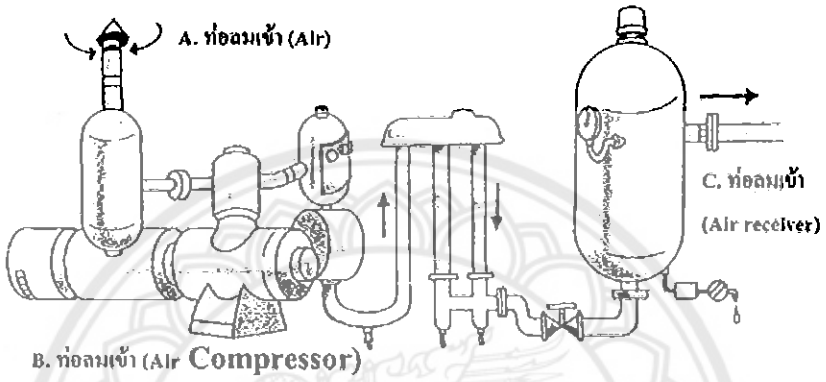
หลักการทำงานของเครื่องอัดอากาศเริ่มจากดูดอากาศเข้าทางท่อลมเข้า (Air Intake) เพื่อส่งเข้าไปยังเครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) บริเวณทางเข้าเครื่องอัดอากาศจะติดตั้งเครื่องกรองอากาศ (Filter) กรองสิ่งเจือปนต่าง ๆ เช่น ฝุ่นละออง เศษใบไม้ที่อาจลอยมากับอากาศ เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดความเสียหายกับเครื่องอัดอากาศ อากาศที่ผ่านเครื่องอัดอากาศแล้วจะเก็บไว้ในถังเก็บอากาศ ซึ่งมีความดันสูงและมีอุณหภูมิ แต่อุณหภูมิจะลดต่ำลงด้วยอุปกรณ์ระบายความร้อนหลังจากอัด (After cooler) ก่อนนำไปใช้งานต่อไป อากาศที่มีความดันสูงจะถูกส่งผ่านจากท่อจ่ายอากาศหลัก (Supply Line) และแยกไปใช้งานตามจุดต่าง ๆ ผ่านท่อแยก (Branch) แต่ก่อนที่อากาศจะเข้าไปยังเครื่องมือหรืออุปกรณ์ต่าง ๆ เช่น กระบอกสูบ พู่กันลมต้องมีการดักและกรองสิ่งที่ปนมากับอากาศ ซึ่งได้แก่ ฝุ่นละออง สิ่งสกปรกจากภายในท่อ และน้ำมันหล่อลื่นเสียก่อน โดยใช้อุปกรณ์กรองละอองน้ำและฝุ่น (Filter)

การใช้งานเครื่องอัดอากาศควรเอาใจใส่ส่วนประกอบของเครื่องอัดอากาศและปฏิบัติ ดังนี้

1. ส่วนการสร้างอากาศอัด (Air Compressor Section)

ก. ท่อลมเข้า (Air Intake) หากอากาศที่ถูกดูดเข้าไปในเครื่องอัดอากาศมีอุณหภูมิสูง ความหนาแน่นของมวลอากาศจะลดลง ทำให้ต้องใช้พลังงานในการอัดมากขึ้น หากอุณหภูมิของอากาศที่จะอัดลดลงจะสามารถลดพลังงานที่ใช้อัดอากาศลงได้ด้วยเหตุนี้จึงควรติดตั้งช่องสำหรับดูดลมเข้าเครื่องอัดอากาศในบริเวณที่มีอุณหภูมิต่ำนอกจากนี้การระบายความร้อนที่ไม่

เพียงพอในอุปกรณ์ระบายความร้อน (Intercooler) จะทำให้เครื่องอัดอากาศทำงานหนักและต้องใช้พลังงานเพิ่มขึ้น ซึ่งการระบายความร้อนที่ไม่เพียงพอนี้มีต้นเหตุจากคราบสกปรก หรือปริมาณน้ำที่ใช้ระบายความร้อนมีไม่เพียงพอ จึงต้องทำความสะอาดอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อนและหมั่นตรวจสอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศเป็นประจำ



รูปที่ 2.11 ส่วนการสร้างอากาศอัด

ที่มา: http://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4.html

ข. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) ระบบอัดอากาศจะมีเครื่องอัดอากาศเป็นอุปกรณ์หลัก ซึ่งเครื่องอัดอากาศมีหลายประเภทแต่ละประเภทจะมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานต่างกัน จึงต้องเลือกให้เหมาะกับลักษณะการใช้งาน การเลือกขนาดและชนิดของเครื่องอัดอากาศ มีข้อซึ่งควรพิจารณาดังนี้

A. ขนาดของเครื่องอัดอากาศ เพราะประสิทธิภาพการทำงานจะแปรผันตามขนาด

B. จำนวนขั้น (Stage) การอัดอากาศ เพราะประสิทธิภาพการทำงานจะแปรผันตามจำนวนขั้น

C. ตำแหน่งการทำงานที่พิกัดของเครื่องอัดอากาศหรือใกล้เคียง เพราะเป็นตำแหน่งที่มีประสิทธิภาพสูงสุด ดังนั้นการทำงานในช่วงวันหยุดที่ใช้งานน้อย ควรติดตั้งเครื่องอัดอากาศขนาดเล็กจะมีความเหมาะสมกว่า หากติดตั้งเครื่องอัดอากาศตั้งแต่ 2 เครื่องขึ้นไปให้ทำงานร่วมกัน จำเป็นต้องควบคุมการใช้งานให้แต่ละเครื่องทำงานได้ใกล้เคียงกับพิกัดของเครื่องอัดอากาศ กรณีที่การใช้งานมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ควรเลือกเครื่องอัดอากาศแบบโรตารี่

เป็นแหล่งจ่ายพลังงานหลัก แล้วใช้เครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบเป็นแหล่งจ่ายพลังงานเสริมตามโหลดที่เปลี่ยนแปลงไป เพราะเครื่องอัดอากาศแบบโรตารี่มีประสิทธิภาพดีกว่าเครื่องอัดอากาศแบบลูกสูบเมื่อสภาวะโหลดคงที่

ค. ถังเก็บอากาศ (Air Receiver) ขนาดของถังเก็บอากาศมีความสำคัญต่อการลดความต้องการสูงสุดของอากาศที่อัดได้ ถังเก็บอากาศที่มีขนาดพอเพียงควรมีขนาด 1 ถึง 1.5 ลิตร ต่อการรับอากาศทุก ๆ 10 ลิตรต่อวินาที นอกจากนี้การติดตั้งถังเก็บอากาศเพิ่ม ณ จุดใช้งาน จะช่วยรองรับความต้องการใช้อากาศได้ทันที โดยไม่ต้องเพิ่มกำลังผลิตของเครื่องอัดอากาศ หากมีน้ำอยู่ในถังเก็บอากาศอัดมาก จะทำให้เก็บปริมาตรอากาศได้น้อยลง มีผลทำให้ความชื้นเข้าสู่ระบบการจ่ายอากาศได้ จำเป็นต้องระบายน้ำออกจากถังเก็บอากาศอัดเป็นประจำ ถึงแม้ว่าจะทำให้เกิดการสูญเสียความดันลมไปบ้างก็ตาม แต่เมื่อเปรียบเทียบกับผลที่ได้รับก็คุ้มค่า การระบายน้ำนี้ทำได้โดยการติดตั้งอุปกรณ์ดักน้ำอัตโนมติ (Trap)

ตารางที่ 2.6 **การแบ่งเครื่องอัดอากาศตามขนาดพิกัดความดันและการนำไปใช้งาน**

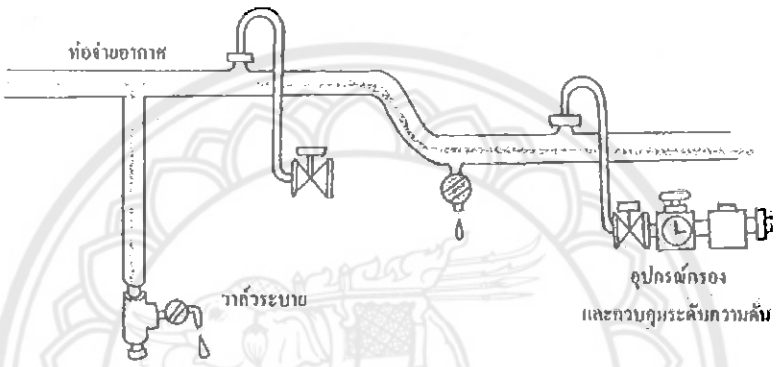
ชนิด	ประเภท	พิกัดความดัน (kg / cm^3)	การใช้งาน
ลูกสูบ (Reciprocation Compressor)	ใช้งานทั่วไปที่ความดันปกติ (Normal Pressured)	7 – 8.5	สำหรับอุตสาหกรรมขนาดเล็ก
	ความดันปานกลาง (Intermediate Pressure)	10 – 100	สำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี และระบบอุตสาหกรรมเคมี
	ความดันสูง (High Pressure)	150 – 1,000	สำหรับอุตสาหกรรมสังเคราะห์สารเคมี เช่น แอมโมเนีย
โรตารี่ (Rotary Compressors)	ความดันต่ำ (Low Pressure)	Stage ที่ 1 อัดลม 3 kg / cm^3 Stage ที่ 2 อัดลม 3 เป็น 8 kg / cm^3 Stage ที่ 1 อัดลม 7 kg / cm^3 Stage ที่ 2 อัดลม 3 kg / cm^3	สำหรับอุตสาหกรรมที่ต้องการความประณีตบรรจงในการทำงาน

ที่มา: http://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4.html

2. ส่วนการจ่ายอากาศ (Air Distribution)

ง. ท่อจ่ายอากาศ (Supply Line) ความเร็วอากาศในท่อหลัก (Main) ของระบบการจ่ายอากาศสูงสุดไม่ควรเกิน 6 เมตรต่อวินาที เพราะหากความเร็วมากเกินไปจะทำให้สูญเสียความดันนอกจากนี้ควรตรวจสอบบริเวณต่อไปนี้เพื่อประหยัดพลังงาน ได้แก่

A. ซ่อมแซมรอยรั่วของอากาศที่วาล์ว ข้อต่อ หน้าแปลน ท่อ ซึ่งรอยรั่วเหล่านี้มักเกิดจากสาเหตุ ดังนี้ รอยต่อและข้อต่อไม่แน่น วาล์ว (valve) ปิดไม่สนิท ท่อยางชำรุด



รูปที่ 2.12 ส่วนท่อจ่ายอากาศ

ที่มา: http://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4.html

B. ตรวจสอบการทำงานของตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator) และเครื่องกรองละอองน้ำและฝุ่น (Filter) เมื่อถึงกำหนดการ

C. ติดตั้งท่อจ่ายอากาศหลักให้มีความลาดเอียง 25 มม. ทุก ๆ 30 เมตร และติดตั้งกระเปาะรับน้ำพร้อมอุปกรณ์ดักน้ำอัตโนมัติ (Trap)

D. ต่อท่อจ่ายอากาศอัดจากตอนบนของท่อหลัก เพื่อลดความชื้นที่ติดมากับอากาศ

จ. เครื่องกรอง (Filter) การบำรุงรักษาและทำความสะอาดเครื่องกรองน้ำและฝุ่น (Filter) และตัวจ่ายน้ำมันหล่อลื่น (Lubricator) อย่างสม่ำเสมอ จะทำให้อากาศไหลผ่านสะดวก เพราะหากเครื่องกรองอุดตันจะทำให้ความดันอากาศลดลง ทำให้สิ้นเปลืองพลังงานในการอัดอากาศอย่างมาก โดยปกติจุดระบายน้ำอัตโนมัติ (Auto Drain) ที่เครื่องกรองจะปิด แต่ถ้า

อากาศสกปรกมีน้ำอยู่มาก จุดระบายน้ำจะเปิดออกอัตโนมัติ และปิดเมื่อระบายน้ำหมด จึงต้องมีการตรวจสอบการเปิดค้างของ Auto Drain เสมอ เพื่อป้องกันการสูญเสียพลังงานโดยไม่จำเป็น

ส่วนการใช้อากาศอัดควรสำรวจอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่ใช้อากาศอัดว่ามีปริมาณการใช้มากน้อยเพียงใด เพื่อกำหนดปริมาณอากาศที่ใช้ให้เหมาะสมกับอุปกรณ์เหล่านั้น โดยใช้อุปกรณ์ควบคุมระดับความดัน (Regulator) เป็นเครื่องมือตรวจสอบและหมั่นตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ลดระดับความดันเป็นประจำด้วยเช่นกันการสำรวจดังกล่าวจะช่วยให้ทราบถึงปริมาณอากาศที่เหมาะสมในการใช้งาน ทั้งยังช่วยลดการใช้พลังงานในการผลิตอากาศอัดอีกด้วย

การดูแลบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศเป็นสิ่งจำเป็นและมีความสำคัญยิ่ง โดยเฉพาะในโรงงานอุตสาหกรรมที่ต้องนำอากาศอัดไปใช้งานเป็นจำนวนมาก การดูแลรักษาเครื่องอัดอากาศควรปฏิบัติ ดังนี้

ตรวจสอบตามระยะเวลาเป็นการตรวจสอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศและระบบเป็นประจำทุกวัน ทุกเดือน ทุก 6 เดือน และทุก 1 ปี

ตรวจสอบระบบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

A. ส่วนการสร้างอากาศอัดควรตรวจสอบการทำงานของอุปกรณ์ต่อไปนี้ อุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน อุปกรณ์ระบายความร้อนหลังการอัด วาล์วนิรภัย วาล์วควบคุม มาตรวัดความดันทุกจุด รวมทั้งตรวจสอบระดับน้ำมันหล่อลื่นและอุณหภูมิของอากาศเข้า

B. ส่วนจ่ายอากาศ ตรวจสอบการรั่วของอากาศที่วาล์ว ข้อต่อ และตามท่อจ่ายต่าง ๆ ตรวจสอบปริมาณของลมอัดที่จ่ายไป ระบบท่อส่ง และสภาพของฉนวน

C. ส่วนการใช้อากาศอัด ตรวจสอบค่าความดันที่จุดใช้งาน การทำงานของอุปกรณ์ลดระดับความดัน ควบคุมปริมาณการใช้อากาศอัด อุณหภูมิทางด้านออกของอุปกรณ์ระบายความร้อนหลังการอัด (Aftercooler) สูงเกินปกติหรือไม่ความร้อนที่เกิดจากเครื่องอัดอากาศสูงกว่าปกติหรือไม่สวิตช์ควบคุมความดันทำงานเป็นปกติหรือไม่ การตั้งค่าถูกต้องตามกำหนดหรือไม่เกิดเสียงดังผิดปกติจากเครื่องอัดอากาศหรือไม่เครื่องกรองอากาศด้านดูดอากาศเข้าอุดตันหรือไม่

D. วาล์วนิรภัย (Safety Valve) ทำงานเป็นปกติและตั้งค่าถูกต้องตามกำหนดหรือไม่

C. มาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ทำงานเป็นปกติ

ตรวจสอบการควบคุมความดันให้เหมาะสม

A. ความดันต่ำสุดที่การควบคุมยังมีเสถียรภาพ (Minimum Pressure Line) เป็นปกติหรือไม่

B. ความดันสูงสุดที่การควบคุมมีเสถียรภาพ (Maximum Pressure Line) เป็นปกติหรือไม่

C. ความดันที่จะทำให้อุปกรณ์ควบคุมเสียหาย (Proof Pressure) เป็นปกติหรือไม่ ถ้าตั้งค่าสวิตช์ความดันของวาล์วนิรภัยและวาล์วกันกลับ ต้องตรวจสอบในเรื่องต่อไปนี้

D. การตั้งค่าสวิตช์ความดันของวาล์วนิรภัยและวาล์วกันกลับถูกต้องและทำงานได้อย่างถูกต้องหรือไม่

E. ตรวจสอบการทำงานของวาล์วว่าสามารถป้องกันการไหลกลับของลมได้หรือไม่

F. อุปกรณ์ควบคุมความดันลม (Regulator) ทำงานเป็นปกติหรือไม่

G. ตรวจสอบมาตรวัดความดัน (Pressure Gauge) ว่าทำงานเป็นปกติหรือไม่

ตรวจสอบการระบายลมทิ้ง (Air Drain) ควรระบายลมทิ้งทุกวันตอนเลิกใช้งาน เพื่อป้องกันการกลั่นตัวของน้ำ และตรวจสอบเรื่องต่อไปนี้

A. สามารถระบายลมทิ้ง (Discharge Drain) ได้เป็นปกติที่วาล์วระบายความดัน (Drain Valve) ของถังอากาศ

B. อุปกรณ์ระบายความดันอัตโนมัติ (Automatic Drain) ทำงานได้ปกติ

C. ทำความสะอาดอุปกรณ์ภายในของตัวดักความชื้นและอุปกรณ์ระบายความดันอัตโนมัติอย่างสม่ำเสมอ

ตรวจสอบการระบายน้ำทิ้ง (Water Drain) ควรระบายน้ำทิ้งทุกวันโดยเฉพาะช่วงเช้าก่อนเริ่มเดินเครื่อง เพื่อป้องกันการสะสมของน้ำ สามารถระบายน้ำทิ้ง (Water Drain) ตามจุดระบายน้ำทุกจุด

ตรวจสอบระบบท่ออากาศ ควรระวังการเกิดอากาศรั่วตามท่อหรือจุดต่าง ๆ ซึ่งทำให้สิ้นเปลืองพลังงานและทำให้ความดันตก ต้องตรวจสอบจุดต่าง ๆ ต่อไปนี้

A. การรั่วจากจุดเชื่อมต่อ

B. ข้อต่อเกิดการหลวม

C. การรั่วตามท่อหรือท่อลมต่าง ๆ

D. การทำงานของวาล์วเปิด – ปิด (Stop Valve)

การตรวจสอบดังกล่าวข้างต้น เป็นข้อแนะนำสำหรับผู้ทำงานเกี่ยวข้องกับระบบอัดอากาศโดยตรง และควรสร้างตารางการตรวจสอบขึ้นใช้เอง โดยให้สัมพันธ์กับลักษณะการทำงาน สภาพแวดล้อมและความเหมาะสมของแต่ละพื้นที่

การประหยัดพลังงาน แนวทางการอนุรักษ์พลังงานในเครื่องอัดอากาศทำได้ดังนี้

A. ลดอุณหภูมิอากาศเข้าเพื่อช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานความเย็น (Cooling Effect) และเปลี่ยนความร้อน (Intercoler)

B. ปรับตั้งความดันลมของเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งาน

C. เลือกใช้เครื่องอัดอากาศและระบบที่มีประสิทธิภาพสูง

D. ป้องกันการรั่วของลมจากจุดต่าง ๆ ของระบบ และจากตัวเครื่องอัดอากาศเอง

E. บริหารการใช้เครื่องอัดอากาศและระบบให้ใช้งานได้อย่างเต็มประสิทธิภาพ

2.1.7 แนวทางการประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิง

ราคาน้ำมันมีราคาสูงขึ้นเรื่อยๆ การขับรถอย่างถูกวิธี จะช่วยให้ประหยัด และลดภาระค่าใช้จ่ายในหลายๆ ด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งค่าน้ำมันเชื้อเพลิง นอกจากนี้ยังจะเป็นการรักษารถยนต์ให้มีอายุการใช้งานที่คุ้มค่ามากยิ่งขึ้นด้วย สำหรับวิธีการใช้รถให้ประหยัดน้ำมันนั้นมีหลักการปฏิบัติอยู่ 19 ข้อด้วยกันคือ

2.1.7.1 ไม่ควรอุ่นเครื่องยนต์ก่อนขับเคลื่อนตัวรถ เพียงขับเคลื่อนรถเบาๆ 1-2 กิโลเมตร เครื่องยนต์จะอุ่นเองไม่จำเป็นต้องอุ่นเครื่องยนต์แล้วจอดอยู่กับที่ เพราะการติดเครื่องยนต์ทิ้งไว้ 2 นาที สิ้นเปลืองน้ำมัน 40 ซีซี.

2.1.7.2 ขณะสตาร์ทรถ ไม่ควรเปิดเครื่องปรับอากาศ ไฟหน้ารถ และเครื่องเสียง จะทำให้เครื่องยนต์ทำงานหนักขึ้น เปลืองน้ำมัน 10%

2.1.7.3 วางแผนก่อนเดินทาง ควรศึกษาเส้นทางก่อนเดินทาง เพราะถ้าขับรถหลงทางหรือไปเส้นทางที่ไกลกว่า 10 นาที จะสิ้นเปลืองน้ำมัน 500 ซีซี คิดเป็นค่าน้ำมัน 7.50

2.1.7.4 ควรดับเครื่องยนต์ขณะจอดรถคอย ไม่ควรติดเครื่องยนต์ระหว่างจอดรถในอาคารต่าง ๆ เพราะการจอดรถที่ติดเครื่องทิ้งไว้ 5 นาที ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมัน 0.3 ลิตร และเกิดไอเสียที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ และสภาพแวดล้อม

2.1.7.5 ขับรถระยะไกล ด้วยความเร็วคงที่และไม่เกินป้ายจำกัดความเร็ว อัตราความเร็วรถที่เหมาะสมที่จะประหยัดน้ำมันได้มากที่สุดคือ 60 - 80 ก.ม. / ช.ม. อัตราการสิ้นเปลืองน้ำมันในการขับรถยนต์ที่ความเร็วต่าง ๆ กัน เปรียบเทียบได้ดังนี้

1. ความเร็ว 95 ก.ม./ช.ม. สิ้นเปลืองน้ำมันกว่า 80 ก.ม./ช.ม. ประมาณ 15%
2. ความเร็ว 110 ก.ม./ช.ม. สิ้นเปลืองน้ำมันกว่า 80 ก.ม./ช.ม. ประมาณ 29%
3. ความเร็ว 100 ก.ม./ช.ม. สิ้นเปลืองน้ำมันกว่า 90 ก.ม./ช.ม. ประมาณ 10%
4. ความเร็ว 110 ก.ม./ช.ม. สิ้นเปลืองน้ำมันกว่า 90 ก.ม./ช.ม. ประมาณ 25%

2.1.7.6 ไม่ควรออกตัวรถด้วยความเร็วสูง และเหยียบเบรกแรง ๆ การออกตัวรถเร็วอย่างรุนแรงและรวดเร็ว จะทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันมากเครื่องยนต์ และชิ้นส่วนต่าง ๆ ก็สึกหรอมากเช่นกัน ควรหลีกเลี่ยงการใช้เบรคโดยไม่จำเป็น เพราะจะทำให้ผ้าเบรค และอุปกรณ์การเบรกต่าง ๆ สึกหรอ เร็วกว่าปกติ

2.1.7.7 ไม่ควรเร่งเครื่องยนต์แรง ๆ การเร่งเครื่องยนต์แรง ๆ ขณะเกียร์ว่างจะทำให้สูญเสียน้ำมันไปโดยเปล่าประโยชน์ และเครื่องยนต์จะเกิดการสึกหรอก่อนกำหนดอีกด้วย

2.1.7.8 ไม่ควรเลี้ยงคลัตช์ การเลี้ยงคลัตช์ตลอดเวลาของการขับรถยนต์ จะทำให้คลัตช์สึกหรอเร็ว ทุกครั้งที่ชลอความเร็วไม่จำเป็นต้องเหยียบคลัตช์ ให้ใช้วิธีผ่อนความเร็วก่อน และจึงค่อยเหยียบคลัตช์เมื่อรถใกล้หยุด จะช่วยยืดอายุคลัตช์ให้ยาวนานขึ้น

2.1.7.9 ไม่ควรพักเท้าที่คลัตช์ หรือเบรค ซึ่งจะก่อให้เกิดความสึกหรอโดยไม่จำเป็นของรถยนต์และสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงมากขึ้น

2.1.7.10 รถวิ่งด้วยความเร็วสูงควรใช้เกียร์สูง รถวิ่งความเร็วต่ำควรใช้เกียร์ต่ำ ไม่ควรขับรถลากเกียร์ต่ำนาน ๆ เพราะจะทำให้เกียร์รถทำงานหนัก สิ้นเปลืองน้ำมันมาก เกียร์ 1 และ 2 เหมาะกับความเร็วต่ำ เกียร์ 3, 4 และ 5 เหมาะกับความเร็วสูง ควรใช้เกียร์ 1 ในการออกรถทุกครั้ง และควรเข้าเกียร์ให้เหมาะสมกับช่วง ความเร็วของรถ และสภาพของถนน

2.1.7.11 คาดการณ์ล่วงหน้า ป้องกันอุบัติเหตุ ควรคาดการณ์ล่วงหน้า ขณะขับรถเมื่อใกล้ทางแยกหรือทางม้าลายต่าง ๆ ควรจะลดความเร็วก่อน ไม่ควรลดความเร็วกระทันหัน ไม่ควรเข้าเกียร์ว่างและเหยียบเบรคเพื่อลดความเร็ว เพราะอาจทำให้เกิดอุบัติเหตุได้ ควรจะแตะเบรคในขณะที่เข้าเกียร์อยู่ เมื่อรถใกล้จะหยุดจึงเหยียบคลัตช์หรือปลดเกียร์ว่าง

2.1.7.12 ไม่ควรบรรทุกหนักเกิน ไม่ควรบรรทุกสิ่งของที่ไม่จำเป็น เพราะนอกจากจะสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มขึ้นแล้ว ยังทำให้เครื่องยนต์สึกหรอ เร็วกว่าที่ควรด้วย การบรรทุกของไม่จำเป็น 25 กก. และวิ่งไป 50 กม. จะสิ้นเปลืองน้ำมันเพิ่มขึ้น 20 ซีซี

2.1.7.13 ควรสอบลมยางให้พอดี ตรวจวัดลมยางอยู่เสมอ ปรับลมยางให้เหมาะสมตามมาตรฐานที่ผู้ผลิตรถยนต์แนะนำในคู่มือรถ ทั้งล้อหน้าและล้อหลัง เพราะถ้าลมยางอ่อนเกินไปจะทำให้หน้ายางมีความเสียดสีมาก ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันมากเช่นกัน ถ้าเติมลมยางแข็งเกินไป จะเป็นอันตรายต่อการขับขี่ คือจะทำให้หน้ายางเสียดสีกับพื้นถนนน้อยเกินไปทำให้ไม่เกาะถนนหรืออาจทำให้ยางเกิดระเบิดได้ หากได้รับการสะเทือนมากเวลาขับบนถนนที่ชำรุดเป็นหลุมเป็นบ่อ หากความดันยางต่ำกว่ามาตรฐานทุก ๆ 1 ปอนด์ ต่อตารางนิ้ว จะสิ้นเปลืองน้ำมันร้อยละ 2 ควรระวังศูนย์ล้อให้ถูกต้องเสมอ อย่าให้ชนหรือกระทบกระเทือนจนศูนย์ล้อหน้าเสีย เพราะเป็นผลทำให้ยางสึกหรอผิดปกติ และเพิ่มภาระให้กับเครื่องยนต์ทำให้สิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิงไปโดยเปล่าประโยชน์

2.1.7.14 ควรใช้เครื่องปรับอากาศเท่าที่จำเป็น การใช้เครื่องปรับอากาศทำให้เครื่องยนต์ทำงานหนักขึ้น และจะมีความสิ้นเปลืองน้ำมันเชื้อเพลิง 10 เปอร์เซ็นต์ และน้ำมันที่เผาไหม้ไม่หมดซึ่งอาจหลงเหลืออยู่ในกระบอกสูบจะเป็นตัวการทำให้เครื่องยนต์สึกหรออีกด้วย ควรเปิดเครื่องปรับอากาศแต่พอเหมาะ ปรับปุ่มความเย็น และความแรงลมให้สัมพันธ์กัน จะช่วยประหยัดน้ำมัน และควรปิดเครื่องปรับอากาศก่อนรถจะจอด 500 เมตร ถึง 1 กิโลเมตร จะช่วยประหยัดได้มาก

2.1.7.15 ควรล้างใต้ท้องรถให้สะอาด การล้างฝุ่นและโคลนใต้ท้องรถออกให้หมดนอกจากจะเป็นการช่วยลดน้ำหนักแล้วยังเป็นการป้องกันสนิมด้วย

2.1.7.16 บำรุงรักษาเครื่องยนต์ให้อยู่ในสภาพที่ดี หมั่นตรวจไส้กรองเสมอ ไส้กรองเป็นส่วนสำคัญในการที่จะถ่ายเทอากาศเข้าไปทำปฏิกิริยาภายในเครื่องยนต์ ถ้าชำรุดหรืออุดตันจะทำให้เครื่องยนต์ทำงานหนักกว่าปกติและจะสิ้นเปลืองน้ำมันมากขึ้น ควรทำความสะอาดไส้กรองอากาศเป็นประจำ ควรเปลี่ยนไส้กรองน้ำมันเมื่อถึงกำหนด ควรเปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นทุก ๆ ระยะ 5,000 กิโลเมตร ควรตรวจสอบรอยรั่วในระบบ น้ำมันเชื้อเพลิงควรบำรุงรักษาเครื่องยนต์ให้ดีตลอดเวลา จะช่วยประหยัดน้ำมันได้ร้อยละ 3-9 %

2.1.7.17 ตรวจสอบเครื่องยนต์เป็นประจำ

1. เปลี่ยนไส้กรองตามกำหนด
2. เปลี่ยนน้ำมันหล่อลื่นทุก 5,000 กิโลเมตร
3. ตรวจสอบระดับน้ำมันเครื่อง และน้ำในแบตเตอรี่
4. ตรวจสอบระดับน้ำ ป้อนหม้อน้ำ
5. ปรับปรุงสมรรถนะรถยนต์ให้ดีตลอดเวลา ช่วยประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้ร้อยละ 3-9 %

2.1.7.18 ไม่ควรบรรทุกสิ่งของบนหลังคาโดยไม่จำเป็น เพราะจะเกิดแรงต้านลมทำให้เครื่องยนต์ต้องทำงานมากกว่าปกติเป็นการสิ้นเปลืองน้ำมัน

2.1.7.19 สังเกตอาการผิดปกติของรถ ควันไอเสียมีสีดำ หรือขาวผิดปกติ เกิดจากการเผาไหม้ของเครื่องยนต์ที่ไม่สมบูรณ์ มีผลให้สิ้นเปลืองน้ำมัน

2.1.8 การลดความสูญเสีย 7 ประการ (7 WASTES)

ในกระบวนการผลิตมักจะพบว่ามีความสูญเสียต่างๆ แฝงอยู่ไม่มากก็น้อย ซึ่งเป็นเหตุให้ประสิทธิภาพและประสิทธิผลของกระบวนการต่ำกว่าที่ควรจะเป็น เช่น ใช้เวลานานในการผลิตสินค้าคุณภาพต่ำ ต้นทุนสูง ดังนั้นจึงมีแนวคิดเพื่อพยายามจะลดความสูญเสียเหล่านี้เกิดขึ้นมากมาย แนวคิดหนึ่งที่คิดค้นโดย Mr.Shigeo Shingo และ Mr.Taiichi Ohno คือ ระบบการผลิตแบบโตโยต้า (Toyota production system) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อขจัดความสูญเสีย 7 ประการ ได้แก่

2.1.8.1 ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตมากเกินไป (Overproduction) การผลิตสินค้าปริมาณมากเกินความต้องการการใช้งานในขณะนั้น หรือผลิตไว้ล่วงหน้าเป็นเวลานาน มาจากแนวความคิดเดิมที่ว่าแต่ละขั้นตอนจะต้องผลิตงานออกมาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ เพื่อให้เกิดต้นทุนต่อหน่วยต่ำสุดในแต่ละครั้งโดยไม่ได้คำนึงถึงว่าจะทำให้มีงานระหว่างทำ (Work in process, WIP) ในกระบวนการเป็นจำนวนมากและทำให้กระบวนการผลิตขาดความยืดหยุ่น

ปัญหาจากการผลิตมากเกินไป

1. เสียเวลาและแรงงานไปในการผลิตที่ยังไม่จำเป็น
2. เสียพื้นที่ในการจัดเก็บ WIP
3. เกิดการขนย้าย
4. ของเสียไม่ได้รับการแก้ไขทันที
5. ต้นทุนจม
6. ปิดบังปัญหาการผลิต

การปรับปรุง

1. บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมผลิตตลอดเวลา
2. ลดเวลาการตั้งเครื่องจักร โดยศึกษาเวลาในการตั้งเครื่องจักร จากนั้นทำการปรับปรุง

ก. จัดเตรียมเครื่องมือและอุปกรณ์ให้พร้อมก่อนเริ่มตั้งเครื่อง

ข. ขั้นตอนที่ทำได้ในขณะที่เครื่องจักรยังทำงานอยู่ออกจากขั้นตอนที่ต้องทำเมื่อเครื่องจักรหยุดเท่านั้น

ค. จัดลำดับขั้นตอนในการตั้งเครื่องจักรให้เหมาะสม

ง. กระจายงานอย่างเหมาะสมโดยไม่ให้เกิดการรองาน

จ. จัดหาทำอุปกรณ์เพื่อช่วยในการกำหนดตำแหน่งอย่างรวดเร็ว

3. ปรับปรุงขั้นตอนที่เป็นคอขวด (Bottle-neck) ในกระบวนการ เพื่อลดรอบเวลาการผลิต

4. ผลิตในปริมาณและเวลาที่ต้องการเท่านั้น

5. ฝึกให้พนักงานมีทักษะหลายอย่าง

2.1.8.2 ความสูญเสียเนื่องจากการเก็บวัสดุคงคลัง (Inventory) การซื้อวัสดุคราวละมากๆ เพื่อเป็นประกันว่าจะมีวัสดุสำหรับผลิตตลอดเวลา หรือเพื่อให้ได้ส่วนลดจากการสั่งซื้อ จะส่งผลให้วัสดุที่อยู่ในคลังมีปริมาณมากเกินความต้องการใช้งานอยู่เสมอ เป็นภาระในการดูแลและการจัดการ

ปัญหาจากการเก็บวัสดุคงคลัง

1. ใช้พื้นที่จัดเก็บมาก

2. ต้นทุนจม

3. วัสดุเสื่อมคุณภาพ (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่ดีพอ)

4. สั่งซื้อซ้ำซ้อน (หากระบบการควบคุมวัสดุคงคลังไม่เพียงพอ)

5. ต้องการแรงงานและการจัดการมาก

การปรับปรุง

1. กำหนดระดับในการจัดเก็บ มีจุดสั่งซื้อที่ชัดเจน

2. ควบคุมปริมาณวัสดุโดยใช้เทคนิคการควบคุมด้วยการมองเห็น (Visual control) เพื่อให้สามารถเข้าใจและสังเกตได้ง่าย

3. ใช้ระบบเข้าก่อน ออกก่อน (First in first out) เพื่อป้องกันไม่ให้มีวัสดุตกค้างเป็นเวลานาน

4. วิเคราะห์หาวัสดุทดแทน (Value engineering) ที่สามารถสั่งซื้อได้ง่ายมาใช้แทน เพื่อลดปริมาณวัสดุที่ต้องทำการจัดเก็บ

2.1.8.3 ความสูญเสียเนื่องจากการขนส่ง (Transporation) การขนส่งเป็นกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่วัสดุ ดังนั้นจึงต้องควบคุมและลดระยะทางในการขนส่งลงให้เหลือเท่าที่จำเป็นเท่านั้น

ปัญหาจากการขนส่ง

1. ต้นทุนในการขนส่ง ได้แก่ เชื้อเพลิง แรงงาน

2. เสียเวลาในการผลิต

3. วัสดุเสียหายหากวิธีการขนส่งไม่เหมาะสม

4. เกิดอุบัติเหตุหากขาดความระมัดระวังในการขนส่ง

การปรับปรุง

1. วางผังเครื่องจักรใหม่ จัดลำดับเครื่องจักรตามกระบวนการผลิตให้อยู่ในบริเวณเดียวกันเพื่อลดระยะทางขนส่งในแต่ละขั้นตอน

2. ลดการขนส่งซ้ำซ้อน

3. ใช้อุปกรณ์ขนถ่ายที่เหมาะสม

4. ลดปริมาณชิ้นงานในการขนส่งแต่ละครั้ง เพื่อให้สามารถส่งงานไปให้ขั้นตอนต่อไปได้เร็วขึ้นไม่ต้องเสียเวลารอนาน

2.1.8.4 ความสูญเสียเนื่องจากการเคลื่อนไหว (Motion) ท่าทางการทำงานที่ไม่เหมาะสม เช่น ต้องเอื้อมหยิบของที่อยู่ไกล ก้มตัวยกของหนักที่วางอยู่บนพื้น ฯลฯ ทำให้เกิดความล้าต่อร่างกายและทำให้เกิดความล่าช้าในการทำงานอีกด้วย

ปัญหาจากการเคลื่อนไหว

1. เกิดระยะทางในการเคลื่อนที่ทำให้สูญเสียเวลาในการผลิต

2. เกิดความล้าและความเครียด

3. อุบัติเหตุ

4. เสียเวลาและแรงงานในการทำงานที่ไม่จำเป็น

การปรับปรุง

1. ศึกษาการเคลื่อนไหว (Motion study) เพื่อปรับปรุงวิธีการทำงานให้เกิดการเคลื่อนไหวน้อยที่สุดและเหมาะสมที่สุดตามหลักการยุทธศาสตร์ (Ergonomic) เท่าที่จะทำได้

2. จัดสภาพการทำงาน (Working condition) ให้เหมาะสม

3. ปรับปรุงเครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำงานให้เหมาะสมกับสภาพร่างกายของผู้ปฏิบัติงาน

