การปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์

ณรงค์ศักดิ์ โพธิ์ไทร

งานนิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
เมษายน 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์และคณะกรรมการสอบงานนิพนธ์ ได้พิจารณางานนิพนธ์ของ ณรงค์ศักดิ์ โพธิ์ไทร ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์

..... อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)

คณะกรรมการสอบงานนิพนธ์

..... ประธาน
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ)

..... กรรมการ
(ดร. ภาณุวัฒน์ ด่านกลาง)

คณะวิศวกรรมศาสตร์อนุมัติให้รับงานนิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม ของมหาวิทยาลัยบูรพา

..... คณบดีคณะวิศวกรรมศาสตร์
(ดร. อาณัติ ดีพัฒนา)
วันที่ 3 เดือน เมษายน พ.ศ. 2561

กิตติกรรมประกาศ

งานนิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี โดยความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษา ที่กรุณาให้คำปรึกษาและแนะนำแนวทางที่ถูกต้อง ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความละเอียดถี่ถ้วน เอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ กรรมการสอบงานนิพนธ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ภาวิณี ศักดิ์สุนทรศิริ และดร. ภาณุวัฒน์ ด่านกลาง ที่กรุณาให้ความรู้ คำปรึกษา ตรวจแก้ไขและวิจารณ์ ทำให้งานวิจัยมีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น และขอขอบคุณ คุณวสุรี ฐิติวร ที่ให้ความช่วยเหลือและให้คำแนะนำต่าง ๆ ให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อชุมพล คุณแม่เพ็ง โพธิ์ไทร คุณยาย คุณลุง คุณป้า และพี่ ๆ น้อง ๆ ในครอบครัวทุกคนที่ให้กำลังใจ และสนับสนุนผู้วิจัยเสมอมา ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่ บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบันที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณ คุณรัฐเกียรติ สารเก่ง คุณภานุวัฒน์ อันทะปัญญา รวมทั้งพี่ ๆ เพื่อน ๆ ใน บริษัท ไทยซัมมิท พีเค คอร์ปอเรชั่น จำกัด ทุก ๆ ท่าน ที่ให้ความช่วยเหลือและสนับสนุนในการทำงานนิพนธ์จนเสร็จสิ้นไปด้วยดี คุณค่าและประโยชน์ของงานนิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้เป็นแนวทางการศึกษาเพื่อให้มีการวิจัยและพัฒนาต่อยอดทำให้เกิดประโยชน์ต่อไป

ณรงค์ศักดิ์ โพธิ์ไทร

57921142: สาขาวิชา: การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม; วศ.ม. (การจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม)
คำสำคัญ: ค่าดัชนีความต้องการพลังงาน/ ชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์

ณรงค์ศักดิ์ โพธิ์ไทร: การปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ (SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION IMPROVMENT FROM AUTOMOTIVE UNDERCARRIAGE MANUFACTURER (CHASSIS FRAME AND AXLE HOUSING) คณะกรรมการควบคุมงานนิพนธ์: อุษาวดี ตันติวรานุรักษ์, ปร.ด. 97 หน้า. ปี พ.ศ. 2560.

จากการศึกษาปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ แบ่งเป็น 2 ส่วน ได้แก่ อาคารสำนักงานกับโรงอาหาร และอาคารโรงงานกับกระบวนการผลิต โดยวิเคราะห์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนตั้งแต่ปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2558 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานในปี พ.ศ. 2556 พ.ศ. 2557 และ พ.ศ. 2558 มีค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน 1,214.11 MJ/Ton 1,366.79 MJ/Ton และ 1,320.04 MJ/Ton ตามลำดับ และเมื่อนำมาวิเคราะห์ปริมาณพลังงานเพื่อเป็นฐานข้อมูลในการปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานปี พ.ศ. 2559 ด้วยแนวทางปรับปรุงเครื่องจักรและอุปกรณ์ 4 แนวทาง ได้แก่ ระบบเครื่องอัดอากาศ ระบบมอเตอร์น้ำ ระบบเตาอบชิ้นงาน และระบบไฟฟ้าแสงสว่าง จะได้ค่าดัชนีชี้วัดพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์เท่ากับ 1,263.22 MJ/Ton ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงานลงประมาณ 4,874,879.88 MJ/Ton ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานลดลง 4.30% ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ เพื่อต้องการลดค่าดัชนีชีวัดความต้องการพลังงานลงที่ 1.5% ตามนโยบายของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน ซึ่งมีระยะเวลาคืนทุน 1.5 ปี

57921142: MAJOR: ENERGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT; M.Eng. (ENERGY AND ENVIRONMENTAL MANAGEMENT)
KEYWORDS: SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION/ AUTOMOTIVE UNDERCARRIAGE MANUFACTURER (CHASSIS FRAME AND AXLE HOUSING)

NARONGSAK POSAI: A SPECIFIC ENERGY CONSUMPTION IMPROVMENT FROM AUTOMOTIVE UNDERCARRIAGE MANUFACTURER (CHASSIS FRAME AND AXLE HOUSING) ADVISORY COMMITTEE: USAVADEE TUNTIWARANURAK, Ph.D., 97 P. 2017.

According to the evaluation of energy consumption from automobile undercarriage manufacturer (chassis frame and axle housing), the indexes was divided into two major sections: 1) the office building and the canteen, 2) factory buildings including product production line.

As the results of electricity and thermal energy consumptions from 2013 to 2015, the energy demand index showed 1,214.11 MJ/Ton, 1,366.79 MJ/Ton, and 1,320.04 MJ/Ton, respectively. The energy consumption was analyzed for the database to improve the energy demand index in 2018. The improvement concentrated on machine and equipment in 4 main systems in the factory including air compressor system, water motor system, heat and drying oven system, and lighting system. The energy demand index after improvement was 1,263.22 MJ/Tons, which reduced and saved by 4,874,879.88 MJ/Ton or 4.30%.

As the result, energy demand index was in line with the assumption. The target for the energy demand index reduction was 1.5% refer to the policy of the Department of Alternative Energy Development and Efficiency, Ministry of Energy with payback period of 1.5 years.

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
สารบัญ ..... ฉ
สารบัญตาราง ..... ซ
สารบัญภาพ ..... ฌ
บทที่
1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2
สมมติฐานของงานวิจัย 3
ขอบเขตของงานวิจัย 3
แผนการดำเนินงานวิจัย 3
วิชาในหลักสูตรที่นำความรู้มาใช้ในการศึกษาหัวข้อนี้ 3
นิยามศัพท์เฉพาะ 3
2 ทฤษฎี วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 4
ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน 4
การประหยัดพลังงานในโรงงาน 6
แนวทางการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม 11
อัตราผลตอบแทนการลงทุน 18
กระบวนโรงงานผลิตชิ้นส่วนช่วงล่างรถยนต์ 18
กรณีศึกษาจากวรรณกรรม 24

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3 ขั้นตอนการดำเนินงาน 28
ข้อมูลโรงงานและกระบวนการผลิต 28
แผนผังการดำเนินงาน 29
แนวทางการปรับปรุง 31
แนวทางการประเมินผล 33
แนวทางการสรุปผลและข้อเสนอแนะ 33
4 ผลการดำเนินงาน 34
ข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงาน 34
แนวทางการปรับปรุง 36
เครื่องอัดอากาศ 37
มอเตอร์ปั๊มน้ำ 41
เตาอบชิ้นงาน 47
ระบบแสงสว่าง 52
การประเมินผล 61
5 สรุปผลการศึกษา 64
ข้อเสนอแนะ 65
บรรณานุกรม 66
ภาคผนวก 68
ภาคผนวก ก 69
ภาคผนวก ข 74
ภาคผนวก ค 78
ภาคผนวก ง 82
ภาคผนวก จ 86
ประวัติย่อของผู้วิจัย 97

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	ผลการคำนวณหาปริมาณลมรั่วและค่าการสูญเสียพลังงาน	17
2-2	อุณหภูมิทำงานเตาอุตสาหกรรม	18
4-1	ปรับตั้งค่าแรงดันควบคุมเครื่องอัดอากาศ	40
4-2	ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงด้วยการลดค่าแรงดันเครื่องปั๊มลมอัดลง	41
4-3	ค่าพลังงานที่ลดลงกรณีมอเตอร์หยุดรอขณะไม่มีชิ้นงานเข้าบ่อสี	46
4-4	ค่าพลังงานที่ลดลงกรณีมอเตอร์หยุดรอขณะไม่มีการผลิตหรือวันหยุด	46
4-5	ค่าพลังงานเปลี่ยนแปลงของเตาอบชิ้นงานก่อนดำเนินงาน	49
4-6	รายการเปรียบเทียบห้องเตาอบชิ้นงาน	51
4-7	ค่าพลังงานเปลี่ยนแปลงของเตาอบชิ้นงานหลังดำเนินงาน	51
4-8	ค่าพลังงานไฟฟ้ากรณีใช้หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดา	54
4-9	ค่าพลังงานไฟฟ้ากรณีใช้หลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี	56
4-10	ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี	60
4-11	ค่าดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานของโรงงานพ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2559	61

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1-1	ชิ้นส่วนยานยนต์	1
2-1	กราฟค่าใช้จ่าย ของระบบอากาศอัด	14
2-2	ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบอากาศอัด	15
2-3	การติดตั้ง Flow meter วัดปริมาณลม	17
2-4	กระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน	19
2-5	กระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนยานยนต์	20
2-6	บ่อทำความสะอาดชิ้นงานด้วยสารเคมี	21
2-7	บ่อเตรียมสีผิวชิ้นงาน	22
2-8	บ่อชุบสีจริงด้วยระบบไฟฟ้า	23
2-9	การอบสีให้ความร้อนด้วยก๊าซธรรมชาติ	23
2-10	กระบวนการกลึงชิ้นงาน	24
3-1	แผนผังสำนักงานกับโรงอาหารและอาคารโรงงาน	28
3-2	แผงผังวิธีการดำเนินงาน	30
3-3	แผนผังการใช้พลังงาน	31
3-4	มิเตอร์ตรวจวัดทางไฟฟ้า	32
3-5	มิเตอร์ตรวจวัดพลังงานเชื้อเพลิง	32
4-1	ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อ 1 ตันผลผลิต	34
4-2	ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานความร้อนต่อ 1 ตันผลผลิต	35
4-3	ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานรวมทั้งโรงงานต่อการผลิต	36
4-4	แบบท่อลมโรงงาน	38
4-5	การติดตั้งท่อลมโรงงาน	39
4-6	จอแสดงผลชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศ	40
4-7	จุดการทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำ	42
4-8	การวัดกระแสมอเตอร์ปั๊มน้ำ	42
4-9	การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมมอเตอร์	44
4-10	ผลด้านพลังงานจริงของมอเตอร์	45

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4-11 เตาอบชิ้นงาน 48
4-12 แบบปรับปรุงห้องเตาอบชิ้นงาน 50
4-13 การติดตั้งปรับปรุงเตาอบชิ้นงาน 50
4-14 การสำรวจแสงสว่างในโรงงาน 53
4-15 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบเมทัลฮาไลท์ในอาคารโรงงาน 57
4-16 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ในอาคารสำนักงาน 58
4-17 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ในอาคารโรงอาหาร 58
4-18 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ในกระบวนการผลิต 59
4-19 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบเมทัลฮาไลท์ในบริเวณถนน 59
4-20 ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อ 1 ตันผลผลิต 62
4-21 ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานความร้อนต่อ 1 ตันผลผลิต 62
4-22 ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงาน 63

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

อุตสาหกรรมยานยนต์แบ่งการผลิตเป็น 2 กลุ่ม คือ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์และอุตสาหกรรมรถยนต์และตัวถัง เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่มีมากในประเทศไทย เนื่องจากเป็นประเทศที่มีแผนการพัฒนาประเทศด้วยการส่งเสริมอุตสาหกรรมเป็นหลัก ดังนั้นการเจริญเติบโตด้านธุรกิจอุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์ได้เติบโตเร็วมากภายในประเทศ อุตสาหกรรมชิ้นส่วนยานยนต์ หรือชิ้นส่วนช่วงล่างของรถยนต์ประกอบไปด้วย คัสซี (Chassis) และเพลาเฟืองท้าย (Axle) ดังภาพที่ 1-1

คัสซี เป็นโครงสร้างฐานหลักในการประกอบตัวรถยนต์เพื่อรับน้ำหนัก ซึ่งมีความแข็งแรงและเป็นโครงสร้างที่ใช้ยึดเกาะอุปกรณ์ชิ้นส่วนรถยนต์หลาย ๆ ชิ้นเขาด้วยกัน และเพลาเฟืองท้ายรถยนต์ เป็นอุปกรณ์หลักในการประกอบฟันเฟืองเพลาท้ายรถ เพื่อขับเคลื่อนเครื่องยนต์ ซึ่งอุปกรณ์ทั้ง 2 ส่วนนี้ เรียกว่า ชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ เป็นชิ้นส่วนยานยนต์ที่มีการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่สูง เนื่องจากมีกระบวนการในการผลิต เริ่มตั้งแต่การนำเหล็กแผ่นที่ตัดขึ้นรูปมาผ่านขั้นตอนการปั๊มทำรูปชิ้นงาน แล้วส่งต่อขั้นตอนการเชื่อมประกอบงาน และส่งต่อที่ขั้นตอนการชุบสีดำและอบสี และในส่วนของเพลาเฟืองท้ายรถยนต์ ต้องถูกส่งต่อขั้นตอนการกัดและกลึงชิ้นงาน ก่อนนำเข้าเก็บเพื่อถูกนำไปใช้งานในขั้นตอนถัดไป

(ก)

(ข)

ภาพที่ 1-1 ชิ้นส่วนยานยนต์ (ก) เพลาเฟืองท้าย และ (ข) คัสซี

จากปัญหาการแข่งขันทางธุรกิจที่สูง อุตสาหกรรมชิ้นส่วนรถยนต์เป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ประสบปัญหาด้านต้นทุนผลิตภัณฑ์ส่วนหนึ่งจากค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูงขึ้นทุก ๆ ปี โดยต้นทุนดังกล่าว มาจากลักษณะการใช้งานไม่ถูกต้อง ตามหลักวิศวกรรม เครื่องจักรที่ไม่ได้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพ การบำรุงรักษาเครื่องจักรไม่เป็นไปตามคู่มือการใช้งานอุปกรณ์เครื่องจักรที่ล้าสมัยมีการใช้พลังงานสูง และการบริหารจัดการที่ไม่มีการประเมินและพิจารณาปริมาณผลผลิตที่เกิดขึ้นจริงในแต่ละเดือน ส่งผลต่อการเสียโอกาสในการที่จะลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน จากสาเหตุดังกล่าว จึงเป็นที่มาสำคัญในการทำงานนิพนธ์นี้ เพื่อปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์การนำมาใช้ประเมินศักยภาพปริมาณการใช้พลังงาน ของโรงงาน (กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน ภาคปฏิบัติ, 2558) โดยโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์จะมีการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ หลอดไฟฟ้าในอาคารสำนักงานและอาคารโรงอาหาร และกระบวนการใช้ไฟฟ้า ได้แก่ กระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน กระบวนการเชื่อมประกอบ กระบวนการชุบสี กระบวนการกัดกลึง รวมทั้งการใช้พลังงาน ความร้อน ได้แก่ เตาอบสีในกระบวนการชุบสี เพื่อเป็นข้อมูลไว้สำหรับ การพิจารณาค่าพลังงานโดยกำหนดเป็นสัดส่วนของค่าพลังงานต่อปริมาณผลผลิตและเก็บรวบรวมข้อมูลค่าการใช้พลังงาน และปริมาณผลผลิต

วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. ศึกษาปริมาณใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนในโรงงาน เพื่อหาแนวทางปรับปรุงลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน
2. วิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เป็นแนวทางในปรับปรุงเพื่อลดใช้พลังงานไฟฟ้าและความร้อนในโรงงานอุตหกรรมอื่น ๆ
2. เพื่อบรรทัดฐานข้อมูลค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานในอุตสาหกรรมยานยนต์ที่มีกระบวนการลักษณะเดียวกัน

สมมติฐานของงานวิจัย

ตามนโยบายของกระทรวงพลังงานในกรณีปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานในโรงงานลดปริมาณการใช้ลง 1.5% ต่อปี เมื่อเทียบกับปีที่ผ่านมาจะได้รับการสนับสนุนการตรวจรับรองรายงานการจัดการพลังงานและกิจกรรมต่างด้านพลังงาน

ขอบเขตของงานวิจัย

1. โรงงานที่ใช้ศึกษาขนาดใหญ่ในพื้นที่นิคมอุตสาหกรรม WHA อำเภอปลวกแดง จังหวัดระยอง ผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ส่งให้กับผู้ประกอบการผลิตรถยนต์รายใหญ่ที่มีกระบวนการผลิตเป็นแบบกึ่งอัตโนมัติ

2. การวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดค่าพลังงานแบ่งเป็น 2 ส่วน คือ อาคารสำนักงาน จะพิจารณาเรื่องของพลังงานไฟฟ้าและอาคารโรงงาน กระบวนการผลิตจะพิจารณาเรื่องของพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ได้แก่ กระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน กระบวนการเชื่อมประกอบ กระบวนการชุบสี กระบวนการกัดกลึง รวมทั้งการใช้พลังงานความร้อนได้แก่เตาอบสีในกระบวนการชุบสี

วิชาในหลักสูตรที่นำความรู้มาใช้ในการศึกษาหัวข้อนี้

1. การใช้พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมอย่างคุ้มค่า Rational use of energy in industry
2. การบริหารจัดการโครงการขั้นสูง Advanced project management
3. การควบคุมการเงินของวิศวกรรมและระบบการวิเคราะห์ Analysis systems and Financial control for engineers
4. การออกแบบระบบพลังงานและความเหมาะสม Energy system design and Optimization

นิยามศัพท์เฉพาะ

ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน คือค่าพลังงานจำเพาะของโรงงานผลิตชิ้นส่วนช่วงล่างของรถยนต์ เป็นค่าที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

บทที่ 2
ทฤษฎี วรรณกรรม และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การศึกษางานนิพนธ์ครั้งนี้ได้นำเอาทฤษฎีและแนวคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องที่จะเป็นประโยชน์ต่อการปรับปรุงค่าพลังงานจำเพาะโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ ดังนี้

ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน

ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน (Specific energy consumption: SEC) เป็นค่าที่สะท้อนถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และยังสามารถแสดงถึงต้นทุนทางด้านพลังงานของโรงงานอุตสาหกรรมได้ โดยทั่วไปค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน สามารถคำนวณได้จากปริมาณพลังงานที่โรงงานใช้ในช่วงเวลานั้น ต่อปริมาณผลผลิตทั้งหมดในช่วงเวลาเดียวกัน ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานซึ่งอาจจะเขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\text{ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน} = \frac{\text{ปริมาณการใช้พลังงานที่ใช้ในระยะเวลาหนึ่ง ๆ}}{\text{ปริมาณผลผลิตที่ได้ในระยะเวลาเดียวกัน}} \quad (2\text{-}1)$$

ซึ่งการใช้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน สำหรับการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้นมีข้อจำกัดในการวิเคราะห์ คือในกรณีที่โรงงานมีผลผลิตหลายชนิดวิธีที่ให้ได้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน ที่มีความถูกต้องและน่าเชื่อถือมากที่สุด คือ การวิเคราะห์โดยอาศัยข้อมูลที่แท้จริงจากการประเมินและการตรวจวัดภายในโรงงาน เนื่องจากจะสามารถแบ่งการใช้พลังงานแต่ละชนิดตามประเภทของผลผลิตนั้น ๆ ได้จริง หากนำข้อมูลที่ได้มาจากการเก็บรวบรวมไว้ อาจทำให้การจำแนกการใช้พลังงานพลังงานทำได้ค่อนข้างยาก

โดยทั่วไปโรงงานจะใช้พลังงานประกอบไปด้วยพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน พลังงานที่ป้อนให้กับการผลิตอาจเป็นพลังงานงานความร้อนจากไอน้ำเพื่อนำมาป้อนให้กับกระบวนการผลิตในส่วนเตาอบหรือเตาเผาและกระบวนการพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนมอเตอร์ โดยระยะเวลาในการเก็บข้อมูลอาจจะมีการกำหนดเป็นวัน เดือน หรือปี โดยค่าพลังงานที่ได้จะเป็นค่าเฉลี่ยในช่วงเวลาดังกล่าว หน่วยของค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน ที่ใช้กันมีหลายอย่าง เช่น ค่าพลังงานไฟฟ้าเป็น กิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) ค่าพลังงานความร้อนเป็น เมกะจูล (MJ) หรือ แคลลอรี(Cal) หรือมีการเทียบหน่วยเท่ากับน้ำมันดิบเป็น (TOE) ต่อหน่วยการผลิต เป็นต้น

1. การคำนวณค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน

การใช้พลังงานจำเพาะเป็นการใช้ค่าพลังงานต่อหน่วยการผลิตของโรงงาน ซึ่งจะเป็นตัวช่วยบอกว่าโรงงานมีการใช้ค่าพลังงานเฉลี่ยในการผลิตสินค้าหรือบริการต่อ 1 หน่วยการผลิตภัณฑ์ การติดตามและการควบคุมค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงาน จึงเป็นวิธีการจัดการอนุรักษ์พลังงานที่สามารถใช้ได้ผลที่ดีอีกวิธีหนึ่ง ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานหาโดยการนำเอาค่าพลังงานที่ใช้ในโรงงานในช่วงเวลาที่สนใจมักจะเป็นเดือน หารด้วยผลผลิตที่เกิดขึ้นในช่วงนั้น ในเดือนเดียวกัน โดยสามารถคำนวนค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของพลังงานไฟฟ้า (SEC_E) หรือค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของความร้อน (SEC_H) หรือค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของการใช้พลังงานรวมขึ้นอยู่กับประเภทพลังงานรวมดังนี้

$$SEC_{รวม} = SEC_E + SEC_H \qquad (2\text{-}2)$$

ในกรณีโรงงานมีหลายผลผลิตและไม่มีเครื่องมือวัดการใช้พลังงานของแต่ละผลผลิต ให้ใช้วิธีคำนวณโดยใช้ผลผลิตนั้นมาเป็นตัวแทน และคิดเลขเพียงตัวเดียว ถ้าความหมายเดียวกันก็ทำการรวมกันคิดเป็นตัวเลขเดียวกันก็ได้ กรณีมีผลผลิตหลายอย่างและหน่วยนับที่แตกต่างกันให้ใช้พลังงานต่างกัน กรณีนำมารวมกันจะทำให้การวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานนั้นผิดความหมาย ให้ใช้ราคาต่อหน่วยผลผลิตมาทำการคิดหาราคาสินค้ารวมที่ทำการขายในเดือนนั้น ๆ แล้วนำราคารวมนี้มาคิดค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานราคาต่อหน่วยที่นำมาคำนวณควรใช้ค่ากลางของผลิตภัณฑ์ แล้วใช้ตัวเลขนี้ทุกเดือน เพื่อไม่ให้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานเกิดการเบี่ยงเบน

2. ปัจจัยของค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน

ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานจะเพิ่มลดอยู่ที่ผลผลิตของโรงงานนั้น ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน จะลดลงเมื่อโรงงานมีผลผลิตที่เพิ่มมากขึ้น เนื่องจากพลังงานที่ใช้ในการผลิตมี 2 ส่วน คือ ส่วนที่แปรผันตามผลผลิตและส่วนที่คงที่ไม่ขึ้นกับผลผลิต เช่น ส่วนของงานสำนักงาน ส่วนของโรงอาหาร เป็นต้น เมื่อปริมาณผลผลิตที่เพิ่มขึ้น การใช้พลังงานต่อหน่วย ส่วนนี้จะลดลง จึงทำให้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานรวมลดลง นั่นคือ ในโรงงานเดียวกัน ยิ่งมีการผลิตมาก การใช้พลังงานยิ่งมีประสิทธิภาพมากขึ้น ปัจจัยหลักที่มีผลต่อการใช้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานในแต่ละเดือน คือ ปริมาณผลผลิต จะเห็นได้ว่าแม้ในบางเดือนผลผลิตใกล้เคียงกัน การใช้พลังงานค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานก็มีความแตกต่างกันบ้าง

อาจมีผลมาจากปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความยากง่ายของงานในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกัน วัตถุดิบที่เข้ามาแต่ละเดือนแตกต่างกัน อุณหภูมิในแต่ละเดือนแตกต่างกัน เช่น หน้าร้อน พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องปรับอากาศสูง หน้าหนาวใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย เป็นต้น หรือจำนวนวันหยุดในเดือนนั้นมาก ถ้าสามารถควบคุมปัจจัยเหล่านี้ได้ก็จะทำให้การใช้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานมีความสม่ำเสมอและอยู่ในค่าที่เราต้องการ

3. ประโยชน์ของค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน

ถ้ามีการเก็บข้อมูลของการใช้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของแต่ละเดือน ข้อมูลของเดือนใหม่ที่เข้ามาจะทำให้ทราบค่าพลังงานอาจมีหรือไม่มีประสิทธิภาพ หรือมีทิศทางเป็นอย่างไร ก็จะทำให้สามารถมีทิศทางในการประเมินหรือค้นหาสาเหตุว่า การสิ้นเปลืองนี้เกิดจากอะไร โรงงานที่มีขนาดใหญ่หลายแห่งโดยเฉพาะอย่างยิ่ง โรงงานในประเทศญี่ปุ่น จะกำหนดให้แต่ละหน่วยผลิตย่อย แต่ละแผนกมีเครื่องการวัดค่าพลังงานของหน่วยงาน และสามารถคำนวนหาค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานเปรียบเทียบกับชิ้นงาน การเก็บข้อมูลการใช้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของทุกระดับ ตั้งแต่ระดับแผนก จนถึงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานรวมของโรงงาน ทุกแผนกทุกหน่วยงานต้องทำการรายงานค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานรวมของแผนกตัวเองอย่างสม่ำเสมอ โดยจะทราบค่าในแต่ละเดือนถึงต้นตอสาเหตุว่าเกิดจากที่ไหน สิ่งที่ต้องทำไปพร้อมกับการติดตามค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน ก็คือ การตั้งเป้าหมายหรือ (Targeting) จากข้อมูลที่ผ่านมาของแต่ละเดือนที่ โดยมีทั้งเดือนที่ดีและบางเดือนก็ไม่ดี เพื่อเป็นข้อมูลในการตั้งเป้าหมายของแผนกและองค์กร การรวบรวมและวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานนี้มีประโยชน์อย่างยิ่งในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน บางโรงงานสามารถบรรลุเป้าหมายการลดการใช้พลังงานต่อหน่วยลงได้ 3-5% โดยไม่ต้องทำการลงทุน ทั้งนี้เพราะการใช้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานเกิดจาก 2 องค์ประกอบ คือ ค่าประสิทธิภาพเครื่องจักรและอุปกรณ์และค่าการใช้งาน

การประหยัดพลังงานในโรงงาน

การประหยัดพลังงานในโรงงาน หมายถึง การใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ เพื่อให้ได้ประโยชน์สูงสุดโดยไม่มีผลเสียต่อกิจกรรมการผลิต ด้วยการใช้อุปกรณ์ที่มีการใช้พลังงานต่าง ๆ ที่มีประสิทธิภาพสูง ลดการสูญเสียพลังงาน เกิดผลดีด้านการลดต้นทุนการผลิตและลดปัญหาด้านมลภาวะ ซึ่งเป็นผลดีทางอ้อม การพิจารณาในการประหยัดพลังงานแบ่งได้ 4 ประการ คือ
1) การเลือกใช้เครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพ การเลือกซื้อเครื่องจักรและอุปกรณ์รวมถึงทรัพยากรที่มีส่วนร่วมกับการผลิตที่ได้คุณภาพ โดยการพิจารณาคุณสมบัติองค์ประกอบรวบทั้ง

