

การจัดการพลังงานเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานรีดอูมิเนียม

สุรพล สาริบุตร

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
ปีการศึกษา 2555
ลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การจัดการพลังงานเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานรีดอลูมิเนียม
ชื่อ - นามสกุล	นายสุรพล สาริบุตร
สาขาวิชา	วิศวกรรมไฟฟ้า
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมชัย หิรัญวโรดม, Ph.D.
ปีการศึกษา	2555

บทคัดย่อ

ในโรงงานรีดอลูมิเนียมที่กัณฑ์สรรเพื่อทำการทดสอบในปี 2553 มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 12,642,432 กิโลวัตต์-ชั่วโมง มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด 1,250 กิโลวัตต์ ทำให้ต้องเสียค่าไฟฟ้าสูงต่อเดือนซึ่งต้นทุนในการผลิตอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด ค่าไฟฟ้านับว่าเป็นต้นทุนที่สูงมาก รองลงมาจากวัตถุดิบ การจัดการพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดการใช้พลังงานในโรงงานรีดอลูมิเนียมนี้ จะทำให้ค่าไฟฟ้าของโรงงานที่ทำการทดสอบลดลง

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้นำเสนอเทคนิคการจัดการพลังงาน ดังนี้ (1) ใช้เทคนิควิธีการปรับรอบของมอเตอร์ให้สูงขึ้นด้วยวิธีทางกลและลวดรอบของมอเตอร์ลงมาโดยการลดความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์โดยใช้อินเวอร์เตอร์ (2) การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังที่หม้อแปลงชุกอลูมิเนียมและวงจรโหลดฟลูออเรสเซนต์โดยวิธีการติดตั้งตัวเก็บประจุ (3) การติดตั้ง เอสซีอาร์กำลังเพื่อควบคุมการทำงานขดลวดความร้อนสำหรับเตาอบแม่พิมพ์และคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดอลูมิเนียม (4) เปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ขนาด 400 วัตต์เป็นหลอดกระดัดรีดแบบเกลียว (Compact Spiral) ขนาด 105 วัตต์ (5) การควบคุมการทำงานในช่วงเวลาที่มีการใช้โหลดมาก (On-Peak Period)

ผลการทดสอบของแต่ละเทคนิคสรุปได้ว่า (1) สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เตาอบเส้นอลูมิเนียมได้ร้อยละ 60 (2) สามารถลดกระแสที่หม้อแปลงชุกอลูมิเนียมได้ร้อยละ 13.67 และที่วงจรโหลดฟลูออเรสเซนต์ได้ร้อยละ 55.37 (3) สามารถทำให้อุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์และอุณหภูมิคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดอลูมิเนียม มีค่าใกล้เคียงกับที่ตั้งไว้ (4) สามารถลดพลังงานไฟฟ้าลงได้ร้อยละ 8.7 (5) สามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้ร้อยละ 80

คำสำคัญ: การจัดการพลังงาน ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด โรงงานรีดอลูมิเนียม

Thesis Title	Energy Management for Electrical Energy Reducing in the Aluminum Extrusion Plant
Name - Surname	Mr.Surapol Saribut
Program	Electrical Engineering
Thesis Advisor	Assistant Professor Somchai Hiranvarodom, Ph.D.
Academic Year	2012

ABSTRACT

The aluminum extrusion plant selected for testing in 2010, it consumed an electrical energy of 12,642,432 kWh approximately. The maximum electrical power demand was 1,250 kW. It means that high capital cost of production process must be high. The raw material cost is the first main cost of plant expenditure followed by electrical bill. Energy management for reducing of electrical energy demand used in the sample plant is necessary to reduce paying the electrical bill.

This thesis purposes the techniques of energy management as follows: (1) to increase the revolutions per minute (rpm) of motor using mechanical method and decrease rpm of motor using an inverter to reduce the supply frequency to motor, (2) to improve the power factor on transformer for anodize and on fluorescent lamp circuits, (3) to install power silicon controlled rectifier (SCR) controller on heater of extrusion process to reduce the temperature, (4) to change the 400 W high pressure mercury lamps into 105 W compact spiral lamps to reduce electrical energy consumptions, (5) to control the working time during on-peak period.

The testing results of each technique can be concluded that (1) electrical energy used on aluminum aging furnace can be dramatically decreased to 60 percent, (2) the input current of transformer for aluminum anodize and fluorescent lamp circuits can be decreased to 13.67 and 55.37 percent respectively. (3) The temperature at the setting point on die oven and on container of extrusion process is nearby. (4) The electrical energy consumptions can be decreased to 8.7 percent and (5) the electrical power demand can be dramatically decreased to 80 percent.

Keywords: energy management, maximum electrical power demand, extrusion plant

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความเมตตากรุณาอย่างสูงจาก ดร.บุญยัง ปลั่งกลาง ประธานกรรมการสอบ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันชัย ทรัพย์สิงห์ กรรมการสอบ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมชัย หิรัญวโรดม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้คำแนะนำและให้คำปรึกษาตลอดจนให้ความช่วยเหลือแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ซึ่งผู้วิจัยต้องขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ คุณชญานี พิณีจโส โภณพรรณ คุณบัญญัติ พุทธพรมงคล กรรมการผู้จัดการ และ รองกรรมการผู้จัดการ ตลอดจนทีมงาน ฝ่ายวิศวกรรม บริษัท โกลด์สตาร์ เมททอล จำกัด ที่สนับสนุนโครงการต่างๆ โครงการที่นำเสนอ จนสามารถบรรลุผลสำเร็จได้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา บ่มเพาะจนผู้วิจัยสามารถนำเอาหลักวิชาการมาประยุกต์ใช้และอ้างอิงในการดำเนินงานวิจัยครั้งนี้ นอกเหนือจากนี้ขอขอบคุณผู้บริหาร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี ทุกๆ ท่าน มา ณ โอกาสนี้

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณผู้แต่งและเรียบเรียงตำรา เอกสาร ผลงานวิจัยต่างๆ ที่ผู้วิจัยนำมาใช้อ้างอิงในงานวิจัยนี้

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเพื่อบูชาพระคุณบิดา มารดา ครู อาจารย์ และครอบครัวของข้าพเจ้า ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

สุรพล สาริบุต

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ง
กิตติกรรมประกาศ.....	จ
สารบัญ.....	ฉ
สารบัญตาราง.....	ช
สารบัญภาพ.....	ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ.....	ฎ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
1.3 สมมุติฐานการวิจัย.....	3
1.4 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.5 ขั้นตอนการวิจัย.....	4
1.6 ข้อยกเว้นของการวิจัย.....	4
1.7 กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	5
1.8 ประโยชน์ที่จะได้รับ.....	5
2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	6
2.1 อินเวอร์เตอร์.....	7
2.2 การปรับปรุงค่าตัวประกอบ.....	8
2.3 การควบคุมขดลวดความร้อน โดยใช้ Power SCR Controller.....	11
2.4 การส่องสว่าง.....	14
2.5 โครงสร้างค่าไฟฟ้า.....	15
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	17
3 วิธีการดำเนินการวิจัย.....	18
3.1 ส่วนประกอบงานวิจัย.....	20
3.2 ทำการสำรวจรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ไฟฟ้า.....	21

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3.3	แยกโหลดของเครื่องจักรกลที่เครื่องรีดและหม้อแปลงชุกอุมิเนียมของตู้ MDB 26
3.4	จัดตั้งทีมงานเพื่อติดตามและดำเนินการตามแผนงาน 29
3.5	การประเมินมาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน 30
3.6	ออกแบบวงจรควบคุมในแต่ละมาตรการ 33
3.7	การดำเนินการลดพลังงานไฟฟ้าที่เตาอบเส้นอลูมิเนียม 36
3.8	การดำเนินการลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียม 39
3.9	การดำเนินการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ในโรงงานจาก 400 วัตต์ เป็นหลอดคอมแพค 105 วัตต์ 42
3.10	การดำเนินการติดตั้ง Power SCR Controller ควบคุมขดลวดความร้อน 43
3.11	การดำเนินการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ 45
3.12	การควบคุมเวลาการทำงานช่วง On-Peak 47
3.13	เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้ 48
4	วิธีการดำเนินการวิจัย 51
4.1	ผลการทดลองติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เตาอบเส้นอลูมิเนียม 51
4.2	ผลการทดลองการติดตั้ง Power SCR Controller 52
4.3	ผลการทดลองการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียม 57
4.4	ผลการดำเนินการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ 59
4.5	ผลดำเนินการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ 400 วัตต์ เป็นหลอด Compact Spiral 105 วัตต์... 60
4.6	ผลการควบคุมเวลาการทำงานในช่วงเวลา On-Peak 61
5	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ 62
5.1	สรุปผลการวิจัย 62
5.2	สรุปผลการทดสอบ 64
5.3	ข้อเสนอแนะ 65
รายการอ้างอิง.....	67
ภาคผนวก.....	69
ภาคผนวก ก อุปกรณ์หม้อแปลงชุกอุมิเนียมและอินเวอร์เตอร์.....	70
ภาคผนวก ข ภาพเครื่องมือวัด.....	73

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก ค เอกสารข้อมูล	76
ภาคผนวก ง ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่	104
ประวัติผู้เขียน	122



สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ค่าตัวประกอบกำลังแต่ละประเภทอุตสาหกรรม.....	9
2.2	โครงสร้างค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของวันประเภทกิจการขนาดใหญ่.....	15
2.3	โครงสร้างค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ประเภทกิจการขนาดใหญ่.....	16
3.1	การใช้พลังงานไฟฟ้าโรงรีด-โรงชุบ ปี 2553	19
3.2	การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ทำการทดสอบ	21
3.3	โหลดของเครื่องจักรกลที่ตู้ MDB1 MDB2 และ MDB3.....	26
3.4	เปรียบเทียบหน่วยวัดความแข็ง.....	37
3.5	เปรียบเทียบกระแสก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ	42
3.6	สรุปท้ายบท	48
4.1	สรุปผลการติดตั้ง Power SCR Controller.....	56
4.2	สรุปมาตรการการติดตั้งตัวเก็บประจุที่โหลดฟลูออเรสเซนต์ในสำนักงาน	59
5.1	สรุปผลการทดสอบทั้ง 6 มาตรการ	63



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 ส่วนประกอบหลักของอินเวอร์เตอร์.....	8
2.2 สามเหลี่ยมกำลัง.....	10
2.3 วงจรกำลังพื้นฐานการต่อใช้งานขดลวดความร้อนโดยใช้ตัวสับพัสแบบแม่เหล็ก	11
2.4 วงจรควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนแบบใช้ตัวสับพัสแบบแม่เหล็ก.....	12
2.5 หลักการทำงานของเซลล์แสงอาทิตย์ที่ทำจากสารกึ่งตัวนำผลึกซิลิกอน.....	9
2.6 ไลอะแกรมการต่อใช้งาน Power SCR Controller.....	13
2.7 ลักษณะของตัว Power SCR Controller ที่ใช้ควบคุมขดลวดความร้อน	13
3.1 เครื่องรีดอลูมิเนียมขนาด 920 ตัน	21
3.2 แผนผังกระบวนการรีดอลูมิเนียม	22
3.3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับระยะเวลาในการอบและความแข็งที่ได้	23
3.4 แผนผังการทำงานของโรงหีบ	24
3.5 Single Line Diagram ของตู้ MDB1	25
3.6 Single Line Diagram ของตู้ MDB2	25
3.7 Single Line Diagram ของตู้ MDB3	26
3.8 แผนผังกอนูรักษ์พลังงาน	30
3.9 วงจรกำลังสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Blower.....	33
3.10 วงจรการควบคุมขดลวดความร้อน โดยใช้ Power SCR Controller	34
3.11 วงจรกำลังการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงชুবอลูมิเนียม	35
3.12 วงจรการติดตั้งตัวเก็บประจุสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์.....	35
3.13 บันทึกรายในการควบคุมการเปิดเครื่องจักรกล	36
3.14 อัตราทดของพลูเลย์ใหม่	37
3.15 การเปลี่ยนพลูเลย์ของเตาอบอลูมิเนียม	38
3.16 อินเวอร์เตอร์ยี่ห้อ Delta	38
3.17 ความสัมพันธ์อัตรากระแสกับความถี่ที่ใช้งาน	39
3.18 แผ่นป้ายชื่อของหม้อแปลงชুবอลูมิเนียม	40
3.19 สามเหลี่ยมกำลัง.....	40
3.20 ตัวสับพัสแบบแม่เหล็ก และ Power SCR Controller	43

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
3.21	เตาอบแม่พิมพ์รีด 44
3.22	คอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดอลูมิเนียม..... 44
3.23	ความสัมพันธ์ของกระแส แรงดัน และ สัญญาณกระแสไฟฟ้า DC 4-20 mA 45
3.24	กระแสของหลอดฟลูออเรสเซนต์ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ 46
3.25	เปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าหลอดฟลูออเรสเซนต์ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ 46
3.26	มัลติมิเตอร์ Fluke 787 48
3.27	แคลมป์มิเตอร์ Fluke Kyoritsu รุ่น KEW2003A 49
3.28	เครื่องวัดความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบสัมผัสและแบบใช้แสง 49
	เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเลเซอร์ Fluke รุ่น 63..... 50
4.1	ผลที่ได้จากการใช้เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า 51
4.2	เปรียบเทียบอุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์ 52
4.3	เปรียบเทียบอุณหภูมิคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด..... 53
4.4	เปรียบเทียบกระแสของขดลวดความร้อนที่เตาอบแม่พิมพ์รีด 1-3 และ 5..... 54
4.5	เปรียบเทียบกระแสของขดลวดความร้อนที่คอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดที่1-3 54
4.6	เปรียบเทียบกระแสของคอนเทนเนอร์เครื่องรีด 5..... 55
4.7	เปรียบเทียบกระแสของเตาอบแม่พิมพ์รีด 4..... 55
4.8	เปรียบเทียบกระแสของคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด 4..... 56
4.9	เปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ..... 57
4.10	สาร์โมนิกของระบบที่หม้อแปลงชุกอูมิเนียม3 58
4.11	ค่าตัวประกอบกำลังของหม้อแปลงชุกอูมิเนียม3 59
4.12	เปรียบเทียบกระแสของหลอดฟลูออเรสเซนต์ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ..... 60

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

PF	ค่าตัวประกอบกำลัง
P	กำลังแอกทีฟ (kW)
S	กำลังปรากฏ (kVA)
Q	กำลังรีแอกทีฟ (kVA)
f	ความถี่ (Hz)
kV	กิโลโวลต์
A	พื้นที่หน้าตัด (m ²)
W/B	หน่วยวัดความแข็ง (Webster/B)
V	แรงดันไฟฟ้า (volts)
t	เวลาที่ใช้ในการชดเชย (นาที)
k1	หามาตรฐานแบบแม่เหล็ก
DC	ไฟฟ้ากระแสตรง
TOD	โครงสร้างค่าไฟฟ้า อัตราตามช่วงเวลาของวัน (V)
TOU	โครงสร้างค่าไฟฟ้า อัตราตามช่วงเวลาของการใช้
mA	สัญญาณกระแสตรง

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากความต้องการการใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้นสูงตามความต้องการของกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นทุกๆปีของโรงงาน โรงงานรีดอลูมิเนียมนับว่าเป็นอีกหนึ่งโรงงานที่มีความต้องการการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนสูงเพิ่มขึ้นทุกปี จากปัญหาดังกล่าวโรงงานจึงต้องกำหนดเป็นนโยบายและการรณรงค์ส่งเสริมโครงการอนุรักษ์พลังงานต่างๆ ที่สามารถช่วยลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและการใช้แก๊ส LPG (Liquefied Petroleum Gas) [1] เพื่อลดต้นทุนในการผลิตให้สามารถแข่งขันภายในประเทศหรือต่างประเทศได้ ซึ่งต้นทุนในการผลิตอลูมิเนียมของโรงงานรีดอลูมิเนียม (Extrusion) ค่าไฟฟ้าจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 30-40 ซึ่งถือว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูง โหลดของโรงงานรีดอลูมิเนียม (Extrusion) จะเป็นโหลดประเภทขดลวดความร้อน และโหลดประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสขึ้นอยู่กับการออกแบบของบริษัทผู้ผลิตเครื่องจักรกลโหลดของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 50 ของเครื่องจักรกลส่วน โหลดประเภทขดลวดความร้อนจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 45 และโหลดอื่นๆ ร้อยละ 5 ซึ่งโดยส่วนใหญ่โรงงานรีดอลูมิเนียม (Extrusion) ในที่นี้จะขอใช้คำว่า โรงงานรีดอลูมิเนียมแทน

ปัจจุบันทั้งกระบวนการรีดและชุบอลูมิเนียมโดยรวมทำการผลิต 24 ชั่วโมงในกระบวนการชุบอลูมิเนียมจะใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่ากระบวนการรีดอลูมิเนียม โดยที่กระบวนการชุบจะมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 55 กระบวนการรีดร้อยละ 45 ของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงาน มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด รวมเท่ากับ 1,250 กิโลวัตต์ ประเภทโหลดของกระบวนการชุบอลูมิเนียมจะเป็นชนิด อิเล็กทรอนิกส์กำลัง อาทิ ไดโอดกำลังและ เอสซีอาร์กำลัง (Power SCR) ซึ่งถือว่าเป็นแหล่งจ่ายฮาร์มอนิก ค่าที่ได้จากการใช้เครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้าประมาณมากกว่าร้อยละ 30 ของกระแสฮาร์มอนิกและร้อยละ 7 ของแรงดันฮาร์มอนิกโดยอุปกรณ์ที่ใช้ในการชุบอลูมิเนียม ในที่นี้จะใช้ชื่อเรียกว่า หม้อแปลงชุบอลูมิเนียมมีส่วนประกอบคือ ขดลวดปฐมภูมิ ขดลวดทุติยภูมิ ชุดแปลงไฟ AC to DC ขนาดของหม้อแปลงชุบอลูมิเนียม 280 เควีเอ ใช้ขั้วสับร้อลูมิเนียมหมายเลข 6061 ซึ่งมีความแข็งแรงมากกว่าอลูมิเนียมหมายเลข 6063 [2]

อธิบายเพิ่มเติม อลูมิเนียมหมายเลข 6061 และอลูมิเนียมหมายเลข 6063 ประกอบไปด้วยซิลิกอน และแมกนีเซียมในปริมาณที่มากพอในการขึ้นรูป ซึ่งทำให้สามารถทำกระบวนการอบร้อนได้ แต่ก็มีคุณสมบัติไม่เท่ากับหมายเลข 2 และหมายเลข 7 โดยหมายเลข 6 นี้จะสามารถทำการขึ้นรูปได้ดี

เชื่อมง่ายแปรรูปง่าย และต้านทานการกัดกร่อนได้ดี ด้วยความแข็งแรงปานกลางเกรดอลูมิเนียมในประเภทที่สามารถทำการ heat-treatable ได้นี้อาจจะขึ้นรูปในแบบ T4 temper แก้ปัญหาการอบร้อนได้แต่ไม่สามารถเร่งการอบร้อนได้และเพิ่มความแข็งหลังจากการขึ้นรูปแบบคุณสมบัติ T6 โดยการเร่งการอบร้อน

อายุการใช้งานของหม้อแปลงชুবออลูมิเนียมมากกว่าสิบปี การลดกระแสที่ตัวหม้อแปลงชুবออลูมิเนียมลง จะทำให้อายุการใช้งานของหม้อแปลงชুবออลูมิเนียมและหม้อแปลงแรงสูงใช้งานได้นานขึ้น เนื่องจากโหลดของหม้อแปลงชুবออลูมิเนียม เป็นโหลดอิเล็กทรอนิกส์กำลัง จะสร้างฮาร์มอนิกเข้าสู่ระบบและส่งผลกระทบต่ออุปกรณ์ไฟฟ้า อาทิ เซอร์คิตเบรกเกอร์ละลายและเกิดไฟฟ้าลัดวงจรโดยไม่ทราบสาเหตุ อุณหภูมิของสายไฟฟ้าทางด้านปฐมของหม้อแปลงชুবออลูมิเนียมอลูมิเนียม เกิดความร้อน

จากปัญหาดังกล่าวนี้ทางโรงงานจึงได้มอบหมายให้ส่วนงาน วิศวกรรมและซ่อมบำรุง ของโรงงานเข้าทำการวิเคราะห์ตรวจสอบและแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นดังกล่าวเพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิดขึ้นได้ พร้อมกำหนดเป็นนโยบายของบริษัท เรื่องการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานโดยเป้าหมายให้ลดลงร้อยละ 5-10 เพื่อให้ต้นทุนการผลิตสามารถแข่งขันได้ทั้งในและต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.2.1 เพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตโดยใช้วิธีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง และการจัดการพลังงานไฟฟ้า

1.2.2 เพื่อลดต้นทุนการผลิตในส่วนค่าไฟฟ้าของงานรีดอลูมิเนียม และงานชুবออลูมิเนียมลงให้สามารถแข่งขันในตลาดได้

1.2.3 เพื่อให้ประสิทธิภาพของหม้อแปลงแรงสูงสามารถใช้งานได้โดยไม่เกิดความเสียหายก่อนเวลาอันควร

1.2.4 เพื่อลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชুবออลูมิเนียมและในอาคารสำนักงานลง

1.2.5 เพื่อให้อุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์และคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดอลูมิเนียมมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้มากที่สุด

1.2.6 เพื่อควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) ให้ลดลง ช่วยให้จ่ายค่าไฟฟ้างลดลง

1.3 สมมุติฐานการวิจัย

ประเภทการใช้ไฟฟ้าของโรงงานเป็นประเภทกิจการขนาดใหญ่ อัตราตามช่วงเวลาของวัน [3] (Time of Day; Rate) จากข้อมูลการใช้พลังงานที่ได้จากการจดบันทึกประจำวันและประจำเดือนของพนักงาน ฝ่ายวิศวกรรมและซ่อมบำรุง มาจัดลำดับการใช้พลังงานสูงสุดจากมากไปหาน้อย แยกประเภทของโหลดในแต่ละประเภทเครื่องจักรกลที่ประเมินว่าสามารถดำเนินการจัดการลดการใช้พลังงานได้ จัดหามาตรการและกำหนดเป้าหมายที่ต้องจัดการจะเลือกที่มีสถิติการใช้พลังงานสูงสุด เริ่มดำเนินการก่อนหรือส่วนที่ไม่มีการลงทุนคือการบริหารเรื่องเวลาการทำงานของเครื่องจักรกลติดตั้งอินเวอร์เตอร์ให้กับโหลดประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส ติดตั้งอุปกรณ์เสริมให้กับเครื่องจักรกลนั้นๆ หลีกเลี่ยงการใช้คนควบคุม

ซึ่งจากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละประเภทเครื่องจักรกลแล้ว สามารถลดการใช้พลังงานได้โดยวิธีการ ติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับ โหลดประเภทมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส หลีกเลี่ยงการทำงานในช่วงเวลา 18:30 – 21:30 น. ปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้มีค่ามากกว่า 0.85 ที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียม การติดตั้งตัวเก็บประจุที่โหลดฟลูออเรสเซนต์สำหรับหลอดขนาด 18 วัตต์ 36 วัตต์ และนำข้อมูลที่นำมาทำการคำนวณประเมินเบื้องต้นแล้วว่า สามารถลดค่าไฟฟ้าในโรงงานริดอุมิเนียมที่ทำการทดสอบนี้ลงได้ประมาณร้อยละ 8

จัดลำดับการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรกลในแต่ละกระบวนการผลิตโดยแยกประเภทการผลิตออกเป็น กระบวนการผลิตทางด้านงานรีดอุมิเนียม กระบวนการผลิตทางด้านการชุกอุมิเนียม และในส่วนของอาคารสำนักงาน ซึ่งปริมาณการใช้ไฟฟ้าในส่วนของกระบวนการผลิตทางด้าน รีดอุมิเนียม (Extrusion) คิดเป็นร้อยละ 40 กระบวนการผลิตทางด้านการชุกอุมิเนียมคิดเป็นร้อยละ 50 และในส่วนของอาคารสำนักงานคิดเป็นร้อยละ 10 จากหน่วยการใช้ไฟฟ้าต่อเดือนเฉลี่ย 1,053,536 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน และความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ย 1,250 กิโลวัตต์ จากหน่วยการใช้ไฟฟ้าถ้าสามารถลดค่าไฟฟ้าลงได้ร้อยละ 8 ค่าไฟฟ้าที่ 3.5 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง โดยเฉลี่ย เท่ากับ 336,156 บาทต่อเดือน ซึ่งจะทำให้สามารถประหยัดต้นทุนการผลิตลงได้

1.4 ขอบเขตของการวิจัย

1.4.1 ลดพลังงานไฟฟ้าที่เตาอบเส้นอุมิเนียมโดยวิธีการลดขนาดของฟลูเอ็ลล์และติดตั้งอินเวอร์เตอร์

1.4.2 ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดอุมิเนียมโดยวิธีการติดตั้ง Power SCR Controller

- 1.4.3 ลดกระแสขณะทำงานของหม้อแปลงชุกอุมิเนียมโดยวิธีการติดตั้งตัวเก็บประจุ
- 1.4.4 ลดกระแสไฟฟ้าที่โหลดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารสำนักงานโดยวิธีการติดตั้งตัวเก็บประจุ
- 1.4.5 ลดพลังงานไฟฟ้าโดยวิธีการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ขนาด 400 วัตต์ ในโรงงานเป็นหลอด Compact Spiral ขนาด 105 วัตต์
- 1.4.6 ควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดโดยวิธีการควบคุมเวลาการทำงานของเครื่องจักรกลในช่วงเวลา On-Peak ตั้งแต่เวลา 18:30 - 21:30 น.

1.5 ขั้นตอนการวิจัย

- 1.5.1 รวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน
- 1.5.2 จัดลำดับการใช้พลังงานจากมากไปหาน้อยและศึกษาวิธีการลดและปรับปรุงประสิทธิภาพ
- 1.5.3 จัดตั้งทีมงานอนุรักษ์พลังงานในโรงงานรีดอลูมิเนียมเพื่อมอบหมายให้เข้าดำเนินการในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้ไฟฟ้า
- 1.5.4 กำหนดมาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน
- 1.5.5 ออกแบบวงจรควบคุมบางส่วนเพื่อใช้ในการจัดการพลังงานไฟฟ้าในแต่ละส่วนงาน
- 1.5.6 คำนวณงบประมาณที่ใช้ในการลงทุนและจุดคุ้มทุนนำเสนอผู้บริหารเพื่อขออนุมัติก่อนดำเนินการ
- 1.5.7 จัดทำแผนการดำเนินงานเพื่อขออนุมัติแผนงาน
- 1.5.8 จัดซื้อจัดหาอุปกรณ์ที่ต้องการตามแผนงาน
- 1.5.9 ทำการติดตั้งอุปกรณ์ตามแผนงาน
- 1.5.10 ทำการทดสอบพร้อมบันทึกผลการดำเนินการ
- 1.5.11 จัดทำรูปเล่ม ฉบับสมบูรณ์

1.6 ข้อจำกัดของการวิจัย

- 1.6.1 อินเวอร์เตอร์ใช้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส 55 กิโลวัตต์
- 1.6.2 การควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดควบคุมเฉพาะช่วงเวลา 18:30 - 21:30 น. ช่วงเดือนที่มียอดขายมากไม่อาจควบคุมความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดได้เนื่องจากกำลังการผลิตของเครื่องจักรกลไม่เพียงพอ
- 1.6.3 หลอด Compact Spiral ขนาด 105 วัตต์ ที่นำมาทดแทนหลอดแสงจันทร์เมื่อติดที่ความสูงระยะ 7 เมตร ความส่องสว่างยังไม่ดีเท่าที่ควรต้องปรับระดับความสูงให้ต่ำลงมาที่ระดับ 5 - 5.5 เมตร

1.6.4 ตัวเก็บประจุขนาด 50 กิโลวาร์ 400 โวลต์ เมื่อติดตั้งที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียมใช้งานได้ประมาณ 2-3 เดือนเท่านั้น

1.7 กรอบแนวความคิดในการวิจัย

จากการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานที่เพิ่มขึ้นสูงทุกๆ ปีการอนุรักษ์พลังงานจึงมีความสำคัญเป็นอย่างยิ่งและเพื่อให้เป็นไปตาม พระราชบัญญัติการส่งเสริมอนุรักษ์พลังงาน จากต้นทุนค่าไฟฟ้าที่ปรับตัวสูงขึ้นอันเนื่องมาจากค่าพลังงานไฟฟ้าผันแปร หรือที่เรียกกันว่า FT ต่อเนื่องทุกปี การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าสามารถทำได้หลายวิธี อาทิ การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสซึ่งส่วนใหญ่จะใช้กันมากเนื่องจากสามารถลดพลังงานได้จริงทำให้ต้นทุนการผลิตลดลงโดยหลังติดตั้งต้องไม่กระทบกับคุณภาพของสินค้าแต่อย่างใด การควบคุมช่วงเวลา On-Peak เป็นวิธีการควบคุมที่ส่วนใหญ่จะผิดพลาดในช่วงเวลาที่ใกล้สิ้นเดือนเนื่องจากพนักงานบางคนเผลอเผลอไม่ปฏิบัติตามอย่างเคร่งครัดหรือขาดเรื่องการสื่อสารเมื่อมีพนักงานเข้าใหม่ ซึ่งการควบคุมจะต้องมีกฎกติกาที่เข้มงวด จะไม่เกิดประโยชน์เลยถ้าผิดพลาดเพียงแค่ 1 ครั้งแต่ต้องเสียค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด การเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ขนาด 400 วัตต์ ในโรงงานเป็นหลอด Compact Spiral ขนาด 105 วัตต์ จำนวน 97 หลอด ประหยัดเรื่องค่าใช้จ่ายในการซ่อมบำรุง เนื่องจากหลอดมีราคาถูกกว่าอีกทั้งไม่ต้องใช้บัลลาสต์และอินดิเคเตอร์

1.8 ประโยชน์ที่จะได้รับ

- 1.8.1 ลดค่าไฟฟ้าโดยรวมต่อเดือนลงร้อยละ 8-10
- 1.8.2 ประสิทธิภาพการจ่ายกระแสของหม้อแปลงแรงสูงได้มากขึ้น
- 1.8.3 ประสิทธิภาพในการรีดอุมิเนียมเพิ่มขึ้น
- 1.8.4 ลดเวลาสูญเสียในการซ่อมบำรุงที่เตาอบแม่พิมพ์และคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดอุมิเนียม

บทที่ 2

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในวิทยานิพนธ์นี้ประกอบด้วยทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อประกอบการพิจารณาในการจัดการและลดการใช้พลังงานในโรงงานรีดอลูมิเนียม ทั้งระบบ โดยวิธีการติดตั้งอุปกรณ์และการบริหารจัดการ โดยวิธีทางเทคนิคให้เป็นที่ไปตามหลักวิศวกรรม และสอดคล้องกับกฎหมายตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานหมวด 1 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานมาตรา 7 การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานได้แก่การดำเนินการอย่างใดอย่างหนึ่งดังต่อไปนี้ [4]

- 1) การปรับปรุงประสิทธิภาพของการเผาไหม้เชื้อเพลิง
 - 2) การป้องกันการสูญเสียพลังงาน
 - 3) การนำพลังงานที่เหลือจากการใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่
 - 4) การเปลี่ยนไปใช้พลังงานอีกประเภทหนึ่ง
 - 5) การปรับปรุงการใช้ไฟฟ้าด้วยวิธีปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าการลดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุดของระบบการใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าให้เหมาะสมกับภาระและวิธีการอื่น
 - 6) การใช้เครื่องจักรกลหรืออุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงตลอดจนระบบควบคุมการทำงานและวัสดุที่ช่วยในการอนุรักษ์พลังงาน
 - 7) การอนุรักษ์พลังงาน โดยวิธีอื่นตามที่กำหนดในกฎกระทรวง
- อนุรักษ์พลังงาน หมายความว่า ผลผลิตและใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพและประหยัด ซึ่งก่อนดำเนินการต้องศึกษาหลักการและทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในส่วนที่ทำการอนุรักษ์เพื่อให้มีความเข้าใจก่อนดำเนินการดังนี้
1. อินเวอร์เตอร์
 2. การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง
 3. การควบคุมขดลวดความร้อนโดยใช้ Power SCR Controller
 4. การส่องสว่าง
 5. โครงสร้างค่าไฟฟ้า

2.1 อินเวอร์เตอร์

อินเวอร์เตอร์คือ ตัวแปลงไฟกระแสสลับ (AC) จากแหล่งจ่ายไฟทั่วไปที่มีแรงดันและความถี่คงที่ ให้เป็นไฟกระแสตรง (DC) โดยวงจรคอนเวอร์เตอร์ (Converter Circuit) จากนั้นไฟกระแสตรงจะถูกแปลงเป็นไฟกระแสสลับที่สามารถปรับขนาดแรงดันและความถี่ได้โดยวงจรอินเวอร์เตอร์ (Inverter Circuit) วงจรทั้งสองนี้จะเป็นวงจรหลักที่ทำหน้าที่แปลงรูปคลื่น และผ่านพลังงานของอินเวอร์เตอร์ [5-6]

$$\text{Synchronous Speed (Ns)} = \frac{120f}{P} \quad (2.1)$$

โดยที่ f เท่ากับ ความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส

P เท่ากับ จำนวนขั้วแม่เหล็ก

120 เท่ากับ ค่าคงที่

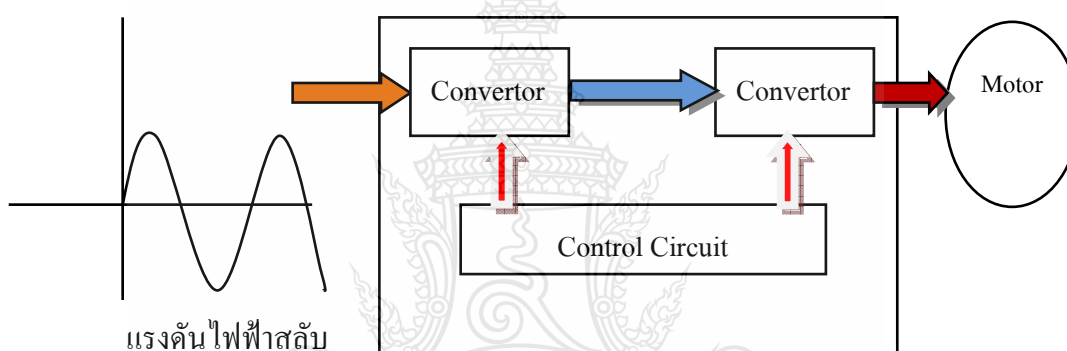
ซึ่งโดยปกติการใช้อินเวอร์เตอร์ติดตั้งที่มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเพื่อลดความเร็วรอบและการใช้พลังงานไฟฟ้าที่มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสลง

2.1.1 การใช้อินเวอร์เตอร์ควบคุมมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสอินเวอร์เตอร์จะจ่ายความถี่ให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบค่อยเพิ่มความถี่ให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสจนแรงบิดของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสสูงกว่าแรงบิดของโหลดมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสก็จะเริ่มหมุน

2.1.2 การเร่งความเร็วและการเดินเครื่องด้วยความเร็วคงที่หลังจากสตาร์ทอินเวอร์เตอร์และมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแล้ว ความถี่ขาออกจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นจนถึงความถี่ที่ต้องการช่วงเวลาในการเพิ่มความถี่นี้คือเวลาการเร่งความเร็ว และเมื่อความถี่ขาออกเท่ากับความถี่ที่ต้องการ การเร่งความเร็วก็สิ้นสุด อินเวอร์เตอร์จะเข้าสู่การทำงานในช่วงเวลาการเดินเครื่อง ด้วยความเร็วคงที่ต่อไป

2.1.3 การลดความเร็วทำได้โดยตั้งความถี่ให้ต่ำกว่าความถี่ขาออกอินเวอร์เตอร์จะลดความถี่ลงมาเรื่อยๆ ตามช่วงเวลาการลดความเร็วที่ได้ตั้งไว้ ในขณะที่ลดความถี่ความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสจะมีค่ามากกว่าความถี่ขาออกของอินเวอร์เตอร์มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสจะทำงาน เหมือนเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ผลิตไฟจ่ายกลับไปให้อินเวอร์เตอร์ (Regeneration) ทำให้แรงดันไฟตรง (แรงดันคร่อม คอนเดนเซอร์) มีค่าเพิ่มขึ้นดังนั้นภายในอินเวอร์เตอร์จะมีวงจรที่ทำหน้าที่รับพลังงานที่เกิดจากการ Regeneration ซึ่งจะมีผลทำให้เกิดการเบรกมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส วงจรนี้เรียกว่าวงจรเบรกกินพลังงานพลังงานที่เกิดจากการ Regeneration จะป้อนกลับมาชาร์จที่ตัวเก็บประจุทำให้แรงดัน E มี

ค่าสูงขึ้น ถ้าแรงดันสูงกว่าค่าที่กำหนด ทรานซิสเตอร์ T ในวงจรเบรกจะทำงาน ทำให้มีกระแส I ไหลผ่านตัวต้านทานเบรก R ทำให้ตัวต้านทานร้อน เป็นการเผาผลาญพลังงานที่เกิดจากการ Regeneration และพลังงานที่เก็บสะสมใน ตัวเก็บประจุ ก็จะถูกคายออกมาด้วย ทำให้แรงดัน E มีค่าลดลง เมื่อลดลงต่ำกว่าค่าที่กำหนด ทรานซิสเตอร์ T จะหยุดทำงานกระแสเบรกก็จะหยุดไหลในช่วงการลดความเร็ว จะทำงานในลักษณะนี้หลายๆ ครั้ง ถ้าพลังงานมีค่าน้อย (แรงบิดที่จำเป็นสำหรับการลดความเร็วมีขนาดเล็ก) อัตราการใช้งานวงจรเบรกก็จะต่ำซึ่งบางครั้งอาจจะไม่ทำงานเลยก็มี อัตราการใช้งานวงจรเบรกนี้ได้รับการออกแบบโดยการพิจารณาในแง่ของการระบายความร้อนไว้ที่ร้อยละ 2-3 เท่านั้น ถ้ามีการใช้เบรกบ่อย หรือใช้เบรกนานเกินไปจะทำให้เกิดปัญหาการระบายความร้อนของตัวต้านทาน และอาจทำให้ทรานซิสเตอร์เสื่อมได้ซึ่งส่วนประกอบหลักของอินเวอร์เตอร์ดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 ส่วนประกอบหลักของอินเวอร์เตอร์

2.1.4 การหยุดหมุนมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสอินเวอร์เตอร์จะลดความเร็วลงจนถึงระดับหนึ่ง และจะผลิตไฟฟ้ากระแสตรงเข้าไปในมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเพื่อทำงานเป็นเบรก จนมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสหยุด เรียกว่าการเบรกด้วยไฟตรงนั่นเอง

2.2 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง

ค่าตัวประกอบกำลังหรือ PF ตามปกติแล้วค่าไม่ควรต่ำกว่า 0.85 ในโรงงานอุตสาหกรรมที่มีการติดตั้งตัวเก็บประจุค่าตัวประกอบกำลังจะมากกว่า 0.85 หรือประมาณ 0.9-0.95 ถ้าโรงงานใดๆ ที่ไม่มีการติดตั้ง ตัวเก็บประจุเพื่อปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังสามารถใช้ค่าจากตารางที่ 2.1 โดยดูจากประเภทของอุตสาหกรรมก็สามารถประเมินได้ว่าค่าตัวประกอบกำลังจะมีค่าเท่าไร [7-8]

ตารางที่ 2.1 ค่าตัวประกอบกำลังแต่ละประเภทอุตสาหกรรม

ประเภทธุรกิจ	ค่าตัวประกอบกำลัง (PF)
เสื้อผ้า	0.35-0.60
พลาสติก	0.35-0.65
ขึ้นรูปโลหะ	0.55-0.70
เครื่องจักรกล	0.60-0.70
ชุบหรือเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้า	0.65-0.70
เคมี	0.65-0.75
ทอผ้า	0.65-0.75
เหล็กกล้า	0.65-0.75
เหมืองถ่าน	0.65-0.80
ตีหรือเผาเหล็ก	0.70-0.80

2.2.1 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังหรือค่า PF ที่เรียกกันโดยทั่วไป ซึ่งค่าตัวประกอบกำลังคือ อัตราส่วนระหว่าง กำลังแอกทีฟ (kW) ต่อ กำลังปรากฏ (kVA) ดังสมการที่ 2.2

$$\text{ค่าตัวประกอบกำลัง (PF)} = \frac{P}{S} = \frac{\text{kW}}{\text{kVA}} \quad (2.2)$$

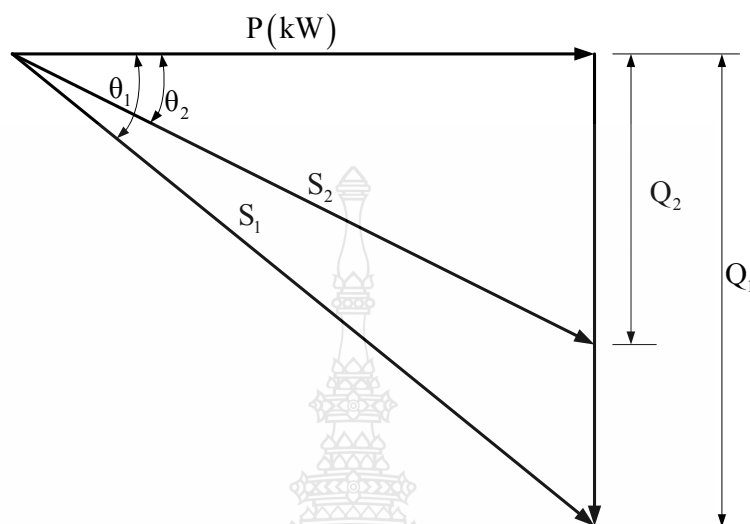
จากสมการที่ 2.2 การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังจะทำให้ประสิทธิภาพของระบบโดยรวมดีขึ้นเนื่องจากสามารถลดกำลังสูญเสีย (Power Loss) ได้นั่นเอง

2.2.2 การคำนวณหาตัวเก็บประจุเพื่อใช้ในการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลัง (PF) ให้มีค่ามากกว่า 0.85 ตัวอย่างในคำนวณ มีค่าตั้งนี้กำลังแอกทีฟ (P) เท่ากับ 186 กิโลวัตต์ กำลังปรากฏ (S) เท่ากับ 266 เควีเอ และ กำลังรีแอกทีฟ (Q) เท่ากับ 190 กิโลวาร์ จากสมการที่ 2.2

$$\text{แทนค่าในสมการ} \quad \text{PF} = \frac{186}{266}$$

$$\text{PF} = 0.69$$

จากค่าตัวประกอบกำลังที่ได้เท่ากับ 0.69 จะได้มุมเท่ากับ 46.36° ต้องการค่าตัวประกอบกำลังที่ 0.85 จะได้มุม เท่ากับ 31.78° ดังภาพที่ 2.2 สามเหลี่ยมกำลัง [8]