4. ทำอุปกรณ์ช่วยในการจับยึดชิ้นงาน (Jig, Fixtures) เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างสะดวกรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

5. ออกกำลังกาย

2.1.8.5 ความสูญเสียเนื่องจากกระบวนการผลิต (Processing) เกิดจากกระบวนการผลิตที่มีการทำงานซ้ำ ๆ กันในหลายขั้นตอน ซึ่งไม่มีความจำเป็นเพราะงานเหล่านั้นไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ รวมทั้งงานในกระบวนการผลิตที่ไม่ช่วยให้ตัวผลิตภัณฑ์เกิดความเที่ยงตรงเพิ่มขึ้นหรือคุณภาพดีขึ้น เช่น กระบวนการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์ ซึ่งเป็นกระบวนการที่ไม่ทำให้เกิดมูลค่าเพิ่มกับผลิตภัณฑ์ ดังนั้นกระบวนการนี้ควรรวมอยู่ในกระบวนการผลิตให้พนักงานหน้างานเป็นผู้ตรวจสอบไปพร้อมกับการทำงาน หรือขณะคอยเครื่องจักรทำงาน

ปัญหาจากกระบวนการผลิต

1. เกิดต้นทุนที่ไม่จำเป็นของการทำงาน
2. สูญเสียพื้นที่การทำงานสำหรับกระบวนการนั้น ๆ
3. ใช้เครื่องจักรและแรงงานโดยไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่มแก่ผลิตภัณฑ์

การปรับปรุง

1. วิเคราะห์กระบวนการผลิตโดยใช้ Operation process chart
2. ใช้หลักการ 5 W 1 H เพื่อวิเคราะห์ความจำเป็นของแต่ละกระบวนการ
3. หากระบวนการทดแทนที่ก่อให้เกิดผลลัพธ์ของงานอย่างเดียวกัน

2.1.8.6 ความสูญเสียเนื่องจากการรอคอย (Delay) การรอคอยเกิดจากการที่เครื่องจักรหรือพนักงานหยุดการทำงานเพราะต้องรอคอยบางปัจจัยที่จำเป็นต่อการผลิตเช่น การรอวัตถุดิบ การรอคอยเนื่องจากเครื่องจักรขัดข้อง การรอคอยเนื่องจากกระบวนการผลิตไม่สมดุล การรอคอยเนื่องจากการเปลี่ยนรุ่นการผลิต เป็นต้น

ปัญหาจากการรอคอย

1. ต้นทุนที่สูญเปล่าของแรงงาน เครื่องจักร และค่าโสหุ้ย ที่ไม่ก่อให้เกิดมูลค่าเพิ่ม
2. เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส
3. เกิดปัญหาเรื่องขวัญและกำลังใจ

การปรับปรุง

1. จัดวางแผนการผลิต วัตถุดิบและลำดับการผลิตให้ดี
2. บำรุงรักษาเครื่องจักรให้มีสภาพพร้อมใช้งานตลอดเวลา
3. จัดสรรงานให้มีความสมดุล
4. วางแผนขั้นตอนการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต และจัดสรรกำลังคนให้เหมาะสม

5. เตรียมเครื่องมือที่จะใช้ในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิตให้พร้อมก่อนหยุดเครื่อง

6. ใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการปรับเปลี่ยนกระบวนการผลิต

2.1.8.7 ความสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสีย (Defect) เมื่อของเสียถูกผลิตออกมา ของเสียเหล่านั้นอาจถูกนำไปแก้ไขใหม่ ให้ได้คุณสมบัติตามที่ลูกค้าต้องการ หรือถูกนำไปกำจัดทิ้ง ดังนั้นจึงทำให้มีการสูญเสียเนื่องจากการผลิตของเสียขึ้น

ปัญหาจากการผลิตของเสีย

1. ต้นทุนวัตถุดิบ เครื่องจักร แรงงาน สูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์
2. สิ้นเปลืองสถานที่ในการจัดเก็บและกำจัดของเสีย
3. เกิดการทำงานซ้ำเพื่อแก้ไขงาน
4. เกิดต้นทุนค่าเสียโอกาส

การปรับปรุง

1. มีมาตรฐานของงานและมาตรฐานของวัตถุดิบที่ถูกต้อง
2. พนักงานต้องปฏิบัติงานให้ถูกต้องตามมาตรฐานตั้งแต่แรก
3. พยายามปรับปรุงอุปกรณ์ที่สามารถป้องกันการทำงานที่ผิดพลาด (Poka-Yoke)
4. ฝึกให้พนักงานมีจิตสำนึกทางด้านคุณภาพ
5. ให้มีการตอบสนองข้อมูลทางด้านคุณภาพอย่างรวดเร็วในทุกขั้นตอนการผลิต (Quick response system)

2.1.9 วิธีการจัดทำ Energy Chart

Energy Chart เป็นการแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานในทุกกระบวนการตั้งแต่ เริ่มรับวัตถุดิบ ผ่านเข้ากระบวนการ ดำเนินการแปรรูป เคลื่อนย้าย และกระบวนการต่อๆไป จนเป็นสินค้าสำเร็จรูป และจัดส่ง ซึ่งจะต้องแสดงให้เห็น ข้อมูลที่สำคัญ คือ 1. นำพลังงานไปใช้ประโยชน์อะไร 2. ศักยภาพของพลังงานที่ป้อนเข้ากระบวนการ 3. ศักยภาพพลังงานที่เหลือจากกระบวนการ ดังตัวอย่างตารางที่ 2.7 ซึ่งมีวิธีการดังนี้

2.1.9.1 Process บันทึกข้อมูล ชื่อขั้นตอนกระบวนการ ตั้งแต่กระบวนการรับวัตถุดิบจนถึงผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูป และจัดส่ง ดังตัวอย่าง ตารางที่ 2.11 (บางส่วนของ Energy Chart โรงงานประกอบรถยนต์) เป็นกระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน)

2.1.9.2 Original Energy Potential บันทึก แหล่งพลังงาน ขนาดของเครื่องกำเนิดและศักยภาพพลังงานที่แหล่งกำเนิดพลังงาน ผลิตให้แต่ละกระบวนการ เช่น

1. กระบวนการ ใช้พลังงานไฟฟ้า ก็มีหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน บอกขนาดหม้อแปลง และวัดช่วงค่าแรงดันหลังหม้อแปลงจริง เช่น 390-400 V ค่าแรงดันไฟฟ้าหลังหม้อแปลง 390-400 V เป็น Original Energy Potential เป็นข้อมูลที่สำคัญ ที่ต้องจัดทำเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์

2. กระบวนการใช้พลังงานลม บอกขนาดปั้มลม และวัดค่าช่วงความดัน การตัดต่อ เช่น ความดัน 6-8 bar ค่าความดันลม 6-8 bar เป็น Original Energy Potential เป็นข้อมูลที่สำคัญเช่นกัน

3. กระบวนการใช้พลังงานไอน้ำ บอกขนาดหม้อไอน้ำ และวัดค่าช่วงความดัน การตัดต่อ เช่น ความดัน 8-10 bar ค่า ความดันลม 8-10 bar เป็น Original Energy Potential เป็นข้อมูลที่สำคัญเช่นกัน ฯลฯ

2.1.9.3 Process Input Energy Potential บันทึกระดับศักยภาพพลังงานที่ ป้อนให้แต่ละกระบวนการ หรือค่าควบคุมที่กระบวนการต้องการ เช่น

1. กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) ใช้พลังงานไฟฟ้า มีระดับแรงดันไฟฟ้า หน้าเครื่องจักร 380-385 v

2. กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) ใช้พลังงานลม มีการควบคุม ความดันลมเข้ากระบวนการ ที่ 4 bar

3. กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) ใช้พลังงานไอน้ำ มีการควบคุมความดันไอน้ำเข้ากระบวนการ ที่ 6 bar ฯลฯ

2.1.9.4 Energy Utilization บันทึกข้อมูลพลังงานที่ป้อนเข้ากระบวนการ แต่ละประเภทของพลังงาน ได้นำไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง และมี การนำไปควบคุมตัวแปรกระบวนการอะไร ที่ค่าเท่าใด เช่น

1. กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 15 kW แต่ค่าที่ใช้พลังงานจริง 12 kW เพื่อขับปั้มน้ำหมุนเวียน 800 ลิตร ต่อนาที (ค่าพิกัด 1500 ลิตรต่อนาที)

2. กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) ใช้พลังงานลม ขับเคลื่อนกระบอกลม

3. กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) ใช้พลังงานไอน้ำ ควบคุมอุณหภูมิสารเคมี ที่ 80 องศาเซลเซียส ฯลฯ

2.1.9.5 Process Residual Energy บันทึกข้อมูลระดับศักยภาพพลังงานที่ เหลือจากกระบวนการ เช่น กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) มีคอนเดนเสท ออกที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (จากการใช้ไอน้ำ)

2.1.9.6 Machine and Product Residual Energy Potential บันทึกข้อมูลระดับอุณหภูมิ เครื่องจักร หรือ ชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการ เช่น กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) อุณหภูมิเครื่องจักร 75 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิ ชิ้นงาน 55 องศาเซลเซียส

ตารางที่ 2.7 ตัวอย่าง Energy Chart

Process	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Process Residual Energy	Machine and Product Residual Energy Potential
กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน)	หม้อแปลงไฟฟ้า 1500 kVA 390-400 V	ระดับแรงดันไฟฟ้า380-385 v	ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 15 kW แต่ค่าที่ใช้พลังงานจริง 12 kW เพื่อขับปั้มน้ำหมุนเวียน 800 ลิตร ต่อชั่วโมง(ค่าพิกัด 1500 ลิตรต่อนาที)	-	-
	ปั้มลม 50 kW 3 เครื่อง ผลิตลมอัดความดัน 6-8 bar	ความดันลมเข้ากระบวนการที่ 4 bar	ใช้พลังงานลม ขับเคลื่อนกระบอกลม	-	-
	หม้อไอน้ำ10ตัน 1 เครื่อง ผลิตไอน้ำอัดความดัน 8-10 bar	ความดันไอน้ำเข้ากระบวนการที่ 6 bar	ใช้พลังงานไอน้ำ ควบคุมอุณหภูมิสารเคมี ที่ 80 องศาเซลเซียส	คอนเดนเสทอุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส	อุณหภูมิเครื่องจักร 75 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิชิ้นงาน 55 องศาเซลเซียส

2.1.10 วิธีการวิเคราะห์ Energy Chart

หลังจาก จัดทำ Energy Chart แล้วเราสามารถ วิเคราะห์ถึงความเหมาะสม ของการใช้พลังงาน การจัดการพลังงาน ต่าง ๆ ดังนี้

2.1.10.1 การนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ (Energy Utilization)

1. วิเคราะห์ตัวแปรที่ควบคุมกระบวนการมีความเหมาะสมหรือไม่ เป็นค่าที่ต่ำที่สุดแล้วหรือยัง เช่น กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) ควบคุม อุณหภูมิสารเคมีที่ 80 องศาเซลเซียส แต่พบว่า สารเคมีมีข้อกำหนดไว้ที่ 45-80 องศาเซลเซียส การตั้งค่า 80 องศา

เซลเซียส จึงสูงเกินความจำเป็น สามารถลดลงเหลือ 55 องศาเซลเซียส ก็สามารถใช้งานได้ ทำความสะอาดชิ้นงานได้คุณภาพเหมือนกัน

2. วิเคราะห์ว่ากระบวนการนำพลังงานไปใช้ทำอะไร มีวิธีการอื่นที่ทำงานได้ เหมือนกัน หรือไม่ แต่ยังคงคุณภาพเหมือนกัน หรือใช้พลังงานน้อยลง ตัวอย่างที่พบเช่น กระบวนการทำสี EDP มีขั้นตอนการกรองฟอสเฟต ที่ใช้ปั้มไดอะแฟรม ซึ่งเดิมทางโรงงานเปิดปั้มลมตลอด 24 ชม. แต่จากการดูการนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ สามารถทำงานตามช่วงเวลาที่สายการผลิต ทำงานได้ คือ 8 ชม

2.1.10.2 การวิเคราะห์ประเภทพลังงาน (Energy Type) คือการวิเคราะห์ ประเภทพลังงานที่ใช้ในกระบวนการว่ามีชนิดพลังงานอื่นที่สามารถทำงานได้เหมือนกัน ได้คุณภาพเหมือนกัน แต่มีต้นทุนพลังงานต่ำกว่า เช่น เตาอบไฟฟ้า ใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อน เราสามารถพิจารณาการให้ความร้อนจาก ก๊าซหุงต้มหรือก๊าซธรรมชาติแทนซึ่งมีต้นทุนพลังงานความร้อนต่อราคา ต่ำกว่ามาก หรือตัวอย่างในกระบวนระบายความร้อน ให้กับระบบน้ำมัน ไฮโดรลิค เครื่องจักร ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส สามารถใช้น้ำเย็นจาก Cooling Tower ได้ แต่ก็พบในหลายโรงงานใช้น้ำเย็นจาก Chiller ซึ่งมีต้นทุนพลังงานที่สูงกว่ามาก

2.1.10.3 การวิเคราะห์ ศักยภาพพลังงาน (Energy Potential) คือ การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงาน ณ.แหล่งกำเนิด พลังงาน (Original Energy Potential) เทียบกับระดับศักยภาพก่อนเข้ากระบวนการ (Process Input Energy Potential) และค่าตัวแปรกระบวนการ(Process parameters) ว่าสูงเกินความจำเป็นหรือไม่ ถ้าสูงเกินความจำเป็นก็ดำเนินการลดศักยภาพพลังงานลง เช่น กระบวนการ degreasing (ล้างไขมัน) สามารถควบคุมอุณหภูมิสารเคมีไว้ที่ 55 องศาเซลเซียส แต่ทางโรงงานควบคุมความดันไอน้ำก่อนเข้ากระบวนการไว้ที่ 6 bar (ระดับศักยภาพก่อนเข้ากระบวนการ (Process Input Energy Potential)) ซึ่งมีอุณหภูมิ 158.85 องศาเซลเซียส และหม้อไอน้ำผลิตความดันที่ 8-10 bar (ศักยภาพพลังงาน ณ.แหล่งกำเนิด พลังงาน (Original Energy Potential)) ซึ่งมีอุณหภูมิ 170.4-179.9 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าศักยภาพพลังงานที่ผลิตสูงเกินความจำเป็น สามารถลดลงมาเหลือความดันที่ 2-3 bar ได้

2.1.10.4 การนำพลังงาน และทรัพยากรกลับคืน (Energy and Resource Recovery) คือ การประเมิน และวิเคราะห์โอกาสการนำพลังงานและทรัพยากรที่เหลือจากกระบวนการเครื่องจักร หรือชิ้นงานกลับมาใช้ประโยชน์ ตัวอย่างเช่น กระบวนการ Degreasing (ล้างไขมัน) มีคอนเดนเสทออกมาที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส (จากการใช้ไอน้ำ) เป็นแหล่งพลังงานที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ สามารถนำกลับมาใช้เป็นน้ำป้อนหม้อไอน้ำได้ หรืออีก

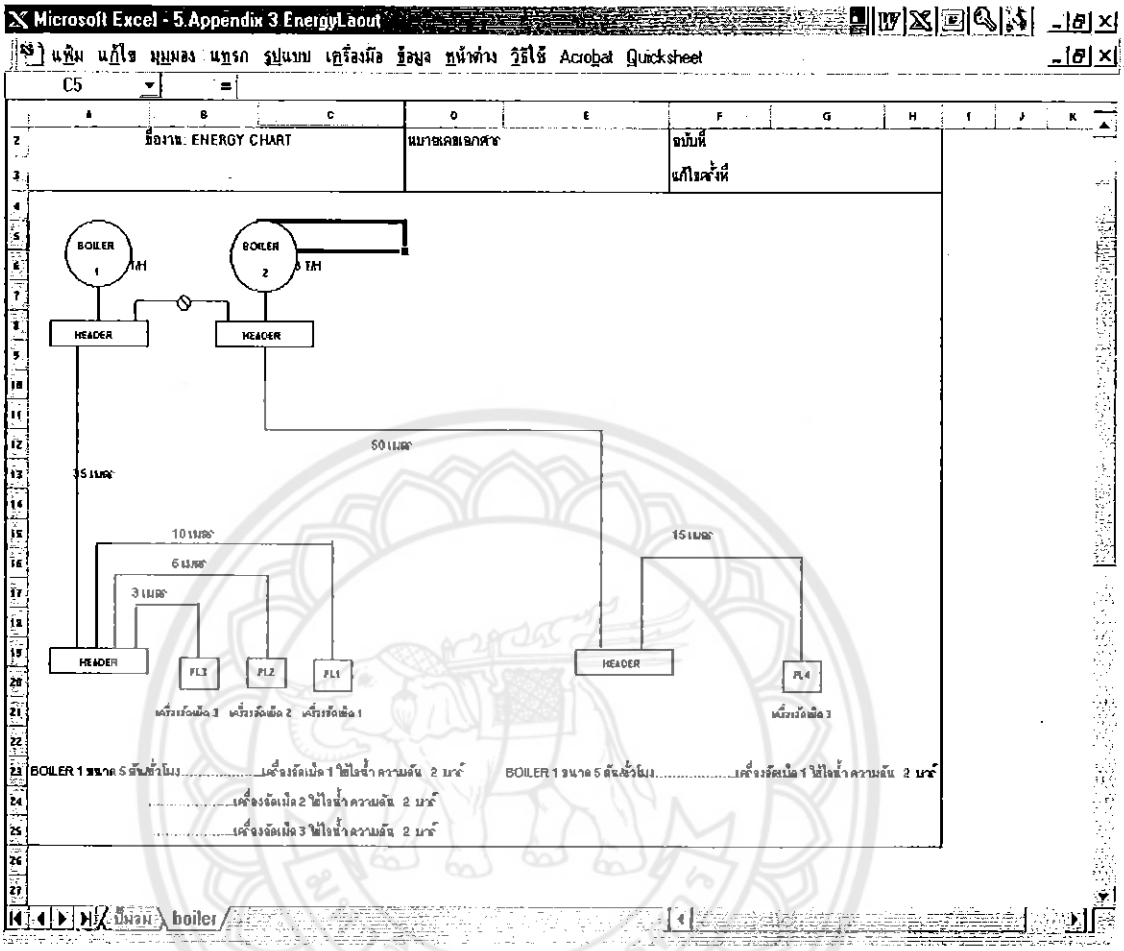
ตัวอย่างหนึ่งที่พบที่โรงงานผลิตอาหาร จากกระบวนการทอดอาหารมีทรัพยากรเหลือจากกระบวนการคือ น้ำมันพืชที่ผ่านการทอดอาหารแล้วนำมาเป็นน้ำมันเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันดีเซลที่ใช้ใน Hot oil Boiler ได้

2.1.10.5 การวิเคราะห์การรักษาศักยภาพพลังงาน (Energy Potential Preservation) คือ การประเมิน และวิเคราะห์การรักษาศักยภาพพลังงาน โดยไม่ทำให้ศักยภาพพลังงานที่ผลิตมาใช้ประโยชน์สูญเสียศักยภาพพลังงานไป เช่น กระบวนการผลิตไส้กรอกหลังจากอบไส้กรอกแล้วทางโรงงานจะฉีดน้ำเย็น 12 องศาเซลเซียส เพื่อให้ผิวกรอบแต่สิ่งที่พบคือทางโรงงานได้มีการผลิตน้ำเย็น 12 องศาเซลเซียส เพื่อใช้ในการะบวนการต่าง ๆ แต่กระบวนการนี้ทางโรงงานไม่ใช้น้ำเย็น 12 องศาเซลเซียส ที่ผลิตจากเครื่องทำน้ำเย็น แต่ใช้น้ำแข็งที่ผลิตไว้ใช้ในอีกกระบวนการมาละลายน้ำ ให้ได้ 12 องศาเซลเซียส ในการผลิตน้ำแข็ง ต้องใช้พลังงานสูงกว่าการผลิตน้ำเย็น 12 องศาเซลเซียส การดำเนินการดังกล่าวเป็นการทำลายศักยภาพพลังงาน หรืออีกตัวอย่างหนึ่ง คือโรงงานผลิตอาหารกระป๋องมีกระบวนการฆ่าเชื้อ (ใช้เครื่อง Retort) ซึ่งจะทำการฆ่าเชื้อที่ อุณหภูมิประมาณ 118 องศาเซลเซียส โดยในเครื่องฆ่าเชื้อจะมีน้ำท่วมกระป๋องอาหารและใช้ไอน้ำเพิ่มอุณหภูมิน้ำในเครื่อง จาก 30 องศาเซลเซียส เป็น 118 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิไว้ตามเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นจะลดอุณหภูมิน้ำในเครื่องลงมาที่ 45 องศาเซลเซียส โดยใช้น้ำเย็นซึ่งจากกระบวนการผลิตก็สามารถทำงานฆ่าเชื้อได้ แต่เราสูญเสียพลังงานไปมากในการดำเนินการดังกล่าว เราสามารถปรับปรุงการรักษาศักยภาพพลังงานโดยเราสร้างถังเก็บน้ำร้อนประมาณ 90 องศาเซลเซียส และน้ำเย็น อุณหภูมิห้อง เมื่อกระบวนการฆ่าเชื้อต้องการใช้น้ำร้อนก็ให้นำน้ำร้อนมาให้ความร้อนเพิ่มให้เป็น 118 องศาเซลเซียส และรักษาอุณหภูมิไว้ตามเวลาที่กำหนด หลังจากนั้นปั๊มน้ำร้อนไปเก็บในถังน้ำร้อน และขั้นตอนต่อไป คือการลดอุณหภูมิ ก็นำน้ำเย็นอุณหภูมิห้องมาลดอุณหภูมิอาหารกระป๋อง (ใช้น้ำเย็นจาก Cooling Tower ช่วย) ซึ่งจะทำให้ลดการใช้พลังงานได้มาก แทนการเพิ่ม และลดอุณหภูมิในช่วงที่กว้าง

2.1.11 การจัดทำ Energy Layout

การจัดทำ Energy Layout เพื่อวิเคราะห์ ลักษณะ รูปแบบการส่งถ่ายพลังงาน เช่น ระบบท่ออากาศอัด ระบบท่อไอน้ำ เป็นต้น

ตัวอย่าง Energy Layout ระบบไอน้ำ โรงงานอาหารสัตว์ต้องให้ความร้อนในการทำให้อาหารสุก ซึ่งใช้พลังงานความร้อนจากน้ำมันเตาผลิตไอน้ำ และส่งต่อเข้าเครื่องจักร การจัดทำ Energy Layout ทำให้มองเห็นการส่งถ่ายพลังงานไอน้ำ และสามารถทำให้เห็นจุดที่ควรปรับปรุง เช่น Header, ท่อไอน้ำ



รูปที่ 2.13 ตัวอย่าง Energy Layout ระบบไอน้ำ

2.1.12 การจัดทำสมการพลังงาน (Energy equation)

สมการพลังงาน(Energy equation) จะแสดงถึงการใช้พลังงานโรงงานซึ่งปริมาณจะมากน้อยเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับปริมาณการผลิตรวม โดยพิจารณาจากการใช้พลังงานย้อนหลัง 1 ปี โดยสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงาน ซึ่งเมื่อกรอกข้อมูลลงไปในโปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติแล้วจะได้สมการพลังงานออกมา แล้วก็นำสมการที่ได้ไปคำนวนหาค่าความคลาดเคลื่อนของการพยากรณ์ในโปรแกรม Microsoft Excel ต่อไป

2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ธนพันธ์ ศรีวุฒิปัญญา, (2545). ได้ศึกษาถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ ของอาคารวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยนเรศวร เพื่อหาค่าการถ่ายเทความร้อนรวมของกรอบอาคาร การตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ต่างๆ ในระบบปรับ

อากาศและเสนอแนะแนวทางในการปรับปรุง เพื่อให้การใช้พลังงานไฟฟ้ามีความคุ้มค่ายิ่งขึ้น ค่าถ่ายเทความร้อนรวมของพนังและค่าถ่ายเทความร้อนรวมของหลังคามีค่าเท่ากับ 55 W/m² และ 9.46 W/m² ตามลำดับ ซึ่งค่าดังกล่าวมีค่าที่อยู่ในเกณฑ์ค่ามาตรฐานอาคารควบคุม ดังนั้นจึงไม่ต้องปรับปรุงเพิ่มเติมในส่วนนี้

ในส่วนของระบบปรับอากาศพบว่ามีการใช้เครื่องทำน้ำเย็น TRANE รุ่น RTAA80 ขนาด 70 ตัน 2 เครื่อง ซึ่งสภาวะปัจจุบันคำนวนค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นได้เท่ากับ 4.41 หากมีการปรับปรุงโดยการเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นที่ส่งเข้าอาคารให้มากขึ้น จะทำให้ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะทำความเย็นเพิ่มขึ้น ซึ่งจะมีผลทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

ในส่วนของเครื่องสูบน้ำ จากการศึกษาพบว่าประสิทธิภาพอยู่ที่ 70.68% โดยที่น้ำในท่อมีอัตราการไหลน้อยลงแต่มีแรงดันสูงขึ้น จากสาเหตุนี้จะมีผลทำให้การลดอุณหภูมิในห้องปรับอากาศใช้เวลานานขึ้น หากมีการปรับปรุงโดยการทำความสะอาดท่อน้ำเย็น จะสามารถช่วยเพิ่มอัตราการไหลและลดแรงดันให้เข้าใกล้สภาวะเดิมที่ออกแบบไว้ได้

ศราภรณ์ อัษฎกช, (2545). ได้ศึกษาแนวทางในการประหยัดพลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตน้ำของโรงงานผลิตน้ำบางเขนซึ่งปัจจุบันมีกำลังการผลิต 3.2 ล้านลูกบาศก์เมตรต่อวัน ในการศึกษาได้ดำเนินการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตหลักได้แก่ โรงสูบน้ำดิบ 1,2 โรงสูบส่งน้ำ 1,2 และโรงสูบจ่ายน้ำ 1,2 ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูล พบว่าค่าเฉลี่ยรายเดือนของพลังงานไฟฟ้าโดยรวมของโรงงานผลิตน้ำบางเขนเท่ากับ 13,815,281 kWh โดยใช้ในโรงสูบน้ำดิบ 55% โรงสูบส่งน้ำ 22% โรงสูบจ่ายน้ำ 14% และส่วนอื่น ๆ ของกระบวนการผลิตน้ำและสำนักงาน 9% ทั้งนี้มากกว่า 78% ของปริมาณน้ำประปาที่ผลิตทั้งหมดได้สูบส่งไปยังสถานีสูบจ่ายน้ำสถานีย่อย มีค่าการใช้พลังงานจำเพาะทั้งหมดเท่ากับ 0.16 kWh/m3 และส่วนที่เหลือได้ถูกสูบจ่ายไปยังพื้นที่บริเวณข้างเคียง มีค่าการใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 0.15 kWh/m3 ผลการวิเคราะห์ค่าโหลดแฟกเตอร์พบว่าโรงสูบน้ำทุกโรงมีค่าโหลดแฟกเตอร์อยู่ในเกณฑ์ที่ดี (มากกว่า 0.85) ยกเว้นโรงสูบจ่ายน้ำเนื่องจากต้องสูบจ่ายน้ำให้ตรงกับความต้องการของประชาชน คือ จ่ายน้ำมากในช่วงเวลา 06.00-23.00 น. และจ่ายน้ำน้อยที่เวลา 24.00 - 05.00 น. ทำให้ค่าโหลดแฟกเตอร์ต่ำลงเล็กน้อย คือ 0.7 แม้ว่าจะใช้มอเตอร์ที่สามารถปรับความเร็วรอบได้แล้วก็ตาม เนื่องจากโรงงานผลิตน้ำบางเขนใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU ประกอบกับปริมาณการสูบจ่ายน้ำขึ้นกับพฤติกรรมการบริโภคของประชาชนดังนั้นจึงได้เลือกทำการจัดการทำงานของเครื่องสูบน้ำของโรงสูบน้ำดิบ โดยทำการควบคุมการหยุด-เดินเครื่องสูบน้ำ no.2 ให้มีการเดินในช่วง off peak ให้มากที่สุดโดยยังคงรักษาระดับน้ำในถังเก็บน้ำใสให้อยู่

ในช่วงที่ยอมรับได้ ผลสรุปว่า สามารถลดค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณ 704,167 บาทต่อปี

อมรรัตน์ แก้วประดับ, (2546). ได้ศึกษาการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทโลหะโดยอาศัยวิธีการวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงาน จากผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานในโรงงานพบว่ามีลักษณะการใช้พลังงานใน 2 ส่วน ด้วยกันคือ พลังงานไฟฟ้า และพลังงานความร้อนจากผลการสำรวจการใช้พลังงานในโรงงานพบว่าสามารถวิเคราะห์หาค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ(SEC) ได้จากการใช้พลังงานในอดีตมีค่าเฉลี่ย 38.97 GJ/Tonอลูมิเนียม ซึ่งเป็นช่วงก่อนทำการศึกษาสำหรับในช่วงทำการศึกษา พบว่ามีค่าดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย 31.61 GJ/Ton อลูมิเนียม สามารถประหยัดพลังงานได้ 2,349 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 5,684.58 บาทต่อปี แนวทางการลดแรงดันอากาศอัดของเครื่องอัดอากาศสามารถประหยัดพลังงานได้ 3,780 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 9,147.60 บาทต่อปี แนวทางการปรับความตึงสายพานมอเตอร์ในเครื่องอัดอากาศ สามารถประหยัดพลังงานได้ 2,502.58 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 6,056.23 บาทต่อปี แนวทางการลดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด สามารถประหยัดพลังงานได้ 95 kW/ปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 18,644.70 บาทต่อปี โดยพิจารณาลดการใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดจาก Load Curve นี้ โดยพยายามรักษาระดับความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ส่วนแนวทางการจัดการและประหยัดพลังงานที่มีการลงทุนได้แก่ แนวทางการนำความร้อนทิ้งมาใช้ประโยชน์ สามารถประหยัดน้ำมันเตาเกรด C ได้ 923.74 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 4,849.62 บาทต่อปี โดยใช้เงินลงทุน 10,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 2.06 ปี และอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 26.83 แนวทางการใช้บัลลาสต์ขดลวดชนิดที่มีการสูญเสียต่ำ (Low Loss Ballast) สามารถประหยัดพลังงานได้ 1,944 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 4,704.48 บาทต่อปี โดยลงทุน 6,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 1.28 ปี และอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 86.42 แนวทางการบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ สามารถประหยัดพลังงานได้ 6,832.63 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 16,534.97 บาทต่อปี โดยลงทุน 2,500 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 0.15 ปี และอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 591.16 แนวทางการแก้ไขค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ สามารถประหยัดพลังงานได้ 568.29 kWh/ปี คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ 1,375.25 บาทต่อปี โดยลงทุนติดตั้งคาปาซิเตอร์ 12,000 บาท มีระยะเวลาคืนทุน 8.73 ปี และอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 12.53

อนุชิต เผชิญสุขชนะโชค, (2550). ได้ศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตรองเท้า ซึ่งในปี 2549 มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 111,600 kWh คิดเป็นค่าเงิน 204,000 บาท ในปีดังกล่าวนี้มีการผลิต 144,000 คู่ คิดเป็นอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อรองเท้า 1 คู่ 0.5 kW ซึ่งคิดเป็นประมาณ 2 % ของต้นทุนทั้งหมด จากการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานอย่างละเอียดพบว่าสาเหตุของการสิ้นเปลืองพลังงานมากคือ (1) ระบบแสงสว่าง (2) ระบบเครื่องจักรกลและ (3) ค่าตัวประกอบกำลัง (Power Factor) ต่ำมีค่า 0.81 โรงงานสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ปีละ 23,796 kWh คิดเป็นเงินทั้งสิ้น 47,592 บาท อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงเป็น 0.1 kW ต่อการผลิตรองเท้าแตะ 1 คู่ โดยใช้เงินลงทุน 18,000 บาท ถ้าคิดอายุโครงการ 5 ปี จะมีจุดคุ้มทุน (BEP) 5 เดือน และอัตราผลตอบแทนภายใน (IRR) 21.8 %

พิพัฒน์ ภู่ทอง, (2550). ได้ศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยการใช้ตัวควบคุมการจัดการแบบเหมาะสมชนิดพลวัต การทดสอบได้แบ่งโหลดออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ เครื่องปั๊มโลหะขนาด 200 ตัน ใช้มอเตอร์ขนาด 50 กิโลวัตต์ สายพานลำเลียงใช้มอเตอร์ขนาด 15 กิโลวัตต์ และเครื่องฉีดพลาสติกใช้มอเตอร์ขนาด 50 กิโลวัตต์ ผลการทดสอบปรากฏว่า เครื่องปั๊มโลหะสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 8.4% คิดเป็นเงิน 957.60 บาทต่อเดือน มีระยะเวลาคืนทุน 5 ปี 8 เดือน มีอัตราผลตอบแทนการลงทุน 5.64% สายพานลำเลียง สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้ 11.8% คิดเป็นเงิน 497.95 บาทต่อเดือน มีระยะเวลาคืนทุน 5 ปี 10 เดือน มีอัตราผลตอบแทนการลงทุน 4.67% เครื่องฉีดพลาสติกสามารถประหยัดพลังงานได้ 18.9% คิดเป็นเงินได้ 2,517.12 บาทต่อเดือน มีระยะเวลาคืนทุน 2 ปี 2 เดือน มีอัตราผลตอบแทนการลงทุน 42.6% จากค่าผลตอบแทนการลงทุนพบว่า เครื่องฉีดพลาสติกมีผลตอบแทนมากที่สุด

บทที่ 3

การดำเนินงานวิจัย

3.1 ศึกษาวิธีการประหยัดพลังงาน

ศึกษาข้อมูลเรื่องการประหยัดพลังงานทั้งทางทฤษฎีและการปฏิบัติ โดยศึกษาข้อมูลจากกรณีศึกษาที่มีการดำเนินการลดการใช้พลังงานดังรายละเอียดปรากฏในบรรณานุกรม และบุคคลที่มีความรู้ด้านนี้ เช่น อาจารย์ และพนักงานการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค เพื่อเป็นการปรับพื้นฐานความรู้เกี่ยวกับเรื่องการประหยัดพลังงาน และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้จริงภายในโรงงาน

3.2 เก็บข้อมูลดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงาน

3.2.1 การรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบการใช้พลังงาน

การรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของระบบรวม ได้แก่ ทำการรวบรวมข้อมูลการใช้ไฟฟ้า (ใบเสร็จค่าไฟฟ้า) ข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซล(ใบเสร็จค่าน้ำมัน) และข้อมูลอัตราการผลิตที่แสดงถึงการใช้พลังงานในแต่ละเดือนย้อนหลังเป็นเวลา 1 ปี การตรวจวัดลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้า (Load Profile) ของโรงงาน โดยการติดตั้งเครื่องมือวัดและบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส โดยทำการตรวจวัดที่ตู้ไฟฟ้าหลักของโรงงาน (Main Distribution Board, MDB) นอกจากนี้ทำการตรวจวัดเครื่องจักรทั้งหมดในโรงงานและอุปกรณ์หลัก ๆ ดังนี้

3.2.1.1 ระบบปรับอากาศ

ทำการสำรวจจำนวน ชนิดเครื่องปรับอากาศ ลักษณะการใช้งาน เพื่อประเมินค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะการทำความเย็น (Coefficient of Performance, COP) หรือค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) ในระบบปรับอากาศ และวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานในระบบปรับอากาศ

3.2.1.2 ระบบแสงสว่าง

ทำการสำรวจจำนวนหลอด ชนิดหลอดไฟฟ้า ชนิดโคมไฟฟ้า ชนิดบัลลาสต์ ขนาดหลอดไฟฟ้า ลักษณะการใช้งาน เป็นต้น เพื่อวิเคราะห์ปริมาณใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่าง

3.2.1.3 หม้อแปลงไฟฟ้า

ทำการสำรวจจำนวน ชนิด และพิกัดของหม้อแปลงไฟฟ้า(kVA)

3.2.1.4 มอเตอร์ไฟฟ้า

ทำการสำรวจเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ที่ใช้มอเตอร์ เช่น เครื่องอัดอากาศโดยทำการสำรวจขนาดของมอเตอร์ไฟฟ้าที่ใช้ในโรงงานทั้งหมดและทำการตรวจวัดปริมาณการใช้พลังงานขณะทำงานจริง เพื่อหาสัดส่วนปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

3.2.2 **สรุปดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงาน**

เนื่องจากโรงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ มีการใช้พลังงานเพียง 2 ชนิด คือ ไฟฟ้า และน้ำมันดีเซล ดังนั้น ปริมาณการใช้พลังของพลังงานทั้ง 2 ชนิดนี้ จึงเป็นดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงาน

3.2.3 การวิเคราะห์ผลการตรวจวัดพลังงาน

การวิเคราะห์ผลการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิงเพื่อหาแนวทางการประหยัดพลังงานให้สอดคล้องกับลักษณะการใช้พลังงานของโรงงาน นอกจากนี้ยังทำการวิเคราะห์ผลการตรวจวัดพลังงานเปรียบเทียบกับผลผลิตเพื่อหาค่าดัชนีการใช้พลังงานต่อหน่วยการผลิตก่อนดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงานและหลังดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงานจากการใช้พลังงานในอดีตและกระบวนการผลิต

3.3 **การจัดทำบัญชีเครื่องจักร**, Energy Chart, Energy Layout และ Energy Equation