ค่าใช้จ่ายตลอดการผลิต ค่าซ่อมบำรุงรักษาตลอดอายุการใช้งานระหว่างการผลิต ค่าพลังงานที่ใช้จ่ายระหว่างการผลิต ถือว่าเป็นต้นทุนที่สำคัญมากในโรงงาน 2) การเลือกใช้พลังงานและเชื้อเพลิงอย่างเหมาะสม 3) การใช้พลังงานในโรงงานมีทั้งพลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้า ควรทำการศึกษาสภาพการใช้งานอย่างละเอียด โดยการศึกษาวิเคราะห์หาแนวทางลดการสูญเสียเนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การเดินมอเตอร์ตัวเปล่า ระบบลมรั่ว ระบบปั๊มลมอัด ระบบความร้อนสูญเสียในกระบวนการ ฉนวนป้องกันความร้อนที่เสื่อมสภาพ เป็นต้น และ 4) การนำพลังงานที่ปล่อยทิ้งนำกลับมาใช้

การศึกษาวิเคราะห์การนำพลังงานที่สูญเสียหรือปล่อยทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้ง 3 ด้าน คือ เศรษฐศาสตร์ ด้านสิ่งแวดล้อม และด้านศักยภาพด้านเทคนิค

1. แนวทางการประหยัด

แนวทางด้านการประหยัดพลังงาน ในการประหยัดพลังงานหากทำการคิดในแง่ของการปรับปรุงหรือระดับการลงทุน สามารถแบ่งออก 3 แนวทาง คือ

1.1 การบำรุงรักษาเครื่องจักร (House keeping) เป็นมาตรการที่ลงทุนน้อยหรือไม่ต้องลงทุนเลย ดำเนินการได้ง่าย เช่น การตรวจสอบเครื่องจักรและอุปกรณ์ อัดจาระบีแบริ่งตึงสายพานมอเตอร์ การปิดไฟในจุดที่ไม่จำเป็น การจัดการตำแหน่งการติดตั้งให้เหมาะสมกับการใช้งานของโรงงาน การลดปริมาณของเสียต่าง ๆ เป็นต้น

1.2 การปรับปรุงกระบวนการผลิต (Process improvement) เป็นการลงทุนแต่ไม่มาก เช่น การหุ้มฉนวนท่อความร้อน และท่อความเย็น การนำความร้อนกลับมาใช้ การเปลี่ยนอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เป็นต้น

1.3 การเปลี่ยนเครื่องจักรหลัก (Major change of equipment) เป็นมาตรการที่ต้องมีการลงทุนสูงโดยการเปลี่ยนแปลงหรือปรับปรุงเครื่องจักรหรือกระบวนการผลิตใหม่ เช่น การเปลี่ยนปั๊มลม การเปลี่ยนหม้อต้มไอน้ำ เป็นต้น

2. วิเคราะห์การใช้พลังงาน (Energy audit)

การตรวจวิเคราะห์การใช้พลังงาน คือ การตรวจสอบและวิเคราะห์การใช้พลังงานเพื่อหาแนวทางการประหยัดพลังงาน ตามที่ได้ศึกษาวิเคราะห์

การตรวจสอบการใช้พลังงานจากข้อมูลการใช้พลังงานในอดีต เป็นการรวบรวมและศึกษาข้อมูลการใช้พลังงานในปีที่ผ่าน ๆ มา ที่โรงงานได้จดบันทึกไว้เพื่อต้องการทราบปริมาณพลังงานทุกรูปแบบที่ได้ใช้ไป ค่าใช้จ่ายพลังงานทุกรูปแบบที่ได้ใช้ ผลผลิตที่ได้ต่อพลังงานที่ใช้ในแต่ละช่วงการผลิต

การตรวจสอบการใช้พลังงานโดยการเข้าสำรวจในโรงงาน ขั้นตอนแรกเป็นการสำรวจแผนผังของโรงงาน เพื่อให้ทราบถึงลักษณะทั่วไปของโรงงานรวมถึงกระบวนการผลิตและอุปกรณ์ต่าง ๆ พิจารณาบริเวณที่มีการใช้พลังงานสูงสุด ระบบการใช้พลังงานในรูปแบบต่าง ๆ หลังจากนั้นเป็นขั้นตอนการสำรวจในโรงงาน เพื่อหาตำแหน่งที่มีการสูญเสียพลังงานและต้นเหตุของการสูญเสียพลังงาน ทำการสำรวจการใช้พลังงานทุกระบบ ทั้งในช่วงทำการผลิตและช่วงหยุดทำการผลิต รวมทั้งการสำรวจมิเตอร์มาตรวัดต่าง ๆ ให้อยู่ในสภาพพร้อมใช้จดบันทึกข้อมูล เพื่อเป็นข้อมูลในการวิเคราะห์การใช้พลังงานต่อไป

การตรวจสอบและการวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียด ผลจากการตรวจสอบขั้นต้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์การใช้พลังงานอย่างละเอียดด้วยการสมดุลพลังงาน เพื่อทำการหาประสิทธิภาพของระบบ อุปกรณ์และปริมาณงานที่สูญเสีย ข้อมูลที่วิเคราะห์เมื่อเรามาทำการสร้างรูปแบบการใช้พลังงานจะทำให้เราทราบว่าจะต้องปับปรุงส่วนใดบ้าง และวิเคราะห์หาแนวทางปรับปรุงแก้ไข หาเทคนิคเข้ามาดำเนินการเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานที่มีประสิทธิภาพสูงสุด

3. การทำบัญชีพลังงาน (Energy auditing)

การทำบัญชีพลังงานเป็นการรวบรวมข้อมูลพื้นฐานการใช้พลังงานเพื่อวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการใช้พลังงานและหาแนวทางการประหยัดพลังงานข้อมูลพื้นฐานที่ได้จากการตรวจสอบการใช้พลังงาน สามารถแบ่งได้ 2 ขั้นตอน

3.1 การตรวจสอบการใช้พลังงานจากการศึกษาการใช้ใบเสร็จค่าใช้จ่ายพลังงาน (The billing audit) โดยการรวบรวมการวิเคราะห์ข้อมูลค่าใช้จ่ายพลังงานและค่าใช้จ่ายเชื้อเพลิงจากใบเรียกเก็บเงินค่าใช้จ่าย เพื่อเป็นแนวทางในการคำนวณหาค่าพลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิต (สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม)

3.2 การตรวจสอบการใช้พลังงานโดยการศึกษาจากการลงนามสำรวจ (The field audit) เป็นขั้นตอนหลังจากการเสร็จสิ้นการตรวจสอบการใช้พลังงานโดยศึกษาจากใบเสร็จค่าใช้จ่ายพลังงาน เพื่อจัดทำรายละเอียด การใช้พลังงานในขั้นตอนของกระบวนการผลิตของอุปกรณ์และเครื่องจักรต่าง ๆ

4. การประหยัดพลังงานไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความจำเป็นมากในชีวิตประจำวันของเรา โดยพลังงงานไฟฟ้าที่ได้มาในทุกวันนี้ได้ถูกนำมาจากการแปรสภาพพลังงานจากรูปแบบอื่นเพื่อให้ได้มาซึ่งพลังงานไฟฟ้า โดยประสิทธิภาพในการผลิตพลังงานไฟฟ้าจากพลังงานอื่นมาเป็นไฟฟ้ายังมีประสิทธิภาพที่ค่อนข้างต่ำ ด้วยเหตุนี้การใช้พลังงานไฟฟ้า จึงควรใช้อย่างมีประสิทธิภาพ ในการจัดการรูปแบบการใช้พลังงานไฟฟ้ามี 4 รูปแบบ

พลังงานไฟฟ้าเป็นปริมาณพลังงานที่ถูกใช้ ซึ่งประกอบด้วยกำลังไฟฟ้าที่ใช้จริงคิดเป็นหน่วยกิโลวัตต์ (kW) คูณด้วยระยะเวลาที่ใช้ไป คิดเป็นชั่วโมง (Hr.) จะเท่ากับพลังงานทางไฟฟ้า กิโลวัตต์-ชัวโมง ก็คือ 1 หน่วยทางไฟฟ้าในการแจ้งบิลค่าไฟฟ้า โดยทั่วไปพลังงานที่ใช้ขึ้นอยู่กับปริมาณและชนิดของผลผลิต ดังนั้นการพิจารณาถึงพลังงานไฟฟ้าในโรงงาน จึงใช้หน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิต (Electrical energy consumption index)

$$\text{พลังงานไฟฟ้าต่อผลผลิต} = \frac{\text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (kWh)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (หน่วย)}} \qquad (2\text{-}3)$$

การปรับปรุงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ ทำโดยการลดปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ต่อหน่วยผลิตดังกล่าว โดยการเพิ่มปริมาณผลผลิตแต่ใช้พลังงานไฟฟ้าเท่าเดิม หรือพยายามลดปริมาณการใช้ไฟฟ้าลงในกระบวนการผลิตที่กระทำอยู่ในปัจจุบัน

กำลังไฟฟ้าเป็นปริมาณทางไฟฟ้าส่วนที่ถูกแปลงจากพลังงานกล ความร้อน เคมีอื่น ๆ ซึ่งมีพลังงานไฟฟ้าที่มีหน่วยเป็นวัตต์ (W) หรือกิโลวัตต์ (kW) การควบคุมกำลังไฟฟ้าในโรงงานจะทำการพิจารณากำลังไฟฟ้าที่สูงสุด (Peak demand) ทำโดยการปรับปรุงตัวประกอบภาระไฟฟ้า (Load factor: LF)

$$\text{ตัวประกอบภาระไฟฟ้า (LF)} = \frac{\text{พลังงานไฟฟ้า (kWh)}}{\text{กำลังไฟฟ้าสูงสุด x ชั่วโมงการใช้งาน}} \qquad (2\text{-}4)$$

การปรับปรุงตัวประกอบภาระไฟฟ้า พิจารณาจากเส้นกราฟภาระไฟฟ้า (Load factor) ที่แสดงภาพการใช้งานของอุปกรณ์ในช่วงเวลาดังกล่าว โดยพยายามลดกำลังไฟฟ้าสูงสุดที่เกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น ซึ่งสามารถกระทำได้ด้วยมือหรืออุปกรณ์ควบคุมอัตโนมัติ (Demand controller)

ตัวประกอบกำลังไฟฟ้าหรือรียกอีกอย่างว่า เพาเวอร์แฟคเตอร์ คืออัตราส่วนกำลังไฟฟ้าใช้งานจริงต่อกำลังไฟฟ้าเสมือน

$$\text{ตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (PF)} = \frac{\text{กำลังไฟฟ้า (kW)}}{\text{กำลังไฟฟ้าเสมือน (kVA)}} \qquad (2\text{-}5)$$

เครื่องใช้หรืออุปกรณ์ไฟฟ้าภายในอุตสาหกรรม เช่น หม้อแปลงไฟฟ้า มอเตอร์ หลอดฟลูออเรสเซนต์ เป็นอุปกรณ์ประเภท Inductive load การปรับปรุงแก้ไขตัวประกอบกำลังไฟฟ้าให้สูงขึ้นทำได้โดยการติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ขนานเข้ากับภาระไฟฟ้าในตำแหน่งที่เหมาะสมซึ่งจะช่วยลดพลังงานสูญเสียในขณะที่ใช้งาน ลดแรงดันตก ลดอัตราค่าไฟฟ้าเมื่อตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่าสูงกว่า 85%

5. การประหยัดพลังงานความร้อน

การใช้พลังงานความร้อน หมายถึง การให้ความร้อนแก่วัสดุ หรือวัตถุดิบ โดยผ่านกระบวนการผลิต เพื่อให้ได้มาซึ่งชิ้นงาน หรือผลิตภัณฑ์ที่ต้องการ โดยทั่วไปแล้วโรงงานอุตสาหกรรมมีการใช้พลังงานความร้อนเป็นปริมาณมาก การจัดการการใช้พลังงานความร้อนจึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องทำให้เหมาะสมกับกระบวนการผลิต เพื่อให้กระบวนการผลิตมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานความร้อน ค่าพลังงานความร้อนเป็น เมกะจูล (MJ) หรือ แคลลอรี่ (Cal) หรือมีการเทียบหน่วยเท่ากับน้ำมันดิบเป็น (TOE) ต่อหน่วยการผลิตเป็นต้น SEC furnace (Specific energy consumption of furnace) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ป้อนเข้าเตาอุตสาหกรรมต่อปริมาณผลผลิตที่ได้ (อมรรัตน์ แก้วประดับ, 2546) ซึ่งมีสูตรคำนวนดังนี้

$$\text{SEC furnace} = \frac{Qf}{P} \tag{2-6}$$

โดยที่

Qf แทนที่ พลังงานที่ป้อนให้กับเตา (MJ/hr, MJ/Batch)

P แทนที่ ปริมาณผลผลิตที่ออกจากเตา (kg, ชิ้น, Batch)

โดยทั่วไปการใช้พลังงานความร้อนในกระบวนการผลิตสามารถแบ่งได้ 2 ประเภท

1. การใช้พลังงานความร้อนโดยตรง คือ ความร้อนจากแหล่งกำเนิด จะสัมผัสกับผลิตภัณฑ์โดยตรง ดังเช่น อุตสาหกรรมอาหารให้ความร้อนจากไอน้ำ อบอาหารภาชนะปิดให้สุก การทำกระดาษรีไซเคิล เครื่องรีดผ้า การอบสีรถ เป็นต้น

2. การให้พลังงานความร้อนทางอ้อม หมายถึง การให้พลังงานความร้อนจากไอน้ำ ก๊าซร้อน หรือน้ำมันร้อน การถ่ายเทความร้อนให้ผลิตภัณฑ์โดยอ้อม ได้แก่ เตาอบอุตสาหกรรม อุตสาหกรรมยาสูบ เป็นต้น

แนวทางการจัดการพลังงานในอุตสาหกรรม

การดำเนินการแนวทางการจัดการพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม คือ การควบคุมปริมาณการใช้พลังงานหรือการได้ผลผลิตมากขึ้นในปริมาณการใช้พลังงานเท่าเดิม เป็นหลักการและแนวคิดสำหรับการเลือกพิจารณาในการลงทุกแนวทางการประหยัดพลังงาน

1. ควบคุมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า

ค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด (kW) คือ ค่าธรรมเนียมที่คิดจากการจำนวนความต้องการไฟฟ้าในหนึ่งเดือนตามอัตราความแตกต่างของผู้ใช้ไฟฟ้าแต่ละประเภทของผู้ใช้ไฟฟ้าค่าความต้องการไฟฟ้า (Demand change) เป็นค่าธรรมเนียมที่คิดจากจำนวนความต้องการไฟฟ้าเฉลี่ย 15 นาที สูงสุดของเดือนนั้น ๆ แนวทางในการลดค่าความต้องการไฟฟ้าสูงสุด ต้องทำความเข้าใจกับคำว่าตัวประกอบโหลด (Load factor) เสียก่อน ตัวประกอบโหลดเป็นค่าที่ได้จากการวัดสม่ำเสมอจากการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีคำจำกัดความดังนี้

$$\text{ตัวประกอบโหลด} = \frac{\text{จำนวนกิโลวัตต์-ชั่วโมงที่ใช้งานทั้งหมดต่อเดือน x 100\%}}{\text{กิโลวัตต์สูงสุด x จำนวนชั่วโมงในเดือนนั้น}} \qquad (2\text{-}7)$$

จากตัวแปรสมการประกอบโหลดจะเห็นว่าตัวแปรที่ทำให้เปอร์เซนต์ตัวประกอบโหลดสูงหรือต่ำจะมีด้วยกัน 2 ตัว คือ จำนวณพลังงานที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) และจำนวนกิโลวัตต์สูงสุดหรือความต้องการไฟฟ้าสูงสุด (Peak demand) เพราะฉนั้นเราสามารถเพิ่มตัวประกอบโหลดได้ 2 วิธี

1.1 การลดจำนวนกิโลวัตต์สูงสุด (Peak demand) ให้ลดลง

1.2 การลดใช้กิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) ลดลง เพื่อให้สมดุลกับจำนวน Peak demand ที่ลดลง อันจะมีผลทำให้อัตราส่วนของค่าทั้งสองเพิ่มขึ้น แต่การลดจำนวณกิโลวัตต์-ชั่วโมง (Unit) จะมีผลต่อการเพิ่มค่าตัวประกอบโหลดไม่มากนัก แต่จะส่งผลโดยตรงต่อค่าทางไฟฟ้าที่ลดลง

2. การประหยัดพลังงานไฟฟ้าจากระบบแสงสว่าง

2.1 การทำความเข้าใจกับพื้นที่ความเหมาะสมการใช้งาน ว่าแต่ละพื้นที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานแสงสว่างปริมาณแสงเท่าไหร่ การเลือกสีห้องที่สะท้อนแสงสว่างสามารถประหยัดแสงสว่างได้ประมาณ 20% สำหรับความสว่างที่มีค่าเท่า ๆ กัน

2.2 การออกแบบแสงสว่างให้ความเหมาะสมกับงานแต่ละประเภท และเหมาะสมกับการประกอบกิจกรรมต่าง ๆ ดำเนินไปอย่างมีประสิทธิภาพ และเกิดความปลอดภัย วิธีการออกแบบ

ให้แสงสว่างที่เหมาะสมจึงเป็นสิ่งสำคัญของการออกแบบระบบไฟฟ้าแสงสว่าง ซึ่งสามารถออกแบบได้ 3 วิธี คือ

วิธีที่ 1 การให้แสงสว่างแบบมีความสว่างเกือบเท่ากันตลอดพื้นที่

วิธีที่ 2 การให้แสงสว่างเฉพาะพื้นที่

วิธีที่ 3 การให้แสงสว่างเฉพาะตำแหน่ง

2.3 มาตรการประหยัดพลังงานในระบบแสงสว่าง มีแนวทางการใช้แสงธรรมชาติเข้ามาใช้ โดยการใช้แผ่นหลังคาใส เพื่อนำแสงเข้ามาใช้ในโรงงาน

2.4 การเลือกใช้หลอดไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพสูงเพื่อประหยัดค่าไฟฟ้า เช่น หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ T5 หรือ หลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี

3. การเลือกบัลลาสต์

บัลลาสต์ คือ อุปกรณ์ที่ใช้ในการเปิดติดและควบคุมไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้เหมะสม ซึ่งสามารถแบ่งได้ 3 ชนิด คือ

3.1 บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา บัลลาสต์ชนิดนี้เป็นบัลลาสต์ที่ทำหน้าที่เป็นตัวเหนี่ยวนำซึ่งเป็นส่วนหน้าของวงจรสตาร์ทสำหรับหลอดไฟฟ้า เมื่อเริ่มป้อนไฟฟ้าให้กับวงจร ตัวสวิตช์ Bimetal ในสตาร์เตอร์จะอยู่ในตำแหน่งปิด เมื่อกระแสไหลผ่านไส้หลอดโดยผ่านทางสวิตช์ Bimetal ซึ่งจะทำให้ไส้หลอดปล่อยอิอ่อนเข้าสู่หลอด ในที่สุดเมื่อสวิทช์ Bimetal ร้อนมากขึ้นจะเปิดวงจรตัวเหนี่ยวนำจะพยายามที่จะรักษาระดับความกระแสไฟฟ้าที่ไหลและกำเนิดแรงดันสูงตกคร่อมหลอดและผลจากการที่มีอิออนออกมาอย่างต่อเนื่องหลอดก็จะ Strike ทันทีที่เกิดการ Discharge ขึ้นซึ่งตามธรรมชาติของขดลวดที่พันรอบแกนเหล็ก เมื่อผ่านกระแสไฟฟ้า แกนเหล็กจะเกิดการอิ่มตัวทำให้มีกำลังสูญเสียขึ้น เรียกว่า Ballast loss บัลลาสต์ชนิดขดลวดสำหรับหลอดฟลูออเรสเซนต์ ส่วนที่มีอยู่ในปัจจุบันเป็นแบบ Induction (ค่า Power factor ของบัลลาสต์ชนิดนี้มีค่าประมาณ 0.5) โดยบัลลาสต์ชยนิดนี้จะมีพลังงานสูญเสียประมาณ 10-14 วัตต์

3.2 บัลลาสต์แกนเหล็กแบบประสิทธิภาพสูง หรือบัลลาสต์โลว์ลอส์ (Low loss ballast) เป็นบัลลาสต์ที่พัฒนาโดยใช้แกนเหล็กที่มีคุณภาพดี มีความต้านทานของขดลวดน้อยลง ทำให้เกิดกำลังสูญเสียของขดลวดและกำลังสูญเสียจากการอิ่มตัวของแกนเหล็กน้อยลง ซึ่งการสูญเสียพลังงานโดยรวมจะลดลงเหลือ 5-6 วัตต์ต่อตัว

3.3 บัลลาสต์อิเล็กทรอนิกส์ (Electronic ballast) เป็นบัลลาสต์ที่ทำด้วยชุดวงจรอิเล็กทรอนิกส์ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานน้อยประมาณ 1-2 วัตต์ สามารถขับหลอดฟลูออเรสเซนต์ได้ประมาณ 1-4 หลอด

4. มอเตอร์

มอเตอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล เพื่อเอาไปใช้งานในแต่ละประเภทที่ต้องการใช้งานเพื่อให้ได้งานตามความต้องการ ซึ่งมอเตอร์ที่ใช้กันในปัจจุบันในอุตสาหกรรมมีทั้ง ดีซีมอเตอร์ มอเตอร์เหนี่ยวนำแบบกรงกระรอก มอเตอร์เหนี่ยวนำโดยโรเตอร์ขดลวด มอเตอร์ซิงโครนัส เป็นต้น

การพิจารณาการเลือกใช้มอเตอร์ให้มีประสิทธิภาพสูงประหยัดพลังงานและมีอายุการใช้งานนานควรปฏิบัติดังต่อไปนี้

4.1 การเลือกขนาดและชนิดของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับงาน

4.2 ใช้มอเตอร์ที่มีขนาดพิกัดเหมาะสมกับโหลด เพราะการใช้มอเตอร์ที่มีขนาดใหญ่เกินไปจะทำให้มอเตอร์ทำงานที่โหลดต่ำ ซึ่งเป็นสภาวะการทำงานที่ไม่ดี โดยทั่วไปประสิทธิภาพของมอเตอร์จะมีค่าสูงสุดที่โหลดประมาณ 80-100% ของขนาดพิกัดมอเตอร์

4.3 ถ้ามอเตอร์มีขนาดใหญ่ทำงานเป็นเวลานาน ๆ ควรติดตั้งตัวเก็บประจุ (Capacitor) ที่มีขนาดเหมาะสม เพื่อช่วยลดกำลังงานที่สูญสียในระบบไฟฟ้า

4.4 การกำจัดภาระว่าง (Idel running) คือ พยายามเดินมอเตอร์ที่โหลดสูง จำนวนน้อยเครื่อง

4.5 หลีกเลี่ยงการเดินมอเตอร์ตัวเปล่า เพราะขณะที่มอเตอร์เดินตัวเปล่าโดยไม่มีโหลด กำลังงานที่มอเตอร์ดึงเข้าไปจะถูกเปลี่ยนไปเป็นกำลังงานสูญเสียทั้งหมด

4.6 แก้เพาเวอร์แฟคเตอร์ให้สูงขึ้น

4.7 การลดภาระทางกล ทำได้โดยทำการซ่อมเครื่องที่ชำรุด หยุดการเดินเครื่องที่ไม่จำเป็น ปรับการทำงานให้เหมาะสมกับโหลด โดยการลดขนาดภาระโหลด หรือการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์ เป็นต้น

จากสมการ

$$\left(\frac{Q_2}{Q_1}\right)^3 = \left(\frac{N_2}{N_1}\right)^3 = \left(\frac{kW_2}{kW_1}\right) \qquad (2\text{-}10)$$

Q_1 คือ อัตราสูบก่อนปรับปรุง (100%)

Q_2 คือ อัตราสูบหลังปรับปรุง (80%)

N_1 คือ ความเร็วรอบเครื่องสูบน้ำก่อนปรับปรุง (รอบต่อนาที)

kW_1 คือ กำลังไฟฟ้าก่อนปรับปรุง (กิโลวัตต์)

4.8 การระบายความร้อนของมอเตอร์ต้องดี เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไปจะทำให้อายุการใช้งานสั้นลง และการกินกำลังไฟฟ้าสูง

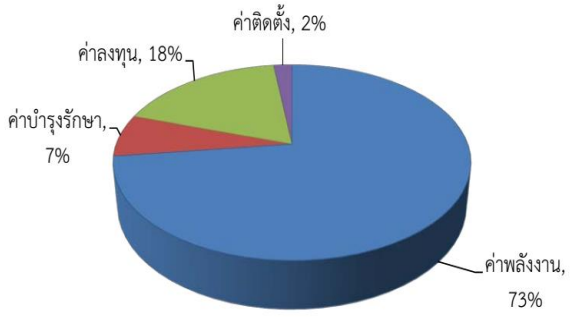
4.9 ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าให้กับมอเตอร์อย่างเหมาะสม

4.10 ทำการบำรุงรักษาเครื่องอย่างสม่ำเสมอ ตรวจสอบว่ามีกระแสไฟฟ้ารั่วหรือไม่ เพื่อความปลอดภัยและประหยัดพลังงาน

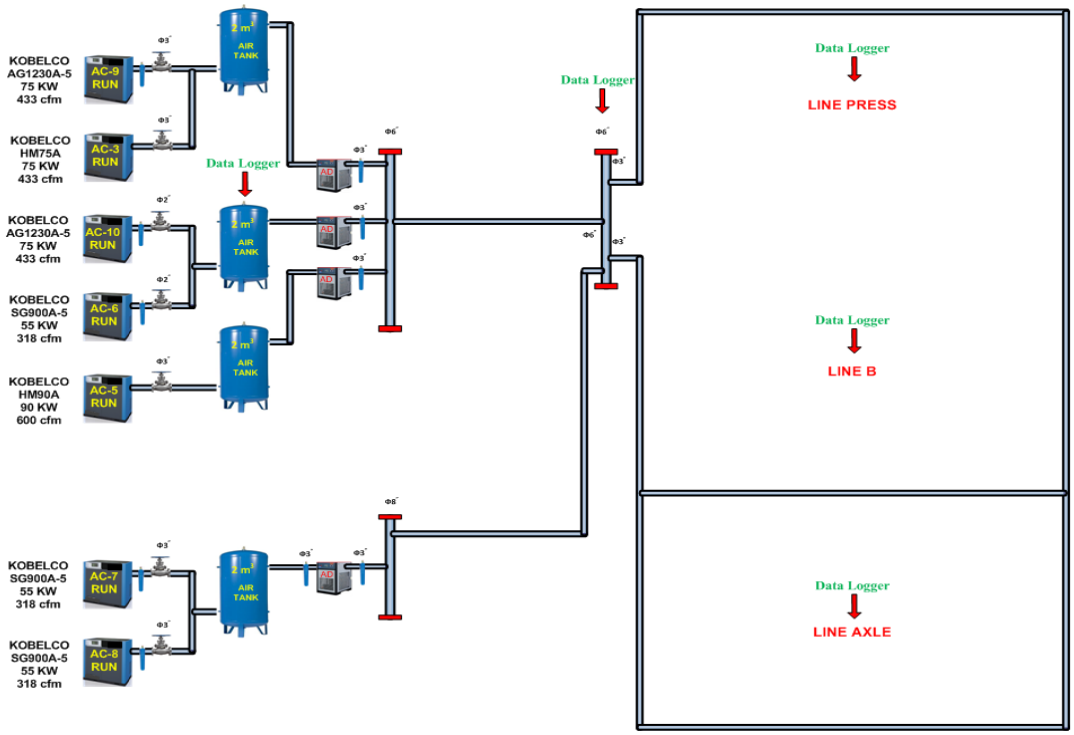
5. ระบบอากาศอัด

5.1 ระบบอากาศอัด (Compressed air system) หรือที่เรียกว่า ระบบปั๊มลม เป็นระบบที่มีการใช้กันอย่างแพร่หลายในโรงงานอุตสาหกรรมทั้งขนาดใหญ่ และขนาดเล็ก โดยจะใช้เป็นแหล่งกำเนิดและป้อนอากาศอัดให้แก่อุปกรณ์ต่าง ๆ รวมทั้งระบบควบคุมนิวแมติกส์ โดยเฉลี่ยระบบอากาศอัดใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 20% ถึง 30% ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงาน

5.2 ระบบอากาศอัดมีค่าใช้จ่ายด้านพลังงานมากกว่าราคาค่าซื้อเครื่องอัดอากาศ มีสัดส่วน ดังภาพที่ 2-1 การบริหารจัดการอย่างเหมาะสม จะสามารถประหยัดพลังงาน ลดการบำรุงรักษา ลดเวลาการพักเครื่อง เพิ่มปริมาณผลผลิต และทำให้คุณภาพอากาศที่ได้ดี ส่งผลต่อการประหยัดการใช้พลังงาน 20% ถึง 50% ของปริมาณการใช้ไฟฟ้าหรืออาจจะมากกว่า ซึ่งนับเป็นมูลค่าการประหยัดพลังงานที่มากสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม และเป็นแนวทางการลดค่าการใช้พลังงานที่เป็นลำดับต้นของมาตรการทั้งหมดของแต่ละโรงงาน



ภาพที่ 2-1 กราฟค่าใช้จ่าย ของระบบอากาศอัด



ภาพที่ 2-2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบอากาศอัด

5.3 เครื่องอัดอากาศเป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการเพิ่มความดันให้กับอากาศ ทำให้อากาศมีความดันสูงขึ้น แล้วส่งผ่านอากาศที่ถูกอัดไปยังสถานที่ใช้งาน ภายในเครื่องมีส่วนประกอบหลัก ๆ เช่น เครื่องกรองอากาศชุดคอมเพรสเซอร์ ชุดระบายความร้อนอากาศอัด และชุดกรองละอองน้ำมัน ดังภาพที่ 2-2 ส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบอากาศอัด

5.3.1 เครื่องกรองอากาศ (Air filter) ซึ่งจะมีทั้งส่วนของการกรองอากาศก่อนเข้าเครื่องอัดอากาศ และส่วนของการกรองอากาศก่อนเข้าถังเก็บอากาศ เพื่อกรองฝุ่นละอองก่อนการนำไปใช้งาน

5.3.2 ชุดคอมเพรสเซอร์ (Compressor) มีหลากหลายตามลักษณะของการอัด เช่น แบบใช้แรงเหวี่ยง (Centrifugal compressor) แบบลูกสูบ (Reciprocating compressor) แบบ Rotary (Screw compressor) แบบ Rotary (Vane type)

5.3.3 ชุดกรองละอองน้ำมัน (Oil filter) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการกรองละอองน้ำมันออกจากอากาศอัดที่มาจากเครื่องอัดอากาศ เนื่องจากในเครื่องอัดอากาศมีการใช้น้ำมันหล่อลื่นในการหล่อลื่นส่วนต่าง ๆ ขณะเครื่องอัดทำงานอุปกรณ์ระบายความร้อนหลังเครื่อง

อัดอากาศ (After cooler) เป็นอุปกรณ์ระบายความร้อนของอากาศที่อัดแล้วให้เย็นลงเพื่อให้เหมาะกับการใช้งาน

5.3.4 ถังเก็บอากาศ (Air receiver tank) เป็นถังที่ใช้เก็บอากาศอัดมีประโยชน์ในเรื่องของการให้เครื่องเดินและหยุดยาวออกไป เพื่อป้องกันมอเตอร์เดินและหยุดถี่เกินไปอันอาจทำให้มอเตอร์ไหม้เสียหายได้ ใช้สำรองอากาศอัดไว้ให้เครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดครั้งละมาก ๆ และป้องกันมิให้ความดันระบบตกเมื่อมีการใช้อากาศปริมาณมาก ๆ ในแต่ละครั้ง

5.3.5 เครื่องทำอากาศแห้ง (Air dryer) เป็นอุปกรณ์ที่ทำให้อากาศอัดแห้งได้ตามที่อุปกรณ์ใช้อากาศอัดต้องการ

5.4 การประหยัดพลังงานในเครื่องอัดอากาศ การพิจารณาแนวทางการประหยัดพลังงานมาจากการการคำนวนผลการพิจารณาดังนี้

5.4.1 การคำนวณหาสมรรถนะของเครื่องอัดอากาศ (ประกอบ เอี่ยมสะอาด, 2549) คือ

$$\text{Specific Power Consumption} = \frac{\text{Power Consumption}}{\text{Free Air Delivered}} \qquad (2\text{-}11)$$

เมื่อ Power consumption (kWe) คือ ค่ากำลังงานไฟฟ้าที่ป้อนเข้าเครื่องอัดอากาศ (kW)

Free air delivered (QFAD) คือ อัตราการไหลของอากาศที่สภาวะมาตรฐาน (Nl/sec)

5.4.2 สำรวจรอยรั่วในระบบเครื่องอัดอากาศเป็นประจำ เพื่อลดมูลค่าการสูญเสียที่เกิดขึ้นจากลมรั่ว การวางมาตรการการบำรุงรักษา และลดลมรั่ว เพื่อการประหยัดพลังงาน โดยคำนวณการรั่วไหลของอากาศอัดเฉพาะจุด (ระบบอัดอากาศ) ได้ดังสมการ

$$Qleak = Ck \times d2 \times (Pg + Po) \ \text{l/sec} \qquad (2\text{-}12)$$

เมื่อ Ck คือ ค่าคงที่ของการรั่วไหลของอากาศอัดโดยตรง

d คือ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูรั่ว (mm)

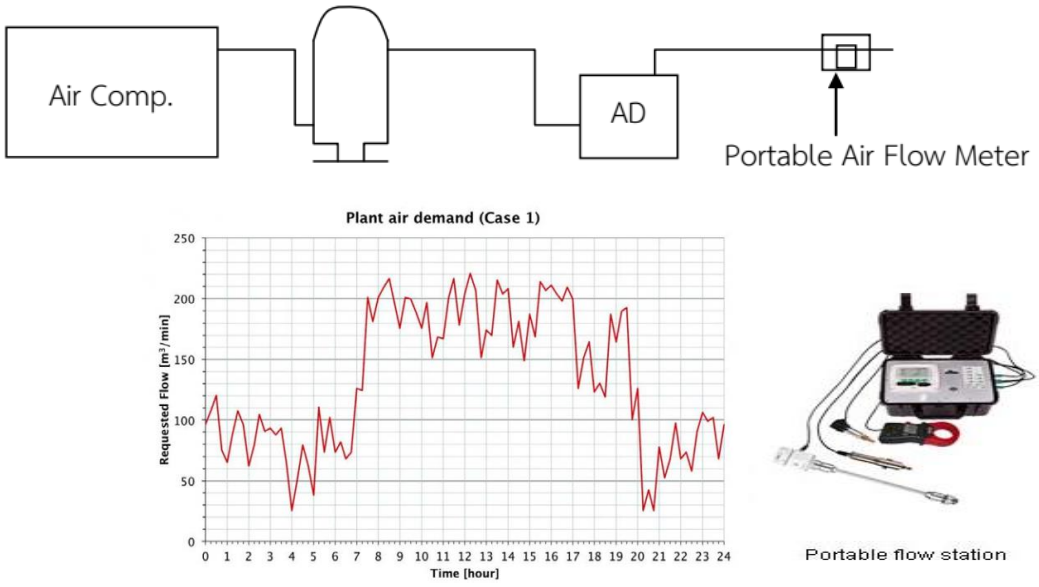
Pg คือ ค่าแรงดันเกจ ณ จุดรั่วไหล (bar)

Po คือ ความดันสัมบูรณ์ (1. 013bar)

ตารางที่ 2-1 ผลการคำนวณหาปริมาณลมรั่วและค่าการสูญเสียพลังงาน

ลำดับ	ขนาดรู (mm.)	ความดัน (bar)	ค่าการรั่วไหล (l/sec)	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)	มูลค่าพลังงาน (บาท/ปี)
1	3	4	7.2	28,130	105,207
2	3	3.2	6.1	16,619	62,154
3	2	4	3.2	10,400	38,896

4.3 การติดตั้ง Flow meter เพื่อให้สะดวกกับการตรวจสอบปริมาณลม ดังภาพที่ 2-3 ใช้เก็บข้อมูลพิจารณาในแต่ละช่วงเวลา เพื่อช่วยในการวิเคราะห์ปริมาณการใช้งานจริง



ภาพที่ 2-3 การติดตั้ง Flow meter วัดปริมาณลม

4.4 การจัดลำดับการใช้งานให้เครื่องอัดอากาศที่มีสมรรถนะสูง ทำงานให้ได้มากที่สุด สามารถจัดการทำงานของเครื่องอัดอากาศโดยให้เครื่องอัดอากาศที่มีสมรรถนะสูงเดินก่อนและที่มีสมรรถนะต่ำ ไว้เป็นตัวสำรองในกรณีที่มีการหยุดซ่อมบำรุงเครื่องอัดอากาศ

4.5 การลดแรงดันใช้งานเครื่องอัดอากาศ เพื่อลดค่าพลังงานไฟฟ้าจากช่วงเวลา % Onload และ % Unload ในการลดแรงดันการใช้งานลง 1 บาร์ มีผลกับการลดค่าพลังงานลง 6-10%

6. เตาอบอุตสาหกรรม

เตาอบอุตสากกรรมนั้นมีหลากหลายในโรงงานทั่วไป โดยหน้าที่ของเตาแต่ละประเภททำหน้าที่แตกต่างกัน ตามอุณหภูมิการใช้งานของเตาแต่ละประเภท ซึ่งเตาที่มีอุณหภูมิสูงก็จะมีการใช้พลังงานที่สูงและมีการสูญเสียพลังงานที่สูงเช่นกัน

ตารางที่ 2-2 อุณหภูมิทำงานเตาอุตสาหกรรม

ประเภทเตาแยกตามลักษณะการใช้งาน	อุณหภูมิภายในเตา (˚C)
เตาอบเหล็ก	600-1,100
เตาหลอมแก้ว	1,000-1,300
เตาเผาเซรามิคส	700-1,100
เตาเผาซีเมนต์	650-700
เตาเผากำจัดของเสีย	650-1,000

อัตราผลตอบแทนการลงทุน

การประเมินผลตอบแทนการลงทุน สำหรับงานวิจัยนี้จะอยู่ในรูปแบบของระยะเวลาคืนทุน (Payback period) และอัตราผลตอบแทนทางการเงิน (Financial internal rate of ratio, FIRR) ซึ่งเป็นลักษณะเดียวกับอัตราผลตอบแทนภายใน (Internal rate of ratio, IRR) หรืออัตราการปรับลด (Discount rated, i) ที่ทำให้ค่าปัจุบันสุทธิ (Net present value) ของกระแสเงินในยอดรายรับเท่ากับรายจ่ายเมื่อสิ้นสุดโครงการ ดังสมการ

$$\text{ระยะเวลาคืนทุน} = \frac{\text{เงินที่ใช้ลงทุนมาตรการ}}{\text{ผลประหยัดพลังงาน}} \qquad (2\text{-}13)$$

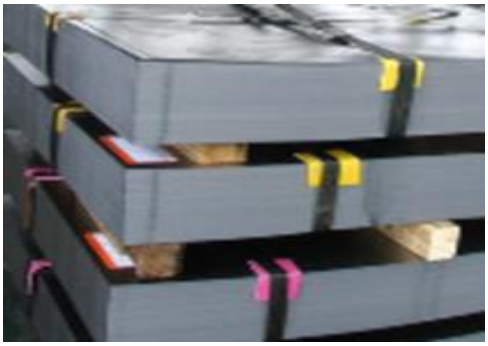
กระบวนโรงงานผลิตชิ้นส่วนช่วงล่างรถยนต์

งานวิจัยที่ศึกษาพบว่าในกระบวนการผลิตชิ้นส่วนตัวถังช่วงล่างรถยนต์ มีกระบวนการสำคัญที่จะพบปัญหาในกระบวนการผลิต 4 กระบวนการหลัก ได้แก่ 1) เครื่องปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน 2) กระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนยานยนต์ 3) กระบวนการชุบสี 4) กระบวนการกลึงชิ้นงาน

จากกระบวนการหลักทั้ง 4 กระบวนการผลิตของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์โดยมีขั้นตอน ตามกระบวนการดังนี้

1. กระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน

กระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงานมีการนำเอาวัตถุดิบ คือ แผ่นเหล็กเรียบมาทำการตัดเพื่อให้ได้รูปและขนาดที่มีความเหมาะสม ดังภาพที่ 2-4 (ก) โดยกระบวนการปั๊มรูปชิ้นงานใช้เครื่องปั๊มงาน (Press stampimg) ดังภาพที่ 2-4 (ข) โดยเครื่องจักรดังกล่าวจะมีการใช้พลังงานและทรัพยากรที่เป็นองค์ประกอบสำคัญในการผลิตชิ้นงานให้ได้ตามมาตรฐาน ยังมีของเสียที่ไม่ใช่ผลิตภัณฑ์ที่ต้องการอยู่ด้วย ยกตัวอย่างเช่น เศษเหล็กที่เกิดจากการตัดของปั๊มชิ้นงาน และน้ำมันหล่อลื่นที่ใช้ในการหล่อลื่นชิ้นงานในขณะทำการปั๊มชิ้นงาน



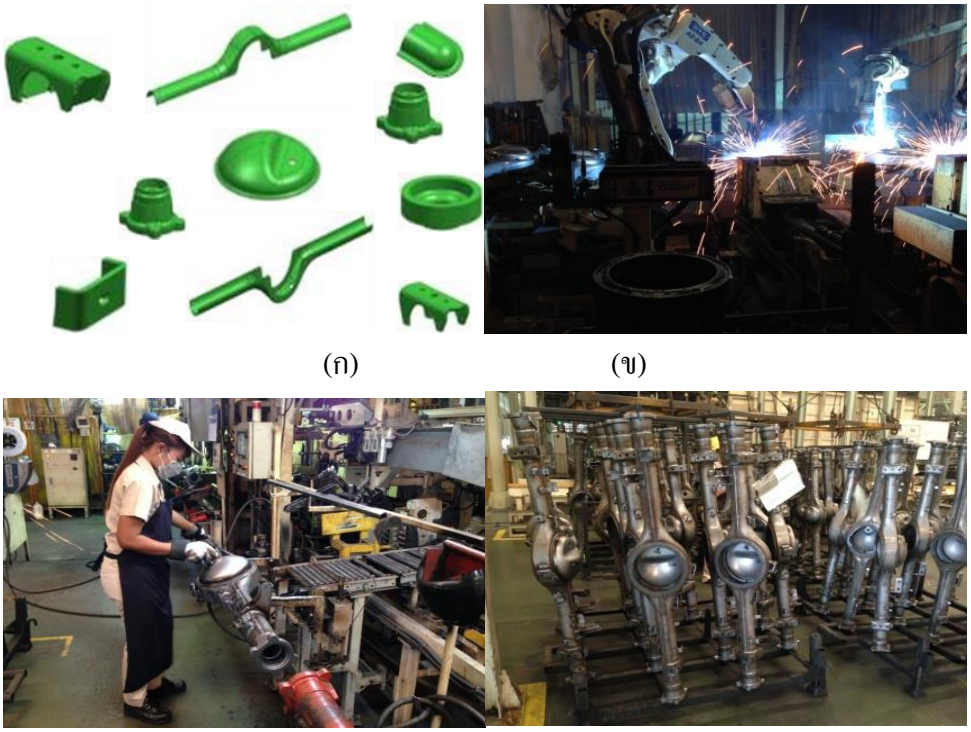
(ก)

(ข)

ภาพที่ 2-4 กระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน

2. กระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนยานยนต์

เป็นการนำเอาชิ้นส่วนที่ผ่านกระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน ดังภาพที่ 2-5 (ก) มาเข้าสู่กระบวนการเชื่อมประกอบด้วยเครื่องเชื่อมไฟฟ้าทั้งจากคนเชื่อมและโรบอทเชื่อม ดังภาพที่ 2-5 (ข) เพื่อให้ได้รูปร่างและขนาดตามความต้องการ และผ่านกระบวนการตรวจสอบจากฝ่ายผลิตโรงงานในตรวจสอบตามมาตรฐาน ดังภาพที่ 2-5 (ค) หลังจากนั้นก็จะทำการจัดใส่พาเรท ดังภาพที่ 2-5 (ง) เพื่อเตรียมจัดส่งเข้าสู่กระบวนการชุบสีถัดไป



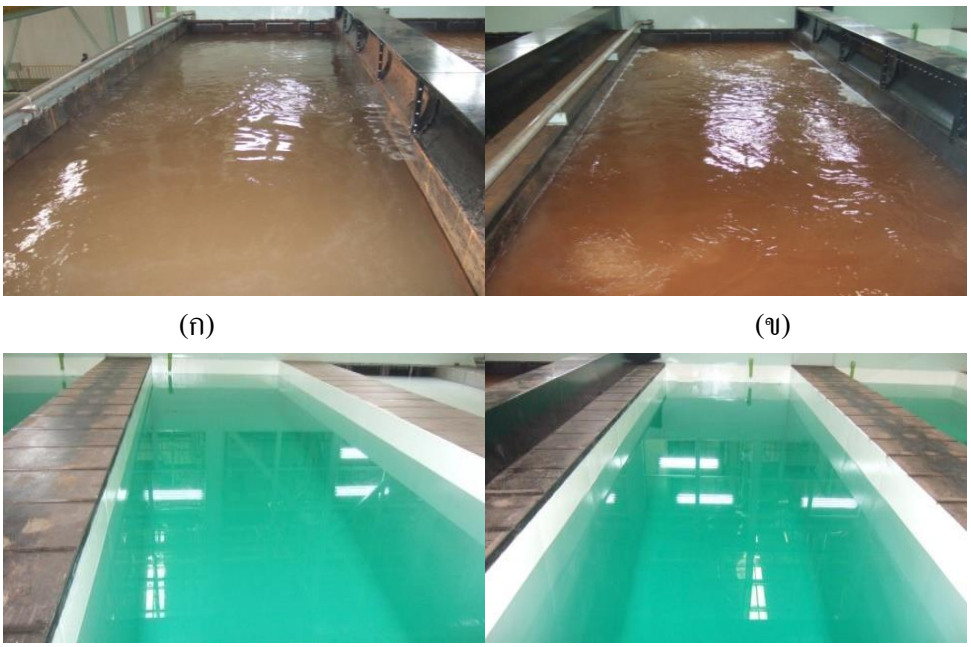
(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 2-5 กระบวนการเชื่อมประกอบชิ้นส่วนยานยนต์

3. กระบวนการชุบสี

มีการทำความสะอาดชิ้นงานด้วยความร้อนและสารเคมีก่อนเข้าสู่การชุบสีด้วยวิธีปล่อยกระแสไฟฟ้าเพื่อการยึดเกาะของสีให้แข็งแรงที่อุณหภูมิและเวลาเหมาะตรงมาตรฐานของสีแต่ละประเภท ตามกระบวนการ ดังภาพที่ 2-6 (ก) (ข) การล้างทำความสะอาดชิ้นงานด้วยความร้อนในบ่อน้ำร้อนที่ 1 และน้ำร้อนที่มีการผสมกับเคมีในบ่อที่ 2 หลังจากนั้นจะทำการล้างชิ้นงานด้วยน้ำประปาครั้งที่ 1ในบ่อที่ 3 และน้ำประปาครั้งที่ 2 ในบ่อที่ 4 ดังภาพที่ 2-6 (ค) (ง)



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 2-6 บ่อทำความสะอาดชิ้นงานด้วยสารเคมี

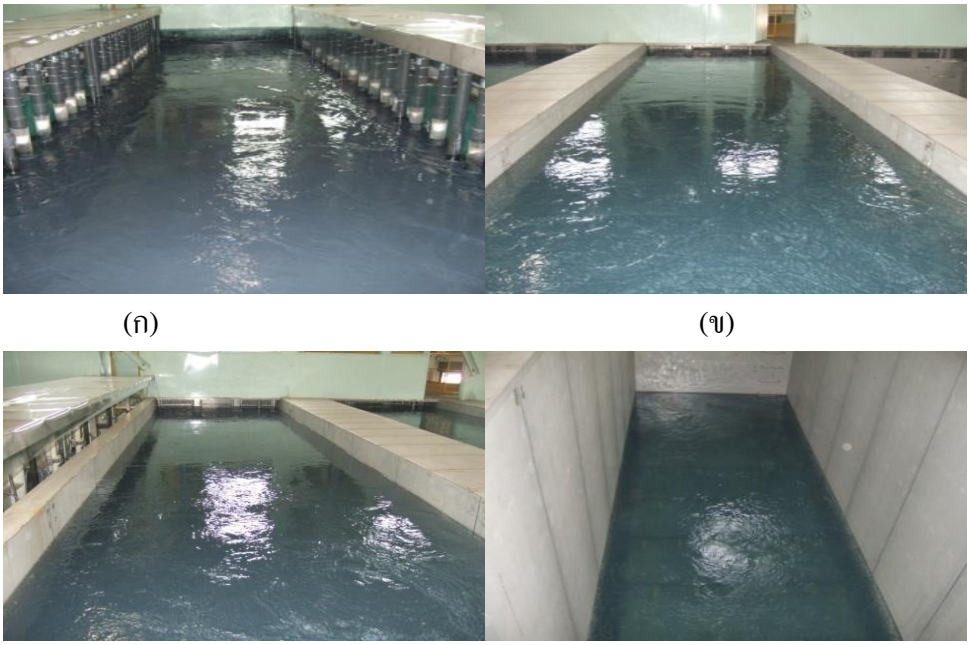
จากการล้างชิ้นงานด้วยความร้อนและสารเคมีเพื่อให้ชิ้นงานสะอาด จากนั้นเข้าสู่การปรับสภาพผิวของชิ้นงานด้วยน้ำยาปรับสภาพผิว ดังภาพที่ 2-6 (ก) บ่อเซอเฟต และเข้าสู่การเคลือบผิว ดังภาพที่ 2-6 (ข) ที่บ่อฟอสเฟส ทำการล้างน้ำยาฟอสเฟตส่วนเกินที่ติดมาจากบ่อของฟอสเฟตออกด้วยบ่อน้ำประปา 3 ดังภาพที่ 2-7 (ค) และล้างชิ้นงานให้มีความสะอาดปราศจากไอออนรบกวนระบบชุบสี ดังภาพที่ 2-7 (ง) โดย Deionzed water คือ กระบวนการทำให้น้ำบริสุทธิ์

(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 2-7 บ่อเตรียมสีผิวชิ้นงาน

จากกระบวนการเตรียมสีผิวของชิ้นงานแล้ว กระบวนการถัดไป คือ การชุบสีจริงให้กับชิ้นงานเพื่อให้ได้สีที่ตรงตามความต้องการ ขั้นตอนการชุบสีให้กับชิ้นงาน การเกิดชั้นฟิล์มของสีเคลือบปกคลุมพื้นผิวของวัสดุ โดยเทคนิคที่ใช้ในการชุบ คือ การชุบด้วยไฟฟ้า และจะทำการล้างสีที่ติดมาจากบ่อชุบสีด้วยน้ำล้างสีบ่อที่ 1 และน้ำล้างสีบ่อที่ 2 ดังภาพที่ 2-8 (ก) (ข) หลังจากนั้นทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาด ดังภาพที่ 2-8 (ง) Deionzed water คือ กระบวนการทำให้น้ำบริสุทธิ์



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 2-8 บ่อชุบสีจริงด้วยระบบไฟฟ้า

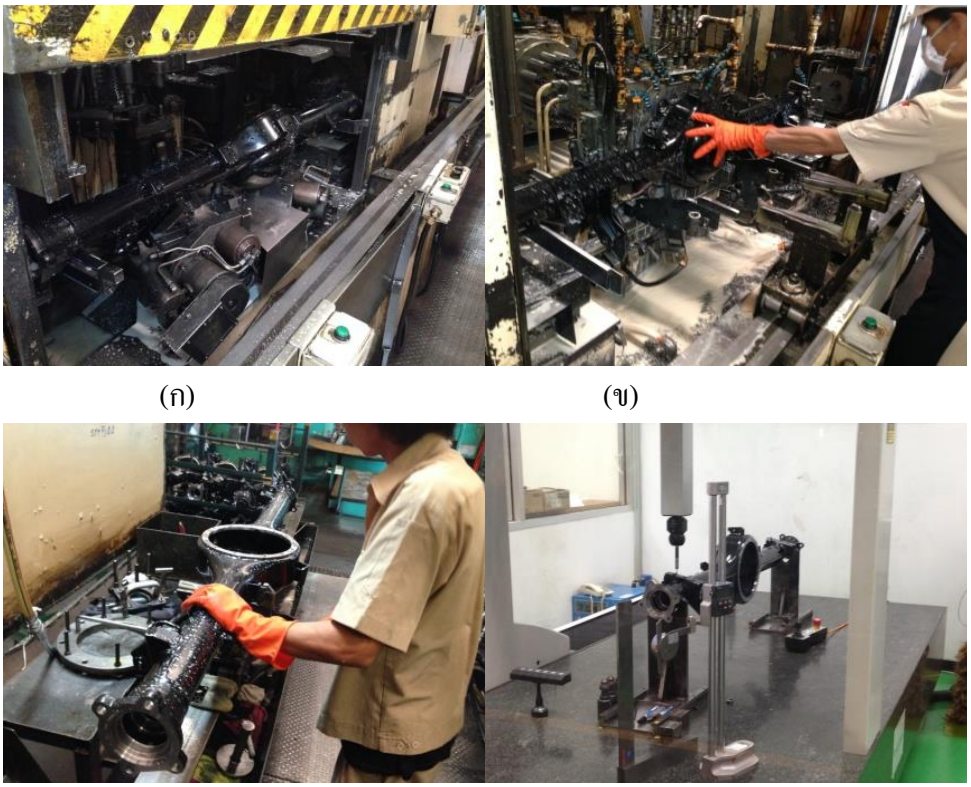
จากกระบวนการชุบสีด้วยระบบไฟฟ้าแล้วชิ้นงานก็ต้องมาผ่านกระบวนการทำสีให้แห้ง เพื่อเพิ่มความแข็งแรง การยึดเกาะของสี และความมันเงาและทนต่อทุกสะภาพผิวด้วนกระบวนการอบสีด้วยความร้อนที่อุนหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ตามมาตฐานของสีแต่ละประเภท ดังภาพที่ 2-9 (ก) (ข)

(ก) (ข)