ภาพที่ 2.2 สามเหลี่ยมกำลัง

$\theta_1 = 46.36^\circ, \theta_2 = 31.78^\circ, S_1 = 266 \text{ kVA}, P_1 = 186 \text{ kW}, Q_1 = 190 \text{ kVAR}$ จาก $Q_2 = 31.78$ สามารถหาค่าของ S_2 ได้ดังสมการที่ 2.3

$$\cos\theta_2 = \frac{P}{S_2} \quad (2.3)$$

แทนค่าในสมการที่ 2.3 $\cos 31.78^\circ = \frac{186}{S_2}$

$$S_2 = \frac{186}{\cos 31.78}$$

$$S_2 = 218.8$$

$$\text{จาก } Q_2 = S_2 \sin\theta_2 \quad (2.4)$$

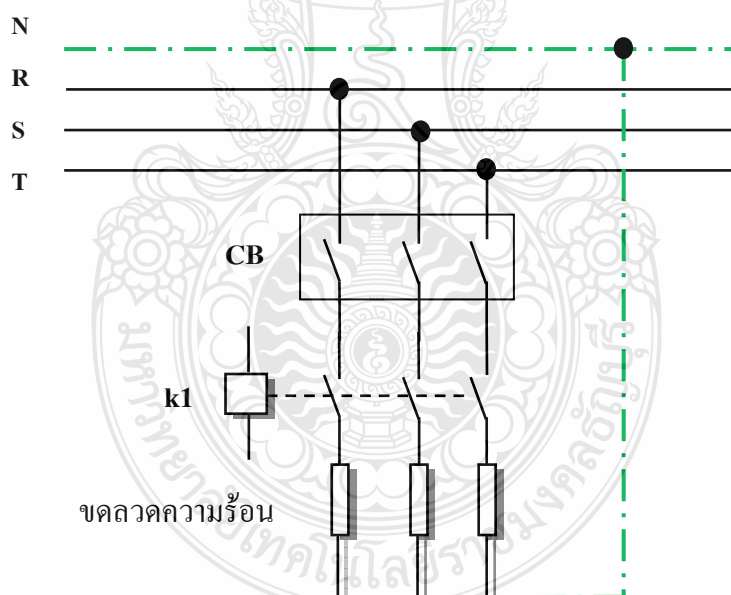
$$Q_2 = 218.8 \times \sin 31.78 \sin$$

$$Q_2 = 114.81$$

ถ้าต้องการให้ค่าตัวประกอบกำลัง เท่ากับ 0.85 จะต้องใช้ตัวเก็บประจุขนาดเท่ากับ $Q_1 - Q_2$ 190 กิโลวัตต์ ลบด้วย 114.8 กิโลวัตต์ เท่ากับ 75.2 กิโลวัตต์

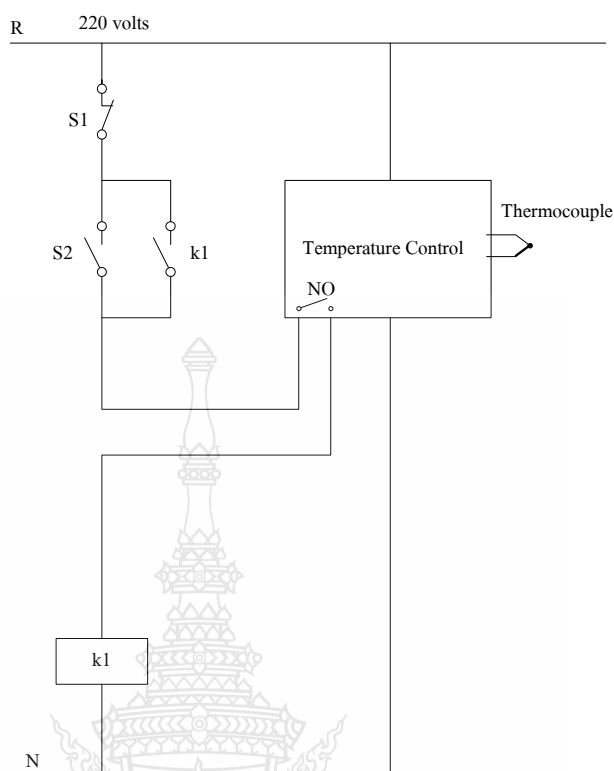
2.3 การควบคุมขดลวดความร้อนโดยใช้ Power SCR Controller

ในการควบคุมขดลวดความร้อนโดยทั่วไปจะใช้ ตัวสัณผัสแบบแม่เหล็ก ในการจ่ายกระแสไฟฟ้าไปยังขดลวดความร้อนเพื่อให้ขดลวดความร้อนเกิดความร้อนโดยใช้เทอร์โมคัปเปิ้ล (Thermocouple) เป็นตัวจับอุณหภูมิและส่งสัญญาณมาที่ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) ซึ่งจะทำหน้าที่แสดงผลและส่งให้ตัวสัณผัสแบบแม่เหล็ก ตัดและจ่ายกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขดลวดความร้อนดังภาพที่ 2.3 [9]



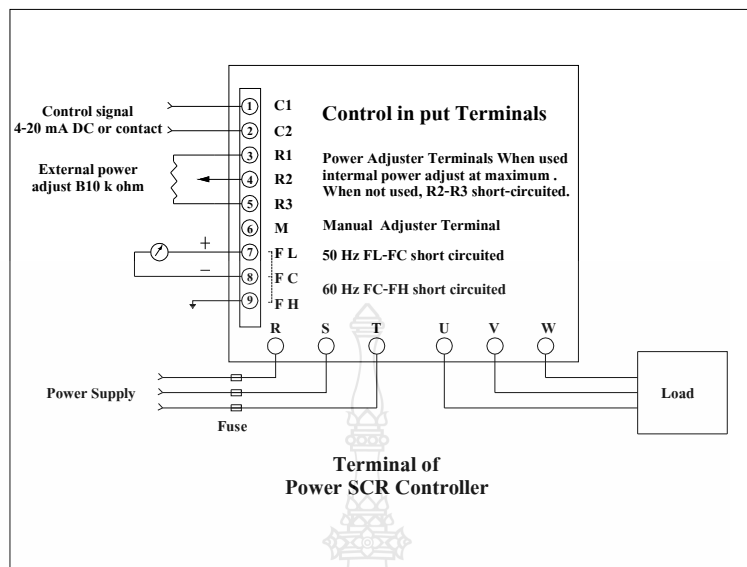
ภาพที่ 2.3 วงจรกำลังพื้นฐานการต่อใช้งานขดลวดความร้อนโดยใช้ตัวสัณผัสแบบแม่เหล็ก

จากภาพที่ 2.3 เป็นวงจรกำลังการต่อใช้งานขดลวดความร้อนแบบใช้ตัวสัณผัสแบบแม่เหล็ก ใช้แรงดันไฟฟ้าขนาด 380 โวลต์ โดยขดลวดความร้อนมีการต่อแบบสตาร์ ซึ่งวงจรการควบคุมขดลวดความร้อนดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 วงจรควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนแบบใช้ตัวสัมผัสแบบแม่เหล็ก

การทำงานของวงจรควบคุมเมื่อเทอร์โมคัปเปิลวัดค่าอุณหภูมิได้ตามที่ตั้งไว้จะส่งสัญญาณให้ตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) เพื่อตัดสัญญาณไม่ให้หน้าสัมผัสแบบแม่เหล็กทำงาน และเมื่อเทอร์โมคัปเปิลวัดค่าอุณหภูมิได้ต่ำกว่าค่าที่ตั้งไว้จะส่งสัญญาณมายังตัวควบคุมอุณหภูมิ เพื่อให้ต่อวงจรเพื่อให้ตัวสัมผัสแบบแม่เหล็กทำงานเหมือนเดิม ปัจจุบันการใช้ตัวสัมผัสแบบแม่เหล็กในการสตาร์ทขดลวดความร้อนจะไม่ค่อยพบเห็นมากนักเนื่องจากปัญหาเรื่องของ เวลาสูญเสียในการซ่อมบำรุง (Downtime) ของเครื่องจักรกลสูงซึ่งต่อมาได้มีการพัฒนานำเอาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์เข้ามาใช้ เรียกว่า โซลิดสเตต ซึ่งสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดีลดเวลาสูญเสียที่เกิดจากการซ่อมบำรุง แต่ไม่ได้ช่วยเรื่องของ การควบคุมอุณหภูมิให้มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้นั่นเอง ปัจจุบันได้มีการพัฒนานำเอา Power SCR Controller เข้ามาใช้ซึ่งสามารถใช้งานได้เป็นอย่างดี งานที่ต้องการอุณหภูมิสม่ำเสมอและคงที่ซึ่งการนำ Power SCR Controller ไปใช้งานดังภาพที่ 2.5 ไดอะแกรมการต่อวงจรของ Power SCR Controller

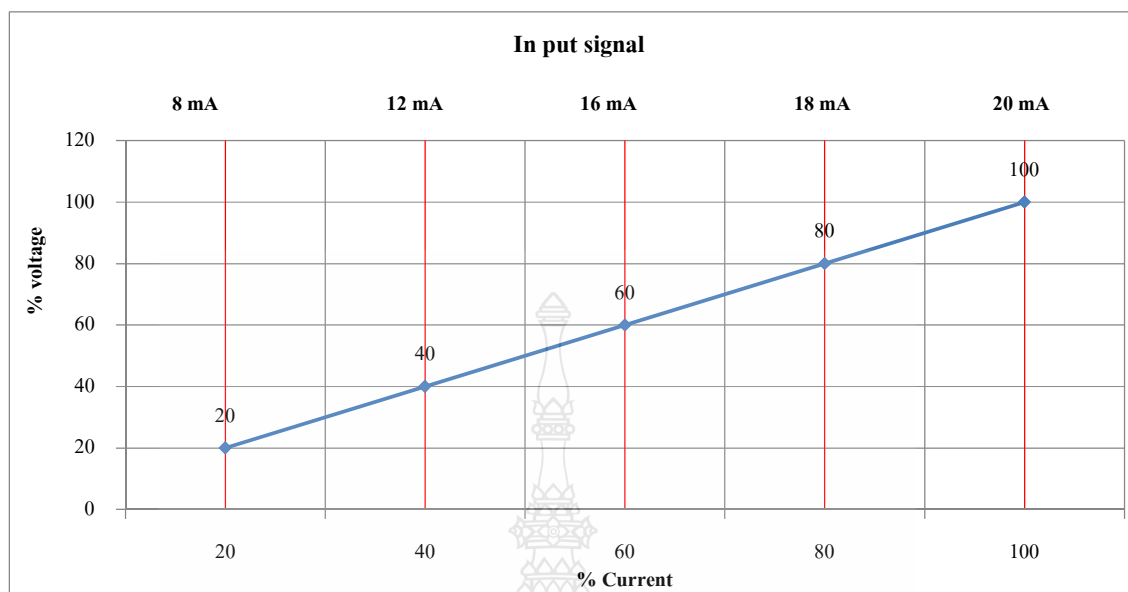


ภาพที่ 2.5 ไดอะแกรมการต่อใช้งาน Power SCR Controller

การนำเอา Power SCR Controller มาประยุกต์ใช้กับการควบคุมขดลวดความร้อนนั้นในภาคอุตสาหกรรมนั้นยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย ผู้สร้างเครื่องจักรกลส่วนใหญ่ต้องการประหยัดค่าใช้จ่ายในการสร้างเครื่องจักรกล ถ้าผู้ซื้อไม่ระบุความต้องการทางผู้ผลิตก็จะใช้โซลิตสตัดแทนลักษณะของ Power SCR Controller ดังภาพที่ 2.6 และ 2.7



ภาพที่ 2.6 ลักษณะของตัว Power SCR Controller ที่ใช้ควบคุมขดลวดความร้อน



ภาพที่ 2.7 ความสัมพันธ์ระหว่างกระแสแรงดัน และสัญญาณ 4-20 mA

ภาพที่ 2.7 เป็นความสัมพันธ์กระแส แรงดัน และสัญญาณกระแสไฟฟ้า DC 4-20 mA ที่รับมาจากตัวควบคุมอุณหภูมิ (Temperature Control) ซึ่งสัญญาณกระแส DC จะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ตรวจวัดได้ของเทอร์โมคัปเปิ้ลซึ่งข้อดีของ SCR ก็คือจะจ่ายไฟเลี้ยงชุดควบคุมความร้อนตลอดเวลาจึงทำให้อุณหภูมิของอุปกรณ์นั้นมีค่าใกล้เคียงกับที่ตั้งไว้เสมอ

2.4 การส่องสว่าง

การบอกสีทางด้านการส่องสว่างจะบอกด้วยอุณหภูมิสี ซึ่งหมายถึงสีที่เกิดจากการเผาไหม้วัสดุสีดำซึ่งมีการดูดซับความร้อนได้แบบสมบูรณ์ด้วยอุณหภูมิที่กำหนด อาทิ หลอดฟลูออเรสเซนต์ กูลไวท์มีอุณหภูมิสี 6,500 องศาเคลวิน หมายถึง เมื่อเผาวัสดุสีดำให้ร้อนถึงอุณหภูมิ 6,500 เคลวิน วัตถุ นั้นจะเปล่งแสงออกมาเป็นสีกูลไวท์หรือขาวปนน้ำเงินเป็นต้นเทียนไข 1,900 เคลวิน หลอดอินแคนดิสเซนต์ 2,800 เคลวิน ประเภทหลอดชนิดฟลูออเรสเซนต์เดย์ไลท์ (Day Light) 6,500 เคลวิน-กูลไวท์ (Cool White) 4,500 เคลวิน-วอร์มไวท์ (Warm White) 3,500 เคลวิน ประเภทของหลอดมีหลายชนิด แต่ในที่นี้จะขอกกล่าวเฉพาะหลอดแสงจันทร์ ขนาด 400 วัตต์ และหลอดคอมแพค 105 วัตต์ [10]

2.4.1 หลอดปรอทความดันไอสูง (High Pressure Mercury Lamp) หรือที่เรียกว่าหลอดแสงจันทร์ และมีประสิทธิภาพสูงพอกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ก็มีประสิทธิผลประมาณ 40-60 ลูเมนต่อวัตต์ แสง

ที่ออกมามีความถูกต้องของสีประมาณร้อยละ 60 ส่วนใหญ่ใช้แทนหลอดฟลูออเรสเซนต์เมื่อต้องการ
วัตต์สูงๆในพื้นที่ที่มีเพดานสูง อุณหภูมิสีประมาณ 4,000-6,000 เคลวิน แล้วแต่ชนิดของหลอด และ
อายุการใช้งานประมาณ 8,000-24,000 ชั่วโมง มีขนาดวัตต์ 50 80 125 250 400 700 และ 1,000 วัตต์

2.4.2 หลอด Compact Spiral เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ สีของหลอดมี 3 แบบคือแบบ
เดย์ไลท์ (Day Light) คุลไวท์ (Cool White) และวอร์มไวท์ (Warm White) เช่นเดียวกับหลอดชนิด
ฟลูออเรสเซนต์ แบบที่ใช้งานกันมากคือหลอดเดี่ยว มีขนาดวัตต์ 5, 7, 9, 11 วัตต์ และหลอดคู่ มีขนาด
วัตต์ 10, 13, 18, 26 วัตต์ เป็นหลอดที่พัฒนาขึ้นมาแทนที่หลอดจำพวกอินแคนเดสเซนต์ แต่มี
ประสิทธิภาพสูงกว่าหลอดอินแคนเดสเซนต์ คือประมาณ 50-80 ลูเมนต่อวัตต์ มีอายุการใช้งาน
ประมาณ 5,000-8,000 ชั่วโมง

2.5 โครงสร้างค่าไฟฟ้า

โครงสร้างค่าไฟฟ้า ประเภท 4 กิจการขนาดใหญ่ สำหรับการใช้เพื่อประกอบธุรกิจ
อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น
รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์กร
ระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 สูงสุด
ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้า 250,000
กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน โดยผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว [3]

2.5.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate; TOD)

ตารางที่ 2.2 โครงสร้างค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของวันประเภทกิจการขนาดใหญ่

ประเภท	แรงดัน (kV)	On-Peak (บาท)	Partial-Peak (บาท)	Off-Peak	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
4.1.1	69	224.30	29.91	-	2.6505	312.24
4.1.2	22-23	285.05	58.88	-	2.6880	312.24
4.1.3	<22	332.71	68.22	-	2.7160	312.24

อธิบายเพิ่มเติมช่วงเวลา On-Peak ตั้งแต่ 18:30 - 21:30, Partial-Peak ตั้งแต่ 08:00-18:30 และ Off-Peak
ตั้งแต่ 21:30-08:00

2.5.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use)

ตารางที่ 2.3 โครงสร้างค่าไฟฟ้าอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ประเภทกิจการขนาดใหญ่

ประเภท	แรงดัน (kV)	On-Peak (บาท)	Partial-Peak (บาท)	Off-Peak	ค่าพลังงานไฟฟ้า บาท/หน่วย	ค่าบริการ บาท/เดือน
4.2.1	69	74.14	-	-	3.5982	312.24
4.2.2	22 - 23	132.93	-	-	3.6796	312.24
4.2.3	<22	210	-	-	3.8254	312.24

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมามีสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

ประเภทที่ 4.2 กำหนดเป็นอัตราสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายใหม่หรือ ผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมที่ใช้ TOU แล้ว เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมประเภทที่ 4.1 เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้ประเภทอัตราที่ 4.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้า จะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้ากำหนด เดือนใดความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดไม่ถึง 1000 กิโลวัตต์ หรือการใช้ไฟฟ้าไม่ถึง 250,000 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังงานไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และเดือนถัดไปยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ อีกให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภท 2.1 [3]

การคำนวณค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด นั้นจะขอกว่าเฉพาะในส่วน of โครงสร้างค่าไฟฟ้าประเภทที่ 4.1.2 หรือ TOD ดังนี้

ตัวอย่าง โรงงาน A มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On-Peak เท่ากับ 2,000 กิโลวัตต์ และช่วง Partial-Peak เท่ากับ 2,500 กิโลวัตต์ ช่วงเวลา Off-Peak เท่ากับ 2,700 กิโลวัตต์ ประเภทการใช้ไฟฟ้า TOD แรงดัน 22 kV

วิธีคิด

จากค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On-Peak	=285.05	บาท/กิโลวัตต์
ค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง Partial-Peak	=58.88	บาท/กิโลวัตต์
โรงงาน A มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง On-Peak	=2,000	กิโลวัตต์
เสียค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	=2,000 × 285.05 บาท	
	=570,100	บาท
โรงงาน A มีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดช่วง Partial-Peak	=2,500	กิโลวัตต์

เสียค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (2,500-2,000)	=500 ×58.88	บาท
	=29,440	บาท
ช่วงเวลา Off-Peak ไม่นำมาคิด		
ดังนั้น โรงงาน A จะเสียค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด	=570,100+29,440	บาท
	=599,540	บาท
ภาษีมูลค่าเพิ่ม	=41,967.80	บาท
รวม	=641,508	บาท
สรุปโรงงาน A จะต้องเสียค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด	=641,508	บาท

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม ภูมิศึกษา บริษัท อีพีอี แพลกเจจิง (ประเทศไทย) จำกัด โดย สุชน พิทักษ์ [11] เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยการเก็บข้อมูลในการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานอุตสาหกรรม บริษัท อีพีอี แพลกเจจิง (ประเทศไทย) จำกัด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงที่ 1 เก็บข้อมูลก่อนดำเนินการใช้มาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ช่วงที่ 2 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานหลัง

จากการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยใช้ มาตรการการตรวจสอบและบำรุงรักษาเป็นระยะเวลา 3 เดือน และช่วงที่ 3 เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานหลังจากอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ในการปรับปรุงกระบวนการผลิต เป็นระยะเวลา 6 เดือน ผลการวิจัยพบว่า

การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าโดยใช้มาตรการในการตรวจสอบและบำรุงรักษาภายในระยะเวลา 3 เดือน บริษัทฯ สามารถลดอัตราส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วยผลผลิตลงได้เป็นร้อยละ 6.07

การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานโดยใช้มาตรการในการปรับปรุงกระบวนการผลิตภายในระยะเวลา 6 เดือน บริษัทฯ สามารถลดอัตราส่วนค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตลงได้ร้อยละ 8.0 การดำเนินการวิจัยของสุชน พิทักษ์ [11] ใช้มาตรการการจัดการซึ่งได้ผลทางอ้อมเรื่องการลดเวลาสูญเสียในการผลิต โดยวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรกลให้มีประสิทธิภาพไม่ให้เกิดเครื่องจักรกลเกิดการ Break Down Maintenance การปรับปรุงกระบวนการผลิต โดย ลดการใช้พลังงานที่ไม่จำเป็นและหลีกเลี่ยงการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลา On-Peak ซึ่งสามารถทำได้เลยโดยไม่ต้องใช้เงินลงทุน ประหยัดและเห็นผลได้เลยทันที

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

บทนี้เป็นการนำเสนอขั้นตอนและวิธีการดำเนินการในส่วนต่างๆ ของงานวิจัยซึ่งงานวิจัยนี้ประกอบด้วย วิธีการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เตาอบเส้นอลูมิเนียม การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงชูปอลูมิเนียมอลูมิเนียมการติดตั้ง Power SCR Controller กับขดลวดความร้อนของเตาอบแม่พิมพ์ และคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดอลูมิเนียม การเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ในโรงงานจาก 400 วัตต์ เป็นหลอด Compact Spiral ขนาด 105 วัตต์ การติดตั้งตัวเก็บประจุกับหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์และ 36 วัตต์ ในอาคารสำนักงานทั้งหมด โรงงานที่ทำการทดสอบเป็นโรงงานผลิตอลูมิเนียมเส้นหน้าตัดซึ่งโรงงานที่ทำการทดสอบนี้มีข้อมูลทั่วไปดังนี้

ชื่อโรงงาน	:	บริษัท โกลด์สตาร์เมททอล จำกัด
ชื่อนิติบุคคล	:	บริษัท โกลด์สตาร์เมททอล จำกัด
ที่อยู่	:	88 หมู่ที่ 5 ตำบลคลองมะเดื่อ อำเภอ กระทุ่มแบน จังหวัด สมุทรสาคร รหัสไปรษณีย์ 74110
เริ่มดำเนินการผลิต	:	พ.ศ. 2531
อายุโรงงาน	:	22 ปี
ประเภทอุตสาหกรรม	:	โลหะ
TSIC ID	:	37120-0012
ผลิตภัณฑ์ที่ผลิต	:	อลูมิเนียมรีด อาทิ วงกบ ประตู หน้าต่าง
กำลังการผลิต	:	900,000 กิโลกรัมต่อเดือน
อลูมิเนียมชุบขาว	:	500,000 กิโลกรัมต่อเดือน
อลูมิเนียมชุบซา	:	300,000 กิโลกรัมต่อเดือน
อลูมิเนียมไม่ชุบ	:	100,000 กิโลกรัมต่อเดือน
กำลังการผลิตจริง	:	850,000 กิโลกรัมต่อเดือน
อลูมิเนียมชุบขาว	:	450,000 กิโลกรัมต่อเดือน
อลูมิเนียมชุบซา	:	300,000 กิโลกรัมต่อเดือน
อลูมิเนียมไม่ชุบ	:	100,000 กิโลกรัมต่อเดือน
เวลาทำงานการผลิต	:	24 ชั่วโมงต่อวัน
เวลาทำงานสำนักงาน	:	8 ชั่วโมงต่อวัน

จำนวนพนักงาน : 450 คน
 ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน : 2 คน
 ชื่อผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน : นายทศพล สุขอร่าม ผสร.
 ตำแหน่งวิศวกรเครื่องกล
 : นายพรเทพ เจริญวงศ์ ผสร.
 ตำแหน่งวิศวกรไฟฟ้า

อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของ โรงงานที่ทำการทดสอบดังตารางที่ 3.1 ซึ่งแยกตาม
 กระบวนการผลิตของโรงรีด และโรงชุบ ดังนี้

ตารางที่ 3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าโรงรีด-โรงชุบ ปี 2553

วันที่	กุมภาพันธ์		มีนาคม		พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม	
	โรงรีด	โรงชุบ	โรงรีด	โรงชุบ	โรงรีด	โรงชุบ	โรงรีด	โรงชุบ	โรงรีด	โรงชุบ	โรงรีด	โรงชุบ
1	11,970	16,740	10,310	15,360	17,640	19,220	16,970	19,300	15,750	18,700	16,140	19,800
2	11,960	16,180	10,310	16,080	18,790	18,700	17,440	18,300	16,480	19,680	15,730	19,320
3	14,730	17,880	17,960	20,560	18,290	19,880	16,610	17,780	15,130	18,400	18,230	20,820
4	15,360	16,200	17,960	20,340	18,680	18,740	17,610	18,740	15,730	19,460	18,010	19,980
5	15,970	17,420	18,050	21,140	17,590	19,500	17,460	18,260	12,360	12,940	17,000	19,220
6	15,460	17,300	18,190	21,880	20,010	19,580	16,840	19,720	12,960	13,140	18,370	20,980
7	15,380	17,440	17,830	19,460	18,120	19,920	14,990	17,600	15,710	18,720	17,010	19,640
8	16,510	16,540	14,490	18,040	18,280	18,620	15,030	18,280	14,940	18,580	14,760	18,700
9	7,290	9,480	14,560	18,840	19,620	19,560	14,870	16,240	15,570	17,860	15,420	18,200
10	13,140	16,800	17,960	20,320	14,920	21,640	15,820	18,720	17,370	20,560	15,460	20,100
11	14,010	16,480	18,620	16,860	15,880	22,060	28,330	17,780	17,510	18,220	16,990	18,320
12	16,270	16,360	18,120	19,700	13,860	19,700	15,740	17,280	13,960	16,480	8,750	18,800
13	16,350	16,060	18,060	19,640	18,160	20,340	27,850	17,660	13,920	17,240	9,440	19,580
14	16,010	17,780	18,420	20,320	17,020	17,740	10,040	18,220	17,600	18,480	16,760	17,640
15	12,130	14,080	13,860	18,340	19,290	17,360	10,040	18,920	17,530	19,000	17,090	18,500
16	12,670	15,640	14,540	19,060	18,060	18,240	10,820	19,100	17,520	19,420	13,070	18,020
17	15,440	15,700	17,240	19,540	13,480	19,540	15,050	19,300	17,520	18,200	13,830	18,120
18	15,600	15,080	17,790	19,600	14,760	20,360	15,020	19,420	17,520	19,500	17,330	18,540
19	17,440	17,060	14,880	19,440	17,470	19,420	15,120	20,600	12,640	14,920	16,960	18,420
20	17,000	17,660	20,870	18,660	19,230	19,940	14,570	19,180	12,570	15,100	17,560	19,300

ตารางที่ 3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าโรงรีด-โรงชุป ปี 2553 (ต่อ)

วันที่	กุมภาพันธ์		มีนาคม		พฤษภาคม		มิถุนายน		กรกฎาคม		สิงหาคม	
	โรงรีด	โรงชุป	โรงรีด	โรงชุป	โรงรีด	โรงชุป	โรงรีด	โรงชุป	โรงรีด	โรงชุป	โรงรีด	โรงชุป
21	17,310	15,860	17,870	19,760	16,890	19,840	14,350	17,040	17,790	17,500	15,630	17,820
22	13,430	15,240	16,060	20,640	17,460	18,740	15,890	19,120	18,150	20,460	15,690	17,920
23	14,060	18,120	11,390	20,360	17,950	18,660	15,120	18,160	17,460	19,260	11,910	17,500
24	16,830	16,620	18,500	19,120	16,910	16,360	14,080	16,160	14,830	18,820	12,970	18,280
25	17,360	16,440	17,850	19,640	17,590	15,320	13,260	13,880	15,600	19,500	12,680	17,540
26	16,680	17,120	17,940	20,340	16,440	18,820	14,050	19,700	16,170	19,180	17,010	18,140
27	18,260	15,940	16,780	17,860	17,830	18,480	12,670	18,040	16,870	19,700	20,610	18,240
28	17,450	18,020	15,900	16,880	16,990	19,600	13,480	30,420	16,010	18,760	16,970	18,620
29	-	-	15,090	18,560	17,120	20,720	13,980	19,120	18,210	15,180	17,640	19,400
30	-	-	15,770	19,460	15,770	18,220	14,510	18,380	17,520	20,040	13,230	17,640
31	-	-	15,540	20,900	16,330	19,980	-	-	16,350	19,720	10,860	18,340
รวม	422,070	457,240	508,710	596,700	536,430	594,800	467,610	560,420	495,250	562,720	479,110	581,440
kWh	879,310		1,105,410		1,131,230		1,028,030		1,057,970		1,060,550	
AMR	896,133		1,108,914		1,086,674		1,026,414		1,105,997		1,097,084	

จากตารางที่ 3.1 ไม่มีการบันทึกค่าไฟฟ้าเดือน เมษายน เพราะมีการหยุดงานช่วงสงกรานต์ติดต่อกันนาน 5 วันจึงไม่นำมาคิดเนื่องจากจะทำให้ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือนผิดแปลกไป

3.1 ส่วนประกอบของงานวิจัย

ในการดำเนินนี้จะทำการศึกษาการใช้พลังงานในโรงงานเพื่อนำมาวิเคราะห์ก่อนดำเนินการทำงานวิจัย ซึ่งการดำเนินการจะเริ่มดำเนินการจากกลุ่มที่ใช้พลังงานไฟฟ้าสูงสุดไปยังกลุ่มที่ใช้พลังงานต่ำสุดจากค่าเฉลี่ยการใช้ไฟฟ้าปี 2553 โรงงานรีดลุมินีเยมที่ทำการทดสอบนี้มีอัตราการใช้ไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือน 1,053,536 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน จากสถิติการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ทำการเก็บบันทึกตั้งแต่เดือน มกราคม-สิงหาคม 2553 ดังตารางที่ 3.2

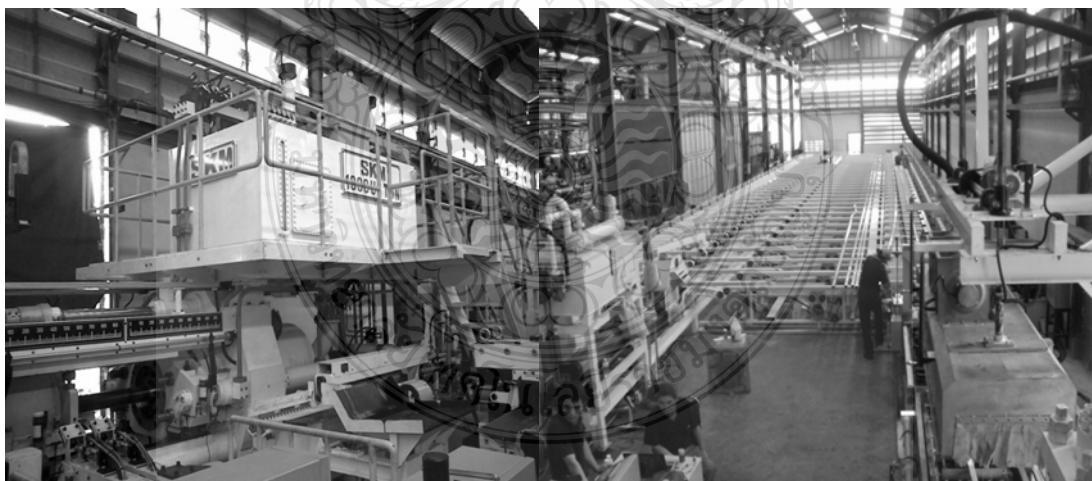
ตารางที่ 3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงงานที่ทำการทดสอบ

เครื่องวัด	เดือน					
	กุมภาพันธ์	มีนาคม	พฤษภาคม	มิถุนายน	กรกฎาคม	สิงหาคม
มิเตอร์						
kW-hr	879,310	1,105,410	1,131,230	1,028,030	1,057,970	1,060,550
AMR	896,133	1,108,914	1,086,674	1,026,414	1,105,997	1,097,084

จากค่าในตารางจะเห็นว่าค่าที่ได้จากการจดที่มิเตอร์ซึ่งเป็นมิเตอร์ภายในที่ทางโรงงานรีดอลูมิเนียมติดตั้งไว้ก่อนหน้าเพื่อใช้ในการคิดต้นทุนค่าไฟฟ้าของแต่ละกระบวนการผลิตเปรียบเทียบกับค่าที่ได้กับมิเตอร์ AMR ของการไฟฟ้าแล้วจากไม่ตรงกัน อันเนื่องจากสาเหตุเวลาที่ทางการไฟฟ้านำมาคิดไม่ตรงกับของโรงงานรีดอลูมิเนียมที่ทำการจดบันทึกนั่นเอง

3.2 ทำการสำรวจรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานเครื่องจักรกลและอุปกรณ์ไฟฟ้า

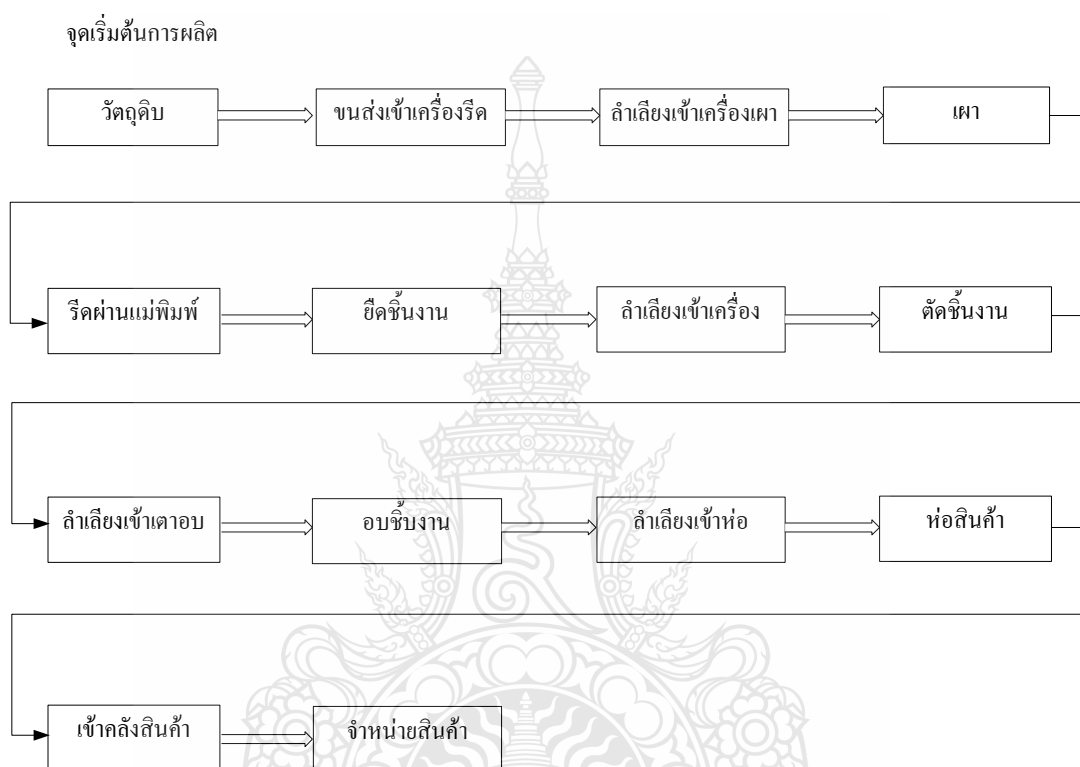
3.2.1 กระบวนการรีดอลูมิเนียมมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนประมาณ 474,091 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน เครื่องรีดอลูมิเนียม 1 เครื่องจะใช้พื้นที่ในการวางเครื่องจักรกลโดยประมาณกว้าง 10 เมตรยาว 70-80 เมตร หรือ 700-800 ตารางเมตรโดยประมาณ หรือมากกว่านั้นดัง ภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 เครื่องรีดอลูมิเนียมขนาด 920 ตัน

จากภาพที่ 3.1 ด้านซ้ายมือคือเครื่องรีดอลูมิเนียมซึ่งใช้ระบบไฮดรอลิกในการดันแท่งอลูมิเนียม (บิลเลท) ขนาด 5 นิ้ว ยาวสูงสุด 580 เซนติเมตร ซึ่งความยาวของแท่งอลูมิเนียม (บิลเลท) ที่

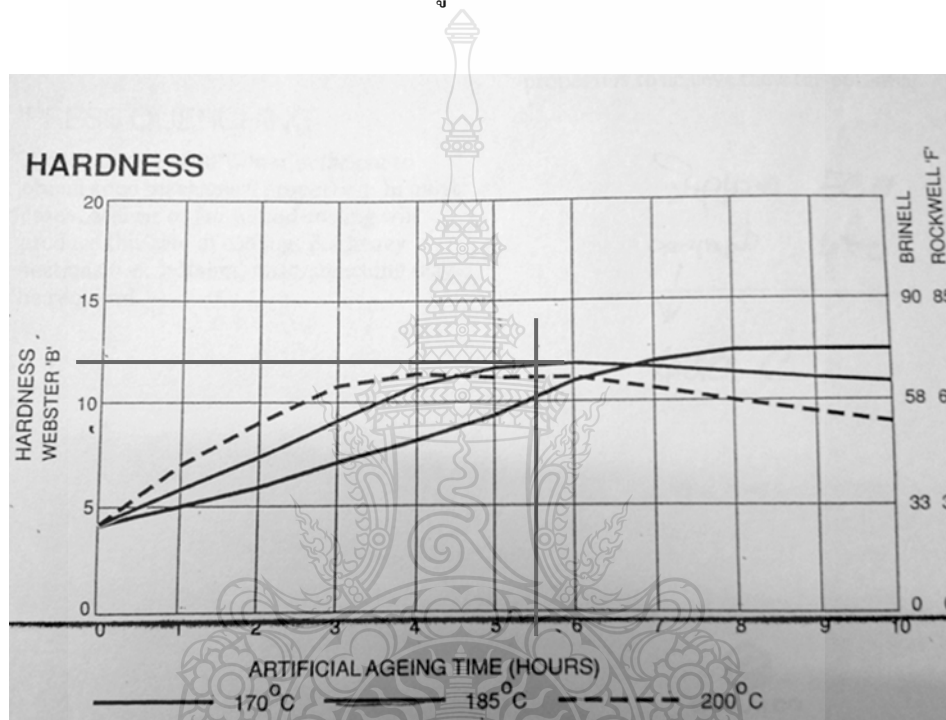
ใช้นั้นขึ้นอยู่กับความยาวของของชุดรันเอาท์ของเครื่องรีดนั้นซึ่งศัพท์ที่ทางโรงงานประเภทรีดอลูมิเนียมที่ใช้เรียกกันคือ ชุดรันเอาท์ (Run Out) ดังภาพที่ 3.1 ด้านขวามือ ซึ่งจากภาพชุดรันเอาท์มีขนาดความยาว 35 เมตร ขั้นตอนการทำงานของเครื่องรีดดังแผนภาพที่ 3.2 ซึ่งจะแสดงขั้นตอนของกระบวนการรีด



ภาพที่ 3.2 แผนผังกระบวนการรีดอลูมิเนียม

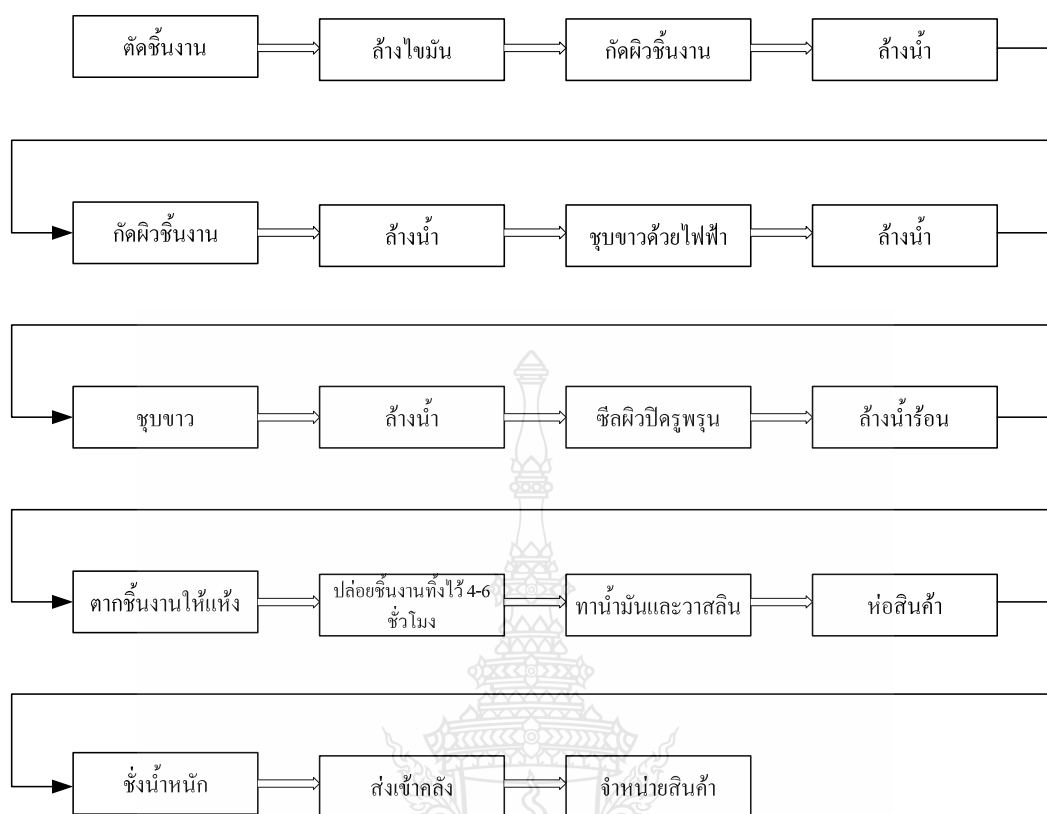
ในกระบวนการรีดอลูมิเนียมนั้นเริ่มจากการรับวัตถุดิบเข้ามา [12] และทำการเผาโดยใช้พลังงาน แก๊ส LPG [1] ที่อุณหภูมิ 450-470 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นเมื่ออุณหภูมิของแท่งบิลเลทได้ประจุเตาจะถูกตั้งเปิดโดยผู้ควบคุมเครื่องหรือแบบอัตโนมัติ แท่งจะถูกป้อนเข้าเครื่องรีดโดยแท่งอลูมิเนียมจะถูกดันโดยเครื่องรีดด้วยแรงดันของไฮดรอลิกขนาด 200-250 บาร์ (Bar) ขึ้นอยู่กับความยากง่ายของงานที่รีด โดยผ่านแม่พิมพ์รีด รูปร่างออกมาตามแบบของแม่พิมพ์รีด อุณหภูมิของชิ้นงานที่ถูกรีดออกมาจะมีอุณหภูมิสูงประมาณ 520-550 องศาเซลเซียส ซึ่งจะมีตัวจับชิ้นงานประคองให้ชิ้นงานไม่ให้พุ่งออกนอกลูกกลิ้งของชุด รันเอาท์ เมื่อแท่งบิลเลทถูกดันจนหมดแท่ง ไบเลื่อยหน้าเครื่องจะตัดชิ้นงานให้ขาด หลังจากนั้นชิ้นงานจะถูกพาไปพักเพื่อให้ชิ้นงานเย็นตัวลงที่อุณหภูมิห้อง

เพื่อให้คนสามารถจับยึดชิ้นงาน ให้รูปทรงได้ขนาดตามแบบ จากนั้นก็จะนำไปตัดตามขนาดที่ต้องการ ส่วนใหญ่ร้อยละ 95 จะตัดที่ความยาว 6.4 เมตร ชิ้นงานจะถูกส่งเข้าเตาอบเส้นอลูมิเนียมที่อุณหภูมิ 280 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 5.5 ชั่วโมง เพื่อให้ชิ้นงานมีความแข็งที่ 12-14 W/B ตามภาพที่ 3.3 หลังจากชิ้นงานออกจากเตาอบแล้วจะถูกปล่อยให้เย็นตัวลงซึ่งจะใช้พัดลมช่วยเป่าให้ชิ้นงานเย็นตัวเร็วขึ้นเพื่อไปยังกระบวนการต่อไปคือกระบวนการพ่นสีและกระบวนการชุบซึ่งกระบวนการพ่นสีจะไม่ขอกว่าถึง เนื่องจากอยู่นอกโรงงานที่ทำการทดสอบนี้



ภาพที่ 3.3 ความสัมพันธ์ของอุณหภูมิกับระยะเวลาในการอบและความแข็งที่ได้

3.2.2 กระบวนการชุบ [13-15] มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนประมาณ 579,444 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน ในกระบวนการชุบ 1 บ่อจะมีกำลังการผลิตประมาณ 160 – 180 กิโลกรัมต่อชั่วโมงขึ้นอยู่กับปัจจัยคนและเครื่องจักรกล โรงงานที่ทำการทดสอบนี้มีบ่อที่ใช้ในการชุบอลูมิเนียมจำนวน 6 บ่อสำหรับงานชุบขาว และชุบสีจำนวน 2 บ่อ รวม 8 บ่อ คิดเป็นกำลังการผลิตของงานชุบสีขาวและสีชา 750,000 กิโลกรัมต่อเดือนกระบวนการชุบจะมีขั้นตอนดังนี้