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลมาจัดทำรายการดังต่อไปนี้

3.3.1 บัญชีเครื่องจักร

จัดทำตารางบัญชีเครื่องจักร เพื่อให้ทราบว่าภายในโรงงานมีเครื่องจักรชนิดไหนบ้าง จำนวนกี่เครื่อง ขนาดเท่าไหร่

3.3.2 Energy Chart

จัดทำตาราง Energy Chart เพื่อเป็นการแสดงการใช้พลังงานในทุกกระบวนการตั้งแต่เริ่มรับวัตถุดิบ เข้าสู่กระบวนการ แปรรูป เคลื่อนย้าย และกระบวนการต่อๆไป จนเป็นสินค้าสำเร็จรูป และการจัดส่ง ซึ่งจะต้องแสดงให้เห็นข้อมูลที่สำคัญ คือ 1. การใช้พลังงานในกระบวนการต่างๆ 2. ศักยภาพของพลังงานที่ป้อนเข้าสู่กระบวนการ 3. ศักยภาพพลังงานที่เหลือจากกระบวนการ

3.3.3 Energy Layout

การจัดทำ Energy Layout เพื่อวิเคราะห์ ลักษณะ รูปแบบการส่งถ่ายพลังงานกระบวนการผลิต

3.3.4 **สมการพลังงาน** (Energy Equation)

การจัดทำสมการดัชนีพลังงานของโรงงาน (Energy Equation) เพื่อให้ทราบถึงการใช้พลังงานที่ผ่านมาว่าเป็นปกติ หรือไม่เป็นปกติ ถ้าไม่เป็นปกติมีสาเหตุมาจากอะไรจะได้เข้าไปตรวจสอบแก้ไขได้ และสมการพลังงานยังช่วยพยากรณ์การใช้พลังงานในปีถัดไปได้ด้วย ถ้าปริมาณการผลิตมีความใกล้เคียงกับปีที่ใช้พยากรณ์

3.4 วิเคราะห์ข้อมูลจาก Energy Chart, Energy Layout และ Energy Equation

หลังจากจัดทำ Energy Chart และเข้าไปสำรวจเก็บข้อมูลภายในโรงงานแล้วเราสามารถวิเคราะห์ถึงความเหมาะสม ของการใช้พลังงาน การจัดการพลังงาน ต่างๆ ดังนี้

3.4.1 การนำพลังงานไปใช้ประโยชน์ (Energy Utilization)

3.6.1.1 วิเคราะห์ตัวแปรที่ควบคุมกระบวนการมีความเหมาะสมหรือไม่ เป็นค่าที่ต่ำที่สุดแล้วหรือยัง

3.6.1.2 วิเคราะห์ ว่ากระบวนการนำพลังงานไปใช้ทำอะไร มีวิธีการอื่นที่ทำงานได้เหมือนกันหรือไม่ แต่ยังคงคุณภาพเหมือนกันหรือใช้พลังงานน้อยลง

3.4.2 การวิเคราะห์ประเภทพลังงาน (Energy Type)

คือการวิเคราะห์ประเภทพลังงานที่ใช้ในกระบวนการว่ามีชนิดพลังงานอื่นที่มีประสิทธิภาพในการทำงานเท่ากัน ได้คุณภาพเท่ากัน แต่มีต้นทุนพลังงานต่ำกว่ามาทดแทน เช่น เตาอบไฟฟ้า ใช้พลังงานไฟฟ้าในการให้ความร้อนอาจพิจารณาการให้ความร้อนจากก๊าซหุงต้มหรือก๊าซธรรมชาติแทน ซึ่งมีต้นทุนพลังงานความร้อนต่อราคาต่ำกว่ามาก

3.4.3 การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงาน (Energy Potential)

คือ การวิเคราะห์ศักยภาพพลังงาน ณ.แหล่งกำเนิดพลังงาน (Original Energy Potential) เทียบกับระดับศักยภาพก่อนเข้ากระบวนการ (Process Input Energy Potential) และค่าตัวแปร กระบวนการ (Process parameters) ว่าสูงเกินความจำเป็นหรือไม่ ถ้าสูงเกินความจำเป็นก็ดำเนินการลดศักยภาพพลังงานลง

3.4.4 การนำพลังงานและทรัพยากรกลับมาใช้ใหม่ (Energy and Resource Recovery)

คือ การประเมินและวิเคราะห์โอกาสการนำพลังงานและทรัพยากรที่เหลือจากกระบวนการ เครื่องจักร หรือชิ้นงานกลับมาใช้ประโยชน์

3.4.5 **การวิเคราะห์การรักษาศักยภาพพลังงาน** (Energy Potential Preservation)

คือการประเมินและวิเคราะห์การรักษาศักยภาพพลังงาน โดยไม่ทำให้ศักยภาพพลังงานที่ผลิตมาใช้ประโยชน์สูญเสียศักยภาพพลังงานไป

3.5 การศึกษาแนวทางการจัดการและประหยัดพลังงาน

แนวทางการประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม แบ่งได้ตามระบบต่าง ๆ ดังนี้

ระบบปรับอากาศ ได้แก่ การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ การปรับตั้งเทอร์โมสแตทให้เหมาะสม การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง

ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ได้แก่ การใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง การใช้ Low Loss Ballast หรือ Electronic Ballast การใช้โคมไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง

หม้อแปลงไฟฟ้า ได้แก่ การปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม การปรับปรุงค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์

มอเตอร์ไฟฟ้า ได้แก่ การปรับความตึงสายพาน การใช้มอเตอร์ประสิทธิภาพสูง การใช้อุปกรณ์ควบคุมความเร็วมอเตอร์

3.5.1 **การประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์**

การประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนสำหรับมาตรการที่เสนอแนะนั้น จะใช้อัตราผลตอบแทนการลงทุน (Financial Internal Rate of Return, FIRR) และระยะเวลาคืนทุน (Simple Payback Period) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

3.5.2 **การจัดทำตารางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน**

จัดทำตารางการบำรุงรักษาประจำวัน และตามแผนตารางเวลาให้โรงงานตรวจสอบการทำความสะอาด การหล่อลื่น และการขันให้แน่น โดยจัดทำเป็นตารางตรวจสอบและมอบหมายหน้าที่ให้พนักงานปฏิบัติ

3.6 การจัดทำมาตรการและระเบียบวิธีปฏิบัติงานในการประหยัดพลังงาน

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจาก Energy Chart, Energy Layout และ Energy Equation และเข้าไปสำรวจเก็บข้อมูลการผลิตในโรงงาน เพื่อหาแนวทางจัดทำมาตรการและระเบียบวิธีปฏิบัติงานการประหยัดพลังงานได้ แล้วแจ้งให้พนักทุกคนได้รับทราบ และปฏิบัติให้เป็นไปในทิศทางเดียวกันทั้งองค์กร โดยให้พนักงานขององค์กรมีส่วนร่วมในการออกมาตรการและวิธีปฏิบัติด้วย

3.7 ปฏิบัติตามมาตรการ และระเบียบปฏิบัติ

กำหนดให้พนักงานในโรงงานดำเนินงานตามมาตรการและวิธีปฏิบัติงานตามนโยบายที่ผู้บริหารวางไว้อย่างเคร่งคัดโดยที่พนักงานมีส่วนรวมในการเสนอแนะ หรือแจ้งปัญหาในการปฏิบัติงานประหยัดพลังงาน หลังจากปฏิบัติงานจริง โดยมีผู้บริหารหรือผู้มีหน้าที่รับผิดชอบควบคุมดูแลให้เป็นไปตามมาตรการ และระเบียบปฏิบัติ (โดยมีระยะเวลาดำเนินการบริหารจัดการพลังงาน ตั้งแต่ 1 มกราคม พ.ศ. 2552 ถึง 31 สิงหาคม พ.ศ. 2552)

3.8 เก็บข้อมูลหลังปฏิบัติงาน

เก็บข้อมูลปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายพลังงาน เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายพลังงานที่เก็บไว้ก่อนการทำโครงงาน ว่ามีปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายพลังงานลดลงหรือไม่มากน้อยเพียงใด และเก็บปัญหาการปฏิบัติงานว่ามีปัญหาอะไรหรือไม่ เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น

3.9 การประเมินผล

3.9.1 โรงงานสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันได้ไม่น้อยกว่า 5%

3.9.2 ผู้ประกอบการ และพนักงานมีความพึงพอใจในปริมาณการใช้และค่าใช้จ่ายที่ลดลง โดยให้ผู้ประกอบการและพนักงานกรอกแบบสอบถามความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงาน ซึ่งค่าความพึงพอใจต้องไม่ต่ำกว่า 80%

บทที่ 4

ผลดำเนินงานวิจัย

4.1 การสำรวจสภาพเบื้องต้น

ชื่อวิสาหกิจ โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก

ประเภทโรงงาน อุตสาหกรรมขนาดย่อม

ปีที่ก่อตั้ง ปี พ.ศ. 2544

จำนวนพนักงาน ประจำ 50 คน

ผลิตภัณฑ์ 1. เสา วงบ่อ คอนกรีต อิฐบล็อก 2. คอนกรีตผสมเสร็จ และ 3. จำหน่ายวัสดุก่อสร้าง

โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต เช่น อิฐบล็อก ท่ออัดแรง เสา-วงบ่อ เป็นต้น เป็นโรงงานที่ประกอบธุรกิจวัสดุก่อสร้างครบวงจร จึงมีวัสดุก่อสร้างที่ต้องจัดซื้อเพื่อการจำหน่าย เช่น กระเบื้องปูพื้น สุขภัณฑ์ สีทาบ้าน บานประตูหน้าต่าง เป็นต้น มีข้อมูลการผลิต ดังตารางที่ 4.1 และเวลาการผลิต ดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลการผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์

ผลิตภัณฑ์หลัก	คอนกรีตผสมเสร็จ ผลิตภัณฑ์คอนกรีต
กำลังการผลิต	50,000 ตันต่อปี
ผลิตจริง	49,768 ตันต่อปี
วัตถุดิบหลัก	หิน ทราย ปูนซีเมนต์
วัตถุดิบรอง	น้ำบาดาล

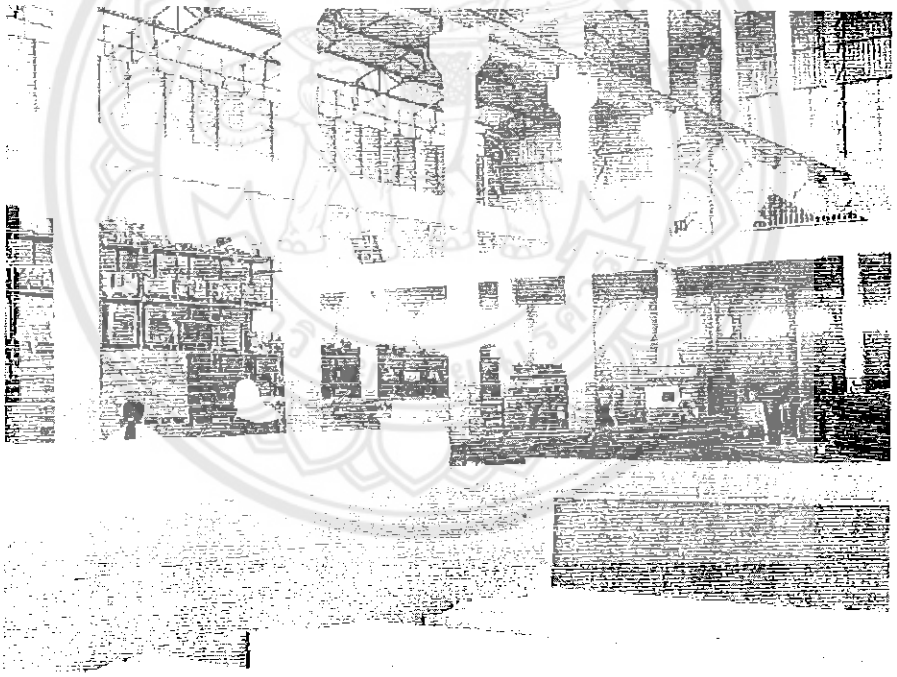
ตารางที่ 4.2 เวลาการผลิต

ฝ่าย	จำนวนวันทำงาน	จำนวนชั่วโมงทำงาน	จำนวนกะ
ผลิต	300	8	1
สำนักงาน	300	8	1

4.1.1 ข้อมูลแผนผังการผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์

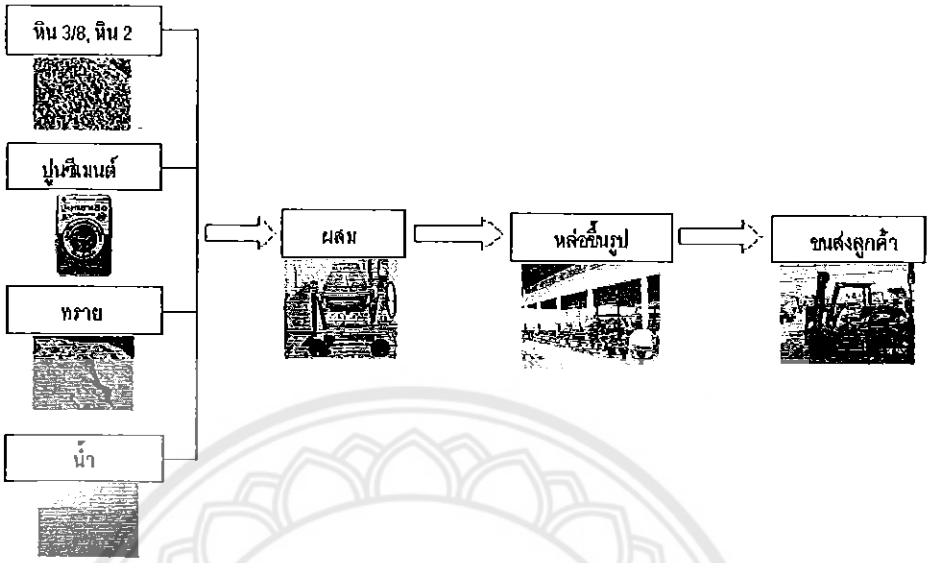
โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต เช่น อิฐบล็อก ท่ออัดแรง เสา-วงบ่อ เป็นต้น เป็นโรงงานที่ประกอบธุรกิจวัสดุก่อสร้างครบวงจร จึงมีวัสดุก่อสร้างที่ต้องจัดซื้อเพื่อการจำหน่าย เช่น หลอดไฟ กระเบื้อง และสุขภัณฑ์ เป็นต้น โรงงานไม่สามารถผลิตเองได้ มีขั้นตอนการจัดการแสดงอยู่ในแผนผังกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4.1

รูปที่ 4.1 แผนผังกระบวนการจัดซื้อและจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง

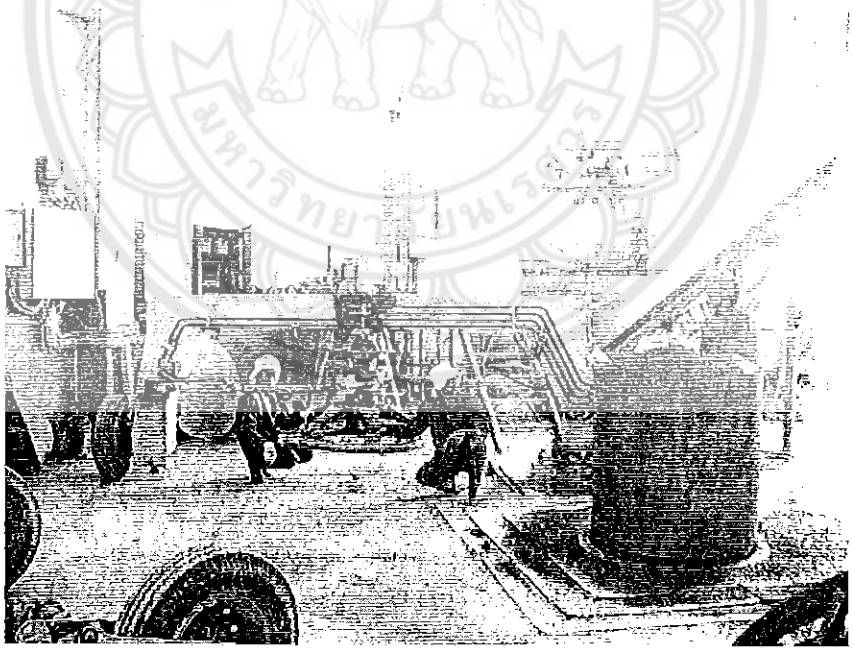


รูปที่ 4.2 บริเวณจัดเก็บวัสดุก่อสร้างเพื่อจำหน่าย

การผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ขึ้นรูปเป็นการนำ ผงซีเมนต์ น้ำ ทราย และหิน ในสัดส่วนที่เหมาะสมมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน เมื่อผสมได้ที่แล้วจะมีลักษณะเป็นของเหลวหนืด แล้วนำมาเทลงในแบบเพื่อขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เช่น เสา ว่งบ่อ ท่ออัดแรง เป็นต้น ซึ่งมีแบบขึ้นรูปหลายชนิด มีขั้นตอนการผลิตแสดงอยู่ในแผนผังกระบวนการผลิตดังรูปที่ 4.3

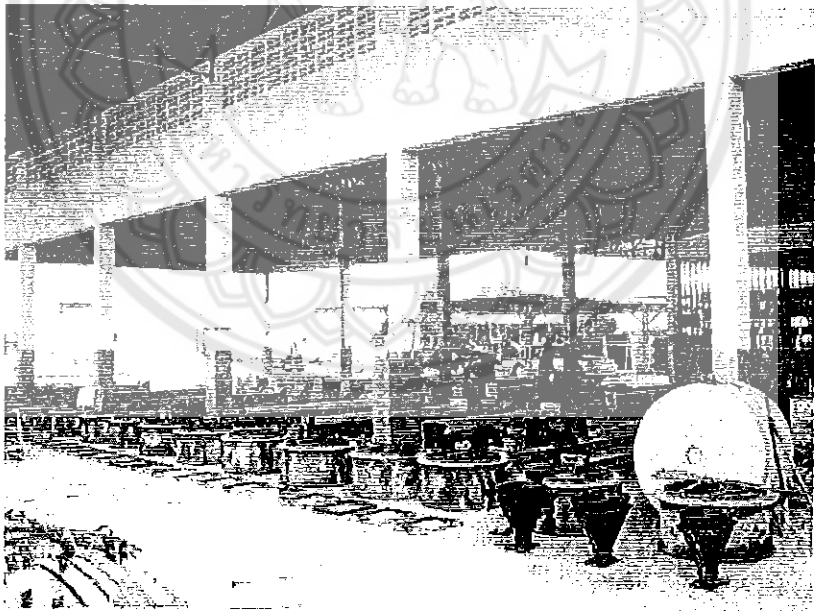


รูปที่ 4.3 แผนผังกระบวนการผลิต เสา วงบ่อ ท่ออัดแรง อิฐบล็อก



รูปที่ 4.4 การผลิตท่ออัดแรง

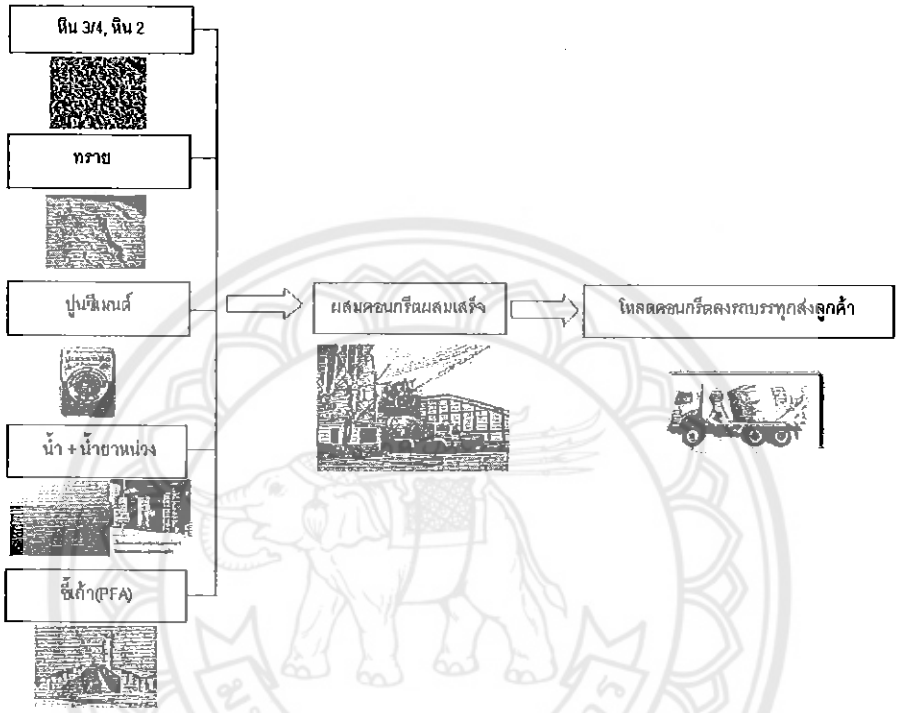
รูปที่ 4.5 การผลิตอิฐบล็อก



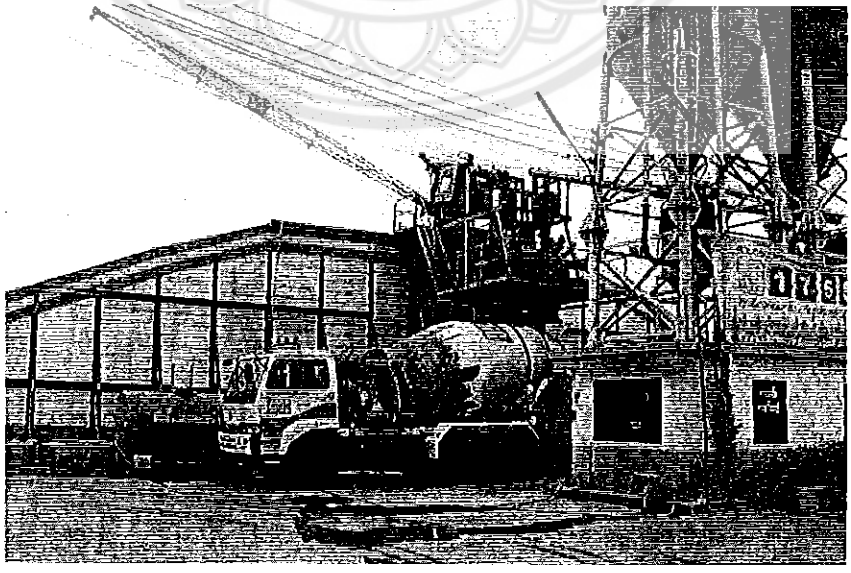
รูปที่ 4.6 การผลิตเสา-วงบ่อ

การผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ(CPAC) เป็นการนำ ซีเมนต์ผง น้ำ น้ำยาหน่วง ทราย หิน และขี้เถ้า (PFA) ในสัดส่วนที่เหมาะสมมาผสมคลุกเคล้าให้เข้ากัน เมื่อผสมได้ที่แล้วจะมีลักษณะ

เป็นของเหลวหนืด หลังจากนั้นบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จส่งให้กับลูกค้า มีขั้นตอนการผลิตแสดงอยู่ในแผนผังกระบวนการผลิตดังรูปที่ 4.7



รูปที่ 4.7 แผนผังกระบวนการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ



รูปที่ 4.8 บริเวณผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

4.2 การวางยุทธศาสตร์การจัดการพลังงาน

4.2.1 นโยบายการจัดการพลังงาน

4.2.1.1 มุ่งมั่นในการใช้พลังงานทุกประเภทที่นำมาใช้ในการผลิต และกิจกรรมทางธุรกิจต่างๆ อย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

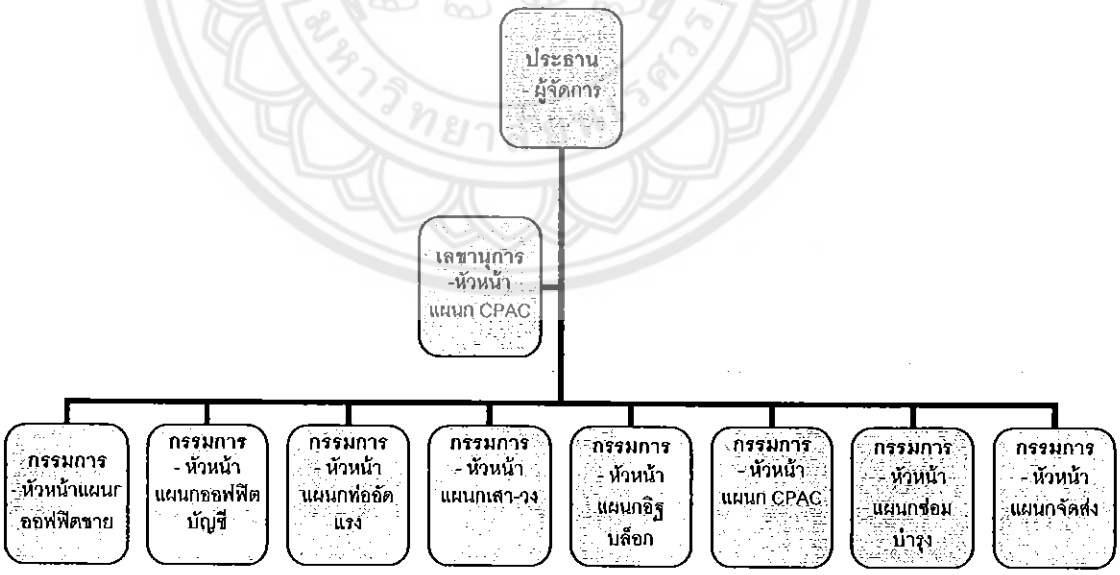
4.2.1.2 จัดให้มีคณะทำงานและกลุ่มกิจกรรมย่อยที่ตรวจสอบและพัฒนาการจัดการพลังงานภายในโรงงานอย่างเป็นรูปธรรม ปฏิบัติงานได้ชัดเจน

4.2.1.3 จัดให้มีการประชุม ทบทวน การจัดการเรื่องพลังงานเป็นประจำ อย่างน้อยเดือนละ 1 ครั้ง

4.2.1.4 กิจกรรมการจัดการพลังงานในโรงงานจะเน้นให้ทุคนมีส่วนร่วมเพื่อเป็นเวทีให้พนักงานทุกคนได้เสนอแนวความคิดและร่วมปฏิบัติการให้เป็นไปตามเป้าหมายร่วมกัน

4.2.2 คณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน

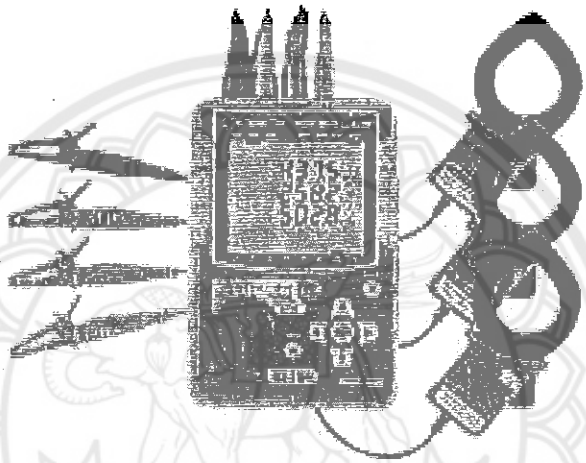
การจัดทำโครงการจัดการประหยัดพลังงานมีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่ง ที่จะต้องมีผู้ดูแลรับผิดชอบอย่างจริงจัง จึงต้องมีการจัดตั้งคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของโรงงานขึ้น ซึ่งมีโครงสร้างดังรูปที่ 4.9



รูปที่ 4.9 ผังโครงสร้างคณะกรรมการอนุรักษ์พลังงานของบริษัท

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลและตรวจสอบการใช้พลังงาน

จากการรวบรวมข้อมูลเบื้องต้นของระบบรวม ได้แก่ ใบเสร็จไฟฟ้า และใบเสร็จน้ำมันเชื้อเพลิง ที่แสดงถึงการใช้พลังงานในช่วง 1 ปีที่ผ่านมา การตรวจวัดลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงาน โดยการติดตั้งเครื่องมือวัด Power meter ดังรูปที่ 4.10 และบันทึกค่าพลังงานไฟฟ้า 3 เฟส โดยทำการตรวจวัดที่ตู้ไฟฟ้าหลักของโรงงาน



รูปที่ 4.10 เครื่องมือวัด Power meter

4.3.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก

จำนวนหม้อแปลง 1 ลูก

หม้อแปลงขนาด 250 kVA แรงดันไฟฟ้า 22 kV

ประเภทผู้ใช้ไฟ 3.2.2 อัตราตามช่วงเวลา TOU โดยซื้อไฟฟ้าจากการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

หมายเลขมิเตอร์ 16616034

พลังงานที่ใช้ 162,586.08 kWh/ปี

เทียบเท่าพลังงานความร้อน 2,216.33 GJ/ปี

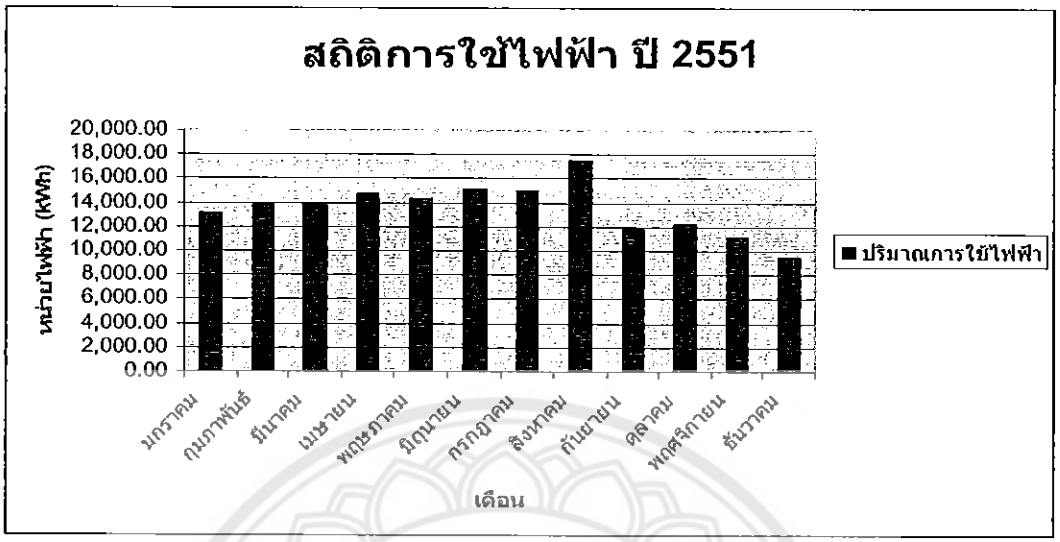
ค่าใช้จ่ายปริมาณพลังงานไฟฟ้า 591,940.70 บาท/ปี

ราคาพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3.52 บาท/kWh

การใช้ไฟฟ้าโดยทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรมเป็นการใช้ไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้(TOU) เป็นอัตราค่าไฟฟ้าที่กำหนดให้ราคาแตกต่างกันตามช่วงเวลา และราคาที่แตกต่างกันตามค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์) และค่าพลังงานไฟฟ้า(หน่วย) แตกต่างกันออกไป มีช่วงการใช้คือ วันจันทร์ -ศุกร์ 09.00 น. - 22.00 น. (On Peak) กับ วันจันทร์ - ศุกร์ 22.00 น. - 09.00 น.และวันเสาร์ วันอาทิตย์วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย) ทั้งวัน (Off-peak) ซึ่งการใช้ไฟฟ้าช่วงเวลา On Peak มีอัตราค่าไฟฟ้าที่แพงกว่าช่วงเวลา Off-peak การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ เครื่องจักรหลักที่ใช้ในการผลิตกว่า 90% เป็นมอเตอร์ไฟฟ้า พนักงานทำงานตอนกลางวันตั้งแต่เวลา 8.30-17.00 น. (On-peak) ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ระหว่างเดือนมกราคม – ธันวาคม 2551 ของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก

เดือน/ปี	พลังงานไฟฟ้า			รวม
	On-peak (kWh)	Off-peak (kWh)	รวม (kWh)	จำนวนเงิน (บาท)
มกราคม	13,146.58	-	13,146.58	46,796.09
กุมภาพันธ์	13,824.67	-	13,824.67	50,594.03
มีนาคม	14,005.01	-	14,005.01	51,805.95
เมษายน	14,766.34	-	14,766.34	54,457.16
พฤษภาคม	14,381.19	-	14,381.19	51,544.07
มิถุนายน	15,080.49	-	15,080.49	53,902.69
กรกฎาคม	15,056.54	-	15,056.54	52,868.26
สิงหาคม	17,443.63	-	17,443.63	62,164.24
กันยายน	11,979.69	-	11,979.69	44,147.60
ตุลาคม	12,199.21	-	12,199.21	46,088.16
พฤศจิกายน	11,228.16	-	11,228.16	41,968.70
ธันวาคม	9,474.57	-	9,474.57	35,603.72
รวม	162,586.08	-	162,586.08	591,940.70
เฉลี่ย/เดือน	13,548.84	-	13,548.84	49,328.39



รูปที่ 4.11 กราฟสถิติการใช้ไฟฟ้า ปี 2551

4.3.2 ข้อมูลการใช้พลังงานเชื้อเพลิงของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก

ชนิดเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล

ปริมาณเชื้อเพลิงเฉลี่ย 128,465.44 ลิตร/ปี

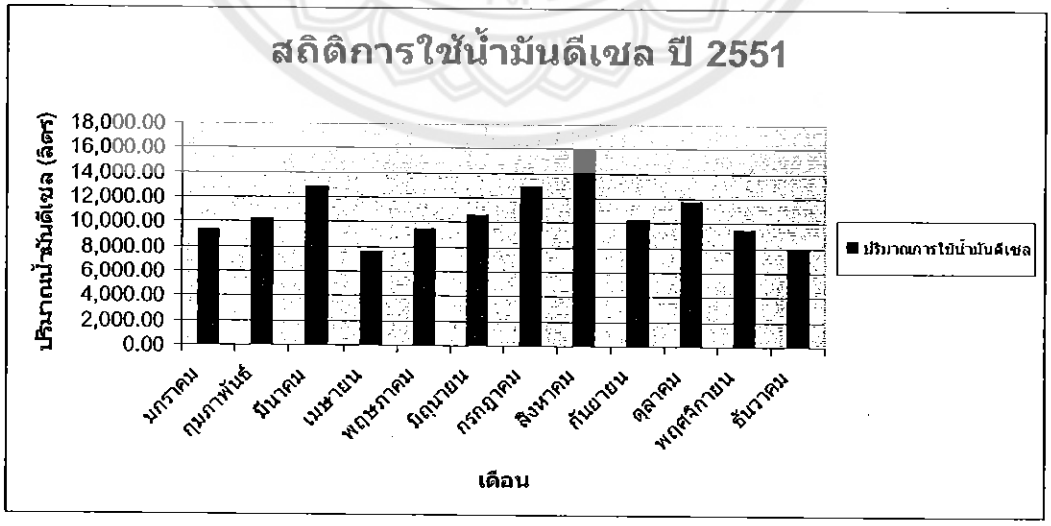
เทียบเท่าพลังงานความร้อน 3,620.67 GJ/ปี

ค่าใช้จ่ายปริมาณเชื้อเพลิง 4,379,910 บาท/ปี

การผลิตของโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์มีการใช้ รถตัก รถโฟคลิฟ รถดรั๊มเปอร์ รถหกล้อ และรถสิบล้อ ในการสนับสนุนการผลิตและบรรทุกสินค้าส่งลูกค้า รถทั้งหมดนี้ใช้น้ำมันดีเซลเป็นเชื้อเพลิงในการขับเคลื่อน ซึ่งมีปริมาณการใช้ ดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ปริมาณการใช้พลังงานเชื้อเพลิง เดือน มกราคม 2551 – ธันวาคม 2551

เดือน/ปี	ชนิดเชื้อเพลิง น้ำมันดีเซล อุปกรณ์ที่ใช้ รถบรรทุกคอนกรีต		รวมค่าใช้จ่าย(บาท)
	ปริมาณ (ลิตร)	ค่าใช้จ่าย (บาท)	
มกราคม	9,373.27	305,805	305,805
กุมภาพันธ์	10,072.59	380,810	380,810
มีนาคม	11,808.01	422,142	422,142
เมษายน	7,619.91	268,991	268,991
พฤษภาคม	9,504.93	469,472	469,472
มิถุนายน	10,649.36	467,091	467,091
กรกฎาคม	12,889.45	467,091	467,091
สิงหาคม	15,869.49	624,251	624,251
กันยายน	9,294.12	336,086	336,086
ตุลาคม	9,712.37	312,177	312,177
พฤศจิกายน	9,489.41	287,650	287,650
ธันวาคม	7,982.53	239,455	239,455
รวม	124,265.44	4,753,488	4,753,488
เฉลี่ย/เดือน	10,355.45	396,124	396,124