ภาพที่ 2-9 การอบสีให้ความร้อนด้วยก๊าซธรรมชาติ

4. กระบวนการกลึงชิ้นงาน

เป็นการปรับผิวงานให้ได้ตามมาตรฐานการประกอบชิ้นงานในแต่ละจุด เพื่อให้ตรงตามมาตารฐานและตรงตามมาตรฐานสากลทางด้านอุตสาหกรรมยานยนต์ ดังภาพที่ 2-10 (ก) (ข) (ค) (ง)



(ก) (ข)

(ค) (ง)

ภาพที่ 2-10 กระบวนการกลึงชิ้นงาน

กรณีศึกษาจากวรรณกรรม

นุภาพ แย้มไตรพัฒน์ (2558) การศึกษาการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานผลิตเรซินสังเคราะห์ การศึกษาลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานผลิตเรซินสังเคราะห์แห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมประเภทเคมี มีการใช้ทั้งพลังงานไฟฟ้าและความร้อน โดยมีทีมที่ปรึกษาทำงานแบบมีส่วนร่วมกับทีมอนุรักษ์พลังงานของโรงงาน โดยเริ่มต้นจากการสำรวจการใช้พลังงานเบื้องต้นในกระบวนการต่าง ๆ เพื่อนำมาวิเคราะห์และปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต จากนั้นหามาตรการอนุรักษ์พลังงานที่เหมาะสมกับเงินลงทุน และระยะเวลา

คืนทุน จากผลการดำเนินงาน พบว่า มาตรการทางไฟฟ้ามีทั้งหมด 10 โครงการ คิดเป็นผลประหยัด 516,676 Kwh/ปี ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 0.53 ปี มาตรการทางความร้อนมีทั้งหมด 5 โครงการ คิดเป็นผลประหยัด 6,145,350 MJ/ปี ระยะเวลาคืนทุนเฉลี่ย 0.41 ปี ใช้เงินลงทุนในโครงการทั้งหมด 1,422,580 บาท

ชนัญชิดา สายชุมดี และสุริยา พันธ์โกศล (2558) ศึกษาการใช้ระบบมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001: 2011 เพื่อปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งขนาดย่อมและขนาดกลางได้แบ่งขั้นตอนการศึกษาออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ทบทวนพลังงานเป็นการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ของการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ พบว่า เครื่องจักร/ อุปกรณ์ที่ส่งผลต่อการใช้พลังงานอย่างมีนัยสำคัญ ได้แก่ หม้อน้ำและคอมเพรชเซอร์ จากนั้นจัดลำดับโอกาสในการปรับปรุง ซึ่งประเมินจาก 3 ปัจจัยหลัก ได้แก่ ปริมาณการใช้พลังงาน โอกาสในการใช้งาน และศักยภาพในการปรับปรุง จากนั้นประเมินประสิทธิภาพพลังงานวิเคราะห์จากดัชนีชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงานโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิตกับปริมาณการใช้พลังงานได้ค่าการใช้พลังงานจำเพาะเฉลี่ย 877.06 MJ/ตัน และสร้างสมการฐานด้านพลังงานวิเคราะห์ถดถอยได้ค่า R^2=0.9529 จากนั้นกำหนดมาตรการอนุรักษ์พลังงานในส่วนที่ 2 ชื่อมาตรการการหุ้มฉนวนท่อส่งจ่ายไอน้ำจากนั้นประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานและดำเนินการปรับปรุงช่วยลดการใช้พลังงานความร้อนลงได้ 34,074.58 Mj/ปี คิดเป็นเงินที่ประหยัดได้ 17,565.58 บาท/ปี และมีระยะเวลาคืนทุน 0.38 ปี

ชมพูนิกข์ นามสุวรรณ และวิทยา ยงเจริญ (2558) การอนุรักษ์พลังงานภายในโรงพยาบาล: กรณีศึกษา โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช เป็นการศึกษาระบบการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาล โดยมีโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชเป็นกรณีศึกษา โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงพยาบาลมาทำการวิเคราะห์ และกำหนดหามาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชรองรับผู้ป่วยได้ 602 เตียง มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามีคนไข้เฉลี่ย 200,000 เตียงต่อวันต่อปี มีเจ้าหน้าที่ 1,525 คน มีชั่วโมงการทำงาน 8,760 ชั่วโมงต่อปี สามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานภายในโรงพยาบาลได้ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบปรับอากาศ 71.93% ระบบแสงสว่าง 17.39% และระบบอื่น ๆ อีก 10.69% จากการเก็บข้อมูลตัวอย่างในแต่ละระบบ พบว่า สาเหตุหนึ่งที่ทำให้โรงพยาบาลมีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เกิดจากประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์มีการเสื่อมลงจากการใช้งานเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงนำเสมอมาตรการ การเปลี่ยนอุปกรณ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณลดลง

ศิริศักดิ์ กิตติสารกุล (2558) การศึกษาการใช้การใช้ไฟฟ้าในโรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์ โดยการรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงาน การใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับเครื่องจักรมา

ทำการวิเคราะห์เพื่อปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้นจากการวิเคราะห์สภาพทั่วไปทำการวิเคราะห์ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า จากผลการวิเคราะห์ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้ามีค่า 0.692 สำหรับระบบแรงดัน 380 โวลท์ 3 เฟส และ 0.711 สำหรับระบบแรงดัน 220 โวลท์ 3 เฟส สำหรับการวิเคราะห์สภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรที่สำคัญ แบ่งการวิเคราะห์ออกเป็น 2 ส่วน คือ เตาหลอมโลหะไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำ และเตาอบชุบไฟฟ้า สำหรับผลการวิเคราะห์ พบว่าเตาหลอมไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำมีประสิทธิภาพร้อยละ 27 มีประสิทธิภาพตามกฎข้อที่ 2 ร้อยละ 19 และเตาอบชุบไฟฟ้าประสิทธิภาพเชิงความร้อนร้อยละ 13 และได้มีการเสนอแนวทางการประหยัดพลังงานให้มีการปรับปรุงชุดประกอบกำลังไฟฟ้าให้เป็น 0.95 จะมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 25 ต่อปี ระยะเวลาการลงทุน 11 เดือน ได้มีการเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยการเปลี่ยนเตาหลอมโลหะไฟฟ้าแบบเหนี่ยวนำจากระบบความถี่ต่ำเป็นระบบความถี่สูง และเตาอบไฟฟ้าได้มีการเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยการเปลี่ยนผนังจากอิฐทนไฟเป็นใยหิน ซึ่งมีอัตราผลตอบแทนการลงทุนร้อยละ 144 ต่อปี ระยะเวลาการคืนทุน 2 เดือน

พศวีร์ ศรีโหมด (2554) การศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานภายในคารเรียน มหาวิทยาลัยศรีปทุม ภาควิศวกรรมไฟฟ้า งานวิจัยนี้นำเสนอการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอาคารเรียน ค่าเกณฑ์ จากอาคารเป็นค่าแสดงการใช้ปริมาณพลังงานไฟฟ้าของอาคาร เป็นการแสดงการใช้ไฟฟ้าต่อการใช้ประโยชน์ภายใน จึงเป็นค่าแสดงเห็นถึงต้นทุนค่าใช้จ่ายทางด้านพลังงาน ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์วิเคราะห์ถึงค่าการใช้พลังงานในอาคารเรียนโดยมีการศึกษาเปรียบเทียบอาคารทั้งหมด 3 อาคาร คือ อาคาร ดร.สุข พุคยาภรณ์ (อาคาร 1) อาคาร 30 ปี ศรีปทุม (อาคาร 9) อาคารสยามบรมราชกุมาลี (อาคาร 5) และจัดทำข้อมูลเกณฑ์การใช้พลังงานไฟฟ้าของอาคารได้ 2 รูปแบบ 1) เกณฑ์การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อจำนวนผู้ใช้อาคาร และ 2) เกณฑ์การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อพื้นที่อาคารเรียนที่ปรับอากาศใช้งานจริง ซึ่งจากการวิเคราะห์พบว่าข้อมูลเกณฑ์การใช้พลังงานของอาคาร 5 มีต้นทุนค่าพลังงานไฟฟ้าสูงกว่า อาคารเรียนอื่น ซึ่งจากข้อมูลเกณฑ์การใช้พลังงานที่ได้จะเป็นประโยชน์ในการบริหารจัดการต้นทุนการใช้พลังงานและการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของอาคารเรียนของมหาลัยในอนาคตต่อไป

อมรรัตน์ แก้วประดับ (2546) การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทโลหะ งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประหยัดพลังงานในการวิเคราะห์พลังงานเพื่อกำหนดปริมาณการใช้พลังงานเฉพาะ (SEC) และหาแนวทางในการประหยัดพลังงานของอุตสาหกรรมโลหะ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าพลังงานที่ใช้ในอุตสาหกรรมนี้ สามารถแยกออกจากพลังงานไฟฟ้าและความร้อนได้ ขั้นแรกให้เปอร์เซ็นต์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่างระบบปรับ

อากาศกระบวนการผลิตและอื่น ๆ คือ ร้อยละ 3.36, 14.41, 81.74 และ 0.48 ตามลำดับ พบว่าพลังงานไฟฟ้าสูงสุดสำหรับกระบวนการผลิต ประการที่สองสำหรับความร้อนจากการศึกษาและวิเคราะห์ความสมดุลของพลังงานในเตาเผาพบว่าประสิทธิภาพเชิงความร้อนของเตาเผาเท่ากับ 25.46% ก่อนการปรับปรุงการใช้พลังงานเฉพาะของอุตสาหกรรมนี้คือ 38.97 GJ/TonAl และหลังจากปรับปรุงแล้วก็ลดลงเหลือ 31.61 GJ/TonAl มีผลิตภัณฑ์หลายประเภทที่ผลิตโดยอุตสาหกรรมนี้ เช่น Bush, Superload, T-55, FranfeKD, LG-7, LG-4 และ Finnew ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าการใช้พลังงานจำเพาะของ Bush, Superload, T-55, FranfeKD, LG-7, LG-4 และ Finnew เป็น 27.02, 28.10, 28.92, 29.42, 32.67, 34.97 และ 48.50 GJ/TonAl ตามลำดับ ในการศึกษานี้ทั้งสองวิธีสำคัญในการประหยัดพลังงานในโรงงานนี้ถูกคิดค้นขึ้นโดยมีและไม่มีการลงทุน หนึ่งวิธีการที่ไม่มีการลงทุนในอุตสาหกรรมนี้ คือ การย้ายเครื่องอัดอากาศไปยังตำแหน่งที่เหมาะสม ลดแรงกดของคอมเพรสเซอร์ ปรับความตึงของสายพานและควบคุมความต้องการสูงสุดที่สามารถประหยัดได้สำหรับ 2,349 kWh/ปี (5,684.58 บาท/ปี) 3,780 kWh/ปี (9,147.60 บาท/ปี) 2,502.58 kWh/ปี (6,056.23 บาท/ปี) และ 95 กิโลวัตต์ต่อปี (18,644.70 บาท/ปี) ตามลำดับ การประหยัดพลังงานสามารถประหยัดน้ำมันดิบได้ 923.74 ลิตรต่อปี (4,849.62 บาทต่อปี) 1,944 kWh/ปี (4,704.48 บาท/ปี) 6,832.63 kWh/ปี (16,534.97 บาท/ปี) และ 568.29 kWh/ปี (1,375.25 บาท/ปี) ตามลำดับ มีมูลค่าการลงทุน 10,000, 6,000, 2,500 และ 12,000 บาทตามลำดับ ผลการศึกษาพบว่าอัตราผลตอบแทนภายในและระยะเวลาคืนทุนเท่ากับร้อยละ 21.37 และ 2.06 สำหรับการกู้คืนความร้อนด้วยความร้อนร้อยละ 78.39 และ 1.28 ตามลำดับโดยมีการสูญเสียความมั่นคงร้อยละ 561 และ 0.15 สำหรับการใช้เครื่องปรับอากาศ เป็น 7.69% และ 8.73 ปีสำหรับการเพิ่มตัวเก็บประจุ

บทที่ 3
ขั้นตอนการดำเนินงาน

งานนิพนธ์นี้เป็นแนวทางการปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ เพื่อศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนในโรงงานรวมทั้งปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ โดยใช้ข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงานในปี พ.ศ. 2556 ถึงปี พ.ศ. 2558 มาวิเคราะห์ปรับปรุงปริมาณการใช้พลังงานรวมทั้งโรงงาน เพื่อนำไปเป็นฐานข้อมูลในการใช้ปรับปรุงปี พ.ศ. 2559 และทำการเปรียบเทียบกับปริมาณการผลิตของชิ้นงานในแต่ละปี

ข้อมูลโรงงานและกระบวนการผลิต

โรงงานที่ใช้ศึกษาเป็นโรงงาน ที่มีขนาดใหญ่ และจัดส่งชิ้นส่วนรถยนต์ให้กับโรงงานประกอบรถยนต์รายใหญ่ทั้งในประเทศและต่างประเทศ เช่น บริษัท Auto alliance Thailand, Ford Thailand Motor, General Motor Thailand, Isuzu Motor Company Thailand โดยมีแผนผังโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ ประกอบไปอาคารสำนักงานกับโรงอาหารและอาคารโรงงาน ภาพที่ 3-1 โดยอาคารสำนักงานกับโรงอาหารจะพิจารณาอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องกับพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ หลอดไฟฟ้า และในส่วนของกระบวนการผลิตในอาคารโรงงานที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ การปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน การเชื่อมประกอบ การชุบสี และการกลึงและในส่วนกระบวนการผลิตที่อยู่ในอาคารโรงงานที่เกี่ยวข้องกับพลังงานความร้อน ได้แก่ การชุบสี

ภาพที่ 3-1 แผนผังสำนักงานกับโรงอาหารและอาคารโรงงาน

แผนผังการดำเนินงาน

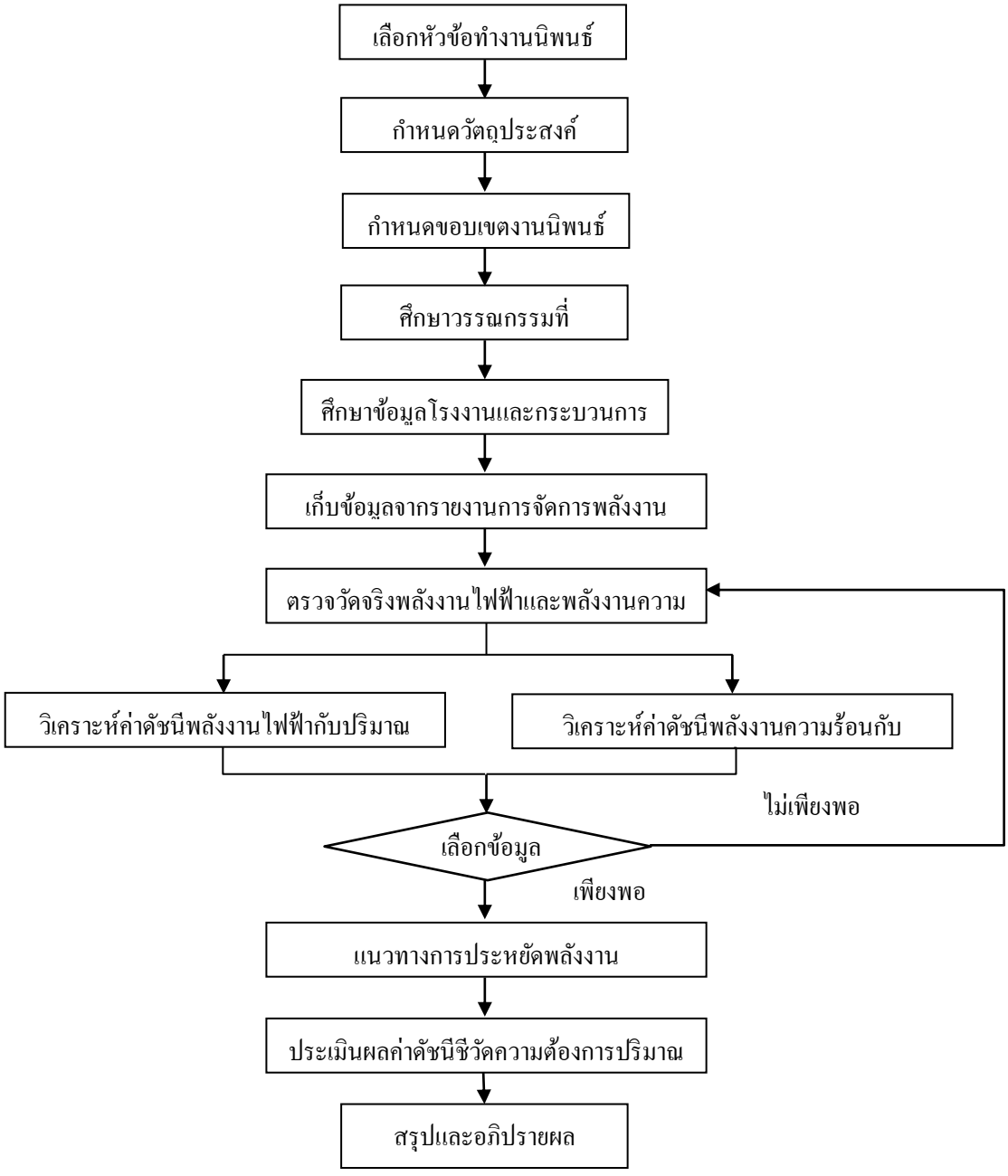
วิธีการศึกษาและการดำเนินงานวิจัยได้ทำการศึกษาหาข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงาน ปริมาณการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าพลังงานความร้อน รวมทั้งปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิต เพื่อนำมาหาค่าดัชนีชี้วัดวัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ โดยพิจารณาการใช้พลังงานที่สูงและมีการใช้ตลอดเวลา มีความเหมาะสมในการพิจารณาปรับปรุงด้วยการสำรวจตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าพลังงานความร้อนจริง เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลก่อนการดำเนินการปรับปรุง เพื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ในส่วนค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงาน เพื่อพิจารณาแนวทางการประหยัดความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน การพิจารณาการใช้พลังงานโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ พิจารณาตามภาพที่ 3-2 แผนผังวิธีการดำเนินงานของงานวิจัยเล่มนี้ ซึ่งในกระบวนการศึกษาในแต่ละกระบวนการถูกวางแยกออกเป็นส่วน ๆ เพื่อง่ายต่อการเก็บข้อมูลในการนำมาเปรียบเทียบค่าดัชนีชี้วัดวัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์

จากแผนผังวิธีการดำเนินงาน เพื่อนำมาหาค่าดัชนีชี้วัดวัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ โดยพิจารณาการใช้พลังงานที่สูงและมีการใช้ตลอดเวลา มีความเหมาะสมในการพิจารณาปรับปรุงด้วยการสำรวจตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าพลังงานความร้อนจริง เพื่อเป็นการเก็บข้อมูลก่อนการดำเนินการปรับปรุง เพื่อแยกข้อมูลมาวิเคราะห์ในส่วนค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานไฟฟ้าและปริมาณพลังงานความร้อน ตามอุปกรณ์เครื่องจักรในต่ละส่วน โดยพิจารณาโครงสร้างตามภาพที่ 3-3 แผนผังแสดงการใช้พลังงาน

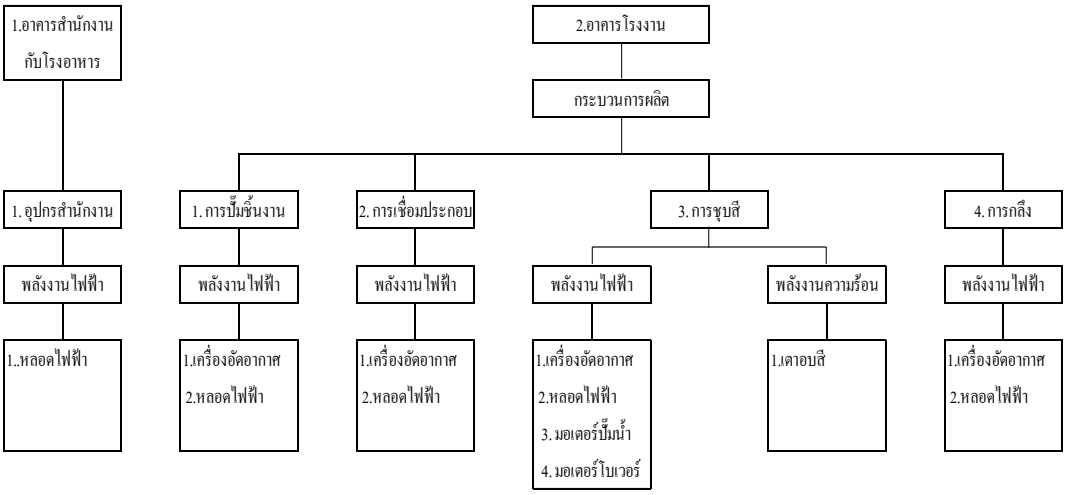
การรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการผลิตชิ้นงาน ได้แก่ คัสซีและเพลาเฟืองท้ายรถยนต์ เพื่อให้การดำเนินงานเป็นไปตามวัตถุประสงค์ จึงได้เข้าศึกษาประเมินระบบที่การใช้พลังงานที่สูง หรือเรียกว่า เครื่องจักร ในโรงงานพร้อมการนำข้อมูลที่มีการพิจารณาปริมาณการใช้ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าพลังงานความร้อน รวมทั้งปริมาณผลผลิตที่ได้จากกระบวนการผลิต เพื่อนำมาหาค่าดัชนีชี้วัดวัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ ในบางกรณีก็ทำการตรวจวัดจริง เพื่อให้ข้อมูลที่นำมาพิจารณามีความเป็นจริงกับสถานการณ์จริงที่เกิดขึ้น

การรวบรวมข้อมูลการบริหารจัดการพลังงานเพื่อนำมาปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน ผู้ทำวิจัยได้รวบรวมค่าพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนในแต่ละเดือน พร้อมกับผลรวมการผลิตในแต่ละเดือนมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานในแต่ละปี โดยแยกออกเป็นค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานไฟฟ้าและค่าดัชนีดัชนีชี้วัดความต้องการ

ความร้อนต่อปริมาณผลการผลิตในแต่ละเดือน จากนั้นนำไปวิเคราะห์ข้อมูลค่าดัชนีความต้องการปริมาณพลังงานในแต่ละปี เป็นภาพรวมทั้งองค์กรเกี่ยวกับการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนเที่ยบกับปริมาณผลผลิตในแต่ละปี และทำการสำรวจ



ภาพที่ 3-2 แผงผังวิธีการดำเนินงาน



ภาพที่ 3-3 แผนผังการใช้พลังงาน

ข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อหาแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานในโรงงานนี้โดยพิจารณาข้อมูลปัจจุบันที่ใช้งานหรือดำเนินการตรวจวัดข้อมูลใหม่ ซึ่งพิจารณาเครื่องจักร ได้แก่ เครื่องอัดอากาศ มอเตอร์ปั๊มน้ำ เตาอบชิ้นงาน ระบบแสงสว่าง ที่มีการใช้พลังงานสูงและมีจำนวนมากในโรงงาน และเครื่องจักรที่มีเทคโนโลยีใหม่ในปัจจุบัน โดยพิจารณาแนวทางประหยัดพลังงานการเทียบกับเงินลงทุนแล้วมีความคุ้มค่ากับการลงทุนสูงสุด เพื่อดำเนินการปรับปรุงข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อหาแนวทางในการดำเนินการปรับปรุงการใช้พลังงานในโรงงานนี้โดยพิจารณาข้อมูลปัจจุบันที่ใช้งานหรือดำเนินการตรวจวัดข้อมูลใหม่ ซึ่งพิจารณาเครื่องจักร ได้แก่ เครื่องอัดอากาศ มอเตอร์ปั๊มน้ำ เตาอบชิ้นงาน ระบบแสงสว่าง ที่มีการใช้พลังงานสูงและมีจำนวนมากในโรงงาน และเครื่องจักรที่มีเทคโนโลยีใหม่ในปัจจุบัน โดยพิจารณาแนวทางประหยัดพลังงานการเทียบกับเงินลงทุนแล้วมีความคุ้มค่ากับการลงทุนสูงสุด เพื่อดำเนินการปรับปรุง

แนวทางการปรับปรุง

1. การเก็บข้อมูลการตรวจวัดเครื่องจักร ได้แก่ เครื่องอัดอากาศ ระบบปั๊มน้ำ เตาอบชิ้นงาน ระบบแสงสว่าง เพื่อหาข้อมูลทำการปรับปรุงในงานนิพนธ์นี้ เครื่องมือในการตรวจวัดการใช้พลังงาน ทั้งพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน โดยอุปกรณ์ตรวจวัดใช้ 2 แบบ ได้แก่

1.1 มิเตอร์ตรวจวัดค่าพลังงานไฟฟ้า คือ อุปกรณ์ที่มีอยู่ทั่วไปในโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่ ใช้ในการวัดศักย์ไฟฟ้าทั้งในด้านแรงดันไฟฟ้ามีหน่วยเป็นโวลท์-กระแสไฟฟ้ามีหน่วยเป็นแอมป์ และกำลังไฟฟ้ามีหน่วยเป็นวัตต์ รวมถึงปริมาณการใช้ไฟฟ้าต่อชั่วโมงมีหน่วยเป็น

กิโลวัตต์ชั่วโมง เครื่องตัววัดบางตัวที่มีคุณภาพสูงจะสามารถบอกถึงคุณภาพของพลังงานไฟฟ้าได้ด้วย ตามภาพที่ 3-4

ภาพที่ 3-4 มิเตอร์ตรวจวัดทางไฟฟ้า

1.2 มิเตอร์ตรวจวัดค่าพลังงานความร้อน คือ การวัดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่ใช้เป็นพลังงานความร้อน มีหน่วยการวัดเป็นปริมาตรการใช้งานรวมในแต่ละนาที ชั่วโมง วัน เดือน และปี เพื่อเก็บข้อมูล ตามภาพที่ 3-5

ภาพที่ 3-5 มิเตอร์ตรวจวัดพลังงานเชื้อเพลิง

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ค่าปริมาณการใช้พลังงานแนวทางวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานในโรงงานแบ่งเป็น 2 ระบบ ดังนี้

2.1 วิธีคำนวณระบบไฟฟ้า คือ หาพลังงานไฟฟ้าใช้งานเท่าที่จำเป็น ตามมาตรฐานเครื่องจักร และการประเมินประสิทธิภาพสมรรถนะเครื่องจักร ว่ามีค่าดัชนีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เหมาะสมหรือไม่ การปรับตั้งความเร็วรอบของมอเตอร์ให้เหมาะสมกับการใช้งานการปรับตั้งแรงดันลมให้เหมาะสมกับความต้องการ การใช้อุปกรณ์ที่ทันกับยุคสมัยใหม่

2.2 วิธีคำนวณระบบความร้อน คือ หาอัตราเชื้อเพลิงใช้งานในการสร้างพลังงานความร้อนเท่าที่จำเป็น และการประเมินว่ามีค่าดัชนีการใช้พลังงานความร้อนต่อการผลิตที่เหมาะสมหรือไม่ การปรับปรุงพื้นที่การให้ความร้อนให้สอดคล้องกับพื้นที่การใช้งานจริง

3. แนวทางประหยัดพลังงานพร้อมการทดสอบ

การปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงานใช้จากการประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน เพื่อให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ เมื่อวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานในโรงงานแล้ว เพื่อให้เกิดความเชื่อมั่นในการปรับปรุง ต้องประเมินความเหมาะสมทางเศรษฐศาสตร์ในการลงทุน สำหรับมาตรการที่เสนอนั้นจะใช้อัตราผลตอบแทนระยะเวลาการคืนทุน (Simple pay back period) เป็นเกณฑ์ในการตัดสินใจ