ภาพที่ 3.4 แผนผังการทำงานของโรงซุบ

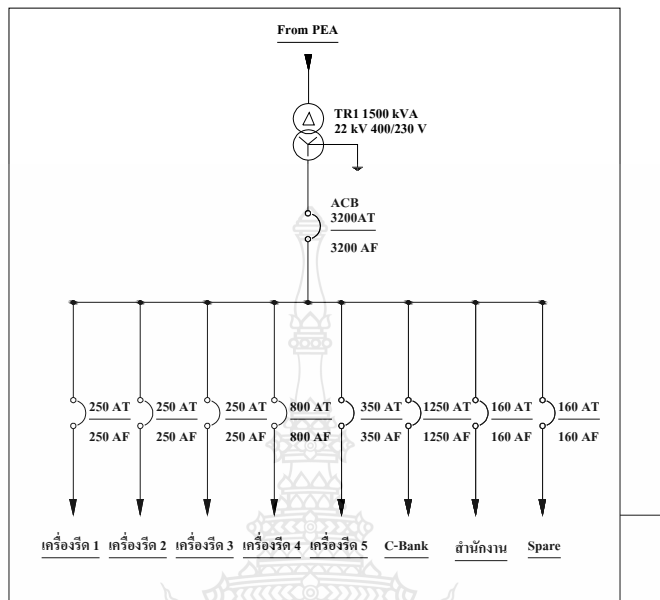
ในกระบวนการซุบอลูมิเนียมขั้นต้นแรกจะทำการเลือกชิ้นงานที่จะซุบคำนวณพื้นที่ผิวซุบและคำนวณเวลาที่ใช้ในการซุบ เพื่อให้ได้ความหนาฟิล์มตามต้องการ ความหนาฟิล์มของอลูมิเนียมใช้หน่วยวัดเป็น ไมครอน ความหนาฟิล์มตามมาตรฐานของโรงงานที่ทำการทดสอบนี้จะใช้ที่ 10-14 ไมครอน สำหรับงานตลาดทั่วไป เวลาที่ใช้ซุบเท่ากับ 29 นาที เวลาที่ใช้ซุบหาได้จากสมการที่ 3.1 เวลาซุบ (t) ค่าคงที่(k) พื้นที่ผิวซุบ(A) กระแสไฟฟ้า (I) ความหนาฟิล์ม (micron) [8-10]

$$t = \frac{k \times A \times \text{micron}}{I} \quad (3.1)$$

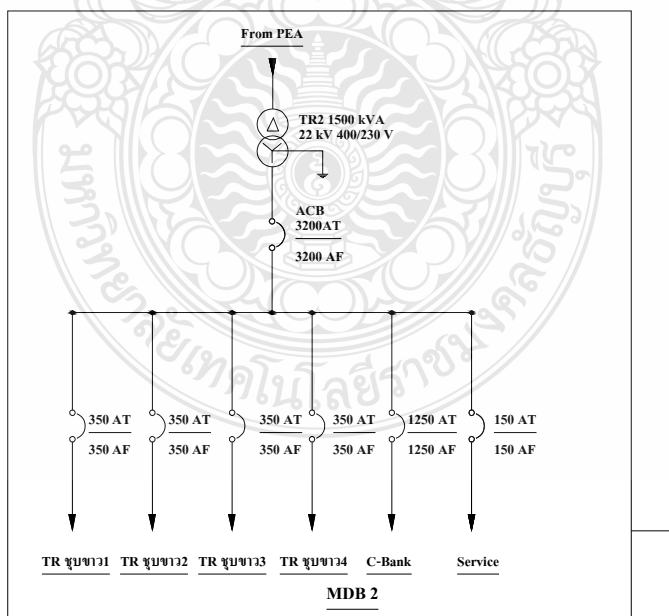
ตัวอย่างการหาเวลาซุบเพื่อให้ได้ความหนาฟิล์มที่ 12 ไมครอนจากชิ้นงานอลูมิเนียมประเภทกล่องเรียบมีพื้นที่ผิวซุบเท่ากับ 3.45 ตารางเมตรต่อเส้นจำนวน 22 เส้นเท่ากับ 75.9 ตารางเมตรประมาณ 76 ตารางเมตรหม้อแปลงซุบอลูมิเนียมขนาด 10,000 แอมแปร์ เวลาที่ใช้ซุบเท่ากับ

$$\text{เวลาซุบ} \quad t = \frac{(320 \times 76 \times 12)}{10,000} \quad \text{นาที}$$

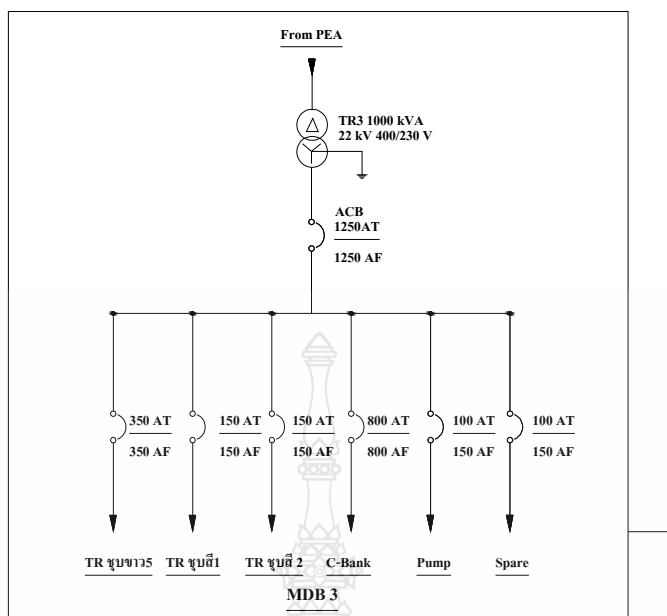
โหลดของแต่ละตู้ MDB ดัง Single Line Diagram ภาพที่ 3.5, 3.6 และ 3.7



ภาพที่ 3.5 Single Line Diagram ของตู้ MDB1



ภาพที่ 3.6 Single Line Diagram ของตู้ MDB2



ภาพที่ 3.7 Single Line Diagram ของตู้ MDB3

อธิบายเพิ่ม C-Bank คือตัวเก็บประจุที่ติดตั้งสำหรับให้ค่าตัวประกอบกำลังมากกว่า 0.85

3.3 แยกโหลดของเครื่องจักรกลที่เครื่องรีดและหม้อแปลงชুবอลูมิเนียมของตู้ MDB

โหลดของเครื่องรีดและหม้อแปลงชুবอลูมิเนียมประกอบไปด้วยโหลดประเภทขดลวดความร้อน (Heater) และมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส และแสงสว่างของแต่ละตู้ MDB ดังตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 โหลดของเครื่องจักรกลที่ตู้ MDB1 MDB2 และ MDB3

ลำดับ	โหลดของ MDB1	กิโลวัตต์
1	เครื่องรีด 1	
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Pump Hydraulic	75.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Pump Hydraulic	15.0
	ขดลวดความร้อนคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด	25.0
	ขดลวดความร้อนเตาอบพิมพ์รีด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสขับพลูเลออร์	3.7
	รวมโหลด	133.7

ตารางที่ 3.3 โหลดของเครื่องจักรกลที่ตู้ MDB1 MDB2 และ MDB3 (ต่อ)

ลำดับ	โหลดของ MDB1	กิโลวัตต์
2	เครื่องรีด 2	
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Pump Hydraulic	75.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Pump Hydraulic	15.0
	ขดลวดความร้อนคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด	25.0
	ขดลวดความร้อนเตาอบพิมพ์รีด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสขับพลูเลอ์	3.7
	รวมโหลด	133.7
3	เครื่องรีด 3	
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Pump Hydraulic	75.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Pump Hydraulic	15.0
	ขดลวดความร้อนคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด	25.0
	ขดลวดความร้อนเตาอบพิมพ์รีด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสขับพลูเลอ์	3.7
	รวมโหลด	133.7
4	เครื่องรีด 4	533.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสสำหรับ Pump Hydraulic 3 ตัว	291.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสสำหรับ Pump Hydraulic	37.0
	ขดลวดความร้อนคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด	48.0
	ขดลวดความร้อนเตาอบแม่พิมพ์รีด	78.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสขับพลูเลอ์	15.0
	รวมโหลด	533.0
5	เครื่องรีด 5	160.7
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสสำหรับ Pump Hydraulic	97.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสสำหรับ Pump Hydraulic	15.0
	ขดลวดความร้อนคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด	30.0
	ขดลวดความร้อนเตาอบพิมพ์รีด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสพลูเลอ์	3.7

ตารางที่ 3.3 โหลดของเครื่องจักรกลที่ตู้ MDB1 MDB2 และ MDB3 (ต่อ)

ลำดับ	โหลดของ MDB1	กิโลวัตต์
	รวมโหลด	160.7
6	สำนักงาน	
	หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ 520 หลอด	18.72
	หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ 220 หลอด	3.96
	แอร์ติดผนังขนาด 12500 BTU 5 ตัว	10.32
	แอร์ติดผนังขนาด 18500 BTU 11 ตัว	59.64
	แอร์ติดผนังขนาด 25000 BTU 8 ตัว	56.61
	รวมโหลด	149.25
	รวมโหลดที่ MDB1	1,244.0
ลำดับ	โหลดของ MDB2	กิโลวัตต์
1	หม้อแปลงหอบลูมิเนียมขาว No.1	196.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั๊มน้ำกรด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั๊มน้ำเย็น	15.0
	รวมโหลด	226.0
2	หม้อแปลงหอบลูมิเนียมขาว No.2	196.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั๊มน้ำกรด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั๊มน้ำเย็น	15.0
	รวมโหลด	226.0
3	หม้อแปลงหอบลูมิเนียมขาว No.2	196.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั๊มน้ำกรด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั๊มน้ำเย็น	15.0
	รวมโหลด	226.0
	หม้อแปลงหอบลูมิเนียมขาว No.1	226.0
4	หม้อแปลงหอบลูมิเนียมขาว No.2	196.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั๊มน้ำกรด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั๊มน้ำเย็น	15.0
	รวมโหลด	226.0

ตารางที่ 3.3 โหลดของเครื่องจักรกลที่ตู้ MDB1 MDB2 และ MDB3 (ต่อ)

ลำดับ	โหลดของ MDB2	กิโลวัตต์
	รวมโหลดที่ MDB2	904.0
ลำดับ	โหลดของ MDB3	กิโลวัตต์
1	หม้อแปลงชุกอุมิเนียมขาว No.2	196.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั้มน้ำกรวด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั้มน้ำเย็น	15.0
	รวมโหลด	226.0
2	หม้อแปลงชุกอุมิเนียมขาว No.2	196.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั้มน้ำกรวด	15.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั้มน้ำเย็น	15.0
	รวมโหลด	226.0
3	หม้อแปลงชุกอุมิเนียมสี No.1	125.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั้มน้ำกรวด	7.5
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั้มน้ำเย็น	7.5
	รวมโหลด	140
4	หม้อแปลงชุกอุมิเนียมสี No.1	125.0
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั้มน้ำกรวด	7.5
	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสปั้มน้ำเย็น	7.5
	รวมโหลด	140.0
5	มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสเตาอบอุมิเนียมเส้นหน้าตัด	55.0
	รวมโหลด	55.0
	รวมโหลดที่ MDB3	787.0

3.4 จัดตั้งทีมงานเพื่อติดตามและดำเนินการตามแผนงาน

จัดตั้งแผนกอนุรักษ์พลังงานเพื่อมอบหมายให้รับผิดชอบในการดำเนินการตามแผนงาน นอกเหนือจากที่มีการแต่งตั้ง ผู้รับผิดชอบพลังงานในโรงงาน เพื่อให้การทำงานมีประสิทธิภาพและมีการติดตามผลอย่างต่อเนื่อง โดยรายงานผลการดำเนินงาน โดยตรงกับทาง ผู้จัดการฝ่ายวิศวกรรมและซ่อมบำรุง



ภาพที่ 3.8 ผังแผนกอนุรักษ์พลังงาน

3.5 การประเมินมาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน

3.5.1 การประเมินการอนุรักษ์พลังงานที่กระบวนการรีด จากสภาพเดิมที่เตาอบเส้นอลูมิเนียมยังไม่มีการอนุรักษ์พลังงาน ไฟฟ้า การสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Blower เป็นการสตาร์ทแบบสตาร์และรีนแบบเดลตา (Star Delta) มีการใช้พลังงานไฟฟ้า 25,200 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือนหรือ 302,400 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อปี การประเมินการใช้พลังงานที่เตาอบอลูมิเนียมนี้คาดว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้โดยวิธีการเปลี่ยนพลูเลย์เพื่อปรับรอบของ Blower ให้สูงขึ้นและติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อลดรอบลงมาโดยวิธีการลดความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Blower

ผลการอนุรักษ์พลังงาน จากการวิเคราะห์ถ้าเปลี่ยนพลูเลย์เพื่อทำการปรับรอบของ Blower ให้เพิ่มขึ้น 1 เท่าตัวแล้วทำการติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อปรับรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสลงมาโดยวิธีการลดความถี่ที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสลงจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ร้อยละ 40-60 คิดเป็น 10,800-15,120 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน การลงทุน พลูเลย์ขนาด 16 นิ้ว

ราคา 2,500 บาท สายพานแบบร่อง B จำนวน 3 เส้น ราคารวม 2,400 บาท อินเวอร์เตอร์เดลตา (Delta) ขนาด 55 กิโลวัตต์ ราคา 75,000 บาท รวมเงินลงทุนจำนวน 79,900 บาท ระยะเวลาคืนทุน 1.5 เดือน

3.5.2 การอนุรักษ์พลังงานที่เตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด จากเดิมการควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนนั้นจะใช้วิธีการควบคุมแบบพื้นฐาน ใช้ตัวสัมผัสแบบแม่เหล็กในการตัดวงจรการจ่ายไฟฟ้าให้กับขดลวดความร้อนซึ่งส่งผลให้อุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์เครื่องรีด อุณหภูมิมีความแตกต่างกับค่าที่ตั้งไว้ ซึ่งส่งผลเรื่องประสิทธิภาพในการรีดจากสถิติประสิทธิภาพการรีดนั้นขึ้นอยู่กับหลากหลายปัจจัย อุณหภูมิก็เป็นปัจจัยหนึ่ง เฉลี่ยเรื่องเวลาการสูญเสียจากการซ่อมบำรุง ในการเปลี่ยนตัวสัมผัสแบบแม่เหล็ก จากสถิติในการเปลี่ยนตัวสัมผัสแบบแม่เหล็กเฉลี่ย 2.5 ชั่วโมงต่อเดือนคิดเป็นผลผลิตที่ต้องสูญเสีย 3,125 กิโลกรัมต่อเดือน หรือคิดเป็นยอดขายประมาณ 375,000 บาทต่อเดือนคิดร้อยละ 5 เท่ากับ 18,750 บาทต่อเดือน

ผลการอนุรักษ์พลังงาน จากการวิเคราะห์ถ้าเปลี่ยนการใช้ Power SCR Controller แล้วจะสามารถลดเวลาในการซ่อมบำรุงลงจากการเปลี่ยนตัวสัมผัสแบบแม่เหล็ก 0.5 ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็นผลผลิตที่เพิ่มต่อเดือน 2,500 กิโลกรัมต่อเดือน คิดเป็นมูลค่าเท่ากับ 300,000 บาทต่อเดือนคิดเป็นกำไรร้อยละ 5 เท่ากับ 15,000 บาทต่อเดือน เพิ่มประสิทธิภาพในการรีดที่สาเหตุเกิดจากอุณหภูมิของแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดค่าอุณหภูมิที่ต้องการไม่คงที่มีค่าต่ำและค่าสูงกว่าที่ตั้งไว้ การลงทุน Power SCR Controller ขนาด 45 แอมแปร์ จำนวน 8 ตัว ราคารวม 20,000 บาท ขนาด 60 แอมแปร์ จำนวน 8,100 บาท และขนาด 90 แอมแปร์ จำนวน 1 ตัว ราคา 3,500 บาท ตัวควบคุมอุณหภูมิแบบมีสัญญาณกระแส DC 4-20 mA จำนวน 12 ตัว ราคา 18,000 บาท รวมเงินลงทุน 49,600 บาท คิดเป็นระยะเวลาคืนทุนภายใน 3.31 เดือน

3.5.3 การอนุรักษ์พลังงานที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียมอลูมิเนียม จากเดิมพบว่าหม้อแปลงชุกอุมิเนียม ตัวอุปกรณ์ตัดตอนไฟฟ้า เซอร์คิตเบรกเกอร์ เมื่อมีโหลดเฟรมของเซอร์คิตเบรกเกอร์และสายตัวนำจะร้อน เมื่อวัดกระแสของหม้อแปลงชุกอุมิเนียมขณะทำงานเท่ากับ 395 แอมแปร์ ขนาดของเซอร์คิตเบรกเกอร์ที่ใช้งานขนาด 600 แอมแปร์ทริป 600 แอมแปร์เฟรม ซึ่งมีขนาดมากกว่าโหลดประมาณ 1.54 เท่า ตามมาตรฐานการออกแบบต้องมีขนาดมากกว่า 2.5 เท่า แต่ส่วนใหญ่ในโรงงานอุตสาหกรรมโดยทั่วไปจะยอมรับอย่างน้อย 1.8 เท่า ที่สภาวะการทำงานแบบต่อเนื่อง ซึ่งการทำงานของหม้อแปลงชุกอุมิเนียมดังที่ได้กล่าวไปแล้วข้างต้นจะทำงานประมาณ 29-30 นาทีแล้วหยุดประมาณ 5-10 นาที

ผลการอนุรักษ์พลังงาน จากการวิเคราะห์ ถ้าทำการลดกระแสของหม้อแปลงชุกอุมิเนียมลง โดยวิธีการปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของหม้อแปลงชุกอุมิเนียมให้มากกว่า 0.7 ที่ 0.8 ทำให้

กระแสของหม้อแปลงชุกอุมิเนียมทางด้านปฐมภูมิลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการจ่ายโหลดของหม้อแปลงแรงสูงสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น การลงทุน ตัวเก็บประจุขนาด 50 กิโลวาร์ โดยทำการติดตั้งที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียม จำนวน 6 ตัวราคา 51,000 บาท ระยะเวลาคืนทุน ไม่มีแต่จะส่งผลทำให้หม้อแปลงแรงสูงสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น

3.5.4 การอนุรักษ์พลังงานที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ในอาคารสำนักงานขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ จำนวน 520 และ 220 วัตต์ ตามลำดับ จากเดิมปริมาณของหลอดฟลูออเรสเซนต์มีจำนวน 250 หลอด และ 150 หลอดซึ่งมีการเพิ่มจำนวนของหลอดฟลูออเรสเซนต์มากเท่าตัว แต่ขนาดของสายตัวนำที่ใช้ก็ยังไม่มีการเปลี่ยน เนื่องจากไม่สามารถหยุดเวลาการทำงานของสำนักงานซึ่งการเปลี่ยนสายเมนไฟฟ้าต้องใช้เวลาในการเปลี่ยนในช่วงวันหยุดติดต่อกัน 3-5 วัน แต่ด้วยกำลังการผลิตไม่เพียงกับความต้องการของลูกค้าที่มีเป็นจำนวนมากทำให้ไม่สามารถเข้าดำเนินการปรับปรุงเปลี่ยนสายไฟฟ้าได้ การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังของหลอดฟลูออเรสเซนต์จะทำให้กระแสโดยรวมของแสงสว่างในสำนักงานลดลง

ผลการอนุรักษ์พลังงานโดยการติดตั้งตัวเก็บประจุขนาด 8 ไมโครฟารัด 4 ไมโครฟารัดที่หลอด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ ตามลำดับ กระแสที่หลอด 36 วัตต์ จะลดลงเหลือ เท่ากับ 104 แอมแปร์ จากเดิมเท่ากับ 182 แอมแปร์ และที่หลอด 18 วัตต์ กระแสจะลดลงเหลือเท่ากับ 25.3 แอมแปร์ จากเดิมเท่ากับ 49.5 แอมแปร์ รวมสามารถลดกระแสไฟฟ้าโดยรวมที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ลงเท่ากับ 102.2 แอมแปร์ เงินลงทุน ใช้ตัวเก็บประจุขนาด 8 ไมโครฟารัด จำนวน 220 ตัวราคา 4,400 บาท และขนาด 4 ไมโครฟารัด จำนวน 110 ตัว ราคา 1,320 บาท รวมเงินลงทุน 5,720 บาท ทำให้สายตัวนำไฟฟ้าสามารถจ่ายโหลดได้มากขึ้น โดยไม่ต้องเปลี่ยนสายตัวนำไฟฟ้าใหม่

3.5.5 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า โดยการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ขนาด 400 วัตต์ เป็นหลอดคอมแพคขนาด 105 วัตต์ ในกระบวนการผลิตงานรีดและชุกอุมิเนียม เป็นงานที่ไม่ต้องการความละเอียดมากจากเดิมพบว่าปัญหาในการใช้หลอดแสงจันทร์ เมื่อหลอดไม่ติดการซ่อมบำรุงจะค่อนข้างล่าช้าเนื่องจากมี บัลลาสต์และอิเหนอร์ เข้ามาเกี่ยวข้อง ซึ่งทำให้ต้องเสียเวลาในการตรวจเช็คเพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุ การใช้หลอด Compact Spiral มาเปลี่ยนทดแทนจะทำให้การซ่อมบำรุงไวขึ้น เพราะไม่มีในส่วนของบัลลาสต์และอิเหนอร์ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบส่องสว่างลดลง

ผลการอนุรักษ์พลังงานถ้าเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ 400 วัตต์ จำนวน 97 โคมมาเป็นหลอดคอมแพคขนาด 105 วัตต์ จะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงเหลือ 1,815 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน จากเดิมมีการใช้พลังงานไฟฟ้า 13,834 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 87 หรือประหยัดได้

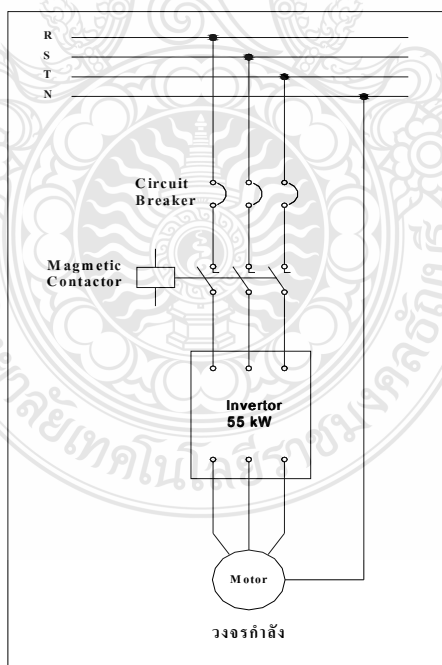
ต่อเดือนประมาณ 42,066 บาท เงินลงทุนในการซื้อเปลี่ยนหลอดคอมแพคจำนวน 97 หลอดเท่ากับ 77,600 บาท ระยะเวลาคืนทุน 1.85 เดือน

3.5.6 การอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า โดยการควบคุมเวลาการทำงานในช่วงเวลา On-Peak คือหยุดการผลิตในช่วงเวลา 18:30 – 21:30 น.ของวันทำงานปกติ จันทร์ – ศุกร์ จะสามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด (Maximum Demand) ลงเหลือ 250 กิโลวัตต์ จากเดิมมีความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 1,250 กิโลวัตต์ คิดเป็นเงินที่ต้องจ่ายค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 115,890 บาทต่อเดือน สามารถประหยัดได้เท่ากับ 226,170 บาทต่อเดือน จากเดิมต้องเสียค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 342,060 บาทต่อเดือน

ผลการอนุรักษ์พลังงาน ถ้าใช้มาตรการควบคุมเวลาการทำงานในช่วง On-Peak สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าในส่วนของความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุด โดยไม่ต้องใช้เงินลงทุนแต่อย่างใด

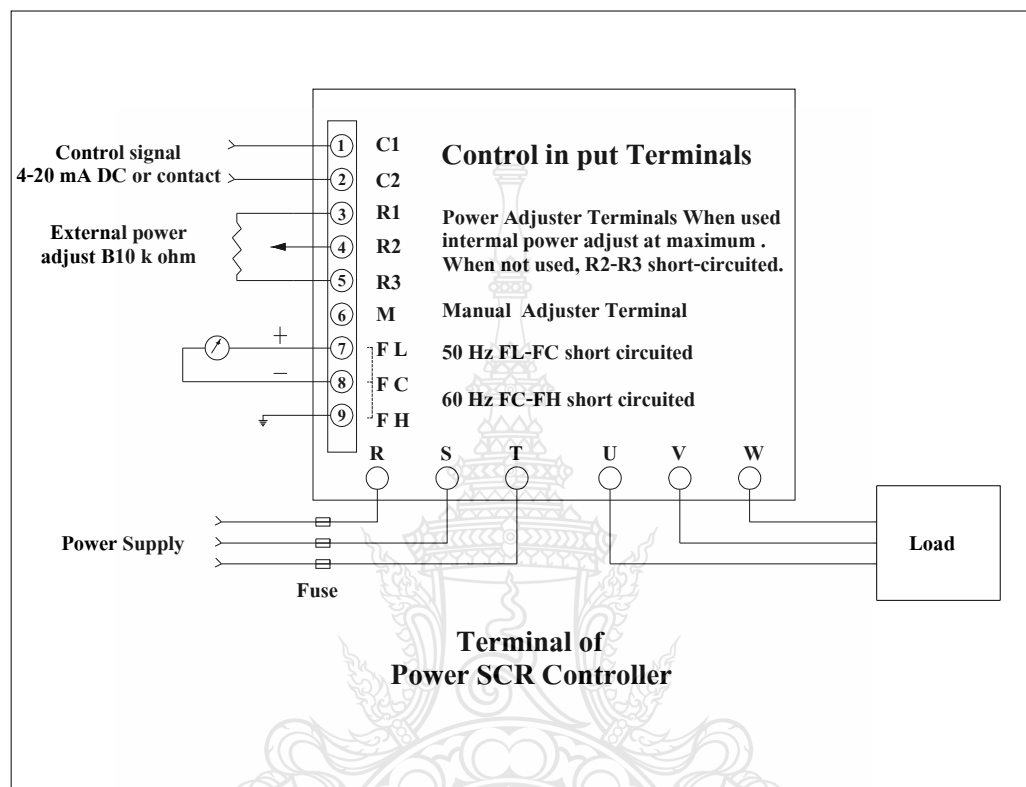
3.6 ออกแบบวงจรควบคุมในแต่ละมาตรการ

3.6.1 ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Blower โดยติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เตาอบอูมิเนียม



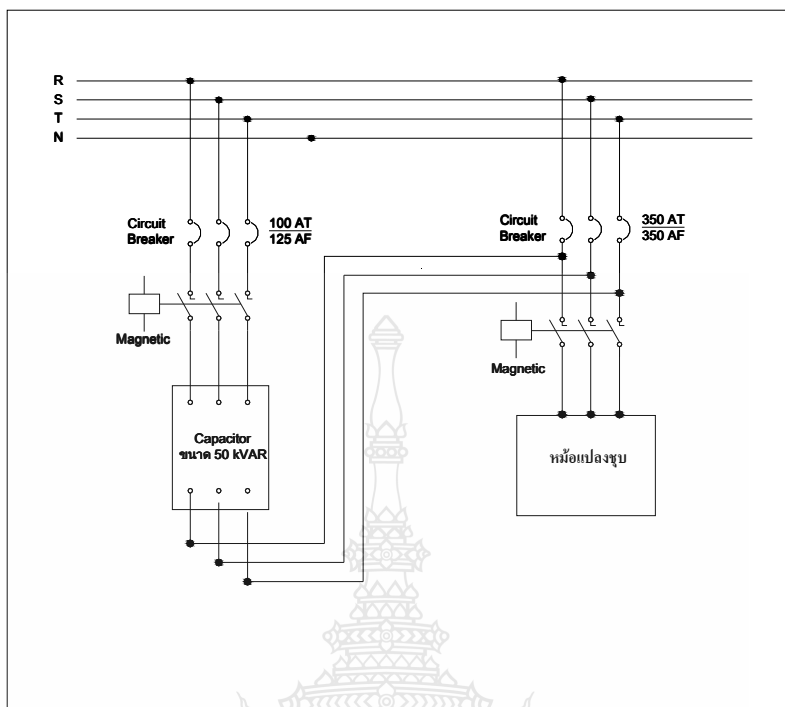
ภาพที่ 3.9 วงจรกำลังสำหรับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Blower

3.6.2 ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของขดลวดความร้อนโดยการติด Power SCR Controller ที่เตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด



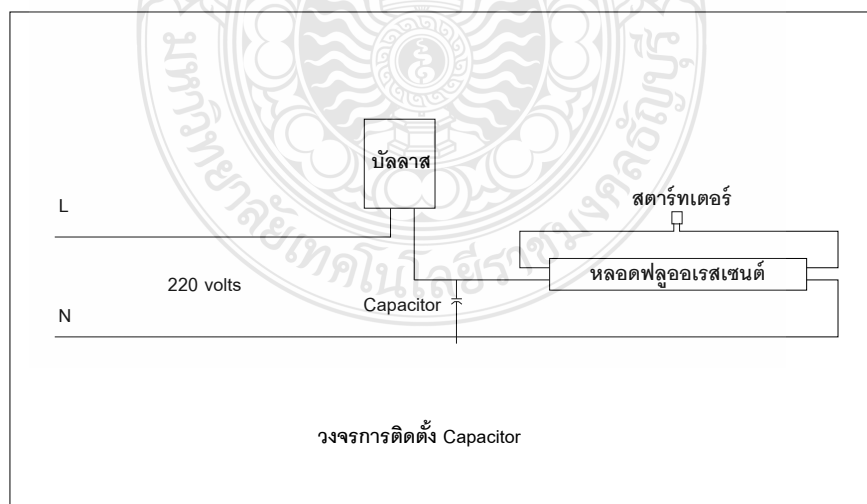
ภาพที่ 3.10 วงจรการควบคุมขดลวดความร้อนโดยใช้ Power SCR Controller

3.6.3 ออกแบบวงจรควบคุมการทำงานของตัวเก็บประจุแทนการใช้ Power Factor Control ของหม้อแปลงหอบลูมิเนียม



ภาพที่ 3.11 วงจรกำลังการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงอวลูมิเนียม

3.6.4 ออกแบบวงจรการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์



ภาพที่ 3.12 วงจรการติดตั้งตัวเก็บประจุสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์

3.6.5 ควบคุมค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดในช่วงเวลา 18:30 - 21:30 น. โดยติดป้ายห้ามเปิดเครื่องจักรกลในช่วงเวลา 18:30 – 21:30 น.



ภาพที่ 3.13 บันทึกภายในการควบคุมการเปิดเครื่องจักรกล

3.7 การดำเนินการลดพลังงานไฟฟ้าที่เตาอบเส้นอลูมิเนียม

เปลี่ยนขนาดพลูเลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเท่ากับ 16 นิ้วจากเดิมขนาด 8 นิ้วติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อลดความถี่และแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสลง เพื่อให้ความถี่และความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสลดลงร้อยละ 50 ตามสมการ 2.1 ที่ได้กล่าวไปแล้วเมื่อความถี่ลดลงความเร็วของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสลดลง เปลี่ยนขนาดสายพานของพลูเลย์ใหม่ให้มีขนาดความยาวเพิ่มขึ้นตามขนาดของพลูเลย์ [16]

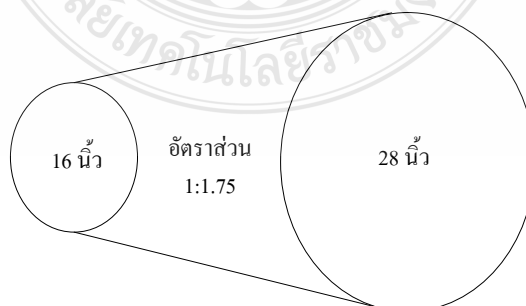
วัดความเร็วรอบของ Blower ที่ใช้งานจริงโดยวัดที่ตัวเพลลาของ Blower ค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องมือวัดความเร็วรอบคือ 420 รอบต่อนาทีที่กระแสนาเข้าใช้งานจริงโดยใช้เครื่องมือวัด แคลมป์ปีมิเตอร์เฉลี่ย 3 เฟส 53 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ 390 โวลต์ ซึ่งเตาอบเส้นอลูมิเนียมมีหน้าที่ให้ความร้อนกับอลูมิเนียมเส้นที่ผ่านการรีดที่อุณหภูมิ 420-450 องศาเซลเซียสซึ่ง Blower จะพัดเอาลม

ร้อนที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียสเป่าความร้อนให้กระจายเข้าถึงอลูมิเนียมที่อบอยู่ภายในเตาได้อย่างทั่วถึงอุณหภูมิที่เลือกใช้ในการอบอลูมิเนียมเส้นเท่ากับ 185 องศาเซลเซียสเวลาที่ใช้ในการอบอลูมิเนียมที่ผ่านการรีดแล้ว 5.5 ชั่วโมงซึ่งจากภาพที่ 3.3 ยังไม่ใช่จุดที่ได้คุณภาพความแข็งดีที่สุด แต่เลือกใช้ที่ 5.5 ชั่วโมงเพราะไม่จำเป็นต้องใช้ความแข็งที่สูงมาก อลูมิเนียมที่ใช้ในการรีดในโรงงานมีอยู่ 2 ชนิดคือหมายเลข 6061 และ 6063 ความแข็งที่ต้องการตามมาตรฐานของโรงงานที่ทำการทดสอบนี้กำหนดสำหรับงานตลาดความแข็งที่ 10-12 W/B (Webster B) และสำหรับงานอุตสาหกรรมความแข็งที่ 12-14 W/B ซึ่งเป็นการอบแบบ T5 แท่งอลูมิเนียมที่ใช้หมายเลข 6063 หน่วยวัดค่าความค่าแข็งของอลูมิเนียมดังตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบหน่วยที่ใช้วัดความแข็ง ซึ่งส่วนมากในโรงรีดอลูมิเนียมโดยทั่วไปจะใช้หน่วยวัดเป็น Webster B หรือใช้ตัวย่อ W/B

ตารางที่ 3.4 เปรียบเทียบหน่วยวัดความแข็ง

EL%	Rockwell "F"	Brinell	Webster "B"
13	Hardness 70	Hardness 71	Hardness 12

ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ขนาด 55 กิโลวัตต์ 380 โวลต์ 3 เฟส เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส โดยวิธีการลดความเร็วร้อยละ 40 – 60 เดินสายไฟระบบควบคุมและสายไฟกำลังของอินเวอร์เตอร์ใหม่โดยต่อมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบเดลตา เดิมเป็นการสตาร์ทมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบสตาร์เดลตาเปลี่ยนมาเป็นการต่อมอเตอร์แบบเดลตาแทน ทำการเปลี่ยนพลูเลย์ที่ตัวมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสให้มีขนาดเท่ากับ 16 นิ้ว อัตราส่วนที่ได้เท่ากับ 1:1.75 ดังแสดงในภาพที่ 3.14 อัตราการทดของพลูเลย์



ภาพที่ 3.14 อัตราทดของพลูเลย์ใหม่

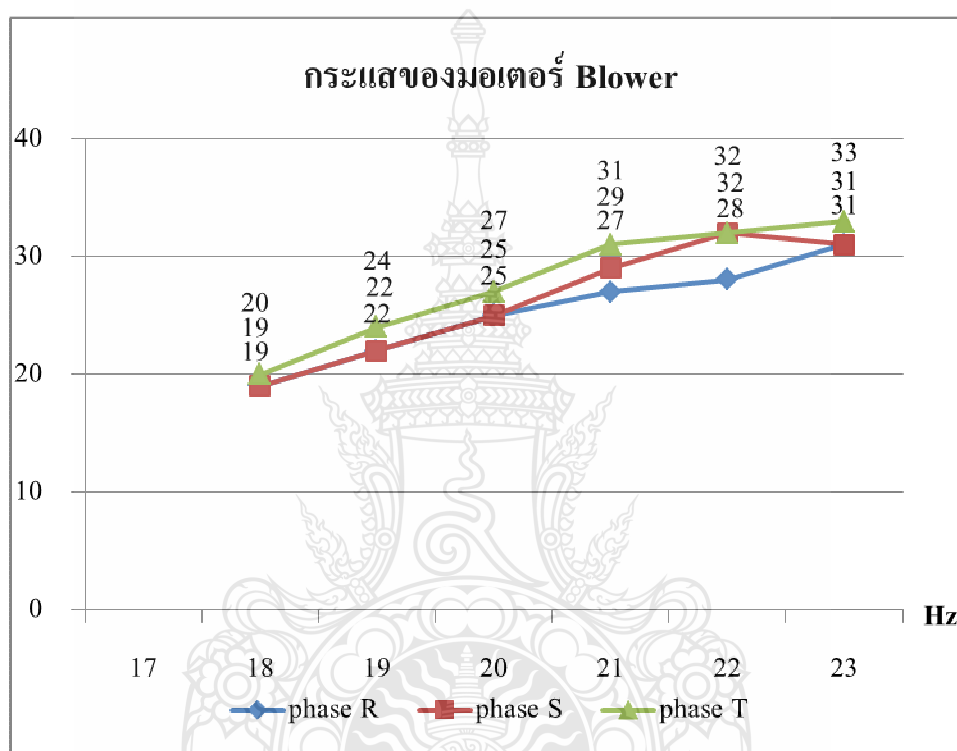


ภาพที่ 3.15 การเปลี่ยนพลูเกิ้ลของเตาอบลูมิเนียม



ภาพที่ 3.16 อินเวอร์เตอร์ยี่ห้อ Delta

เลือกใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 55 กิโลวัตต์ โดยมีพิกัดขนาดเท่ากับ 55 กิโลวัตต์ 3 เฟส ยี่ห้อ Delta รุ่น VFD-F ราคา 73,000 บาท ดังภาพที่ 3.16 เปลี่ยนขนาดของสายพานให้ยาวขึ้นจากเดิมเล็กน้อยเนื่องจากเปลี่ยนพลูเลย์ใหม่ใช้ร่อง B จำนวน 4 เส้นหลังจากดำเนินการติดตั้งอินเวอร์เตอร์แล้ว ได้ทำการทดลองปรับความถี่ตั้งแต่ 18-25 เฮิรตซ์ และวัดอัตราการกินกระแสไฟฟ้าและบันทึกผลการติดตั้งดังภาพที่ 3.17



ภาพที่ 3.17 ความสัมพันธ์อัตรากระแสกับความถี่ที่ใช้งาน

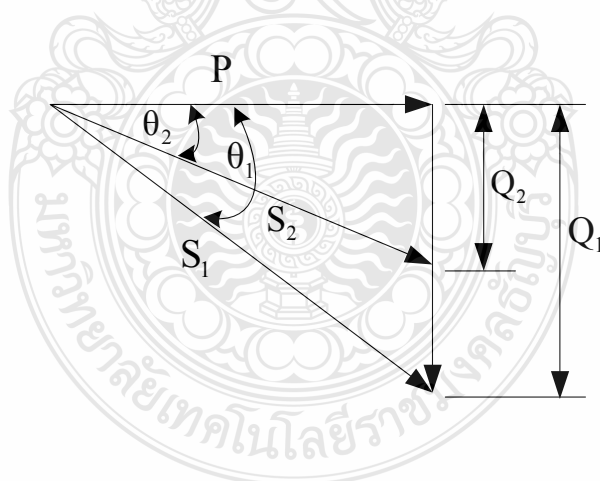
3.8 การดำเนินการลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชุกอลูมิเนียม

จากค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า [17] กระแสขณะใช้งานทางด้านปฐมภูมิ ที่พื้นที่ผิวชุกของอลูมิเนียมประมาณ 75 ตารางเมตรมีอัตราการใช้พลังงานดังนี้กระแสไฟฟ้า 3 เฟส 394 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส 390 โวลต์ ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า 0.7 กำลังแอกทีฟ (Active power) เท่ากับ 186 กิโลวัตต์ กำลังปรากฏ (Apparent power) เท่ากับ 266 เควีเอ กำลังรีแอกทีฟ (Reactive power) เท่ากับ 190 กิโลวาร์ [18] โดยพิกัดของหม้อแปลงชุกอลูมิเนียมตามแผ่นป้ายชื่อของหม้อแปลงดังภาพที่ 3.18



ภาพที่ 3.18 แผ่นป้ายชื่อของหม้อแปลงชุกุมิเนียม

ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการชุกค่าที่อ่านได้จากหน้าตู้ แรงดันไฟฟ้า DC เฉลี่ย 20 โวลต์ กระแสไฟฟ้า DC เท่ากับ 10,000 แอมแปร์ คำนวณหาขนาดตัวเก็บประจุที่ต้องใช้จากข้อมูลข้างต้น โดยกำหนดให้ค่าตัวประกอบกำลังที่ใช้ในการคำนวณเท่ากับ 0.85 [13]



ภาพที่ 3.19 สามเหลี่ยมกำลัง

แทนค่าในสมการ

$$Q_2 = P \times \tan \theta_2$$

$$Q_2 = 186 \times \tan 31.87$$

ตัวเก็บประจุที่ใช้ในการติดตั้งให้ค่าตัวประกอบกำลังมากกว่า 0.7 เท่ากับ 190-115 เท่ากับ 75 กิโลวาร์ ในที่นี้จะขอใช้ตัวเก็บประจุขนาด 50 กิโลวาร์ เพราะสามารถหาซื้อได้ง่ายคำนวณหากระแสที่ไหลทางด้านปฐมภูมิก่อนทำการติดตั้งเพื่อเปรียบเทียบและประมาณการกระแสที่สามารถลดได้หลังติดตั้งตัวเก็บประจุแล้วเสร็จ

จากสมการ

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (3.2)$$

$$S^2 = 186^2 + 140^2$$

$$S = 232$$

จาก S เท่ากับ 232 เควีเอ

$$S = \sqrt{3} \times I \times V$$

$$232 \times 10^3 = \sqrt{3} \times I \times V$$

$$I = \frac{232,000}{\sqrt{3} \times 394}$$

$$I = 339.96 \quad \text{แอมแปร์}$$

จากการคำนวณกระแสไฟฟ้าที่ลดได้ 54 แอมแปร์หรือร้อยละ 13 ของการลดกระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการควบคุม สวิตช์เวลา (Time Switch) ตัวสัมผัสแบบแม่เหล็ก (Magnetic Contactor) เซอร์คิตเบรกเกอร์ 3 เฟสขนาด 600 แอมแปร์ทริป 600 แอมแปร์เฟรม ตู้ไฟ ขนาด 12 x 24 x 5 นิ้ว สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุมทำการชูปลูมเนียมนี้ [1]

จากสมการ 1.1

$$t = \frac{k \times A \times \text{micron}}{I} \quad \text{นาที่}$$

แทนค่าในสมการ

$$t = \frac{320 \times 75 \times 12}{10,000} \quad \text{นาที่}$$

คำนวณหาเวลาชูปโดยใช้ 1.2

จากสมการ 1.2

$$t = \frac{\text{micron}}{k \times \text{current density}} \quad \text{นาที่}$$

แทนค่าในสมการ

$$t = \frac{12}{0.3 \times 1.3} \quad \text{นาทีก}$$

$$t = 30.7 \quad \text{นาทีก}$$

ค่าที่ได้จากทั้งสองสมการจะมีความแตกต่างกันเล็กน้อยในที่นี้จะขอใช้สมการที่ 1 เนื่องจากหม้อแปลงชุกอุมิเนียมที่ใช้ในการทดลองไม่สามารถกำหนดค่า Current density ได้