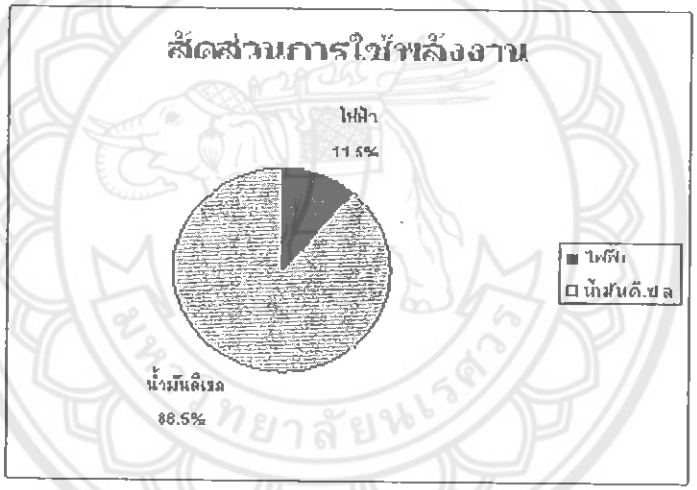


รูปที่ 4.12 กราฟสถิติการใช้น้ำมันดีเซล ปี 2551

จากตารางที่ 4.3 และ 4.4 สามารถหาพลังงานความร้อนรวมใน 1 ปี ของไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลได้ ดังตารางที่ 4.5 และหาสัดส่วนการใช้พลังงานของทั้ง 2 ชนิดได้ ดังรูปที่ 4.13

ตารางที่ 4.5 การใช้พลังงานรวม

ชนิดพลังงาน	ปริมาณ	ค่าความร้อน (MJ)	ร้อยละ
ไฟฟ้า (kWh)	162,586.08	585,309.9	11.5
น้ำมันดีเซล (ลิตร)	124,265.44	4,523,262	88.5
รวม	-	5,108,572	100



รูปที่ 4.13 กราฟสัดส่วนการใช้พลังงาน

4.4 การศึกษาค่าดัชนีการใช้พลังงาน

4.4.1 การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจากปริมาณการใช้พลังงานในอดีต

การหาค่าดัชนีการใช้พลังงานวิธีนี้เป็นการหาค่าดัชนีการใช้พลังงานจากการศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า และน้ำมันดีเซล ในแต่ละเดือนโดยแบ่งเป็นช่วงก่อนทำการศึกษา (มกราคม – ธันวาคม 2551) ดังตารางที่ 4.6 และช่วงทำการศึกษา(มกราคม – สิงหาคม 2552) แล้วนำค่าดัชนีการใช้พลังงานของทั้ง 2 ช่วงมาหาเปอร์เซ็นต์การลดลงของการใช้พลังงาน

ตารางที่ 4.6 ดัชนีชี้วัดก่อนการทำโครงงาน

เดือน/ปี	ผลผลิตต่อเดือน	ปริมาณการใช้พลังงาน				ดัชนีการใช้พลังงาน				
		ไฟฟ้า		น้ำมันดีเซล		ไฟฟ้า		น้ำมันดีเซล		รวม
		kWh	MJ	ลิตร	MJ	kWh/หน่วย	MJ/หน่วย	ลิตร/หน่วย	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย
มกราคม	3,335.56	13,146.58	47,327.69	9,373.27	341,187.03	3.94	14.19	2.81	102.29	116.48
กุมภาพันธ์	3,335.98	13,824.67	49,768.81	10,072.59	366,642.28	4.14	14.92	3.02	109.91	124.82
มีนาคม	4,749.88	14,005.01	50,418.04	11,808.01	429,811.56	2.95	10.61	2.49	90.49	101.10
เมษายน	2,992.69	14,766.34	53,158.82	7,619.91	277,364.72	4.93	17.76	2.55	92.68	110.44
พฤษภาคม	3,703.02	14,381.19	51,772.28	9,504.93	345,979.45	3.88	13.98	2.57	93.43	107.41
มิถุนายน	3,629.35	15,080.49	54,289.76	10,649.36	387,636.70	4.16	14.96	2.93	106.81	121.76
กรกฎาคม	5,992.09	15,056.54	54,203.54	12,889.45	469,175.98	2.51	9.05	2.15	78.30	87.35
สิงหาคม	7,742.25	17,443.63	62,797.07	15,869.49	577,649.44	2.25	8.11	2.05	74.61	82.72
กันยายน	3,953.67	11,979.69	43,126.88	9,294.12	338,305.97	3.03	10.91	2.35	85.57	96.48
ตุลาคม	3,426.26	12,199.21	43,917.16	9,712.37	353,530.27	3.56	12.82	2.83	103.18	116.00
พฤศจิกายน	3,547.54	11,228.16	40,421.38	9,489.41	345,414.52	3.17	11.39	2.67	97.37	108.76
ธันวาคม	3,360.45	9,474.57	34,108.45	7,982.53	290,564.09	2.82	10.15	2.38	86.47	96.62
รวม	49,768.74	162,586.08	585,309.89	124,265.44	4,523,262.02	41.35	148.85	30.80	1,121.09	1,269.94
สูงสุด	7,742.25	17,443.63	62,797.07	15,869.49	577,649.44	4.93	17.76	3.02	109.91	124.82
ต่ำสุด	2,992.69	9,474.57	34,108.45	7,619.91	277,364.72	2.25	8.11	2.05	74.61	82.72
เฉลี่ย	4,147.40	13,548.84	48,775.82	10,355.45	376,938.50	3.45	12.40	2.57	93.42	105.83

4.5 การจัดทำบัญชีเครื่องจักร, Energy Chart, Energy Layout และ Energy Equation

นำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจอุปกรณ์และเครื่องจักรที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและน้ำมันเชื้อเพลิง นำมาจัดทำตารางดังนี้

4.5.1 บัญชีเครื่องจักร

การจัดทำบัญชีเครื่องจักรเพื่อให้ทราบว่าภายในโรงงานมีเครื่องจักรกี่ชนิด จำนวนกี่เครื่อง และมีขนาดเท่าไหร่ เพื่อความสะดวกในการเก็บข้อมูลการตรวจวัด และการซ่อมบำรุง ดังตารางที่ 4.7

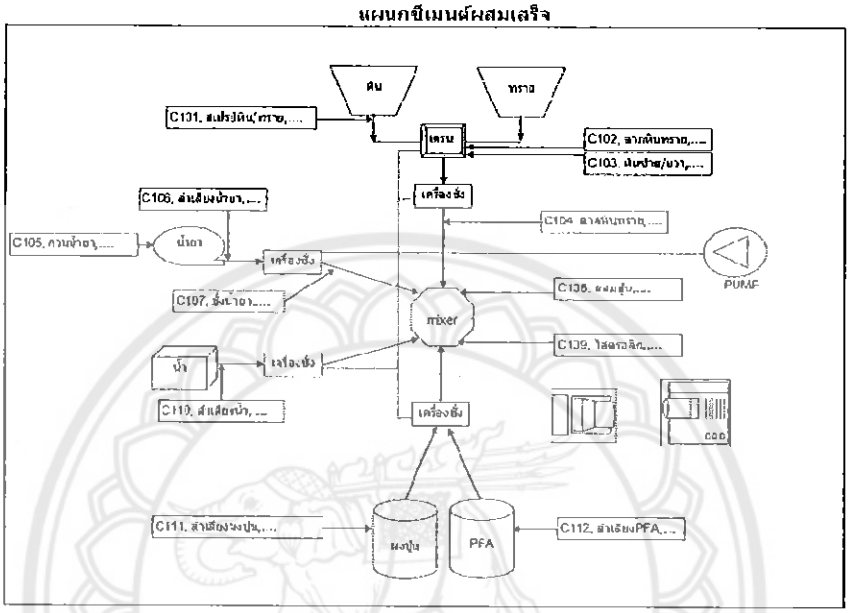
ตารางที่ 4.7 อุปกรณ์และเครื่องจักรในสายการผลิต

รหัส	รายการเครื่องจักร	ขนาด	หน่วย	จำนวน
C100	แผนก CPAC			
C101	ควบคุมอุณหภูมิหิน	0.5	HP	1
C102	ลากหินทราย	10	HP	1
C103	หันซ้ายขวาในการโกยหิน	0.5	HP	1
C104	ระบบไฮดรอลิก	5.4	HP	1
C105	กวนน้ำยา	0.5	HP	1
C106	ลำเลียงน้ำยาไปชั่ง	0.5	HP	1
C107	ส่งน้ำยาไปผสม	0.5	HP	1
C108	กวนส่วนผสมปูน	50	HP	1
C109	ระบบไฮดรอลิก	5.4	HP	1
C110	ลำเลียงน้ำไปชั่ง	2	HP	1
C111	ลำเลียงผงปูนไปชั่ง	7.4	HP	1
C112	ลำเลียง PFA ไปชั่ง	7.4	HP	1
C113	ปั๊มลม	4.5	HP	1
CO101	ควบคุมระบบการผลิต	0.37	HP	1
CO102	พิมพ์เอกสารให้ลูกค้า	0.037	HP	1
CO103	ทำความเย็นสำหรับตู้ควบคุม	2.2	HP	1

(บัญชีเครื่องจักรแผนกอื่นๆ มีต่อในภาคผนวก ก)

4.5.2 Energy Layout

การจัดทำ Energy Layout เพื่อวิเคราะห์ ลักษณะ รูปแบบการส่งถ่ายพลังงานกระบวนการผลิต ดังรูปที่ 4.14



รูปที่ 4.14 การจัดทำ Energy Layout แผนก CPAC

(Energy Layout แผนกอื่นๆ มีต่อในภาคผนวก ก)

4.5.3 Energy Chart

การจัดทำ Energy Chart เพื่อเป็นการแสดงให้เห็นถึงการใช้พลังงานในทุกกระบวนการตั้งแต่ เริ่มรับวัตถุดิบ ผ่านเข้าสู่กระบวนการ ดำเนินการแปรรูป เคลื่อนย้าย และกระบวนการต่อๆ ไป จนเป็นสินค้าสำเร็จรูป และการจัดส่ง ซึ่งข้อมูลในตารางประกอบด้วย

4.5.3.1 Process บันทึกข้อมูล ชื่อขั้นตอนกระบวนการ ตั้งแต่กระบวนการรับวัตถุดิบจนถึงผลิตเป็นสินค้าสำเร็จรูป และจัดส่ง

4.5.3.2 Original Energy Potential บันทึก แหล่งพลังงาน ขนาดของเครื่องกำเนิดและศักยภาพพลังงานที่แหล่งกำเนิดพลังงาน ผลิตให้แต่ละกระบวนการ เช่น

1. กระบวนการ ใช้พลังงานไฟฟ้า ก็มีหม้อแปลงไฟฟ้าเป็นแหล่งพลังงาน บอกขนาดหม้อแปลง และวัด ช่วงค่าแรงดันหลังหม้อแปลงจริง เช่น 250 kVA ค่าแรงดันไฟฟ้าหลังหม้อแปลง 385-390 V เป็น Original Energy Potential เป็นข้อมูลที่สำคัญ ที่ต้องจัดทำเพื่อประโยชน์ในการวิเคราะห์

2. กระบวนการใช้พลังงานลม บอกขนาดเครื่องอัดอากาศ และวัดค่า ช่วงความดัน การตัดต่อ เช่น ความดัน 6-8 bar ค่า ความดันลม 6-8 bar เป็น Original Energy Potential เป็นข้อมูลที่สำคัญเช่นกัน

4.5.3.3 Process Input Energy Potential บันทึกระดับศักยภาพพลังงานที่ ป้อนให้แต่ละกระบวนการ หรือค่าควบคุมที่กระบวนการต้องการ เช่น

1. กระบวนการลำเลียงผงซีเมนต์ ใช้พลังงานไฟฟ้า มีระดับแรงดันไฟฟ้า หน้าเครื่องจักร 385-390 v

2. กระบวนการลำเลียงผงซีเมนต์ ใช้พลังงานลม มีการควบคุม ความดันลมเข้ากระบวนการ ที่ 5 bar

4.5.3.4 Energy Utilization บันทึกข้อมูลพลังงานที่ป้อนเข้ากระบวนการ แต่ละประเภทของพลังงาน ได้นำไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง และมีการนำไปควบคุมตัวแปรกระบวนการอะไร ที่ค่าเท่าใด เช่น

1. กระบวนการลำเลียงผงซีเมนต์ ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 15 kW แต่ค่าที่ใช้พลังงานจริง 12 kW เพื่อขับผงซีเมนต์เข้าเครื่องชั่ง

2. กระบวนการลากหิน ลากทราย ใช้พลังงานลมขับเคลื่อนไฮดรอลิก

4.5.3.5 Process Residual Energy บันทึก ข้อมูล ระดับศักยภาพพลังงานที่ เหลือจากกระบวนการ

4.5.3.6 Machine and Product Residual Energy Potential บันทึก ข้อมูล ระดับอุณหภูมิ เครื่องจักร หรือ ชิ้นงานที่ออกจากกระบวนการ เช่น กระบวนการลำเลียงผงซีเมนต์ อุณหภูมิมอเตอร์ 41 องศาเซลเซียส ดังตารางที่ 4.8

ตารางที่ 4.8 Energy chart **แผนก** CPAC

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
1. ลำเลียงผงปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 7.5 Hp เพื่อลำเลียงผงปูนเข้าเครื่องชั่ง	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 41 องศาเซลเซียล
2. ลำเลียง PFA	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 7.5 Hp เพื่อลำเลียง PFAเข้าเครื่องชั่ง	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล
3. ลากหิน/ทราย	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์เครน ขนาด 10 Hp เพื่อใช้ในการลากหินและทราย	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 41 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์สวิงเครน ขนาด 2 Hp เพื่อใช้ในการเปลี่ยนทิศทางของเครนซ้าย/ขวา	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 40 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 1 Hp ฉีดละอองน้ำให้กับหินและทราย	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 44 องศาเซลเซียล

ตารางที่ 4.8(ต่อ) Energy chart **แผนก** CPAC

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
4. การใช้ลมอัด	-ปั๊มลม 5 Hp ผลิตลมอัดความดัน 6-8 bar	-ความดันลมเข้ากระบวนการ ที่ 5 bar	-ใช้พลังงานลม ขับเคลื่อนไฮดรอลิก, ส่งน้ำยาไปที Mixer, ชั่งน้ำ, ชั่งผงปูน, ชั่ง PFA	-	-
5. ผสมปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ปูน 50 Hp เพื่อใช้ในการผสมปูน	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 45 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ไฮโดรลิค 2 Hp เพื่อใช้ในการเปิด/ปิดการปล่อยปูนลงรถ	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 0.5 Hp เพื่อใช้ในการลำเลียงน้ำยาเข้าเครื่องชั่ง	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล

ตารางที่ 4.8(ต่อ) Energy chart แผนก CPAC

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์น้ำยาตัวล้าง ขนาด 0.5 Hp เพื่อใช้ในการลำเลียงน้ำยาที่ชั่งแล้วไปผสมที่เครื่อง Mixer	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 46 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์น้ำขนาด 5 Hp เพื่อใช้ในการลำเลียงน้ำเข้าเครื่องชั่ง	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 48 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 10 Hp เพื่อใช้ในการลำเลียงหิน/ทรายที่ชั่งแล้วไปผสมที่เครื่อง Mixer	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 42 องศาเซลเซียล
6. จัดส่ง	-รถโม่ขนาด 320 Hp	-ใช้น้ำมัน 29 ลิตร	-ใช้ในการลำเลียงปูนผสมเสร็จไปส่งให้ลูกค้า	-	

4.5.4 สมการพลังงาน (Energy Equation)

4.5.4.1 พลังงานไฟฟ้าสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้พลังงานและอัตราการผลิตของโรงงานก่อนการดำเนินโครงงาน (มกราคม – ธันวาคม 2551) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งได้สมการดังนี้

ไฟฟ้ารวม(หน่วย) = 5798 + 0.1 เสา-วง + 6.08 อิฐบล็อก + 7.85 ท่ออัดแรง+ 0.482 CPAC (4.1)

สมการพลังงานจะแสดงถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตคอนกรีตรวมที่ผลิตได้ โดยสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้พลังงาน และอัตราการผลิตของโรงงานโดยพบว่า จากสมการถดถอยสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ค่า R-Sq = 82.8% และ P value = 0.008 ซึ่งแสดงว่าสมการพลังงานที่ได้มีความน่าเชื่อถือได้ (ค่า R-Sq > 80% ยิ่งดี ค่า P value < 0.05) เมื่อได้สมการที่ (4.1) แล้ว ก็จะเก็บข้อมูลของการใช้ไฟฟ้า และอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงงาน(มกราคม – สิงหาคม 2552) โดยนำอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงงาน มาแทนค่าลงในสมการพลังงานที่ (4.1) เพื่อหาแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของปี 2552 ต่อไป

4.5.4.2 น้ำมันเชื้อเพลิงสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซลและอัตราการผลิตของโรงงานก่อนการดำเนินโครงงาน (มกราคม – ธันวาคม 2551) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติซึ่งได้สมการดังนี้

น้ำมัน(ลิตร) = 2841 - 1.14 เสา-วง + 3.58 อิฐบล็อก + 2.01 ท่ออัดแรง + 1.56 CPAC (4.2)

สมการพลังงานจะแสดงถึงการใช้น้ำมันดีเซลภายในโรงงานขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตคอนกรีตรวมที่ผลิต โดยสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซลและอัตราการผลิตของโรงงานโดยพบว่า จากสมการถดถอยสำหรับการใช้น้ำมันดีเซลได้ค่า R-Sq = 92.1% และ P value = 0.001 ซึ่งแสดงว่าสมการพลังงานที่ได้มีความน่าเชื่อถือได้ (ค่า R-Sq > 80% ยิ่งดี ค่า P value < 0.05) เมื่อได้สมการที่ (4.2) แล้ว ก็จะเก็บข้อมูลของการใช้น้ำมันดีเซลและอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงงาน (มกราคม – สิงหาคม 2552) โดยนำอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงงาน มาแทนค่าลงในสมการพลังงานที่ (4.2) เพื่อหาแนวโน้มการใช้พลังงานของปี 2552 ต่อไป

4.6 วิเคราะห์ข้อมูลจาก Energy Chart, Energy Layout และ Energy Equation

หลังจากจัดทำ Energy Chart และเข้าสำรวจการทำการผลิตภายในโรงงานแล้ว สามารถวิเคราะห์ถึงความเหมาะสมของการใช้พลังงาน การจัดการพลังงาน ต่างๆ ดังนี้

4.6.1 เครื่องผสมซีเมนต์

จากที่ได้เข้าไปสำรวจการทำการผลิตภายในโรงงานแล้ว ก็พบปัญหาการเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องผสมซีมเนต์ เครื่องผสมซีเมนต์ที่ใช้งานอยู่ 3 เครื่อง การทำงานผสมคอนกรีตเพื่อหล่อเสา หล่อวงบ่อ เมื่อใช้ทำงานผสมคอนกรีตจนได้ส่วนผสมแล้ว จะเทใส่รถบรรทุกไปเทในแบบ ซึ่งระหว่างนั้นเครื่องผสมซีเมนต์จะเดินเครื่องตัวเปล่าอยู่รอจนกว่าจะมีการผสมคอนกรีตสำหรับใช้งานอีกครั้ง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าโดยเปล่าประโยชน์ หากสามารถลดการเดินเครื่องตัวเปล่าลงได้ก็จะสามารถประหยัดพลังงานได้ ดังนั้นแนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง คือ การออกมาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าเครื่องผสมซีเมนต์ (หน้า 78) ให้กับโรงงานเพื่อนำไปปฏิบัติ

4.6.2 บัลลาสต์

จากที่ได้จัดทำตาราง Energy chart (หน้า 131) ทำการวิเคราะห์ตาราง Energy chart และการเข้าไปสำรวจภายในโรงงานแล้ว ก็พบปัญหาของบัลลาสต์ หรือตัวควบคุมแหล่งจ่ายพลังงานให้กับหลอดฟลูออเรสเซนส์ ที่โรงงานติดตั้งอยู่นั้นเป็นบัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก ซึ่งมีพลังงานสูญเสียประมาณตัวละ 10 W มีจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนส์ทั้งสิ้น 152 หลอด หากเปลี่ยนมาใช้บัลลาสส์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์แล้ว จะสิ้นเปลืองพลังงานประมาณตัวละ 4 W ซึ่งสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้มาก ดังนั้นแนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง คือ การออกมาตรการเปลี่ยนบัลลาสส์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดอิเล็กทรอนิกส์ (หน้า 81) ให้กับโรงงานเพื่อนำไปปฏิบัติ

4.6.3 เครื่องปรับอากาศ

จากการสำรวจตรวจสอบภายในโรงงาน มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศไว้ใช้งาน 5 ชุด ขนาด12,000 BTU จำนวน 2 ชุด ขนาด 36,000 BTU จำนวน 2 ชุด และขนาด 18,000 BTU จำนวน 1 ชุด การใช้งานโดยปกติเปิดเครื่องปรับอากาศทำงานวันละ 7 ชั่วโมง จากการตรวจสอบสภาพ Coil เย็นและ Coil ร้อน ของเครื่องปรับอากาศ พบว่ามีฝุ่นเกาะติดครีบเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคทำให้การส่งผ่านความเย็นและระบายความร้อนไม่ดี ทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ซึ่งหากล้างทำความสะอาดจะสามารถลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าลงได้ ดังนั้นแนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง คือ การออกมาตรการล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อน เครื่องปรับอากาศสำนักงานจำนวน 5 ชุด (หน้า 83) ให้กับโรงงานเพื่อนำไปปฏิบัติ

4.6.4 **มอเตอร์**

หลังจากที่ได้จัดทำตาราง Energy chart (หน้า 130) ทำการวิเคราะห์ตาราง Energy chart และการเข้าไปสำรวจภายในโรงงานแล้ว จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความร้อนแบบอินฟาร์เรส พบว่ามีมอเตอร์หลายตัวที่อุณหภูมิที่ผิวภายนอกสูงเกินกว่า 55 °C บางตัวของมอเตอร์มีอุณหภูมิสูงถึง 85 °C (แผนกอิฐบล็อก) ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้ามากกว่าปกติ สาเหตุการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า เนื่องจากมอเตอร์มีฝุ่นไปจับที่ร่องครีบของโครงมอเตอร์ส่งผลให้การระบายความร้อนไม่ดี ใบพัดลมหายไป ไม่มีโครงครอบใบพัดลม และที่ผิวมีฝุ่นละอองจับหนา อาการเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิของขดลวดสูงขึ้น ซึ่งกระทบไปถึงการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยปกติอุณหภูมิที่ผิวภายนอกจะสูงประมาณ 48-55 °C เท่านั้น ดังนั้นแนวทางการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง คือ การออกมาตรการลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์ (หน้า 84) ให้กับโรงงานเพื่อนำไปปฏิบัติ

4.6.5 **รถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จ** (CPAC)

จากการสำรวจและเก็บข้อมูลภายในโรงงานกับพนักงานขับ พบว่าการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จ (CPAC) จากโรงงานผลิตไปยังลูกค้า ระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20 กิโลเมตร ขณะนำรถบรรทุกขนส่งสินค้าให้กับลูกค้านั้นจะต้องจอดรถรอส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า พบปัญหา 2 กรณี ดังนี้ 1. เนื่องจากลูกค้ายังไม่พร้อมที่จะรับมอบคอนกรีตผสมเสร็จ หรือภาชนะบรรจุคอนกรีตผสมเสร็จมีขนาดเล็ก และมีจำนวนไม่พอเพียง คนงานไม่พร้อม เป็นต้น ประมาณ 5-10 นาที/คัน/เที่ยว และระหว่างจอดรอรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จมีความจำเป็นจะต้องหมุนถังบรรจุคอนกรีตผสมเสร็จ เพื่อมิให้คอนกรีตผสมเสร็จเกิดการแข็งตัว และส่วนผสมที่มีน้ำหนักมากลงไปกองอยู่บริเวณก้นถัง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นแนวทางการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลง คือ การออกมาตรการลดเวลารอคอยการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า (ระยะเวลารอคอยประมาณ 5-10 นาที) (หน้า 87) ให้กับโรงงานเพื่อนำไปปฏิบัติ 2. การขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จ (CPAC) จากโรงงานผลิตไปยังลูกค้านั้น จากการสำรวจพบว่าในหนึ่งเดือนจะมีการจอดรถรอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จ เนื่องจากบริเวณที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อมที่จะเทคอนกรีตผสมเสร็จประมาณ 3 ครั้งต่อรถบรรทุก 1คัน โดยจะเสียเวลารอคอยครั้งละประมาณ 1 ชั่วโมง ระหว่างที่รอคอยต้องหมุนถังบรรจุคอนกรีตผสมเสร็จด้วย เพื่อป้องกันการแข็งตัวของคอนกรีตผสมเสร็จ และส่วนผสมที่มีน้ำหนักมากลงไปกองอยู่ที่บริเวณก้นถัง ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิงโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นแนวทางการลดการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงลง คือ การออกมาตรการลดเวลารอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม(ระยะเวลารอคอยประมาณ 1 ชั่วโมง) (หน้า 91) ให้กับโรงงานเพื่อนำไปปฏิบัติ

4.7 แนวทางการจัดการและการประหยัดพลังงาน

แนวทางการจัดการและการประหยัดพลังงานในโรงงาน แบ่งได้ตามระบบต่าง ๆ ดังนี้

- ระบบปรับอากาศ ได้แก่ การบำรุงรักษาเครื่องปรับอากาศ การใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง
- ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ได้แก่ การใช้หลอดไฟฟ้าประสิทธิภาพสูง การใช้ Electronic Ballast
- หม้อแปลงไฟฟ้า ได้แก่ การปรับแรงดันไฟฟ้าให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม
- มอเตอร์ไฟฟ้า ได้แก่ การปรับความตึงสายพาน การบำรุงรักษามอเตอร์

ซึ่งมาตรการการประหยัดพลังงานที่ได้ทำการวิเคราะห์ และออกเป็นมาตรการให้กับโรงงานผลิตผลิตซีเมนต์ โดยมีการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อช่วยให้ผู้บริหารสามารถตัดสินใจที่จะดำเนินการตามมาตรการนั้นๆ ได้ง่ายขึ้น เพื่อเป็นการลดต้นทุนการผลิตลง โดยการลดการใช้พลังงานลงมีมาตรการดังนี้

4.7.1 มาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าเครื่องผสมซีเมนต์

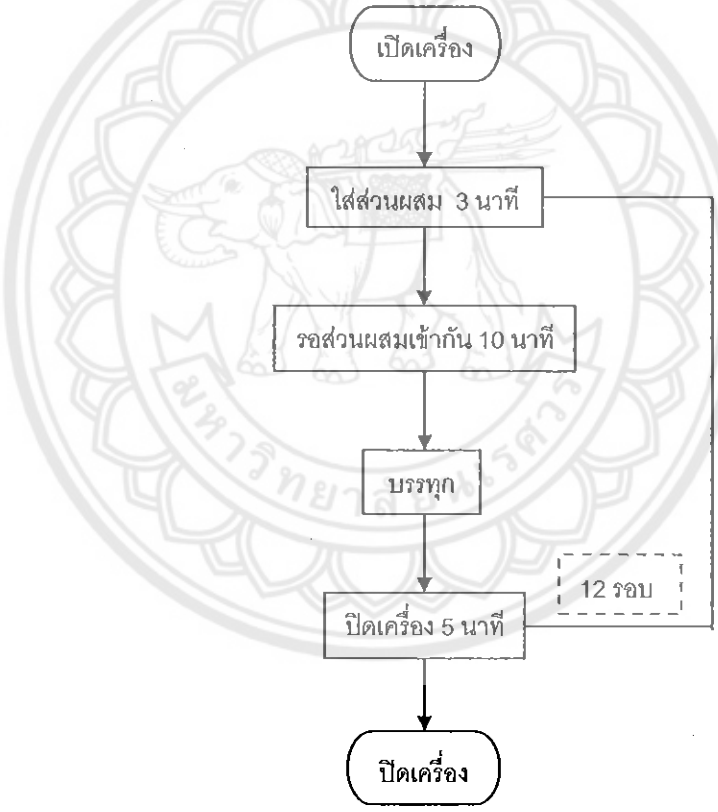
เครื่องผสมซีเมนต์ของโรงงานมีการใช้งานด้วยกัน 3 เครื่อง แต่ละเครื่องใช้มอเตอร์ 3 phase แบบกรงกระรอก ขนาด 2 แรงม้า การทำงานผสมซีเมนต์เพื่อหล่อเสา วงบ่อ เป็นต้น เมื่อใช้ผสมซีเมนต์จนได้ส่วนผสมแล้ว จะใช้รถบรรทุกนำไปเทลงในแบบ ซึ่งระหว่างนั้นเครื่องผสมซีเมนต์จะเดินเครื่องตัวเปล่ารอจนกว่าจะมีการผสมซีเมนต์สำหรับใช้งานอีกครั้ง ดังนั้นหากสามารถลดการเดินเครื่องตัวเปล่าลงได้ ก็จะสามารถประหยัดพลังงานได้ จากการสังเกตการใช้งานของเครื่องผสมซีเมนต์พบว่าใน 1 วันใช้เครื่องผสมซีเมนต์เฉลี่ย 5 ชั่วโมงต่อเครื่อง และสามารถลดการเดินเครื่องตัวเปล่าได้เฉลี่ยเครื่องละ 20 นาที

ตารางที่ 4.9 ระยะเวลาการเดินเครื่องผสมซีเมนต์ตัวเปล่า

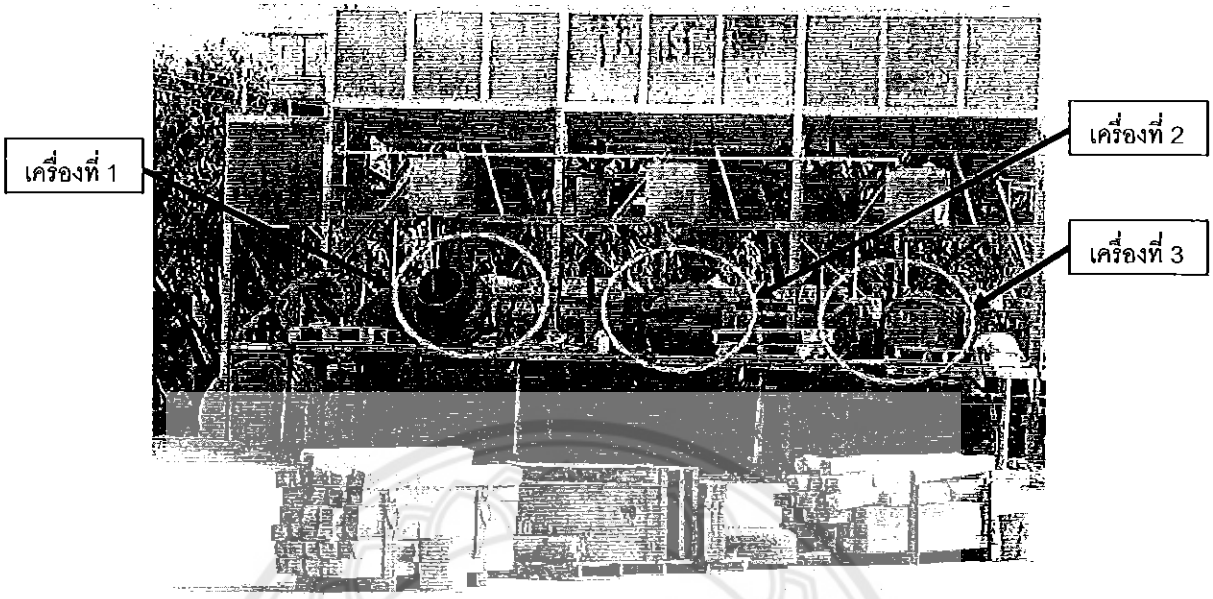
เครื่องตัวที่	ระยะเวลาเดินเครื่องตัวเปล่าเฉลี่ย(นาที)					
	5 ม.ค. 52	6 ม.ค.52	7 ม.ค. 52	8 ม.ค. 52	9 ม.ค. 52	10 ม.ค. 52
1	19	20	22	17	20	18
2	22	21	21	23	19	23
3	21	17	19	21	22	21
รวม	62	58	62	61	61	62
เฉลี่ย	20.67	19.33	20.67	20.33	20.33	20.67

ขั้นตอนการดำเนินมาตรการ

1. เปิดเครื่องผสมซีเมนต์
2. ใส่ส่วนผสม ได้แก่ หิน ทราย น้ำ ผงซีเมนต์ ใช้เวลาประมาณ 3 นาที
3. รอส่วนผสมทั้งหมดเข้ากันใช้เวลาประมาณ 10 นาที
4. บรรทุกโดยรถดั้มเปอร์ไปยังแผนกต่าง ๆ ใช้เวลาประมาณ 5 นาที
5. ปิดเครื่องผสมซีเมนต์เป็นเวลาประมาณ 5 นาที
6. ใน 1 วันจะทำตามขั้นตอนที่ 1-5 ประมาณ 12 รอบ



รูปที่ 4.15 Flow Chart ขั้นตอนการดำเนินมาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าเครื่องผสมซีเมนต์



รูปที่ 4.16 บริเวณที่ตั้งเครื่องผสมซีเมนต์

การคำนวณการประหยัดพลังงาน เครื่องผสมซีเมนต์ใช้มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า จำนวน 3 เครื่อง (1 แรงม้า = 0.746 kW ข้อมูลจาก http://www.furniline.com/articles_detail.php?id=2) เวลาที่ลดลงได้ 20 นาที/เครื่อง หรือ 1/3 ชั่วโมง/เครื่อง, 1 เดือนทำงาน 28 วัน, ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 3.52 บาท, ค่าความร้อนสุทธิไฟฟ้า 3.6 MJ/Unit (ข้อมูลจาก Energy Conservation : Department of Industrial Engineering, Naresuan University) สามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

ปริมาณไฟฟ้าที่ลดได้ดังนี้ = (2 แรงม้า x 3 เครื่อง) x 0.746 kW

= 4.5 kW

= (4.5 kW x1/3 ชม./เครื่อง x 28 วัน x 12 เดือน)

= 504 kW/ปี

คิดเป็นค่าพลังงานที่ลดได้ = 504 kW x 3.6 MJ/Unit

= 1,814.40 MJ

= 504 kW x 3.52 บาท

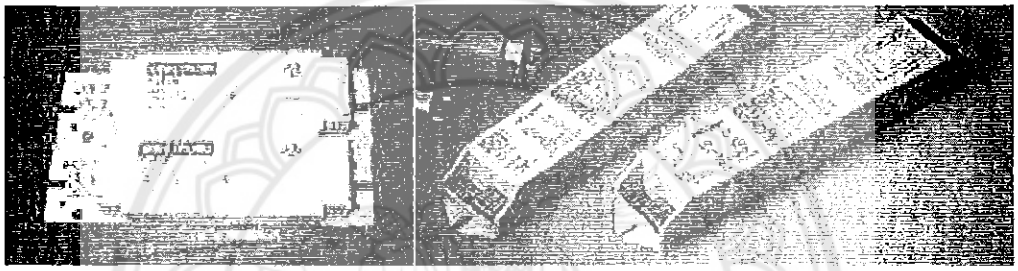
= 1,774.08 บาท/ปี

ประเมินผลจากการลงทุน แรงงานใช้จากลูกจ้างประจำวันออกระเบียบปฏิบัติเกี่ยวกับการเดินเครื่องตัวเปล่า วางแผนการทำงานให้สอดคล้องกับการใช้เครื่องผสมซีเมนต์

ระยะเวลาคืนทุน ได้เงินค่าพลังงานสูญเสียคืนทันทีเมื่อมีการปฏิบัติ

4.7.2 มาตรการเปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดอิเล็กทรอนิกส์

จากการตรวจสอบสภาพการใช้บัลลาสส์ (ดังตารางที่ ก. 8 Energy chart กระบวนการจำหน่ายแผนกจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง หน้า 131) และหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ (หลอดผอม) ของโรงงาน พบว่าทั้งหมดเป็นชนิดแกนเหล็กแบบธรรมดา ซึ่งจะมีพลังงานสูญเสียประมาณตัวละ 10-12 W มีจำนวนหลอดฟลูออเรสเซนส์ทั้งสิ้น 152 หลอด แต่เปลี่ยนมาใช้บัลลาสส์ชนิดอิเล็กทรอนิกส์แล้วจำนวน 60 หลอดบริเวณอาคารสำนักงาน โดยจะสิ้นเปลืองพลังงานตัวละประมาณ 2-4 W



บัลลาสต์แกนเหล็ก บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

รูปที่ 4.17 บัลลาสต์แกนเหล็กและบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์

การคำนวณการใช้ไฟฟ้าของ บัลลาสต์แกนเหล็กมีพลังงานไฟฟ้าสูญเสีย 10 - 12 W (ข้อมูลจาก http://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4_3.html), การใช้งานต่อวัน 8 ชั่วโมง, เปลี่ยนบัลลาสต์จำนวน 60 ชุด, 1 เดือนทำงาน 28 วัน, ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 3.52 บาท, บัลลาสต์แกนเหล็กราคาอันละ 70 บาท,1 kW = 1,000 W

ใช้พลังงานไฟฟ้าดังนี้	=	(60 ชุด x 11 W x 8 ชม.)/ 1,000 W
	=	5.28 kW/วัน
	=	5.28 kW x 28 วัน x 12 เดือน
	=	1,774.08 kW/ปี
	=	1,774.08 kW x 3.52 บาท
คิดเป็นค่าไฟฟ้าประมาณ	=	6,244.76 บาท/ปี
ลงทุนค่าบัลลาสต์แกนเหล็ก	=	70 บาท x 60 ชุด
	=	4,200 บาท

บัลลาสต์แกนเหล็กมีอายุการใช้งานประมาณ 15 ปี สามารถคิดต้นทุนรวมกับค่าไฟฟ้าตลอดอายุการใช้งานของบัลลาสต์ ได้ดังนี้