แนวทางการประเมินผล

การประเมินผลประหยัดพลังงาน ของแนวทางที่ได้ดำเนินการว่าสามารถประหยัดได้หลังการปรับปรุงเป็นกระบวนการที่สำคัญ เพื่อประเมินการเปรียบเทียบผลประหยัดที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ เพื่อเป็นการสรุปผลก่อนดำเนินการและหลังดำเนินของค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณพลังงานความร้อนมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเป็น

แนวทางการสรุปผลและข้อเสนอแนะ

การนำผลประเมินทั้งหมดมาเปรียบเทียบตามวัตถุประสงค์ที่ได้ตั้งไว้ว่าบรรลุวัตถุประสงค์การทำวิจัย หรือเป็นไปตามสมมติฐานที่ได้กำหนดไว้

บทที่ 4

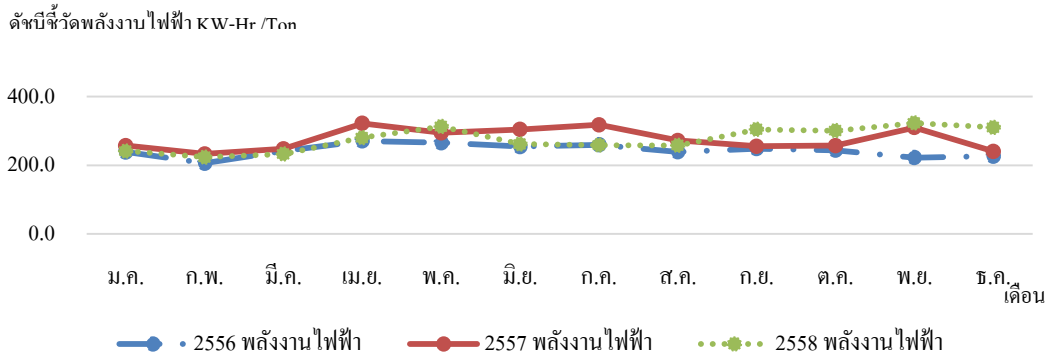
ผลการดำเนินงาน

ข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงาน

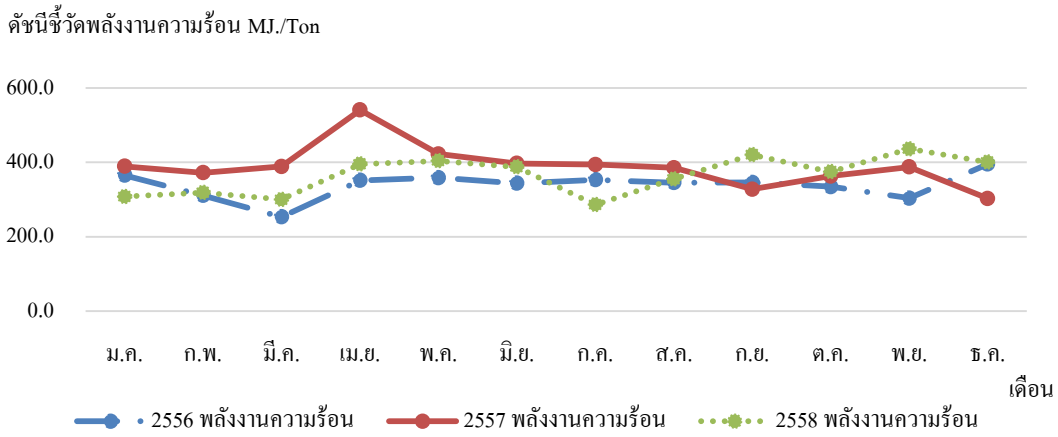
ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงาน จากการศึกษาตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 รวม 3 ปี ตามภาคผนวก ก ได้นำมาวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน และการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานรวมทั้งโรงงาน มีรายละเอียดดังนี้

1. ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน

ข้อมูลการบริหารจัดการพลังงานเพื่อนำมาปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานได้รวบรวมข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนในแต่ละเดือน พร้อมกับผลรวมการผลิตในแต่ละเดือนมาวิเคราะห์หาดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานในแต่ละปี โดยแยกออกเป็นดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าและดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานความร้อนต่อปริมาณผลการผลิตตันในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 รวมทั้งหมด 3 ปี แสดงการคำนวณ ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงาน พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2558 ในตารางภาคผนวก ก-4 โดยมีผลการวิเคราะห์ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานต่อน้ำหนักตันการผลิตทั้ง 3 ปีของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ วิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานต่อตันผลผลิต (ผลผลิตน้ำหนักชิ้นงาน 1 ตัน) และค่าดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานความร้อนในหน่วยเมกะจูลต่อผลผลิต ดังภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-2 ตามลำดับ



ภาพที่ 4-1 ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อ 1 ตันผลผลิต

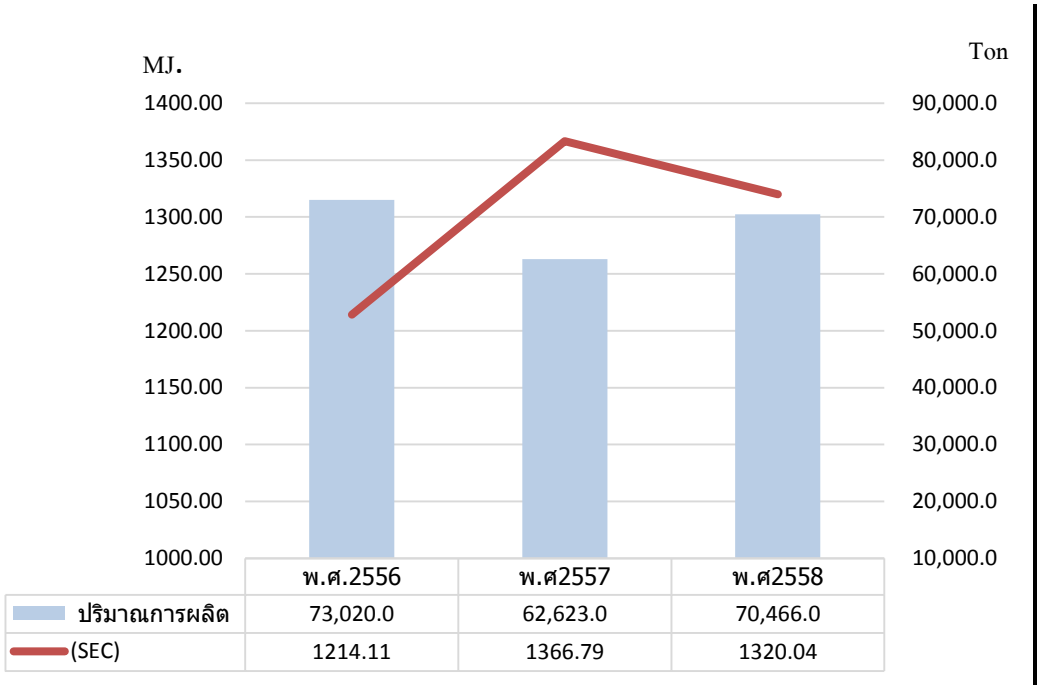


ภาพที่ 4-2 ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานความร้อนต่อ 1 ตันผลผลิต

จากภาพที่ 4-1 และภาพที่ 4-2 พบว่า ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าแต่ละเดือนมีแนวโน้มสูงขึ้น ตั้งแต่เดือนกันยายนในปี 2558 ส่วนผลวิเคราะห์ในปี พ.ศ. 2556 ถึง พ.ศ. 2557 ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าที่แปรผันไม่มาก ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานความร้อนตั้งแต่เดือนกันยายนในปี 2558 มีการปรับตัวด้านพลังงานสูงขึ้นเช่นเดียวกับค่าพลังงานไฟฟ้า

2. การวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานรวมทั้งโรงงาน

ข้อมูลค่าความต้องการปริมาณพลังงานได้รวบรวมค่าพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนในแต่ละเดือน ตามตารางภาคผนวก ก-2 ตารางภาคผนวก ข-2 และตารางภาคผนวก ค-2 ตามลำดับ และนำผลรวมการผลิตในแต่ละเดือน ตั้งแต่เดือนมกราคม พ.ศ. 2556 ถึงเดือนธันวาคม พ.ศ. 2558 มาวิเคราะห์หาค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน ปีพ.ศ. 2556 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน 1,214.11 เมกะจูลต่อตันผลผลิต ปีพ.ศ. 2557 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน 1,366.79 เมกะจูลต่อตันผลผลิต ปีพ.ศ. 2558 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน 1,320.04 เมกะจูลต่อตันผลผลิต ดังภาพที่ 4-3 การค่าดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานจำเพาะเทียบกับปริมาณผลผลิตในรอบ 3 ปีของโรงงาน



ภาพที่ 4-3 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานรวมทั้งโรงงานต่อการผลิต

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานรวมทั้งโรงงาน 3 ปี ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนช่วงล่างรถยนต์ โดยการนำค่าปริมาณพลังงานทั้งไฟฟ้าและปริมาณพลังงานความร้อนมาวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานต่อปริมาณการผลิตของโรงงานเทียบน้ำหนักของผลผลิต 1 ตัน เพื่อให้ได้ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงาน ดังภาพที่ 4-3 พบว่า ปีพ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2558 ผลการใช้พลังงานเทียบกับปริมาณการผลิตค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานสูงเทียบน้ำหนักของผลผลิต 1 ตัน

แนวทางการปรับปรุง

จากการประเมินและเข้าสำรวจโรงงานพร้อมกับนำข้อมูลรายงานการจัดการพลังงาน 3 ปี ย้อนหลังมาวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานในโรงงาน พบว่า สัดส่วนด้านการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงงานประกอบด้วย พลังงานไฟฟ้าจากกระบวนการผลิต พร้อมระบบแสงสว่างในกระบวนการ 60% พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องอัดอากาศ เพื่อสนับสนุนการผลิตในโรงงาน 25% พลังงานไฟฟ้าจากอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในอาคารสำนักงานและโรงอาหาร 7% แสงสว่างทั่วไปรอบโรงงาน 5% และส่วนอื่น ๆ ที่อำนวยความสะดวกในโรงงานแห่งนี้อีก 3%

สัดส่วนด้านการใช้พลังงานความร้อนจากการตรวจวัด พบว่า การใช้พลังงานจากเตาอบสีชิ้นงานใช้พลังงานความร้อน 70% และจากหม้อต้มไอน้ำสำหรับล้างชิ้นงาน 30% เมื่อประเมินการอนุรักษ์พลังงานสำหรับโรงงานอุตสาหกรรม การประหยัดพลังงานแล้ว พบว่า เครื่องจักรที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการผลิตและใช้พลังงานสูง พิจารณาความเหมาะสมเพื่อดำเนินการปรับปรุง ได้แก่ เครื่องอัดอากาศ ระบบปั๊มน้ำ เตาอบชิ้นงาน ระบบแสงสว่าง จะนำมาศึกษา เพื่อหาแนวทางปรับปรุงให้ประหยัดพลังงาน และทำการประเมินค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานต่อหน่วยการผลิต เพื่อวิเคราะห์ว่าจะสามารถบรรลุเป็นตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้โดยมีขั้นตอนในการดำเนินงานจัดทำแนวทางการประหยัดพลังงานจะพิจารณาเฉพาะเครื่องอัดอากาศ (Air compressor) มอเตอร์ปั๊มน้ำ (Motor pump) เตาอบชิ้นงาน (Oven) และเตาอบชิ้นงาน (Oven) รวมทั้งระบบแสงสว่างทั้งในอาคาร และอาคารโรงงานอุตสาหกรรม เนื่องจากเป็นเครื่องจักรที่ใช้พลังงานที่สูงและเครื่องจักรที่มีปริมาณมากเป็นหลักในการเลือกโดยแนวทางในการเลือกใน 4 แนวทาง ได้แก่ ข้อมูลเครื่องจักร การวิเคราะห์ข้อมูลค่าปริมาณการใช้พลังงาน แนวทางการประหยัดพลังงานพร้อมการทดสอบและการประเมินผล

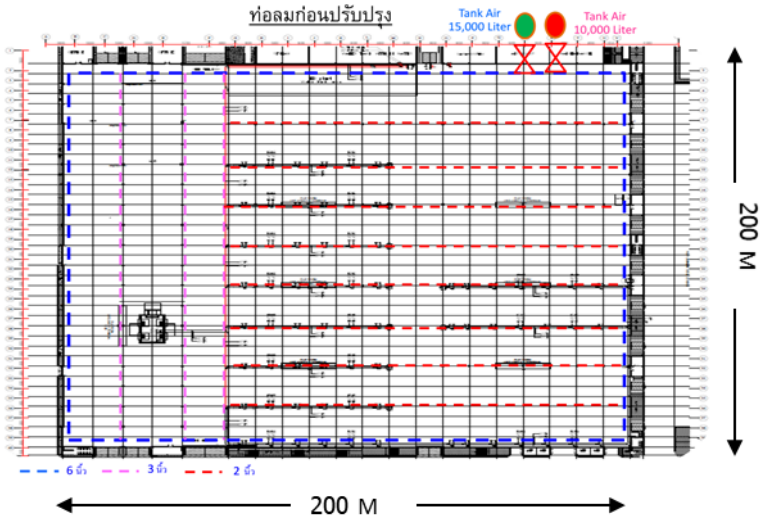
เครื่องอัดอากาศ (AIR COMPRESSOR)

โรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ เป็นโรงงานที่เครื่องจักรในกระบวนการผลิตเป็นระบบนิวเมติกส์ที่ร้อยละ 95 ที่ใช้ลมมีแรงดัน ตั้งแต่ 5 บาร์ ถึง 7 บาร์ เครื่องอัดอากาศทั้งหมดมี 11 เครื่อง โรงงานพบกับปัญหาปริมาณลมไม่เพียงพอต่อการผลิต (แรงดันลมตกบ่อย) เป็นสาเหตุทำให้เป้าหมายการผลิตลดลง คุณภาพของชิ้นงานเกิดปัญหาในกระบวนการไม่มีความต่อเนื่อง อายุการใช้งานอุปกรณ์บางประเภทสั้นลง จากปัญหาดังกล่าวเป็นประเด็นหลักที่ต้องมีวิธีการจัดการเร่งด่วน ผู้ศึกษาได้มีแนวทางเพิ่มอัตราแรงดันโดยการปรับเพิ่มแรงดันลมอัดให้สูงขึ้น เพื่อให้กระบวนการต่าง ๆ ในโรงงานสามารถทำงานต่อไปได้ แต่โรงงานเองต้องสูญสียค่าพลังงานไฟฟ้าที่เพิ่มขึ้น ซึ่งวิธีการปรับแรงดันเพิ่มขึ้นช่วยให้กระบวนการผลิตในโรงงานสามารถทำงานต่อไปได้ แต่ค่าใช้จ่ายที่เกิดขึ้นก็สูงขึ้นตามมา ผู้ศึกษาจึงคิดวิธีในการเพิ่มอัตราการไหลเพื่อชดเชยแรงดันที่ปลายทาง เพื่อช่วยลดปริมาณค่าไฟฟ้าในระบบเครื่องอัดอากาศ

1. ข้อมูลเครื่องจักร

เครื่องอัดอากาศในโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ เป็นแบบสกลู ยี่ห่อ Atlas Copco พิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศขนาด 75 kW 400 V, 50Hz ตรวจวัดกระแสใช้งานเฉลี่ย 85 แอมป์ ที่ปริมาตรลมต่อเครื่อง 248 ลิตรต่อวินาที มีถังพักลม 2 ถัง ขนาดของถังพักลมใบที่ 1 ปริมาตร 15,000 ลิตร และถังพักลมใบที่ 2 ปริมาตร 10,000 ลิตร ตั้งอยู่ในพื้นที่เดียวกัน ส่งจ่าย

ปริมาตรลมไปยังอาคารโรงงานที่มีขนาดพื้นที่ กว้าง 200 เมตร ยาว 200 เมตร ระบบท่อในโรงงานวงจรต่อถึงกันหมดโดยเส้นสีน้ำเงินเป็นท่อขนาด 6 นิ้ว ท่อสีชมพูเป็นท่อขนาด 3 นิ้ว และท่อสีแดงเป็นท่อขนาด 2 นิ้ว ควบคุมการทำงานด้วยชุดประหยัดพลังงาน เป็นเอปกรณ์ควบคุมการเปิด-ปิดปริมาตรลมทั้งหมด โรงงานมีเครื่องอัดอากาศที่เป็นระบบอินเวอร์เตอร์อยู่ 1 ตัว เพื่อใช้งานปริมาตรความต้องการลม ซึ่งตั้งค่าควบคุมปริมาณแรงดันลมต้นทางแรงดัน 6.25 บาร์ เพื่อสามารถจ่ายลมทุกกระบวนการได้ ดังภาพที่ 4-4 แบบการเดินท่อลมในโรงงาน



ภาพที่ 4-4 แบบท่อลมโรงงาน

2. การวิเคราะห์ข้อมูลค่าปริมาณการใช้พลังงาน

การวิเคราะห์ค่าพลังงานเครื่องอัดอากาศของโรงงานจากการสำรวจ ได้พิจารณาตามหลักการทำงานอุปกรณ์ลมมาตรฐานเป็นหลัก ในการสร้างมาตรฐานการประหยัดพลังงานเครื่องอัดอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมแบ่งเป็น 4 แนวคิด

2.1 เครื่องจักรส่วนใหญ่ในระบบนิวแมติกส์มีลักษณะการใช้ลมที่มีค่าความดันใกล้เคียงกัน ซึ่งตามมาตรฐานทั่วไปลมที่สามารถทำให้กระบอกสูบทำงานแรงดันอยู่ที่ประมาณ 4-7 บาร์

2.2 ปริมาตรการไหลของอากาศจะมีความสำคัญในระบบนิวแมติกส์บอกเป็นปริมาตรลิตรต่อวินาที

2.3 แนวเดินท่อเมนระบบลมภายในห้องเครื่องอัดอากาศจากถังพักลมทั้ง 2 ถัง เพื่อต่อเข้าในโรงงานจุดต่ออยู่ใกล้กันมีผลต่อแรงดันและปริมาตรอัตราการไหลปลายทางเนื่องจากใน

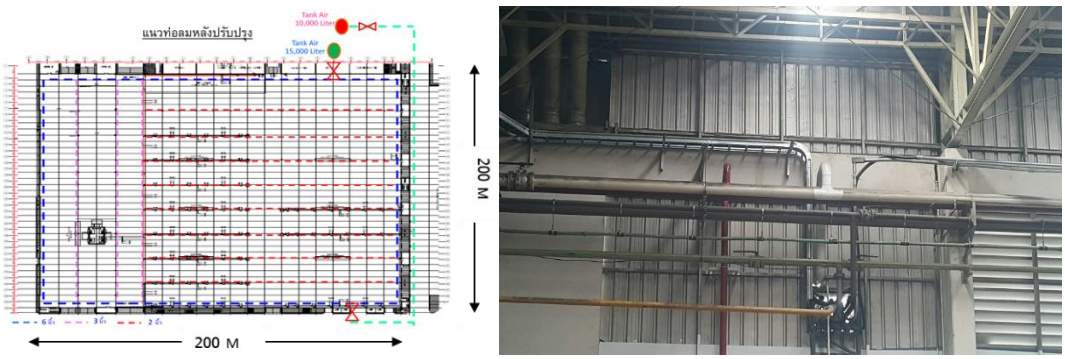
โรงงานมีขนาดความกว้าง 200 เมตรและความยาว 200 เมตร ดังภาพที่ 4-4 แผนผังการเดินท่อลมในโรงงาน ท่อที่ใช้เดินเมนรอบโรงงานเป็นท่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 6 นิ้ว ควบคุมแรงดันที่ 6.5 บาร์ เพื่อให้ได้ปริมาณลมที่ปลายทางแรงดันที่ 5 บาร์ เพียงพอต่อการผลิต โดยมีแนวทางลดค่าพลังงานเครื่องอัดอากาศ ด้วยการปรับค่าแรงดันลดลง ด้วยวิธีปรับปรุงระบบท่อลม ให้มีการชดเชยแรงดันด้านปลายทาง ด้วยวิธีเพิ่มท่อส่งลมจากถังลมใบที่ 2 ขนาด 10,000 ลิตร ส่งไปจ่ายท้ายโรงงาน เป็นการเพิ่มอัตราการไหลในระบบอัดอากาศและเป็นการชดเชยแรงดันที่ปลายทาง

2.4 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์แนวทางลดค่าพลังงานเครื่องอัดอากาศด้วยการปรับค่าแรงดัน โรงงานจะมีจุดคุ้มทุนโครงการที่ 5.73 เดือน หลังดำเนินการเสร็จ (ภาคผนวก จ การคำนวนเครื่องอัดอากาศ)

3. แนวทางประหยัดพลังงานพร้อมการทดสอบ

แนวทางดำเนินงานด้านพลังงานในหัวข้อนี้มีแนวทาง 2 แนวทาง คือ ปรับปรุงแนวระบบท่อลม และปรับตั้งค่าแรงดันที่ชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศอัตโนมัติ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

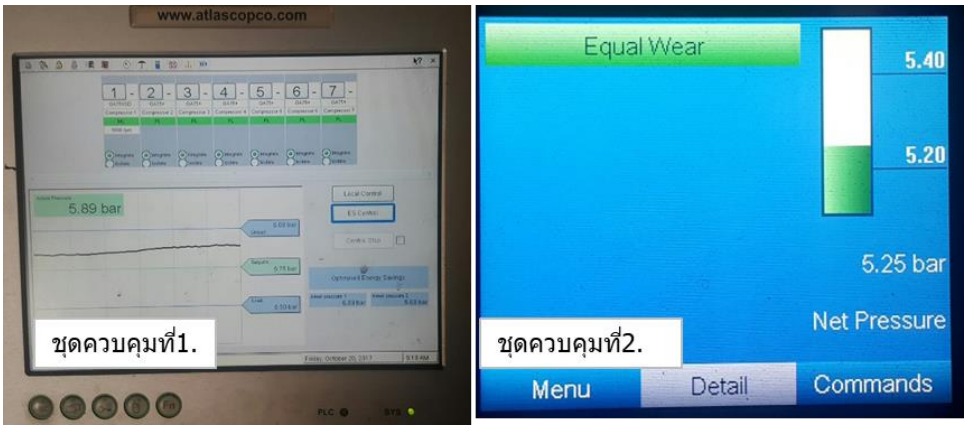
3.1 ปรับปรุงแนวระบบท่อลม ให้มีการชดเชยแรงดันด้านปลายทาง พร้อมติดตั้งท่อลมจากต้นทางถังพักอากาศส่งตรงไปยังท้ายโรงงาน เพื่อเพิ่มปริมาตรการไหลของอากาศและชดเชยแรงดันให้มีแรงดันที่ปลายทางสูงกว่า 5 บาร์ พร้อมจุดเชื่อมต่อเข้าท้ายโรงงาน ดังภาพที่ 4-5



ภาพที่ 4-5 การติดตั้งท่อลมโรงงาน

3.2 ปรับตั้งค่าแรงดันที่ชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศอัตโนมัติ โดยการปรับลดค่าแรงดันลง พร้อมการตรวจสอบค่าแรงดันปลายทางท้ายโรงงานให้มีแรงดันที่เครื่องจักรไม่ต่ำกว่า 5 บาร์ โดยในแนวทางประหยัดพลังงานเราได้ค่าแรงดันที่เหมาะสมกับการใช้งานลดลงจริง ชุดควบคุมที่ 1 เครื่องอัดอากาศสามารถลดแรงดันลงจาก 6.25 บาร์ มาที่ค่าแรงดัน 5.75 บาร์ และชุดควบคุมที่ 2 เครื่องอัดอากาศสามารถลดแรงดันลงจาก 6.25 บาร์ มาที่ค่าแรงดัน 5.25 บาร์ ดังภาพที่ 4-6 และ

ตารางที่ 4-1 จอแสดงผลชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศ ในแนวทางปรับตั้งค่าแรงดันที่ชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศยังสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า



ภาพที่ 4-6 จอแสดงผลชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศ

ตารางที่ 4-1 ปรับตั้งค่าแรงดันควบคุมเครื่องอัดอากาศ

ชุดควบคุม	ค่าแรงดันลม (บาร์)		แรงดันลมลดลง
	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	(บาร์)
1. ปั๊มลม 7 เครื่อง	6.25	5.75	0.5
2. ปั๊มลม 4 เครื่อง	6.25	5.25	1

4. การประเมินผล

ค่าพลังงานเครื่องอัดอากาศเป็นภาระโหลดที่ใหญ่สำหรับโรงงานแห่งนี้ เมื่อแยกชุดควบคุมเครื่องอัดอากาศออกเป็น 2 ชุด เพื่อง่ายต่อการปรับปรุงควบคุมแรงดัน หลังจากดำเนินการเสร็จสามารถประเมินผลในแต่ละชุดได้ดังนี้

ชุดควบคุมที่ 1 เครื่องอัดอากศ 75kW 400V, 50Hz ทั้งหมด 7 เครื่อง ถังพักลมใบที่ 1 ขนาด 15,000 ลิตร ลดแรงดันในระบบจาก 6.25 บาร์ มาเป็นแรงดันที่ 5.75 บาร์ แรงดันลดลง 0.5 บาร์ต่อเครื่อง กำลังไฟฟ้าจาก 58.95 กิโลวัตต์ ลดลงที่ 55.95 kW พลังงานลดลง 2.94 kW คิดเป็นค่าพลังงานที่ลดลงประมาณ 5%

ชุดควบคุมที่ 2 เครื่องอัดอากาศ 75kW 400V, 50Hz ทั้งหมด 4 เครื่อง ถังพักลมใบที่ 2 ขนาด 10,000 ลิตร ลดแรงดันในระบบจาก 6.25 บาร์ มาเป็นแรงดันที่ 5.25 บาร์ แรงดันลดลง 1 บาร์ ต่อเครื่อง กำลังไฟฟ้าจาก 58.95 kW ลดลงที่ 53 kW พลังงานลดลงทั้งหมด 5.89 kW คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงประมาณ 10% ดังตารางที่ 4-2 ค่าพลังงานลดลงประมาณ 1,131,861.6 เมกะจูล คิดเป็นสัดส่วนค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานประมาณ 1% ของปริมาณการผลิตตลอดทั้งปี พ.ศ. 2559

ตารางที่ 4-2 ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลงด้วยการลดค่าแรงดันเครื่องปั๊มลมอัดลง

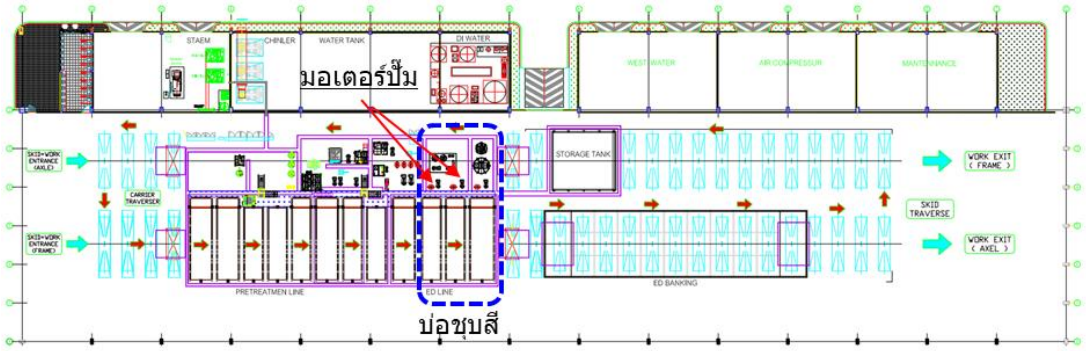
ชุดควบคุม	ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)		ไฟฟ้าลดลง (%)	ดัชนีชีวัดพลังงาน SEC
	ก่อนการปรับปรุง	หลังการปรับปรุง		
1. ปั๊มลม 7 เครื่อง	412.23	391.65	5%	0.47
2. ปั๊มลม 4 เครื่อง	235.56	212.00	10%	0.53