หลังจากคำนวณเวลาที่ต้องใช้เพื่อให้ได้ความหนาฟิล์มที่ต้องการแล้ว ให้ตั้งเวลาการทำงานของหม้อแปลงชุกอุมิเนียมที่ 29 นาทีและ Time Switch ที่ 23 นาทีเมื่อหม้อแปลงชุกอุมิเนียมเริ่มทำงานไปแล้ว 3-4 นาที Time Switch จะเริ่มนับเวลาไปจนครบ 23 นาทีจะสั่งให้ตัวเก็บประจุหยุดทำงานโดย Time Switch จะสั่งตัดวงจรการทำงานตามเวลาที่ตั้งไว้ซึ่งจากการทดลองจะใช้ชิ้นงานทดลองเรียงเนื่องจาก ชิ้นงานตัวนี้จะมีการชุบเกือบทุกวันเป็นสินค้าที่ขายดีที่สุด เพื่อสะดวกในการทดลองและติดตามผลได้ง่าย โดยทำการบันทึกผลที่ได้และทำการเปรียบเทียบค่าดังตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.5 เปรียบเทียบกระแสก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ

ว/ค/ป	ชื่องานชุบ	พื้นที่ผิวชุบ(m ²)	กระแสก่อนติดตั้ง	ว/ค/ป	กระแสหลังติดตั้ง
22/8/54	กล่องเรียบ	75	395	22/8/54	340
22/8/54	กล่องเรียบ	75	395	22/8/54	345
22/8/54	กล่องเรียบ	75	395	22/8/54	340
22/8/54	กล่องเรียบ	75	395	22/8/54	345
22/8/54	กล่องเรียบ	75	395	22/8/54	340
22/8/54	กล่องเรียบ	75	395	22/8/54	340
22/8/54	กล่องเรียบ	75	395	22/8/54	340

3.9 การดำเนินการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ในโรงงานจาก 400 วัตต์ เป็นหลอดคอมแพค 105 วัตต์

การดำเนินการเปลี่ยนในโรงงานจำนวน 97 หลอด เดิมเป็นแสงจันทร์ขนาด 400 วัตต์ จากจุดติดตั้งเดิมความสูงอยู่ที่ 7 เมตร ลดระดับความสูงลงมาเหลือแค่ 5.5 เมตร เพื่อให้ความส่องสว่างของแสงใกล้เคียงกับหลอดแสงจันทร์และเพิ่มหลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ ในจุดที่ต้องการความสว่างเพิ่มเติมจุดละ 2 หลอดจากการคำนวณสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ประมาณร้อยละ 73

3.10 การดำเนินการติดตั้ง Power SCR Controller ควบคุมขดลวดความร้อน

เลือกใช้ Power SCR Controller ขนาด 45 แอมแปร์ สำหรับติดตั้งที่เตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด 1 - 3 และเครื่องรีด 5 ที่เครื่องรีด 4 ที่เตาอบแม่พิมพ์รีดเลือกใช้ขนาด 60 แอมแปร์ และที่คอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดเลือกใช้ Power SCR Controller ขนาด 75 แอมแปร์ ตามขนาดของขดลวดความร้อน จากข้อมูลที่ได้จากการบันทึกพบว่าการใช้ หน้าสัมผัสแบบแม่เหล็กในการควบคุมการจ่ายไฟให้กับ Power SCR Controller ความถี่ในการเปลี่ยนเฉลี่ย ปีละ 3 - 4 ตัว และเวลาสูญเสียในการซ่อมบำรุงเฉลี่ย 2.5 ชั่วโมงต่อเดือน ซึ่งทำให้ต้องเสียเวลาในการในการผลิต อุณหภูมิของ เตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดจะมีอุณหภูมิสูงต่ำตามที่ตัวควบคุมอุณหภูมิสั่ง ตัดและต่อ เนื่องจากการเป็น การตัดแหล่งจ่ายไฟ ให้กับขดลวดความร้อน แตกต่างจากการใช้ Power SCR Controller ที่จะจ่ายแรงดันตามสัญญาณกระแสไฟฟ้า DC 4-20 mA ที่ได้รับจาก Temperature control ทำให้อุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดมีอุณหภูมิที่ใกล้เคียงกันกับค่าที่ตั้งไว้ (Set Point) นั้นเอง



ภาพที่ 3.20 ตัวสัมผัสแบบแม่เหล็ก และ Power SCR Controller

ลักษณะของ Power SCR Controller ที่ใช้ในการควบคุมขดลวดความร้อนของ เตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดดังภาพที่ 3.20 และ 3.21 ตามลำดับ

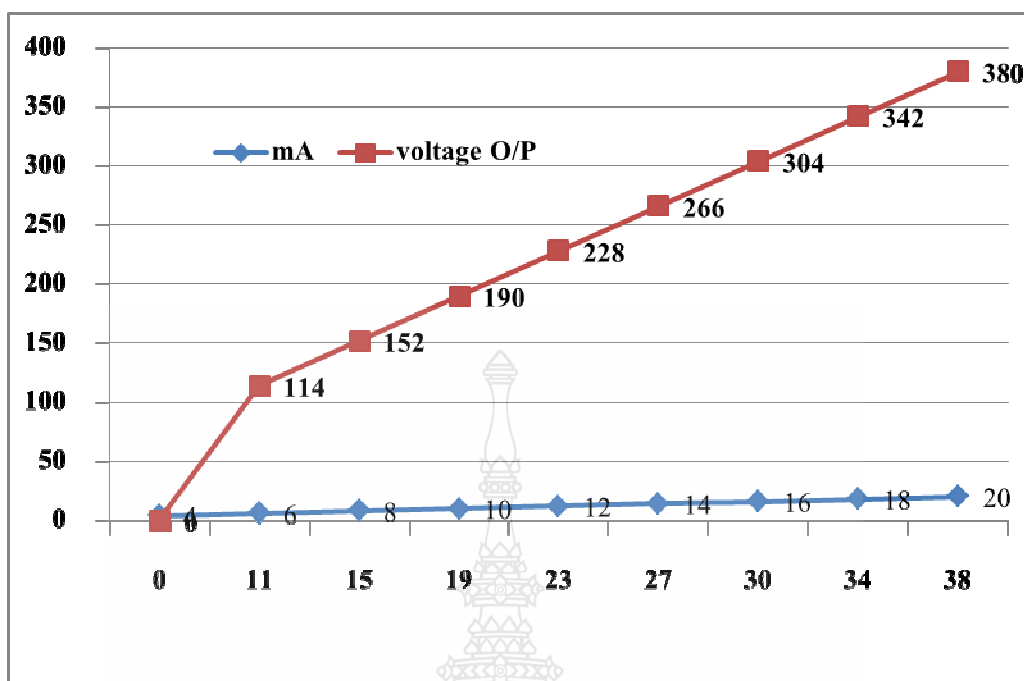


ภาพที่ 3.21 เตาอบแม่พิมพ์รีด



ภาพที่ 3.22 คอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดอลูมิเนียม

ซึ่งจากการต่อ Power SCR Controller แล้วใช้แคลมป์มีเตอร์วัดกระแสขณะทำงานได้ดัง
ภาพที่ 3.23



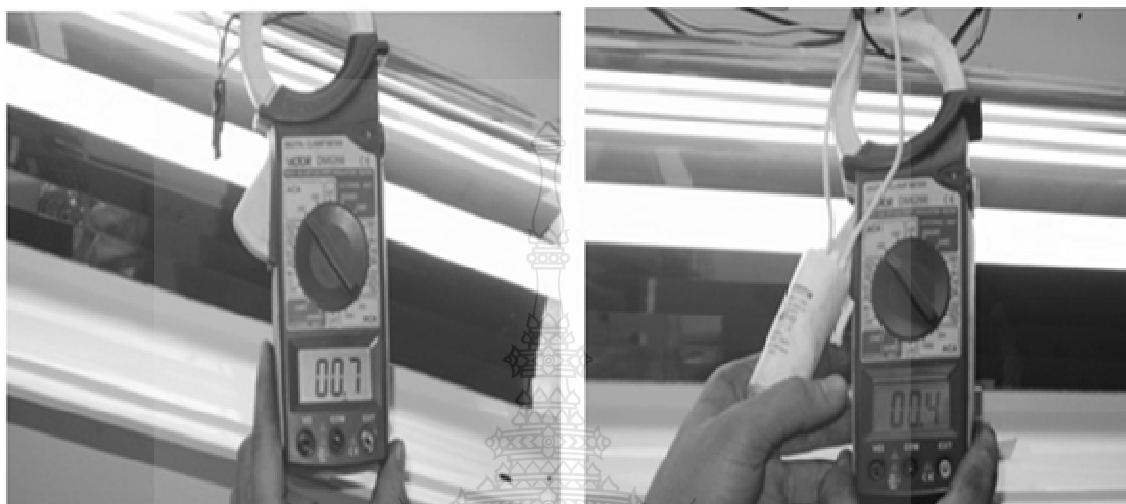
ภาพที่ 3.23 ความสัมพันธ์ของกระแส แรงดัน และ สัญญาณกระแสไฟฟ้า DC 4-20 mA

จากภาพที่ 3.23 จะเห็นว่าที่ขดลวดความร้อนจะมีไฟจ่ายเข้าตลอดเวลาจนกว่าจะทำการปิด เซอร์กิตเบรกเกอร์ที่จ่ายไฟเข้า ซึ่งจากวิธีการใช้ Power SCR Controller นี้จะช่วยให้ตัวสัมผัสแบบ แม่เหล็กไม่เกิดการชำรุดและช่วยรักษาอุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด ให้มีอุณหภูมิใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้มากที่สุด

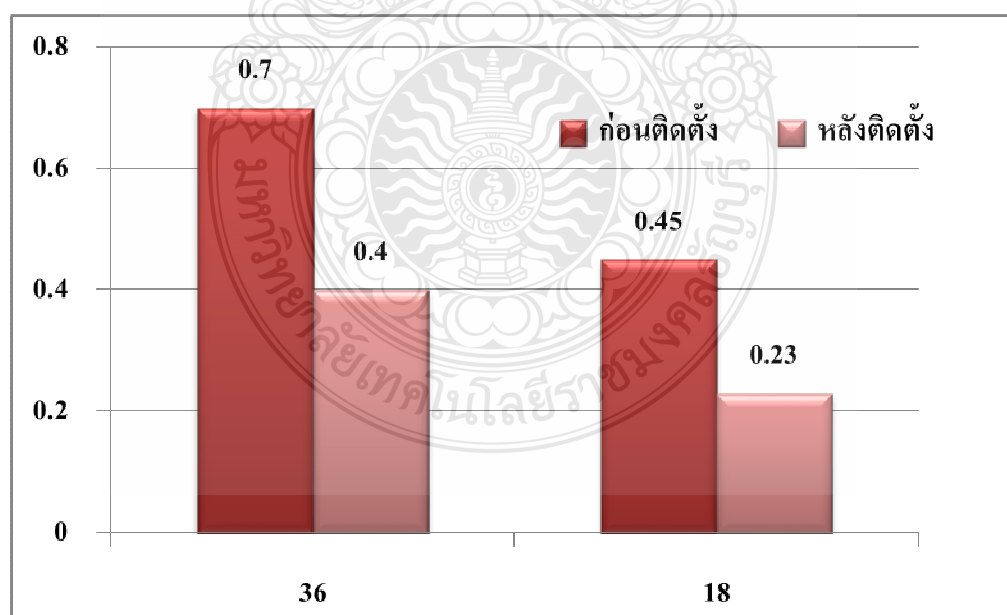
3.11 การดำเนินการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์

การดำเนินการติดตั้งตัวเก็บประจุจะทำการติดตั้ง 2 โคมต่อตัวเก็บประจุ 1 ตัวโดยใช้ตัวเก็บ ประจุขนาด 8 ไมโครฟารัด ซึ่งสะดวกในการติดตั้งและใช้ตัวเก็บประจุน้อยกว่า ซึ่งจากการติดตั้งจะ เห็นว่าสามารถลดกระแสได้ลงร้อยละ 50 ดังภาพที่ 3.23 จากจำนวนหลอดที่มีจำนวน 520 หลอดหรือ 260 โคมคิดเป็นกระแสที่สามารถได้เท่ากับ 78 แอมแปร์ ที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 18 วัตต์ อัตราการกินกระแสประมาณ 0.43-0.45 แอมแปร์ ซึ่งเมื่อติดตั้งตัว เก็บประจุแล้วกระแสขณะทำงานคงเหลือเท่ากับ 0.23 แอมแปร์ ลดลงเท่ากับ 0.45-0.23 เท่ากับ 0.22 แอมแปร์ คิดจากปริมาณหลอด 220 หลอดหรือ 110 โคมสามารถลดกระแสไฟฟ้าลงได้ 24.2 แอมแปร์ รวมกระแสที่ลดลงได้ที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 และ 18 เท่ากับ 102.2 แอมแปร์ ดังภาพที่ 3.24

เปรียบเทียบกระแสของหลอดฟลูออเรสเซนต์ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุการติดตั้งตัวเก็บประจุจะติดตั้งที่โคมไฟโดยต่อขนานกับสายไฟฟ้าและสายนิวตรอนที่ต่อเข้ากับโคมแล้วนำตัวเก็บประจุไว้บนฝ้าใช้ระยะเวลาในการติดตั้งประมาณ 30 วัน



ภาพที่ 3.24 กระแสของหลอดฟลูออเรสเซนต์ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ



ภาพที่ 3.25 เปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าหลอดฟลูออเรสเซนต์ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ

3.12 การควบคุมเวลาการทำงานช่วง On-Peak

การควบคุมเวลาการทำงานในช่วงเวลา On-Peak คือตั้งแต่เวลา 18:30-21:30 น. เนื่องจากโครงสร้างค่าไฟฟ้าของโรงงานเป็นแบบ ตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day) [6] การทำงานในช่วงเวลาดังกล่าวทางการไฟฟ้าจะเรียกเก็บค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเฉลี่ยทุก 15 นาที (Maximum Demand) ซึ่งเท่ากับ 285.05 บาทต่อกิโลวัตต์ที่ทางการไฟฟ้าเรียกเก็บจากลูกค้า ดังนั้นการดำเนินการควบคุมเวลาการทำงานในช่วงเวลา On-Peak จะต้องประสานงานกับฝ่ายวางแผนการผลิตและฝ่ายขายเพื่อวางแผนการผลิตให้สอดคล้องกับความต้องการของฝ่ายขาย ซึ่งจะใช้วิธีการผลิตในช่วงเวลา Off-Peak ในวันเสาร์ และอาทิตย์ แทนการผลิตในช่วงเวลา On-Peak ในวันจันทร์-ศุกร์ ในช่วงเวลา 18:30-21:30

ตารางที่ 3.6 สรุปท้ายบท

ลำดับ	จุดที่อนุรักษ์	ก่อนทำ	มาตรการที่ใช้	ผลที่คาดหวังหลังดำเนินการตามมาตรการ	เงินลงทุน (บาท)	ระยะเวลาดำเนินการ (เดือน)
1	เตาอบอลูมิเนียม เส้นหน้าตัด	ไม่มีมาตรการ	เปลี่ยนพลูเลย์และติดตั้งอินเวอร์เตอร์	ลดค่าไฟฟ้าลง	79,900	1.5
2	เครื่องรีด 1,2, 3, 4, 5	ไม่มีมาตรการ	ติดตั้ง Power SCR Controller ควบคุมขดลวดความร้อน	อุณหภูมิคงที่ ความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลดลง	49,600	3.31
3	หม้อแปลงหีบอลูมิเนียม	ไม่มีมาตรการ	ติดตั้งตัวเก็บประจุขนาด 50 กิโลวาร์	ลดกระแสหม้อแปลงหีบอลูมิเนียมและหม้อแปลงแรงสูงสามารถจ่ายโหลดได้เพิ่มขึ้น	51,000	-
4	อาคารสำนักงาน	มีมาตรการ ปิดไฟเมื่อไม่มีใครอยู่	ติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36 และ 18 วัตต์	ลดกระแสในสายตัวนำไฟฟ้า	5,720	-

ตารางที่ 3.6 สรุปท้ายบท (ต่อ)

5	แสงสว่างใน โรงงาน	ไม่มี มาตรการ	เปลี่ยนหลอดจาก หลอดแสงจันทร์ เป็นหลอด คอมแพค 105 วัตต์	ลดค่าไฟฟ้าลง	77,600	1.85
6	บริษัท โกลด์ สตาร์ เมท ทอล จำกัด	ไม่มี มาตรการ	ออกประกาศห้าม เปิดเครื่องจักรกลใน ช่วงเวลา On-Peak	ลดค่าไฟฟ้า โดยรวมลงได้	-	-
สรุปใช้เงินลงทุนรวมทุกมาตรการ					263,800	

3.13 เครื่องมือที่ใช้ในการทดสอบ ดังนี้

- 1) มัลติมิเตอร์ FLUKE รุ่น 787 ดังภาพ 4.14
- 2) แคลมป์มิเตอร์ Kyoritsu รุ่น KEW2003A
- 3) Tachometer รุ่น DT6236B
- 4) Power Quality Chauvin C.A.8334B
- 5) เครื่องวัดอุณหภูมิ Fluke แบบเลเซอร์รุ่น



ภาพที่ 3.26 มัลติมิเตอร์ Fluke 787

Fluke 787 รุ่นนี้สามารถ Simulation สัญญาณ 4-20 mA ได้



ภาพที่ 3.27 แคลมป์มิเตอร์ Fluke Kyoritsu รุ่น KEW2003A

Clamp Meter รุ่นนี้ซื้อดีคือก้ามปูจะโตกว่าของ Fluke การใช้งานจะเหมาะสำหรับงาน
 ทางด้านการตรวจสอบตรวจวัดพลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 3.28 เครื่องวัดความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแบบสัมผัสและแบบใช้แสง

จากภาพเป็นเครื่องวัดความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสและปรับความเร็วให้
 เหมาะสมกับการใช้งาน



ภาพที่ 3.29 เครื่องวัดอุณหภูมิแบบเลเซอร์ Fluke รุ่น 63

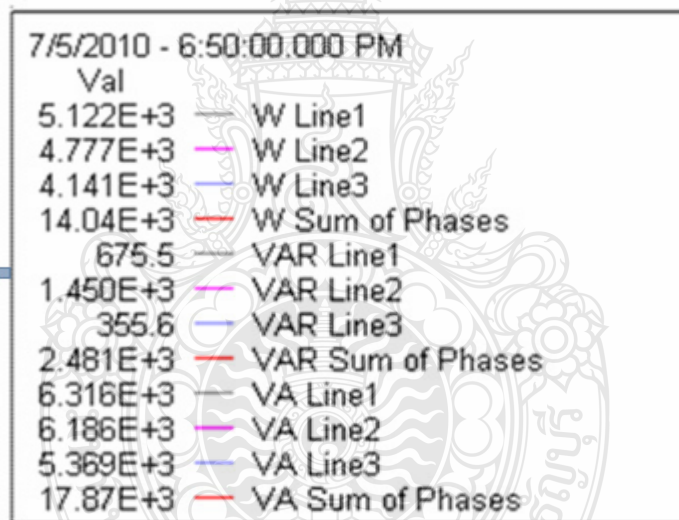


บทที่ 4

ผลการวิจัย

บทนี้เป็นการนำเสนอผลการดำเนินการจัดการเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละกระบวนการผลิต ซึ่งผลการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียมการติดตั้ง Power SCR Controller การเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์เป็นหลอด Compact Spiral ขนาด 105 วัตต์ การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ ขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ และผลการควบคุมการทำงานในช่วงเวลา On-Peak ดังนี้

4.1 ผลการทดลองติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เตาอบเส้นอูมิเนียม



ภาพที่ 4.1 ผลที่ได้จากการใช้เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า

จากภาพที่ 4.1 จะเห็นว่าพลังงานที่ใช้เท่ากับ 14.04 กิโลวัตต์-ชั่วโมง จากการทำงานของเตาอบเส้นอูมิเนียมจะทำงานตลอด 24 ชั่วโมงไม่เว้นวันหยุดดังนั้นการใช้พลังงานของเตาอบอูมิเนียมจากชั่วโมงการทำงานของเตาอบเท่ากับ 24 ชั่วโมงต่อวัน

$$= 24 \times 14 \quad \text{กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

$$= 336 \quad \text{กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

ทำงาน 30 วันเพราะฉะนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ใช้

$$= 336 \times 30 \quad \text{กิโลวัตต์-ชั่วโมง}$$

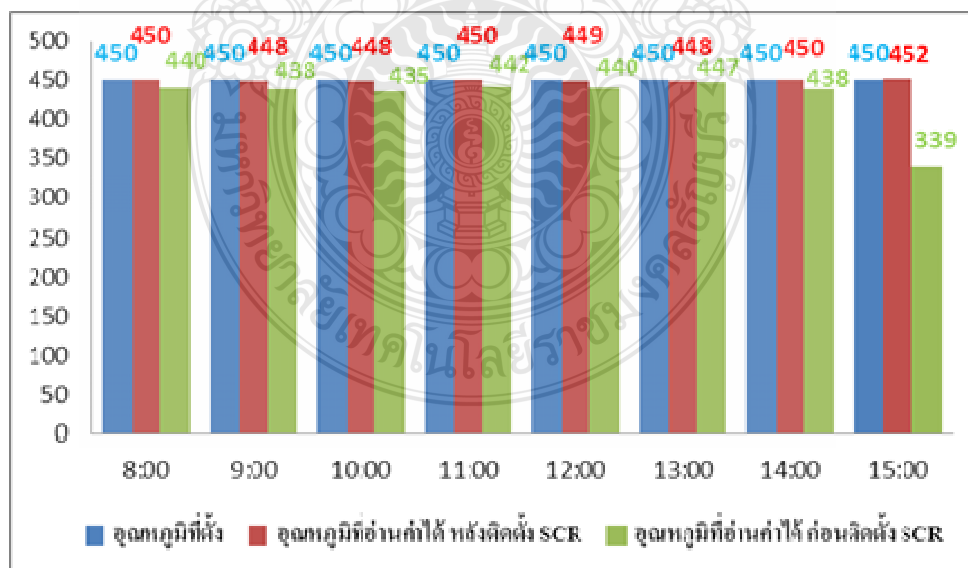
เพราะฉะนั้น 1 เดือนที่เตาอบเส้นใช้พลังงาน =10,080 กิโลวัตต์-ชั่วโมง
 ประมาณเท่ากับ 10,080 กิโลวัตต์-ชั่วโมงจากเดิมก่อนติดตั้งอินเวอร์เตอร์มีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า
 เฉลี่ยต่อเดือนประมาณ 25,200 กิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 60 ของการลดการใช้พลังงาน

คิดเป็นมูลค่าบาทต่อเดือนที่สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้ต่อเดือนโดยใช้ค่าเฉลี่ยปี 2552
 2553 ที่ 3.5 บาทต่อกิโลวัตต์-ชั่วโมง ดังนี้

หน่วยการใช้ไฟฟ้าเดิมก่อนดำเนินการ	=25,200	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
คิดเป็นเงินที่ต้องจ่ายค่าไฟฟ้าต่อเดือน	=3.5 x 25,200	บาท
	=88,200	บาท
หลังดำเนินการมาตรการหน่วยการใช้ไฟฟ้า	=10,080	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
สามารถประหยัดหน่วยการใช้ไฟฟ้าลงได้	=15,120	กิโลวัตต์-ชั่วโมง
คิดเป็นเงินที่สามารถประหยัดได้ต่อเดือน	=3.5 x 15,120	บาทต่อเดือน
	=52,290	บาทต่อเดือน

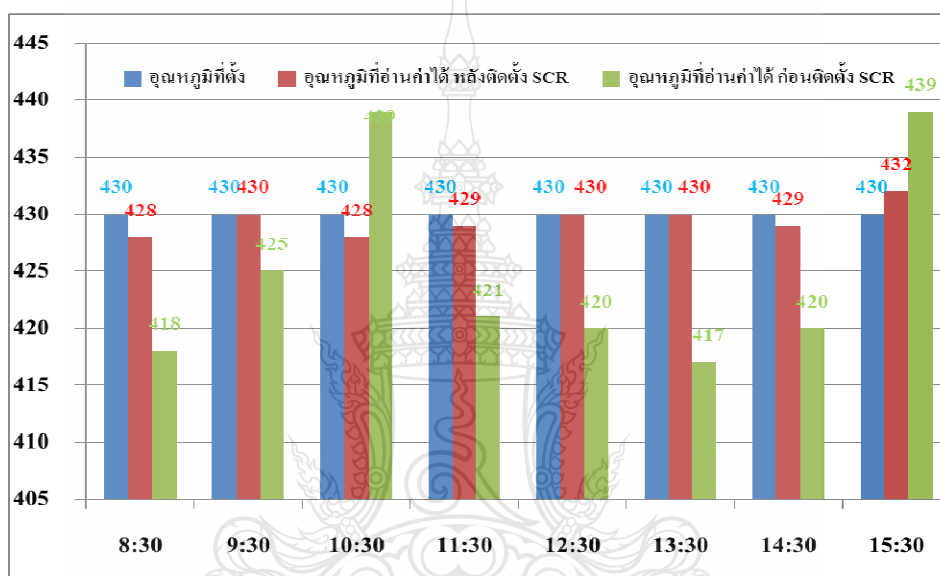
4.2 ผลการทดลองการติดตั้ง Power SCR Controller

การติดตั้ง SCP Power Controller ทำให้อุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์ และคอนเทนเนอร์ ของ
 เครื่องรีดมีอุณหภูมิคงที่ใกล้เคียงค่าที่ตั้งไว้ (Set Point) ดังผลจากภาพที่ 4.2



ภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์

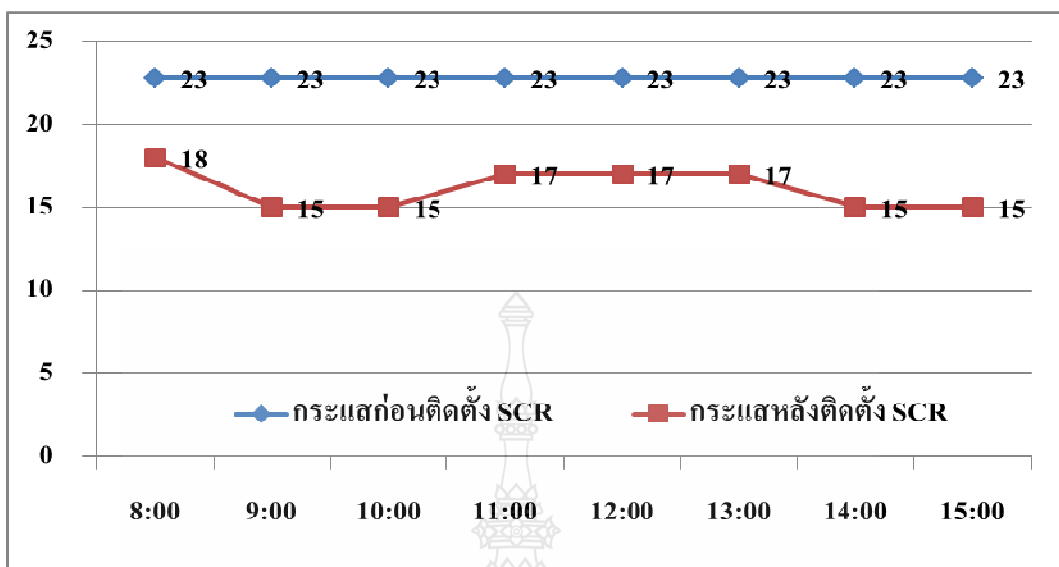
จากภาพที่ 4.2 เปรียบเทียบอุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์ ก่อนและหลังการติดตั้งซึ่งจะเห็นว่าเมื่อติดตั้ง Power SCR Controller แล้วทำให้อุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์มีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้ (Set Point) คิดเป็นค่าเฉลี่ยก่อนติดตั้ง Power SCR Controller เท่ากับ 427 องศาเซลเซียส มีค่าน้อยกว่าอุณหภูมิที่ตั้งไว้ประมาณ 23 องศาเซลเซียส หลังติดตั้ง Power SCR Controller อุณหภูมิที่อ่านได้ประมาณ 449 องศาเซลเซียส น้อยกว่าค่าที่ตั้งไว้เท่ากับ 1 องศาเซลเซียส จากค่าที่ตั้งไว้ 450 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์



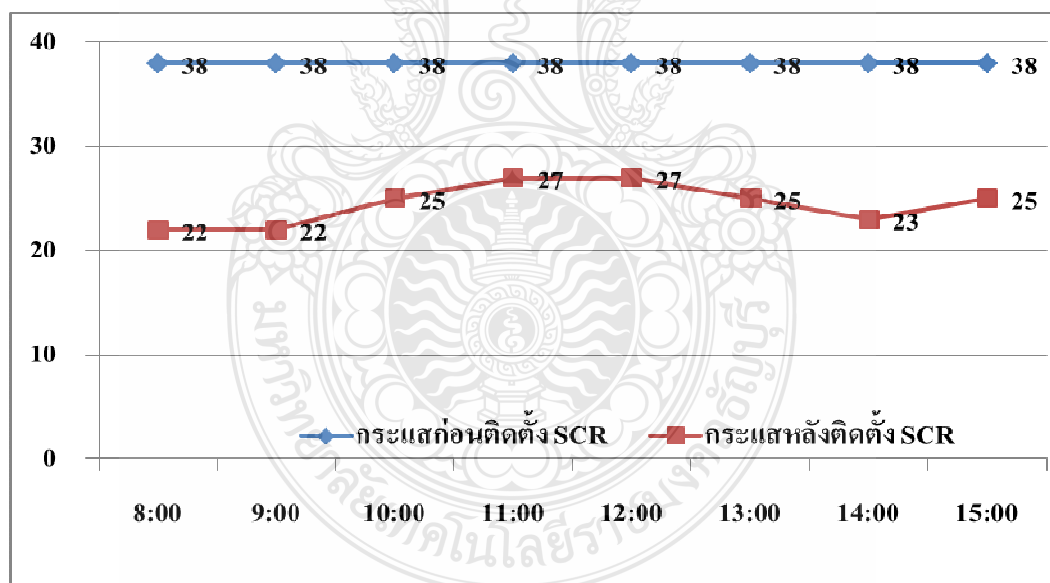
ภาพที่ 4.3 เปรียบเทียบอุณหภูมิคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด

จากภาพที่ 4.3 จะเห็นว่าเมื่อติดตั้ง Power SCR Controller อุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์รีดจะมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้โดยมีค่าเฉลี่ย เท่ากับ 429 องศาเซลเซียส ก่อนติดตั้ง เท่ากับ 424 องศาเซลเซียส ค่าความคลาดเคลื่อนหลังติดตั้ง Power SCR Controller อุณหภูมिन้อยกว่าที่ตั้งไว้ประมาณ 0.5 องศาเซลเซียส และก่อนติดตั้งอุณหภูมิมีน้อยกว่าที่ตั้งไว้ประมาณ 5 องศาเซลเซียส

กระแสของขดลวดความร้อนที่เตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดขณะทำงานลดลง ที่เตาอบแม่พิมพ์ลดลงเหลือเท่ากับ 16 แอมแปร์จากเดิม 23 แอมแปร์คิดเป็นร้อยละ 30 กระแสของขดลวดความร้อนหลังติดตั้ง SCR ช่วงเริ่มต้นจะกินกระแสเท่ากับ 23 แอมแปร์ ที่คอนเทนเนอร์ลดลงเหลือ 25 แอมแปร์ จากเดิม 38 แอมแปร์ คิดเป็นร้อยละ 36 หลังจากที่ถูกอุณหภูมิถึงค่าที่ตั้งไว้ กระแสจะค่อยลดลงโดยที่ SCR ยังคงจ่ายไฟเลี้ยงขดลวดความร้อนตลอดเวลา

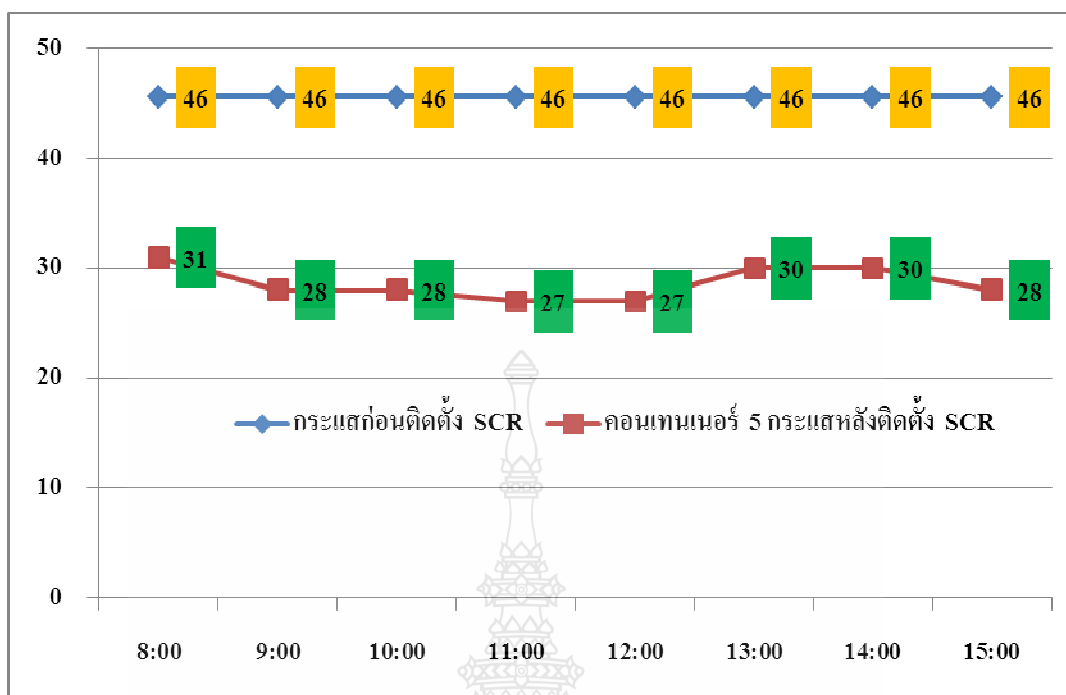


ภาพที่ 4.4 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของขดลวดความร้อนที่เตาอบแม่พิมพ์รีด 1-3 และ 5

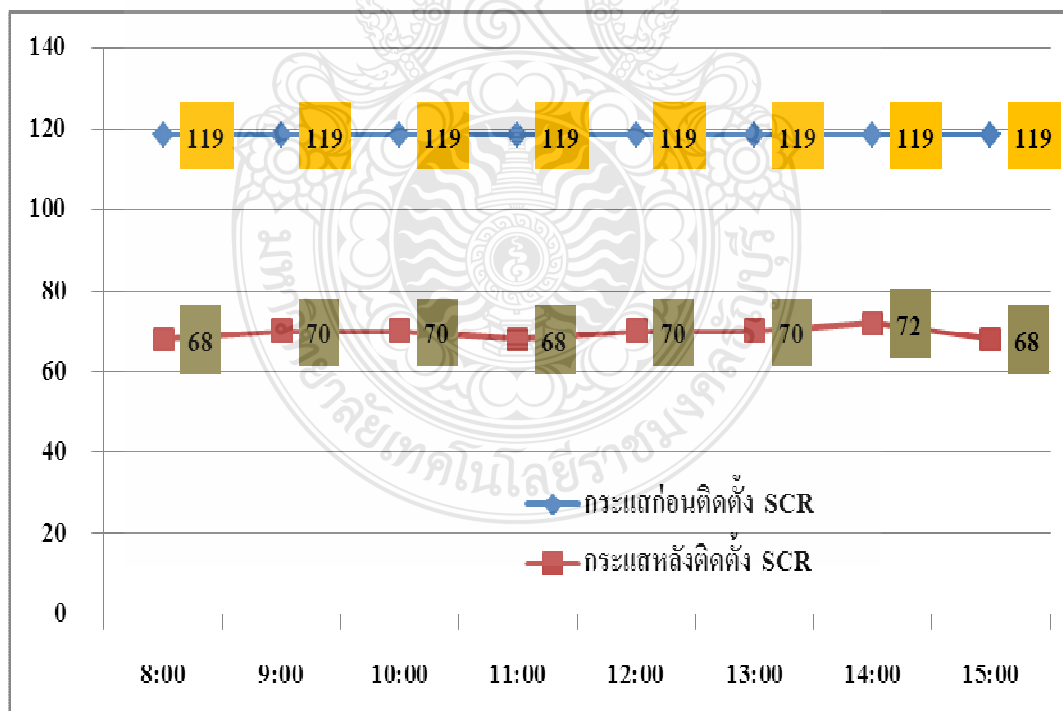


ภาพที่ 4.5 เปรียบเทียบประสิทธิภาพของขดลวดความร้อนที่คอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดที่ 1-3

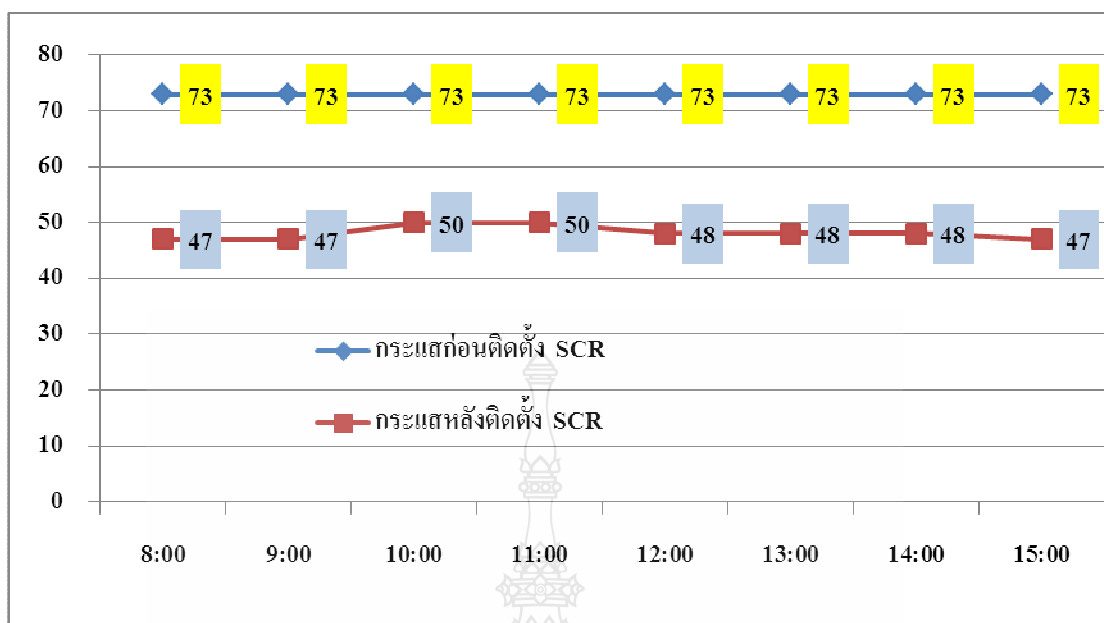
ประสิทธิภาพของคอนเทนเนอร์ที่เครื่องรีด 5 ลดลงเหลือเท่ากับ 29 แอมแปร์จากเดิม 46 แอมแปร์ คิดเป็นร้อยละ 38



ภาพที่ 4.6 เปรียบเทียบกระแสของคอนเทนเนอร์เครื่องรีด 5



ภาพที่ 4.7 เปรียบเทียบกระแสของเตาอบแม่พิมพ์รีด 4



ภาพที่ 4.8 เปรียบเทียบกระแสของคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด 4

จากการติดตั้ง Power SCR Controller ที่ขจัดความร้อนเตาอบแม่พิมพ์และคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดสามารถลดกระแสไฟฟ้าลงได้ที่เตาอบพิมพ์ เท่ากับ 81 แอมแปร์ ที่คอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด เท่ากับ 81 แอมแปร์ รวมทั้งหมดสามารถลดกระแสไฟฟ้าได้ เท่ากับ 162 แอมแปร์ จากค่าที่ได้เขียนเป็นตารางได้ ดังนี้

ตารางที่ 4.1 สรุปผลการติดตั้ง Power SCR Controller

จุดติดตั้ง	กระแสก่อนติดตั้ง	กระแสหลังติดตั้ง	อุณหภูมิที่ตั้งค่าไว้	อุณหภูมิที่ได้	ขนาดโหลด (กิโลวัตต์)
คอนเทนเนอร์ 1	38	25	430	429	18
คอนเทนเนอร์ 2	38	25	430	429	18
คอนเทนเนอร์ 3	38	25	430	429	18
คอนเทนเนอร์ 4	73	48	430	429	48
คอนเทนเนอร์ 5	46	31	430	429	30
เตาอบแม่พิมพ์ 1	23	16	450	449	15
เตาอบแม่พิมพ์ 2	23	16	450	449	15
เตาอบแม่พิมพ์ 3	23	16	450	449	15

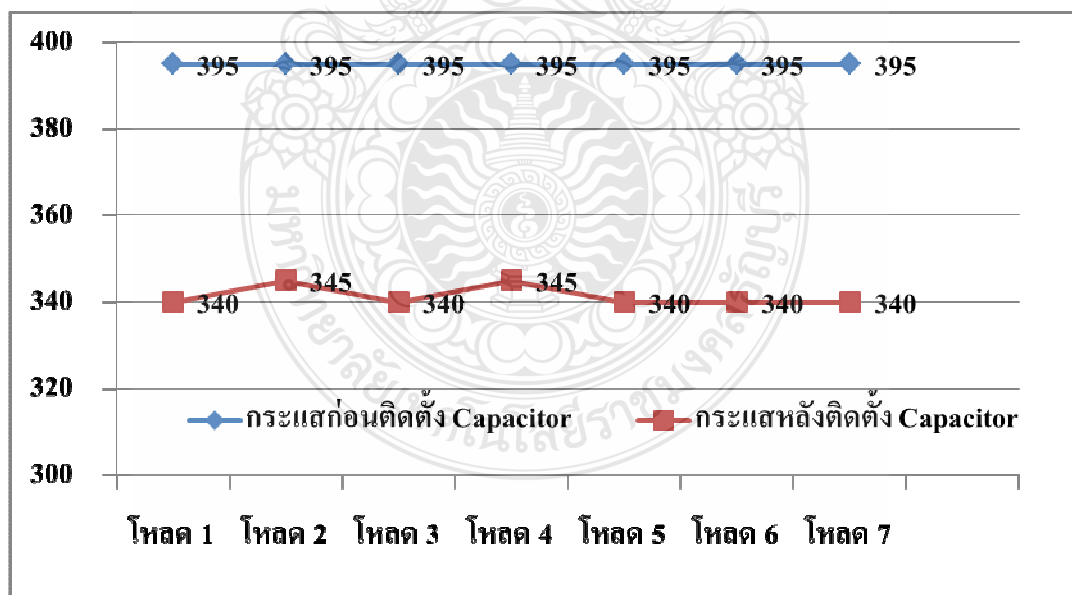
ตารางที่ 4.1 สรุปผลการติดตั้ง Power SCR Controller (ต่อ)

เตาอบแม่พิมพ์ 4	119	70	450	449	78
เตาอบแม่พิมพ์ 5	23	16	450	449	15
	444	288	-	-	270
ลดกระแสที่ขดลวดความร้อนได้รวม(แอมแปร์)				156	

4.3 ผลการทดลองการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงหุบอลูมิเนียม

จากการทดลองการติดตั้งตัวเก็บประจุขนาด 50 กิโลวาร์ ทำให้กระแสทางด้านปฐมภูมิ ลดลงเหลือ 341 แอมแปร์ จากเดิมกระแสทางด้านปฐมภูมิเท่ากับ 395 แอมแปร์ และค่าตัวประกอบ กำลังเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.7 เป็น 0.8