= 6,244.76 บาท x 15 ปี

= 93,671.40 บาท

= 93,671.40 บาท + 4,200 บาท

= 97,871.40 บาท

ต้นทุนของค่าบัลลาสต์แกนเหล็กกับค่าไฟฟ้าที่ใช้ระยะเวลา 15 ปี คือ 97,871.40 บาท

การคำนวณการประหยัดพลังงานบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีพลังงานไฟฟ้าสูญเสียประมาณ 2-4 W (ข้อมูลจากhttp://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4_3.html) การใช้งานต่อวัน 8 ชั่วโมง, เปลี่ยนบัลลาสต์จำนวน 60 ชุด,1 เดือนทำงาน 28 วัน, ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 3.52 บาท, บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ราคาอันละ 150 บาท, 1 kW = 1,000 W, ค่าความร้อนสุทธิไฟฟ้า 3.6 MJ/Unit (ข้อมูลจาก Energy Conservation : Department of Industrial Engineering, Naresuan University) สามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

ใช้พลังงานไฟฟ้าดังนี้ = (60 ชุด x 3 W x 8 ชม.)/ 1000 W

ปริมาณไฟฟ้าที่ประหยัดได้ = 1.44 kW/วัน

= 1.44 kW x 28 วัน x 12 เดือน

= 483.84 kW/ปี

= 483.84 kW x 3.52 บาท

คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ประมาณ = 1,703.12 บาท/ปี

ลงทุนค่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ = 150 บาท x 60 ชุด

= 9,000 บาท

บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์มีอายุการใช้งานประมาณ 7 ปี ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับบัลลาสต์แกนเหล็ก บัลลาสต์แกนเหล็กจะมีอายุการใช้งานมากกว่า บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ 2.14 เท่า

= 9,000 บาท x 2.14

= 19,260 บาท

= (1,703.12 บาท x 15 ปี)+ 19,260 บาท

= 44,806.80 บาท

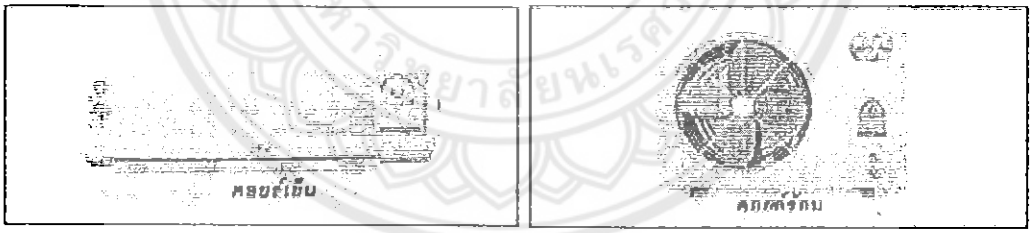
ต้นทุนของค่าบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์กับค่าไฟฟ้าระยะเวลา 15 ปี คือ 44,806.80 บาท

ดังนั้นสามารถหาส่วนต่างค่าใช้จ่ายของการใช้ บัลลาสต์ชนิดแกนเหล็ก และบัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ได้ดังนี้ = 97,871.40 บาท – 44,806.80 บาท

	=	53,064.60 บาท
ปริมาณไฟฟ้าที่ลดได้	=	26,611.20 kW – 7,257.60 kW
	=	19,353.60 kW
คิดเป็นค่าพลังงานที่ลดได้	=	19,353.60 kW x 3.6 MJ/Unit
	=	69,672.96 MJ
จุดคุ้มทุน	=	เงินลงทุน/พลังงานที่ลดได้
	=	19,260 บาท / 19,353.60 kW
	=	0.99 ปี

4.7.3 มาตรการล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนเครื่องปรับอากาศสำนักงานจำนวน 5 ชุด

เครื่องปรับอากาศในโรงงานใช้งาน 5 ชุด ขนาด12,000 BTU จำนวน 2 ชุด ขนาด 36,000 BTU จำนวน 2 ชุด และขนาด 18,000 BTU จำนวน 1 ชุด การใช้งานโดยปกติเปิดเครื่องปรับอากาศทำงานวันละ 7 ชั่วโมง จากการตรวจสอบสภาพ Coil เย็นและ Coil ร้อน ของเครื่องปรับอากาศ พบว่ามีฝุ่นเกาะติดครีบเป็นจำนวนมาก ซึ่งเป็นอุปสรรคทำให้การส่งผ่านความเย็นและระบายความร้อนไม่ดี ทำให้เครื่องปรับอากาศใช้พลังงานไฟฟ้ามาก ซึ่งหากล้างทำความสะอาดจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 10%



รูปที่ 4.18 คอยล์เย็นและคอยล์ร้อนของแอร์

การคำนวณการประหยัดพลังงาน เครื่องปรับอากาศขนาด 12,000 BTU มีพลังงานสูญเสียเท่ากับ 1,200 W/ชม., 12,000 BTU = 1 ตันความเย็น (ข้อมูลจาก http://www.topcoolair.com/index.php?lay=show&ac=article&Id=176310&Ntype=6), 1 ตันความเย็น มีพลังงานสูญเสีย = 1,200 W (ข้อมูลจาก http://www.eppo.go.th/vrs/VRS56-06-roof.html), ล้างเครื่องปรับอากาศปีละ 2 ครั้ง ประหยัดไฟได้ 10 % (ข้อมูลนี้ได้มาจาก http://www.prakard.com/default.aspx?g=posts&t=66020), ค่าล้างเครื่องปรับอากาศเครื่องละ 300 บาท, การใช้งานต่อวัน 7 ชั่วโมง,1 เดือนทำงาน 28 วัน, ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 3.52 บาท, 1 kW = 1,000 W, ค่าความ

ร้อนสุทธิไฟฟ้า 3.6 MJ/Unit (ข้อมูลจาก Energy Conservation : Department of Industrial Engineering, Naresuan University) สามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

สามารถลดการใช้ไฟฟ้าได้ดังนี้ = ((12,000 BTU x 2 เครื่อง) + (36,000 BTU x 2 เครื่อง) + 18,000 BTU) / 12,000 BTU
= 9.5 ตันความเย็น
= 9.5 ตัน x 1,200 W
= 11,400 W/ชม.
= (11,400 W x 7 ชม. x 28 วัน x 12 เดือน)
= 26,812,800 W
= (26,812,800 W / 1,000 W) x 10%

ปริมาณไฟฟ้าที่ลดได้ = 2,681.28 kW/ปี

คิดเป็นค่าพลังงานที่ลดได้ = 2,681.28 kW x 3.6 MJ/Unit
= 9,652.61 MJ
= 2,681.28 kW x 3.52 บาท

คิดเป็นเงิน = 9,438.11 บาท

ราคาล้างเครื่องปรับอากาศเครื่องละ = 300 บาท x 5 เครื่อง
= 1,500 บาท

1 ปี ล้าง 2 ครั้ง = 1,500 บาท x 2 ครั้ง
= 3,000 บาท

ระยะเวลาคืนทุน = เงินลงทุน/พลังงานประหยัดได้
= 3,000 บาท / 2,681.28 kW
= 1.12 ปี

4.7.4 มาตรการลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์

จากการสำรวจพบว่าผิวโครงมอเตอร์บางตัวมีอุณหภูมิสูง(ดังตารางที่ ก. 7 Energy chart กระบวนการผลิตแผนกอิฐบล็อก หน้า 120) โดยปกติอุณหภูมิที่ผิวภายนอกโครงมอเตอร์สูงประมาณ 48-55 °C จากการตรวจวัดด้วยเครื่องวัดความร้อนแบบอินฟาร์เรส พบว่ามีมอเตอร์หลายตัวที่อุณหภูมิที่ผิวภายนอกสูงเกินกว่า 55 °C ซึ่งมีสาเหตุเช่น ใบพัดลมหายไป ไม่มีโครงครอบใบพัดลม และที่ผิวมีฝุ่นละอองจับหนา อาการเหล่านี้ทำให้อุณหภูมิของขดลวดสูงขึ้น ซึ่งกระทบไปถึงความต้านทานของขดลวดสูงขึ้นด้วย มาตรการลดอุณหภูมิมอเตอร์สั่นแผนกอิฐบล็อก ขนาด 2 แรงม้า ผลจากการวัดอุณหภูมิที่โครงผิวมอเตอร์ ได้ 85 °C จากการตรวจสอบพบว่าไม่มีฝาครอบ

มอเตอร์ด้านหลัง ทำให้พัดลมระบายความร้อนของมอเตอร์ไม่มีลมเป่ามาที่ครีบของมอเตอร์ทำให้ผิวของมอเตอร์มีอุณหภูมิสูง โดยให้นำฝาครอบที่ถอดออกมาติดตั้งดังเดิม

ขั้นตอนการดำเนินมาตรการ

1. นำฝาครอบมอเตอร์ที่ถอดออกประกอบไว้ดังเดิม

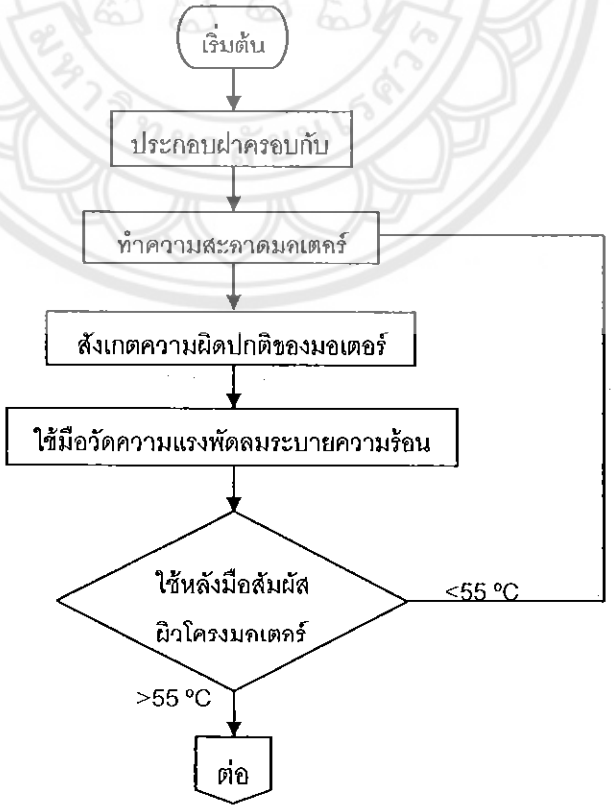
2. ทำความสะอาดมอเตอร์หลังจากเลิกทำงานทุกวัน โดยการใช้แปรงทาสีปัดฝุ่นผงเศษซีเมนต์ออกจากบริเวณผิวของมอเตอร์

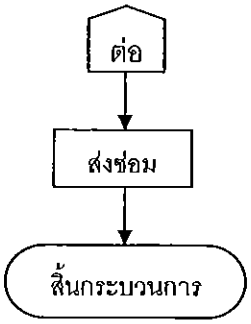
3. ขณะมอเตอร์ทำงานสังเกตความผิดปกติของมอเตอร์ เช่น เสียงของมอเตอร์ผิดปกติหรือไม่ เป็นต้น

4. ใช้มือสัมผัสบริเวณช่องระบายอากาศขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่

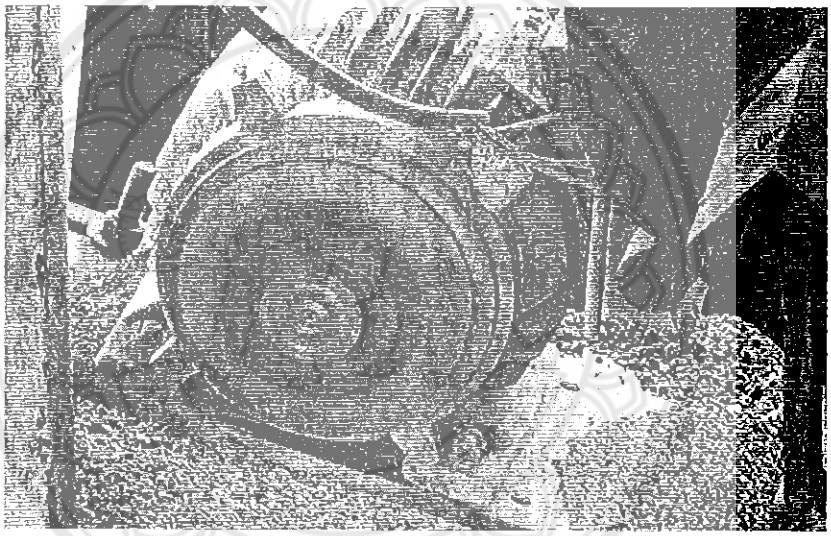
5. ใช้หลังมือสัมผัสบริเวณผิวมอเตอร์ว่ามีอุณหภูมิสูงหรือไม่ ถ้าใช้หลังมือสัมผัสได้แสดงว่าอุณหภูมิต่ำกว่า 55 °C ถือว่าปกติ แต่ถ้าใช้หลังมือสัมผัสไม่ได้แสดงว่าอุณหภูมิสูงกว่า 55 °C ถือว่าผิดปกติควรส่งซ่อม

6. ถ้าอุณหภูมิสูงกว่า 55 °C ส่งซ่อม ดังรูปที่ 4.19





รูปที่ 4.19 Flow chart การดำเนินมาตรการลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์



รูปที่ 4.20 มอเตอร์ที่ไม่มีฝาครอบพัดลมทำให้อุณหภูมิที่ผิวนอกสูงถึง 85 °C

การคำนวณการประหยัดพลังงาน โดยทั่วไปมอเตอร์ขนาดต่าง ๆ หากทำความสะอาดที่ผิวนอกให้สะอาดอยู่เสมอ จะสามารถลดความร้อนสูญเสียได้ ดังนี้ มอเตอร์ ขนาด 2 แรงม้า ลดได้ประมาณ 25 W (ข้อมูลจาก http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9), การใช้งานต่อวัน 8 ชั่วโมง,1 เดือนทำงาน 28 วัน, ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยหน่วยละ 3.52 บาท, 1 kW = 1,000 W, ค่าความร้อนสุทธิไฟฟ้า 3.6 MJ/Unit (ข้อมูลจาก Energy Conservation : Department of Industrial Engineering, Naresuan University) สามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

ปริมาณไฟฟ้าที่ลดได้ = (25 W x 8 ชม.) /1000 W

= 0.2 kW/วัน

	=	0.2 kWx 28 วัน x 12 เดือน
	=	67.2 kW/ปี
คิดเป็นค่าพลังงานที่ลดได้	=	67.2 kW x 3.6 MJ/Unit
	=	241.92 MJ
ดังนั้นสามารถประหยัดได้	=	3.52 บาท x 67.2 kW
	=	236.5 บาท/ปี

ประเมินผลการลงทุน ไม่มีการลงทุนแต่ต้องอบรมทำความเข้าใจกับพนักงานและขอความร่วมมือในการปฏิบัติ

4.7.5 มาตรการลดเวลารอคอยการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า(ระยะเวลารอคอยประมาณ 5-10 นาที)

การขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จ (CPAC) จากโรงงานผลิตไปยังลูกค้า ระยะทางเฉลี่ยประมาณ 20 กิโลเมตร ขณะนำรถบรรทุกขนส่งสินค้าให้กับลูกค้านั้นจะต้องจอดรถรองานเนื่องจากลูกค้ายังไม่พร้อมที่จะรับมอบคอนกรีตผสมเสร็จ หรือภาชนะบรรจุคอนกรีตผสมเสร็จมีขนาดเล็ก และมีจำนวนไม่พอเพียง คนงานไม่พร้อม เป็นต้น ประมาณ 5-10 นาที/คัน/เที่ยว และระหว่างจอดรอรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จมีความจำเป็นจะต้องหมุนถังบรรจุคอนกรีตผสมเสร็จเพื่อมิให้คอนกรีตผสมเสร็จเกิดการแข็งตัว และส่วนผสมที่มีน้ำหนักมากลงไปกองอยู่บริเวณก้นถัง โดยใน 1 วัน โรงงานใช้รถบรรทุก 5 คัน เฉลี่ยวิ่งประมาณ 25 เที่ยว/วัน หากสามารถลดความสูญเสียจากการรอคอยได้ 50 % ก็จะทำให้สามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้

ตารางที่ 4.10 ระยะเวลาการจอดรถบรรทุกรอคอยส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า (ข้อมูลก่อนดำเนินงานตามมาตรการ)

คันที่	ระยะเวลารอคอยเฉลี่ย(นาที)					
	9 ก.พ. 52	10 ก.พ. 52	11 ก.พ. 52	12 ก.พ. 52	13 ก.พ. 52	14 ก.พ. 52
1	10	5	10	10	15	10
2	10	10	5	10	5	5
3	5	10	5	5	10	15
4	10	5	15	10	5	10
5	5	15	10	10	15	10
รวม	40	45	45	45	50	50
เฉลี่ย	8	9	9	9	10	10

ขั้นตอนการดำเนินมาตรการ

1. ลูกค้าสั่งซื้อคอนกรีตผสมเสร็จจากโรงงาน

2. พนักงานรับคำสั่งซื้อจากลูกค้าสอบถามรายละเอียดเกี่ยวกับ จำนวนคอนกรีตผสมเสร็จที่ลูกค้าต้องการ เช่น 3.5 คิว, 5.5 คิว เป็นต้น คอนกรีตผสมเสร็จที่ต้องการนำไปใช้งานอะไร เช่น เทพื้น เสาเป็นต้น สถานที่จัดส่งคอนกรีตผสมเสร็จ เส้นทาง ลักษณะทางเข้าสามารถนำรถบรรทุก 10 ล้อ เข้าไปถึงบริเวณสถานที่ก่อสร้างได้เลยหรือไม่ ลักษณะการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จเป็นอย่างไร เมื่อรถบรรทุกเข้าไปถึงสามารถปล่อยคอนกรีตผสมเสร็จได้เลย หรือปล่อยคอนกรีตผสมเสร็จลงในภาชนะ ภาชนะขนาดเท่าไหร่ มีกี่ภาชนะ หรือส่งคอนกรีตผสมเสร็จขึ้นบนที่สูง สูงเท่าไหร่ และต้องการให้จัดส่งเวลาเท่าไหร่ เป็นต้น เบอร์โทรศัพท์ของลูกค้าเพื่อติดต่อกลับ

3. จัดหาพนักงานขับที่มีความชำนาญเส้นทางที่จะจัดส่งสินค้าไปยังลูกค้า

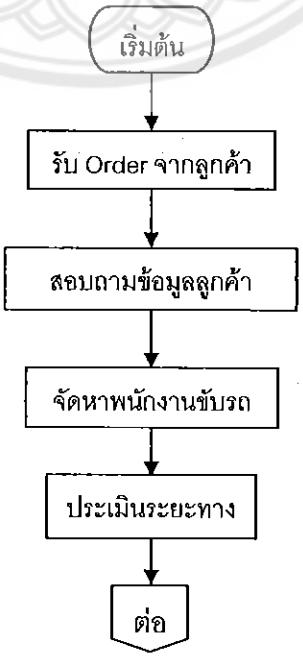
4. ประเมินระยะทางจากโรงงานถึงส่งมอบสินค้าให้กับลูกค้า

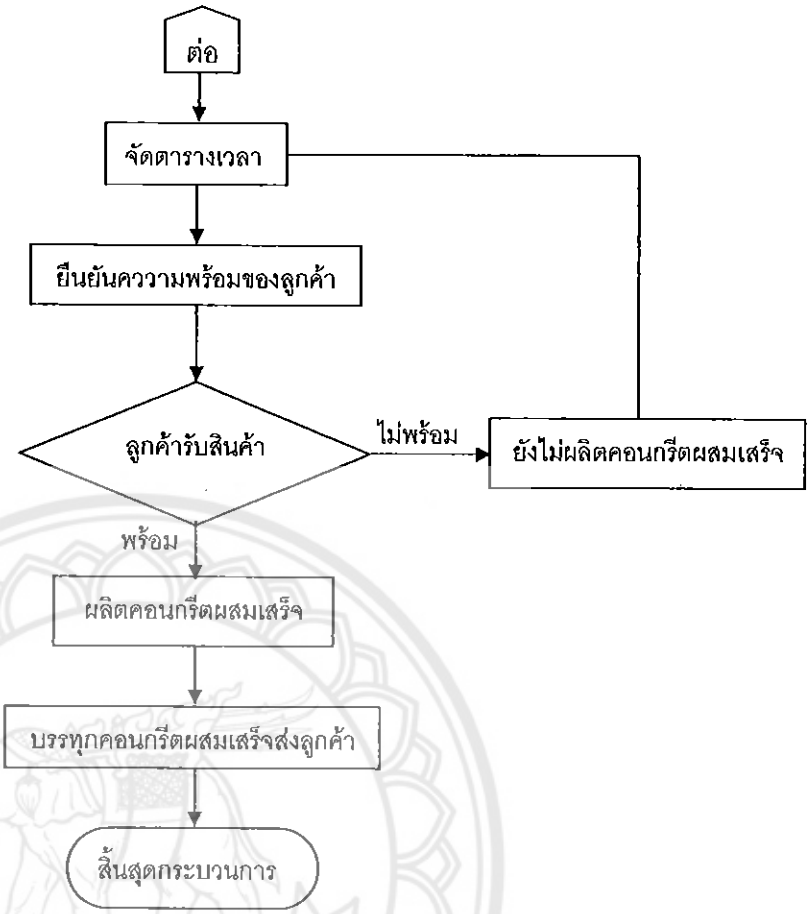
5. จัดตารางเวลาการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จ

6. โทรศัพท์ติดต่อลูกค้าเพื่อยืนยันความพร้อมของลูกค้าที่จะส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จโดยขอเรียนสายกับหัวหน้างาน(ผู้รับเหมา) กรณีที่มีหัวหน้างาน ในกรณีที่ลูกค้ายังไม่พร้อมจะต้องสอบถามลูกค้าว่าลูกค้าจะพร้อมรับสินค่าเวลาประมาณเท่าไหร่

7. ถ้าลูกค้าพร้อมรับสินค้าก็จะทำการผลิตคอนกรีตผสมเสร็จตามตารางการผลิตได้เลย แต่ถ้าลูกค้ายังไม่พร้อม ก็จะยังไม่ทำการผลิต เมื่อลูกค้าพร้อมรับถึงจะทำการผลิต

8. บรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จส่งมอบลูกค้า ดังรูปที่ 4.21





รูปที่ 4.21 Flow chart ขั้นตอนการดำเนินมาตรการ 4.7.5

ตารางที่ 4.11 ระยะเวลาการจอดรถบรรทุกรอค่อยส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า (ข้อมูลหลังดำเนินงานตามมาตรการ)

คันที่	ระยะเวลารอคอยเฉลี่ย(นาที)					
	4 มี.ค. 52	12 เม.ย. 52	21 พ.ค. 52	14 มิ.ย. 52	18 ก.ค. 52	8 ส.ค. 52
1	0	3	8	10	10	5
2	7	0	0	0	0	0
3	5	10	5	3	3	8
4	0	5	0	0	5	0
5	5	0	3	3	0	3
รวม	17	21	16	16	23	16
เฉลี่ย	3.4	4.2	3.2	3.2	4.6	3.2

รูปที่ 4.22 รถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จ

การคำนวณผลการประหยัดพลังงาน "การติดเครื่องยนต์ จอดอยู่เฉย ๆ เป็นเวลา 5 นาที สิ้นเปลืองน้ำมันโดยเปล่าประโยชน์ 500 ซีซี" (ข้อมูลจาก คู่มือ 10 บัญญัติประหยัดน้ำมัน สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน) ถ้าติดเครื่องยนต์ 4 ล้อ ขนาด 150 แรงม้า เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองน้ำมัน 6 ลิตร, ถ้าติดเครื่องยนต์ 10 ล้อ ขนาด 330 แรงม้า เป็นเวลา 1 ชั่วโมงจะสิ้นเปลืองน้ำมันประมาณ 9 ลิตร(คิดเพิ่มจากค่าที่อ้างอิง 50%), โรงงานใช้รถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จจำนวน 5 คัน, 1 เดือนทำงาน 28 วัน, ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย (มีนาคม – สิงหาคม 2552) 22.5 บาท/ลิตร (ข้อมูลจาก http://www.pttplc.com/th/nc_oi.aspx), ค่าความร้อนสุทธิน้ำมันดีเซล 36.42 MJ/Unit (ข้อมูลจาก Energy Conservation : Department of Industrial Engineering, Naresuan University) สามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

เวลาคอยงานเฉลี่ยวันละ	=	9 นาที
คิดที่ 50% ของการรอคอย	=	(9 นาที x 25 ครั้ง) x 50%
	=	112.5 นาที/วัน
สูญเสียน้ำมันจากการรอคอย	=	112.5 นาที / 60 นาที x 9 ลิตร
	=	16.92 ลิตร/วัน
	=	16.92 ลิตร x 28 วัน x 12 เดือน
	=	5,685.12 ลิตร/ปี
คิดเป็นค่าพลังงานที่ลดได้	=	5,685.12 ลิตร x 36.42 MJ/Unit
	=	207,052.10 MJ

ค่าน้ำมันดีเซลลิตรละ = 22.5 บาท

คิดเป็นเงินประมาณ = 22.5 บาท x 5,685 ลิตร

= 127,912.5 บาท/ปี

ประเมินผลการลงทุน ไม่มีการลงทุนแต่ต้องอบรมทำความเข้าใจกับพนักงานขับรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จให้เข้าใจและขอความร่วมมือในการปฏิบัติตาม

4.7.6 มาตรการลดเวลารอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม(ระยะเวลารอคอยประมาณ 1 ชั่วโมง)

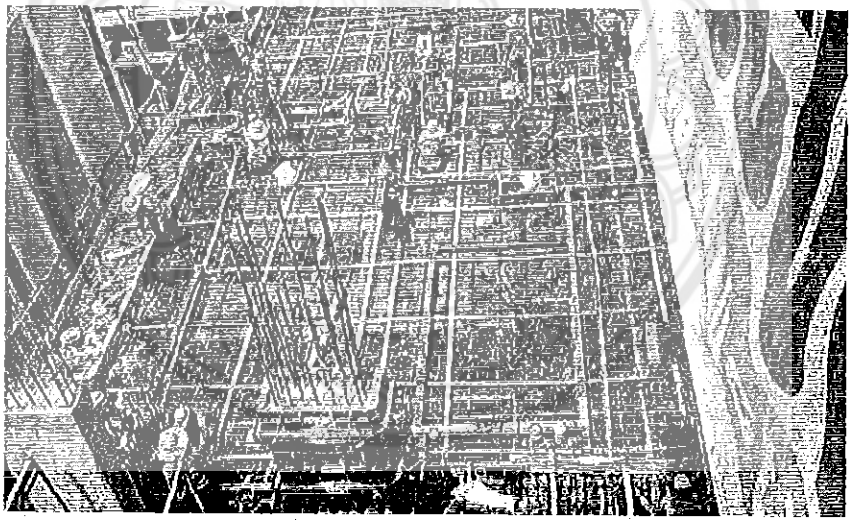
การขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จ (CPAC) จากโรงงานผลิตไปยังลูกค้านั้น จากการสำรวจพบว่าในหนึ่งเดือนจะมีการจอดรถรอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จ เนื่องจากบริเวณที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อมที่จะเทคอนกรีตผสมเสร็จประมาณ 3 ครั้งต่อรถบรรทุก 1 คัน โดยจะเสียเวลารอคอยครั้งละประมาณ 1 ชั่วโมง โรงงานมีรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จทั้งหมด 5 คัน ระหว่างที่รอคอยต้องหมุนถังบรรจุคอนกรีตผสมเสร็จด้วย เพื่อป้องกันการแข็งตัวของคอนกรีตผสมเสร็จ และส่วนผสมที่มีน้ำหนักมากลงไปกองอยู่ที่บริเวณก้นถังทำให้สูญเสียน้ำมันเชื้อเพลิง หากสามารถลดความสูญเสียจากการรอคอยได้ 50 % ก็จะทำให้สามารถประหยัดน้ำมันเชื้อเพลิงได้พอสมควร(มาตรการนี้ใช้หลักการปฏิบัติเดียวกันกับมาตรการที่ 4.7.5 ต่างกันที่ระยะเวลารอคอยมากกว่า)

ตารางที่ 4.12 ระยะเวลาการจอดรถบรรทุกรอค่อยส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม(ข้อมูลก่อนดำเนินงานตามมาตรการ)

คันที่	ระยะเวลารอคอยเฉลี่ย(นาที)								
	ธันวาคม 2551(ครั้งที่)			มกราคม 2552(ครั้งที่)			กุมภาพันธ์ 2552(ครั้งที่)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	45	60	45	100	45	55	60	60	100
2	90	65	80	45	50	60	90	30	90
3	30	70	60	30	60	120	60	50	60
4	30	55	60	40	80	100	70	45	50
5	60	40	50	60	45	80	25	60	70
รวม	255	290	295	275	280	415	305	245	370
เฉลี่ย	51	58	59	55	56	83	61	49	74

ตารางที่ 4.13 ระยะเวลาการจอดรถบรรทุกรอค่อยส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากลูกค้าไม่พร้อมรับสินค้า(ข้อมูลหลังดำเนินงานตามมาตรการ)

คันที่	ระยะเวลารอคอยเฉลี่ย(นาที)								
	มิถุนายน 2552(ครั้งที่)			กรกฎาคม 2552(ครั้งที่)			สิหาคม 2552(ครั้งที่)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
1	20	30	0	10	5	10	5	10	5
2	5	5	10	5	0	5	30	30	20
3	30	5	20	20	10	10	5	5	5
4	10	20	10	5	20	30	0	0	5
5	5	5	0	10	10	5	5	10	20
รวม	70	65	40	50	45	60	45	55	55
เฉลี่ย	14	13	8	10	9	12	9	11	11



รูปที่ 4.23 บริเวณที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม

การคำนวณการประหยัดพลังงาน "การติดเครื่องยนต์ จอดอยู่เฉย ๆ เป็นเวลา 5 นาที สิ้นเปลืองน้ำมันโดยเปล่าประโยชน์ 500 ซีซี" (ข้อมูลจาก คู่มือ 10 บัญญัติประหยัดน้ำมันสำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน) ถ้าติดเครื่องยนต์ 4 ล้อ ขนาด 150 แรงม้า เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองน้ำมัน 6 ลิตร, ถ้าติดเครื่องยนต์ 10 ล้อ ขนาด 330 แรงม้า เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จะสิ้นเปลืองน้ำมันประมาณ 9 ลิตร(คิดเพิ่มจากค่าที่อ้างอิง 50%), โรงงานใช้รถบรรทุกคอนกรีต

ผสมเสร็จจำนวน 5 คัน, 1 เดือนทำงาน 28 วัน, ราคาน้ำมันดีเซลเฉลี่ย (มีนาคม – สิงหาคม 2552) 22.5 บาท/ลิตร (ข้อมูลจาก http://www.pttplc.com/th/nc_oi.aspx), ค่าความร้อนสุทธิน้ำมันดีเซล 36.42 MJ/Unit (ข้อมูลจาก Energy Conservation : Department of Industrial Engineering, Naresuan University) สามารถประหยัดพลังงานได้ดังนี้

เวลาคอยงานเฉลี่ยเดือนละ	=	15 ชม./เดือน
เวลาสูญเปล่า คิด 50 %	=	15 ชม. x 50%
	=	7.5 ชม.
คิดเป็นการสูญเสียน้ำมันจากการคอย	=	7.5 ชม. x 9 ลิตร
	=	67.5 ลิตร/เดือน
หรือ	=	810 ลิตร/ปี
คิดเป็นค่าพลังงานที่ลดได้	=	810 ลิตร x 36.42 MJ/Unit
	=	29,500.20 MJ
คิดเป็นเงินประมาณ	=	810 ลิตร x 22.5 บาท
หรือประมาณ	=	18,225 บาท/ปี

ประเมินผลการลงทุน ไม่มีลงทุนแต่ต้องอบรมทำความเข้าใจกับพนักงานขับรถบรรทุกคอนกรีตผสมเสร็จให้เข้าใจและขอความร่วมมือในการปฏิบัติ

ตารางที่ 4.14 สรุปการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุนของมาตรการลดการใช้พลังงาน

มาตรการ/กิจกรรม	ลงทุน (บาท)	ผลที่คาดว่าประหยัดได้								ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
		พลังงานไฟฟ้า			พลังงานเชื้อเพลิง			รวม		
		kWh	MJ	ราคา (บาท)	ดีเซล(ลิตร)	MJ	ราคา (บาท)	MJ	ราคา (บาท)	
1. ลดการเดินเครื่องตัวเปล่าเครื่องผสมซีเมนต์	-	504	1,814.40	1,774.08	-	-	-	1,814.40	1,774.08	-
2. เปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดอิเล็กทรอนิกส์	19,260	19,353.60	69,672.96	68,124.67	-	-	-	69,672.96	68,124.67	0.99
3. ล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อน เครื่องปรับอากาศสำนักงานจำนวน 5 ชุด	3,000	2,681.28	9,652.61	9,438.11	-	-	-	9,652.61	9,438.11	1.12
4. ลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์	-	67.2	241.92	236.50	-	-	-	241.92	236.50	-
5. ลดเวลารอคอยการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า(ระยะเวลารอคอยประมาณ 5-10 นาที)	-	-	-	-	5,685.12	207,052.10	127,912.50	207,052.10	127,912.50	-
6.ลดเวลารอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม (ระยะเวลารอคอยประมาณ 1 ชั่วโมง)	-	-	-	-	810	29,500.20	18,225	29,500.20	18,225	-
รวม	22,260	22,606.08	81,381.89	79,573.36	6,495.12	236,552.30	146,137.50	317,934.19	225,710.86	-

หมายเหตุ : มาตรการที่ 2 คิดระยะเวลาในการคำนวณ 15 ปี (ตลอดอายุการใช้งานของบัลลาสต์แกนเหล็ก)

4.7.7 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของมอเตอร์ไฟฟ้า

ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของมอเตอร์ไฟฟ้า คือ การแจ้งให้พนักงานทุกคนทราบแล้วปฏิบัติตามระเบียบปฏิบัติ เพื่อให้การประหยัดพลังงานเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ ดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 ระเบียบปฏิบัติที่ประกาศใช้ในโรงงาน

ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
		1	2	3
1. ใช้แปรงทำความสะอาดมอเตอร์ทุกตัวสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทุกแผนก	หัวหน้าแผนกทุกแผนก			
2. ป้องกันการล้นของน้ำในถังและการล้างเศษส่วนผสมปูนลงมาทำให้น้ำกระเด็นถูกมอเตอร์ข้างล่าง โดยเฉพาะบริเวณ CPAC	หัวหน้าแผนก CPAC			
3. ตรวจสอบมอเตอร์ทุกสัปดาห์โดยการใช้หลังมือสัมผัสบริเวณครีบมอเตอร์ถ้าความร้อนเกินกว่าหลังมือสัมผัสได้ (เกิน 55 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน	หัวหน้าแผนกทุกแผนก			
4. ตรวจสอบมอเตอร์ทุกตัวทุกสัปดาห์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ	หัวหน้าแผนกทุกแผนก			

(ระเบียบปฏิบัติอื่นมีต่อในภาคผนวก ข)

4.7.8 การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน (Preventive Maintenance: PM)

เป็นการบำรุงรักษาประจำวัน และตามแผนตารางเวลา ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบ, การทำความสะอาด, การหล่อลื่น และการขันให้แน่น โดยมุ่งเน้นจุดที่ส่งผลต่อระบบการทำงาน และความบกพร่องที่จะส่งผลกระทบต่อการทำงาน หรือการผลิตที่หยุดชะงักได้ จึงต้องมีการดำเนินการก่อนที่จะเกิดปัญหา และนำข้อมูลการตรวจสอบ และการวิเคราะห์ความผิดปกติ ไปใช้ในการบำรุงรักษา หรือเปลี่ยนอะไหล่ และซ่อมแซม เพื่อให้เครื่องจักรและอุปกรณ์สามารถใช้งาน ดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.13 การซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมอเตอร์ไฟฟ้าประจำวัน

แผนก..... รหัส Rev.0 (22ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										
													หมายเหตุ
1	ครีบมอเตอร์ - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก												
2	ช่องระบายอากาศ - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่												
3	สายพานส่งกำลัง - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูเลย์ทั้งสอง												
4	ฝาครอบระบายอากาศ -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ												
5	ครีบมอเตอร์ - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน												
ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง													

ลงชื่อหัวหน้า..... วันที่ .....