มอเตอร์ปั๊มน้ำ (MOTOR PUMP)

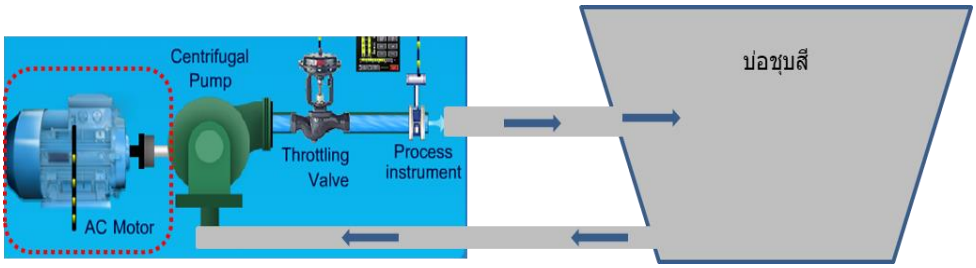
1. ข้อมูลเครื่องจักร

โรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ มีกระบวนการทำสีด้วยการชุบสีด้วยระบบไฟฟ้า ดังภาพที่ 4-7 จุดการทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำสี ซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าจากมอเตอร์ปั๊มน้ำสีในบ่อชุบสีชิ้นงานตลอดเวลา เพื่อรักษาสภาพน้ำสีให้มีสภาพที่ดีต้องรักษาอุณหภูมิของน้ำสีด้วยวิธีใช้มอเตอร์ปั๊มดูน้ำสีมาทำการแลกเปลี่ยนความร้อนตลอดเวลา และให้ไหลกลับเข้าบ่อสีผ่านหัวสเปย์ฉีดน้ำสีภายในบ่อ เพื่อป้องกันการเกิดฟองอากาศกับชิ้นงานด้วย มอเตอร์ที่ใช้งานมี 2 ตัว มีพิกัดกำลังไฟฟ้า 22kW 400V, 50Hz กระแสที่ตรวจวัดเฉลี่ย 32.2 แอมป์ ด้วยอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ฮิตาชิรุ่น NJ-600B-22DHFF ดังภาพที่ 4-8 มอเตอร์ปั๊มน้ำ การควบคุมมอเตอร์ปั๊มน้ำสี พบว่า มีการควบคุมการทำงานด้วยระบบสตาร์ท แบบสตาร์-เดลต้า เพื่อให้น้ำสีไหลวนตลอดเวลา 24 ชั่วโมง ซึ่งการทำงานจริงแต่ละวันโรงงานมีเวลาทำงานรวมเฉลี่ยประมาณ 20 ชั่วโมง และมอเตอร์มีการเดินเครื่องแบบไม่มีชิ้นงานเขาบ่อสีเลยวันละประมาณ 4 ชั่วโมง และเวลาอีก 14 ชั่วโมง เป็นช่วงที่มีชิ้นงานในบ่อชุบสี ส่วนเวลาอีก 6 ชั่วโมง เป็นช่วงเวลารอชิ้นงานเข้าบ่อสี ใน 1 เดือน ทางโรงงานมีวันทำงานเฉลี่ย 26 วัน ส่วนอีก 4 วัน มอเตอร์ในส่วนของบ่อสีก็ยังมีการเดินเครื่องแบบไม่มีชิ้นงานเข้าบ่อสี จากการทำงานที่กล่าวเป็นสาเหตุของการใช้พลังงานที่ขาด

ความคุ้มค่า มีผลโดยตรงกับค่าพลังงานของโรงงาน ซึ่งเป็นต้นเหตุที่ผู้ทำนิพนธ์สนใจในการหาแนวทางในการปรับปรุงมอเตอร์ปั๊มน้ำให้มีประสิทธิภาพการใช้พลังงาน



ภาพที่ 4-7 จุดการทำงานของมอเตอร์ปั๊มน้ำ



เมื่อมอเตอร์ทำงานที่ 100% จะมีการใช้กระแสไฟฟ้า 32.3 แอมป์

ภาพที่ 4-8 การวัดกระแสมอเตอร์ปั๊มน้ำ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลค่าปริมาณการใช้พลังงาน

แนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลใช้หลักการวิเคราห์ 3 อย่าง คือ ระบบมอเตอร์ปั๊มน้ำ แนวทางติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์ปั๊มและการคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ เพื่อกำหนดทิศทางและเป้าหมายระยะเวลาลงทุน

2.1 ระบบมอเตอร์ปั๊มน้ำกระบวนการชุบสี จากข้อมูลที่ตรวจโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ มีการใช้มอเตอร์ปั๊มน้ำกระบวนการชุบสีชิ้นงาน ซึ่งมีพิกัดขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ 22 kW 400V, 50Hz กระแสที่ตรวจวัดเฉลี่ย 32.3 แอมป์ โดยในแต่ละวันโรงงานมีเวลาเครื่องจักรทำงานรวมเฉลี่ยประมาณ 22 ชั่วโมง ซึ่งทำให้มอเตอร์มีการเดินเครื่องแบบไม่มีโหลดวันละประมาณ 2 ชั่วโมง และใน1เดือนทางโรงงานมีวันทำงานเฉลี่ย 26 วัน ส่วนอีก 4 วัน มอเตอร์ในส่วนของบ่อสีก็ยังมีการเดินเครื่องแบบไม่มีโหลดตลอดเวลา เพื่อแลกเปลี่ยนความเย็นบ่อสีให้มีคุณภาพของสีคงที่

2.2 แนวทางติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์ปั๊มน้ำ เพื่อลดการทำงานแบบเต็มพิกัดกรณีช่วงพักและช่วงวันหยุดหรือในช่วงมอเตอร์ไม่มีชิ้นงานสามารถลดค่าพลังงานมอเตอร์ได้ หรือในช่วงวันทำงานปกติ แต่เป็นช่วงที่รอชิ้นงานลงในบ่อราก็สามารถลดค่าพลังงานมอเตอร์ได้เช่นกัน เงื่อนไขการคำนวณ 1 ปี โรงงานทำงาน 300 วัน เป็นวันหยุด 65 วัน และใน 1 วัน มอเตอร์ทำงานแบบไม่มีชิ้นงาน

2.3 การคำนวณทางเศรษฐศาสตร์ ภาคผนวก จ แนวทางลดค่าพลังงานมอเตอร์ปั๊มน้ำด้วยการติดตั้งอินเวอร์เตอร์โรงงานจะมีจุดคุ้มทุน 2.3 ปี หลังดำเนินการเสร็จ (ภาคผนวก จ การคำนวนมอเตอร์ปั๊มน้ำ)

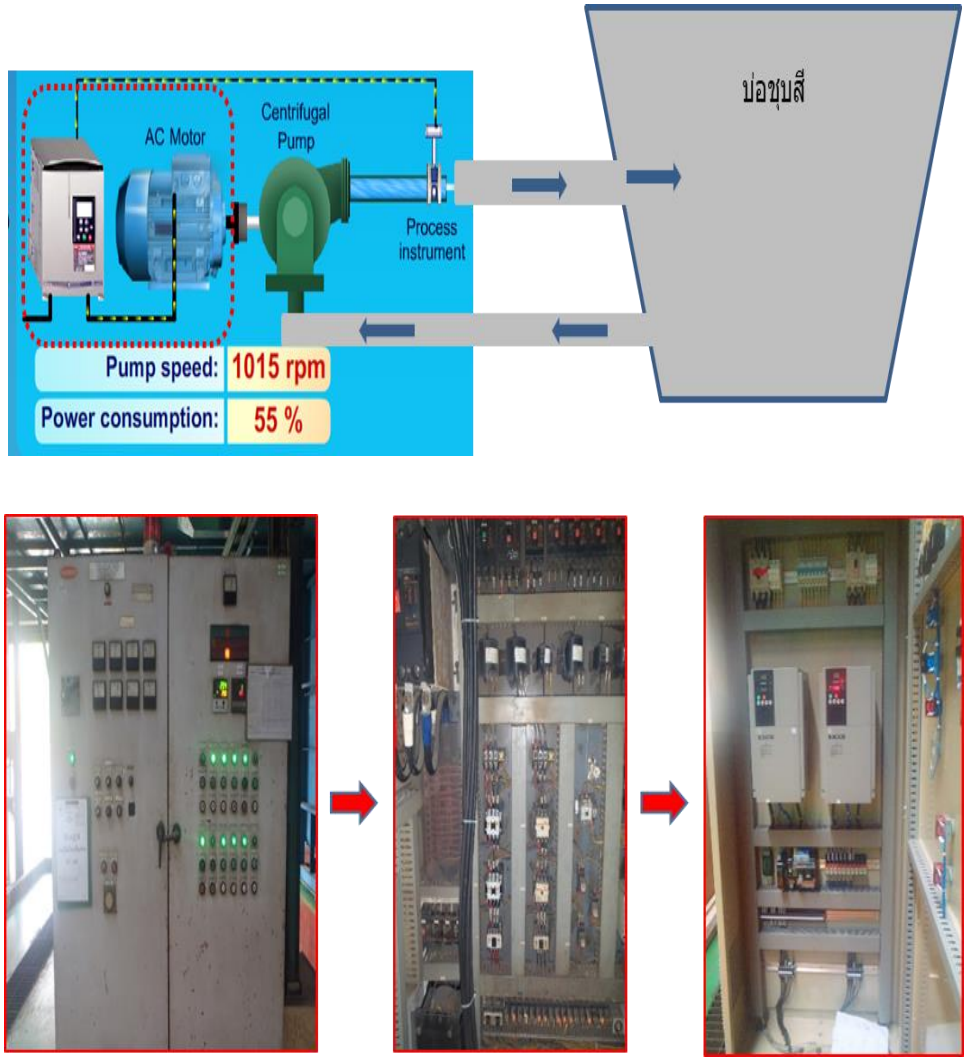
3. แนวทางประหยัดพลังงานพร้อมการทดสอบ

จากการศึกษาดำเนินการเข้าติดตั้งหน้างานโดยการวางแบบเข้าปรับปรุงในกระบวนการเพื่อให้เกิดการประหยัดพลังงานโดยการเพิ่มรูปแบบการควบคุมโปรแกรมดังนี้

3.1 เครื่องทำงาน 100% ในขณะทำการชุบสี

3.2 เครื่องทำงาน 80% ในขณะรอการชุบสี ระหว่างกระบวนการเครื่องเดินงานปกติ

3.3 เครื่องทำงาน 70% ในขณะที่กระบวนการไม่มีการทำงาน ช่วงพักกลางวัน ช่วงทำงานล่วงเวลา (OT) หรือวันหยุด



ภาพที่ 4-9 การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ควบคุมมอเตอร์

จากการดำเนินงานการติดตั้งอินเวอร์เตอร์กับมอเตอร์กวนน้ำบ่อสี ดังภาพที่ 4-9 พบว่าเราสามารถลดค่าพลังงานจากการปรับความเร็วรอบมอเตอร์จากเครื่องทำงาน 100% ดังนี้

1. เครื่องทำงาน 80% ในขณะรอการชุบสี ระหว่างกระบวนการเครื่องเดินงานปกติ สามารถลดค่าการใช้พลังงานลงได้ 20%

2. เครื่องทำงาน 70% ในขณะที่กระบวนการไม่มีการทำงาน ช่วงพักกลางวัน ช่วงทำงานล่วงเวลา (OT) หรือวันหยุด สามารถลดค่าการใช้พลังงานลงได้ 30% ดังภาพที่แสดงหน้าจอการทำงานขอเครื่องอินเวอร์เตอร์

เครื่องทำงาน 100%

เครื่องทำงาน 80%

เครื่องทำงาน 70%

ความถี่ กระแส

ภาพที่ 4-10 ผลด้านพลังงานจริงของมอเตอร์

4. การประเมินผล

การติดตั้งอินเวอร์เตอร์ระบบมอเตอร์ปั๊มน้ำกระบวนการชุบสี ลดการทำงานแบบเต็มพิกัดของมอเตอร์ปั๊นสี ในกรณีช่วงพักหรือช่วงวันหยุด ในขณะมอเตอร์ไม่มีโหลด จำนวนการติดตั้งอินเวอร์เตอร์ 2 ชุด

ตารางที่ 4-3 ค่าพลังงานที่ลดลงกรณีมอเตอร์หยุดรอขณะไม่มีชิ้นงานเข้าบ่อสี

ชุดควบคุมปั๊มมอเตอร์	ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)		ไฟฟ้าลด	ดัชนีชี้วัด
	ก่อนปรับปรุง (100%)	หลังปรับปรุง (80%)	(%)	SEC
ปั๊มมอเตอร์ตัวที่ 1	20.1	15.96	20	0.05
ปั๊มมอเตอร์ตัวที่ 2	20.1	15.96	20	0.05

ตารางที่ 4-4 ค่าพลังงานที่ลดลงกรณีมอเตอร์หยุดรอขณะไม่มีการผลิตหรือวันหยุด

ชุดควบคุมปั๊มมอเตอร์	ค่ากำลังไฟฟ้า (kW)		ไฟฟ้าลด	ดัชนีชี้วัด
	ก่อนปรับปรุง (100%)	หลังปรับปรุง (70%)	(%)	SEC
ปั๊มมอเตอร์ตัวที่ 1	20.1	14.27	30	0.025
ปั๊มมอเตอร์ตัวที่ 2	20.1	14.27	30	0.025

สรุปจากตารางที่ 4-3 ตารางที่ 4-4 กรณีการผลิตตลอด 1 วัน 24 ชั่วโมง แบ่งการผลิตกรณีโรงงานเปิดเครื่องทำงานเฉลี่ย 20 ชั่วโมงต่อวัน อีก 4 ชั่วโมงเป็นเวลาการหยุดของเครื่องจักรในแต่ละวัน

กรณีที่ 1 ในกระบวนการผลิตต่อวันเฉลี่ยมีชิ้นงานเข้าบ่อสีประมาณ 210 ครั้ง คิดเวลาครั้งละ 4 นาที จำนวนเวลารวม 840 นาที (14 ชั่วโมง) ซึ่งคือ เวลาใช้พลังงาน 100%

กรณีที่ 2 จากเวลาการผลิต 1,200 นาที จำนวนเวลารวม 840 นาที (14 ชั่วโมง) ซึ่งเป็นเวลาใช้พลังงาน 100% อีก 360 นาที (6 ชั่วโมง) เป็นเวลาที่เครื่องจักรรอค่อยชิ้นงานเราสามารถปรับค่าใช้พลังงานลงมา 80%

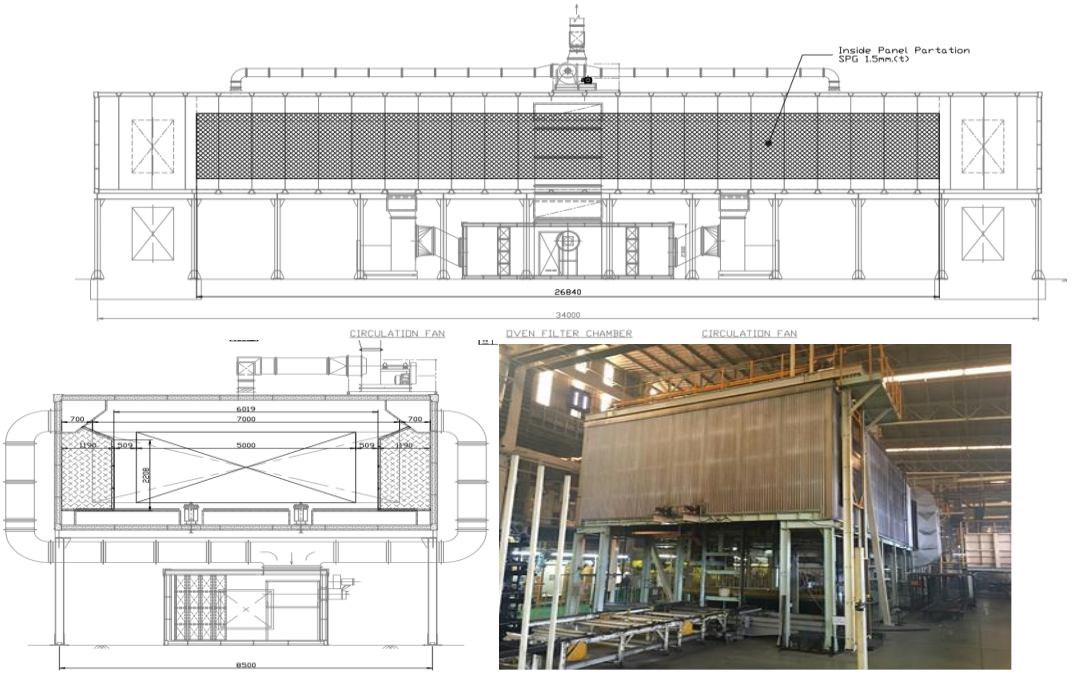
กรณีที่ 3 เป็นช่วงเวลาที่เครื่องจักรไม่มีการผลิตชิ้นงาน แต่มอเตอร์ยังต้องทำงานเพื่อรักษาสภาพสีให้มีอุณภูมิที่เหมาะสม ซึ่งเวลาดังกล่าวอยู่ที่ 220 นาที (4 ชั่วโมง) เป็นเวลาที่เครื่องจักรไม่มีการผลิตชิ้นงาน เราสามารถปรับค่าใช้พลังงานลงมา 70% และกรณีที่ 3 โรงงานเปิดการผลิตต่อปี 300 วัน ดังนั้นในอีก 65 วัน โรงงานไม่เปิดผลิต จึงสามารถลดค่าพลังงานไฟฟ้าจาก 100% ลงมาเป็น 70%

ค่าพลังงานลดลงทั้ง 3 กรณีประมาณ 169,508.16 MJ คิดเป็นสัดส่วนค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานประมาณ 0.15% ของปริมาณการผลิตตลอดทั้งปี พ.ศ.2559

เตาอบชิ้นงาน (OVEN)

1. ข้อมูลเครื่องจักร

กระบวนการทำสีของชิ้นงาน ได้แก่ (คัสซีและเพลาเฟืองท้ายรถยนต์) ให้มีสีที่เงาวาวมีความแข็งแรงและทนทานต่อการยึดเกาะจะใช้พลังงานจากก๊าซธรรมชาติในการเผาไหม้ที่ห้องเตาอบ เพื่อได้อุณหภูมิที่เหมาะสม มีพัดลมโบลว์เวอร์จำนวน 2 ตัว ขนาดกำลังไฟฟ้า 30 kW 400V, 50Hz กระแสที่ตรวจวัดเฉลี่ย 33 แอมป์ ด้วยอุปกรณ์อินเวอร์เตอร์ Mitsubishi FR-F740-30K จากการเดินเครื่อง 100% เพื่อส่งความร้อนเข้าไปยังห้องอบสีกับชิ้นงาน ซึ่งขนาดของห้องเตาอบมีขนาดความกว้าง 8 เมตร ความยาว 34 เมตร ส่วนของชิ้นงานที่วิ่งเข้าเตาอบมีขนาดเฉลี่ยความกว้าง 1.8 เมตร และความยาว 5 เมตร ควบคุมอุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ดังภาพที่ 4-11 เตาอบชิ้นงาน (Oven) ซึ่งจากภาพระบบห้องเตาอบเป็นเตาอบที่มีขนาดใหญ่ โดยข้อมูลเดิมโรงงานมีการออกแบบระบบเตาอบไว้สำหรับรองรับขนาดของความกว้างชิ้นงานขนาดสูงสุด 9 เมตร แต่ภายหลังงานไม่ได้มีการผลิต จึงส่งผลต่อปริมาณการใช้พลังงานทั้งด้านพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ซึ่งเป็นปัญหาของโรงงานที่ต้องเจอกับปัญหาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานที่สูง และปัจจุบันปริมาณชิ้นงานก็เติมกำลังการผลิตมีชิ้นงานขนาดใหญ่สุดเพียง 5 เมตร ซึ่งโรงงานจึงต้องการปรับปรุงขนาดของระบบเตาอบให้มีความเหมาะสมกับชิ้นงานจริง เพื่อลดค่าพลังงานที่เกิดขึ้นในแต่ละเดือนให้น้อยลงและเป็นการปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดค่าพลังงานในกระบวนการผลิตด้วย



ภาพที่ 4-11 เตาอบชิ้นงาน (Oven)

2. การวิเคราะห์ข้อมูลค่าปริมาณการใช้พลังงาน

การวิเคราะห์พลังงานจากเตาอบชิ้นงาน ด้วยหลักการวิเคราะห์และการเก็บข้อมูลปริมาณการใช้พลังงาน และการคำนวนตามหลักวิศวกรรม การออกแบบและการหาระยะเวลาคืนทุน

2.1 การวิเคราะห์ข้อมูลเตาอบชิ้นงานใช้วิธีการจดบันทึกข้อมูลตั้งแต่เดือนมกราคม 2559 ถึงเดือนสิงหาคม 2559 จากเครื่องมือที่มีจริงที่หน้าเครื่องเตาอบ ค่าพลังงานความแก๊สตรวจวัดโดย TBX-Terbine Gas Meter Aichi Tokei ระบบไฟฟ้าใช้เครื่องมือตรวจวัดดิจิตอลเพาเวอร์มิเตอร์ยี่ห้อ Primus KM-7 ใช้การเก็บข้อมูลที่จดบันทึกแต่ละเดือนมาทำการเป็นค่าพลังงานตั้งต้นที่ใช้เปรียบเทียบกับปริมาณการผลิต มีปริมาณการใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติเฉลี่ย 19,298.04 m^3 ต่อเดือน มีการใช้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 22,099.32 kwh. ต่อเดือน ดังตารางที่ 4-5 ค่าพลังงานเปลี่ยนแปลงของเตาอบชิ้นงานก่อนดำเนินงานโดยงานที่เข้าในกระบวนการชุบสีจะมีการจับตั้งซ้อนกันใส่พาเลท หรือ เรียกว่า (Skid) เพื่องานต่อการยกเข้ากระบวนการผลิต

2.2 การคำนวณตามหลักวิศวกรรม ภาคผนวก จ การวิเคราะห์ เตาอบชิ้นงาน

2.3 จากการใช้พลังงานในเตาอบชิ้นงานก่อนปรับปรุง มีเป้าหมายหลังการปรับปรุงเตาอบให้สามารถ ประหยัดพลังงานตาม ภาคผนวก จ การคำนวนเศรษฐศาสตร์โครงการเตาอบสี มีจุดคุ้มทุนโครงการที่ 1.3 ปี

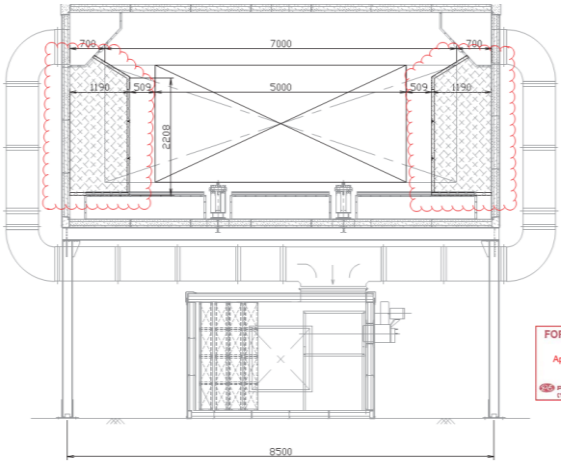
ตารางที่ 4-5 ค่าพลังงานเปลี่ยนแปลงของเตาอบชิ้นงานก่อนดำเนินงาน

ปริมาณการผลิต		พลังงานที่ใช้ในกระบวนการเตาอบสีปี 2558		ดัชนีชี้วัด
เดือน	ผลผลิต Skid/Month	ไฟฟ้า (kWh.)	ความร้อน (Gas) (m^3)	ค่าพลังงาน (SEC: MJ/Skid)
มกราคม	5,011.00	21,512.75	19,207.72	158.36
กุมภาพันธ์	4,325.00	20,599.00	18,813.00	179.32
มีนาคม	5,976.00	23,973.63	21,624.95	149.35
เมษายน	4,056.00	18,618.29	16,009.53	163.68
พฤษภาคม	5,410.00	22,144.46	19,185.71	146.95
มิถุนายน	4,944.00	22,890.97	18,968.66	159.71
กรกฎาคม	5,292.00	23,580.45	19,866.12	156.00
สิงหาคม	5,966.00	23,474.97	20,708.61	143.57
รวม	40,980.00	176,794.52	154,384.30	
เฉลี่ย	5,122.50	22,099.32	19,298.04	155.98

หมายเหตุ: *Skid = พาเลทงานที่ลำเลียงชิ้นงานเข้าเตาอบสี

3. แนวทางประหยัดพลังงานพร้อมการทดสอบ

การดำเนินการแนวทางการประหยัดพลังงาน ด้วยการพิจารณาลดพื้นที่ว่างในห้องเตาอบชิ้นงานด้วยการกั้นผนังเพิ่มอีก 1 ชั้น ด้านในเตาอบ เพื่อเป็นการลดปริมาณพื้นที่ว่าง เพื่อในปริมาณการส่งความร้อนขึ้นในเตาน้อยลงและลดอัตราการปล่อยไอเสียจากด้านบนให้น้องลงอีก ตามแบบที่ได้นำเสนอดังภาพที่ 4-12 จะเห็นได้ชัดเจนขนาดเพื้นที่เตาจะลดลงข้างละ 1,190 เซนติเมตร ตามกราบที่วงไว้ตามภาพ ปริมาตรของห้อมจะเปลี่ยนแปลงจากเดิมขนาด 1,245.32 ลูกบาศก์เมตร ลดขนาดลงเหลือ 873.15 ลูกบาศก์เมตร



ภาพที่ 4-12 แบบการปรับปรุงห้องเตาอบชิ้นงาน

การดำเนินงานในส่วนของการกั้นผนังห้องเตาอบชิ้นงาน ดังภาพที่ 4-13 แบ่งงานออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่ ชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ Mitsubishi FR-F740-30 พร้อมติดตั้งสายไฟฟ้า ตู้ควบคุม และงานทำผนังห้องเตาอบยาว 34 เมตร กว้าง 2.2 เมตรด้วยแผ่นสังกะสีพร้อมฉนวนความร้อนใยแก้ว

ภาพที่ 4-13 การติดตั้งปรับปรุงเตาอบชิ้นงาน

ทดสอบเครื่องจักรด้วยการปรับอินเวอร์เตอร์ให้มีความเหมาะสมกับขนาดพื้นที่ในเตา พร้อมเก็บข้อมูลสิ่งที่เปลี่ยนแปลงหลังจากการดำเนินงานแนวทางการประหยัดพลังงานเตาอบชิ้นงานตามตารางที่ 4-6 สิ่งที่เปลี่ยนแปลงในการดำเนินงาน ได้แก่ ปริมาตรห้องเตาอบ ปริมาตรท่อไอเสียที่ปล่อยออกด้านนอกลดลง และเวลาการทำงานของเตาอบพร้อมเริ่มทำงานได้เร็วขึ้น