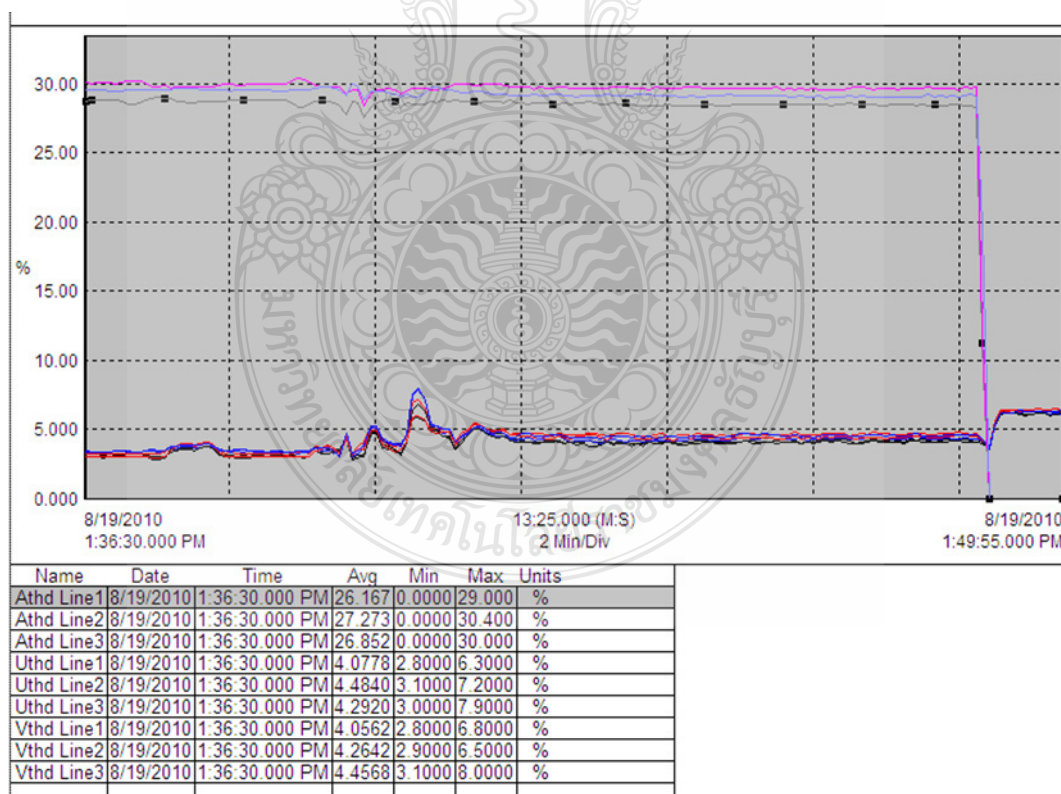
จากภาพที่ 4.9 เป็นการเปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าขณะทำงานโดยได้ทำการทดลองจำนวน 7 โหลดชิ้นงานที่ใช้หุบคือ ก่องเรียบมีขนาดความหนา 1 มิลลิเมตร จำนวน 22 ชิ้นต่อโหลดพื้นที่ของ หุบ 75 ตารางเมตร กระแส DC ที่ใช้หุบ ขนาด 10,000 แอมแปร์ แรงดัน DC ขนาด 20 โวลต์ ซึ่งการ วัดผลหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ โดยกำหนดให้ทุกอย่างมีค่าเท่ากับก่อนการติดตั้งตัวเก็บประจุ



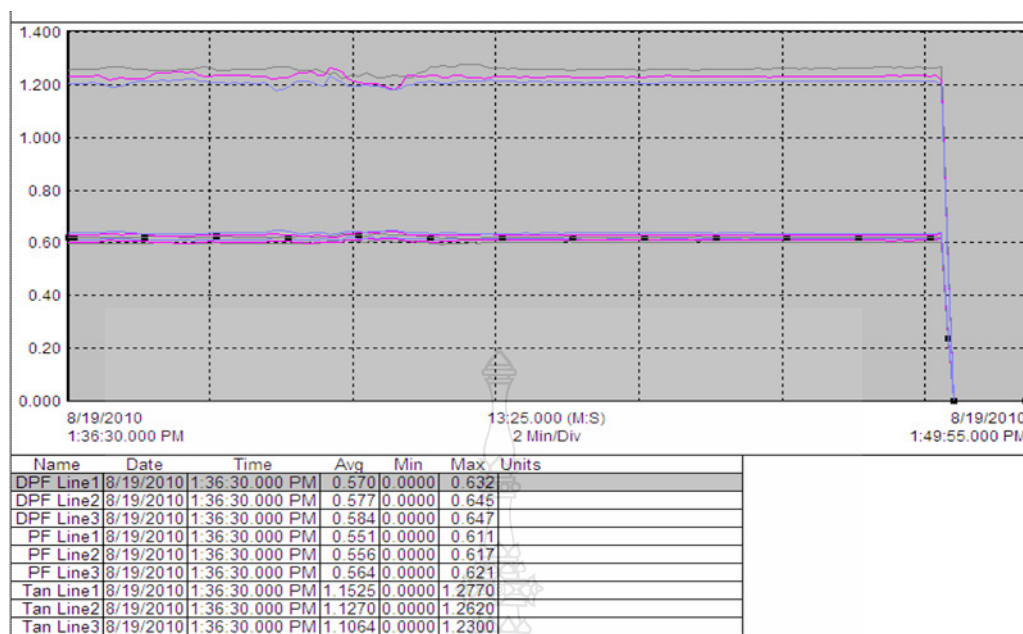
ภาพที่ 4.9 เปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ

จากการใช้เครื่องมือวัดฮาร์มอนิกนั้นพบกระแสและแรงดันฮาร์มอนิกสูง [19] โดยกระแสฮาร์มอนิกที่ประมาณร้อยละ 30 แรงดันฮาร์มอนิกที่ประมาณร้อยละ 7 ดังภาพที่ 4.8 ถ้าคิดที่กระแสของหม้อแปลงชุกอลูมิเนียมก่อนติดตั้งตัวเก็บประจุ กระแสหลักมูล (Fundamental) 395 แอมแปร์ เพราะฉะนั้นคิดเป็นกระแสที่ส่งผลกระทบต่อระบบนำกระแสหลักมูล บวกกับกระแสฮาร์มอนิกได้ประมาณ 513 แอมแปร์ ซึ่งไม่สามารถวัดกระแสได้ด้วยแคลมป์มิเตอร์ทั่วไป จากกระแสที่สูงดังกล่าวเป็นสาเหตุให้หม้อแปลงแรงสูงเกิดเสียงคราง เซอร์คิตเบรกเกอร์ และสายตัวนำไฟฟ้าเกิดความร้อนสะสมเมื่อหม้อแปลงชุกอลูมิเนียมทำงานพร้อมกัน

ซึ่งสามารถสรุปได้ว่ามาตรการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงชุกอลูมิเนียมสามารถลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชุกอลูมิเนียมลงได้ 54 แอมแปร์ สำหรับหม้อแปลงชุกอลูมิเนียม 1 ตัวจากมาตรการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงชุกอลูมิเนียมขาวตั้งแต่ 1-6 คัดเป็นกระแสไฟฟ้าที่สามารถลดได้โดยรวมเท่ากับ 324.1 แอมแปร์ จากเดิมกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชุกอลูมิเนียมขาว 6 ตัว อัตราการใช้กระแสไฟฟ้าเท่ากับ 2,370 แอมแปร์ ซึ่งเครื่องวัดคุณภาพ [19] ไฟฟ้าสามารถวัดฮาร์มอนิกได้ดังแสดงในภาพที่ 4.10 และค่าตัวประกอบกำลังดังภาพที่ 4.11



ภาพที่ 4.10 ฮาร์มอนิกของระบบที่หม้อแปลงชุกอลูมิเนียม 3



ภาพที่ 4.11 ค่าตัวประกอบกำลังของหม้อแปลงชุกภูมิเนียม3

จากค่าตัวประกอบกำลังต่ำเป็นสาเหตุทำให้กระแสของหม้อแปลงชุกภูมิเนียมและกำลังงานสูญเสีย (Power loss) สูง

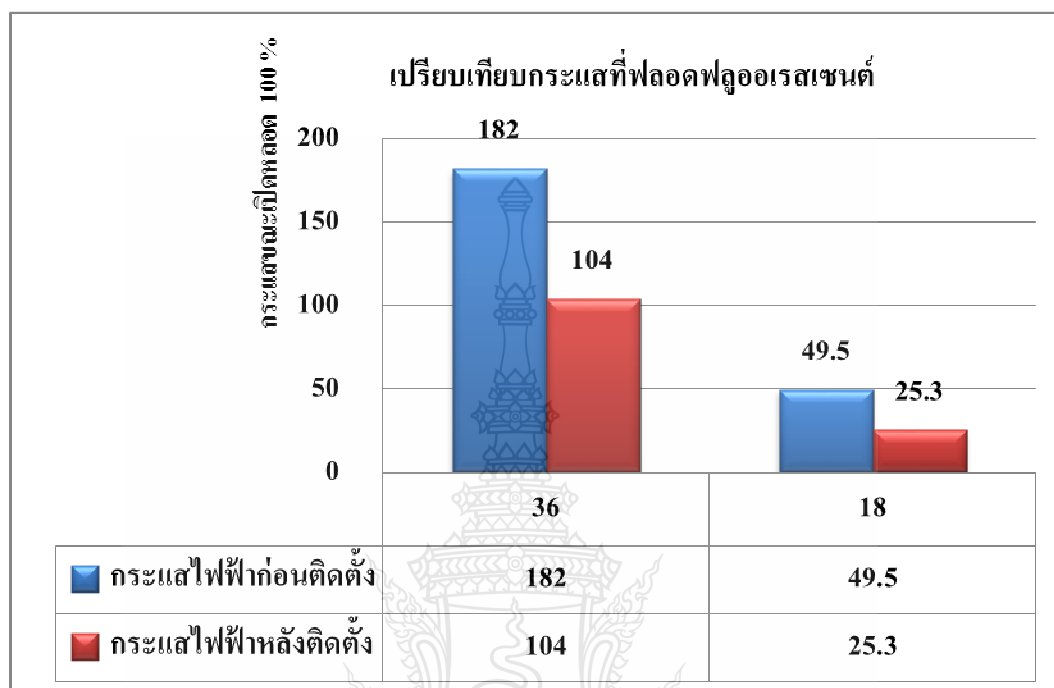
4.4 ผลการดำเนินการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์

จากผลการดำเนินงานติดตั้งตัวเก็บประจุขนาด 8 ไมโครฟาร์ดที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ กระแสลดลงโดยรวม 129.3 แอมแปร์ กำลังงานไฟฟ้าสูญเสียลดลง ค่าไฟฟาลดลงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 สรุปมาตรการการติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ในสำนักงาน

ลำดับ	หลอด	วัตต์	จำนวนหลอด	กระแส (ก่อนติดตั้ง)	กระแส (หลังติดตั้ง)
1	ฟลูออเรสเซนต์	36	520	182	104
2	ฟลูออเรสเซนต์	18	220	49.5	25.3
รวม				231.5	129.3
ลดกระแสไฟฟ้าลงได้(แอมแปร์)				102.2	

จากค่าที่ได้จากตารางที่ 4.2 มาเปรียบเทียบจะเห็นว่ากระแสก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุลดลงหรือเท่ากับร้อยละ 44.14



ภาพที่ 4.12 เปรียบเทียบกระแสของหลอดฟลูออเรสเซนต์ก่อนและหลังการติดตั้งตัวเก็บประจุ

ซึ่งผลที่ได้ทำกระแสไฟฟ้าขณะใช้งานลดลง เหลือเท่ากับ 129.3 แอมแปร์ เมื่อเปิดหลอดการใช้งานทั้งหมด จากกระแสไฟฟ้าก่อนการติดตั้ง 231.5 แอมแปร์ คิดเป็นร้อยละ 44.14

4.5 ผลดำเนินการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ 400 วัตต์เป็นหลอด Compact Spiral ขนาด 105 วัตต์

จากการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์เป็นหลอดคอมแพคแสงของหลอดคอมแพคจะให้ความส่องสว่างเป็นแสงสีขาวซึ่งแตกต่างจากหลอดแสงจันทร์ที่ให้แสงสีเหลืองมองแล้วสบายตากว่า แต่ไม่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพการปฏิบัติงานแต่อย่างใด จากการเปลี่ยนเป็นหลอดคอมแพคนี้ได้ทำการปรับระดับความสูงของหลอดให้ต่ำลงมาเพื่อให้แสงเพียงพอที่ระดับ 5-5.5 เมตร จากระดับความสูงเดิมเท่ากับ 7 เมตร ในส่วนของพื้นที่ที่มีการจัดบันทึกและตรวจสอบชิ้นงานได้ทำการติดตั้งหลอดประเภทฟลูออเรสเซนต์เพิ่มเติมให้ ซึ่งไม่ได้เกี่ยวกับการเปลี่ยนหลอดคอมแพคแต่อย่างใดเพราะมีโครงการที่จะติดตั้งในส่วนที่มีการตรวจสอบชิ้นงานอยู่แล้วก่อนหน้านี้ จากผลการดำเนินการสามารถลด

พลังงานไฟฟ้าลงเหลือ 1,815 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน จากเดิมมีอัตราการใช้ 13,834 ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 87 ที่สามารถประหยัดได้ หลอดคอมแพคขนาด 105 วัตต์ ให้ความส่องสว่างที่ 8,400 ลูเมน

4.6 ผลการควบคุมเวลาการทำงานในช่วงเวลา On-Peak

ผลการควบคุมการทำงานของเครื่องจักรกลในช่วงเวลา On-peak นี้สามารถลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดลงได้เท่ากับ 250-300 กิโลวัตต์ จากเดิม 1,250 กิโลวัตต์ ซึ่งอัตราค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดเท่ากับ 285.05 บาทต่อกิโลวัตต์คิดเป็น 356,312 บาท จากการควบคุมลดลงได้เท่ากับ 250 กิโลวัตต์ คิดเป็น 71,262.5 บาท คิดเป็นร้อยละ 80

ตารางที่ 4.3 สรุปท้ายบทผลการดำเนินการตามมาตรการ

มาตรการลำดับ	มาตรการเรื่อง	เงินลงทุน (บาท)	หน่วย	ผลที่ได้ (ต่อเดือน)	คืนทุน (เดือน)
1	การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เตาอบเส้น	79,900	บาท	52,290	1.53
2	การติดตั้ง Power SCR Controller	49,600	บาท	15,000	3.31
3	การติดตั้งตัวเก็บประจุสำหรับหม้อแปลงชุกอุมิเนียม	51,000	บาท	-	-
4	ติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์	5,720	บาท	-	-
5	เปลี่ยนหลอดแสงจันทร์เป็นหลอด Compact Spiral	77,600	บาท	42,066	1.85
6	หยุดการผลิตในช่วงเวลา On-Peak	-	บาท	226,170	-
สรุปผลตามมาตรการอนุรักษ์พลังงาน 6 มาตรการ		263,800	บาท	336,156.5	

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นการจัดการ การใช้พลังงานเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน ริดอคูมิเนียม จากการทำวิทยานิพนธ์นี้ช่วยให้ค่าไฟฟ้าของโรงงานลดลงร้อยละ 8.7 ส่งผลให้ต้นทุน การผลิตลดลง การเปลี่ยนพลูเลย์และติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟส Blower นั้น สามารถลดพลังงานไฟฟ้าได้ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับงานอื่นได้สิ่งที่ต้องคำนึงถึง คือแรงบิด ของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสว่าถ้าเปลี่ยนพลูเลย์แล้วมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสจะสามารถจุดให้ โหลดนั้นหมุนได้หรือไม่ การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงชูปอคูมิเนียมก็สามารถติดตั้งกับโหลด ประเภทอื่นได้ แต่สิ่งที่ต้องรู้คือค่าตัวประกอบกำลังก่อนที่จะติดตั้งตัวเก็บประจุ การติดตั้งอุปกรณ์ Power SCR Controller นั้นในประเทศอื่นๆ อาทิ สาธารณรัฐประชาชนจีน ไต้หวัน และเกาหลีใต้ มีการใช้งานมานานแล้วซึ่งเครื่องจักรกลในโรงงานที่ทำการทดสอบนี้ ส่วนใหญ่เป็นเครื่องจักรกลที่ นำเข้ามาจากประเทศสาธารณรัฐประชาชนจีน ก่อนซื้อทางฝ่ายวิศวกรรมจะต้องระบุคุณสมบัติให้ ครบถ้วนว่าให้ใช้ Power SCR Controller ในการควบคุมขดลวดความร้อน การเปลี่ยนหลอดเป็น Compact Spiral ขนาด 105 วัตต์ เดิมเป็นหลอดแสงจันทร์ (High Pressure Mercury Lamp) มีขนาด 400 วัตต์ เป็นวิธีการที่ง่ายในการดำเนินการซึ่งจากการที่ได้ไปศึกษาดูงานที่ประเทศเกาหลีใต้ บริษัท SKM ในเมือง Inchon ส่วนใหญ่ในโรงงานจะใช้หลอด Compact Spiral ไม่พบการใช้หลอดแสงจันทร์ การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ สามารถลดกระแสใน สายตัวนำไฟฟ้าลงได้ เนื่องจากเป็นโรงงานที่ก่อสร้างมานาน ทำให้มีความยากลำบากในการที่จะ จัดระบบหรือเปลี่ยนสายไฟฟ้าใหม่ คิดเป็นร้อยละ 44 การควบคุมการทำงานในช่วงเวลา On-Peak คือ การควบคุมการเปิดเครื่องจักรกลตั้งแต่ช่วงเวลา 18:30-21:30 แต่ในทางปฏิบัติจะกำหนดเวลาเพื่อไว้ 10-15 นาที เพื่อป้องกันเวลาที่อาจคลาดเคลื่อนได้โดยจะกำหนดห้ามตั้งแต่ช่วงเวลา 18:15-21:45 น. ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดสอบทั้ง 6 มาตรการ

ลำดับ	การทดสอบ	หน่วย	ก่อน ทดสอบ	หลัง ทดสอบ	ลดลง
1	การเปลี่ยนพลูเกิ้ลและติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ที่เตาอบเส้น อลูมิเนียม	บาท	88,200	35,280	52,920
2	การเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์ 400 วัตต์ เป็นหลอด Compact Spiral 105 watt	บาท	48,419	6,352.50	42,066.50
3	การติดตั้ง Power SCR Controller ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้นต่อเดือน เวลา สูญเสียลดลง	บาท		15,000	15,000
4	การควบคุมเวลาการทำงานใน ช่วงเวลา On-Peak	บาท	371,032.50	144,862.50	226,170
ค่าไฟฟ้ารวม		บาท	507,651.5	186,495	336,156.5
5	การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อ แปลงหอบอลูมิเนียมที่ทำการ ทดสอบ 1 ตัว	แอมแปร์	395	341	54
6	การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอด ฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์	แอมแปร์	231.5	129.3	102.2
กระแสไฟฟ้ารวม		แอมแปร์	626.5	470.3	156.2

ตารางที่ 5.1 สรุปผลการทดสอบทั้ง 6 มาตรการ (ต่อ)

ลำดับ	การทดสอบ	หน่วย	ก่อน ทดสอบ	หลัง ทดสอบ	ลดลง
เพิ่มเติม	การติดตั้ง Power SCR Controller	องศา			
	1.เตาอบแม่พิมพ์ที่เครื่องรีด 1-5 อุณหภูมิที่ตั้งไว้ 450 องศา เซลเซียสเซลเซียส	เซลเซียส	427	449	-
	2.กระแสไฟฟ้าของเตาอบ แม่พิมพ์ที่เครื่องรีด 1-3 และ 5	แอมแปร์	92	72	20
	3) กระแสไฟฟ้าที่เตาอบแม่พิมพ์ ที่เครื่องรีด 4	แอมแปร์	119	70	49
	4) กระแสไฟฟ้าที่คอนเทนเนอร์ เครื่องรีด 1, 2, 3	แอมแปร์	114	75	39
	5) กระแสไฟฟ้าที่คอนเทนเนอร์ เครื่องรีด 4	แอมแปร์	73	48	25
	6) กระแสไฟฟ้าที่คอนเทนเนอร์ เครื่องรีด 5	แอมแปร์	46	29	17
	กระแสไฟฟ้ารวม	แอมแปร์	444	294	150

5.2 สรุปผลการทดสอบ

5.2.1 หลังดำเนินการเปลี่ยนพลูเลย์ของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสแล้วไม่ส่งผลกระทบต่อการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสที่จะดูดให้เพลลาของ blower หมุน วัดรอบที่เพลลาของ blower โดยใช้ Tachometer วัดได้ 842 รอบต่อนาทีก่อนปรับความถี่และที่มอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสวัดความเร็วรอบได้ 1,473 รอบต่อนาที หลังติดตั้งอินเวอร์เตอร์สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสลงได้ร้อยละ 60 สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า กิโลวัตต์-ชั่วโมง ลงได้ร้อยละ 60 หรือเท่ากับ 15,120 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เหนี่ยวนำสามเฟสให้เพิ่มขึ้นหรือลดลงได้โดยที่คุณภาพความแข็งของอลูมิเนียมเหมือนเดิม

5.2.2 หลังติดตั้งตัวเก็บประจุทำให้กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิลดลงเหลือเฉลี่ย 341 แอมแปร์ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับค่าที่คำนวณได้ จากเดิมกระแส 395 แอมแปร์คิดเป็นร้อยละ 13 ดังตารางที่ 2

เปรียบเทียบกระแสก่อนและหลังการติดตั้ง ค่าตัวประกอบกำลังเพิ่มขึ้นจาก 0.7 เป็น 0.8 ถึง 0.81 การทดลองในครั้งนี้ยังคงพบปัญหาเรื่องอายุการใช้งานของตัวเก็บประจุที่สามารถใช้งานได้เพียงแค่ 2-3 เดือนเท่านั้นเนื่องจากขณะหม้อแปลงชุกอุมิเนียมทำงานจะมีกระแสและแรงดันฮาร์มอนิกคิดเป็นร้อยละ 23 และ 12 ของกระแสและแรงดันฮาร์มอนิกตามลำดับซึ่งเป็นสาเหตุให้ตัวเก็บประจุมีอายุการใช้งานสั้นลงในการทดลองครั้งต่อไปต้องเลือกใช้ตัวเก็บประจุที่มีคุณสมบัติที่สามารถทนแรงดันไฟฟ้าได้มากกว่าร้อยละ 12 ของแรงดันใช้งานหรือมากกว่า 450 โวลต์ นั่นเอง

5.2.3 หลังการติดตั้ง Power SCR Controller แล้วอุณหภูมิของเตาอบแม่พิมพ์รีดและคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีด มีอุณหภูมิสม่ำเสมอ ใกล้เคียงค่าที่ตั้งไว้ ทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์รีดและแท่งอุมิเนียม ใกล้เคียงกับค่าที่ตั้งไว้ ลดเวลาสูญเสียในการซ่อมบำรุงทำให้ได้ผลผลิตเพิ่มขึ้น ลดค่าความต้องการกำลังไฟฟ้าสูงสุดอันเกิดจากการ ตัดต่อวงจรของขดลวดความร้อน (Heater) อธิบายเพิ่ม บิลเลข คืออุมิเนียมที่หลอมแล้วมีลักษณะเป็นแท่งกลมขนาด โดยทั่วไปที่ใช้ในประเทศไทยส่วนใหญ่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 4, 4.5, 5, 6, 7, 8, 9 และ 12 นิ้ว

5.2.4 หลังการเปลี่ยนหลอดแสงจันทร์เป็นหลอด Compact Spiral สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงเหลือเท่ากับ 1,815 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน จากเดิมมีอัตราการใช้ 13,834 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน

5.2.5 การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หลอดฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ โดยใช้ตัวเก็บประจุขนาด 8 ไมโครฟารัด ที่หลอด 36 วัตต์ และขนาด 4 ไมโครฟารัด ที่หลอด 18 วัตต์ ทำให้กระแสโดยรวมของแสงสว่างในสำนักงานลดลงร้อยละ 44.62 จากเดิมกระแสรวมของแสงสว่างเท่ากับ 231.5 แอมแปร์ ลดลงเหลือเท่ากับ 129.3 แอมแปร์

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ที่เหมาะสมควรหลีกเลี่ยงพื้นที่ที่มีฝุ่นและควรอยู่ในที่อากาศถ่ายเทได้ดีหรืออยู่ในห้องแอร์ได้ยิ่งดีจะทำให้อายุการใช้งานของอินเวอร์เตอร์ได้นานขึ้น ควรเลือกใช้อินเวอร์เตอร์ที่มีฟิลเตอร์สำหรับกรองฮาร์มอนิก เพราะอินเวอร์เตอร์จะสร้างฮาร์มอนิกเข้าสู่ระบบ ถ้าติดตั้งอินเวอร์เตอร์มากๆ ผลรวมของฮาร์มอนิกก็จะสูงตาม อาจส่งผลกระทบต่อระบบโดยรวมได้

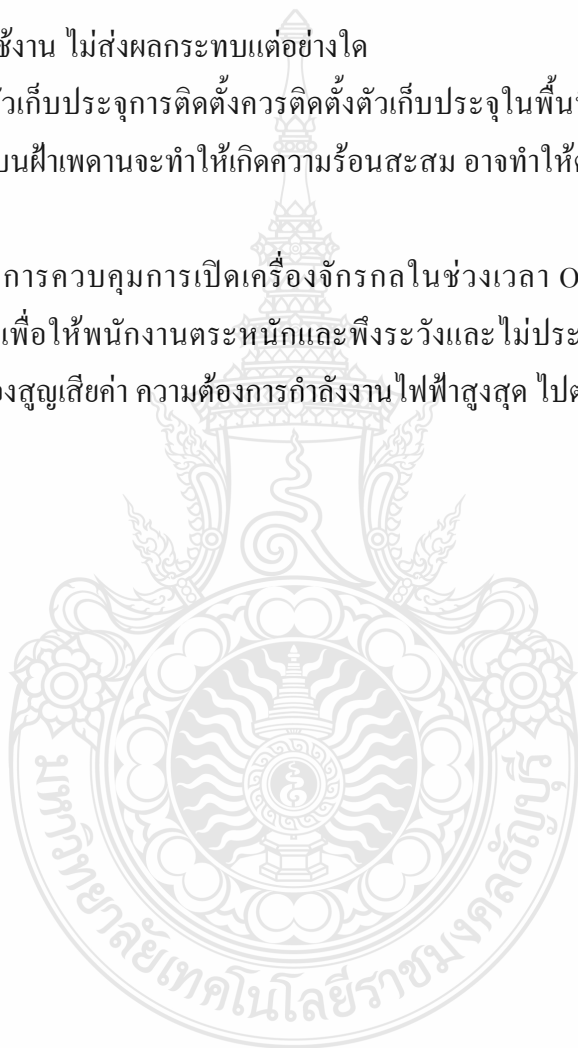
5.3.2 การติดตั้งตัวเก็บประจุที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียม การควบคุมต้องใช้ เพาเวอร์แฟกเตอร์คอนโทรล เพราะจะไม่ยุ่งยากแต่เนื่องจากวิทยานิพนธ์นี้เป็นการทดลอง แล้วได้ผลดี จุดที่ต้องแก้ไขของการทดสอบนี้ ควรใช้ตัวเก็บประจุที่สามารถทนกระแสและแรงดันสูงได้ หรือเพิ่มชุดกรองสัญญาณฮาร์มอนิก ติดตั้งเฉพาะจุดที่หม้อแปลงชุกอุมิเนียมแต่ละตัว

5.3.3 การติดตั้ง Power SCR Controller สำหรับควบคุมขดลวดความร้อนที่เตาอบพิมพ์และคอนเทนเนอร์ของเครื่องรีดนั้นทำให้อุณหภูมิของแม่พิมพ์และแท่งบิลเลทสม่ำเสมอตามค่าที่ตั้งไว้ งานที่ต้องการอุณหภูมิที่สม่ำเสมอใกล้เคียงค่าที่ต้องการควรใช้ Power SCR Controller ไม่ควรใช้แมคเนติกหรือโซลิดสเตต รีเลย์ (Solid State Relay)

5.3.4 การใช้หลอด Compact Spiral แทนหลอดแสงจันทร์สามารถประหยัดค่าไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี ข้อเสียแสงของหลอดจะเป็นแสงสีขาวอมม่วงไม่สบายตาเหมือนหลอดแสงจันทร์ แต่ถ้าคิดให้ความสว่างเพียงพอกับการใช้งาน ไม่ส่งผลกระทบต่ออย่างไร

5.3.5 การติดตั้งตัวเก็บประจุการติดตั้งควรติดตั้งตัวเก็บประจุในพื้นที่ที่อากาศถ่ายเทได้สะดวก ถ้าติดตั้งในคอมหรือบนฝ้าเพดานจะทำให้เกิดความร้อนสะสม อาจทำให้ตัวเก็บประจุชำรุดก่อนเวลาอันควร

5.3.6 การดำเนินการควบคุมการเปิดเครื่องจักรกลในช่วงเวลา On-peak นั้นต้องกำหนดบทลงโทษให้ชัดเจน เพื่อให้พนักงานตระหนักและพึงระวังและไม่ประมาทในการทำงาน ซึ่งการพลาดเพียงครั้งเดียวต้องสูญเสียค่า ความต้องการกำลังงานไฟฟ้าสูงสุด ไปตลอดทั้งเดือน



รายการอ้างอิง

- [1] Institute of Engineering, สำนักวิศวกรรมศาสตร์, (ระบบออนไลน์), **รู้เรื่องระบบ GAS LPG** (แหล่งที่มา), <http://eng.sut.ac.th/neweng> (2 มิถุนายน 2556)
- [2] Key to metal, (ระบบออนไลน์), **เกรดอลูมิเนียม**, (แหล่งที่มา), <http://www.keytometals.com/page.aspx?ID=AluminumGrades> (15 เมษายน 2556)
- [3] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (ระบบออนไลน์), **โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า**, (แหล่งที่มา), http://www.leonics.co.th/html/th/aboutpower/solar_knowledge.php (12 กุมภาพันธ์ 2556)
- [4] The Energy Conservation Center of Thailand, **พ.ร.บ อนุรักษ์พลังงานปี 2535**, (แหล่งที่มา), <http://www.ecct-th.org> (2 มิถุนายน 2556)
- [5] ศูนย์บริการเทคนิค-แคร์, (ระบบออนไลน์), **หลักการการทำงานของอินเวอร์เตอร์**, (แหล่งที่มา), <http://www.technique-care.com> (20 พฤษภาคม 2556)
- [6] อินเวอร์เตอร์โซลูชั่น, (ระบบออนไลน์), **อินเวอร์เตอร์คืออะไร**, (แหล่งที่มา), www.inverter.co.th (15 เมษายน 2556)
- [7] JKT Co., Ltd, (ระบบออนไลน์), **การปรับปรุงค่าตัวประกอบกำลังในไฟฟ้า**, แหล่งที่มา <http://capacitor.jktsiam.com/?p=174> (14 เมษายน 2556)
- [8] คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลัง (โรงงาน) 2553, **บทที่ 2 ระบบไฟฟ้ากำลัง** (Electric Power System)
- [9] Chromalox Precision Heat and Control, **SCR Power Theory Training Manual**, (แหล่งที่มา), <http://www.chromalox.com> (2 มิถุนายน 2556)
- [10] Thai – Austrian, (ระบบออนไลน์), **พื้นฐานความรู้ด้านแสงสว่าง**, (แหล่งที่มา), www.tac.ac.th (2 มิถุนายน 2556)
- [11] J. สุชน พิทักษ์ การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม 2550 กรณีศึกษา บริษัท อีพีอี แพลกเจจิ่ง (ประเทศไทย) จำกัด
- [12] COMALCO LTD, **Work instruction Manual for Aluminum Extrusionused**
- [13] บริษัทโกลด์สตาร์เมททอล จำกัด, **คู่มือการผลิต, แผนกชุบ 2549**
- [14] Dek-d.com, (ระบบออนไลน์), **ตอนที่2 การป้องกันการผุกร่อนโดย Anodize**, แหล่งที่มา, http://writer.dek-d.com/poo_pluplam/story/viewlongc.php?id=3 5 3 8 8 6 &chapter=2 (12 เมษายน 2556)

- [15] S.Wernick, O,B,E., M.Sc., F.I.M., F.I.M.F., R.Pinner, B.Sc., F.I.M.F., F.I.Corr.T., P.G.Sheasby, B.Sc., F.I.M.F **Surface Treatment and Finishing of Aluminium and its Alloys**
- [16] สุรพล สารินุตร, สมชัย หิรัญวโรดม, “การจัดการพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดการใช้ในโรงงานรีดอลูมิเนียม” การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9 ครั้งที่ 9, 8-10 พฤษภาคม 2556, ชลพฤกษ์ รีสอร์ท จังหวัดนครนายก, 2556
- [17] CHAUVIN ARNOUX GROUP (CA8332B-IB118)
- [18] สุรพล สารินุตร, สมชัย หิรัญวโรดม, “การลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชুবออลูมิเนียม” การประชุมวิชาการเครือข่ายราชมงคล ครั้งที่ 5, 27-29 มีนาคม 2556, โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์, 2556
- [19] Thailandindustry.com, (ระบบออนไลน์), แหล่งที่มา, ฮาร์มอนิกส์ในระบบไฟฟ้ากำลัง <http://www.thailandindustry.com> (13 เมษายน 2556)





ภาคผนวก ก

ภาพอุปกรณ์หม้อแปลงชুবอคูมิเนียมและอินเวอร์เตอร์





ภาพที่ ก.1 บั๊สบาร์อคูมึเนียมสำหรับใช้เป็นต้วนำไฟฟ้างานชুবอคูมึเนียม



ภาพที่ ก.2 หม้อแปลงชুবอคูมึเนียมแบบระบายความร้อนด้วยน้ำมัน



ภาพที่ ก.3 หม้อแปลงชุกอลูมิเนียมแบบระบายความร้อนด้วยอากาศ



ภาพที่ ก.4 อินเวอร์เตอร์ Delta ขนาด 55 กิโลวัตต์

ภาคผนวก ข
ภาพเครื่องมือวัด





ภาพที่ ข.1 แคลมป์มิเตอร์วัดกระแสที่หลอดฟลูออเรสเซนต์



ภาพที่ ข.2 เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้า



ภาพที่ ข.3 เครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้าที่หม้อแปลงหุบหลุมเนียม



ภาพที่ ข.4 Power Factor Controller

ภาคผนวก ค
เอกสารข้อมูล



Extruded Aluminum Alloy 6063

sapa:

Sapa Industrial Extrusions

Alloy 6063, one of the most popular alloys in the 6000 series, provides good extrudability and a high quality surface finish. Sapa produces 6063 for use in standard architectural shapes, custom solid shapes and heatsinks, as well as seamless and structural tube and pipe. This alloy is often used for electrical applications in the -T5, -T52 and -T6 conditions due to its good electrical conductivity.

In the heat-treated condition, alloy 6063 provides good resistance to general corrosion, including resistance to stress corrosion cracking. It is easily welded or brazed by various commercial methods (caution: direct contact by dissimilar metals can cause galvanic corrosion). Since 6063 is a heat-treatable alloy, strength in its -T6 condition can be reduced in the weld region. Selection of an appropriate filler alloy will depend on the desired weld characteristics. Consult the Material Safety Data Sheet (MSDS) for proper safety and handling precautions when using alloy 6063.

Alloy 6063 offers excellent response for anodizing in its -T5, -T52, -T53 ("matte finish"), -T54, -T6 ("lustrous" finish) tempers. The most common methods are clear, clear and color dyeing, and bright dipping and hard coat. Bright dipping provides an economical alternative to mechanical polished finishes while offering improved surface durability.

Since 6063 is the alloy of choice for aesthetic applications, special packaging may be required to protect critical exposed surfaces. Alloy 6063 is not typically ink-stenciled in order to preserve its surface finish quality. If stenciling and/or special packaging is required, it should be specified at the time of quotation.

Sapa offers alloy 6063 in a variety of standard tempers, as well as special tempers developed for unique applications.

Typical applications for alloy 6063 include:	▪ Architectural and building products	▪ Door and window frames
	▪ Electrical components and conduit	▪ Railings and furniture
	▪ Pipe and tube for irrigation systems	▪ Heatsinks

6063 TEMPER DESIGNATIONS AND DEFINITIONS

Standard Tempers	Standard Temper Definitions*
F	As fabricated. There is no special control over thermal conditions and there are no mechanical property limits.
O	Annealed. Applies to products that are annealed to obtain the lowest strength temper.
T1	Cooled from an elevated temperature shaping process and naturally aged. (See Note A.)
T4	Solution heat-treated and naturally aged. (See Note B.)
T5, T52, T53, T54, T55	Cooled from an elevated temperature shaping process and artificially aged. (See Note A.)
T6	Solution heat-treated and artificially aged. (See Note B.)
Special Tempers	Special Temper Definitions**
T4S6	For 6063 extrusions requiring maximum formability in the naturally aged condition. This temper is intended for use when extrusions will be formed by the customer in the naturally aged condition and subsequently aged to -T6. May not meet -T4 minimum mechanical properties, but will meet -T6 minimum when properly aged. Test reports will state -T6 properties to demonstrate heat treat capabilities, but product will be supplied in the naturally aged condition. (See Note C.)
T6S5	For 6063 extrusions requiring good formability; meets standard 6063 -T6 minimum properties. (See Note B.)

* For further details of definitions, see Aluminum Association's Aluminum Standards and Data manual and Tempers for Aluminum and Aluminum Alloy Products.

** Sapa Special Temper Designations are unregistered tempers for reference only, not recognized by the Aluminum Association, and are provided for customer use to identify unique processing, material or end use application characteristics.

Note A: Applies to products that are not cold worked after cooling from an elevated temperature shaping process, or in which the effect of cold work in flattening or straightening may not be recognized in mechanical properties.

Note B: Applies to products that are not cold worked after solution heat-treatment, or in which the effect of cold work in flattening or straightening may not be recognized in mechanical properties.

Note C: The specified temper will not conform to military, Federal, ASTM, ASME and AMS specifications.

CHEMICAL COMPOSITION Melting Temperature Range: 1140-1210 °F Density: 0.097 lb./in.³

Alloy	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Others	
									Each	Total
6063	0.20-0.6	0.35	0.10	0.10	0.45-0.9	0.10	0.10	0.10	0.05	0.15

Chemical composition in weight percent maximum unless shown as a range or minimum.

Average Coefficient of Thermal Expansion (68° to 212°F) = 13.0 x 10⁻⁶ (in./in.°F)

Aluminum = Remainder

6063 EXTRUDED MECHANICAL AND PHYSICAL PROPERTY LIMITS¹

Standard Tempers	Wall Thickness ² Inches (min.)	Tensile Strength Ksi (min.)	Yield Strength Ksi (min.)	Elongation ³ % (min.)	Typical Thermal Conductivity, @77°F, BTU-in./ft. ² hr.°F	Typical Electrical Conductivity, @68°F, % IACS
O	All	19.0 max.	—	18	1510	58
T1	Up thru .500	17.0	9.0	12	1340	50
	.501 - 1.000	16.0	8.0	12	1340	50
T4	Up thru .500	19.0	10.0	14	1340	50
	.501 - 1.000	18.0	9.0	14	1340	50
T5	Up thru .500	22.0	16.0	8	1450	55
	.501 - 1.000	21.0	15.0	8	1450	55
T52	Up thru 1.000	22.0 - 30.0	16.0 - 25.0	8	1450	55
T53	Up thru .249	13.0 - 21.0	5.0 - 13.0	14	—	—
T54	Up thru .124	33.0	30.0	8	1390	53
	.125 - .499	33.0	30.0	10	1390	53
T55	Up thru .124	28.0	23.0	8	1450	55
	.125 - .249	27.0	22.0	10	1450	55
	.250 - .499	26.0	21.0	12	1450	55
T6	Up thru .124	30.0	25.0	8	1390	53
	.125 - 1.000	30.0	25.0	10	1390	53
Sapa Special Tempers*						
T6S5	Up thru .124	30.0	25.0	8	1390	53
	.125 - 1.000	30.0	25.0	10	1390	53

1. Minimum property levels unless shown as a range or indicated as a maximum (max.)
 2. The thickness of the cross section from which the tension test specimen is taken determines the applicable mechanical properties.
 3. For materials of such dimensions that a standard test specimen cannot be taken, or for shapes thinner than .062", the test for elongation is not required. Elongation percent is minimum in 2" or 4 times specimen diameter.
- * Sapa Special Temper Designations are unregistered tempers for reference only, not recognized by the Aluminum Association, and are provided for customer use to identify unique processing material or end use application characteristics. The specified special temper will not conform to Military, Federal, ASTM, ASME and AMS specifications.