4.8 เก็บข้อมูลหลังจากปฏิบัติตามมาตรการ และระเบียบปฏิบัติ

4.8.1 ข้อมูลด้านพลังงาน

เก็บรวบรวมข้อมูลใบเสร็จไฟฟ้า และใบเสร็จน้ำมันเชื้อเพลิงในช่วงทำการศึกษา (มกราคม – สิงหาคม 2552) เพื่อนำไปเปรียบเทียบกับข้อมูลการใช้พลังงานในช่วงทำการศึกษา (มกราคม – ธันวาคม 2551) นำมาวิเคราะห์ว่ามีปริมาณการใช้พลังงานลดลงหรือไม่มากน้อยเพียงใด และเก็บรวบรวมปัญหาการปฏิบัติงานว่ามีปัญหาอะไรหรือไม่เพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไขให้ดียิ่งขึ้น ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าแสดงดังตารางที่ 4.17

ตารางที่ 4.17 ปริมาณการใช้ไฟฟ้า ปี 2552

เดือน/ปี	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้ไฟฟ้า			ปริมาณการใช้น้ำมัน		
		ปริมาณหน่วยไฟฟ้าที่ใช้ (kWh)	ไฟฟ้า / หน่วย	MJ/หน่วย	ปริมาณน้ำมันที่ใช้ (ลิตร)	น้ำมัน / หน่วย	MJ/หน่วย
มกราคม	3,270.17	13,146.58	4.02	14.47	9,324	2.85	103.78
กุมภาพันธ์	3,419.54	13,824.67	4.04	14.55	9,596	2.81	102.15
มีนาคม	5,699.18	16,005.01	2.81	10.11	12,483	2.19	79.73
เมษายน	3,923.37	14,766.34	3.76	13.55	10,518	2.68	97.58
พฤษภาคม	4,623.03	14,381.19	3.11	11.20	10,363	2.24	81.59
มิถุนายน	6,115.98	16,080.49	2.63	9.47	12,974	2.12	77.22
กรกฎาคม	6,744.43	18,056.54	2.68	9.64	13,982	2.07	75.46
สิงหาคม	7,004.81	20,443.63	2.92	10.51	15,794	2.25	82.07
รวม	40,800.51	126,704.45	25.97	93.49	95,034	19.22	699.59
เฉลี่ย	5100.06	15,838.06	3.25	11.69	11,879.25	2.40	87.45

4.8.1.1 การจัดทำสมการพลังงานไฟฟ้า

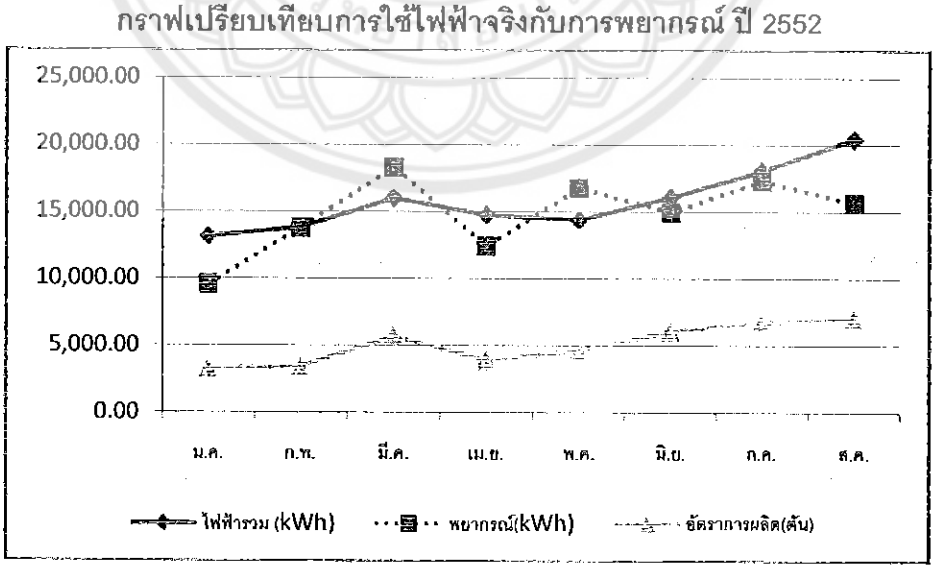
จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้า และอัตราการผลิต ปี 2552 แล้วนำมาคำนวณหาค่าการพยากรณ์แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าของการใช้ไฟฟ้าในปี 2552 โดยนำสมการพลังงานของ ปี 2551 มาคำนวณ ดังสมการ

ไฟฟ้ารวม(หน่วย) = 5798 + 0.1 เสา-วง + 6.08 อิฐบล็อก + 7.85 ท่ออัดแรง+ 0.482 CPAC

จากการแทนค่าอัตราผลผลิตของปี 2552 ลงในสมการ (4.1 หน้า 75) แล้วได้ค่าการพยากรณ์แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าในปี 2552 ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.18

ตารางที่ 4.18 การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าและค่าความคลาดเคลื่อนของ ปี 2552

เดือน-ปี	ผลผลิตคอนกรีตรวม (ตัน)				ไฟฟ้ารวม	พยากรณ์		%
	เสา-วง	อิฐบล็อก	ท่ออัดแรง	CPAC	(หน่วย)	(หน่วย)	Error	Error
ม.ค.-52	138.05	402.12	-	2,730.00	13,146.58	9,572.55	3,574.03	37.34
ก.พ.-52	195.13	575.62	435.55	2,213.24	13,824.67	13,803.13	21.54	0.16
มี.ค.-52	203.53	574.36	898.79	4,022.50	16,005.01	18,304.81	2,299.80	-12.56
เม.ย.-52	199.15	372.77	368.62	2,982.83	14,766.34	12,415.75	2,350.59	18.93
พ.ค.-52	191.10	522.29	798.39	3,111.25	14,381.19	16,759.62	2,378.43	-14.19
มิ.ย.-52	24.65	565.19	416.14	5,110.00	16,080.49	14,966.54	1,113.95	7.44
ก.ค.-52	24.15	465.75	767.65	5,486.88	18,056.54	17,302.90	753.64	4.36
ส.ค.-52	24.50	394.28	581.03	6,005.00	20,443.63	15,653.17	4,790.46	30.60
รวม	1,000.26	3,872.38	4,266.17	31,661.7	126,704.5	118,778.5	7,925.98	72.08
เฉลี่ย	125.03	484.05	533.27	3957.71	15,838.06	14,847.31	990.75	9.01



รูปที่ 4.24 กราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าจริงกับการพยากรณ์

จากตารางที่ 4.18 สามารถอธิบายได้ว่าการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้า โดยการใช้สมการพลังงานของปี 2551 แล้วแทนค่าตัวแปรสมการด้วยอัตราผลผลิตของปี 2552 เพื่อหาแนวโน้มของการใช้ไฟฟ้าซึ่งจากการพยากรณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 9.01% ซึ่งถือว่ายอมรับได้เพราะมีค่าความคลาดเคลื่อนไม่มากนัก จากกราฟจะเห็นได้ว่าเส้นการพยากรณ์จะไม่ใกล้เคียงกับเส้นการใช้ไฟฟ้าจริง แต่เส้นการใช้ไฟฟ้าจริงกับเส้นอัตราการผลิตเป็นไปในทิศทางเดียวกัน คือ อัตราการผลิตมากการใช้ไฟฟ้าก็มากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งทั้งนี้การพยากรณ์เป็นการหาแนวโน้มการใช้ไฟฟ้าโดยที่อัตราการผลิตเท่ากัน แต่ในการผลิตจริงนั้นอัตราการผลิตของปี 2551 มีอัตราการผลิตที่น้อยกว่าอัตราการผลิตของ ปี 2552 การใช้ไฟฟ้าของ ปี 2552 จึงมากกว่า ปี 2551 แต่เมื่อเทียบกับอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยแล้ว ปี 2552 มีอัตราการใช้พลังงานต่อหน่วยที่น้อยกว่า ปี 2551

4.8.1.2 การจัดทำสมการพลังงานของน้ำมันดีเซล

จากการเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้น้ำมันดีเซล และอัตราการผลิต ปี 2552 แล้วแล้วนำมาคำนวณหาค่าการพยากรณ์แนวโน้มการใช้น้ำมันของการใช้น้ำมันในปี 2552 โดยนำสมการพลังงานของ ปี 2551 มาคำนวณ ดังสมการ

น้ำมัน(ลิตร) = 2841 - 1.14 เสา-วง + 3.58 อิฐบล็อก + 2.01 ท่ออัดแรง + 1.56 CPAC

จากการแทนค่าอัตราผลผลิตของปี 2552 ลงในสมการ (4.2 หน้า 75) แล้วได้ค่าการพยากรณ์แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลในปี 2552 ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.19

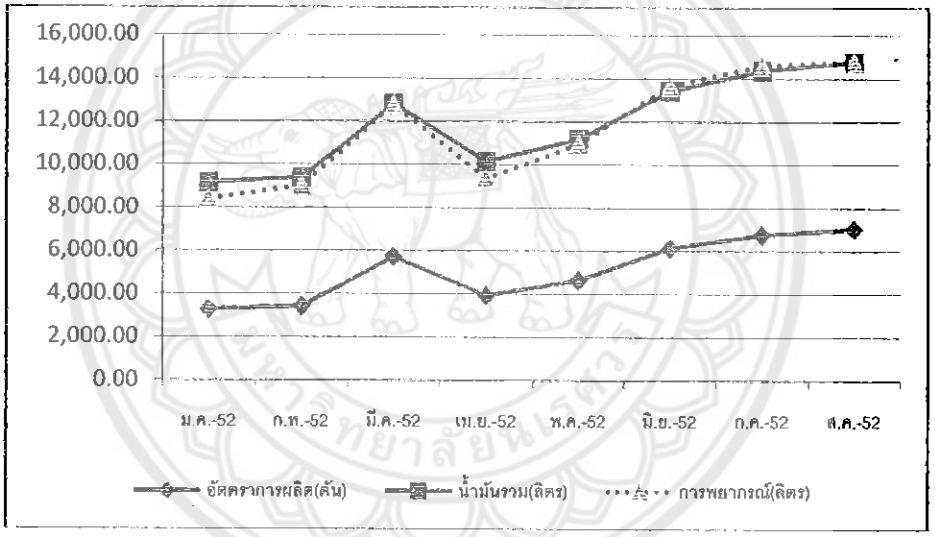
ตารางที่ 4.19 การพยากรณ์การใช้น้ำมันดีเซลและค่าความคลาดเคลื่อนของ ปี 2552

เดือน-ปี	ผลผลิตคอนกรีตรวม (ตัน)				น้ำมันดีเซล (ลิตร)	พยากรณ์ (ลิตร)	Error	% Error
	เสา-วง	อิฐบล็อก	ท่ออัดแรง	CPAC				
ม.ค.-52	138.05	402.12	-	2,730.00	9,146.26	8382.01	764.25	9.12
ก.พ.-52	195.13	575.62	435.55	2,213.24	9,370.31	9007.38	362.93	4.03
มี.ค.-52	203.53	574.36	898.79	4,022.50	12,789.77	12746.85	42.92	0.34
เม.ย.-52	199.15	372.77	368.62	2,982.83	10,126.06	9342.63	783.43	8.39
พ.ค.-52	191.10	522.29	798.39	3,111.25	11,175.55	10951.26	224.29	2.05
มิ.ย.-52	24.65	565.19	416.14	5,110.00	13,414.97	13644.32	-229.35	-1.68

ตารางที่ 4.19(ต่อ) การพยากรณ์การใช้น้ำมันดีเซลและค่าความคลาดเคลื่อนของ ปี 2552

เดือน-ปี	ผลผลิตคอนกรีตรวม (ตัน)				น้ำมันดีเซล (ลิตร)	พยากรณ์ (ลิตร)	Error	% Error
	เสา-วง	อิฐบล็อก	ท่ออัดแรง	CPAC				
ก.ค.-52	24.15	465.75	767.65	5,486.88	14,357.65	14583.36	-225.71	-1.55
ส.ค.-52	24.50	394.28	581.03	6,005.00	14,748.22	14760.26	-12.04	-0.08
รวม	1,000.26	3,872.38	4,266.17	31,661.7	95,128.79	93,418.07	1,710.72	20.62
เฉลี่ย	125.03	484.05	533.27	3,957.71	11,891.10	11,677.26	213.84	2.58

กราฟเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลจริงกับการพยากรณ์ ปี 2552



รูปที่ 4.25 กราฟเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลจริงกับการพยากรณ์

จากตารางที่ 4.19 สามารถอธิบายได้ว่าการพยากรณ์การใช้น้ำมันดีเซล โดยการใช้สมการพลังงานของปี 2551 แล้วแทนค่าตัวแปรสมการด้วยอัตราผลผลิตของปี 2552 เพื่อหาแนวโน้มของการใช้น้ำมัน ซึ่งจากการพยากรณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย 2.58% ถือว่ามีความใกล้เคียงกับปริมาณน้ำมันที่ใช้จริงมาก จากกราฟเส้นการพยากรณ์กับเส้นการใช้น้ำมันจริงมีความใกล้เคียงกันมาก ซึ่งทั้งนี้การพยากรณ์เป็นการหาแนวโน้มการใช้น้ำมันโดยที่อัตราการผลิตเท่ากัน แต่ในการผลิตจริงนั้นอัตราการผลิตของปี 2551 มีอัตราการผลิตที่น้อยกว่าอัตราการผลิตของ ปี

2552 การใช้น้ำมันของ ปี 2552 จึงมากกว่า ปี 2551 แต่เมื่อเทียบกับอัตราการใช้น้ำมันต่อหน่วยแล้ว ปี 2552 มีอัตราการใช้น้ำมันต่อหน่วยที่น้อยกว่า ปี 2551

4.8.1.3 การจัดทำสมการพลังงานรวมปี 2551 และ 2552

1. สมการพลังงานการใช้ไฟฟ้า การนำข้อมูลการใช้พลังงานของทั้ง ปี 2551 และ ปี 2552 มารวมกันแล้วทำสมการพลังงานขึ้นมาใหม่ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการสร้างสมการพลังงาน ซึ่งได้สมการดังนี้

ไฟฟ้ารวม(kWh) = 4404 - 3.01 เสา-วง + 8.66 อิฐบล็อก + 1.51 ท่ออัดแรง + 0.962 CPAC **(4.3)**

สมการพลังงานจะแสดงถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตคอนกรีตรวมที่ผลิตได้ โดยสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้พลังงาน และอัตราการผลิตของโรงงานโดยพบว่า จากสมการถดถอยสำหรับการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ค่า R-Sq = 62.0% และ P value = 0.004 ซึ่งแสดงว่าสมการพลังงานที่ได้มีความคลาดเคลื่อนมากพอสมควร (ค่า R-Sq > 80% ยิ่งดี ค่า P value < 0.05) หลังจากนั้นแทนค่าอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงงาน (มกราคม – สิงหาคม 2552) โดยนำอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงงานมาแทนค่าลงในสมการพลังงานที่ (4.3) เพื่อหาแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของปี 2552

จากการแทนค่าอัตราผลผลิตของปี 2552 ลงในสมการที่ (4.3) แล้วได้ค่าการพยากรณ์แนวโน้มการใช้ไฟฟ้าในปี 2552 ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.20

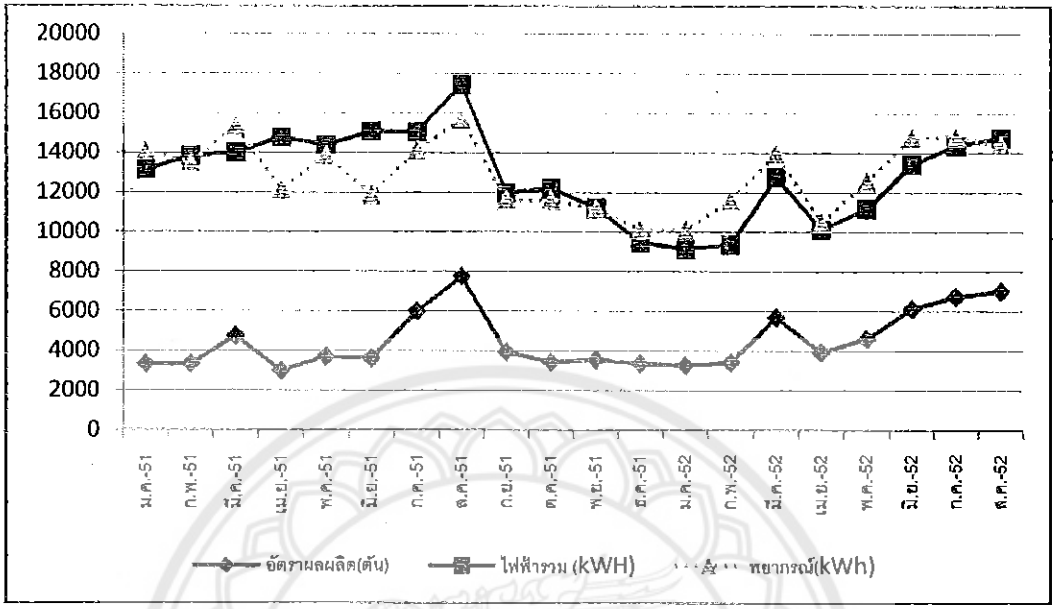
ตารางที่ 4.20 การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าและค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2551 **และปี**2552

เดือน-ปี	ผลผลิตคอนกรีตรวม (ตัน)				ไฟฟ้ารวม (หน่วย)	พยากรณ์ (หน่วย)	Error	% Error
	เสา-วง	อิฐบล็อก	ท่ออัดแรง	CPAC				
ม.ค.-51	124.95	896.88	171.03	2142.7	13,146.58	14114.41	-967.83	-6.86
ก.พ.-51	185.15	855.51	63.28	2232.05	13,824.67	13498.2	326.47	2.42
มี.ค.-51	191.1	901.52	355.6	3301.66	14,005.01	15349.11	-1,344.10	-8.76
เม.ย.-51	171.15	689.24	410.91	1721.39	14,766.34	12134.11	2,632.23	21.69
พ.ค.-51	142.98	819.01	250.5	2490.53	14,381.19	13840.4	540.79	3.91

ตารางที่ 4.20(ต่อ) การพยากรณ์การใช้ไฟฟ้าและค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2551 และ ปี 2552

เดือน-ปี	ผลผลิตคอนกรีตรวม (ตัน)				ไฟฟ้ารวม (หน่วย)	พยากรณ์ (หน่วย)	Error	% Error
	เสา-วง	อิฐบล็อก	ท่ออัดแรง	CPAC				
มิ.ย.-51	150.85	555.41	551.44	2371.65	15,080.49	11873.99	3,206.50	27.00
ก.ค.-51	179.55	568.2	544.23	4700.11	15,056.54	14127.46	929.08	6.58
ส.ค.-51	169.05	543.64	537.36	6492.2	17,443.63	15659.99	1,783.64	11.39
ก.ย.-51	105	477.08	245.91	3125.68	11,979.69	11597.69	382.00	3.29
ต.ค.-51	91.35	536.37	236.17	2562.37	12,199.21	11595.62	603.59	5.21
พ.ย.-51	142.45	498.27	88.98	2817.85	11,228.16	11135.38	92.78	0.83
ธ.ค.-51	148.75	386.74	146.82	2678.14	9,474.57	10103.5	-628.93	-6.22
ม.ค.-52	138.05	402.12	0	2,730.00	9146.26	10097.09	-950.83	-9.42
ก.พ.-52	195.13	575.62	435.55	2,213.24	9370.31	11588.35	-2,218.04	-19.14
มี.ค.-52	203.53	574.36	898.79	4,022.50	12789.77	13992.15	-1,202.38	-8.59
เม.ย.-52	199.15	372.77	368.62	2,982.83	10126.06	10458.85	-332.79	-3.18
พ.ค.-52	191.1	522.29	798.39	3,111.25	11175.55	12550.41	-1,374.86	-10.95
มิ.ย.-52	24.65	565.19	416.14	5,110.00	13414.97	14768.54	-1,353.57	-9.17
ก.ค.-52	24.15	465.75	767.65	5,486.88	14357.65	14802.23	-444.58	-3.00
ส.ค.-52	24.5	394.28	581.03	6,005.00	14748.22	14398.89	349.33	2.43
รวม	2,802.59	11,600.25	7,868.40	68,298.03	257,714.87	257686.4	28.51204	-0.55
เฉลี่ย	140.13	580.01	393.42	3414.90	12,885.74	12884.32	1.43	-0.03

กราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าจริงกับการพยากรณ์ปี 2551 และปี2552



รูปที่ 4.26 กราฟเปรียบเทียบการใช้ไฟฟ้าจริงกับการพยากรณ์ปี 2551 และปี2552

จากตารางที่ 4.20 สามารถอธิบายได้ว่าการพยากรณ์การใช้ไฟฟ้า โดยการใช้ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของปี 2551 และ ปี 2552 สร้างสมการพลังงาน แล้วแทนค่าตัวแปรสมการด้วยอัตราผลผลิตของปี 2552 เพื่อหาแนวโน้มของการใช้ไฟฟ้าซึ่งจากการพยากรณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย -0.03% ซึ่งถือได้ว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยมาก จากกราฟจะเห็นได้ว่าเส้นการพยากรณ์ในช่วงปี 2551 การใช้ไฟฟ้าจริงจะสูงกว่าการพยากรณ์ แต่ในช่วงปี 2552 เส้นการพยากรณ์จะสูงกว่าการใช้ไฟฟ้าจริง ซึ่งถือได้ว่าการใช้พลังงานในปี 2552 มีประสิทธิภาพมากกว่าปี 2551

2. สมการพลังงานการใช้น้ำมัน การนำข้อมูลการใช้พลังงานของทั้ง ปี 2551 และ ปี 2552 มารวมกันแล้วสร้างสมการพลังงานขึ้นมาใหม่ โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติในการสร้างสมการพลังงาน ซึ่งได้สมการดังนี้

น้ำมันรวม(ลิตร) = 3280 + 1.39 เสา-วง + 2.69 อิฐบล็อก + 1.72 ท่ออัดแรง (4.4)

สมการพลังงานจะแสดงถึงการใช้น้ำมันดีเซลภายในโรงงานขึ้นอยู่กับปริมาณผลผลิตคอนกรีตรวมที่ผลิตได้ โดยสามารถสร้าง Linear Regression จากข้อมูลการใช้

น้ำมันดีเซล และอัตราการผลิตของโรงงานโดยพบว่า จากสมการถดถอยสำหรับการใช้น้ำมันดีเซล ได้ค่า R-Sq = 95.1% และ P value = 0.000 ซึ่งแสดงว่าสมการพลังงานที่ได้มีความน่าเชื่อถือได้ (ค่า R-Sq > 80% ยิ่งดี ค่า P value < 0.05) หลังจากนั้นแทนค่าอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงงาน(มกราคม – สิงหาคม 2552) โดยนำอัตราการผลิตระหว่างดำเนินโครงงาน มาแทนค่าลงในสมการพลังงานที่ (4.4) เพื่อหาแนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลของปี 2552

จากการแทนค่าอัตราผลผลิตของปี 2552 ลงในสมการที่ (4.4) แล้วได้ค่าการพยากรณ์แนวโน้มการใช้น้ำมันดีเซลของปี 2552 ได้ข้อมูลดังตารางที่ 4.21

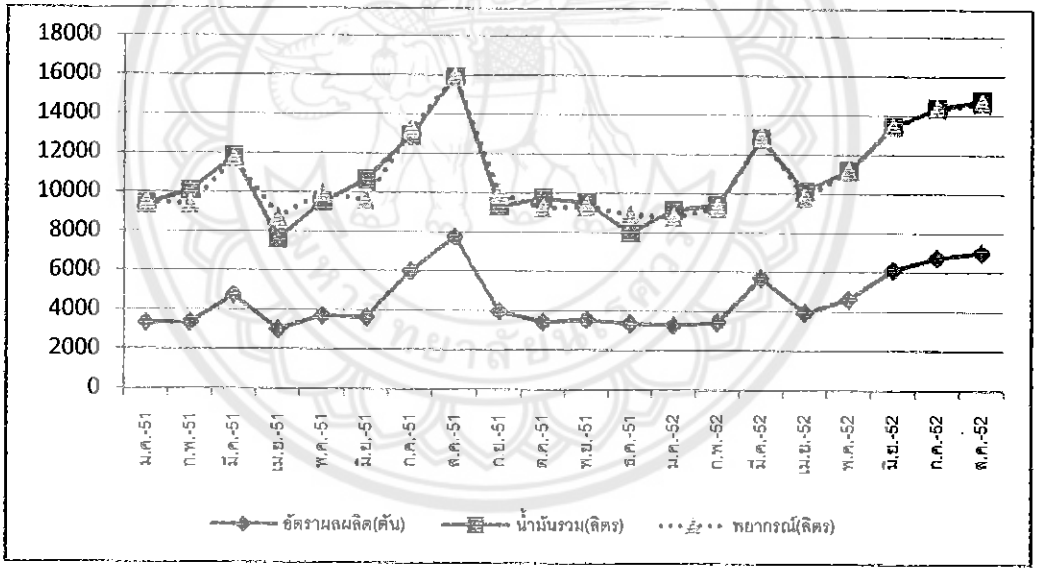
ตารางที่ 4.21 การพยากรณ์การใช้น้ำมันดีเซล และค่าความคลาดเคลื่อน**ของปี** 2551 และปี2552

	ผลผลิตคอนกรีตรวม (ตัน)				น้ำมันรวม	พยากรณ์		%
เดือน-ปี	เสา-วง	อิฐบล็อก	ท่ออัดแรง	CPAC	(ลิตร)	(ลิตร)	Error	Error
ม.ค.-51	124.95	896.88	171.03	2142.7	9,373.27	9460.22	-86.95	-0.92
ก.พ.-51	185.15	855.51	63.28	2232.05	10,072.59	9384.88	687.71	7.33
มี.ค.-51	191.1	901.52	355.6	3301.66	11,808.01	11666.91	141.10	1.21
เม.ย.-51	171.15	689.24	410.91	1721.39	7,619.91	8729.66	-1,109.75	-12.71
พ.ค.-51	142.98	819.01	250.5	2490.53	9,504.93	9948.16	-443.23	-4.46
มิ.ย.-51	150.85	555.41	551.44	2371.65	10,649.36	9584.55	1,064.81	11.11
ก.ค.-51	179.55	568.2	544.23	4700.11	12,889.45	13232.28	-342.83	-2.59
ส.ค.-51	169.05	543.64	537.36	6492.2	15,869.49	15899.62	-30.13	-0.19
ก.ย.-51	105	477.08	245.91	3125.68	9,294.12	9945.81	-651.69	-6.55
ต.ค.-51	91.35	536.37	236.17	2562.37	9,712.37	9202.07	510.30	5.55
พ.ย.-51	142.45	498.27	88.98	2817.85	9,489.41	9310.89	178.52	1.92
ธ.ค.-51	148.75	386.74	146.82	2678.14	7,982.53	8903.96	-921.43	-10.35
ม.ค.-52	138.05	402.12	0	2,730.00	9146.26	8757.79	388.47	4.44
ก.พ.-52	195.13	575.62	435.55	2,213.24	9370.31	9257.18	113.13	1.22
มี.ค.-52	203.53	574.36	898.79	4,022.50	12789.77	12848.50	-58.73	-0.46
เม.ย.-52	199.15	372.77	368.62	2,982.83	10126.06	9787.15	338.91	3.46

ตารางที่ 4.21(ต่อ) การพยากรณ์การใช้น้ำมันดีเซล และค่าความคลาดเคลื่อนของปี 2551 และปี2552

เดือน-ปี	ผลผลิตคอนกรีตรวม (ตัน) เสา-วง	อิฐบล็อก	ท่ออัดแรง	CPAC	น้ำมันรวม (ลิตร)	พยากรณ์ (ลิตร)	Error	% Error
พ.ค.-52	191.1	522.29	798.39	3,111.25	11175.55	11115.14	60.41	0.54
ก.ค.-52	24.15	465.75	767.65	5,486.88	14357.65	14336.59	21.06	0.15
ส.ค.-52	24.5	394.28	581.03	6,005.00	14748.22	14621.74	126.48	0.87
รวม	2,802.59	11,600.25	7,868.40	68,298.03	219,394.23	219,412.89	-18.66	-0.48
เฉลี่ย	140.13	580.01	393.42	3414.90	10969.71	10970.64	-0.93	-0.02

กราฟเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลจริงกับการพยากรณ์ปี 2551 และปี2552



รูปที่ 4.27 กราฟเปรียบเทียบการใช้น้ำมันดีเซลจริงกับการพยากรณ์ปี 2551 และปี2552

จากตารางที่ 4.21 สามารถอธิบายได้ว่าการพยากรณ์การใช้น้ำมันดีเซล โดยการใช้ข้อมูลการใช้น้ำมันของปี 2551 และ ปี 2552 สร้างสมการพลังงาน แล้วแทนค่าตัวแปรสมการด้วยอัตราผลผลิตของปี 2552 เพื่อหาแนวโน้มของการใช้น้ำมัน ซึ่งจากการพยากรณ์มีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย -0.02% ซึ่งถือได้ว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนที่น้อยมาก จากกราฟจะเห็นได้ว่าเส้นการพยากรณ์ในช่วงปี 2551 การใช้น้ำมันจริงจะสูงกว่าการพยากรณ์เล็กน้อย แต่ในช่วงปี

2552 เส้นการพยากรณ์จะเท่ากับเส้นการใช้น้ำมันจริง ซึ่งถือได้ว่าการใช้น้ำมันในปี 2552 มีประสิทธิภาพมากกว่า ปี 2551

4.9 การประเมินผล

4.9.1 การประเมินด้านพลังงาน

หลังจากโรงงานได้ดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงาน มาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าเครื่องผสมซีเมนต์ มาตรการเปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดอิเล็กทรอนิกส์ มาตรการล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนเครื่องปรับอากาศ มาตรการลดเวลารอคอยการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า(ระยะเวลารอคอยประมาณ 5-10 นาที) มาตรการลดเวลารอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม(ระยะเวลารอคอยประมาณ 1 ชั่วโมง) และมาตรการลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์ แล้วพบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำการศึกษา (มกราคม – ธันวาคม 2551) มีการใช้ไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูงคือประมาณ 3.45 kWh/หน่วย และ 2.57 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ ในช่วงทำการศึกษา(มกราคม – สิงหาคม 2552) พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิต มีการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ย 3.25 kWh/หน่วย และ 2.40 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์รวมของพลังงานทั้ง 2 ชนิด ที่ลดลงได้ 12.41% ซึ่งมีค่าลดลงจากเดิมจึงถือได้ว่า การบริหารการจัดการพลังงานประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ดังตารางที่ 4.22

ตารางที่ 4.22 **สรุปผลการประหยัดพลังงาน**

รายการ	ปี 2551	ปี 2552	% ลดลง
ปริมาณไฟฟ้า(kWh)ต่ออัตราการผลิต(ตัน)	3.45	3.25	5.79
ปริมาณน้ำมันดีเซล(ลิตร)ต่ออัตราการผลิต(ตัน)	2.57	2.40	6.61
รวม	-	-	12.41

4.9.2 การประเมินด้านความพึงพอใจของผู้ประกอบการและพนักงาน

ในการติดตามและประเมินผลการดำเนินงานโครงงานวิจัย เรื่อง การบริหารจัดการพลังงาน : กรณีศึกษาในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์

1. เครื่องมือที่ใช้ในการประเมินผลครั้งนี้เป็นแบบสอบถามแบ่งเป็น 2 ตอนคือ

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบเลือกตอบ (Check list)

ตอนที่ 2 ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงานประจำปีการศึกษา 2552 ลักษณะแบบสอบถามเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ

2. วิเคราะห์และแปรผลข้อมูล ในการวิเคราะห์และแปรผลข้อมูลดำเนินการดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม วิเคราะห์ผลด้วยการหาค่าร้อยละ เสนอผลด้วย ตาราง และแปรผลด้วยการบรรยาย

ตอนที่ 2 ข้อมูลความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงาน วิเคราะห์ผลด้วยการหาค่าร้อยละ เสนอผลด้วยตาราง และแปรผลด้วยการบรรยาย ผู้ตอบแบบสอบถามจะต้องมีความพึงพอในระดับ พึงพอใจมาก และพึงพอใจมากที่สุด รวมกันไม่ต่ำกว่า 80%

ในการแปรความหมายของค่าร้อยละกำหนดดังนี้

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

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลได้เสนอผลการประเมินตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตารางที่ 4.23 สถานภาพทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม จำแนกตามเพศ

เพศ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ชาย	12	48
หญิง	13	52
รวม	25	100

ตอนที่ 2 ข้อมูลแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการบริหารจัดการพลังงานวิเคราะห์ผลด้วยการหาค่าร้อยละ

ตารางที่ 4.24 ค่าเฉลี่ยความคิดเห็นเกี่ยวกับความพึงพอใจในการบริหารจัด การพลังงาน

ประเด็นความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ (คิดเป็นร้อยละ)				
	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	ไม่พึงพอใจ
1. ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน	64%	32%	4%	-	-
2. ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้	60%	36%	4%	-	-
3. ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงงาน	68%	24%	8%	-	-

จากตารางที่ 4.24 พบว่าระดับความพึงพอใจของผู้ตอบแบบสอบถามในการจัดทำแบบสอบถาม เรื่อง การบริหารจัดการพลังงาน กรณีศึกษาโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ จังหวัดพิษณุโลก

ประเด็นที่ 1. ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในระดับมาก และมากที่สุด รวม 96%

ประเด็นที่ 2. ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้ ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในระดับมาก และมากที่สุด รวม 96%

ประเด็นที่ 3. ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงงาน ผู้ตอบแบบสอบถามมีความพึงพอใจในระดับมาก และมากที่สุด รวม 92%

ข้อเสนอแนะที่ 1. โครงการนี้ทำให้พนักงานมีความตื่นตัวในการประหยัดพลังงานมากขึ้น เริ่มมีจิตสำนึกในการใช้ไฟฟ้า และน้ำมันซึ่งเป็นทิศทางที่ดีในการพัฒนาและปรับปรุงเป้าหมายการประหยัดพลังงานในระยะยาวต่อไป

ข้อเสนอแนะที่ 2. เราควรประหยัดพลังงานในทุกส่วนของโรงงาน

ข้อเสนอแนะที่ 3. ภาพรวมในการร่วมมือกันประหยัดพลังงานมีเพียงกลุ่มน้อย

บทที่ 5

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปการทำโครงงานวิจัย

5.1.1 สรุปขั้นตอนการบริหารจัดการพลังงาน

5.1.1.1 ผู้บริหารโรงงานมีความต้องการที่จะลดปริมาณการใช้พลังงานลง

5.1.1.2 โรงงานจัดตั้งหน่วยงานด้านการจัดการพลังงานรวมทั้งกำหนดโครงสร้างอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบ

5.1.1.3 มีการกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและประชาสัมพันธ์

5.1.1.4 ประเมินสถานการณ์การจัดการพลังงานเบื้องต้น โดยการเก็บข้อมูลใบเสร็จค่าไฟฟ้า และน้ำมัน หาดัชนีชี้วัดก่อนทำโครงงาน

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 และ Energy equation

5.1.1.8 หาแนวทางการจัดการประหยัดพลังงาน จัดให้มีการกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

5.1.1.9 เสนอผู้บริหารเพื่อพิจารณา และปฏิบัติตามแผนอนุรักษ์พลังงาน

5.1.1.10 เก็บข้อมูล และประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน

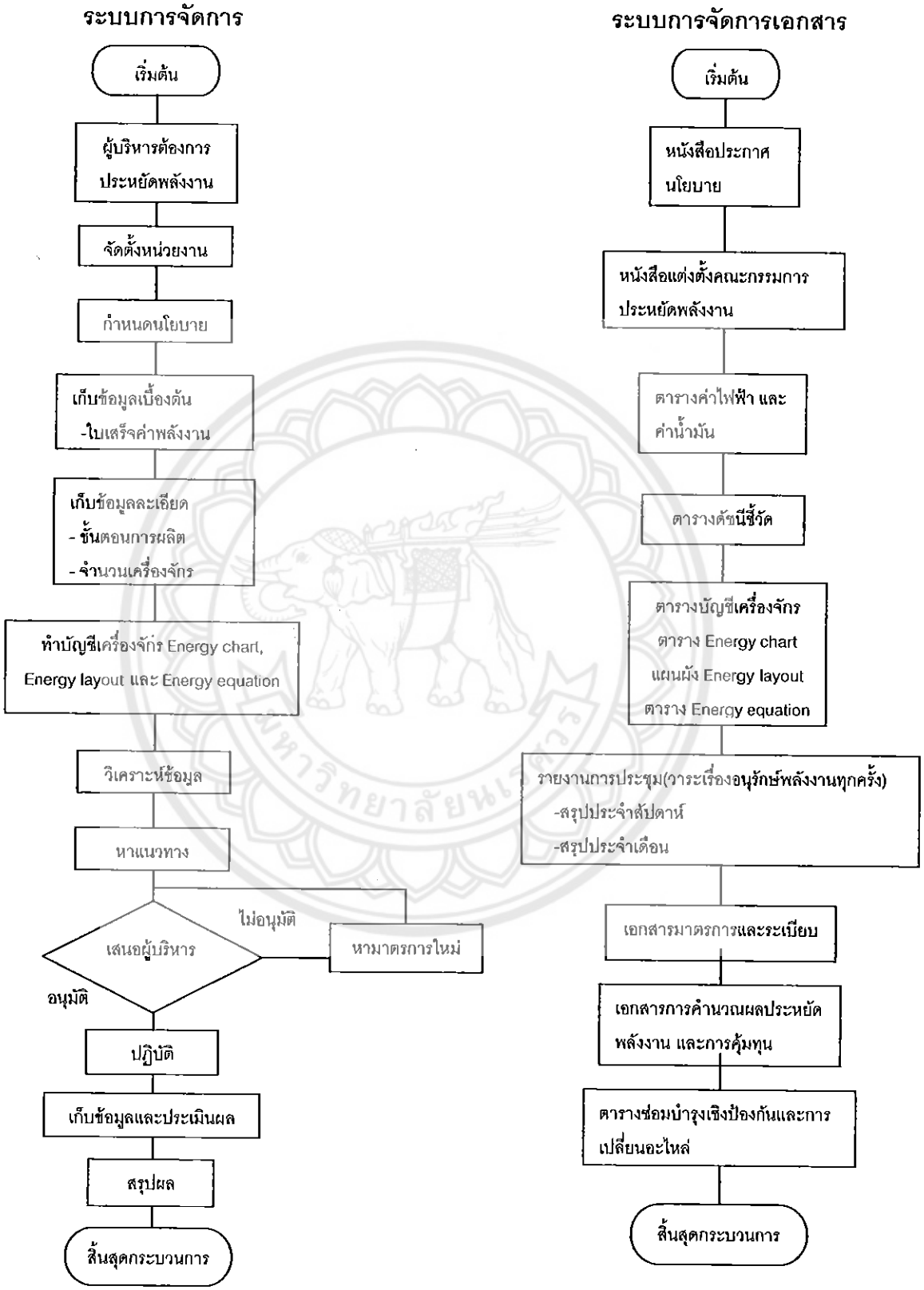
5.1.1.11 ตรวจสอบและวิเคราะห์การปฏิบัติงานตามเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน

5.1.1.12 ตรวจติดตาม และประเมินระบบการจัดการพลังงาน

5.1.1.13 ทบทวนวิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของระบบการจัดการพลังงาน

5.1.1.14 ในการประชุมประจำเดือนของทุกเดือนให้การอนุรักษ์พลังงานเป็นวาระการประชุมขององค์กรด้วย

สรุปก็มีเพียง 4 ขั้นตอน คือ Plan Do Check Action ตามหลักของ Deming Circle ทำเป็น Flow chart ได้ดังนี้



รูปที่ 5.1 Flow chart **ขั้นตอนการจัดการพลังงาน**

5.1.2 สรุปผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์

จากการศึกษาและดำเนินการจัดให้องค์กรมีการบริหารจัดการการใช้พลังงานที่ดีทำให้การใช้ไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลลดลง โดยการออกมาตรการ และระเบียบปฏิบัติ ดังนี้

5.1.2.1 มาตรการลดการเดินเครื่องตัวเปล่าเครื่องผสมซีเมนต์ ลดการใช้พลังงานได้ 504 kW/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 1,774.08 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนได้เงินค่าพลังงานสูญเสียคืนทันทีเมื่อมีการปฏิบัติ

5.1.2.2 มาตรการเปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นชนิดอิเล็กทรอนิกส์ ลดการใช้พลังงานได้ 1,290.24 kW/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 4,541.65 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 0.99 ปี

5.1.2.3 มาตรการล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนเครื่องปรับอากาศในสำนักงานจำนวน 5 ชุด ลดการใช้พลังงานได้ 2,681.28 kW/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 9,438.11 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน 1.12 ปี

5.1.2.4 มาตรการลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์ ลดการใช้พลังงานได้ 67.2 kW/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 236.5 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุนได้เงินค่าพลังงานสูญเสียคืนทันทีเมื่อมีการปฏิบัติ

5.1.2.5 มาตรการลดเวลารอคอยการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า (ระยะเวลารอคอยประมาณ 5-10 นาที) ลดการใช้พลังงานได้ 5,685.12 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 127,912.5 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน ได้เงินค่าพลังงานสูญเสียคืนทันทีเมื่อมีการปฏิบัติ

5.1.2.6 มาตรการลดเวลารอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม (ระยะเวลารอคอยประมาณ 1 ชั่วโมง) ลดการใช้พลังงานได้ 810 ลิตรต่อปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 18,225 บาทต่อปี ระยะเวลาคืนทุน ได้เงินค่าพลังงานสูญเสียคืนทันทีเมื่อมีการปฏิบัติ

ตารางที่ 5.1 ผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ดำเนินงาน

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน	พลังงานที่ใช้ลดลงต่อปี	ผลประหยัด (บาทต่อปี)	ด้านเศรษฐศาสตร์	
			เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
1. ลดการเดินเครื่องตัวเปล่าโม่ผสมปูน	504 kWh	1,774.08	-	-
2. เปลี่ยนบัลลาสต์จากชนิดแกนเหล็กเป็นอิเล็กทรอนิกส์	1,290.24 kWh	4,541.65	9,000	0.99

ตารางที่ 5.1(ต่อ) ผลการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ของมาตรการที่ดำเนินงาน

มาตรการอนุรักษ์พลังงาน		พลังงานที่ใช้ลดลงต่อปี	ผลประหยัด (บาทต่อปี)	ด้านเศรษฐศาสตร์	
				เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาคืนทุน (ปี)
3. ล้าง Coil เย็น และ Coil ร้อนเครื่องปรับอากาศในสำนักงานจำนวน 5 ชุด		2,681.28 kWh	9,438.11	3,000	1.12
4. มาตรการลดความร้อนผิวโครงมอเตอร์		67.2 kWh	236.5	-	-
5. ลดเวลารอคอยการขนส่งคอนกรีตผสมเสร็จให้กับลูกค้า (ระยะเวลารอคอยประมาณ 5-10 นาที)		5,685.12 ลิตร	127,912.5	-	-
6. ลดเวลารอคอยการส่งมอบคอนกรีตผสมเสร็จสาเหตุจากบริเวณพื้นที่ที่ลูกค้าต้องการเทคอนกรีตผสมเสร็จยังไม่พร้อม (ระยะเวลารอคอยประมาณ 1 ชั่วโมง)		810 ลิตร	18,225	-	-
รวมผลประหยัด	**ไฟฟ้า**	**4,542.72 kWh 16,353.79 MJ**	15,990.37	**12,000**	-
	เชื้อเพลิง	**6,495.12 ลิตร 236,422.4 MJ**	146,140.20	-	-
รวมทั้งหมด		252,776.2 MJ	162,130.60	**12,000**	-
คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ที่ลดได้		8.03%	-	-	-

5.1.3 สรุปผลจากการเก็บข้อมูลจริงช่วงการดำเนินโครงงาน

จากค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิตในช่วงก่อนทำการศึกษา(มกราคม – ธันวาคม 2551) มีการใช้ไฟฟ้า และน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ยค่อนข้างสูงคือประมาณ 3.45 kWh/หน่วย และ 2.57 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ ในช่วงทำการศึกษา(มกราคม – สิงหาคม 2552)พบว่าค่าดัชนีการใช้พลังงานของโรงงานเปรียบเทียบกับอัตราการผลิต มีการใช้ไฟฟ้าและน้ำมันดีเซลโดยเฉลี่ย 3.25 kWh/หน่วย และ 2.40 ลิตร/หน่วย ตามลำดับ คิดเป็นเปอร์เซ็นต์รวมของพลังงานทั้ง 2 ชนิด ที่ลดลงได้ 12.41% ซึ่งมีค่าลดลงจากเดิมจึงถือได้ว่า การบริหารการจัดการพลังงานประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้ ดังตารางที่ 5.2

ตารางที่ 5.1 สรุปผลดัชนีชี้วัดช่วงการทำโครงงาน

เดือน/ปี	ผลผลิตต่อเดือน	ปริมาณการใช้พลังงาน				ดัชนีการใช้พลังงาน				
		ไฟฟ้า		น้ำมันดีเซล		ไฟฟ้า		น้ำมันดีเซล		รวม
		kWh	MJ	ลิตร	MJ	kWh/หน่วย	MJ/หน่วย	ลิตร/หน่วย	MJ/หน่วย	MJ/หน่วย
มกราคม	3,270.17	13,146.58	47327.69	9,146.26	333106.79	4.02	14.47	2.8	101.86	116.33
กุมภาพันธ์	3,419.54	13,824.67	49768.81	9,370.31	341266.69	4.04	14.55	2.74	99.80	114.35
มีนาคม	5,699.18	16,005.01	57618.04	12,789.77	465803.42	2.81	10.11	2.24	81.73	91.84
เมษายน	3,923.37	14,766.34	53158.82	10,126.06	368791.11	3.76	13.55	2.58	94.00	107.55
พฤษภาคม	4,623.03	14,381.19	51772.28	11,175.55	407013.53	3.11	11.20	2.42	88.04	99.24
มิถุนายน	6,115.98	16,080.49	57889.76	13,414.97	488573.21	2.63	9.47	2.19	79.88	89.35
กรกฎาคม	6,744.43	18,056.54	65003.54	14,357.65	522905.61	2.68	9.64	2.13	77.53	87.17
สิงหาคม	7,004.81	20,443.63	73597.07	14,748.22	537130.17	2.92	10.51	2.11	76.68	87.19
กันยายน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ตุลาคม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
พฤศจิกายน	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ธันวาคม	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
รวม	40,800.51	126,704.45	456136.02	95128.79	3464590.53	25.97	93.49	19.21	699.53	793.02
สูงสุด	7,004.81	20,443.63	73597.07	14,748.22	537130.17	4.04	14.55	2.8	101.86	116.33
ต่ำสุด	3,270.17	13,146.58	47327.69	9,146.26	333106.79	2.63	9.47	2.11	76.68	87.17
เฉลี่ย	5100.06	15,838.06	57017.00	11891.10	433073.82	3.25	11.69	2.40	87.44	99.13

หมายเหตุ : จากการเก็บข้อมูลจากใบเสร็จค่าไฟฟ้า และใบเสร็จค่าน้ำมัน ในแต่ละเดือนหลังการปฏิบัติตามมาตรการ

5.2 ปัญหาในการดำเนินโครงงานวิจัย

5.2.1 ผู้จัดทำไม่มีความชำนาญในการใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ และการทำการประหยัดพลังงาน

5.2.2 เนื่องจากเป็นโรงงานขนาดเล็กการเก็บข้อมูล จึงเป็นการจดบันทึกย้อนหลังซึ่งข้อมูลอาจไม่ตรงตามความเป็นจริง

5.2.3 การผลิตไม่มีการวางแผนแน่นอน หรือบางผลิตภัณฑ์อาจจะไม่ทำการผลิตทุกวัน การผลิตจะขึ้นอยู่กับของในคลังสินค้า ทำให้การเก็บข้อมูลทำได้ยาก

5.3 ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม สำหรับการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและน้ำมันดีเซล มีดังต่อไปนี้

5.3.1 การเก็บข้อมูลควรมีความถูกต้อง สมบูรณ์เป็นไปตามการผลิตจริง เพื่อให้การวิเคราะห์ข้อมูลเป็นไปอย่างถูกต้อง และสามารถลดการใช้พลังงานได้อย่างตรงจุด

5.3.2 ทำความสะอาดมอเตอร์เป็นประจำทุกวัน เพื่อทำให้มอเตอร์ระบายความร้อนได้ดี ลดอุณหภูมิของมอเตอร์จะทำให้ประหยัดไฟฟ้าได้

5.3.3 ควรมีการบำรุงรักษาอุปกรณ์ไฟฟ้าและ Panel Board อย่างสม่ำเสมอ พิจารณาวางแผนการใช้ไฟฟ้า โดยพยายามรักษาระดับความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดให้ต่ำที่สุด โดยไม่ทำให้มีผลกระทบต่อส่วนอื่นและกำหนดเป้าหมายความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดไว้ด้วย

5.3.4 ควรมีการสำรวจจัดทำรายการแสดงเครื่องจักร และอุปกรณ์ที่ใช้ไฟฟ้าทั้งหมดขึ้น พร้อมทั้งมีการตรวจวัดและบันทึกข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารทุกๆ ชั่วโมง เช่น กิโลวัตต์, กิโลวัตต์อาวร์, แรงเคลื่อนไฟฟ้า, กระแสไฟฟ้าและเพาเวอร์แฟคเตอร์ทุกๆ ชั่วโมง เพื่อเก็บสถิติ และนำผลที่ได้มาจัดทำ Load Curve ซึ่งจะใช้ในการพิจารณาลดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด (Peak Demand)

5.3.5 กระจายการทำงาน ของโหลดออกไปจากช่วงเวลาที่จะเกิดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุด และจัดทำตารางกำหนดช่วงเวลาการทำงานของเครื่องจักรเอาไว้ ตามลำดับอย่างเหมาะสม

บรรณานุกรม

แซลลี มอร์แกน. (2545). **พลังงานปัจจุบันและสู่อนาคต.** (รศ.ดร.สุนทร โคตรบรรเทา, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: บริษัทพัฒนาคุณภาพวิชาการ(พว.).

ปนัดดา ศรีจันทรา. (3 มีนาคม 2552). **เมื่อต้องซ่อมบำรุงรักษา และแก้ปัญหามอเตอร์ไฟฟ้า.** สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2552, จาก http://www.thailandindustry.com/home/FeatureStory_preview.php?id=5609&section=9

พิพัฒน์ ภู่ทอง. (2550). **การศึกษาการประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำ 3 เฟส โดยการใช้ตัวควบคุมการจัดการแบบเหมาะสมชนิดพลวัต.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

ฟุคุนางะ อิจิโระ. (2530). **เทคนิคการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลในโรงงาน.** (ปริทรรศน์ พันธุบรรยงก์, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: บริษัท เอเชียเพรส จำกัด.

วัชระ มั่งวิทิตกุล. (2548). **กระบวนการและเทคนิคการลดค่าใช้จ่ายพลังงานสำหรับอาคาร และโรงงานอุตสาหกรรม.** (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: บริษัท เรียว ยู พาวเวอร์ จำกัด.

วัชระ มั่งวิทิตกุล. (2550). **ศิลปะการจัดการพลังงาน.** กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ หจก. สามลดา.

ศราภรณ์ อัษฎกช. (2545). **การจัดการพลังงานในโรงงานผลิตน้ำบางเขน** วิทยานิพนธ์ วท.บ., มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ศิษฎา สิมารักษ์. (2549). **ตำราเรื่อง การประหยัดพลังงาน.** พิษณุโลก คณะวิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ มหาวิทยาลัยนเรศวร.

สำนักนโยบายและแผนพลังงานกระทรวงพลังงาน. (ม.ป.ป.). **อนุรักษ์พลังงาน.** สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2552, จาก http://www.eppo.go.th/encon/index.html

เอกชัย รัตนบรรลือ และอนุรักษ์ ตรีเพชร. (ม.ป.ป.). **การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุสาหกรรม.** สืบค้นเมื่อ 2 เมษายน 2552, จาก http://mte.kmutt.ac.th/mte_learning/Energy_Conservation_in_Industrial_Plant/5_4_4.html

บรรณานุกรม(ต่อ)

อนุชิต เผชิญสุขชนะโชค. (2550). **การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรมรองเท้า : กรณีศึกษา บริษัท เจเอเอส ฟุตแวร์ จำกัด.** วิทยานิพนธ์ วศ.ม., สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ, กรุงเทพฯ.

อนุศักดิ์ ฉิ่นไพศาล. (2543). งานซ่อมบำรุงรักษาอุปกรณ์ส่งกำลังในเครื่องจักรกล. กรุงเทพฯ: ซีเอ็ดยูเคชั่น.

อมรรัตน์ แก้วประดับ. (2546). **การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทโลหะ** วิทยานิพนธ์ ป.บัณฑิต(เทคโนโลยีพลังงาน), มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพฯ.

ภาคผนวก ก

รายละเอียดตาราง บัญชีเครื่องจักร

Energy Chart, Energy Layout

ตาราง ก.1 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในสายการผลิต

รหัส	รายการเครื่องจักร	ขนาด	หน่วย	จำนวน
C100	แผนก CPAC			
C101	ควบคุมอุณหภูมิหิน	0.5	HP	1
C102	ลากหินทราย	10	HP	1
C103	หันซ้ายขวาในการโกยหิน	0.5	HP	1
C104	ระบบไฮดรอลิก	5.4	HP	1
C105	กวนน้ำยา	0.5	HP	1
C106	ลำเลียงน้ำยาไปชั่ง	0.5	HP	1
C107	ส่งน้ำยาไปผสม	0.5	HP	1
C108	กวนส่วนผสมปูน	50	HP	1
C109	ระบบไฮดรอลิก	5.4	HP	1
C110	ลำเลียงน้ำไปชั่ง	2	HP	1
C111	ลำเลียงผงปูนไปชั่ง	7.4	HP	1
C112	ลำเลียง PFA ไปชั่ง	7.4	HP	1
C113	ปั๊มลม	4.5	HP	1
CO101	ควบคุมระบบการผลิต	0.37	HP	1
CO102	พิมพ์เอกสารให้ลูกค้า	0.037	HP	1
CO103	ทำความเย็นสำหรับตู้ควบคุม	2.2	HP	1
B100	แผนก อิฐบล็อก 1-2			
B101	กวนส่วนผสมปูน	15	HP	1
B102	สายพานลำเลียงปูน	5	HP	1
B103	สั่นปูนให้แน่น	2	HP	1
B104	ด้นอิฐบล็อก	2	HP	1
B105	สั่นปูนให้แน่น	2	HP	1
B100	แผนก อิฐบล็อก 3-4			
B106	กวนส่วนผสมปูน	15	HP	1
B107	สายพานลำเลียงปูน	5	HP	1

ตาราง ก.1 (ต่อ) เครื่องจักรและอุปกรณ์ในสายการผลิต

รหัส	รายการเครื่องจักร	ขนาด	หน่วย	จำนวน
B100	**แผนก อิฐบล็อก 3-4**			
B108	สั่นปูนให้แน่น	2	HP	1
B109	ดันอิฐบล็อก	2	HP	1
B110	สั่นปูนให้แน่น	2	HP	1
B100	แผนก อิฐบล็อก 5-6			
B111	กวนส่วนผสมปูน	15	HP	1
B112	สายพานลำเลียงปูน	5	HP	1
B113	สั่นปูนให้แน่น	2	HP	1
B114	ดันอิฐบล็อก	2	HP	1
B115	สั่นปูนให้แน่น	2	HP	1
M100	**แผนก ท่ออัดแรง**			
M101	เขย่าทราย	2	HP	1
M102	สายพานทราย	2	HP	1
M103	สายพานหิน	2	HP	1
M104	สายพานปล่อยปูนยุ้ง	2	HP	1
M105	ปั๊มน้ำ	1	HP	1
M106	กวนส่วนผสมปูน	50	HP	1
M107	สายพานปล่อยปูนโม่	2	HP	1
M108	สายพานจ่ายปูน	2	HP	1
M109	เลื่อนรางปล่อยปูน	5	HP	1
M110	สั่นปูน	2	HP	1
M111	สั่นด้านล่างแบบเล็ก	1	HP	1
M112	สั่นด้านล่างแบบเล็ก	1	HP	1
M113	คานกระโจมเล็ก	2	HP	1
M114	ปั๊มไฮดรอลิกเล็ก	10	HP	1
M115	สั่นด้านล่างแบบใหญ่	1	HP	1

ตาราง ก.1 (ต่อ) เครื่องจักรและอุปกรณ์ในสายการผลิต

รหัส	รายการเครื่องจักร	ขนาด	หน่วย	จำนวน
T100	**แผนก ท่ออัดแรง**			
M116	สั่นด้านล่างแบบใหญ่	1	HP	1
M117	สั่นด้านล่างแบบใหญ่	1	HP	1
M118	สั่นด้านล่างแบบใหญ่	1	HP	1
M119	ปั๊มไฮดรอลิกใหญ่	10	HP	1
M120	คานกระโจมใหญ่	2	HP	1
M121	ปั๊มน้ำเครื่องอ๊ากเหล็ก	0.5	HP	1
M122	ปั๊มน้ำเครื่องอ๊ากเหล็ก	0.5	HP	1
M123	ปั๊มน้ำเครื่องอ๊ากเหล็ก	0.5	HP	1
M124	เครื่องอ๊ากเหล็ก	-	-	1
M125	เครื่องอ๊ากเหล็ก	-	-	1
M126	เครื่องอ๊ากเหล็ก	-	-	1
M127	ปั๊มลม	7.5	HP	1
T100	**แผนก เสา-วงบ่อ**			
T101	แท่นโม่	5	HP	1
T102	แท่นโม่	5	HP	1
T103	แท่นโม่	5	HP	1

ตาราง ก.2 เครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบสนับสนุน

รหัส	รายการเครื่องจักร	ขนาด	หน่วย	จำนวน
S101	ตู้เชื่อม	147	A	1
S102	ตู้เชื่อม	153.4	A	1
S103	ตู้เชื่อม	88.5	A	1
S104	ตู้เชื่อม	88.5	A	1
S105	ตู้เชื่อม	147	A	1
S106	ตู้เชื่อม	147	A	1
S107	แท่นสว่าน	1	HP	1
S108	ปั๊มน้ำประปา	5	HP	1
S109	ม้วนเหล็กใหญ่	3	HP	1
S120	ม้วนเหล็กเล็ก	1	HP	1
S121	ปั๊มลมแดงเล็ก	1	HP	1

ตารางที่ ก.3 Energy chart กระบวนการผลิตแผนกเสา

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
1. ชั่งผงปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์สกรูปูนขนาด 5 HP เพื่อดึงผงปูนจากถังเก็บลงมาชั่ง	-	-อุณภูมิมอเตอร์ 45 องศาเซลเซียล
2. ลำเลียงผงปูน	-รถโฟคลิฟขนาด 80 HP	- ใช้น้ำมัน 30-50 ลิตร/คัน	-ลำเลียงผงปูนไปที่ Mixer เพื่อผสม	-	-
3. ผสมปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ ขนาด 2 HP เพื่อปั่นเครื่อง Mixer มีปริมาตร 0.3 KB.M	-	-อุณภูมิมอเตอร์ 86 องศาเซลเซียล
4. การลำเลียงปูนที่ผสมเสร็จแล้ว	-รถดรั๊มเปอร์ ขนาด 11 HP	-ใช้น้ำมัน 3-5 ลิตรในการลำเลียงปูน	-ใช้ลำเลียงปูนที่ผสมเสร็จแล้วมาเทลงกระบะ	-	-
5. กระบวนการขึ้นรูป	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่อง Vibration เพื่อไล่ฟองอากาศภายในเนื้อปูนขณะเทลงแบบ	-	-
6. การจัดวาง	รถเครน No. 9 , No. 11	- ใช้น้ำมัน 50 ลิตร	-ใช้ในการลำเลียงเสาสำเร็จรูปที่เตรียมจะขายไปกองไว้ที่เก็บ	-	-

ตารางที่ ก.4 Energy chart กระบวนการผลิตแผนกวงบ่อ

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
1. ชั่งผงปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์สกรูปูน ขนาด 5 HP เพื่อดึงผงปูนจากถังเก็บลงมาชั่ง	-	-อุณภูมิมอเตอร์ 45 องศาเซลเซียล
2. ลำเลียงผงปูน	-รถโฟคลิฟ ขนาด 80 HP	-ใช้น้ำมัน 30-50 ลิตร/คัน	-ลำเลียงผงปูนไปที่ Mixer เพื่อผสม	-	-อุณภูมิรถโฟคลิฟ 95 องศาเซลเซียล
3. ผสมปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 2 HP ใช้ในการปั่น Mixer มีปริมาตร 0.3 KB.M	-	-อุณภูมิมอเตอร์ 53 องศาเซลเซียล
4. ลำเลียงปูนผสมเสร็จแล้ว	-รถดรั๊มเปอร์ ขนาด 11 HP	-ใช้น้ำมัน 3-5 ลิตรในการลำเลียงปูน	-ใช้ลำเลียงปูนที่ผสมเสร็จแล้วมาเทลงกระบะ	-	-อุณภูมิรถดรั๊มเปอร์ 75 องศาเซลเซียล
5. ลำเลียงวงบ่อ	-รถโฟคลิฟ ขนาด 80 HP	-ใช้น้ำมัน 30-50 ลิตร/คัน	-ลำเลียงวงบ่อที่หล่อเสร็จแล้วไปเก็บที่เพื่อรอขาย	-	-อุณภูมิรถโฟคลิฟ 95 องศาเซลเซียล

ตารางที่ ก. 8 Energy chart กระบวนการจำหน่ายแผนกจำหน่ายวัสดุก่อสร้าง

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
1.สั่งซื้อสินค้า	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่อง fax เพื่อส่งเอกสารสั่งซื้อให้ลูกค้า	-	-อุณหภูมิเครื่องส่ง fax 38 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่อง computer เพื่อส่งเอกสารสั่งซื้อให้ลูกค้า	-	-อุณหภูมิเครื่อง computer 49 องศาเซลเซียล
2. รับสินค้า/ตรวจนับสินค้า	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้ากับหลอดไฟ(โดยใช้บัลลาสต์แกนเหล็กเป็นตัวควบคุมแหล่งจ่ายพลังงาน) เพื่อเพิ่มแสงสว่างในพื้นที่การทำงาน	-	-อุณหภูมิหลอดไฟ 68 องศาเซลเซียล
3. จัดเรียงประเภทของสินค้า	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้ากับหลอดไฟ เพื่อเพิ่มแสงสว่างในพื้นที่การทำงาน	-	-อุณหภูมิหลอดไฟ 68 องศาเซลเซียล
4. ขายสินค้า	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	- ใช้พลังงานไฟฟ้ากับ printer เพื่อพิมพ์เอกสารให้ลูกค้า	-	-อุณหภูมิเครื่องส่ง printer 38 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	- ใช้พลังงานไฟฟ้ากับ printer เพื่อบันทึกข้อมูลรายการขาย	-	-อุณหภูมิเครื่อง printer 47 องศาเซลเซียล
5. จัดส่ง	-รถเครนขนาด 120 HP	- ใช้น้ำมัน 30-50 ลิตร/คัน	-ใช้ในการขนส่งสินค้าให้ลูกค้า	-	-

ตารางที่ ก. 7 Energy chart กระบวนการผลิตแผนกอิฐบล็อก

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
1.เตรียมวัตถุดิบ	-รถตักขนาด 320 HP	-ใช้น้ำมัน 50- 80 ลิตร/คัน	-ลำเลียงหิน/ทรายลงถังที่เก็บ	-	-
2. ผสมปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ 3 ตัว ขนาดตัวละ 15 HP เพื่อใช้พลังงานจากมอเตอร์ในการปั่นMixer	-	-อุณหภูมิมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล
3. ลำเลียงปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ 3 ตัว ขนาดตัวละ 2 HP ลำเลียงปูนไปยังตัวจ่ายปูน	-	-อุณหภูมิมอเตอร์ 46 องศาเซลเซียล
4. ขึ้นรูปอิฐบล็อก	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ 6 ตัว ขนาดตัวละ 2 HP สั้นให้เพื่อเนื้อปูนเข้าแบบได้ดี	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 86 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ 3 ตัว ขนาดตัวละ 5 HPใช้ดันตัวอิฐบล็อกที่ขึ้นรูปแล้วออกจากแท่นพิมพ์	-	อุณหภูมิมอเตอร์ 84 องศาเซลเซียล
5. การจัดวาง	-รถโฟคลิฟขนาด 80 HP	-ใช้น้ำมัน 30-50 ลิตร/คัน	-ลำเลียงอิฐบล็อกที่ขึ้นรูปแล้วไปวางตากแดด	-	-

ตารางที่ ก. 6 (ต่อ) Energy chart กระบวนการผลิตแผนกท่ออัดแรง

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์สั่นขนาด 2 HP เพื่อสั่นให้เนื้อปูนผสมเสร็จลงรางได้ดีขึ้น	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 49 องศาเซลเซียล
5. หล่อท่ออัดแรง	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์สั่นด้านล่าง 6 ตัว ขนาดตัวละ1 HP สั่นตัวแบบขณะเทปูนลงแบบเพื่อให้เนื้อปูนลงแบบได้ดีขึ้น	-	
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์กระโจม 2 ตัว ขนาดตัวละ 2 HP กดทับบริเวณปากของแบบหล่อท่ออัดแรงให้เนื้อปูนแน่น	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 54 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ไฮดรอลิก 2 ตัว ขนาดตัวละ 5 HPใช้ดันตัวท่ออัดแรงที่หล่อแล้วขึ้นมาจากแบบ	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 51 องศาเซลเซียล
6. ลำเลียงท่ออัดแรงไปบ่ม	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับ มอเตอร์รถ 3 ล้อ ขนาด 2 HP เพื่อใช้ลำเลียงท่ออัดแรงที่หล่อเสร็จแล้วไปบ่ม	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 48 องศาเซลเซียล
7. จัดเก็บ	-รถโฟคลิฟขนาด 80 HP	-ใช้น้ำมัน 30-50 ลิตร/คัน	-ลำเลียงท่ออัดแรงที่หล่อเสร็จแล้วไปเก็บที่เพื่อรอขาย	-	

ตารางที่ ก. 6 (ต่อ) Energy chart กระบวนการผลิตแผนกท่ออัดแรง

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
3. ผสมปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 50 Hp เพื่อกวนส่วนผสมให้เข้ากัน	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 47 องศาเซลเซียล
4. ลำเลียงปูนผสมเสร็จ	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ 2 Hp เพื่อลำเลียงปูนที่ผสมแล้วเข้า HOPPER	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ HOPPER ขนาด 2 HP เพื่อปล่อยปูนผสมเสร็จไปตามรางปล่อย	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 46 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ HOPPER ขนาด 2 HP เพื่อปล่อยปูนผสมเสร็จไปตามรางปล่อย	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 46 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์หมุนรอบทิศ 1 Hp เพื่อเปลี่ยนทิศทางซ้าย/ขวา ของสายพานปล่อยปูน	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล

ตารางที่ ก. 6 Energy chart **กระบวนการผลิตแผนกท่ออัดแรง**

Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
1. เชื่อมโครงเหล็ก	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้ากับเครื่องอ๊ากเหล็ก 3 ตัว เพื่อใช้เชื่อมโครงเหล็ก	-	-
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ 3 ตัวละ 0.37 Hp เพื่อใช้น้ำในการหล่อเย็น	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 41 องศาเซลเซียล
	-ปั้มลม 7.5 Hp ผลิตลม อัดความดัน 8-10 bar	-ความดันลมเข้ากระบวนการที่ 3 bar	-ใช้พลังงานลม ขับเคลื่อนกระบอกลมในการอ๊ากเหล็ก	-	-
2. ลำเลียงวัตถุดิบ	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 2 HP เพื่อเขย่าทรายที่ถังเก็บให้ลงสายพาน	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 39 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 2 HP เพื่อลำเลียงน้ำขึ้นเครื่อง Mixer	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 41 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 2 HP เพื่อลำเลียงผงปูนขึ้นเครื่อง Mixer	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 45 องศาเซลเซียล

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) Energy chart กระบวนการผลิตแผนก CPAC

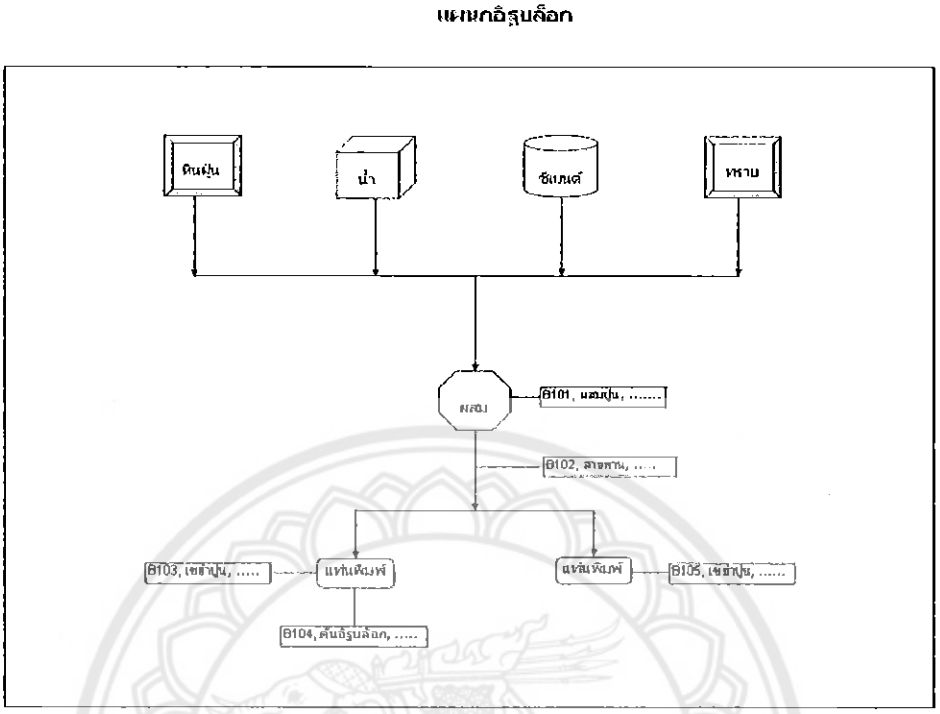
Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์น้ำขนาด 5 Hp เพื่อใช้ในการลำเลียงน้ำเข้าเครื่องชั่ง	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 48 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 10 Hp เพื่อใช้ในการลำเลียงหิน/ทรายที่ชั่งแล้วไปผสมที่เครื่อง Mixer	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 42 องศาเซลเซียล
6. จัดส่ง	-รถโม่ขนาด 320 Hp	-ใช้น้ำมัน 29 ลิตร	-ใช้ในการลำเลียงปูนผสมเสร็จไปส่งให้ลูกค้า	-	

ตารางที่ ก.5 (ต่อ) Energy chart กระบวนการผลิตแผนก CPAC

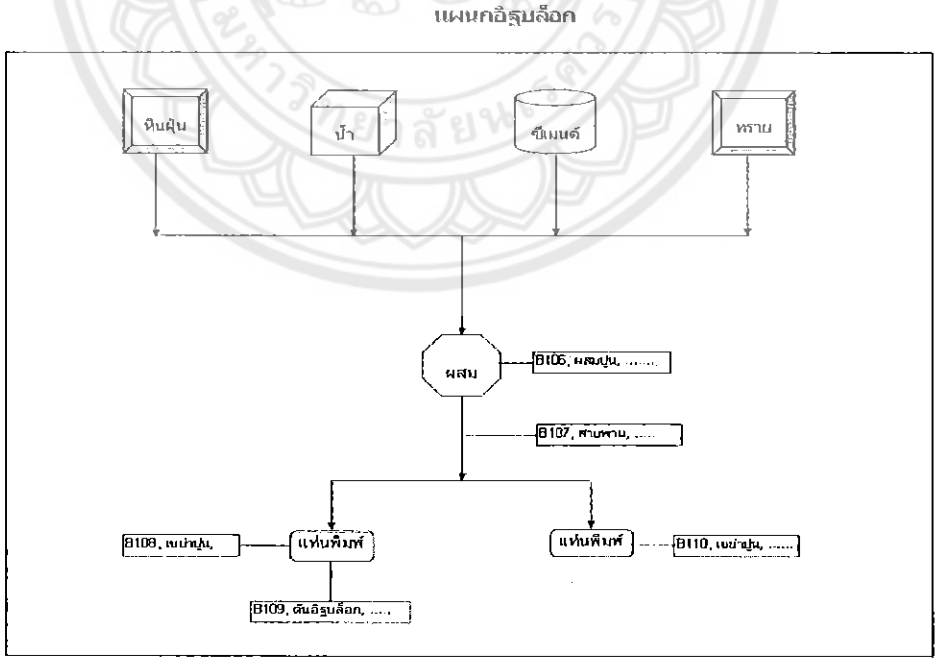
Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
4. การใช้ลมอัด	-ปั๊มลม 5 Hp ผลิตลมอัดความดัน 6-8 bar	-ความดันลมเข้ากระบวนการที่ 5 bar	-ใช้พลังงานลม ขับเคลื่อนไฮดรอลิก, ส่งน้ำยาไปที่ Mixer, ชั่งน้ำ, ชั่งผงปูน, ชั่ง PFA	-	-
5. ผสมปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ปูน 50 Hp เพื่อใช้ในการผสมปูน	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 45 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ไฮดรอลิก 2 Hp เพื่อใช้ในการเปิด/ปิดการปล่อยปูนลงรถ	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 0.5 Hp เพื่อใช้ในการลำเลียงน้ำยาเข้าเครื่องชั่ง	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์น้ำยาตัวล้างขนาด 0.5 Hp เพื่อใช้ในการลำเลียงน้ำยาที่ชั่งแล้วไปผสมที่เครื่อง Mixer	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 46 องศาเซลเซียล

ตารางที่ ก.5 Energy chart กระบวนการผลิตแผนก CPAC

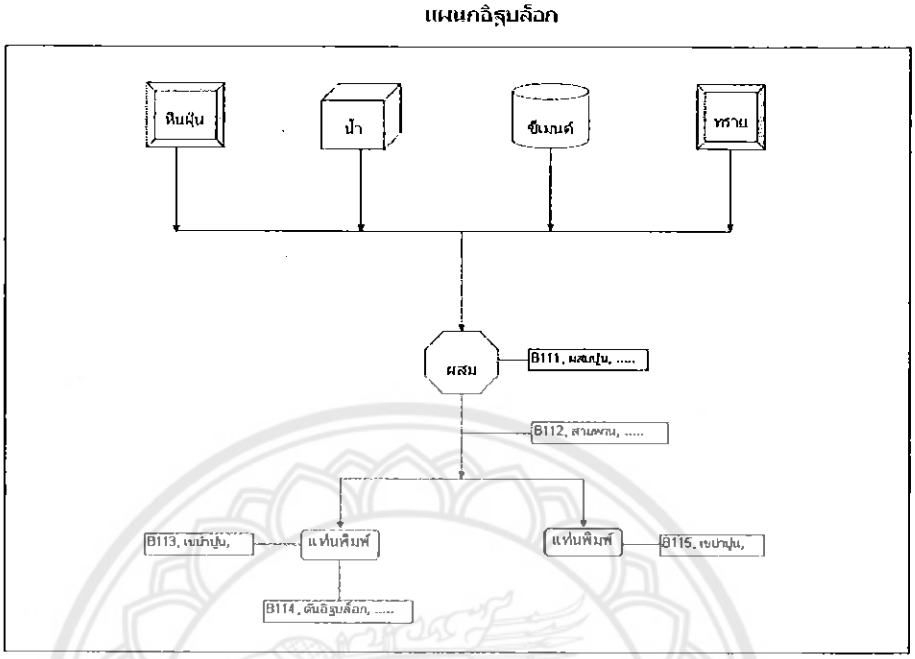
Processes	Original Energy Potential	Process Input Energy Potential	Energy Utilization	Residual Energy Potential	Machine and Product Energy Potential
1. ลำเลียงผงปูน	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 7.5 Hp เพื่อลำเลียงผงปูนเข้าเครื่องชั่ง	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 41 องศาเซลเซียล
2. ลำเลียง PFA	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 7.5 Hp เพื่อลำเลียง PFAเข้าเครื่องชั่ง	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 43 องศาเซลเซียล
3. ลากหิน/ทราย	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์เครนขนาด 10 Hp เพื่อใช้ในการลากหิน และทราย	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 41 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์สวิงเครน ขนาด 2 Hp เพื่อใช้ในการเปลี่ยนทิศทางของเครนซ้าย/ขวา	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 40 องศาเซลเซียล
	-หม้อแปลงไฟฟ้า 250 kVA	-ระดับแรงดันไฟฟ้า 385-390 V	-ใช้พลังงานไฟฟ้าขับมอเตอร์ขนาด 1 Hp ฉีดละอองน้ำให้กับหินและทราย	-	-อุณหภูมิของมอเตอร์ 44 องศาเซลเซียล