ตารางที่ 4-6 รายการเปรียบเทียบห้องเตาอบชิ้นงาน

รายการเปรียบเทียบ	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง	ผลต่าง	หน่วย
พื้นที่ห้องเตาอบ	1,245.32	873.15	372.17	m^3
ความร้อนปล่อยออกจากเตาอบ	133	99	34	m^3/min
อุณหภูมิในเตาอบ	190	190	0	˚C
เวลาอุณหภูมิเตาพร้อมเริ่มงาน	50	40	10	min
1รอบเวลาในการอบสี (Cycle time)	40.5	40.5	0	min

4. การประเมินผล

สรุปผลการลดค่าพลังงานจากกระบวนการอบสี โดยพลังงานที่ใช้ประกอบไปด้วยพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนด้วยวิธีการจดบันทึกข้อมูลตั้งแต่เดือนกันยายน 2559 ถึงเดือนธันวาคม 2559 ซึ่งสรุปผลการใช้พลังงานก่อนการปรับปรุงและหลังการปรับปรุงได้ดังตารางที่ 4-7

ตารางที่ 4-7 ค่าพลังงานเปลี่ยนแปลงของเตาอบชิ้นงานหลังดำเนินงาน

ปริมาณการผลิต		พลังงานที่ใช้ในกระบวนการเตาอบสีปี 2016		ดัชนีชี้วัด
เดือน	ผลผลิต Skid/Month	ไฟฟ้า (kWh.)	ความร้อน (Gas) (m^3)	ค่าพลังงาน (SEC : MJ/Skid)
กันยายน	6,506.00	24,397.16	22,008.66	139.62
ตุลาคม	6,829.00	20,442.00	22,599.00	134.15
พฤศจิกายน	4,083.00	14,569.00	13,453.00	135.69
ธันวาคม	4,166.00	14,569.00	13,453.00	132.98
รวม	21,584.00	73,977.16	71,513.66	
เฉลี่ย	5,396.00	18,494.29	17,878.42	135.86

หมายเหตุ *Skid = พาเลทงานที่ลำเลียงชิ้นงานเข้าเตาอบสี

สรุปผลปริมาณการใช้พลังงานจากเครื่องมือตรวจวัดพลังงานจริง พร้อมกับการนำผลข้อมูลทั้งก่อนการปรับปรุงมาเปรียบเทียบผลหลังการปรับปรุง ผลการตรวจวัดพบว่าปริมาณพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุง 22,099.32 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน หลังปรับปรุง 18,494.29 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน ลดลงประมาณ 3,605.03 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน คิดค่าพลังงานลดลงได้ 17% ผลการตรวจวัด พบว่า ปริมาณค่าพลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติก่อนปรับปรุง 19,298.04 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน หลังปรับปรุง 17,878.42 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ลดลงประมาณ 1,419.62 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน คิดค่าการใช้งานก๊าซลดลง 8% โดยที่ค่าพลังงานรวมลดลงประมาณ 2,505,190.07 เมกะจูล คิดเป็นสัดส่วนค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานประมาณ 2.21% ของปริมาณการผลิตตลอดทั้งปี พ.ศ. 2559

ระบบแสงสว่าง

1. ข้อมูลเครื่องจักร

โรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์เป็นโรงงานที่มีการใช้หลอดไฟฟ้าเป็นแบบหลอดธรรมดา ซึ่งมีสัดส่วนการใช้พลังงาน 5% ของปริมาณพลังงานทั้งหมดในโรงงาน ด้วยเทคโนโลยีของหลอดไฟฟ้ารุ่นใหม่หรือหลอดไฟฟ้าแอลอีดี มีอัตราการใช้พลังงานต่ำลงมากกว่า 5% มีอายุการใช้งานสูงกว่าหลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาเป็นเท่าตัว มีความร้อนที่แผ่กระจายจากหลอดไฟฟ้าที่น้อย พร้อมกับราคาในท้องตลาดปัจจุบันมีราคาที่ต่ำลงจากเดิมมาก จึงเป็นแนวทางเลือกสำหรับการจัดการพลังงานที่สำคัญของโรงงาน ซึ่งในแนวทางการดำเนินงานได้แยกระบบแสงสว่างออกเป็น 4 ส่วน เพื่อให้ง่ายต่อการประเมินและการปรับปรุงแก้ไข และมีการสำรวจแสงสว่างดังภาพที่ 4-14 ดังนี้ อาคารสำนักงานและโรงอาหาร อาคารโรงงาน กระบวนการผลิต ถนนรอบโรงงาน

ภาพที่ 4-14 การสำรวจแสงสว่างในโรงงาน

ลำดับการจัดแยกระบบไฟฟ้าแสงสว่างตามลำดับ

1.1 แสงสว่างภายในอาคารสำนักงานและโรงอาหาร

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36W (FL) จำนวน 900 หลอด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18W จำนวน 200 หลอด

หลอดตะเกียบ 11W จำนวน 311 หลอด

1.2 แสงสว่างอาคารโรงงาน

หลอดเมทัลฮาไลท์ 400W จำนวน 106 หลอด

หลอดเมทัลฮาไลท์ 250W จำนวน 304 หลอด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36W จำนวน 200 หลอด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 18W จำนวน 60 หลอด

หลอดตะเกียบ 11W จำนวน 50 หลอด

1.3 แสงสว่างกระบวนการผลิต

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36W จำนวน 1,870 หลอด

1.4 แสงสว่างอื่นรอบโรงงาน

หลอดเมทัลฮาไลท์ 250W จำนวน 50 หลอด

หลอดฟลูออเรสเซนต์ 36W จำนวน 80 หลอด

2. การวิเคราะห์ข้อมูลค่าปริมาณการใช้พลังงาน

ก่อนดำเนินงานติดตั้งระบบแสงสว่างโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ ได้แบ่งระบบแสงสว่างออกเป็น 4 ส่วน ได้แก่ อาคารสำนักงานและโรงอาหาร อาคารโรงอาหาร กระบวนการผลิต ถนนรอบนอก โดยหลอดไฟฟ้าแต่พื้นที่มีลักษณะที่แตกต่างกันไปตามความเหมาะสมกับการใช้งาน ทางผู้ศึกษาเองได้แบ่งขั้นตอนการคำนวณออกเป็น 3 ขั้นตอน เพื่อให้ง่ายต่อการทำความเข้าใจ ได้แก่ การวิเคราะห์หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาดำเนินงานติดตั้งระบบแสงสว่างแบบแอลอีดีในโรงงาน

2.1 การวิเคราะห์หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดา ดังตารางที่ 4-8 แสดงการคำนวนผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาในโรงงานจะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 1,982,381 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี หรือคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าประมาณ 6,938,332.80 บาทต่อปี

ตารางที่ 4-8 ค่าพลังงานไฟฟ้ากรณีใช้หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดา

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	หลอด (SET)	จำนวน (SET)	บัลลาสต์ (W)	ทำงาน (hr.)	จำนวน (Day)	กำลังไฟฟ้า (W)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/Year)
1. อาคารสำนักงานและโรงอาหาร								
ฟูลออเรสเซนต์ 36W	36	2	900	10	8	300	82,800	198,720.0
ฟูลออเรสเซนต์ 18W	18	2	200	5	8	300	9,200	22,080.0
หลอดตะเกียบ11W	11	1	311	1	8	300	3,732	8,956.8
รวม							95.73	
2. อาคารโรงงาน								
หลอดเมทัลฮาไลท์ 400W	400	1	106	80	12	300	50,880	183,168.0
หลอดเมทัลฮาไลท์ 250W	250	1	304	50	12	300	91,200	328,320.0
ฟูลออเรสเซนต์ 36W	36	2	200	10	20	300	18,400	110,400.0
ฟูลออเรสเซนต์ 18W	18	2	60	5	20	300	2,760	16,560.0
หลอดตะเกียบ11W	11	1	50	1	8	300	600	1,440.0
รวม							163.84	

ตารางที่ 4-8 (ต่อ)

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	หลอด (SET)	จำนวน (SET)	บัลลาสต์ (W)	ทำงาน (hr.)	จำนวน (Day)	กำลังไฟฟ้า (W)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/Year)
3. กระบวนการผลิต								
ฟูลออเรสเซนต์ 36W	36	2	1,870	10	20	300	172,040	1,032,240.0
รวม							172.04	
4. ถนนรอบโรงงาน								
หลอดเมทัลฮาไลท์ 250W	250	1	50	50	12	300	15,000	54,000.0
ฟูลออเรสเซนต์ 36W	36	2	80	10	12	300	7,360	26,496.0
รวม							22.36	
ค่าพลังงาไฟฟ้ารวม							453.97	1,982,381
หน่วยค่าไฟฟ้าเฉลี่ยปี 2558								3.5
ค่าไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปี							6,938,332.80	

2.2 ดำเนินงานติดตั้งระบบแสงสว่างแบบแอลอีดีในโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ แอลอีดี ตารางที่ 4-9 แสดงการคำนวนผลค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้หลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาในโรงงานจะมีค่าการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 797,460 กิโลวัตต์ต่อชั่วโมงต่อปี หรือคิดเป็นเงินค่าไฟฟ้าประมาณ 2,791,110 บาทต่อปี

2.3 ผลการประหยัดใช้พลังงานไฟฟ้าหลังการปรับปรุงเตาอบให้สามารถประเมินผลประหยัดพลังงานตาม ภาคผนวก จ การคำนวนเศรษฐศาสตร์โครงการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแอลอีดีมีระยะเวลาคืนทุน 2.5 ปี

ตารางที่ 4-9 ค่าพลังงานไฟฟ้ากรณีใช้หลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี (LED)

ชนิด	กำลังไฟฟ้า (W)	หลอด (SET)	จำนวน (SET)	บัลลาสต์ (W)	ทำงาน (hr.)	จำนวน (Day)	กำลังไฟฟ้า (W)	พลังงานไฟฟ้า (kWh/Year)
1.อาคารสำนักงานและโรงอาหาร								
ฟูลออเรสเซนต์ LED 18W	18	2	900		8	300	32,400	77,760.0
ฟูลออเรสเซนต์ LED 11W	11	2	200		8	300	4,400	10,560.0
หลอดตะเกียบ LED 5W	5	1	311		8	300	1,555	3,732.0
รวม							38.36	
2.อาคารโรงงาน								
หลอดเมทัลฮาไลท์ LED 150W	150	1	106		12	300	15,900	57,240.0
หลอดเมทัลฮาไลท์ LED 150W	150	1	304		12	300	45,600	164,160.0
ฟูลออเรสเซนต์ LED 18W	18	2	200		20	300	7,200	43,200.0
ฟูลออเรสเซนต์ LED 11W	11	2	60		20	300	1,320	7,920.0
หลอดตะเกียบ LED 5W	5	1	50		8	300	250	600.0
รวม							70.27	
3.กระบวนการผลิต								
ฟูลออเรสเซนต์ LED 18W	18	2	1,870		20	300	67,320	403,920.0
รวม							67.32	
4.ถนนรอบโรงงาน								
หลอดเมทัลฮาไลท์ LED 100W	100	1	50		12	300	5,000	18,000.0
ฟูลออเรสเซนต์ LED 18W	18	2	80		12	300	2,880	10,368.0
รวม							7.88	
ค่าพลังงาไฟฟ้ารวม							183.83	797,460
หน่วยค่าไฟฟ้าเฉลี่ยปี 2558								3.5
ค่าไฟฟ้ารวมตลอดทั้งปี							2,791,110.00	

3. แนวทางประหยัดพลังงานพร้อมการทดสอบ

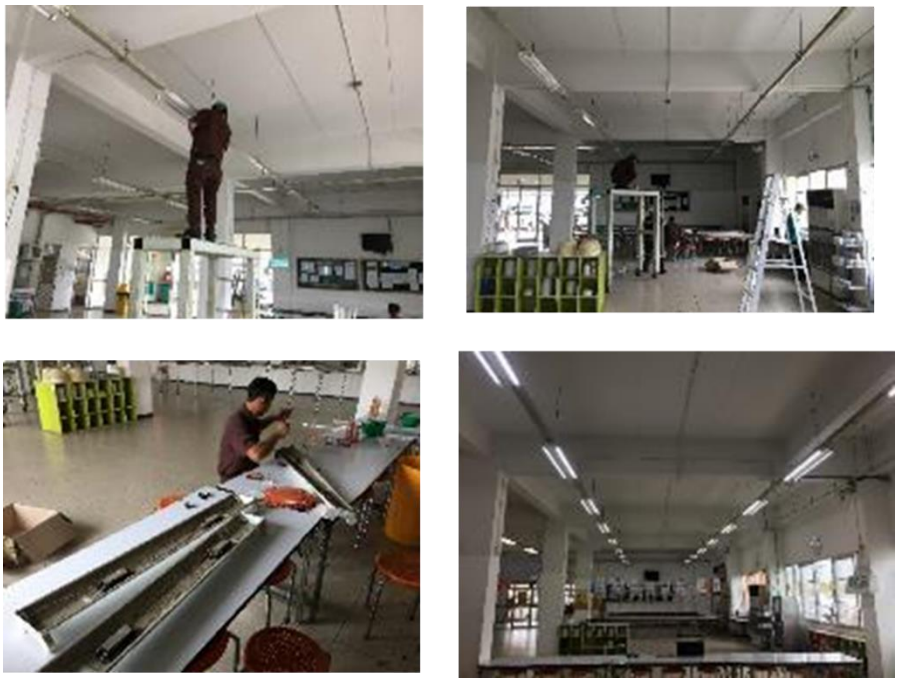
โครงการปรับปรุงหลอดไฟฟ้าแอลอีดีในโรงงานได้แบ่งการติดตั้งออกเป็น 4 ช่วง อ้างอิงตามตารางการประเมินโครงการตามลำดับ โดยการพิจารณาหลอดไฟฟ้าเข้ามาติดตั้งในอาคารทั้งหมดหลอดไฟฟ้าทุกประเภทได้รับการรับประกันจากผู้ผลิตเป็นระยะเวลาทั้งหมด 5 ปี ซึ่งเปรียบเทียบกับระยะคืนทุนของโครงการที่เฉลี่ย 2.5 ปี จึงได้ดำเนินการติดตั้งทั้งโรงงาน แบ่งการติดตั้งออกเป็น 4 ส่วน คือ ภายในอาคารโรงงาน ภายในอาคารสำนักงานและอาคารโรงอาหาร ภายในกระบวนการผลิต และบริเวนถนน

3.1 ดำเนินการปรับปรุงระบบแสงสว่างด้วยการติดตั้งหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี ภายในอาคารโรงงาน ดังภาพที่ 4-15 เป็นหลอดไฟฟ้าเดิมแบบเมทัลฮาไลท์ 400W เปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้าเป็น แอลอีดีขนาด 150W

ภาพที่ 4-15 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบเมทัลฮาไลท์ในอาคารโรงงาน

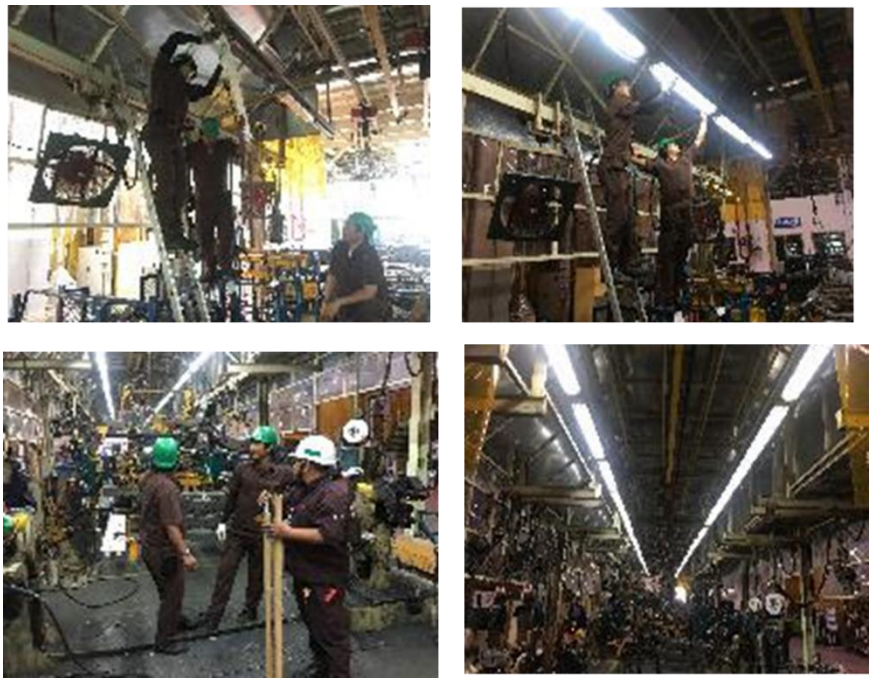
3.2 ติดตั้งหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี ภายในอาคารสำนักงานและอาคารโรงอาหาร ดังภาพที่ 4-16 และภาพที่ 4-17 เป็นการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดา 36W เปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้าเป็นแอลอีดีขนาด 18W

ภาพที่ 4-16 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ในอาคารสำนักงาน



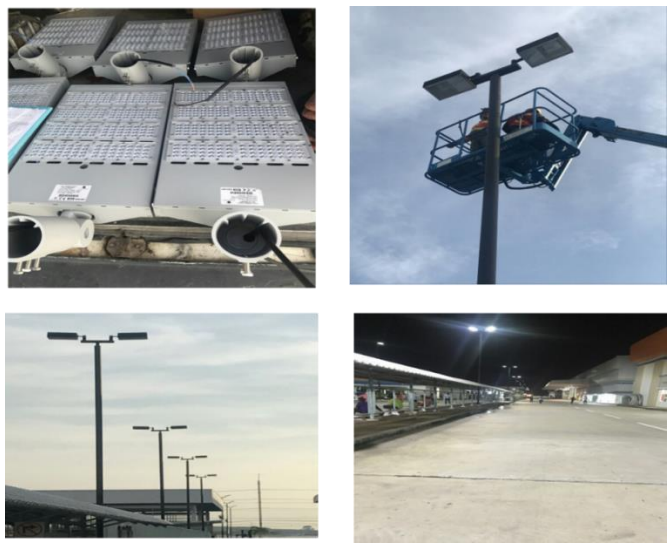
ภาพที่ 4-17 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ในอาคารโรงอาหาร

3.3 ติดตั้งหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี ภายในกระบวนการผลิตดังภาพที่ 4-18 เป็นการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบฟลูออเรสเซนต์แบบธรรมดา 36W เปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้าเป็นแอลอีดีขนาด 18W



ภาพที่ 4-18 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ในกระบวนการผลิต

3.4 ติดตั้งหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี บริเวนถนนดังภาพที่ 4-19 เป็นหลอดไฟฟ้าแบบเมทัลฮาไลท์ 250W เปลี่ยนชนิดหลอดไฟฟ้าเป็น แอลอีดีขนาด 100W



ภาพที่ 4-19 การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบเมทัลฮาไลท์ในบริเวนถนน

4. การประเมินผล

การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแอลอีดีสรุปผลการลดค่าพลังงานไฟฟ้าของโรงงานออกเป็น 4 ส่วน ดังตารางที่ 4-10 เป็นการเปรียบเทียบผลการประหยัดทางด้านพลังงานไฟฟ้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง เพื่อให้เห็นข้อแตกต่างของแต่ละอาคาร

ตารางที่ 4-10 ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเมื่อเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี (LED)

ค่ากำลังไฟฟ้า	ก่อนปรับปรุง (กิโลวัตต์ kW.)	หลังปรับปรุง (กิโลวัตต์ kW.)	กำลังไฟฟ้าลดลง (%)	ดัชนีชี้วัดโรงงาน SEC
1. สำนักงาน โรงอาหาร	95.73	38.26	60.03	0.19
2. อาคารโรงงาน	163.84	70.27	57.11	0.18
3. กระบวนการผลิต	172.04	67.32	60.87	0.19
4. ถนนรอบโรงงาน	22.36	7.88	64.76	0.20
รวมกำลังไฟฟ้าทั้งหมด	453.97	183.83	59.51	0.19

จากตารางที่ 4-11 เห็นได้ว่าค่ากำลังไฟฟ้าแต่ละพื้นที่ลดลงได้ชัดเจน ซึ่งมาตรการ การเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้าธรรมดาเป็นหลอดไฟฟ้าแอลอีดีจะช่วยให้เราประหยัดพลังงานมากขึ้น ซึ่งมาตรการดังกล่าวทำให้สามารถลดค่าพลังงานจากเดิมลง 270.15 kW เมื่อเปรียบเทียบค่าพลังงานหลอดไฟฟ้าแบบเดิมกับหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดี ค่าพลังงานด้านไฟฟ้าจะลดลงจากเดิม 59.51%

ค่าพลังงานทั้ง 4 ส่วน ได้แก่ ภายในอาคารโรงงาน ภายในอาคารสำนักงานและอาคารโรงอาหาร ภายในกระบวนการผลิต และบริเวณถนน ช่วยลดปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม 1,068,320.04 MJ คิดเป็นสัดส่วนค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานประมาณ 0.94% ระยะเวลาคืนทุนของแนวทางเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าจากหลอดไฟฟ้าแบบธรรมดาเป็นหลอดไฟฟ้าแบบแอลอีดีประมาณ 2.5 ปี

การประเมินผลรวม

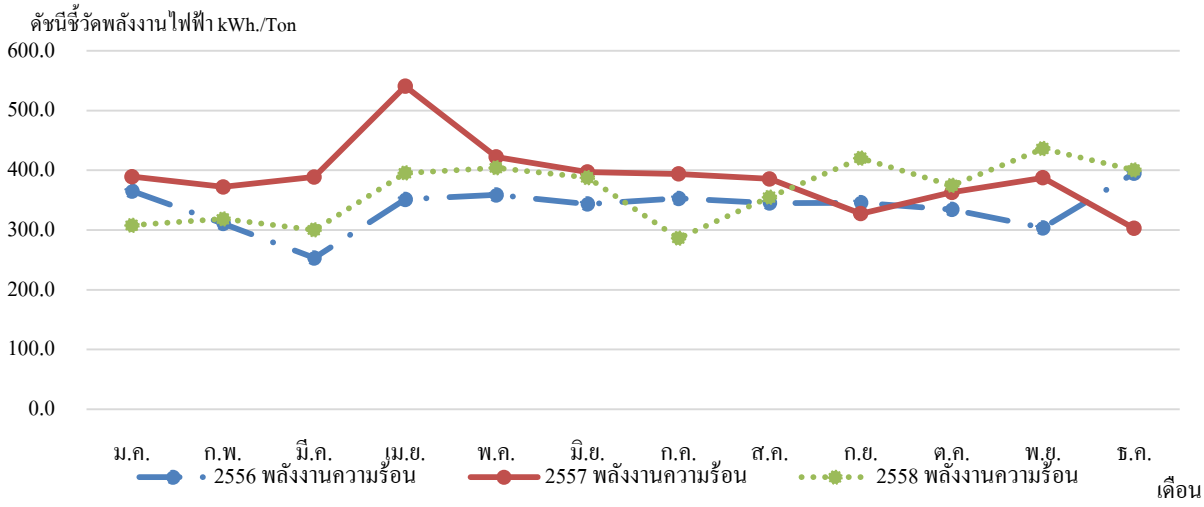
การดำเนินแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างของรถยนต์ ผลการประเมินเพื่อให้เห็นถึงปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการใช้พลังงานความร้อน ดังตารางที่ 4-11 เป็นข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานต่อน้ำหนัก 1 ตันผลผลิตทั้ง 3 ปี

ตารางที่ 4-11 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงาน พ.ศ. 2557 ถึง พ.ศ. 2559

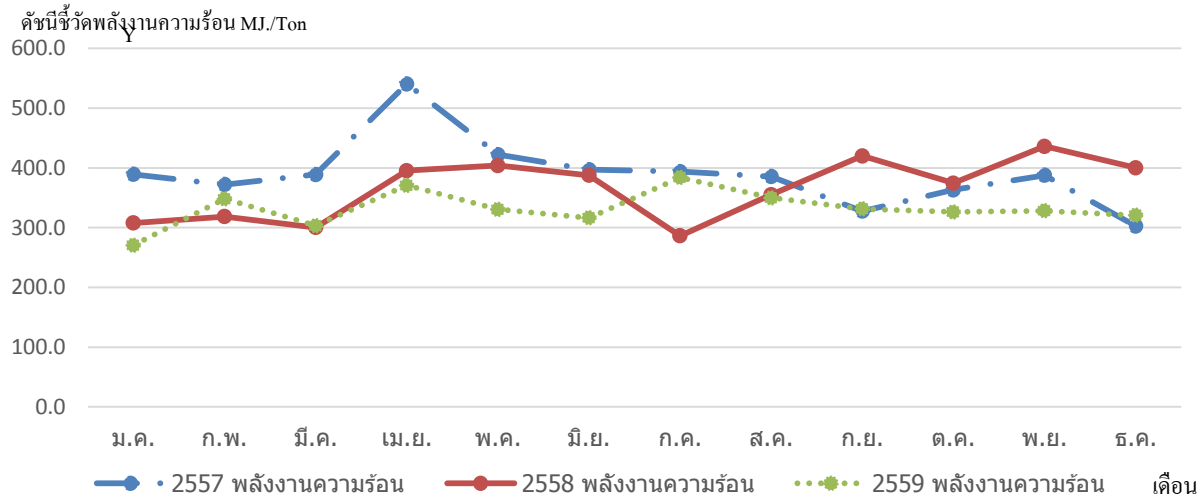
เดือน	ดัชนีค่าปริมาณความต้องการพลังงานต่อผลผลิต					
	ค่าพลังงานไฟฟ้า (kWh./Ton)			ค่าพลังงานความร้อน (MJ/Ton)		
	พ.ศ. 2557	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559	พ.ศ. 2557	พ.ศ. 2558	พ.ศ. 2559
มกราคม	257.5	241.5	263.2	389.3	307.8	270.6
กุมภาพันธ์	233.2	223.9	246.2	372.1	318.5	348.1
มีนาคม	247.9	232.9	238.8	388.9	300.2	303.3
เมษายน	322.2	280.8	293.1	540.6	395.4	370.8
พฤษภาคม	294.5	313.1	260.4	422.2	404.0	330.6
มิถุนายน	304.4	262.0	267.2	397.1	387.7	316.5
กรกฎาคม	318.1	259.0	286.8	393.8	286.2	383.7
สิงหาคม	272.6	257.8	245.5	385.5	355.1	349.8
กันยายน	255.7	304.4	264.5	327.5	420.1	331.4
ตุลาคม	257.6	300.8	269.5	363.1	374.5	326.1
พฤศจิกายน	310.2	323.3	259.1	387.5	436.2	328.1
ธันวาคม	240.5	310.5	230.1	302.8	400.3	320.7
รวม	3,314.5	3,309.9	3,124.3	4,670.3	4,385.9	3,979.8
เฉลี่ย	276.2	275.8	260.4	389.2	365.5	331.6

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานไฟฟ้า และปริมาณความต้องการพลังงานความร้อนทั้ง 3 ปี ของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ โดยวิเคราะห์จากสัดส่วนการใช้พลังงานต่อปริมาณผลผลิตของโรงงาน เมื่อเอาค่าพลังงานของปี พ.ศ. 2558 เปรียบเทียบกับปี พ.ศ. 2559 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานไฟฟ้าลดลง 6% และพลังงานความร้อนลดลง 10% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558