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF RELATED ALLOYS / TEMPERS¹

Alloy	Temper	Formability				Machinability				General Corrosion Resistance				Weldability				Brazeability				Anodizing Response			
		D	C	B	A	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C	B	A	D	C	B	A
6063	-O																								
	-T1, -T4																								
	-T5, T52																								
	-T53																								
	-T54, -T6																								
	-T6S5																								
6061	-T4																								
	-T6, -T6511																								
6101	-T6, -T63																								N/A
	-T61, -T64																								N/A
6463	-T5																								

1. Rating: A=Excellent B=Good C=Fair D=Poor

Sapa Industrial Extrusions
 53 Pottsville Street
 Cressona, PA 17929
 Phone: 800-233-3165
 FAX: 800-252-4646
www.sapagroup.com/us/industrialextrusions

sapa:
 Shaping the future



อัตราค่าไฟฟ้า

ประเภทที่ 1 บ้านอยู่อาศัย

สำหรับการใช้ไฟฟ้าภายในบ้านเรือนที่อยู่อาศัย รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

1.1 อัตราปกติ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
1.1.1 ใช้พลังงานไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยต่อเดือน		8.19
15 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 15)	1.8632	
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 16 - 25)	2.5026	
10 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 26 - 35)	2.7549	
65 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 36 - 100)	3.1381	
50 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 101 - 150)	3.2315	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	
ผู้ใช้ไฟฟ้าประเภทที่ 1.1.1 ที่ใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 90 หน่วยต่อเดือน ได้รับสิทธิค่าไฟฟ้าฟรีในเดือนนั้น		
1.1.2 ใช้พลังงานไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยต่อเดือน		38.22
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 150)	2.7628	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	

1.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Off Peak
1.2.1 แรงดัน 22 - 33 กิโลโวลท์	4.5827	2.1495
1.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	5.2674	2.1827

หมายเหตุ 1. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าไม่เกิน 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1 แต่หากมีการใช้ไฟฟ้าเกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2 และเมื่อใดที่มีการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 150 หน่วยติดต่อกัน 3 เดือน ในเดือนถัดไปจะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.1

2. ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าเกิน 5 แอมป์ 220 โวลท์ 1 เฟส 2 สาย จะจัดเข้าประเภทที่ 1.1.2

3. ประเภทที่ 1.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

4. ประเภทที่ 1.2 เป็นอัตราเลือก ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน สามารถแจ้งความประสงค์ขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 1.1 ตามเดิมได้

ประเภทที่ 2 กิจการขนาดเล็ก

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่นๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

2.1 อัตราปกติ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
2.1.1 แรงดัน 22 - 33 กิโลโวลท์	3.4230	312.24
2.1.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์		46.16
150 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 - 150)	2.7628	
250 หน่วยต่อไป (หน่วยที่ 151 - 400)	3.7362	
เกิน 400 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 401 เป็นต้นไป)	3.9361	
2.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Off Peak
2.2.1 แรงดัน 22 - 33 กิโลโวลท์	4.5827	2.1495
2.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	5.2674	2.1827

หมายเหตุ 1. ประเภทที่ 2.2 กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 2.2 เป็นอัตราเลือก ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด และหากเลือกใช้ไปแล้วไม่น้อยกว่า 12 เดือน สามารถแจ้งความประสงค์ขอเปลี่ยนกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 2.1 ตามเดิมได้

3. เดือนใดมีความต้องการพลังไฟฟ้าตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 3 หรือ 4 หรือ 5 แล้วแต่กรณี

ประเภทที่ 3 กิจการขนาดกลาง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

3.1 อัตราปกติ	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
3.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	175.70	2.7441	312.24
3.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์	196.26	2.7815	312.24
3.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	221.50	2.8095	312.24

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak Off Peak	
3.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	3.6917 2.2507	312.24
3.2.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์	132.93	3.7731 2.2695	312.24
3.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	3.9189 2.3027	312.24

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 3.2 กำหนดเป็นอัตราสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้าประเภทที่ 3 เป็นครั้งแรก ตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2543

3. ประเภทที่ 3.2 เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ารายเดิม เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 3.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

4. เดือนใดความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 4 กิจการขนาดใหญ่

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม หน่วยราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ และสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

4.1 อัตราตามช่วงเวลาของวัน (Time of Day Rate : TOD)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)			ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Partail	Off Peak		
4.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	224.30	29.91	0	2.7441	312.24
4.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์	285.05	58.88	0	2.7815	312.24
4.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	332.71	68.22	0	2.8095	312.24

Peak : เวลา 18.30 – 21.30 น. ของทุกวัน

Partail : เวลา 08.00 – 18.30 น. ของทุกวัน (ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า คิดเฉพาะส่วนที่เกิน Peak)

Off Peak : เวลา 21.30 – 08.00 น. ของทุกวัน

4.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak Off Peak	
4.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	3.6917 2.2507	312.24
4.2.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์	132.93	3.7731 2.2695	312.24
4.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	3.9189 2.3027	312.24

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. ประเภทที่ 4.2 กำหนดเป็นอัตราสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ารายใหม่ หรือผู้ใช้ไฟฟ้ารายเดิมที่เคยใช้ TOU แล้ว

2. ประเภทที่ 4.2 เป็นอัตราเลือกสำหรับผู้ใช้อุปกรณ์ไฟฟ้ารายเดิมประเภทที่ 4.1 เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 4.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

3. เดือนใดความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ หรือการใช้ไฟฟ้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปยังไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 5 กิจการเฉพาะอย่าง

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรม และ กิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาที สูงสุด ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

5.1 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า		ค่าบริการ
	(บาท/กิโลวัตต์)	(บาท/หน่วย)		
	Peak	Peak	Off Peak	
5.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	3.6917	2.2507	312.24
5.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	132.93	3.7731	2.2695	312.24
5.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	3.9189	2.3027	312.24

5.2 อัตราสำหรับผู้ใช้อำนาจไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างการติดตั้งมิเตอร์ TOU

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า		ค่าบริการ
	(บาท/กิโลวัตต์)	(บาท/หน่วย)		
5.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	220.56	2.7441		312.24
5.2.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	256.07	2.7815		312.24
5.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	276.64	2.8095		312.24

อัตราขั้นต่ำ : ค่าไฟฟ้าค่าสุดท้ายต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 5.1 กำหนดเป็นอัตราสำหรับผู้ใช้อำนาจไฟฟ้าประเภทที่ 5 ทุกราย ผู้ใช้ไฟฟ้าที่อยู่ระหว่างการติดตั้งมิเตอร์ TOU ให้คิดประเภทที่ 5.2 ไปก่อน

3. เดือนใดความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ค่าไฟฟ้ายังคงคำนวณตามอัตราดังกล่าว หากความต้องการพลังไฟฟ้าไม่ถึง 30 กิโลวัตต์ ติดต่อกันเป็นเวลา 12 เดือน และในเดือนถัดไปไม่ถึง 30 กิโลวัตต์อีก ให้เปลี่ยนประเภทผู้ใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทที่ 2.1

ประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร

สำหรับการใช้ไฟฟ้าขององค์กรที่ไม่ใช่ส่วนราชการแต่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

6.1 อัตราปกติ

	ค่าพลังงานไฟฟ้า		ค่าบริการ
	(บาท/หน่วย)		
6.1.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	3.0493		312.24
6.1.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	3.2193		312.24
6.1.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์			312.24
10 หน่วยแรก	(หน่วยที่ 0 – 10)	2.4357	
เกิน 10 หน่วยขึ้นไป	(หน่วยที่ 11 เป็นต้นไป)	3.5263	

6.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า	ค่าพลังงานไฟฟ้า		ค่าบริการ
	(บาท/กิโลวัตต์)	(บาท/หน่วย)		
	Peak	Peak	Off Peak	
6.2.1 แรงดันตั้งแต่ 69 กิโลโวลท์ขึ้นไป	74.14	3.6917	2.2507	312.24
6.2.2 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลท์	132.93	3.7731	2.2695	312.24
6.2.3 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลท์	210.00	3.9189	2.3027	312.24

อัตราขั้นต่ำ : ประเภทที่ 6.2 ค่าไฟฟ้าค่าสุดท้ายต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน

หมายเหตุ 1. ผู้ใช้ไฟฟ้านายราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น ซึ่งมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือน ก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน ยังคงคิดอัตราค่าไฟฟ้าประเภทที่ 6 องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร ถึงค่าไฟฟ้าประจำเดือน กันยายน 2555 และตั้งแต่ค่าไฟฟ้าประจำเดือน ตุลาคม 2555 เป็นต้นไป จะจัดเข้าประเภทที่ 2 หรือ 3 หรือ 4 แล้วแต่กรณี

2. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

3. ประเภทที่ 6.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 6.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าไฟฟ้าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

ประเภทที่ 7 สูบน้ำเพื่อการเกษตร

สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยราชการ สหกรณ์เพื่อการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่จดทะเบียนจัดตั้งกลุ่มเกษตรกร กลุ่มเกษตรกรที่หน่วยราชการรับรอง โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

7.1 อัตราปกติ	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
100 หน่วยแรก (หน่วยที่ 0 – 100)	1.6033	115.16
เกิน 100 หน่วยขึ้นไป (หน่วยที่ 101 เป็นต้นไป)	2.7549	

7.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU)

	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)	ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	Peak	Peak Off Peak	
7.2.1 แรงดัน 22 – 33 กิโลโวลต์	132.93	3.6531 2.1495	228.17
7.2.2 แรงดันต่ำกว่า 22 กิโลโวลต์	210.00	3.7989 2.1827	228.17

อัตราขั้นต่ำ : ประเภทที่ 7.2 ค่าไฟฟ้าต่ำสุดต้องไม่ต่ำกว่าร้อยละ 70 ของค่าความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดในรอบ 12 เดือน ที่ผ่านมาสิ้นสุดในเดือนปัจจุบัน
หมายเหตุ 1. กรณีติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำของหม้อแปลงซึ่งเป็นสมบัติของผู้ใช้ไฟฟ้า หรือหม้อแปลงของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค (เฉพาะที่ติดตั้งเครื่องวัดไฟฟ้าทางด้านแรงต่ำประกอบ ซี.ที.) ให้คำนวณกิโลวัตต์ และหน่วยคิดเงินเพิ่มขึ้นอีกร้อยละ 2 เพื่อครอบคลุมการสูญเสียในหม้อแปลงไฟฟ้าซึ่งมิได้วัดรวมไว้ด้วย

2. ประเภทที่ 7.2 เป็นอัตราเลือก เมื่อใช้แล้วจะกลับไปใช้อัตราประเภทที่ 7.1 ไม่ได้ ทั้งนี้ ผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องชำระค่าเครื่องวัด TOU และหรือค่าใช้จ่ายอื่นตามที่การไฟฟ้าส่วนภูมิภาคกำหนด

ประเภทที่ 8 ไฟฟ้าชั่วคราว

สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่องานก่อสร้าง งานที่จัดขึ้นเป็นพิเศษชั่วคราว สถานที่ที่ไม่มีทะเบียนบ้านของสำนักงานทะเบียนส่วนท้องถิ่น และการใช้ไฟฟ้าที่ยังปฏิบัติไม่ถูกต้องตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

ค่าพลังงานไฟฟ้า (ทุกระดับแรงดัน) หน่วยละ 6.4369 บาท

หมายเหตุ ผู้ใช้ไฟฟ้าที่ใช้อัตราประเภทนี้ หากมีความประสงค์จะขอเปลี่ยนแปลงการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างอื่น หรือการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคตรวจพบว่าได้เปลี่ยนแปลงการใช้ไฟฟ้าเป็นอย่างอื่นแล้ว เช่น เพื่อประกอบธุรกิจ หรืออุตสาหกรรม หรือบ้านอยู่อาศัย ฯลฯ เมื่อได้ยื่นคำร้องขอใช้ไฟฟ้าถาวรต่อการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคในท้องถิ่นนั้น พร้อมกับเดินสาย และติดตั้งอุปกรณ์ภายในให้เรียบร้อยถูกต้องตามมาตรฐาน และชำระเงินค่าธรรมเนียมการใช้ไฟฟ้าแบบถาวรให้ครบถ้วน ตามหลักเกณฑ์ของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาคแล้ว ค่าไฟฟ้าจะคิดตามอัตราประเภทที่ 1 – 7 แล้วแต่กรณี

ข้อกำหนดช่วงเวลาอัตรา TOU	
Peak : เวลา 09.00 น. – 22.00 น. วันจันทร์ – ศุกร์ และวันพืชมงคล	Off Peak : เวลา 22.00 น. – 09.00 น. วันจันทร์ – ศุกร์ และวันพืชมงคล : เวลา 00.00 น. – 24.00 น. วันเสาร์ – อาทิตย์, วันแรงงานแห่งชาติ, วันพืชมงคลที่ตรงกับวันเสาร์ – อาทิตย์ และ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชย)

ข้อกำหนดเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้า

- ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะเรียกเก็บกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ซึ่งมีเพาเวอร์แฟคเตอร์แลค (Lag) เฉพาะเดือนที่มีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอกตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอกตีฟเฉลี่ย ใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว โดยส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ (KVAR) ละ 56.07 บาท (เศษของกิโลวาร์ ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์)
- อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม
- ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บในแต่ละเดือน ประกอบด้วย ค่าไฟฟ้าตามอัตราข้างต้น ค่าไฟฟ้าผันแปร (FE) และภาษีมูลค่าเพิ่ม

อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น เริ่มใช้ตั้งแต่ ค่าไฟฟ้าประจำเดือน กรกฎาคม 2554 เป็นต้นไป

การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค

Product ID: W5-SP4V030-24J



Product features

Independent adjustment of Max and BIAS.

Down-opened Panel, easy for fuse replacement.

VR of Max and SFS are installed in the front panel, easy for adjustment.

Multi-LED display panel makes the operating condition clear.

The auxiliary powers (AC1, AC2) are independently controlled for all models.

Build-in buffering output adjustment (SFS VR), adjusting range 1~22 seconds. (Only for the phase control product)

Top & bottom shielding covers are designed for safety and fashion out looking, also easy for wiring installation.

In case of 0.5 Hz sudden power losses, system output can be switched off immediately. Once the power is restored, the system will buffer the output to prevent the voltage surge for fuse burn-down.

Main power is one spec. Design for 200~480VAC.

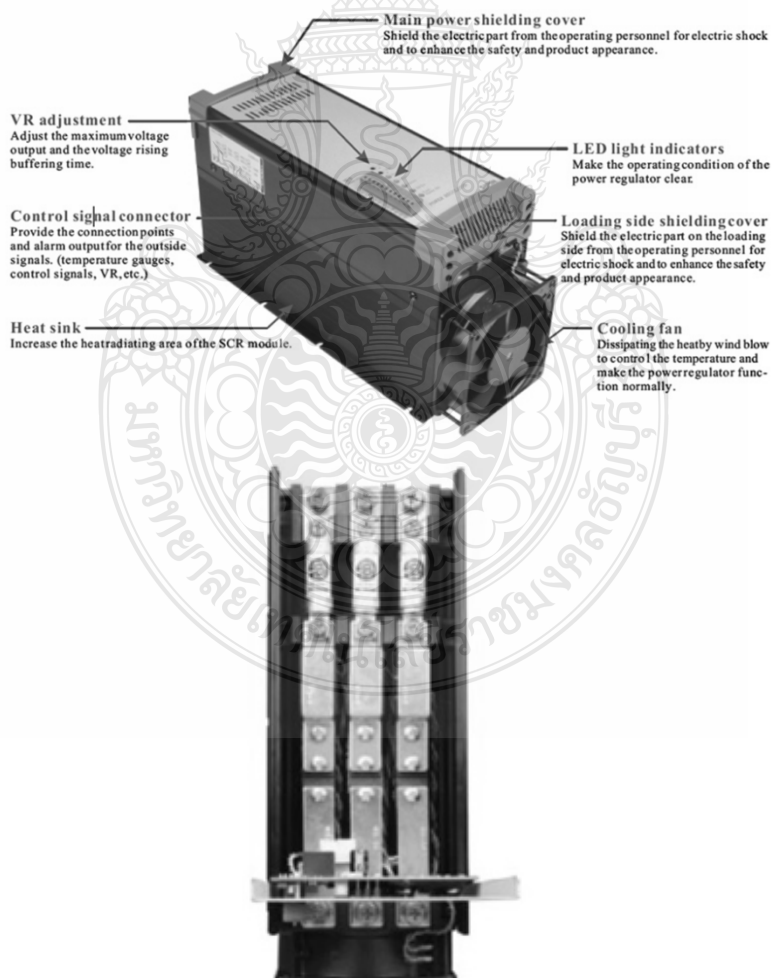
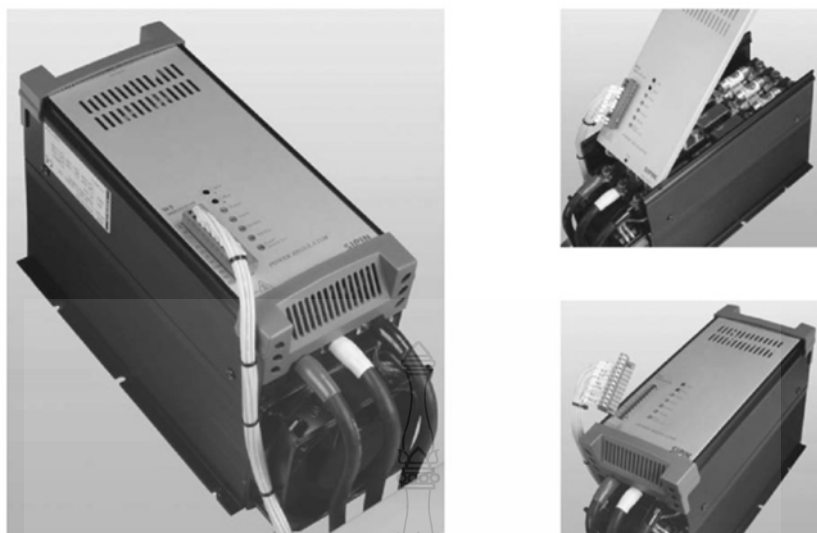
Automatic power frequency detection for 50~60 Hz. No need for selection or switch.

Automatic detection and display for power out-of-phase, SCR overheating, and fuse burn-down with one set of alarm dry contact output. In cases of SCR overheating or fuse burn-down, the system output is stopped immediately. Once the malfunction is eliminated and power is restored, the system will buffer the output to prevent the fuse burn-down.

4~20mA, 1~5VDC, 2~10VDC, 0~20mA, 0~5 VDC, 0~10VDC, dry contact points, etc. and all control signals are ready to use.

Triggering circuit and the main board are designed separately to avoid the main board damage when main circuit malfunctions.

Using European detachable control signal connector for easy replacement without re-wiring installation.



Outline descriptions



Installation and ambient conditions

When the power regulator is operating, the heat will be generated automatically. Please install the system vertically and leave some empty space on two sides to avoid the temperature inside the regulator rising continuously.

There must be some ventilation holes on the control box. Please follow the principle of hot air rising to install the ventilation holes or extra cooling fans.

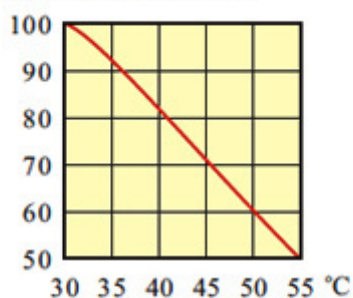
Please avoid installing the regulator in the place with high temperature or poor ventilation. Otherwise, the maximum operating capacity must be set lower than 70% of the nominal capacity.

Avoid installing the regulator in the places with heavy water evaporation, acid, alkaline, or corrosive air.

Ambient humidity: below 90%RH (no condensation)

Ambient temperature: -10°C~45°

Normal rated capacity %



※ The above numbers are based on the conditions of no erosion, no greasy dirt, and no cover on the heat sink and following the recommended installation guides based on the principle of heat transfer.

Control and applied loading

Control mode 輸出方式 Control mode	Output wave 輸出波形		
	10% Output	50% Output	90% Output
Phase angle control 相位控制			
Zero crossing control 零位控制	 1 cycle ON and 9 cycle OFF	 1 cycle ON and 1 cycle OFF	 9 cycle ON and 1 cycle OFF

Phase angle control : continuous phase angle control, steady output, current gauge reading remains steady. But, every half wave will produce harmonic wave.

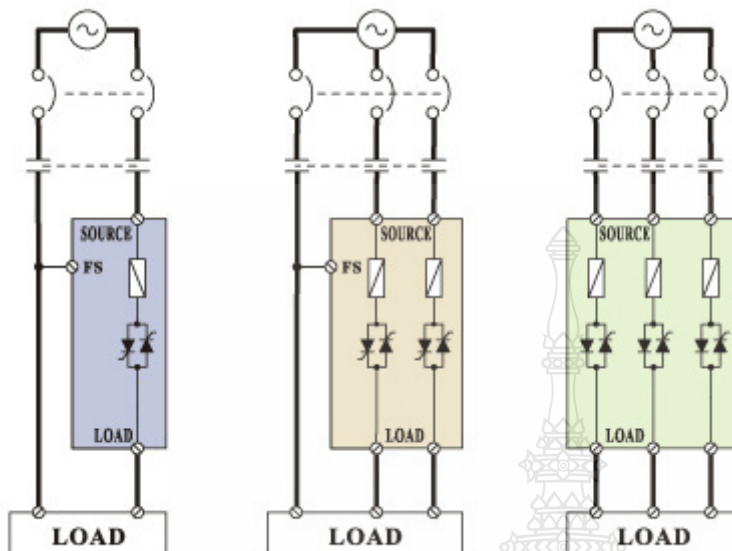
Applicable loading : fixed resistance loading, variable resistance loading, inductive loading, IR light bulb.

Zero crossing control : distributed zero crossing control, minimum resolution 1 Hz, no harmonic wave, and current gauge reading oscillates.

Applicable loading : fixed resistance loading

Wiring and setup notices

Single phase Two-wire three-phase Three-wire three-phase



NFB → can cut off power to prevent personnel from electric shock during maintenance.

MC → can cut off supplied loading power when the power regulator malfunctions or the temperature is higher than the pre-set value. Cutting off the power can avoid the system burn down by overheating and prevent more serious damage.

Power regulator → can adjust the output power according to the control signal. (This product is embedded with the high-speed fuse, extra fuse is not necessary.)

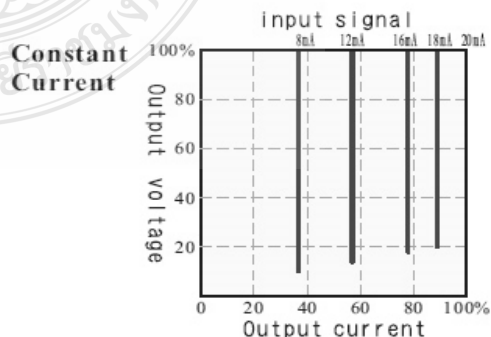
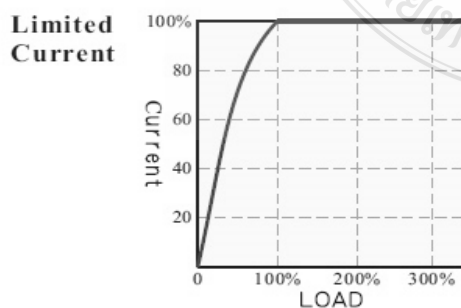
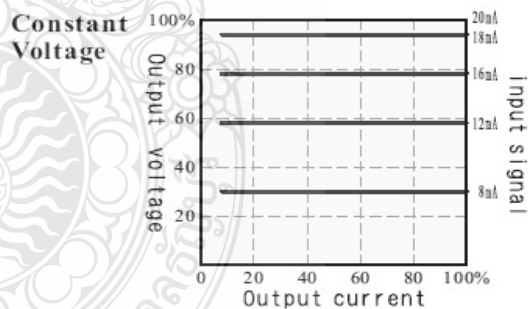
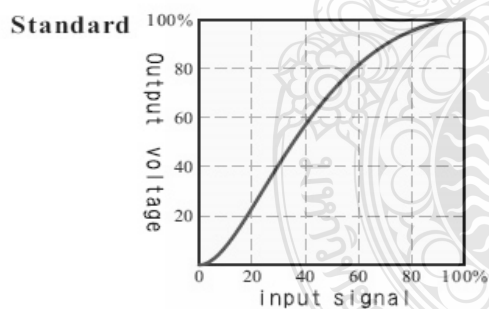
Standard main circuit setup: main power → molded case circuit breaker → contactors → power regulator → loading.

The screw must be tightened during the wiring setup to avoid high temperature resulting from bad contact.

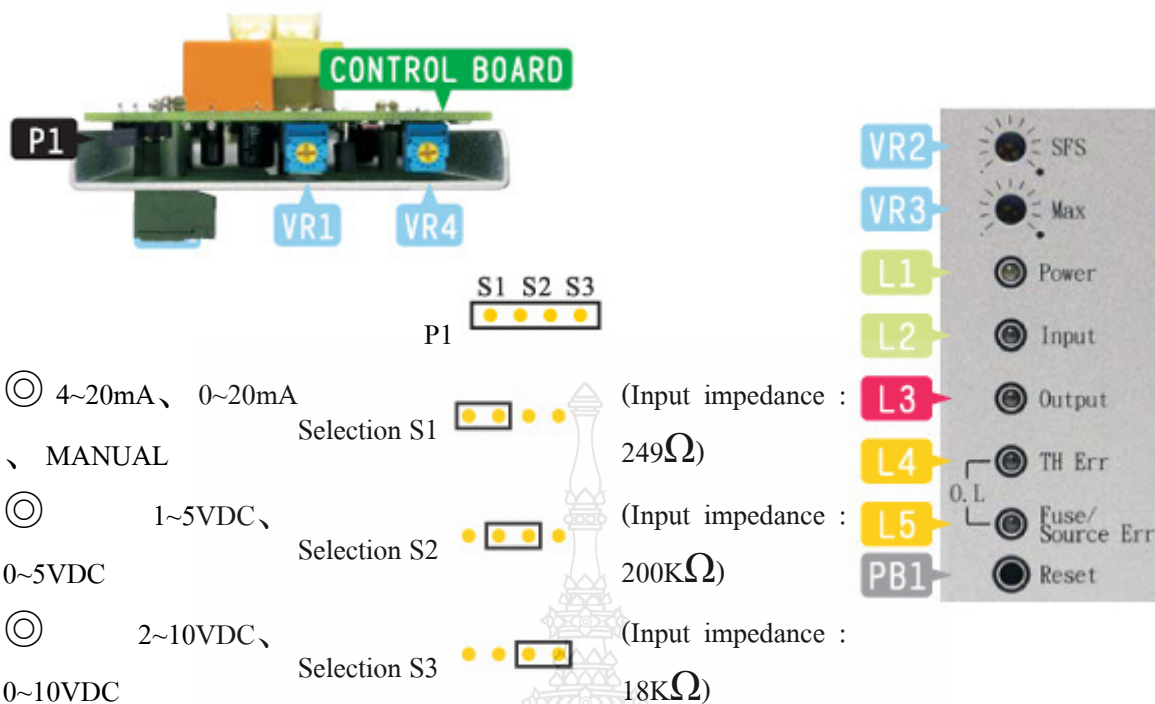
Once the wiring setup is completed, the front panel and safety cover must be properly installed before the system is powered up to avoid the electric shock or short circuit caused by dropped conductive objects.

Model table

Product series	W5	W5 series	
Control	SP	Single-phase angle control	
	SZ	Single-phase zero crossing control	
	TP	Three-wire three-phase angle control	
	TZ	Two-wire three-phase zero crossing control	
	ZZ	Three-wire three-phase zero crossing control	
Main power voltage	1V	110VAC (Only for single-phase power source)	
	4V	200-480VAC	
Normal rated current	030	30A	
	045	45A	
	060	60A	
	080	80A	
	100	100A	
	125	125A	
	150	150A	
	180	180A	
	230	230A	
	300	300A	
	380	380A	
	450	450A	
580	580A		
720	720A		
Dash		-	
Auxiliary power source code	1	1 ϕ 110VAC	
	2	1 ϕ 220VAC	
Input signal code	0	0~5VDC	
	1	1~5VDC	
	2	2~10VDC	
	3	0~10VDC	
	4	4~20mA	
	5	0~20mA	
	M	Manual adjustment	
*	Special		
Buffering time code	C	Buffering time, 2 seconds (Zero-crossing type of product)	
	J	Adjustable buffering time, 1~22 seconds (Phase-angle type of product)	
Special code	TF	Inductive reactance type of loading	
	CV	Constant voltage type	
	CL	Limited current type (RMS)	
	CC	Constant current type (RMS)	
		Only for phase-angle type of product	



Selection of the input signal



⊙ 4~20mA、 0~20mA

、 MANUAL

⊙ 1~5VDC、

0~5VDC

⊙ 2~10VDC、

0~10VDC

S1 S2 S3
P1

Selection S1

(Input impedance :

249Ω)

Selection S2

(Input impedance :

200KΩ)

Selection S3

(Input impedance :

18KΩ)

Functional adjustment

VR1 BIAS : Adjustment of standard output voltage.
(Counter-clockwise adjust the control signal, lower the input will produce the output.)









VR2 SFS : Adjustment of buffer rising time.
(Adjusting range 1~22 seconds, clockwise adjustment will increase the time. No applicable for zero crossing type product.)
Constant current type : Adjusting range 2~16 seconds.





VR3 Max : Adjustment of maximum output voltage.
(Adjusting range 0~100%, counter-clockwise adjustment will decrease the output. Set to zero will have no output.)
Constant current type : Current adjustment.(Adjusting range 50~100%, counter-clockwise adjustment will decrease the output.)

VR4 : Adjustment of Over current.(Adjusting range 60~120%,counter-clockwise adjustment will decrease the output.)

PB1 : Over current RESET.
RESET

Descriptions for LED lights and trouble shooting

L1 Power Power light		On:	Auxiliary power on.	
		Off:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Auxiliary power sources have no output → make sure AC1, AC2 auxiliary power sources have power output. 2. Control board malfunction → please replace the same spec. control board or send the power regulator for maintenances. 	
L2 Input Input light		On:	Control input signal is in.	
		Off:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Control signal is not in → please check the temperature gauge to see if there is input, check the connection and the wiring. 2. Wrong connection on the electrodes of the control board → check the electrodes of the temperature gauge. 3. Set to zero on the MaxVR of the control board or outsideVR → check two VRs to see if any one of them is set to zero. 4. Control board malfunction → please replace the same-spec. control board or send the power regulator for Maintenances. 	
L3 Output Output light		On:	Power regulator is in output	<p>⊥ phase angle control. (light and dark based on the output.)</p> <p>⌋ zero crossing control. (flash based on the output.)</p>
		Off:	<ol style="list-style-type: none"> 1. If the abnormal light L5 is on. (fuse burn down or main power has no output.) → please refer to ERR (L5). 2. If the temperature light L4 is on. (power regulator is overheating.) → please refer to TH (L4). 3. If the input light L2 is off. (No input signal.) → please refer to IN (L2). 4. If the input light L2 is on. (control board malfunction.) → please replace the same spec. control board or send the power regulator for maintenances. 	
L4 TH Err Over heating light		On:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Power regulator is over heating → cooling fan is not operating, check the power, fan damage, or if the fan is stuck by any object and get rid off it if necessary. 2. Bad ventilation or the ambient temperature is too high → please change the installation place or improve the ventilation. 	
		Off:	Normal, power regulator is not overheating.	

L5 FUSE/ Source Err Power source abnormal light		On:	<ol style="list-style-type: none"> 1. Main power source have no output or out-of-phase → check the power output and all the abnormal conditions. 2. High-speed fuse burn down → please replace the same spec. fuse and check the shortage and the ground of the loading before restoring the power.
		Off:	Normal
L4&L5 O.L Over current light		L4 and L5 On:	Power regulator is over current please check the shortage and the ground of the loading before press PBl to reset.
		Off:	Normal

Single phase, Single phase zero crossing, Two-wire three-phase zero crossing (SP、SZ、TZ)

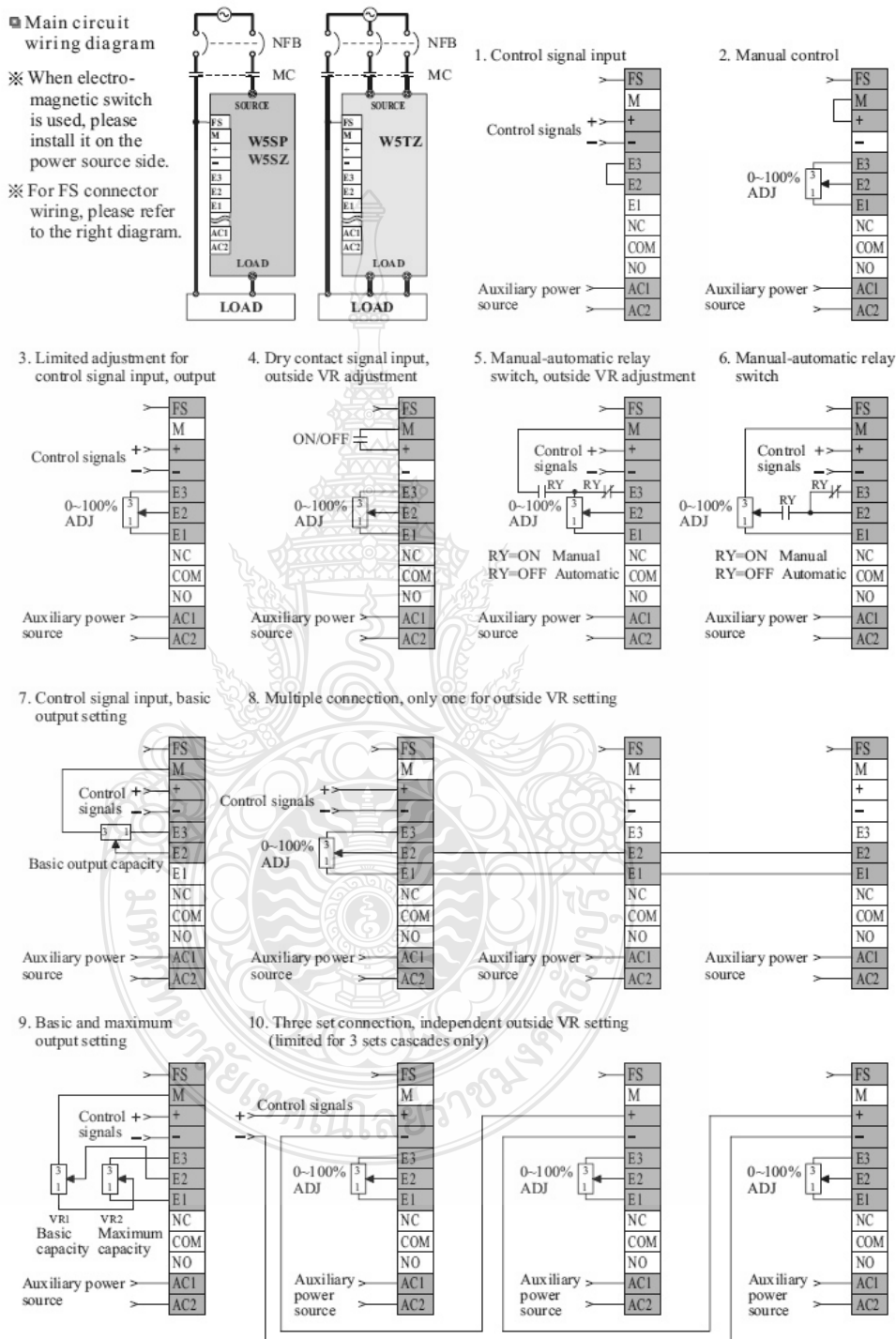
Connector pin	Connector No .	Description	Notes
TB-01	FS	Detection of the fuse burn down	The connection from power to loading must be connected back to the FS side.
TB-02	M	+5VDC	Only for this control board, not for other use positive control signal input.
TB-03	+	Positive control signal input	The default setting is 4~20mA when the sticker is not marked.
TB-04	-	Standard analog signal voltage	
TB-05	E3	Connected to the VR 3rd pin of the outside potentiometer	Adjustable output 0~100%, Please eliminate the shorted copper wire between E3 and E2 when using the outside potentiometer with VR. (2~10K Ω)
TB-06	E2	Connected to the VR 2nd pin of the outside potentiometer	

TB-07	E1	Connected to the VR 1st pin of the outside potentiometer	
TB-08	NC	Alarm connector output (normal close)	Connector capacity 227VAC 2A. 125VAC 2A. 30VAC 2A.
TB-09	COM	Alarm connector output (common point)	
TB-10	NO	Alarm connector output (normal open)	
TB-11	AC1	Auxiliary power	Please refer to the stick for the auxiliary power and voltage.
TB-12	AC2	source	

Applicable high-speed fuse for the power regulator

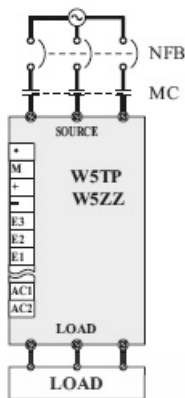
Rated current	30A	45A	60A	80A	100A
Fuse	40ET	63ET	660GH-80	660GH-100ULTC	660GH-125
Brand	Bussmann	Bussmann	Bussmann	Bussmann	HINODE
Rated current	125A	150A	180A	230A	300A
Fuse	660GH-80*2	660GH-100ULTC*2	660GH-125*2	250FM	315FM
Brand	Bussmann	Bussmann	HINODE	Bussmann	Bussmann
Rated current	380A	450A	580A	720A	
Fuse	660GH-400	250FM*2	315FM*2	660GH-400*2	
Brand	HINODE	Bussmann	Bussmann	HINODE	

Wiring setup examples for single-phase, Single-phase zero crossing, and Two-wire three-phase zero crossing

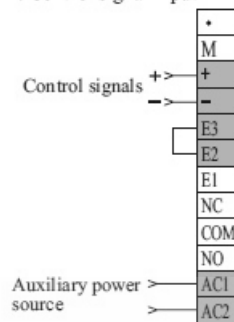


■ Main circuit wiring diagram

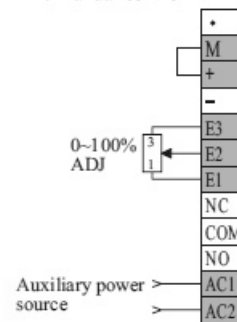
※ When electromagnetic switch is used, please install it on the power source side.



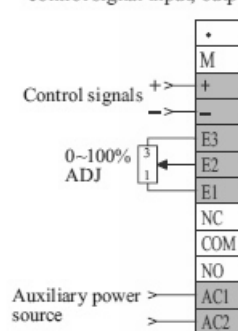
1. Control signal input



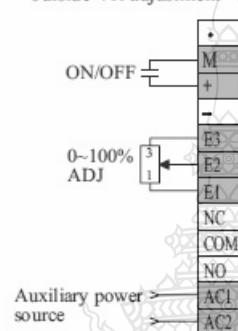
2. Manual control



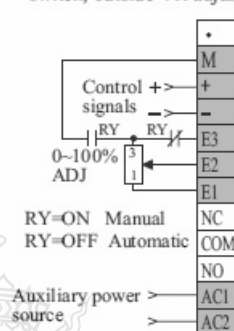
3. Limited adjustment for control signal input, output



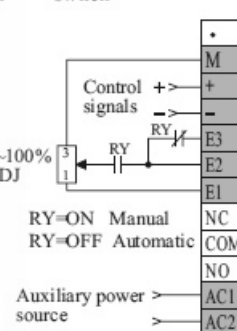
4. Dry contact signal input, outside VR adjustment



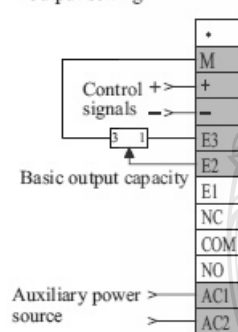
5. Manual-automatic relay switch, outside VR adjustment



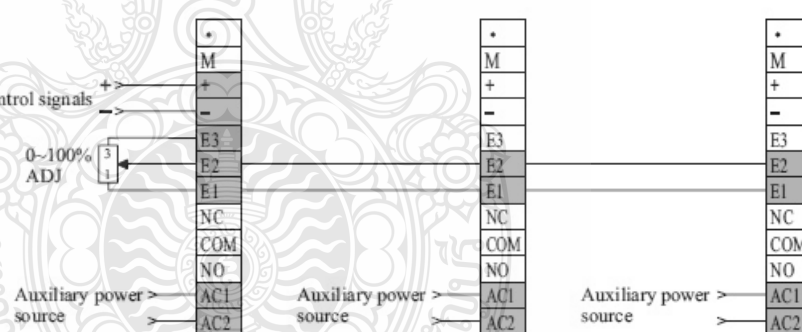
6. Manual-automatic relay switch



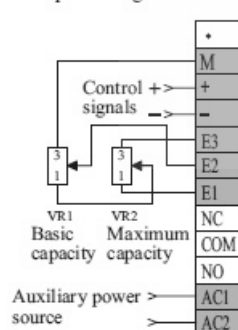
7. Control signal input, basic output setting



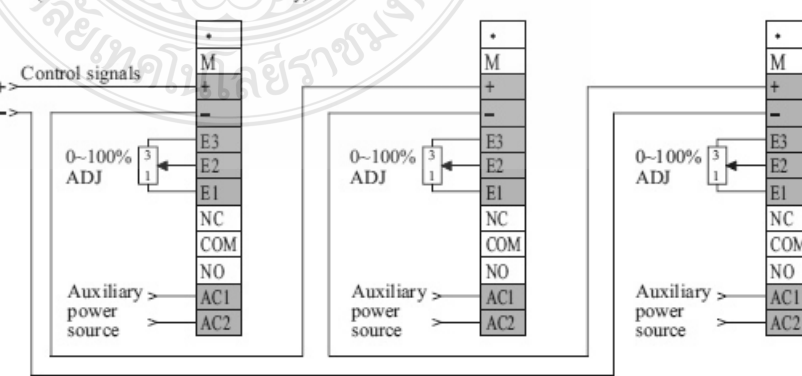
8. Multiple connection, only one for outside VR setting



9. Basic and maximum output setting



10. Three set connection, independent outside VR setting (limited for 3 sets cascades only)



<i>Single-phase angle and Single-phase zero crossing control (W5SP · W5Z)</i>															
Normal rated current	Figure	Outline dimensions (mm)			Net weights (Kg)	Packed dimensions (mm)			Packed weights (Kg)	Fixed-hole dimensions (mm)				Main power source screw	Way of cooling
		Length	Width	Height		Length	Width	Height		L1	L2	L3	W		
30A	A	162	98	133	1.3	225	127	166	1.5	122	O	O	90	M6	Air-cooling
45A	A	200	98	133	1.5	262	127	166	1.7	122	O	O	90	M6	Air-cooling
60,80A	B	162	112	183	1.7	225	140	220	2.0	122	O	O	104	M6	Air-cooling
100A	C	189	112	183	2.0	250	140	220	2.3	122	O	O	104	M6	Fan-cooling
125,150,180A	C	275	112	183	3.0	336	140	220	3.4	122	86	O	104	M8	Fan-cooling
230A	C	287	112	188	3.4	345	140	220	3.8	122	86	O	104	M10	Fan-cooling
300,380A	I	390	140	248	6.4	450	168	277	7.0	122	86	94	132	M10	Fan-cooling
450A	I	390	140	248	7.1	450	168	277	7.7	122	86	94	132	M10*2	Fan-cooling
580A	I	460	140	248	8.6	600	265	390	10.5	122	86	94	132	M10*2	Fan-cooling
720A	I	560	140	248	10.4	700	265	390	12.7	122	86	239	132	M10*2	Fan-cooling

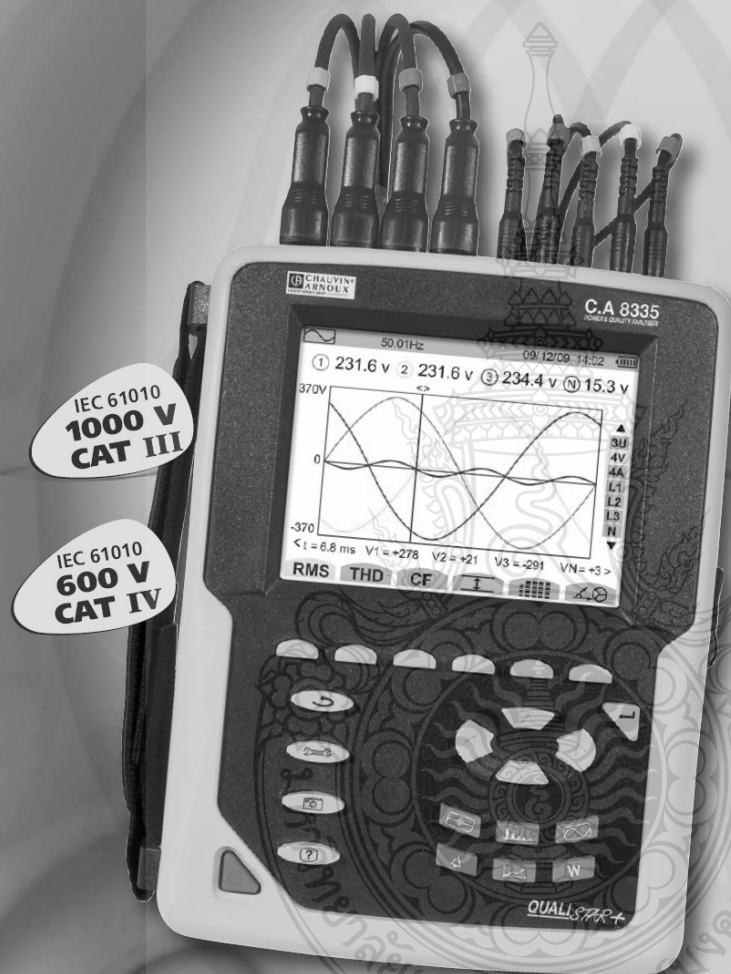
<i>Two-wire three-phase zero crossing control (W5TZ)</i>															
Normal rated current	Figure	Outline dimensions (mm)			Net weights (Kg)	Packed dimensions (mm)			Packed weights (Kg)	Fixed-hole dimensions (mm)				Main power source screw	Way of cooling
		Length	Width	Height		Length	Width	Height		L1	L2	L3	W		
30A	A	162	98	133	1.5	225	127	166	1.7	122	O	O	90	M6	Air-cooling
45A	B	162	112	183	1.9	225	140	220	2.2	122	O	O	104	M6	Air-cooling
60,80,100A	C	189	112	183	2.2	250	140	220	2.5	122	O	O	104	M6	Fan-cooling
125A	C	275	112	183	3.1	336	140	220	3.5	122	86	O	104	M8	Fan-cooling
150A	F	326	140	205	4.5	388	168	245	5.0	122	86	O	132	M8	Fan-cooling
180A	F	382	140	205	5.6	443	168	245	6.1	122	86	94	132	M8	Fan-cooling
230A	G	310	155	265	10.4	445	260	420	12.0	230	O	O	143	M10	Fan-cooling
300,380A	G	390	155	265	14.3	525	260	420	16.3	230	80	O	143	M10	Fan-cooling
450A	J	390	260	248	13.2	535	385	390	15.7	122	86	94	252	M10*2	Fan-cooling
580A	J	460	260	248	16.1	600	385	390	18.7	122	86	94	252	M10*2	Fan-cooling
720A	J	560	260	248	20.0	700	385	390	23.0	122	86	239	252	M10*2	Fan-cooling

<i>Three-wire three-phase angle, Three-wire three-phase zero crossing control (W5TP · W5ZZ)</i>															
Normal rated current	Figure	Outline dimensions (mm)			Net weights (Kg)	Packed dimensions (mm)			Packed weights (Kg)	Fixed-hole dimensions (mm)				Main power source screw	Way of cooling
		Length	Width	Height		Length	Width	Height		L1	L2	L3	W		
30A	D	200	140	145	2.5	262	168	182	2.9	122	O	O	132	M6	Air-cooling
45A	E	200	140	205	3.0	262	168	245	3.4	122	O	O	132	M6	Air-cooling
60,80,100A	F	202	140	205	3.1	262	168	245	3.5	122	O	O	132	M6	Fan-cooling
125A	F	288	140	205	4.4	350	168	245	5.0	122	86	O	132	M8	Fan-cooling
150A	F	326	140	205	4.8	388	168	245	5.4	122	86	O	132	M8	Fan-cooling
180A	F	382	140	205	5.8	443	168	245	6.3	122	86	94	132	M8	Fan-cooling
230A	H	322	215	265	15.3	450	313	420	17.3	230	O	O	203	M10	Fan-cooling
300,380A	H	402	215	265	21.1	540	313	420	23.4	230	80	O	203	M10	Fan-cooling
450A	K	390	380	248	19.7	525	505	390	22.6	122	86	94	372	M10*2	Fan-cooling
580A	K	460	380	248	24.4	600	505	390	27.4	122	86	94	372	M10*2	Fan-cooling
720A	K	560	380	248	29.6	700	505	390	33.3	122	86	239	372	M10*2	Fan-cooling

Outline appearance and fixed dimensions

The experience of the Qualistar *ensuring high performance*

POWER AND ENERGY QUALITY ANALYSERS



Measure all the necessary voltage, current and power parameters for full diagnosis of an electrical installation.