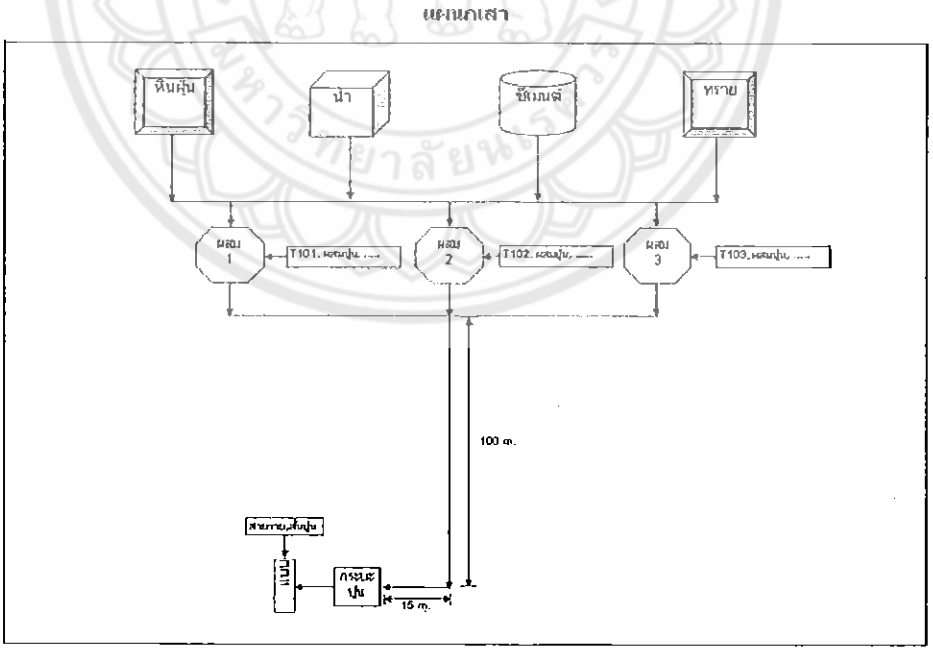
รูปที่ ก.1 Energy layout ของแผนกอิฐบล็อกหัวปั้มที่ 1



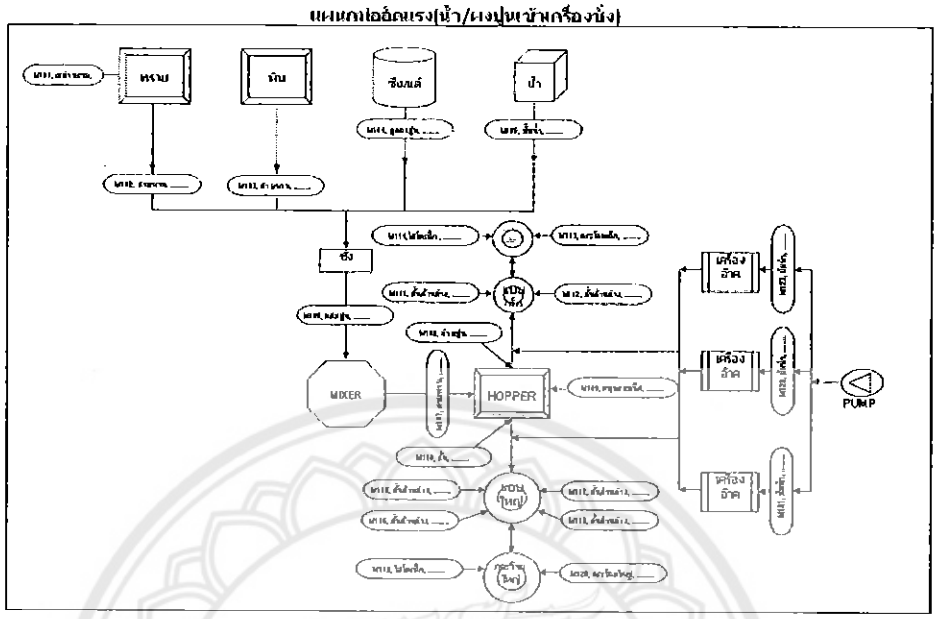
รูปที่ ก.2 Energy layout ของแผนกอิฐบล็อกหัวปั้มที่ 2



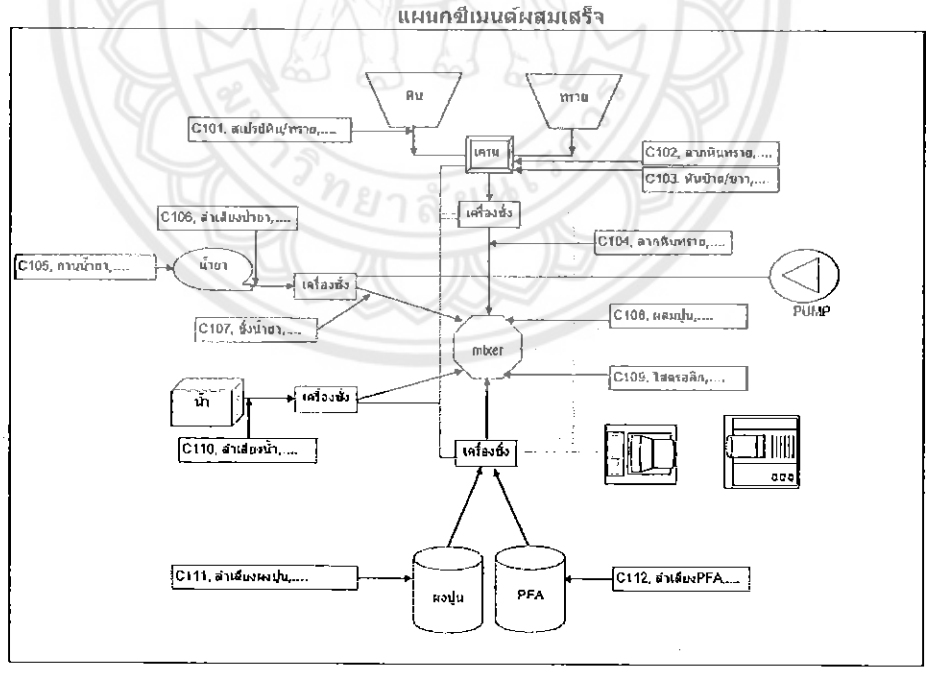
รูปที่ ก.3 Energy layout ของแผนกอิฐบล็อกหัวปั้มที่ 3



รูปที่ ก.4 Energy layout ของแผนกเสา-วาบ่อ



รูปที่ ก.5 Energy layout ของแผนกท่ออัดแรง



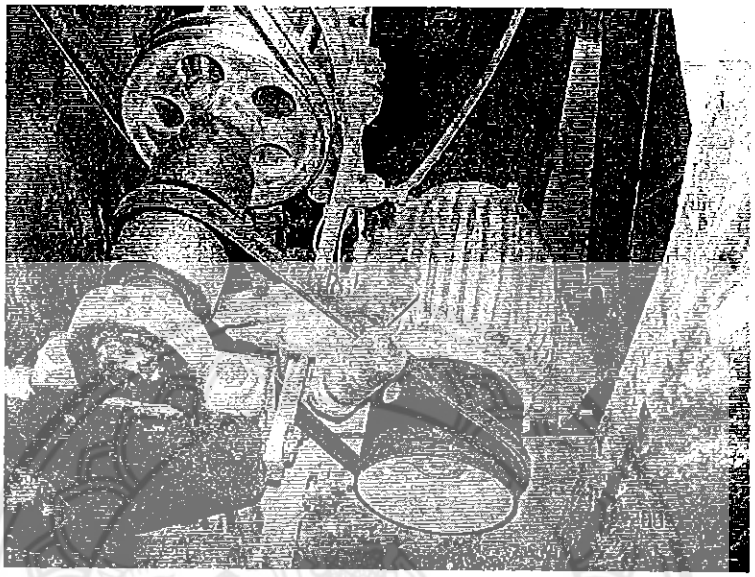
รูปที่ ก.6 Energy layout ของแผนก CPAC

ภาคผนวก ข

ระเบียบปฏิบัติ
ตารางซ่อมบำรุงเชิงป้องกัน

1. ระเบียบปฏิบัติ

1.1 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของมอเตอร์ไฟฟ้า

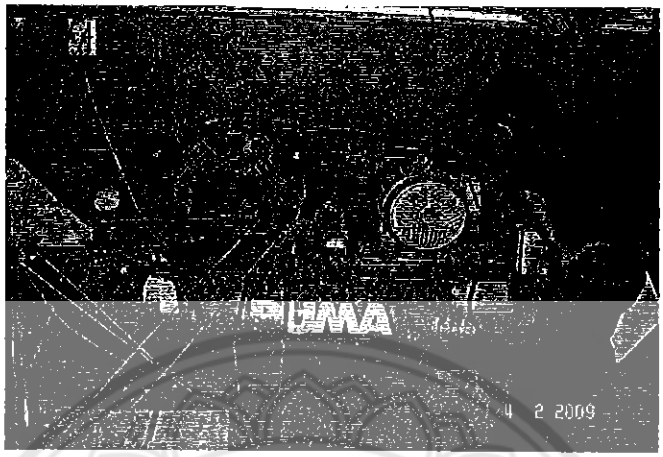


รูปที่ ข.1 แสดงมอเตอร์ไฟฟ้า

ตารางที่ ข.1 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของมอเตอร์ไฟฟ้า

ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
		1	2	3
1. ใช้แปรงทำความสะอาดมอเตอร์ทุกตัวสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ทุกแผนก	หัวหน้าแผนกทุกแผนก			
2. ป้องกันการล้นของน้ำในถังและการล้างเศษส่วนผสมปูนลงมาทำให้น้ำกระเด็นถูกมอเตอร์ข้างล่าง โดยเฉพาะบริเวณ CPAC	คุณกสินทร์			
3. ตรวจสอบมอเตอร์ทุกสัปดาห์โดยการใช้หลังมือสัมผัสบริเวณครีบมอเตอร์ถ้าความร้อนเกินกว่าหลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน	หัวหน้าแผนกทุกแผนก			
4. ตรวจสอบมอเตอร์ทุกตัวทุกสัปดาห์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ	หัวหน้าแผนกทุกแผนก			

1.2 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของปั๊มลม



รูปที่ ข.2 ปั๊มลมที่ใช้งาน

ตารางที่ ข.2 ระเบียบปฏิบัติเพื่อการประหยัดพลังงาน ของปั๊มลม

ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
		1	2	3
1. ใช้แปรงทำความสะอาดครีบระบายอากาศปั๊มลูกสูบลมทุกสัปดาห์	กสินทร์/จเร			
2. ตรวจนัต สกรู สลักเกลียวที่ขันต่อ ยึดฐาน และแท่นทุก จุดให้เรียบร้อย เดือนละ1ครั้ง	กสินทร์/จเร			
3. เช็คความตึงของสายพานส่งกำลัง ออกแรง 2 ปอนด์ กดกลางสายพานทีละเส้น หากสายพานยืดตัวจนต่ำลงไปจากเดิม (วัดเทียบกับเส้นที่ไม่ถูกกด) มีระยะเท่ากับความหนาของสายพานถือว่า ความตึงนั้นถูกต้อง	กสินทร์/จเร			
4. ตรวจสภาพหม้อกรองอากาศ ผ้ากรอง	กสินทร์/จเร			
5. ปิดวาล์วใหญ่ที่ปั๊มลมทุกวันหลังเลิกงาน	กสินทร์/จเร			
6. เช็คไส้กรองน้ำมันเครื่องเดือนละครั้ง และเปลี่ยนใหม่ทุก 6 เดือน	กสินทร์/จเร			
7. ตรวจเช็คระดับน้ำมันเครื่องให้อยู่ในระดับที่กำหนดเดือนละครั้ง ทั้งนี้เพื่อป้องกันอากาศรั่วเข้าสู่ระบบหล่อลื่นได้	กสินทร์/จเร			
8. ฟังเสียงผิดปกติของปั๊มลมเวลาทำงาน โดยให้ตรวจสอบทุกวัน	กสินทร์/จเร			

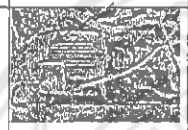
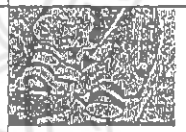
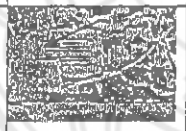
1.3 ระเบียบการปฏิบัติงานเพื่อการประหยัดพลังงาน

รูปที่ ข.3 การประชุมเพื่อหามาตรการ และระเบียบปฏิบัติ

ตารางที่ ข.3 ระเบียบการปฏิบัติงานเพื่อการประหยัดพลังงาน

ระเบียบปฏิบัติ	ผู้รับผิดชอบ	ตรวจสอบครั้งที่		
		1	2	3
1. ให้ช่างร้านแอร์มาทำความสะอาดเครื่องปรับอากาศทุกเครื่องทุก 6 เดือน	ประนอม นุชจรี			
2. ให้ปิดจอภาพคอมพิวเตอร์ เมื่อจะไม่ใช้งานใน 1ชั่วโมง	นุชจรี			
3. จัดเวลาเปิดปิดเครื่องปรับในสำนักงานด้านหน้า 3 เครื่องที่เดิมเปิดทั้ง 3 เครื่อง อุณหภูมิ 23 องศา เป็นเรียงเปิดทีละเครื่อง เวลา 9.00น. 11.00น. และบ่ายใช้พัดลมช่วย ส่วนเครื่องที่ 3ให้ใช้สลับเปิดหมุนเวียนไป	รัจนี			
4.เข้มงวดในการวางแผนเส้นทางการจัดส่งสินค้าให้ลูกค้าอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดเพื่อประหยัดค่าน้ำมัน	รำเพย			
5. กรณีไฟฟ้าดับให้พนักงานที่รับผิดชอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ไฟฟ้าทุกชนิดปิดสวิทช์การทำงานทั้งหมดทันทีและทยอยเปิดเมื่อไฟฟ้ามา	พนักงานทุกแผนก			

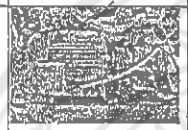
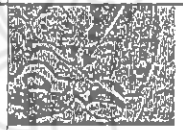
แผนก EPAC รหัส C101 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			17/8/52	18/8/52	19/8/52	20/8/52	21/8/52	24/8/52	24/8/52	27/8/52	28/8/52	29/8/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง			วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	

ลงชื่อหัวหน้า (ชัยวัฒน์ C16996) วันที่ 29/8/52

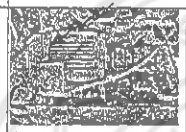
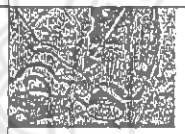
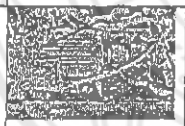
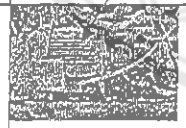
ตารางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมอเตอร์เพลาใบจักร

แผนก CPAC รหัส C102 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			๗/๘/๕๒	๑๒/๘/๕๒	๑๗/๘/๕๒	๒๔/๘/๕๒	๓๑/๘/๕๒	๐๗/๘/๕๒	๑๔/๘/๕๒	๒๑/๘/๕๒	๒๘/๘/๕๒	๐๔/๙/๕๒	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง		วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	

ลงชื่อหัวหน้า ปฐพี (แทน) วันที่ 27/8/52

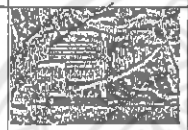
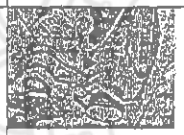
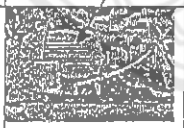
แผนก CPAC ..... รหัส C105 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			14/8/52	18/8/52	19/8/52	20/8/52	21/8/52	22/8/52	24/8/52	25/8/52	26/8/52	27/8/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง		วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	

ลงชื่อหัวหน้า..ปกครอง (ไทย)..... **วันที่** 29/8/52.....

ตารางกำหนดซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมอเตอร์เพลาระจาวน

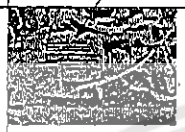
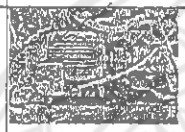
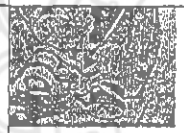
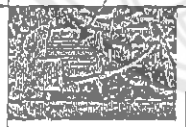
แผนก CPC รหัส C104 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			7/8/52	10/8/52	10/8/52	11/8/52	12/8/52	23/8/52	25/8/52	26/8/52	27/8/52		
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง			วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	

ลงชื่อหัวหน้า ปรีชา (แทน) วันที่ 27/8/52

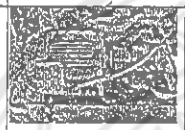
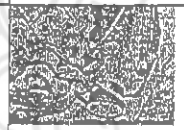
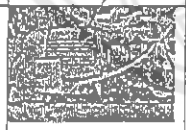
ตารางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมอเตอร์เพลาระยาวน

แผนก CPAC ..... รหัส C105 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			13/8/52	18/8/52	19/8/52	30/8/52	31/8/52	2/9/52	14/9/52	22/9/52	28/9/52	12/9/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง			วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	

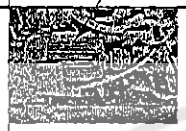
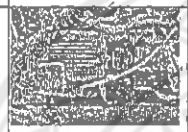
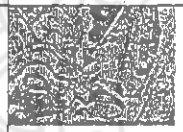
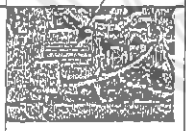
ลงชื่อหัวหน้า ..... วันที่ 27/8/52

แผนก CPAC รหัส C106 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			11/8/52	13/8/52	14/8/52	20/8/52	21/8/52	22/8/52	24/8/52	25/8/52	26/8/52	27/8/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่ม่อเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง			วรวิช	วรวิช	วรวิช	วรวิช	วรวิช	วรวิช	วรวิช	วรวิช	วรวิช	วรวิช	

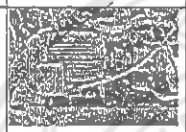
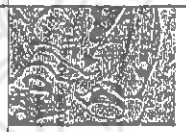
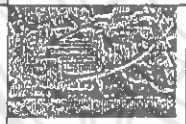
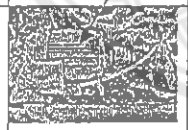
ลงชื่อหัวหน้า ปกครอง (เทพ) วันที่ 27/8/52

แผนก CPAC ..... รหัส C107 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			๗/๘/๕๒	๑๔/๘/๕๒	๑๙/๘/๕๒	๒๐/๘/๕๒	๒๑/๘/๕๒	๒๒/๘/๕๒	๒๙/๘/๕๒	๒๕/๘/๕๒	๒๘/๘/๕๒	๒๗/๙/๕๒	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูเลย์ทั้งสอง		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง			วิรัช	วิรัช	วิรัช	วิรัช	วิรัช	วิรัช	วิรัช	วิรัช	วิรัช	วิรัช	

ลงชื่อหัวหน้า ภาคภูมิ (ภาคภูมิ) วันที่ ๑๗-๙-๕๒

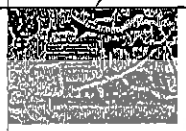
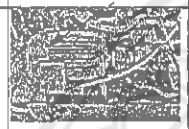
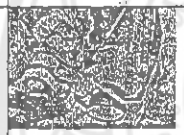
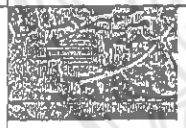
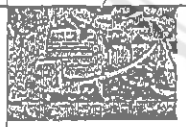
แผนก EPAC รหัส C.104 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			ที่ 18/8/52	18/4/52	19/4/52	20/8/52	21/8/52	22/8/52	24/8/52	25/8/52	26/8/52	27/8/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง		วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	วรัช	

ลงชื่อหัวหน้า.....วันที่ 27-8-52

ตารางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมอเตอร์เพื่อการประหยัดพลังงาน

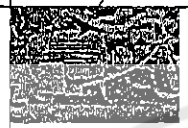
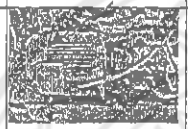
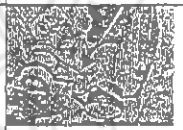
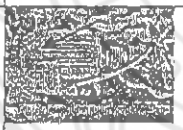
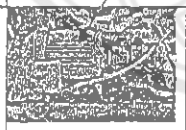
แผนก CPAC รหัส C107 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			17/8/52	18/8/52	19/8/52	20/8/52	21/8/52	22/8/52	24/8/52	25/8/52	26/8/52	27/8/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง			วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	วรัญ	

ลงชื่อหัวหน้า ปกเกล้า เนตรวิ วันที่ 17/8/52

ตารางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมอเตอร์เพลาระบายอากาศ

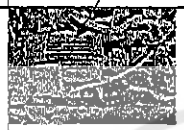
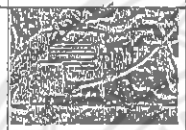
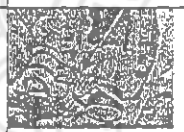
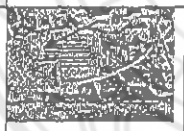
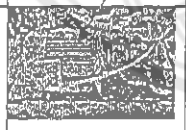
แผนก CPAC ..... รหัส C110 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			7/8/52	14/8/52	19/8/52	20/8/52	21/8/52	22/8/52	24/8/52	25/8/52	26/8/52	29/8/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง		วรวิทย์	วรวิทย์	วรวิทย์	วรวิทย์	วรวิทย์	วรวิทย์	วรวิทย์	วรวิทย์	วรวิทย์	วรวิทย์	

ลงชื่อหัวหน้า ปรเมศ (ปรเมศ) วันที่ 27/8/52

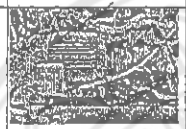
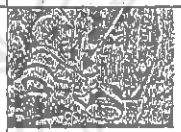
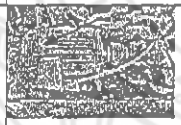
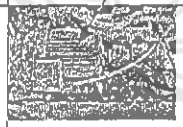
ตารางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันมอเตอร์เพลาระบายอากาศ

แผนก.....ซ่อม..... รหัส .....ซ่อม..... Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			17/8/52	18/8/52	19/8/52	20/8/52	21/8/52	22/8/52	24/8/52	25/8/52	26/8/52	27/8/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความดึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง		วรพล	วรพล	วรพล	วรพล	วรพล	วรพล	วรพล	วรพล	วรพล	วรพล	

ลงชื่อหัวหน้า.....วันที่.....

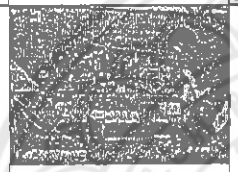
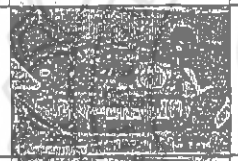
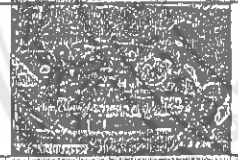
แผนก CPAC รหัส C-112 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			17/8/52	18/8/52	19/8/52	20/8/52	21/8/52	22/8/52	24/8/52	25/8/52	26/8/52	27/8/52	
1	**ครีบมอเตอร์** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2	**ช่องระบายอากาศ** - ใช้มือสัมผัสขณะที่มอเตอร์ทำงานนั้นมีอากาศไหลออกมาอย่างต่อเนื่อง และแรงเท่าเดิมหรือไม่		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3	**สายพานส่งกำลัง** - ตรวจความตึงของสายพาน โดยการกดสายพานด้วยไม้บรรทัดเหล็กเพื่อตรวจสอบและใช้แท่งเหล็กตรงวางบนพูลเลย์ทั้งสอง		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
4	**ฝาครอบระบายอากาศ** -ตรวจสอบมอเตอร์ว่ามีฝาครอบระบายอากาศอยู่ครบ		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
5	**ครีบมอเตอร์** - หลังมือสัมผัสได้ (เกิน 50 องศาเซลเซียล) ให้แจ้งซ่อมด่วน		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง			[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	[illegible]	

ลงชื่อหัวหน้า [illegible] วันที่ 24/8/52

ตารางการซ่อมบำรุงเชิงป้องกันเครื่องอัดอากาศประจำวัน

แผนก C.PAC รหัส C113 Rev.0 (1ส.ค.52)

ลำดับ	รายการซ่อมบำรุง	รูปภาพ	วันที่ปฏิบัติการ										หมายเหตุ
			1/8/52	8/8/52	14/8/52	20/8/52	21/8/52	27/8/52	28/8/52	29/8/52	30/8/52	31/8/52	
1	**พัดลมระบายอากาศ** - แปรงปัด ดูดฝุ่นออก หรือใช้ลมแรงเป่าฝุ่นออก		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
2	**วาล์วลม** -ปิดวาล์วลมออกทุกครั้งเมื่อไม่ใช้งาน		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
3	**สายส่งลม** - ตรวจการรั่วของสายส่งลม		/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
	ชื่อผู้ตรวจซ่อมบำรุง		[illegible]										

ลงชื่อหัวหน้า [illegible] วันที่ 27/8/52

ภาคผนวก ค

บันทึกการประชุมประจำเดือน
แบบสอบถามประเมินโครงงานวิจัย

บันทึกรายงานการประชุม

วาระที่ 3 การประหยัดพลังงาน

1. แต่งตั้งให้ตัวหน้าแผนกทุกแผนกจัดสรรหน้าที่ลูกน้องในแผนกในทำความสะอาดเครื่องจักรโดยใช้ใบเช็คลิต

2. แจ้งให้พนักงานทราบถึงการประกวดบิลค่าไฟฟ้า โดยมีของรางวัลให้กับผู้ที่ใช้ไฟฟ้าได้ประหยัดที่สุด

28 มิถุนายน 2552

บันทึกรายงานการประชุม

วาระที่ 3 การประหยัดพลังงาน

1. การประสานงานกับลูกค้าที่สั่งซื้อ Cpac โดยให้ ขวัญใจเป็นคนประสานงานกับลูกค้าเมื่อหน้างานพร้อมจึงจะไปส่ง Cpac ให้กับลูกค้า

2. การปิดคอมตอนพักกินข้าว เวลา 12.00- 13.00 น. ให้ปิดหน้าจอคอมก่อนออกไปกินข้าว

29 กรกฎาคม 2552

บันทึกรายงานการประชุม

วาระที่ 2 การประหยัดพลังงาน

1. ตั้งให้สิรภพ ช่างไฟคนใหม่ให้มีหน้าที่ดูแลรักษามอเตอร์ไฟฟ้าโดยตรง

2. ด้านการประหยัดน้ำมัน ปัญหาที่ใช้น้ำมันเปลือง

2.1 ล้างโม่นานไป การแก้ปัญหา ให้หัวหน้าพนักงานจัดส่งเตือนพนักงานขับรถที่ล้างโม่ช้าให้ทำเร็วขึ้น

2.2 ล้างโม่นาน ทำให้ต้องติดเครื่องยนต์เปล่าตลอดเวลาเพื่อให้โม่หมุน การแก้ปัญหาการล้างโม่ให้ล้างตอนกำลังโหลดปูนซึ่งโม่หมุนอยู่แล้ว ไม่ต้องเดินเครื่องเปล่านอกเวลาเพื่อทำความสะอาด

30 สิงหาคม 2552

แบบสอบถามความพึงพอใจการบริหารจัดการประหยัดพลังงาน โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ (สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงงานการจัดการประหยัดพลังงานจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์
2. เพื่อนำผลการสอบถามมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขงานให้มีคุณภาพ และนำผลการประเมินมาใช้วัดผลตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงงาน

แบบสำรวจชุดนี้ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ โดยได้กำหนดระดับความพึงพอใจต่อการจัดการประหยัดพลังงานในแต่ละด้านเป็น 5 ระดับ

เกณฑ์การตอบ : แบบสอบถามนี้บางส่วนเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

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

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

4 หมายถึง มากที่สุด (ระดับคะแนน 81 - 100 %)

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☑ ชาย ☐ หญิง

2. การศึกษา

☐ ประถมศึกษาปีที่ 6 ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ ปริญญาตรี

☑ ปริญญาโท

3. สถานะภาพในการทำงาน

☐ ลูกจ้างรายวัน ☐ ลูกจ้างประจำ

☐ ลูกจ้างทำงานเหมา ☑ ผู้บริหาร

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. อายุการทำงานในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์

☐ ต่ำกว่า 1 ปี ☐ 2-5 ปี

☑ 5-10 ปี ☐ มากกว่า 10 ปีขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงาน ท่านพึงพอใจ/ไม่พึงพอใจ อย่างไร

5. ท่านมีความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด

ประเด็นความพึงพอใจไม่พึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	0	1	2	3	4
5.1 ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน				✓	
5.2 ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้				✓	
5.3 ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงงาน				✓	
5.4 อื่นๆ.....					

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....โครงการนี้ควรให้พนักงานมีส่วนร่วมในการประหยัดพลังงาน
มากขึ้น เริ่มมีจิตสำนึกในการใช้ไฟฟ้า และน้ำมัน ซึ่งเป็นทรัพยากรที่
มีจำกัด พัฒนา และปรับปรุงเกี่ยวกับการประหยัดพลังงานให้ทันสมัยอยู่เสมอ.....

.....

..... ผู้กรอกแบบสอบถาม

แบบสอบถามความพึงพอใจการบริหารจัดการประหยัดพลังงาน โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ (สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงงานการจัดการประหยัดพลังงานจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์
2. เพื่อนำผลการสอบถามมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขงานให้มีคุณภาพ และนำผลการประเมินมาใช้วัดผลตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงงาน

แบบสำรวจชุดนี้ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ โดยได้กำหนดระดับความพึงพอใจต่อการจัดการประหยัดพลังงานในแต่ละด้านเป็น 5 ระดับ

เกณฑ์การตอบ : แบบสอบถามนี้บางส่วนเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

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

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

4 หมายถึง มากที่สุด (ระดับคะแนน 81 - 100 %)

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☑ หญิง

2. การศึกษา

☐ ประถมศึกษาปีที่ 6 ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☑ มัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท

3. สถานะภาพในการทำงาน

☑ ลูกจ้างรายวัน ☐ ลูกจ้างประจำ

☐ ลูกจ้างทำงานเหมา ☐ ผู้บริหาร

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. อายุการทำงานในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์

☑ ต่ำกว่า 1 ปี ☐ 2-5 ปี

☐ 5-10 ปี ☐ มากกว่า 10 ปีขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงาน ท่านพึงพอใจ/ไม่พึงพอใจ อย่างไร

5. ท่านมีความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด

ประเด็นความพึงพอใจไม่พึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	0	1	2	3	4
5.1 ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน				✓	
5.2 ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้				✓	
5.3 ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงงาน				✓	
5.4 อื่นๆ.....					

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....ควรประหยัดพลังงานในทุกส่วนของโรงงาน.....

.....

.....

.....

คณาวรรณ ยาสมพร ผู้กรอกแบบสอบถาม

( )

แบบสอบถามความพึงพอใจการบริหารจัดการประหยัดพลังงาน โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ (สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงงานการจัดการประหยัดพลังงานจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์
2. เพื่อนำผลการสอบถามมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขงานให้มีคุณภาพ และนำผลการประเมินมาใช้วัดผลตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงงาน

แบบสำรวจชุดนี้ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ โดยได้กำหนดระดับความพึงพอใจต่อการจัดการประหยัดพลังงานในแต่ละด้านเป็น 5 ระดับ

เกณฑ์การตอบ : แบบสอบถามนี้บางส่วนเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

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

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

4 หมายถึง มากที่สุด (ระดับคะแนน 81 - 100 %)

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☑ ชาย ☐ หญิง

2. การศึกษา

☑ ประถมศึกษาปีที่ 6 ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☐ มัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท

3. สถานะภาพในการทำงาน

☐ ลูกจ้างรายวัน ☑ ลูกจ้างประจำ

☐ ลูกจ้างทำงานเหมา ☐ ผู้บริหาร

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. อายุการทำงานในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์

☐ ต่ำกว่า 1 ปี ☑ 2-5 ปี

☐ 5-10 ปี ☐ มากกว่า 10 ปีขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงาน ท่านพึงพอใจ/ไม่พึงพอใจ อย่างไร

5. ท่านมีความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด

ประเด็นความพึงพอใจไม่พึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	0	1	2	3	4
5.1 ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน					✓
5.2 ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้					✓
5.3 ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงงาน					✓
5.4 อื่นๆ.....					

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

.....ผู้กรอกแบบสอบถาม

( )

แบบสอบถามความพึงพอใจการบริหารจัดการประหยัดพลังงาน โรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ (สำหรับผู้บริหารและพนักงานในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์)

วัตถุประสงค์

1. เพื่อสอบถามความพึงพอใจของผู้บริหารและพนักงานในการทำโครงงานการจัดการประหยัดพลังงานจากโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์
2. เพื่อนำผลการสอบถามมาใช้ในการปรับปรุงแก้ไขงานให้มีคุณภาพ และนำผลการประเมินมาใช้วัดผลตัวชี้วัดความสำเร็จของโครงงาน

แบบสำรวจชุดนี้ ประกอบด้วย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ตอนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานของผู้บริหาร และพนักงานโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์ โดยได้กำหนดระดับความพึงพอใจต่อการจัดการประหยัดพลังงานในแต่ละด้านเป็น 5 ระดับ

เกณฑ์การตอบ : แบบสอบถามนี้บางส่วนเป็นแบบประเมินค่า 5 ระดับ โดยมีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

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

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

4 หมายถึง มากที่สุด (ระดับคะแนน 81 - 100 %)

คำชี้แจง : กรุณาใส่เครื่องหมาย ✓ หน้าข้อความที่ตรงกับข้อเท็จจริงหรือความคิดเห็นของท่านมากที่สุด

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

1. เพศ

☐ ชาย ☑ หญิง

2. การศึกษา

☐ ประถมศึกษาปีที่ 6 ☐ มัธยมศึกษาตอนต้น

☑ มัธยมศึกษาตอนปลาย ☐ ปริญญาตรี

☐ ปริญญาโท

3. สถานะภาพในการทำงาน

☑ ลูกจ้างรายวัน ☐ ลูกจ้างประจำ

☐ ลูกจ้างทำงานเหมา ☐ ผู้บริหาร

☐ อื่นๆ (โปรดระบุ) .....

4. อายุการทำงานในโรงงานผลิตผลิตภัณฑ์ซีเมนต์

☐ ต่ำกว่า 1 ปี ☐ 2-5 ปี

☑ 5-10 ปี ☐ มากกว่า 10 ปีขึ้นไป

ส่วนที่ 2 ความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงาน ท่านพึงพอใจ/ไม่พึงพอใจ อย่างไร

5. ท่านมีความพึงพอใจการจัดการประหยัดพลังงานมากน้อยเพียงใด

ประเด็นความพึงพอใจไม่พึงพอใจ	ระดับความพึงพอใจ				
	0	1	2	3	4
5.1 ประโยชน์ของการจัดการพลังงาน				✓	
5.2 ความคุ้มค่าของการลงทุนต่อผลที่ประหยัดพลังงานได้					✓
5.3 ภาพรวมของการประหยัดพลังงานตลอดทั้งโครงงาน					✓
5.4 อื่นๆ.....					

6. ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....

.....

.....

.....

สุนทรี ดวงดี ผู้กรอกแบบสอบถาม

( )

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ : นายอรรถพล จันทะมัด

รหัสประจำตัว : 46360608

สาขาวิชา : วิศวกรรมอุตสาหการ

เกิดเมื่อ : 26 มีนาคม 2527

ภูมิลำเนา : 40 หมู่ 14 ตำบลไตรตรึงษ์ อำเภอเมือง
จังหวัดกำแพงเพชร 62160

Email Address : po_rie@hotmail.com

ประวัติการศึกษา

พ.ศ.2539 : ประถมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนบ้านวังประดา อำเภอเมือง
จังหวัดกำแพงเพชร

พ.ศ.2545 : มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนนครไตรตรึงษ์ อำเภอเมือง
จังหวัดกำแพงเพชร

พ.ศ.2552 : กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี คณะวิศวกรรมศาสตร์
สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ ชั้นปีที่ 6 มหาวิทยาลัยนเรศวร
จังหวัดพิษณุโลก