Capture and record all the parameters, transients, alarms and wave forms simultaneously.

Proven simplicity of use.

QUALISTAR+

- + 4 voltage inputs & 4 current inputs
- + Inrush mode
- + Unprecedented memory capacity
- + Voltage and current ratios ^(NEW)

Power and energy quality analysers

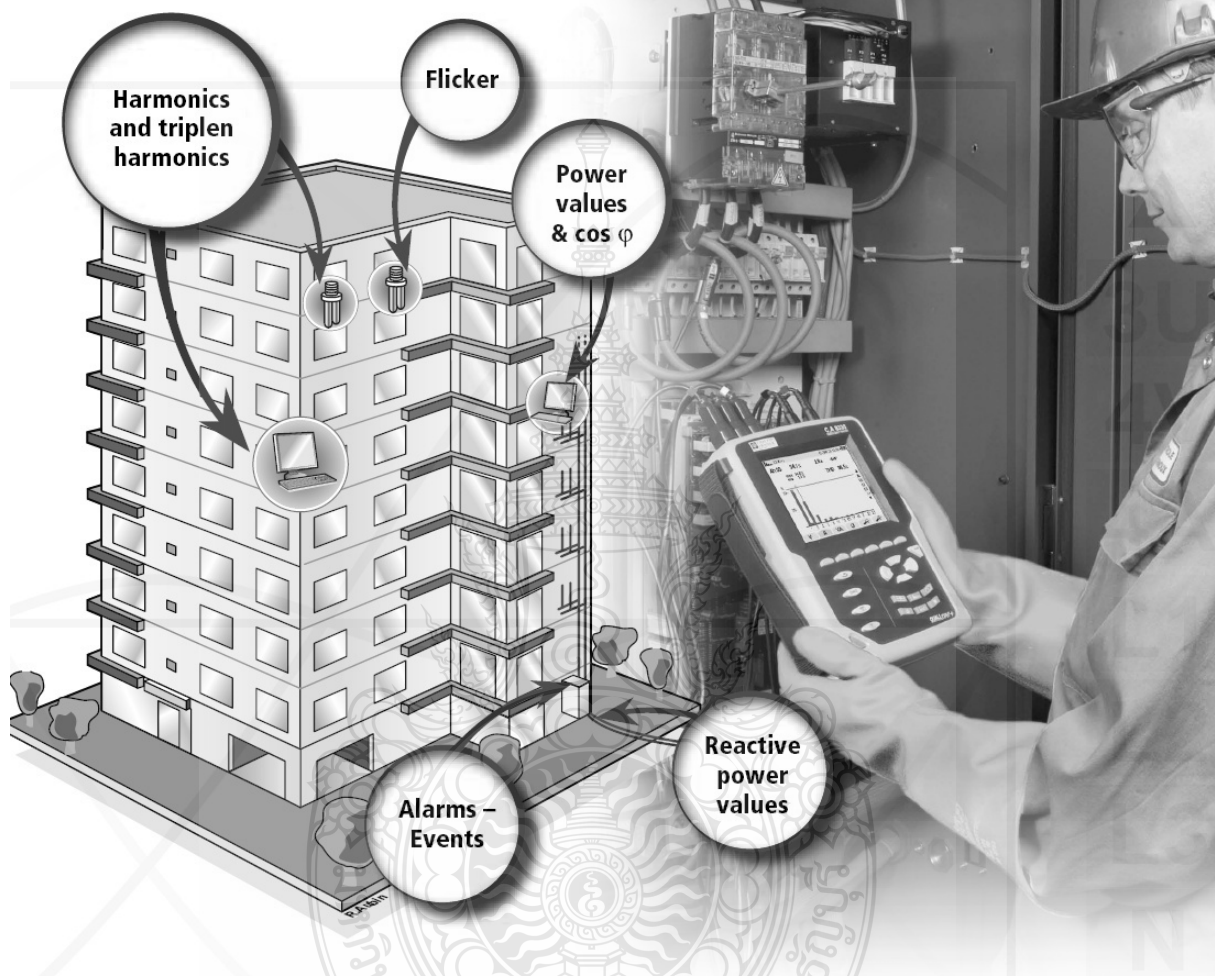
Designed for inspection and maintenance teams in industrial or administrative buildings, the Qualistar can provide a snapshot of the main electrical network quality characteristics.

Easy to handle and precise, these instruments also offer a large number of calculated values and several processing functions.



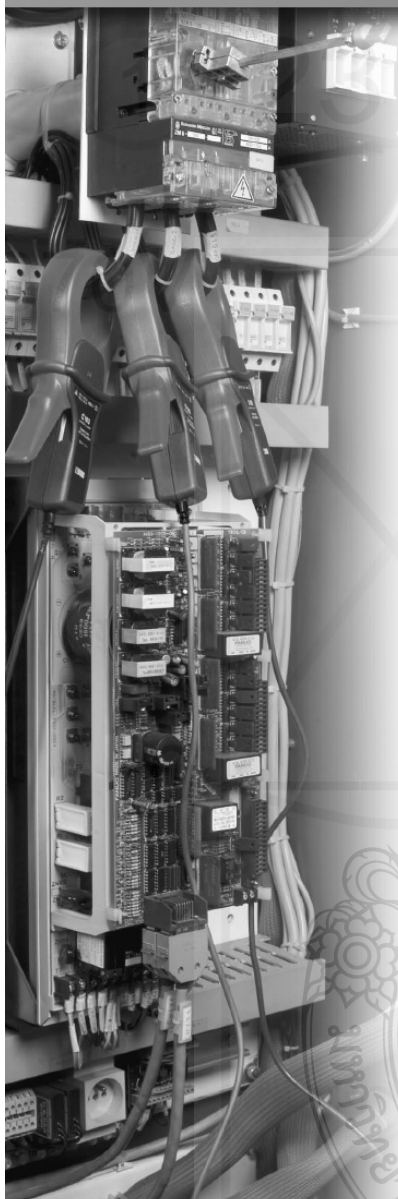
C.A 8335

FUNCTIONS



- ✓ Real-time display of wave forms (4 voltages and 4 currents)
- ✓ Half-period RMS measurements of voltages and currents
- ✓ Intuitive use
- ✓ Automatic recognition of the different types of current sensors
- ✓ Integration of all the DC components
- ✓ Measurement, calculation and display of harmonics up to the 50th order, with their phase information
- ✓ Calculation of Total Harmonic Distortion (THD)
- ✓ Capture of transients as short as one sample (1/256th of a period)
- ✓ Display of phasor diagram
- ✓ Measurement of the total VA, W and var power values, as well as the values per phase
- ✓ Measurement of total VAh, Wh and varh values, as well as the values per phase
- ✓ Calculation of the K-Factor
- ✓ Calculation of the $\cos \varphi$ displacement power factor (DPF) and the power factor (PF)
- ✓ Capture of up to 210 transients
- ✓ Flicker calculation
- ✓ Unbalance calculation (current and voltage)
- ✓ Monitoring of the electrical network with setting of alarms
- ✓ Back-up and recording of screenshots (image and data)
- ✓ Recording and export on PC
- ✓ Software for data recovery and real-time communication with a PC.

Power and energy quality analysers

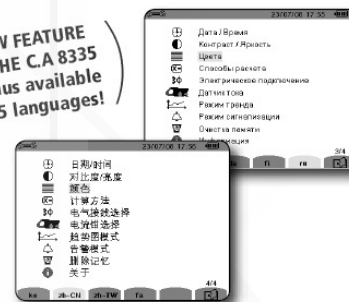


SETUP

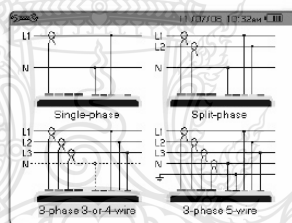
Users enter the instrument's general parameters (date and time, display contrast, etc.) directly. They then select the type of network to which the Qualistar is connected. The sensors connected are recognized automatically. Verification is possible on the corresponding screen.



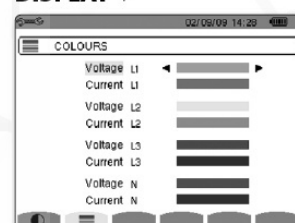
NEW FEATURE OF THE C.A 8335 menus available in 25 languages!



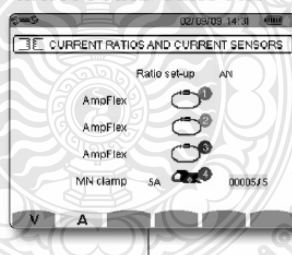
CONNECTIONS



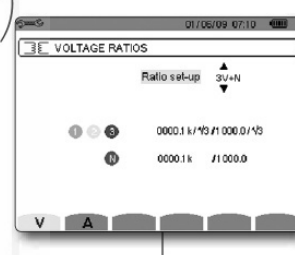
DISPLAY



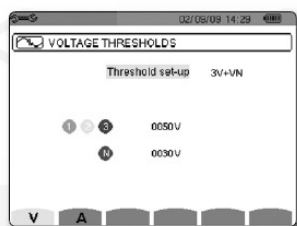
RATIOS AND SENSORS



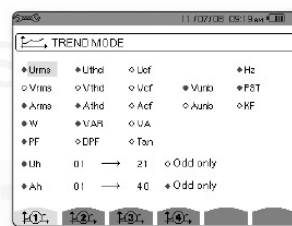
NEW FEATURE OF THE C.A 8335



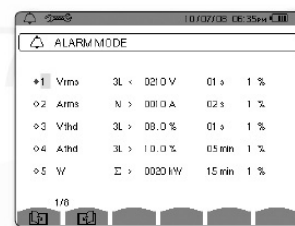
TRANSIENTS



RECORDINGS



ALARMS



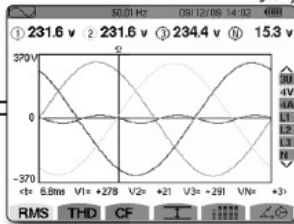
C.A 8335

INSTANTLY VIEW THE CHARACTERISTICS OF A NETWORK

OBSERVATION

GRAPH

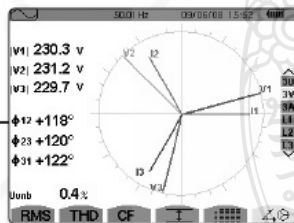
NEW FEATURE OF THE C.A 8335
View all 4 inputs simultaneously!



TABLE

	1	2	3	Unit
MAX	402.1	404.7	404.4	V _r
RMS	400.2	402.8	402.7	V _r
MIN	397.9	401.0	400.7	V _r
PEAK+	+566.3	+569.3	+569.6	V
PEAK-	-566.0	-569.6	-569.4	V

VECTORIAL

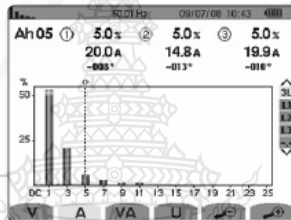


DIAGNOSIS

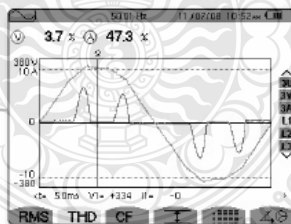
Harmonics mode

Global THD and phase by phase in U, I, V, VA in %, and RMS value, phase shift of harmonics. Only the C.A 8334 & C.A 8335 models have the function for harmonics in VA and the "expert mode". This mode can be used to analyse the influence of the harmonics on heating of the neutral or on rotating machines.

GLOBAL THD



THD PHASE BY PHASE

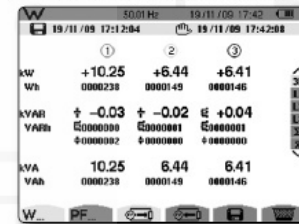


Power/Energy mode

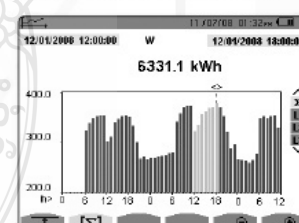
This mode displays all the values concerning power and energy. The "start" and "stop" keys can be used to activate and deactivate totalizing of the energies.

Measurements of: W, var, VA
Wh, varh, VAh
PF, DPF or cos φ
AND tan φ

POWER MEASUREMENT



INTEGRATION OF POWER / ENERGY OVER A PERIOD OF TIME



Practical advantages

Accessible on the front panel of the Qualistar®, screenshots can be produced simply by pressing a key. The Help function is available at every stage when you use the Qualistar®.

Help

If you have any hesitations, the **Help** key clearly explains the functions applicable to the screen display.



Screenshot

When this key is pressed, the instrument takes a screenshot. The screen displayed is then saved automatically with time/date-stamping.



Deletion

To avoid overloading the memory, the user can select the type of file to delete and only keep what is useful.



Power and energy quality analysers



MONITORING

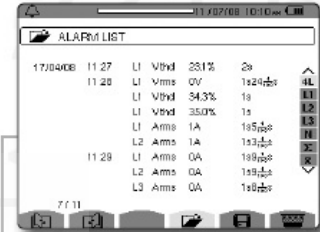
All the monitoring operations are applied to all the characteristics simultaneously!

Alarms mode

The alarms are defined when setting up the instrument. Users directly define all the thresholds to be monitored when measuring. Every time there is an alarm threshold overrun, the instrument time/date-stamps the event and records its duration, as well as its Min and Max values.

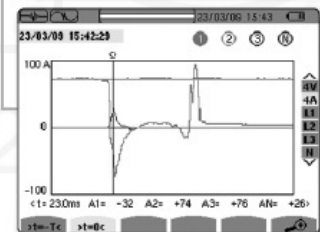
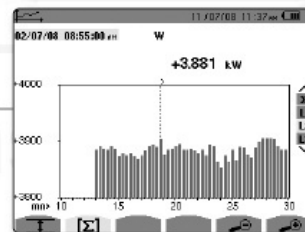
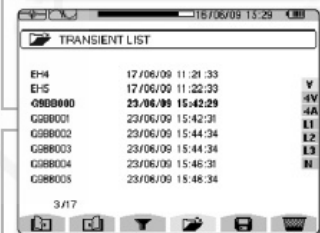
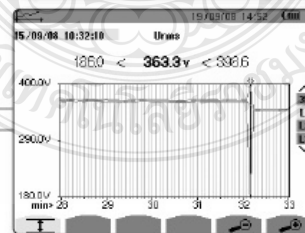
Recording mode (Min / Max only on C.A 8335)

When a recording is made, all the parameters required are saved with graphic display of all the parameters selected. In addition, a bargraph at the top of the window indicates the total recording time. The recording period and storage rate are both programmable.



Transient mode

Transient mode can be used to capture events on the voltage and current, triggered according to thresholds. They are displayed over 4 periods of the event captured at a rate of 256 points/period, with the possibility of zooming in or out.



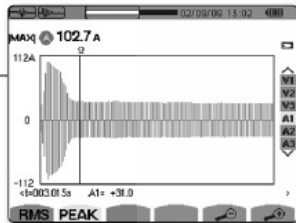
C.A 8335

INRUSH

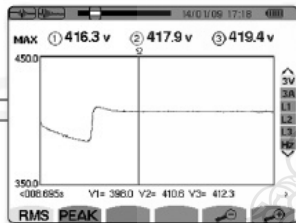
(NEW FEATURE)
C.A 8335

The Inrush current is the maximum input current drawn by an electrical device when it is powered up. This measurement helps to size the electrical installation correctly.

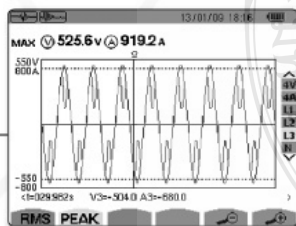
Envelope mode



RMS values



Wave form



SOFTWARE

Measurements made with the *Qualistar* can be processed with 2 software products; *Power Analyzer Transfer* for basic processing, and *DataView* for more comprehensive processing.

Power Analyzer Transfer

- Configuration of the instrument: setup, recording, alarms
- Processing of recorded data and alarms
- Transfer of screenshots and transients
- Export of the data into Excel spreadsheet
- Export of the data in graphic form in Windows™



DataView

The easy-to-use *DataView* software automatically recognizes the instrument connected to the PC and opens the corresponding menu.

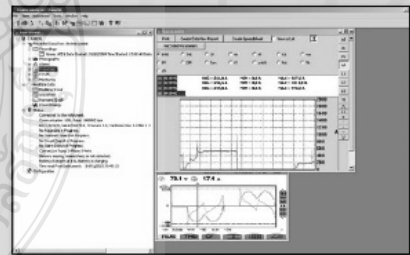
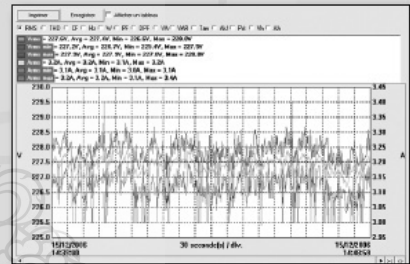
Users have direct access to:

- ✓ the data recorded in the instrument
- ✓ its configuration
- ✓ the various real-time measurements
- ✓ printing of reports
- ✓ database management

These instruments are connected to the PC via a USB link or RS232 interface. *DataView* is compatible with other Chauvin Arnoux® products.

Minimum Operating System requirements:

- ✓ Windows® 2000
- ✓ Windows® XP
- ✓ Windows® Vista
- ✓ Windows® 7



ACCESSORIES

In its standard configuration, the *Qualistar* is supplied in a carrying bag with its measurement leads and crocodile clips, its mains power supply, a PC connection cable and processing software.

Users can then choose the current clamps as required.

New with the C.A 8335! Colour-coded rings can be fitted at each end of the measurement leads, making it easier to identify your connections.



Technical specifications

C.A 8332B - C.A 8334B - C.A 8335

	C.A 8332B	C.A 8334B	Qualistar+ C.A 8335
MEASUREMENTS			
Number of channels	3U / 4I		4U / 4I
Voltage (TRMS AC+DC)	6 V to 960 V		10 V to 1,000 V
Phase-Phase	6 V to 480 V		10 V to 1,000 V
Phase-Neutral	-		up to 500 kV
Current (TRMS AC+DC)	100 mA to 6,500 A		
MN clamps	MN93: 2 to 240 Aac ; MN93A: 0.005 Aac to 5 Aac / 0.1 Aac to 120 Aac		
C193 clamp	3 A to 1,200 Aac		
AmpFLEX or MA clamps	30 A to 6,500 Aac		
PAC93 clamp	10 A to 1,000 Aac / 10 A to 1,400 Aac		
E3N clamp	50 mA to 10 AacDC 100 mA to 100 AacDC 10 mA to 50 kA		
Current ratio	-		
Frequency	40 Hz to 69 Hz		
Power values	W, VA, var, PF, DPF, cos φ, tan φ		
Energy values	Wh, varh, VAh		
Harmonics	yes		
THD	yes, orders 0 to 50, phase		
Expert mode	-		
Transients	50		210
Flicker	yes		
Inrush mode	yes, on 4 periods		yes, > 1 minute
Unbalance	yes		
Recording	no		yes
Min/Max recording	of all parameters at max. sampling rate		
of a selection of parameters with acquisition every 10 min	21 minutes > 17 days	42 minutes > 37 days	1 month several years
Alarms	4,000 of 10 different types		10,000 of 40 different types
Recognition of current sensors	8		9
Peak	yes		
Vectorial representation	automatic		
Display	Colour ¼ VGA LCD screen, 320 x 240, diagonal 148 mm		
Capture of screens and curves	8	12	50
Electrical safety	IEC 61010 1,000 V CAT III / 600 V CAT IV		
Languages	6		25+
Communication interface	Optical RS232 / USB		USB type B
Power supply	9.6 V NIMH rechargeable battery or external mains charger		
Dimensions	240 x 180 x 55 mm		
Weight	2.1 kg		1.9 kg

STATE AT DELIVERY

C.A 8332B and C.A 8334B: delivered with 1 carrying bag No. 22, an optical RS232 lead, a mains power cable, 4 x 3 m voltage leads with 4 mm banana connectors, 4 crocodile clips, 1 safety plug, 1 operating manual, PC software for data recovery. Plus the set of current sensors chosen.

C.A 8335: delivered with 1 carrying bag No. 22, 1 USB lead, 1 power supply charger, 1 mains power cable, 5 x 3 m voltage leads with Ø 4 mm banana connectors, 5 crocodile clips, 1 x 12-colour identification set for leads and inputs, 1 protective film for screen, 1 safety plug, 1 multilingual operating manual, PC software for data recovery.

REFERENCES FOR ORDERING

C.A 8335 alone.....	P01160577
C.A 8332B-F MN93A clamp.....	P01160522
C.A 8334B-F MN93A clamp.....	P01160552
C.A 8332B-F AmpFLEX™ 450 mm.....	P01160523
C.A 8334B-F AmpFLEX™ 450 mm.....	P01160553
C.A 8332B-INT MN93A clamp.....	P01160525
C.A 8334B-INT MN93A clamp.....	P01160555
C.A 8332B-INT AmpFLEX™ 450 mm.....	P01160526
C.A 8334B-INT AmpFLEX™ 450 mm.....	P01160556

Other models: please contact us.

ACCESSORIES

MN93 clamp	P01120425B	Battery pack	P01296024
MN93A clamp	P01120434B	Qualistar screen film	P01102059
C193 clamp	P01120323B	Set of id. rings/inserts*.....	P01102060
PAC93 clamp	P01120079B	Carrying bag no. 21.....	P01298055
AMP450 clamp.....	P01120526B	Carrying bag no. 22.....	P01298056
AMP800 clamp.....	P01120531B	RS232 optical lead**.....	P01295190A
Mini-AmpFLEX™ MA193, 200 mm ..	P01120580	USB-A USB-B lead*.....	P01295291
E3N clamp*.....	P01120043A	5 A box.....	P01101959
E3N adapter*.....	P01120081	C.A8335 mains power pack* ..	P01102057
E3N mains power pack*.....	P01120047	Software DataView.....	P01102095

* C.A8335 only, ** C.A 8334B/C.A 8332B

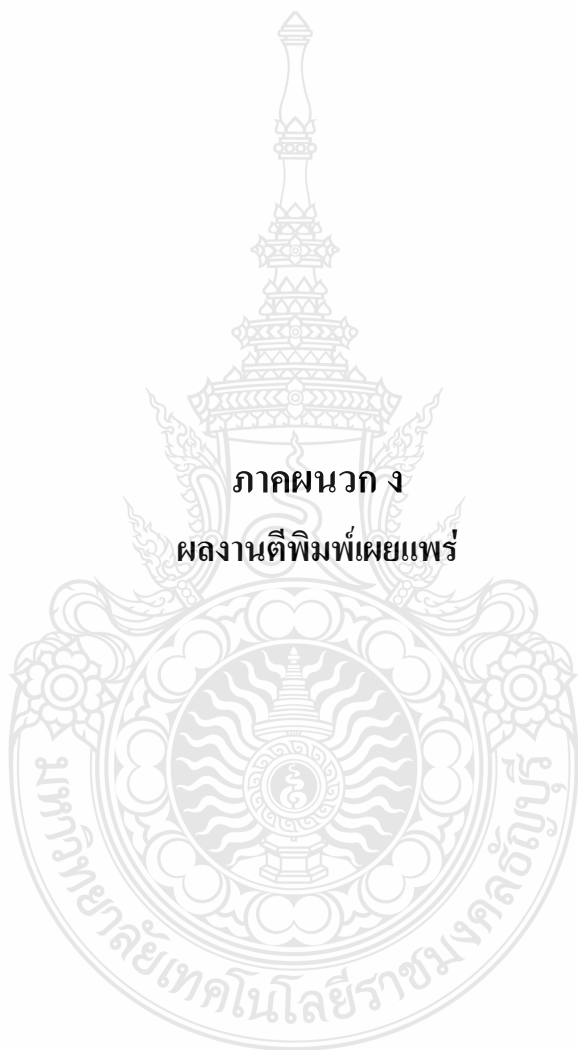


FRANCE
Chauvin Arnoux
190, rue Championnet
75876 PARIS Cedex 18
Tel: +33 1 44 85 44 38
Fax: +33 1 46 27 95 59
export@chauvin-arnoux.fr
www.chauvin-arnoux.fr

UNITED KINGDOM
Chauvin Arnoux Ltd
Unit 1 Nelson Ct, Flagship Sq, Shaw Cross Business Pk
Dewsbury, West Yorkshire - WF12 7TH
Tel: +44 1924 460 494
Fax: +44 1924 455 328
info@chauvin-arnoux.co.uk
www.chauvin-arnoux.com

MIDDLE EAST
Chauvin Arnoux Middle East
P.O. BOX 60-154
1241 2020 JAL EL DIB - LEBANON
Tel: +961 1 890 425
Fax: +961 1 890 424
camie@chauvin-arnoux.com
www.chauvin-arnoux.com

For assistance and ordering



ภาคผนวก ง
ผลงานตีพิมพ์เผยแพร่



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

บทความวิจัย

- ไฟฟ้ากำลัง
- อิเล็กทรอนิกส์กำลัง
- ไฟฟ้าสื่อสารและโทรคมนาคม
- ระบบควบคุมและการวัดคุม
- คอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ
- พลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน
- นวัตกรรมและสิ่งประดิษฐ์
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวิศวกรรมไฟฟ้า

บทความวิชาการ

27-29 มีนาคม 2556 โรงแรมหัวหินแกรนด์ แอนด์ พลาซ่า จังหวัดประจวบคีรีขันธ์
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

EENET2013



การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceedings of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)



รายชื่อผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ
การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

ผู้ทรงคุณวุฒิ	หน่วยงาน
ศาสตราจารย์ ดร. วัลลภ	สุระก้าพลธร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร. นรินทร์	วัฒนกุล มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. พิชัย	อารีย์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
รองศาสตราจารย์ ดร. อนุวัฒน์	จางวนิชเลิศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร. พุศศักดิ์	ชีวิตวิทย์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร. วิจิตร	กิมเรศ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร. วิสุทธิ์	จิตรุ่งเรือง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รองศาสตราจารย์ ดร. สมพร	สิริสำราญนุกูล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร. สุขสันต์	หวังสถิตย์วงศ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร. วิบูลย์	ชื่นแจก มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร. บัลลังก์	เนียมมณี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
รองศาสตราจารย์ ดร. ธนัชชัย	กุลรวานิชพงษ์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
รองศาสตราจารย์ ดร. เวทิน	ปิยรัตน์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. แนนบุญ	หุนเจริญ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ธวัชชัย	เดชสถอนันต์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรพงษ์	สุวรรณกวิน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สุรินทร์	คำฝอย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ยุทธนา	จำสุวรรณ์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภัวาลย์	นาคทรัพย์ มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร. ชาลณรงค์	บาลมงคล จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร. นาดยา	คล้ายเรือง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตศรีราชา
อาจารย์ ดร. ยงยุทธ	นาราชภูรี มหาวิทยาลัยสยาม
อาจารย์ ดร. นิमित	บุญภิรมย์ มหาวิทยาลัยศรีปทุม
อาจารย์ ดร. สมมาตร	แสวงเงิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



สาขาบทความพลังงานและการอนุรักษ์พลังงาน

รหัสบทความ	ชื่อเรื่อง	หน้า
ES17	การออกแบบระบบติดตามดวงอาทิตย์ชนิดสองแกนด้วยวิธีระบุตำแหน่งดวงอาทิตย์ อนุชา โพธิ์ทอง สามารถ อุดมชัยถาวร และอนนท์ นำอิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	385
ES18	การปรับแก้ค่าลักษณะกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ตามมาตรฐาน ไออีซี 60891 นฤภัทร ตินชุกพงษ์ เจริญพล ยืนาง และอนนท์ นำอิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	389
ES19	การวัดลักษณะกระแส-แรงดันของเซลล์แสงอาทิตย์ด้วยโปรแกรมแลบวิว เอกพงษ์ สมรภัย กิตติพงษ์ กาศวิบูลย์ และอนนท์ นำอิน มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	393
ES20	ระบบควบคุมการใช้พลังงาน ไฟฟ้าที่ใช้กับเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วน เสรี ชื่นอารมณณ์ มหาวิทยาลัยเอเชียอาคเนย์	397
ES21	ปริมาณน้ำทิ้งเครื่องปรับอากาศสำหรับออกแบบระบบระบายความร้อนคอนเดนเซอร์ เกษม ศรีภาค ¹ ปณิธิ แสนจิตร ¹ ประเสริฐ แซ่อย่าง ¹ พิพัฒน์ แซ่มชื่น ¹ ทิชากร ไชยะ ¹ และสุรศักดิ์ ชะกิน ² ¹ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ² วิทยาลัยสารพัดช่างดาก	401
ES22	การประหยัดพลังงานเครื่องปรับอากาศด้วยตัวควบคุมแบบพีซี วิไลพร เงินบาท สักดิ์ระวี ระวีกุล เทิดศักดิ์ งามชัยภูมิ ธนวิทย์ ไชยเวช และวิภา ปัดดาวโร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน	405
ES23	การเปรียบเทียบการทำงานของเทอร์ชดคอยล์เย็นในเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนขณะ ทำงานปกติ และใช้พลังงานแบบผสมผสาน จิรพันธ์ ทาแกง และ อำนาจ ศักดิ์วัง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา	409
ES24	การลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชูปอลูมิเนียม สุรพล สาริบุตร และสมชัย ทิรัญญ โรคม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี	413
ES25	การประยุกต์ใช้เทคนิคการจำลองสถานการณ์แบบมอนติคาร์โล เพื่อหาปริมาณการสั่งซื้อ ที่เหมาะสมกรณีศึกษา การจัดซื้อวัตถุดิบในโรงงานผลิตอาหารแปรรูป วัลลภ ภูผา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร	417

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceedings of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)

การลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชุบอลูมิเนียม Reducing Electric Current on Transformer for Aluminum Anodize

สุรพล สาริบุตร และ สมชัย หิริยวโรคม

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

39 หมู่ 1 ถนนรังสิต-นครนายก ต.คลองหก อ.ธัญบุรี ปทุมธานี 12110 โทรศัพท์: 0-2549-4990 E-mail: surapol2512@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอการลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชุบอลูมิเนียม ทางด้านปฐมภูมิ จากกระแสใช้งานเมื่อพื้นที่ผิวชุบเต็มพิกัดของหม้อแปลงที่ 76 ตารางเมตร 380-400 แอมแปร์ ให้ลดลงเหลือ 320-350 แอมแปร์ โดยวิธีการติดตั้งคาปาซิเตอร์ เพื่อปรับค่าเพาเวอร์แฟกเตอร์ให้มีค่ามากกว่า 0.8 โดยใช้เวลาควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์หลังจากหม้อแปลงทำงานไปแล้ว 30 ถึง 40 วินาทีและหยุดทำงานก่อนที่หม้อแปลงจะหยุดทำงานผลการติดตั้งสามารถลดกระแสของหม้อแปลงลงได้ร้อยละ 13 จากเดิมกระแสขณะทำงาน 394 แอมแปร์ ลดลงเหลือเท่ากับ 341 แอมแปร์ที่พื้นที่ผิวชุบของอลูมิเนียม คำสำคัญ: หม้อแปลงชุบ, พื้นที่ผิวชุบ, ความหนาฟิล์ม

Abstract

This paper presents the method to reduce electric current on primary side of a transformer for aluminum anodize. Basically, the current used on transformer for aluminum anodize at 76 m² of aluminum surface is between 380-400 amperes. The purpose of this paper is to reduce the current remaining between 320-350 amperes by installation the fixed capacitor at the load to improve the power factor after the transformer for aluminum anodize is operated until 30-40 second and switch off it before the load is stopped. The results show that the current is reduced to 13 percent from 394 amperes reducing to 341 amperes.

Keyword: Anodize Transformer, Aluminum Area Anodize, Thickness film

1. บทนำ

การลดกระแสไฟฟ้าของหม้อแปลงชุบ โดยวิธีการติดตั้งคาปาซิเตอร์นี้จะทำให้กระแสไฟฟ้าโดยรวมที่หม้อแปลงแรงสูงและเซอร์กิตเบรกเกอร์ประสิทธิภาพของหม้อแปลงแรงสูงดีขึ้น ไม่เกิดเสียงครางเมื่อหม้อแปลงทำงานร้อยละ 80 ของพิกัด หม้อแปลงชุบขณะทำงานจะสร้างฮาร์มอนิกส์สูงเพราะเป็นโหลดประเภท อีเลคทรอนิกส์กำลัง ค่าที่ได้จากการวัดโดยใช้เครื่องวัดฮาร์มอนิกส์พบกระแสฮาร์มอนิกส์

(THD_v) มากกว่าร้อยละ 23 แรงดันฮาร์มอนิกส์ (THD_v) มากกว่าร้อยละ 10 ซึ่งมีค่าสูงกว่า โหลดปกติทั่วไป THD_v ไม่เกินร้อยละ 13 THD_v ไม่เกินร้อยละ 5 ดังนั้นการติดตั้งคาปาซิเตอร์จะช่วยให้กระแสไฟฟ้าขณะทำงานของหม้อแปลงลดลงส่งผลให้กระแสฮาร์มอนิกส์และแรงดันฮาร์มอนิกส์ลดลงตามสัดส่วนไปด้วย ในกระบวนการชุบอลูมิเนียม หม้อแปลงชุบขาวเป็นหัวใจของการผลิตชุบอลูมิเนียม หม้อแปลงชุบขาวเป็นหม้อแปลงที่ทำให้เกิดฟิล์มเคลือบอลูมิเนียมช่วยป้องกันรอยขีดข่วน ก่อนที่จะไปทำกรชุบสีหรือสีค่าตามกระบวนการที่ต้องการต่อไป ความหนาของฟิล์มที่เกิดจากการชุบจะอยู่ที่ประมาณ 10-15 ไมครอน ตามมาตรฐานของบริษัทนั้นๆ ว่าต้องการทำให้อายุหรือความทนทานที่ลูกค้าระบุ ความหนาฟิล์มที่หมายถึงคือระยะเวลาในการชุบหรือเวลาทำงานของหม้อแปลงไปด้วยส่งผลให้ต้องเสียดำไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้นในนี้จะต้องอิงความหนาฟิล์มตามมาตรฐานของโรงงาน [2] ที่ 12-14 ไมครอน ความหนาแน่นของกระแสไฟฟ้าต่อตารางเดซิเมตรที่ใช้เท่ากับ 1.3 แอมแปร์ต่อตารางเดซิเมตร [2]

2. ขั้นตอนการลดกระแสไฟฟ้าที่หม้อแปลงชุบ

2.1 หลักการทำงานของหม้อแปลงชุบขาว

หม้อแปลงชุบหรือ เพาเวอร์เรกติฟายเออร์เป็นหม้อแปลงแปลงแรงดันไฟฟ้าสูงให้เป็นแรงดันต่ำที่ 20 โวลต์แล้วผ่านชุดแปลงแรงดันไฟฟ้ากระแสสลับเป็นแรงดันไฟฟ้ากระแสตรง โดยกระแสไฟฟ้าที่ใช้ในการชุบในโวลต์ เป็นกระแสไฟฟ้าตรงพิกัดกระแส 10,000 แอมแปร์ ควบคุมอุณหภูมิขณะทำงานของบ่อชุบไม่เกิน 24 องศาเซลเซียสความเข้มข้นของกรดซัลฟริกในบ่อชุบที่ 170-185 ppm สมการที่ใช้ในการคำนวณหาเวลาชุบสามารถหาได้จากสมการที่ 1 และ 2 ดังนี้ [2]

$$t = \frac{k \times A \times \text{micron}}{I} \quad (1)$$

$$t = \frac{\text{micron}}{k \times \text{current density}} \quad (2)$$

โดยที่

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceedings of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)

ε เท่ากับ เวลาที่ใช้ในการชุบหน่วยเป็นนาฬิกา
 k เท่ากับค่าคงที่ที่กำหนดที่ 320 ใน (1), 0.3 ใน (2)
 A เท่ากับ พื้นที่ของผิวชุบหน่วยเป็นตารางเมตร
 Micron เท่ากับ ความหนาฟิล์มที่ต้องการ
 I เท่ากับ กระแสไฟฟ้าตรงที่ใช้ในการชุบ
 Current density เท่ากับ 1.3 A/dm²

การคำนวณหาเวลาในการชุบเพื่อใช้ในการประมาณการผลิต
 ที่ได้ต่อวัน โดยทั่วไป Utilization ของบ่อชุบจะอยู่ที่ประมาณร้อยละ 75
 ถึง 85 ตามวิธีการบริหารจัดการของโรงงาน

ดังนั้นการทำงานของหม้อแปลงชุบใน 1 ชั่วโมงจะใช้พลังงาน
 ไฟฟ้าสูง ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้าจากตาราง อุตสาหกรรม
 ประเภทงานชุบโลหะด้วยไฟฟ้าอยู่ระหว่าง 0.6-0.7 ดังตารางที่ 1

ประเภทโรงงานอุตสาหกรรม	PF (%)
เหล็ก	35 - 60
สี	55 - 65
พลาสติก	55 - 70
ชิ้นรูปโลหะ	60 - 70
เครื่องจักรกล	60 - 75
ชุบหรือเคลือบโลหะด้วยไฟฟ้า	65 - 70
เคมี	65 - 75
กระดาษ	65 - 75
เย็บกระดาษ	65 - 75
เย็บกระดาษ	65 - 75
อิเล็กทรอนิกส์	70 - 80

ตารางที่ 1 ค่าตัวประกอบกำลังตามประเภทของโรงงาน

จากค่าตัวประกอบกำลังดังกล่าวนี้จึงเป็นสาเหตุ
 กระแสไฟฟ้าขณะใช้งานสูง ค่ากระแสที่บันทึกก่อนติดตั้งคาปาซิเตอร์
 ชั้นงานที่ทำการทดลองเป็น กล่องรีขีบ ความหนา 1 มิลลิเมตร พื้นที่ผิว
 ชุบ 0.53 ตารางต่อเมตร ความยาวของกล่องรีขีบ 6.4 เมตร มีจำนวน 22
 ชั้นต่อ 1 โหลดังรูปที่ 1 และตารางที่ 2 กระแสไฟฟ้าที่ใช้งานก่อน
 ติดตั้งคาปาซิเตอร์



รูปที่ 1 ชั้นงานกล่องรีขีบชุบอลูมิเนียมต่อ 1 โหล

ว.ร.ป	โรงงานที่ชุบ	พื้นที่ผิวชุบ ตารางเมตร	กระแสทางด้านปฐมภูมิ แอมป์ (เฉลี่ย 3 นาที)	แรงดัน DC	กระแสขณะชุบ DC
18.3.2011	กล่องรีขีบ	75	395	20	10,000
18.3.2011	กล่องรีขีบ	75	390	19.5	9,980
18.3.2011	กล่องรีขีบ	75	390	19.5	9,980
18.3.2011	กล่องรีขีบ	75	395	20	10,000
18.3.2011	กล่องรีขีบ	75	395	20	10,000
18.3.2011	กล่องรีขีบ	75	395	20	10,000
18.3.2011	กล่องรีขีบ	75	395	20	10,000

ตารางที่ 2 กระแสไฟฟ้าเฉลี่ยก่อนติดตั้งคาปาซิเตอร์

2.2 การจัดทำข้อมูลก่อนดำเนินการ

บันทึกกระแสของหม้อแปลงขณะทำงานทางด้านปฐมภูมิ
 หม้อแปลงชุบขาวที่ใช้งานเป็นแบบชนิดระบายความร้อนด้วยน้ำมันดัง
 รูปที่ 2



รูปที่ 2 หม้อแปลงชุบขาวที่ใช้ในการชุบอลูมิเนียม

คำนวณหาค่าคาปาซิเตอร์ที่ต้องใช้ในการติดตั้งเพื่อปรับค่า
 ให้มากกว่า 0.85 โดยค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ใช้ค่าที่ได้จากเครื่องวัด
 คุณภาพไฟฟ้าที่ใช้เป็นของ Chauvin รุ่น C.A. 8334B

เขียนวงจรควบคุมการทำงานแทนการใช้ Power factor
 control โดยชั้นคอนโทรลทำงานคาปาซิเตอร์ให้ทำงานหลังหม้อแปลงชุบ
 ทำงานไปแล้ว 30-40 วินาทีแล้วหยุดก่อนที่หม้อแปลงจะหยุด 15-20
 วินาที

2.3 การดำเนินการลดกระแสที่หม้อแปลงชุบ

ค่าที่ได้จากการวัดด้วยเครื่องวัดคุณภาพไฟฟ้ากระแสขณะใช้
 งานทางด้านปฐมภูมิที่พื้นที่ผิวชุบของอลูมิเนียมประมาณ 76 ตาราง
 เมตร

ขณะใช้งานหม้อแปลงชุบขาวมีอัตราการใช้พลังงานดังนี้
 กระแสไฟฟ้า 3 เฟสเฉลี่ย 394 แอมป์ แรงดันไฟฟ้า 3 เฟสเฉลี่ย 390
 โวลต์ เพาเวอร์แฟคเตอร์ 0.7 กำลังไฟฟ้าจริง P (real power) เท่ากับ 186
 กิโลวัตต์ กำลังไฟฟ้าปรากฏ S_i (apparent power) เท่ากับ 266 กิโลวัตต์
 แอมป์ กำลังไฟฟ้าเสมือน Q_i (reactive power) เท่ากับ 190 กิโลวัตต์ โดย
 พิกัดของหม้อแปลงควบคุมแอมพลิจูดของหม้อแปลงดังรูปที่ 3

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceedings of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)



รูปที่ 3 นามเพลทของหม้อแปลง

ไฟฟ้ากระแสตรงที่ใช้ในการชูปค่าที่อ่านได้จากหน้าตู้แรงดันไฟฟ้า DC เท่ากับ 20 โวลต์กระแสไฟฟ้า DC เท่ากับ 10,000 แอมแปร์

คำนวณหาขนาดคาปาซิเตอร์ที่ต้องใช้เพื่อ ให้กระแสทางด้านปฐมภูมิลดลงโดยกำหนดให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์มากกว่า 0.85

$$Q_2 = P \times \tan\theta_2 \quad (3)$$

$$Q_2 = 186 \times \tan 31.78^\circ$$

$$Q_2 = 115 \text{ kVAR}$$

คาปาซิเตอร์ที่ใช้ในการติดตั้งให้เพาเวอร์แฟคเตอร์มากกว่าหรือเท่ากับ 0.85 เท่ากับ 190-115 เท่ากับ 75 กิโลวัตต์ ในที่นี้จะขอใช้คาปาซิเตอร์ขนาด 50 กิโลวัตต์เพราะสามารถหาซื้อได้ง่าย

คำนวณหากระแสที่ไหลทางด้านปฐมภูมิ ในกรณีติดตั้งคาปาซิเตอร์แล้วเสร็จเทียบกับค่าที่อ่านได้จากแอมป์มิเตอร์หน้าตู้

$$S^2 = P^2 + Q^2 \quad (4)$$

$$= 186^2 + 140^2$$

$$= 232 \text{ แอมแปร์}$$

จาก S เท่ากับ 232 kVA

$$232 \times 10^3 = \sqrt{3} \times I \times V \quad (5)$$

$$I = 232,000 / (\sqrt{3} \times 394)$$

$$= 339.96 \text{ แอมแปร์}$$

ประมาณการร้อยละ 13 ของการลดกระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิ

การควบคุมการทำงานของคาปาซิเตอร์กำหนดให้คาปาซิเตอร์ต้องทำงานหลังจากที่หม้อแปลงทำงานไฟแล้ว 30-40 วินาที โดยใช้ Timer ควบคุมเวลาการทำงานของคาปาซิเตอร์ การสั่งหยุดการทำงานของคาปาซิเตอร์กำหนดให้หยุดการทำงานก่อนหม้อแปลงชูป 15-20 วินาที

อุปกรณ์ที่ต้องใช้ในการควบคุม Timer แมคเนติกคอนแทคเตอร์, เบรกเกอร์ 3 เฟสขนาด 600 AT 600 AF, ตู้ไฟฟ้าขนาด 12 x 24 x 5 นิ้ว สำหรับติดตั้งอุปกรณ์ควบคุม

3.ผลการทดลอง

จากการทดลองการติดตั้งคาปาซิเตอร์ขนาด 50 กิโลวัตต์ กระแสทางด้านปฐมภูมิลดลงเหลือ 341 แอมแปร์จากเดิมกระแสด้านปฐมภูมิ 394 แอมแปร์ และค่าตัวประกอบกำลังเพิ่มขึ้นจากเดิม 0.7 เป็น 0.8 ค่าตัวประกอบที่ตู้ MDB เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเนื่องจาก ทดลองติดตั้งที่หม้อแปลงชูปเพียง 1 ตัวเท่านั้น จากทั้งหมดหม้อแปลงชูปขามีทั้งหมด 8 ตัวและหม้อแปลงชูปสี 2 ตัว ผลจากการติดตั้งคาปาซิเตอร์ทำให้กระแสที่ลดลงดังตารางที่ 3

ว.ด.ป	ชื่องานที่ชูป	พื้นที่ที่ชูป (ตารางเมตร)	กระแสทางด้านปฐมภูมิ แอมแปร์ (เฉลี่ย 3 เฟส)	แรงดัน DC	กระแสชูป DC
22/8/2011	กตอจเวียง	75	340	20	10,000
22/8/2011	กตอจเวียง	75	345	19.5	10,000
22/8/2011	กตอจเวียง	75	340	19.5	10,000
22/8/2011	กตอจเวียง	75	345	20	10,000
22/8/2011	กตอจเวียง	75	340	20	10,000
22/8/2011	กตอจเวียง	75	340	20	10,000
22/8/2011	กตอจเวียง	75	340	20	10,000

ตารางที่ 3 เปรียบเทียบกระแสไฟฟ้าก่อนและหลังการติดตั้ง

4.สรุปผล

หลังติดตั้งคาปาซิเตอร์แล้วทำให้กระแสไฟฟ้าทางด้านปฐมภูมิลดลงเหลือ 341 แอมแปร์จากเดิมกระแส 394 แอมแปร์หรือร้อยละ 13 ค่าตัวประกอบกำลังเพิ่มขึ้นจาก 0.7 เป็น 0.8 ถึง 0.81 ซึ่งจากการทดลองติดตั้งพบว่าคาปาซิเตอร์สามารถใช้งานได้ 2-3 เดือนเท่านั้น เนื่องจากขณะหม้อแปลงชูปทำงานมีกระแสฮาร์มอนิกที่สูงคิดเป็นร้อยละ 23 และแรงดันฮาร์มอนิกหรือร้อยละ 12 ซึ่งเป็นสาเหตุให้คาปาซิเตอร์ไม่สามารถใช้งานได้นาน ในการติดตั้งควรต้องไปติดตั้งคาปาซิเตอร์ที่สามารถทนกระแสและแรงดันได้สูงกว่าปกติ

5.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทางผู้บริหารระดับสูงของ บริษัท โกลด์สตาร์เมททอล จำกัด ที่สนับสนุนโครงการ อนุรักษ์พลังงานทุกโครงการ และทีมงานฝ่ายวิศวกรรมและซ่อมบำรุง ของบริษัท โกลด์สตาร์เมททอล จำกัด ที่ทุ่มเทร่วมแรงร่วมใจช่วยกันทำเพื่อให้โครงการอนุรักษ์พลังงานประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

อ้างอิง

- [1] คู่มือผู้รับผิดชอบด้านพลัง (โรงงาน) 2553 บทที่ 2 ระบบไฟฟ้ากำลัง (Electric Power System)
- [2] คู่มือการผลิตของแผนกขุมโรงงานโกลด์สตาร์เมททอล จำกัด

บทความวิจัย

การประชุมวิชาการเครือข่ายวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5

Proceedings of The 5th Conference of Electrical Engineering Network of Rajamangala University of Technology (EENET 2013)



สุรพล สารินุคร

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สำเร็จการศึกษา
ระดับปริญญาตรี ทางด้านวิศวกรรมศาสตร์ สาขา
วิศวกรรมไฟฟ้า จากมหาวิทยาลัยปทุมธานี

งานวิจัยที่สนใจคือ Energy Conservation and
Photovoltaic

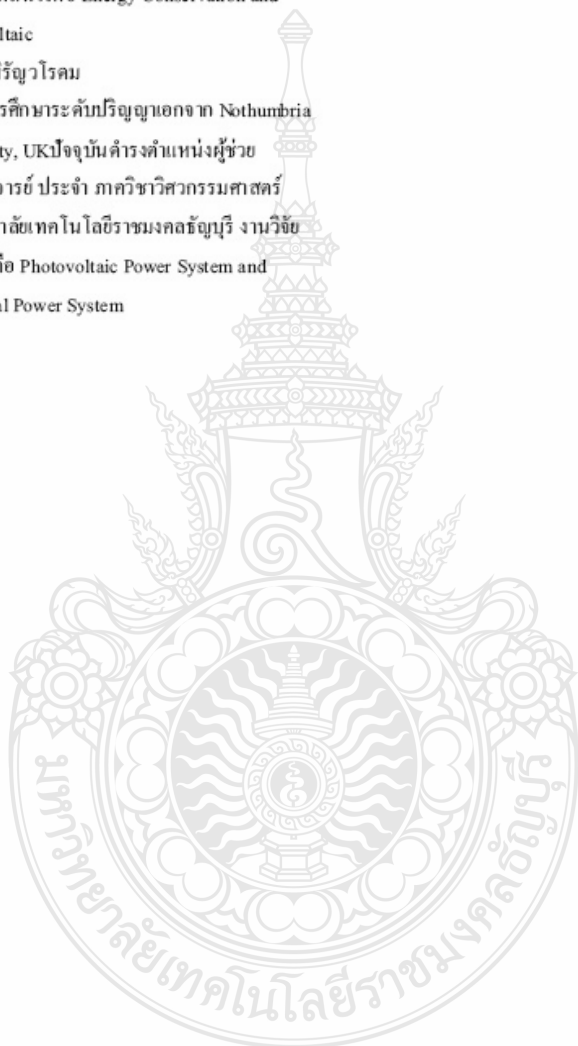


สมรัช หิริวุธโรตม

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกจาก Nothumbria
University, UK ปัจจุบันดำรงตำแหน่งผู้ช่วย

ศาสตราจารย์ ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี งานวิจัย

ที่สนใจคือ Photovoltaic Power System and
Electrical Power System



บทความวิชาการ

ฉบับรวมเล่ม

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงาน
แห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9

9th Conference on Energy Network of Thailand



พลังงานสีเขียวเพื่อโลกที่สดใส
Green Energy Brightens Our World

ณ ชลพฤกษ์ รีสอร์ท อำเภอบ้านนา จังหวัดนครนายก
8-10 พฤษภาคม 2556

จัดการประชุมโดย
คณะวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาบทความ

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศ.ดร. ทนงเกียรติ เกียรติศิริโรจน์
 ผศ.ดร. กอดขวัญ นามสงวน
 ผศ.ดร. ศิวะ อัจฉริยวิริยะ

ดร. สถาพร ทองวิค
 ดร. สโรชา เจริญวัย
 ดร. สรพงษ์ ภาสุปรีย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

ศ.ดร. สมชาติ โสภณธนะฤทธิ์
 รศ.ดร. สักกมน เทพหัสดิน ณ อยุธยา

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลรัตนโกสินทร์

ผศ. วิเศษฐ์ ลีลาผาดิกุล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

ดร. เพ็ญญารัตน์ จินดา
 ดร. อำนาจ บุญลอย
 ดร. ฉัตรชัย นิยมมล

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

ดร. ชโลธร ธรรมแท้
 ดร. กิรติ สุลักษณ์
 ดร. อธิชาติ พรพิบูลย์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

รศ.ดร. สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด
 รศ.ดร. ฐานิตย์ เมธิยานนท์
 ผศ.ดร. นุภาพ แยมไทรพัฒน์
 ผศ.ดร. พรชัย นิเวศน์รังสรรค์
 ผศ.ดร. วิชาญ คงเกียรติไพบูลย์
 ผศ.ดร. สมชาย ศรีพัฒนพิพัฒน์
 ผศ.ดร. ศุภเกียรติ ศรีพนมธนากร
 ผศ.ดร. ขวัญจิต วงษ์ขำ
 ผศ.ดร. สลิลทิพย์ สินธุสนธิชาติ
 ผศ.ดร. ประสาน สติดยเรืองศักดิ์
 ดร. วาโย ช่างเจริญ
 ดร. สมศักดิ์ เพ็ชรกุล
 ดร. วิไลลักษณ์ สระมูล
 ดร. จูฑะพล หุยนันท์
 อ. กิตติศักดิ์ ยงศิริ
 อ. ขวัญชัย หนาแน่น
 อ. ปุณยภัทร ภูมิภาค
 อ. ไมตรี กระมุทพิจิตร

มหาวิทยาลัยนเรศวร

ผศ.ดร. สมชาย มณีวรรณ
 ดร. ยงยุทธ ชนบดีเฉลิมรุ่ง
 ดร. สิริมาส เสงี่ยม
 ดร. สันต์ จันทร์สมศักดิ์
 ดร. สุพรรณนิภา วัฒนา
 ดร. ศรายุทธ ้วยวุฒิ

มหาวิทยาลัยบูรพา

ดร. มั่นหนา รังสิโยภาส
 ดร. วชิรินทร์ ดงบัง

มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ผศ.ดร. เจริญพร เลิศสถิตอนกร
 ผศ.ดร. ณัฐพล ภูมิสะอาด
 ดร. อธิพัฒน์ ชมภูคำ
 ดร. โสภา สุวแพทย์
 ดร. นิดา ชัยมูล
 ดร. มณีรัตน์ องค์กรวรรดิ

มหาวิทยาลัยมหิดล

ดร. รุ่ง กิตติพิชัย
 ดร. วรศิษฐ์ ตรีทัศน์วินท์
 รศ. ศุภชัย นาทะพันธ์

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี

ดร. กฤษณ์ชนม์ ภูมิภคิตพิชญ์
 ดร. สมชัย หิรัญโรตม
 ดร. ขวัญชัย จ้อยเจริญ
 ดร. วันชัย ทรัพย์สิงห์
 ดร. บุญยฤทธิ์ ประสาทแก้ว
 ดร. วาสุณี อริยะวิริยะ
 ดร. ฉัตรชัย ศุภพิทักษ์กุลนันท์
 ดร. บุญยงค์ ปลั่งกลาง
 ดร. อำนวย เรื่องวารีย์

มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

ดร. โยธิน อึ้งกุล
 ดร. ยิ่งรักษ์ อรรถเวชกุล

มหาวิทยาลัยราชภัฏวไลยอลงกรณ์

รศ.ดร. วีระระ เพิ่มชาติ

มหาวิทยาลัยรามคำแหง
ผศ.ดร. สมพร ธเนศวรพาณิชย์

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดร. กิตติ สถาพรประสาธน์

มหาวิทยาลัยศรีปทุม
ดร. เทพฤทธิ์ ทองชุบ
ดร. กীরติ ชยะกุลศิริ
ดร. วิชชากร เสงศรีธวัช
ดร. ชลธิศ เอี่ยมวรวิมลกุล
ดร. วริศรา เลิศไพฑูรย์พันธ์
ดร. นิमित บุญภิรมย์
อ. อภิรักษ์ สวัสดิ์กิจ
อ. เมธิญา จันทร์สา

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผศ.ดร. ชยุต นันทกุลิต

มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผศ.ดร. อำไพศักดิ์ ทิบุญญา

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
รศ.ดร. พงษ์เจต พรหมวงศ์
รศ.ดร. ชินรัชย์ เขียวพงษ์
รศ.ดร. จารุวัตร เจริญสุข
รศ.ดร. จำลอง ปราบแก้ว
ผศ.ดร. มนต์ศักดิ์ พิมสาร
ผศ.ดร. เนฐุณี เตไปวา
ดร. ดอน อิศรากร
ดร. วิทาดา เจษฎารัตนชัย
ดร. กุลนันท์ เกียรติกิตติพงษ์

คณะกรรมการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
มหาวิทยาลัยทักษิณ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต
มหาวิทยาลัยนเรศวร
มหาวิทยาลัยบูรพา
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
มหาวิทยาลัยมหิดล
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
มหาวิทยาลัยรังสิต
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
มหาวิทยาลัยศรีปทุม
มหาวิทยาลัยศิลปากร

รหัสอ้างอิงบทความ	ชื่อบทความ	หน้า
EC009	อิทธิพลของสารเปลี่ยนสถานะที่มีต่อโครงสร้างจุลภาคและการป้องกันความร้อน ของอิฐมวลเบาแบบอบไอน้ำ	348
EC010	การพัฒนาแบบจำลองโหลดด้วยระบบมัลติเอเจนต์	356
EC011	การศึกษาเชิงเปรียบเทียบผลของขนาดโคมคานวน์ไลท์ที่มีต่อค่าความสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า: กรณีศึกษาอาคารธรรมมาตา วัดปัญญานันทาราม	363
EC012	การศึกษาเชิงเปรียบเทียบผลของการใช้โคมคานวน์ไลท์ตราสินค้าต่างๆ ที่มีต่อค่าความสว่างเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า: กรณีศึกษาอาคารธรรมมาตา วัดปัญญานันทาราม	369
EC013	การออกแบบระบบการจัดการแบตเตอรี่แบบตามเวลาจริงในระบบพลังงานแสงอาทิตย์แบบผสมผสานโดยประยุกต์หลักการควบคุมบีเคาทตั้ง	375
EC014	การประมาณค่าสถานะระบบไฟฟ้ากำลังด้วยวิธีกำลังสองน้อยที่สุดแบบถ่วงน้ำหนักโดยใช้สมการสมมูลกระแสไฟฟ้า	381
EC015	รูปแบบการกระจายความดันในระบบหม้อต้มแบบหลายชั้นตอนที่เหมาะสมในกระบวนการผลิตน้ำตาลสำหรับการประหยัดพลังงาน	386
EC016	การลดกำลังไฟฟ้าสูญเสียในระบบจำหน่ายที่มีเครื่องกำเนิดไฟฟ้าจากพลังงานหมุนเวียนโดยการจัดเรียงสายป้อนอย่างเหมาะสม	394
EC017	การจัดการพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดการใช้ในโรงงานรีโพลีเมียม	400
EC018	การคำนวณช่วยตัดสินใจเลือกระบบปรับอากาศเพื่อนำมาใช้ได้กับอาคารในกรณีการและผังเมือง (ระบบปรับอากาศแบบระบบทำน้ำเย็นส่วนกลางระบายความร้อนด้วยอากาศเปรียบเทียบกับแบบแวนริเอเบิลลิฟท์ริเจอแรนซ์วอลูม)	406
EC019	แนวทางในการจัดการความสูญเสียในสายส่งของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ) ช่วงขอนแก่น-นครราชสีมา โดยการควบคุมการไหลของกำลังไฟฟ้าในระบบ 115kV และ 230kV	415
EC020	การประเมินอัตราการระบายอากาศของปล่องผนังรับรังสีอาทิตย์	423
EC021	คาร์บอนฟุตพริ้นท์เพื่อการวางแผนจัดการด้านพลังงานและสิ่งแวดล้อมของอุตสาหกรรมน้ำตาล	429
EC022	การประเมินค่าการใช้พลังงานและการใช้น้ำในอุตสาหกรรมผลิตน้ำตาล	437
EC023	การประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของการติดตั้งไบโพลัมประสิทธิภาพสูงกับหอทำความเย็น	444
EC024	การทดสอบการระบายความร้อนแบบอิสระของอุปกรณ์ระบายความร้อนน้ำมันไฮดรอลิกส์ด้วยเทอร์โมไซฟอน	451
EC025	ดัชนีการใช้พลังงานต่อผลผลิตของอุตสาหกรรมเหล็กเคลือบสังกะสีด้วยวิธีจุ่มร้อนในประเทศไทย	458
EC026	การศึกษาเชิงทดลองการผลิตไฟฟ้าของเทอร์โมอิเล็กทริกคูลิ่งโดยใช้ความร้อนเตาอย่าง	465
EC027	การศึกษาผลกระทบของอัตราการเติม R-134a ที่มีต่อประสิทธิภาพการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเทอร์โมไซฟอนชนิดวงจร	471
EC028	Evaluation of Strategies of Hybrid Electric Vehicle Trial using Fuzzy Factor Analysis and VIKOR method	477
EC029	การจ่ายโหลดของระบบไฟฟ้าอย่างประหยัดโดยวิธีการหาค่าที่เหมาะสมแบบการเคลื่อนตัวของอนุภาคด้วยการหาขอบเขตที่เป็นไปได้โดยวิธีโปรแกรมกำลังสองแบบลำดับ	486
EC030	การศึกษาประสิทธิภาพของปั๊มแรงเหวี่ยงขนาดใหญ่ก่อนและหลังโดยการเคลือบเซรามิกส์	493
EC031	แบบจำลองการอบแห้งด้วยลมร้อนร่วมกับสนามไฟฟ้าโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียม	500
EC032	การเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบทำความเย็นในโรงงานอาหารทะเลแช่เยือกแข็ง	507
EC033	การศึกษาระบบการทำความเย็นจากอิทธิพลของการระบายอากาศภายในห้องเรียน	513
EC034	การปรับปรุงสมรรถนะของเตาอุ่นชิ้นงานสำหรับกระบวนการตีขึ้นรูปร้อนทองเหลือง	519

รหัสบทความ:
EC017

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9
8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก

การจัดการพลังงานไฟฟ้าเพื่อลดการใช้ในโรงงานรีดอลูมิเนียม Electric Energy Management to Reduce in the Aluminum Extrusion Plant

สุรพล สาริบุตร และ สมชัย ทิรัญโรดม

ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี จ.ปทุมธานี 12110
โทรศัพท์: 0-2549-4990 E-mail:surapol2512@yahoo.co.th

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนอวิธีการลดพลังงานไฟฟ้าโดยการใช้เทคนิคการควบคุมความถี่และแรงดันเพื่อลดความเร็วรอบของมอเตอร์ลงแทนการลดรอบทางกลกล่าวคือ เตาอบอลูมิเนียมเส้น (Aging Furnace) ในโรงงานอลูมิเนียมใช้ พลูเลย์ในการลดความเร็วรอบของ blower อัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าจริง 35 kW จากการใช้เครื่องมือวัดคุณภาพไฟฟ้า ความเร็วรอบของมอเตอร์สูงสุด 1470 รอบต่อนาที ทางปฏิบัติ เปลี่ยนปลูเลย์ที่มีมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นและติดตั้ง อินเวอร์เตอร์เพื่อลดความถี่ที่จ่ายให้มอเตอร์ ผลการทดลองพบว่า สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เตาอบเส้นลงได้ 10,080 kWh ต่อเดือน คิดเป็นร้อยละ 40 เดิมมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้า 25,200 kWh ต่อเดือนและคุณภาพความแข็งของอลูมิเนียมเหมือนเดิม
คำสำคัญ : Aging Furnace, การรีดแบบ T5, หน่วยวัดความแข็ง Webster B

Abstract

This paper presents the method to reduce an electric energy using the control techniques of frequency and voltage and this method is also to reduce the motor speed. In fact, the speed of blower for aging furnace in the aluminum extrusion plant can be reduced by using pulleys. From the electric measurement, actual electric energy consumption and the maximum speed of motor are 35 kW and 1,470 rpm respectively. The practical procedure is to change the pulley diameter is bigger and installation of the inverter to reduce supplied frequency. The results have been shown that the electric energy consumption are reduced to 10,800 kWh/month from the actual consumption of the electric energy is 25,000 kWh/month. It means that the electric energy consumption can be reduced about 40 percent and the hardness quality of aluminum is also the same quality.

Keyword: Aging Furnace, Extrusion type T5, Hardness Webster B

1. บทนำ

ปัจจุบันความต้องการการใช้พลังงานในโรงงานรีดอลูมิเนียมสูงขึ้นตามอัตราของกำลังการผลิตที่เพิ่มขึ้นทุกปีซึ่งพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานหลักในโรงงานรีดอลูมิเนียมซึ่งต้องใช้อย่างหลีกเลี่ยงไม่ได้ ซึ่งการนำเอาอินเวอร์เตอร์เข้ามาใช้เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าลงจึงเป็นวิธีที่นิยมใช้กัน ส่วนใหญ่จะนำไปใช้ในการควบคุมบีมน้ำ โดยวิธีการที่จะนำเสนอนี้ จะนำไปใช้กับเตาอบอลูมิเนียมเส้นหน้าตัด (Aging Furnace) ที่ผ่านการรีดที่ยาวขนาด 6 เมตร 40 เซนติเมตร ซึ่งทางบริษัทผู้ผลิตเตาอบออกแบบ

ความเร็วรอบของเครื่องเป่าลม (blower) ที่ประมาณ 400-420 รอบต่อนาที (revolution per minute) เพื่อให้การหมุนเวียนของลมภายในเตาอบเข้าถึงชิ้นงานได้อย่างทั่วถึงและได้ความแข็งตามต้องการแต่เป็นการใช้พลังงานอย่างสูญเปล่า ดังนั้นจึงขอเสนอวิธีการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยลดความเร็วของมอเตอร์ลงด้วยวิธีการลดความถี่กับแรงดันและเพิ่มขนาดของปลูเลย์เพื่อให้อัตราส่วนของปลูเลย์มีค่าใกล้เคียงกันมากขึ้นวัตถุประสงค์ เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่เตาอบอลูมิเนียมลง

รหัสบทความ: EC017

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9
8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก

ร้อยละ 40 สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์เมื่อต้องการอัตราการหมุนเวียนของลมภายในเตาเพิ่มขึ้น

2. ขั้นตอนการจัดการ

2.1 หลักการทำงานของมอเตอร์เหนี่ยวนำ

ในมอเตอร์เหนี่ยวนำ 1 เฟสและ 3 เฟส เมื่อได้รับการจ่ายแรงดันไฟสลับ ที่สมมูล 3 เฟส (กรณีมอเตอร์ 3 เฟส) ที่มีความถี่ f จำนวนขั้วแม่เหล็ก P ขั้ว จะมีผลให้เกิดกระแสไหลอย่างสมดุลในขดลวดแต่ละเฟส โดยกระแสที่ไหลจะสร้างเส้นแรงแม่เหล็กขึ้นที่ช่องอากาศ ที่หมุนด้วยความเร็วคงที่ เรียกว่า Synchronous speed ดังต่อไปนี้ $N_s = 120f/p$ [1]

ซึ่งสนามแม่เหล็กหมุนหรือ Rotating magnetic field นี้ จะเหนี่ยวนำทำให้เกิดแรงเคลื่อนเหนี่ยวนำและกระแสไหลในโรเตอร์ ทำให้มีแรงบิดพาให้โรเตอร์หมุนด้วยความเร็วคงที่ค่าหนึ่ง ซึ่งต่ำกว่าความเร็ว Synchronous เล็กน้อย ซึ่งความเร็วในการหมุนของโรเตอร์ (N_r) จะหมุนช้ากว่าความเร็ว Synchronous (N_s) อยู่เท่ากับ $N_s - N_r$ และเรียกความเร็วที่แตกต่างกันนี้ว่า ความเร็วลื่นไถลหรือ slip speed ซึ่งมีถูกแสดงในรูปของ per unit slip หรือ slip ดังนี้ $s = (N_s - N_r)/N_s$ หรือ มอเตอร์จะหมุนด้วยความเร็ว $N_r = N_s (1-s)$

2.2 การจัดทำข้อมูลก่อนดำเนินการ

บันทึกการใช้พลังงานไฟฟ้าของมอเตอร์ Blower ที่เตาอบเส้นอลูมิเนียมในโรงงานโดยทำการเก็บข้อมูล 1 สัปดาห์

จุดบันทึกพักักัดของมอเตอร์เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานจริง

วัดจำนวนรอบการใช้งานจริงของตัว Blower ได้เท่ากับ 420 รอบต่อนาที โดยใช้ Tachometer

วัดขนาดฟลูว์ของทางด้านมอเตอร์และทางด้าน Blower เพื่อหาอัตราทดของฟลูว์วัดได้เท่ากับ 1:3.5 โดยมีขนาดดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 อัตราทดของฟลูว์เดิม

เปลี่ยนขนาดฟลูว์ของมอเตอร์ให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเท่ากับ 16 นิ้วจากเดิมมีขนาด 8 นิ้ว

ติดตั้งอินเวอร์เตอร์เพื่อลดความถี่และแรงดันที่จ่ายให้กับมอเตอร์ลงเพื่อให้ความเร็วรอบของมอเตอร์ลดลงร้อยละ 50 ตามสมการที่ได้กล่าวถึงความถี่ลดลง ความเร็วของมอเตอร์ลดลง

เปลี่ยนขนาดสายพานของฟลูว์ใหม่ให้มีขนาดความยาวเพิ่มขึ้นตามขนาดของฟลูว์

ทำการเก็บบันทึกข้อมูลของเตาอบเส้นอลูมิเนียมที่ใช้ทั้งหมดได้ดังนี้

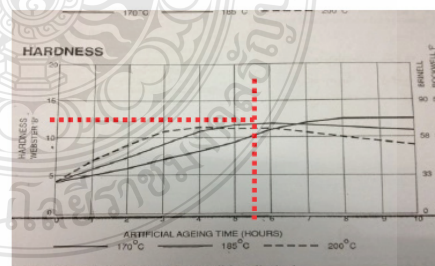
มอเตอร์ 55 กิโลวัตต์, 4 ขั้ว, 380 โวลต์, 50 เฮิรตซ์, IP 44, 1470 รอบต่อนาที

วัดความเร็วรอบของ Blower ที่ใช้งานจริงโดยวัดที่ตัวเฟลาของ Blower ค่าที่ได้จากการวัดคือ 420 รอบต่อ นาที

ขนาดของฟลูว์เดิมที่ติดกับมอเตอร์และฟลูว์ที่ใช้ขับ Blower ค่าที่ได้มีขนาดเท่ากับ 8 และ 28 นิ้ว ตามลำดับ

กระแสขนาดใช้งานจริงโดยใช้เครื่องมือวัด แคลมป์มิเตอร์เฉลี่ย 3 เฟส 53 แอมแปร์ แรงดันไฟฟ้าที่วัดได้ 390 โวลต์

ซึ่งเตาอบเส้นอลูมิเนียมมีหน้าที่ให้ความร้อนกับอลูมิเนียมเส้นที่ผ่านการรีดที่อุณหภูมิ 420-450 องศาเซลเซียส ซึ่ง Blower จะเป่าลมร้อนที่อุณหภูมิ 185 องศาเซลเซียสให้ความร้อนสามารถเข้าถึงอลูมิเนียมที่อยู่ในเตาได้อย่างทั่วถึงอุณหภูมิที่เลือกใช้ในการอบอลูมิเนียมเส้นเท่ากับ 185 องศาเซลเซียสดังแสดงในกราฟที่ 1



กราฟที่ 1 แสดงความสัมพันธ์เวลากับความแข็ง

เวลาที่ใช้ในการอบอลูมิเนียมที่ผ่านการรีดแล้ว 5.5 ชั่วโมงซึ่งจากรูปกราฟที่ 1 ยังไม่ใช่จุดที่ได้คุณภาพความแข็งดีที่สุด แต่เลือกใช้ที่ 5.5 ชั่วโมงเพราะไม่จำเป็นต้องใช้

รหัสบทความ: EC017

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9
8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก

ใช้ความแข็งขนาดนั้น อลูมิเนียมที่ใช้ในการรีดในโรงงานมีอยู่ 2 ชนิดคือเบอร์ 6061 และ 6063 [2]

ความแข็งที่ต้องการตามมาตรฐานของโรงงานกำหนดสำหรับงานตลาดความแข็งที่ 10-12 W/B (Webster B) และสำหรับงานอุตสาหกรรมความแข็งที่ 12-14 W/B ซึ่งเป็นการออกแบบ T5 บิลเลทที่ใช้ชนิด 6063 ดังตารางที่ 1 หน่วยวัดค่าความค่าแข็ง

EL (%)	Rockwell "F" Hardness	brinell Hardness	Webster "B" Hardness
13	70	71	12

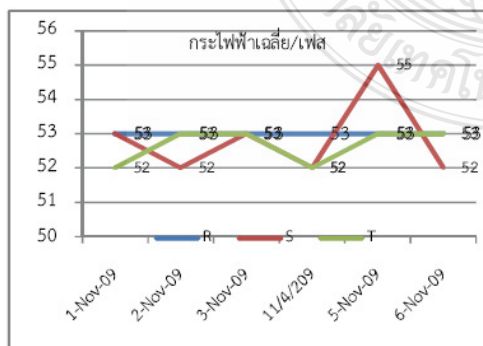
ตารางที่ 1 เปรียบเทียบหน่วยวัดความแข็งของอลูมิเนียม

น้ำหนักเฉลี่ยของอลูมิเนียมเส้นที่เข้าอบในเตาต่อครั้งเฉลี่ย 4,200 กิโลกรัม

ขนาดความกว้างภายในเตาอบ ความกว้าง 3,000 ความยาว 7,000 และความสูง 2,500 หน่วยมิลลิเมตร

วัดและบันทึกการใช้ไฟฟ้าของเตาอบเส้นอลูมิเนียมก่อนติดตั้ง อินเวอร์เตอร์ 1 สัปดาห์วันทำงาน 6 วัน เปิดเตา 24 ชั่วโมงดังแสดงในกราฟที่ 2

อัตราส่วนของฟลูเอย์ที่ติดที่เพลลาของมอเตอร์ขนาด 8 นิ้วและที่เพลลาของ blower ขนาด 28 นิ้วจะได้ อัตราส่วนของกาทรอบเท่ากับ 1:3.5 สามารถคำนวณหาความเร็วรอบที่ใบพัด Blower ได้เท่ากับ 420 รอบต่อนาที ซึ่งเป็นรอบของ Blower ที่ใช้สำหรับเป่าลมร้อนภายในเตาอบอลูมิเนียมเส้นใช้งานจริง และไม่ส่งผลกระทบต่อกับคุณภาพความแข็งของอลูมิเนียม



กราฟที่ 2 แสดงกระแสไฟฟ้าของไฟแต่ละเฟส



รูปที่ 2 เตาอบเส้นอลูมิเนียม



รูปที่ 3 มอเตอร์ Blower ของเตาอบเส้น

2.3 การจัดการการลดการใช้พลังงาน

ลดอัตราส่วนของฟลูเอย์ลง ร้อยละ 50 คือเท่ากับจาก 3.5 ให้เหลือเท่ากับ 1.75 เพื่อให้ได้ความเร็วรอบที่เพลลาของ blower เท่ากับ 840 รอบต่อนาที แล้วค่อยปรับความเร็วรอบลง

เปลี่ยนขนาดของสายพาน V-BELT แบบร่อง B เนื่องจากขนาดของฟลูเอย์โตขึ้นทำให้สายพานเดิมไม่สามารถใช้งานได้

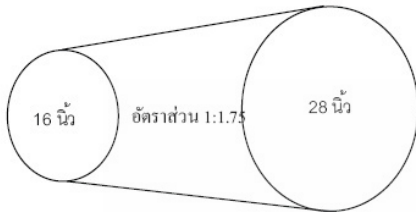
ให้ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ขนาด 55 กิโลวัตต์ 380 โวลต์ 3 เฟส เพื่อใช้ในการควบคุมความเร็วรอบของมอเตอร์โดยวิธีการลดความถี่ลงร้อยละ 40

เดินสายไฟระบบควบคุมและสายเพาเวอร์ของอินเวอร์เตอร์ใหม่โดยต่อมอเตอร์แบบเดลตาจากเดิมการสตาร์ทมอเตอร์แบบสตาร์เดลตาเปลี่ยนมาเป็นการต่อแบบเดลตาดังแสดงในรูปที่ 7

จากที่กล่าวข้างต้นจะทำการเปลี่ยนฟลูเอย์ที่ตัวมอเตอร์ให้ใหญ่เพิ่มขึ้นเป็นขนาดเท่ากับ 16 นิ้วอัตราส่วนที่ได้เท่ากับ 1:1.75 ดังแสดงในรูปที่ 3 อัตราการทของฟลูเอย์ และรูปที่ 4

รหัสบทความ:
EC017

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9
8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก

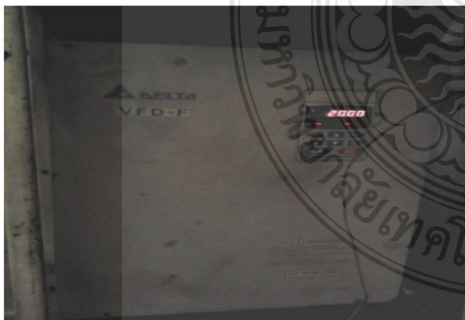


รูปที่ 3 อัตราทดของพลูเลย์ใหม่



รูปที่ 4 การเปลี่ยนพลูเลย์ของเตาอบอลูมิเนียม

เลือกใช้อินเวอร์เตอร์ขนาด 55 kW โดยมีพิกัดขนาดเท่ากับ 55 กิโลวัตต์ 3 เฟส ยี่ห้อ Delta รุ่น VFD-F ราคา 73,000 บาท ดังรูปที่ 5

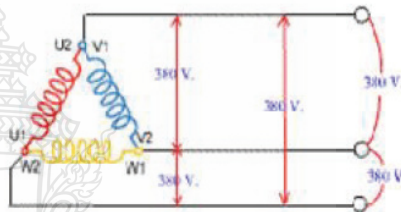


รูปที่ 5 อินเวอร์เตอร์ยี่ห้อ Delta

เปลี่ยนขนาดของสายพานให้ยาวขึ้นจากเดิมเล็กน้อยเนื่องจากเปลี่ยนพลูเลย์ใหม่ใช้รื่อง B จำนวน 4 เส้นดังรูปที่ 6

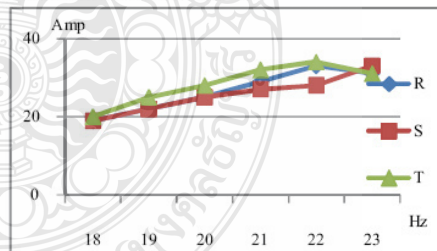


รูปที่ 6 สายพาน V-Belt แบบรื่อง B

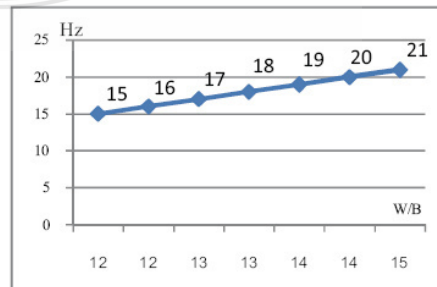


รูปที่ 7 การต่อมอเตอร์แบบเดลตา

หลังจากดำเนินการติดตั้งอินเวอร์เตอร์แล้วได้ทำการทดลองปรับความถี่ตั้งแต่ 18-25 เฮิรตซ์และวัดอัตราการกินกระแสไฟฟ้าค่าดังกราฟที่ 3



กราฟที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ความถี่กับความถี่กระแส



กราฟที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ความถี่กับความแข็ง

รหัสบทความ:
EC017

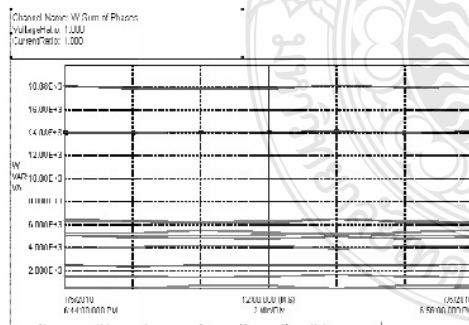
การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9
8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก

ค่าที่ได้จากการวัดของเครื่องวัดดังกล่าวที่แสดงในตารางที่ 2 และ กราฟที่ 5 ทำให้สามารถประมาณค่าการใช้พลังงานต่อเดือนได้เนื่องจากเตาอบเส้นอลูมิเนียมทำงานตลอด 24 ชั่วโมง

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดการใช้พลัง ยี่ห้อ Chauvin รุ่น C.A.8334B ดังแสดงในรูปที่ 6 ความสามารถในการวัดของเครื่องรุ่นนี้ สามารถวัดพารามิเตอร์ของระบบไฟฟ้าได้หลายอย่าง โดยแสดงผลเป็นตัวเลขและกราฟ ซึ่งได้นำผลของการวัดที่อ่านได้จากเครื่องวัดมาแสดง ตารางที่ 1 และกราฟ 4 ให้เห็นว่าสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลงได้ร้อยละ 40

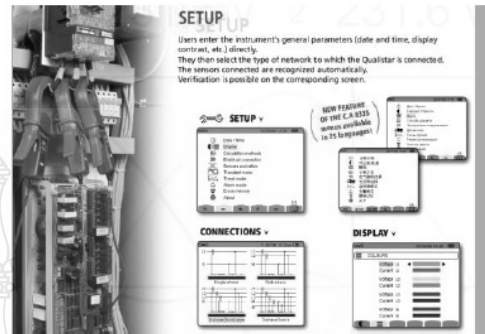
7/5/2010 - 6:50:00.000 PM	
Val	
5.122E+3	— W Line1
4.777E+3	— W Line2
4.141E+3	— W Line3
14.04E+3	— W Sum of Phases
675.5	— VAR Line1
1.450E+3	— VAR Line2
355.6	— VAR Line3
2.481E+3	— VAR Sum of Phases
6.316E+3	— VA Line1
6.186E+3	— VA Line2
5.369E+3	— VA Line3
17.87E+3	— VA Sum of Phases

ตารางที่ 2 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าหลังติดตั้ง



กราฟที่ 4 แสดงการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องวัด

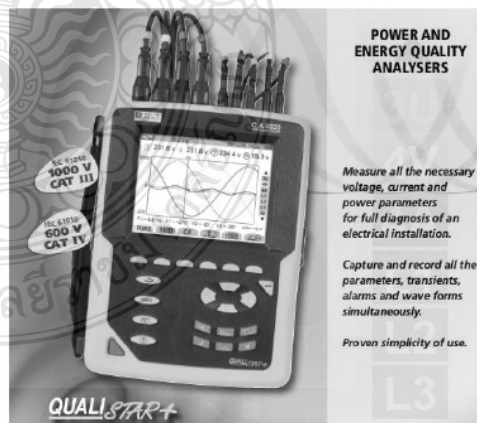
วิธีการใช้เครื่องวัดต้องได้รับการฝึกอบรมจากตัวแทนจำหน่าย และศึกษาเรียนรู้ให้เกิดความชำนาญ เพื่อให้ค่าที่ได้จากการวัดก่อนและหลังการทดลองมีความถูกต้อง ดังแสดงในรูปที่ 6, 7 และ 8 [3]



รูปที่ 6 การติดตั้งและการตั้งค่าก่อนวัด



รูปที่ 7 อ่านค่าที่แสดงผลบนหน้าหน้าจอ



รูปที่ 8 เครื่องวัดยี่ห้อ Chauvin รุ่น C.A. 8334B

ตามที่ได้นำรูปของเครื่องวัดที่ใช้ในการทำงานมาแสดงจุดประสงค์เพื่อให้ผู้ที่กำลังศึกษาเกี่ยวกับคุณภาพไฟฟ้า ไว้เป็นทางเลือกที่เลือกใช้เครื่องวัดมาช่วยในการวิเคราะห์และหาเก็บมูล ซึ่งไม่ได้มีเจตนาที่จะโฆษณาหรือ

รหัสบทความ: EC017

การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 9
8-10 พฤษภาคม 2556 จังหวัดนครนายก

สนับสนุน เพียงเพราะต้องการบอกกล่าวให้ทราบถึง
เครื่องวัดที่ใช้ในการวิเคราะห์เก็บข้อมูลและบอกกล่าวรุ่น
ที่เหมาะสมกับราคา แต่สามารถวัดค่าพลังงานต่างๆ ได้
หลากหลายอย่างคุ้มค่า

3.สรุปผล

หลังดำเนินการเปลี่ยนปลั๊กเสียบของมอเตอร์แล้วไม่
ส่งผลกระทบต่อในการหมุนของมอเตอร์ที่จะดูดให้เพลลาของ
blower หมุน วัดรอบที่เพลลาของ blower โดยใช้
Tachometer วัดได้ 842 รอบต่อนาทีก่อนปรับความถี่
และที่มอเตอร์วัดความเร็วรอบได้ 1,473 รอบต่อนาที
หลังติดตั้งอินเวอร์เตอร์สามารถปรับความเร็วรอบของ
มอเตอร์ลงได้ร้อยละ 40 สามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้า
kWh ลงได้ร้อยละ 40 หรือเท่ากับ 10,080 kWh ต่อ
เดือน สามารถปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เพิ่มขึ้น
หรือลดลงได้โดยที่คุณภาพความแข็งของอลูมิเนียม
เหมือนเดิม

4.กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณทางผู้บริหารระดับสูงของ บริษัท
โกลด์สตาร์เมทอล จำกัด ที่สนับสนุนโครงการ อนุรักษ์
พลังงานทุกโครงการ และทีมงานฝ่ายวิศวกรรมและซ่อม
บำรุง ของบริษัท โกลด์สตาร์เมทอล จำกัด ที่ทุ่มเทร่วม
แรงร่วมใจช่วยกันทำให้โครงการอนุรักษ์พลังงาน
ประสบความสำเร็จได้เป็นอย่างดี

5.เอกสารอ้างอิง

- [1] www.tgipmt.com/en/technology/electrical
- [2] Work instruction Manual for Aluminum
Extrusion COMALCO LTD
- [3] CHAUVIN ARNOUX GROUP (CA8332B-IB118)

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ – สกุล	นายสุรพล สาริบุดร
วัน เดือน ปีเกิด	28 มกราคม 2512
ที่อยู่	80 /21 หมู่ 6 ซอย 2 หมู่บ้านเอสวิลล์ ถนนพระองค์เจ้าสาย ตำบลลาดสวาย อำเภอลำลูกกา จังหวัดปทุมธานี 12150
การศึกษา	สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยปทุมธานี ปี พ.ศ. 2549
ประสบการณ์การทำงาน	พ.ศ. 2555 - ปัจจุบัน หัวหน้าแผนกวิศวกรรม บริษัท พีแอมเจอร์ อีเลคทริคอล คอนโทรล จำกัด กรุงเทพมหานคร พ.ศ. 2551 - 2555 ผู้จัดการโรงงาน บริษัท โกลด์สตาร์ เมททอล จำกัด สมุทรสาคร พ.ศ. 2549 - 2551 หัวหน้าแผนกวิศวกรรมไฟฟ้า บริษัท กีฟฟารีเน่ สกายไลน์ ลาบอราทอรี จำกัด นวนคร พ.ศ. 2545 - 2549 วิศวกรประจำหน่วยงาน บริษัท โกลด์บอลยูทิลิตี้เซอร์วิส จำกัด นิคมอุตสาหกรรมบางพลี พ.ศ. 2540 - 2543 ช่างเทคนิค บริษัท บีเจที วอเตอร์ จำกัด ปทุมธานี พ.ศ. 2535 - 2540 หัวหน้าช่างไฟฟ้า บริษัท ศูนย์บริการเหล็กสยาม จำกัด (มหาชน) สมุทรปราการ พ.ศ. 2532 - 2535 ช่างซ่อมบำรุง บริษัท ไทยโซโลและอุตสาหกรรม จำกัด สมุทรปราการ