ดังตารางที่ 4-12 ภาพที่ 4-19 และภาพที่ 4-20 แสดงค่าดัชนีชี้วัดการใช้พลังงานไฟฟ้าและปริมาณการใช้พลังงานความร้อนให้เห็นในแต่ละเดือนในรอบ 3 ปี



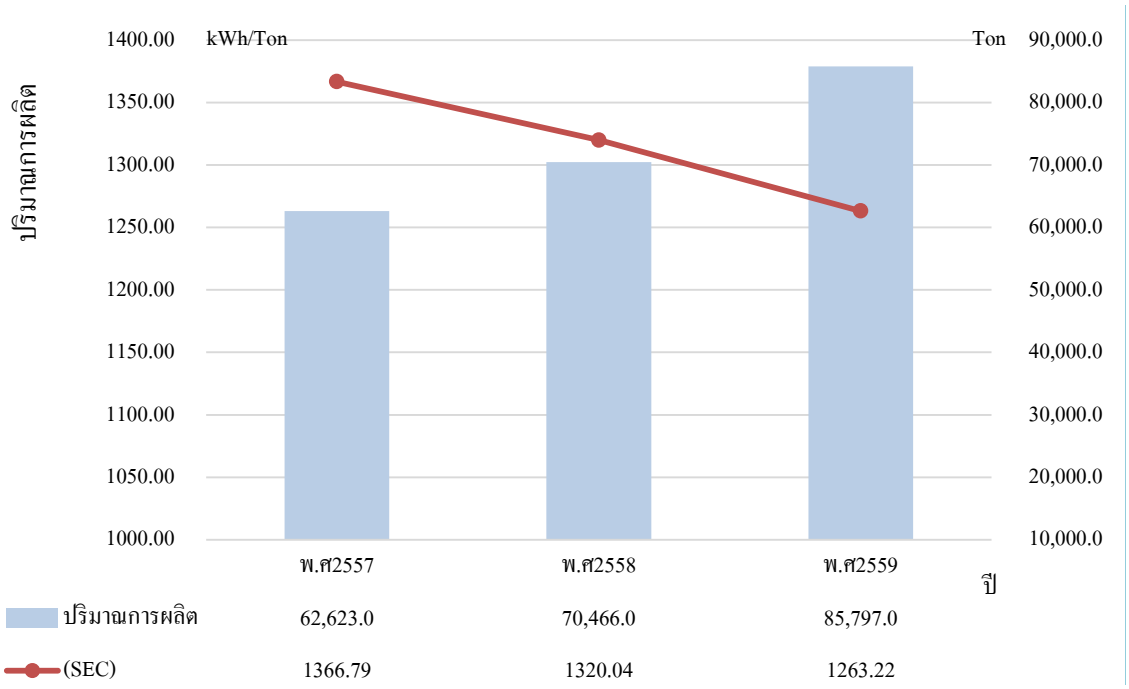
ภาพที่ 4-20 ดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อ 1 ตันผลผลิต



ภาพที่ 4-21 ดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานความร้อนต่อน้ำหนัก 1 ตันผลผลิต

ผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานพบว่าข้อมูลค่าพลังงานรวมลดลงประมาณ 4,874,879.88 MJ/Ton ตลอดทั้งปี พ.ศ. 2559 และค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานปี พ.ศ. 2559 เท่ากับ

1,263.22 MJ/Ton ดังตารางภาคผนวก ง-2 และในส่วนปี พ.ศ. 2558 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานจำเพาะ 1,320.04 MJ/Ton พ.ศ. 2557 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานรวม 1,366.79 MJ/Ton ดังภาพที่ 4-21 และเมื่อเปรียบเทียบดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานจำเพาะทั้ง 3 ปี พบว่าค่าดัชนีชี้วัดความต้องการของพลังงานลดลง 4.30%หลังจากดำเนินการแนวทางการประหยัดพลังงานทั้ง 4 แนวทาง โดยส่งผลให้ดัชนีชี้วัดค่าความต้องการพลังงานจำเพาะทั้ง 3 ปี พบว่าค่าดัชนีชี้วัดความต้องการของพลังงานลดลง 4.30% หลังจากดำเนินการแนวทางการประหยัด ตามที่นำเสนอมา



ภาพที่ 4-22 ดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษา

แนวทางการปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ เพื่อศึกษาปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อนในโรงงาน รวมทั้งปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ โดยใช้ข้อมูลจากรายงานการจัดการพลังงานในปี พ.ศ. 2556 ถึงปี พ.ศ. 2558 มาวิเคราะห์ปรับปรุงปริมาณการใช้พลังงานรวม

ผลศึกษาข้อมูลค่าปริมาณพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ ได้แก่ อาคารสำนักงานอาคารโรงอาหารและอาคารโรงงานพร้อมกระบวนการผลิตสัดส่วนการใช้พลังงาน โดยในส่วนอาคารสำนักงานและโรงอาหารจะพิจารณาตามแผนผังภาพที่ 3-3 แผนผังแสดงการใช้พลังงานพบว่า

1. ค่าพลังงานไฟฟ้าของการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าแบบหลอดทั่วไปเป็นแบบหลอดแอลอีดีในอาคารสำนักงานและโรงอาหารในอัตราส่วนร้อยละ 20 ของหลอดไฟฟ้าทั้งหมดในโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ ผลการศึกษาปริมาณการใช้ไฟฟ้าลดลงและค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานลดลง 0.19% เทียบเท่าปริมาณพลังงาน 2.5 MJ/Ton มีระยะเวลาคืนทุน 1.2 ปี

2. ผลจากแนวทางประหยัดพลังงาน 4 แนวทางในอาคารโรงงานกระบวนการผลิตโดยวิเคราะห์ในส่วนกระบวนการผลิต ได้แก่ กระบวนการปั๊มขึ้นรูปชิ้นงาน กระบวนการเชื่อมประกอบ กระบวนการชุบสี และกระบวนการกัดกลึง

2.1 จากการเปลี่ยนหลอดไฟแบบหลอดทั่วไปเป็นแบบหลอดแอลอีดีในอาคารโรงงานและกระบวนการผลิตในอัตราส่วนร้อยละ 80 ของหลอดไฟทั้งหมดในโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์ พบว่า ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานลดลง 0.75% เทียบเท่าปริมาณพลังงานต่อหนึ่งหน่วย 9.9 MJ/Ton มีระยะเวลาคืนทุน 2.3 ปี

2.2 จากแนวทางการปรับปรุงเครื่องอัดอากาศเพิ่มแนวท่อลม พบว่า ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานลดลง 1% เทียบเท่าปริมาณพลังงาน 13.21 MJ/Ton มีระยะเวลาคืนทุน 0.5 ปี

2.3 จากแนวทางการปรับปรุงระบบปั๊มน้ำ ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานลดลง 0.15% เทียบเท่าปริมาณพลังงาน 1.98 MJ/Ton มีระยะเวลาคืนทุน 2.3 ปี

2.4 จากแนวทางการปรับปรุงเตาอบชิ้นงาน ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานลดลง 2.21% เทียบเท่าปริมาณพลังงาน 29.23 MJ/Ton มีระยะเวลาคืนทุน 1.3 ปี จากแนวทางการปรับปรุงเตาอบชิ้นงาน

ดังนั้นผลการปรับปรุงค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานในปี พ.ศ 2559 ลดลงทั้งหมด 4.30% เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าต้องการลดค่าดัชนีชีวัดความต้องการพลังงานลงที่ 1.5% ค่าพลังงานรวมลดลงประมาณ 4,874,879.88 MJ.ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงาน เท่ากับ 1263.22 MJ/Ton มีระยะเวลาคืนทุน 1.5 ปี

ข้อเสนอแนะ

1. การพิจารณาเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรม ควรพิจารณาเครื่องจักรที่ใช้พลังงานสูงหรือมีจำนวนชั่วโมงทำงานต่อวันที่มาก เพื่อใช้พิจารณาแนวทางประหยัดพลังงาน
2. ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์นี้ ยังมีแนวโน้มที่จะลดลงได้อีก เนื่องจากช่องทางผู้ทำงานนิพนธ์ ยังไม่ได้ดำเนินการศึกษาอุปกรณ์เครื่องจักรหลัก อาทิเช่น เครื่องระบบซิลเลอร์ ระบบบ่อล้างชิ้นงาน ระบบหม้อต้มไอน้ำ เป็นต้น

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน, *คู่มือการฝึกอบรมการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานภาคปฏิบัติ* (2558), สำนักพัฒนาบุคลด้านพลังงาน, ศูนย์อนุรักษ์พลังงาน, กระทรวงพลังงาน.

คณะกรรมการบริหารจัดการด้านพลังงาน. (2556). *รายงานการจัดการพลังงานประจำปี.* บริษัทไทย ซัมมิท พีเค คอร์ปอเรชั่น จำกัด. นิคมอุตสาหกรรม WHA ตำบลตาสิทธิ์ อำเภอ ปลวกแดง จังหวัดระยอง (ประเทศไทย). เข้าถึงได้จาก http://intranet.tspkk.co.th/tspkkg/

คณะกรรมการบริหารจัดการด้านพลังงาน. (2557). *รายงานการจัดการพลังงานประจำปี.* บริษัทไทย ซัมมิท พีเค คอร์ปอเรชั่น จำกัด.นิคมอุตสาหกรรม WHA ตำบลตาสิทธิ์ อำเภอ ปลวกแดง จังหวัดระยอง (ประเทศไทย). เข้าถึงได้จาก http://intranet.tspkk.co.th/tspkkg/

คณะกรรมการบริหารจัดการด้านพลังงาน. (2558). *รายงานการจัดการพลังงานประจำปี.* บริษัทไทย ซัมมิท พีเค คอร์ปอเรชั่น จำกัด.นิคมอุตสาหกรรม WHA ตำบลตาสิทธิ์ อำเภอ ปลวกแดง จังหวัดระยอง (ประเทศไทย). เข้าถึงได้จาก http://intranet.tspkk.co.th/tspkkg/

ชาณิดา พิทยานนนท์ และธีรวัฒน์ หม่อโป. (2556). *การออกแบบอุปกรณ์จับยึดชิ้นงานในกระบวนการพ่นสี* กรณีศึกษา บริษัทคาวาซากิ มอเตอร์ เอ็นเตอร์ไพรส์ (ประเทศไทย) จำกัด. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยสยาม.

ชนัญชิดา สายชุมดี และสุริยา พันธ์โกศล. (2558). *ศึกษาการใช้ระบบมาตรฐานการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011 เพื่อปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน ในโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเลแช่แข็งขนาดย่อมและขนาดกลาง* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา.

ชมพูนิกข์ นามสุวรรณ และวิทยา ยงเจริญ. (2558). *การอนุรักษ์พลังงานภายในโรงพยาบาล*: กรณีศึกษา โรงพยาบาลเจ้าพระยายามราช เป็นการศึกษาระบบการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาล.

นุภาพ แย้มไตรพัฒน์ (2558) *การศึกษาลักษณะการใช้พลังงานของโรงงานผลิตเรซินสังเคราะห์* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ภาควิศวกรรมเครื่องกล.

ประกอบ เอี่ยมสะอาด. (2549). *การบริหารจัดการพลังงานในระบบอากาศอัดของโรงงานอุตสาหกรรม*, วิทยานิพนธ์, หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พศวีร์ ศรีโหมด (2554) *การศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานภายในอาคารเรียน*, กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

ศิริศักดิ์ กิตติสารกุล (2558) *การประหยัดพลังงานไฟฟ้าในโรงงานผลิตอะไหล่รถยนต์.* วิทยานิพนธ์คณะพลังงานและวัสดุ, กรุงเทพ: สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

อมรรัตน์ แก้วประดับ (2546) *การประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมประเภทโลหะ,* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Schachter N. (2010). *Energy efficient speed control using modern variable frequency drives*. Retrieved from at:http://www.cimentec.com

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

รายละเอียดและการตรวจวัดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ปี 2556

ตารางภาคผนวก ก-1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าประจำปี พ.ศ.2556

เดือน	พลังไฟฟ้าสูงสุด			พลังงานไฟฟ้า			ค่าไฟฟ้ารวม	ค่าตัวประกอบภาระ	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย
	P	PP/OP1	OP/OP2	ค่าใช้จ่าย	ปริมาณ	ค่าใช้จ่าย			
	(kW)	(kW)	(kW)	(บาท)	(kWh.)	(บาท)	(บาท)	(%)	(kWh.)
มกราคม	3,324.00	3,192.00	3,252.00	441,859.32	1,531,680.00	4,367,713.20	5,615,060.23	61.93	3.67
กุมภาพันธ์	3,240.00	3,204.00	2,976.00	430,693.20	1,406,880.00	3,976,521.98	5,139,667.78	64.62	3.65
มีนาคม	3,300.00	3,264.00	3,180.00	438,669.00	1,630,200.00	4,592,738.21	5,880,075.53	66.40	3.61
เมษายน	3,300.00	3,180.00	3,180.00	438,669.00	1,288,920.00	3,696,024.00	4,805,759.21	54.25	3.73
พฤษภาคม	3,444.00	3,408.00	3,264.00	457,810.92	1,658,520.00	4,713,724.66	5,949,760.88	64.73	3.59
มิถุนายน	3,468.00	3,384.00	3,432.00	461,001.24	1,560,840.00	4,454,982.38	5,648,641.99	62.51	3.62
กรกฎาคม	3,468.00	3,372.00	3,360.00	461,001.24	1,631,880.00	4,653,590.83	5,880,582.41	63.25	3.60
สิงหาคม	3,528.00	3,408.00	3,192.00	468,977.04	1,501,920.00	4,314,863.95	5,488,854.10	57.22	3.65
กันยายน	3,456.00	3,420.00	3,360.00	459,406.08	1,505,160.00	4,736,462.02	5,620,942.42	60.49	3.73
ตุลาคม	3,492.00	3,468.00	3,264.00	464,191.56	1,492,680.00	4,345,459.10	5,616,010.10	57.45	3.76
พฤศจิกายน	3,516.00	3,312.00	2,988.00	467,381.88	1,329,514.00	3,905,116.67	5,111,846.36	52.52	3.84
ธันวาคม	3,312.00	3,264.00	3,216.00	440,264.16	1,181,160.00	3,366,270.14	4,444,672.74	47.93	3.76
รวม				5,429,924.64	17,719,354.00	51,123,467.15	65,201,873.75		
เฉลี่ย				452,493.72	1,476,612.83	4,260,288.93	5,433,489.48	59.44	3.68

ตารางภาคผนวก ก-2 ค่าดัชนีชี้วัดรวมความต้องการพลังงานต่อหน่วยการผลิตปี พ.ศ. 2556

เดือน	ปริมาณผลผลิต	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าดัชนีพลังงาน
		ไฟฟ้า	ความร้อน	
	(Ton)	(kWh.)	(MJ)	(Mj/Ton)
มกราคม	6,408.00	1,531,680.00	2,340,865.65	1,225.80
กุมภาพันธ์	6,824.00	1,406,880.00	2,121,478.40	1,053.08
มีนาคม	6,752.00	1,630,200.00	1,710,566.45	1,122.52
เมษายน	4,755.00	1,288,920.00	1,670,339.30	1,327.12
พฤษภาคม	6,242.00	1,658,520.00	2,239,079.25	1,315.24
มิถุนายน	6,128.00	1,560,840.00	2,105,442.40	1,260.52
กรกฎาคม	6,281.00	1,631,880.00	2,216,576.10	1,288.23
สิงหาคม	6,273.00	1,501,920.00	2,165,598.50	1,207.16
กันยายน	6,049.00	1,505,160.00	2,090,704.05	1,241.41
ตุลาคม	6,125.00	1,492,680.00	2,048,715.05	1,211.81
พฤศจิกายน	5,976.00	1,329,514.00	1,814,505.05	1,104.54
ธันวาคม	5,207.00	1,181,160.00	2,057,883.00	1,211.84
รวม	74,020.00	17,719,354.00	24,581,753.20	
เฉลี่ย	6,168.33	1,476,612.83	2,048,479.43	1,214.11

ตารางภาคผนวก ก-3 ค่าดัชนีชี้วัดรวมความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตการปี พ.ศ. 2556

เดือน	ปริมาณผลผลิต	ปริมาณพลังงาน		ค่าดัชนีความต้องการพลังงาน	
		ไฟฟ้า	ความร้อน	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
	(Ton)	(kWh.)	(MJ)	(kWh.)	(MJ)
มกราคม	6,408.00	1,531,680.00	2,340,865.65	239.03	365.30
กุมภาพันธ์	6,824.00	1,406,880.00	2,121,478.40	206.17	310.88
มีนาคม	6,752.00	1,630,200.00	1,710,566.45	241.44	253.34
เมษายน	4,755.00	1,288,920.00	1,670,339.30	271.07	351.28
พฤษภาคม	6,242.00	1,658,520.00	2,239,079.25	265.70	358.71
มิถุนายน	6,128.00	1,560,840.00	2,105,442.40	254.71	343.58
กรกฎาคม	6,281.00	1,631,880.00	2,216,576.10	259.81	352.90
สิงหาคม	6,273.00	1,501,920.00	2,165,598.50	239.43	345.23
กันยายน	6,049.00	1,505,160.00	2,090,704.05	248.83	345.63
ตุลาคม	6,125.00	1,492,680.00	2,048,715.05	243.70	334.48
พฤศจิกายน	5,976.00	1,329,514.00	1,814,505.05	222.48	303.63
ธันวาคม	5,207.00	1,181,160.00	2,057,883.00	226.84	395.21
รวม	74,020.00	17,719,354.00	24,581,753.20	239.39	332.10
เฉลี่ย	6,168.33	1,476,612.83	2,048,479.43	239.39	332.10

ตารางภาคผนวก ก-4 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการพลังงานของโรงงานปี พ.ศ. 2556 ถึงปี พ.ศ. 2558

เดือน	ค่าดัชนีชี้วัดปริมาณความต้องการพลังงาน					
	ค่าปริมาณพลังงานไฟฟ้า (kWh./Ton)			ค่าปริมาณพลังงานความร้อน (MJ/Ton)		
	พ.ศ.2556	พ.ศ.2557	พ.ศ.2558	พ.ศ.2556	พ.ศ.2557	พ.ศ.2558
มกราคม	239.0	257.5	241.5	365.3	389.3	307.8
กุมภาพันธ์	206.2	233.2	223.9	310.9	372.1	318.5
มีนาคม	241.4	247.9	232.9	253.3	388.9	300.2
เมษายน	271.1	322.2	280.8	351.3	540.6	395.4
พฤษภาคม	265.7	294.5	313.1	358.7	422.2	404.0
มิถุนายน	254.7	304.4	262.0	343.6	397.1	387.7
กรกฎาคม	259.8	318.1	259.0	352.9	393.8	286.2
สิงหาคม	239.4	272.6	257.8	345.2	385.5	355.1
กันยายน	248.8	255.7	304.4	345.6	327.5	420.1
ตุลาคม	243.7	257.6	300.8	334.5	363.1	374.5
พฤศจิกายน	222.5	310.2	323.3	303.6	387.5	436.2
ธันวาคม	226.8	240.5	310.5	395.2	302.8	400.3
รวม	2,919.2	3,314.5	3,309.9	4,060.2	4,670.3	4,385.9
เฉลี่ย	243.3	276.2	275.8	338.3	389.2	365.5

ภาคผนวก ข

รายละเอียดและการตรวจวัดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ปี พ.ศ. 2557

ตารางภาคผนวก ข-1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ. 2557

เดือน	พลังไฟฟ้าสูงสุด			พลังงานไฟฟ้า			ค่าไฟฟ้ารวม	ค่าตัวประกอบภาระ	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย
	P	PP/OP1	OP/OP2	ค่าใช้จ่าย	ปริมาณ	ค่าใช้จ่าย			
	(kW)	(kW)	(kW)	(บาท)	(kWh.)	(บาท)	(บาท)	(%)	(kWh.)
มกราคม	3,408.00	3,360.00	3,216.00	453,025.44	1,305,640.00	3,832,546.48	5,054,773.44	61.79	3.87
กุมภาพันธ์	3,468.00	3,408.00	3,360.00	461,001.24	1,289,160.00	3,768,538.61	4,982,480.69	66.38	3.86
มีนาคม	3,456.00	3,552.00	3,312.00	459,406.08	1,547,760.00	4,437,526.66	5,810,423.38	70.28	3.75
เมษายน	3,456.00	3,408.00	3,360.00	459,406.08	1,223,204.00	3,530,899.01	4,712,119.82	58.99	3.85
พฤษภาคม	3,552.00	3,408.00	3,312.00	472,167.36	1,452,120.00	4,107,802.85	5,582,245.25	65.94	3.84
มิถุนายน	3,600.00	3,456.00	3,408.00	478,548.00	1,432,320.00	4,184,705.33	5,651,866.37	66.31	3.95
กรกฎาคม	3,600.00	3,408.00	3,504.00	478,548.00	1,521,000.00	4,911,565.01	5,961,055.01	68.15	3.92
สิงหาคม	3,552.00	3,312.00	3,216.00	472,167.36	1,363,800.00	3,478,131.41	5,348,967.65	61.93	3.92
กันยายน	3,504.00	3,312.00	3,504.00	465,786.72	1,445,520.00	4,711,283.52	5,708,692.32	68.76	3.95
ตุลาคม	3,552.00	3,408.00	3,504.00	472,167.36	1,555,320.00	4,952,619.46	6,025,790.26	70.62	3.87
พฤศจิกายน	3,552.00	3,456.00	3,360.00	472,167.36	1,551,840.00	4,870,708.99	5,941,478.59	72.82	3.83
ธันวาคม	3,552.00	3,456.00	3,408.00	472,167.36	1,412,398.08	4,806,635.62	5,143,100.11	64.13	3.64
รวม				5,616,558.36	17,100,082.08	51,592,962.94	65,922,992.89		
เฉลี่ย				468,046.53	1,425,006.84	4,299,413.58	5,493,582.74	66.34	3.86

ตารางภาคผนวก ข-2 ค่าดัชนีชี้วัดรวมความต้องการปริมาณพลังงานต่อหน่วยการผลิตปี พ.ศ. 2557

เดือน	ปริมาณผลผลิต	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าดัชนีพลังงาน
		ไฟฟ้า	ความร้อน	
	(Ton)	(kWh.)	(MJ)	(MJ)
มกราคม	5,070.00	1,305,640.00	1,973,525.20	1,316.34
กุมภาพันธ์	5,527.00	1,289,160.00	2,056,754.15	1,211.82
มีนาคม	6,243.00	1,547,760.00	2,427,829.30	1,281.40
เมษายน	3,796.00	1,223,204.00	2,052,291.50	1,700.69
พฤษภาคม	4,930.00	1,452,120.00	2,081,388.40	1,482.56
มิถุนายน	4,705.00	1,432,320.00	1,868,141.25	1,492.98
กรกฎาคม	4,782.00	1,521,000.00	1,883,048.40	1,538.82
สิงหาคม	5,003.00	1,363,800.00	1,928,540.00	1,366.82
กันยายน	5,654.00	1,445,520.00	1,851,841.50	1,247.92
ตุลาคม	6,038.00	1,555,320.00	2,192,311.10	1,290.40
พฤศจิกายน	5,003.00	1,551,840.00	1,938,573.05	1,504.14
ธันวาคม	5,872.00	1,412,398.08	1,777,833.25	1,168.68
รวม	62,623.00	17,100,082.08	24,032,077.10	
เฉลี่ย	5,218.58	1,425,006.84	2,002,673.09	1,366.79

ตารางภาคผนวก ข-3 ค่าดัชนีชี้วัดความต้องการปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตการ
ปี พ.ศ. 2557

เดือน	ปริมาณผลผลิต	ปริมาณพลังงาน		ค่าดัชนีความต้องการพลังงาน	
		ไฟฟ้า	ความร้อน	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
	(Ton)	(kWh.)	(MJ)	(kWh.)	(MJ)
มกราคม	5,070.00	1,305,640.00	1,973,525.20	257.52	389.26
กุมภาพันธ์	5,527.00	1,289,160.00	2,056,754.15	233.25	372.13
มีนาคม	6,243.00	1,547,760.00	2,427,829.30	247.92	388.89
เมษายน	3,796.00	1,223,204.00	2,052,291.50	322.23	540.65
พฤษภาคม	4,930.00	1,452,120.00	2,081,388.40	294.55	422.19
มิถุนายน	4,705.00	1,432,320.00	1,868,141.25	304.43	397.05
กรกฎาคม	4,782.00	1,521,000.00	1,883,048.40	318.07	393.78
สิงหาคม	5,003.00	1,363,800.00	1,928,540.00	272.60	385.48
กันยายน	5,654.00	1,445,520.00	1,851,841.50	255.66	327.53
ตุลาคม	6,038.00	1,555,320.00	2,192,311.10	257.59	363.09
พฤศจิกายน	5,003.00	1,551,840.00	1,938,573.05	310.18	387.48
ธันวาคม	5,872.00	1,412,398.08	1,777,833.25	240.53	302.76
รวม	62,623.00	17,100,082.08	24,032,077.10	273.06	383.76
เฉลี่ย	5,218.58	1,425,006.84	2,002,673.09	273.06	383.76

ภาคผนวก ค

รายละเอียดและการตรวจวัดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ปี พ.ศ. 2558

ตารางภาคผนวก ค-1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ. 2558

เดือน	พลังไฟฟ้าสูงสุด			พลังงานไฟฟ้า			ค่าไฟฟ้ารวม	ค่าตัวประกอบภาระ	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย
	P	PP/OP1	OP/OP2	ค่าใช้จ่าย	ปริมาณ	ค่าใช้จ่าย			
	(kW)	(kW)	(kW)	(บาท)	(kWh.)	(บาท)	(บาท)	(%)	(kWh.)
มกราคม	3,504.00	3,360.00	3,312.00	465,786.72	1,414,920.00	4,089,826.42	5,390,162.21	65.13	3.81
กุมภาพันธ์	3,648.00	3,456.00	3,456.00	484,928.64	1,424,160.00	4,123,284.62	5,448,210.24	69.71	3.83
มีนาคม	3,744.00	3,552.00	3,504.00	497,689.92	1,684,320.00	4,809,199.63	6,300,276.86	72.56	3.74
เมษายน	3,792.00	3,552.00	3,696.00	504,070.56	1,382,880.00	3,915,637.25	5,601,841.73	60.78	4.05
พฤษภาคม	3,840.00	3,696.00	3,744.00	510,451.20	1,692,240.00	4,737,661.01	6,087,944.71	71.08	3.60
มิถุนายน	3,840.00	3,840.00	3,552.00	510,451.20	1,544,280.00	4,489,677.17	5,766,557.92	67.03	3.73
กรกฎาคม	4,128.00	3,840.00	4,032.00	548,735.04	1,678,320.00	4,837,642.99	6,219,304.82	65.58	3.71
สิงหาคม	4,224.00	3,984.00	4,176.00	561,496.32	1,663,800.00	4,828,123.10	6,215,460.35	63.53	3.74
กันยายน	4,128.00	4,032.00	3,984.00	548,735.04	1,810,200.00	5,264,087.81	6,652,705.85	73.09	3.68
ตุลาคม	4,224.00	4,032.00	3,744.00	561,496.32	1,770,360.00	5,091,871.20	6,474,772.73	67.60	3.66
พฤศจิกายน	4,272.00	4,080.00	3,936.00	567,876.96	1,651,800.00	4,810,428.48	6,136,309.92	64.44	3.71
ธันวาคม	4,320.00	4,128.00	4,128.00	574,257.60	1,525,320.00	4,375,525.68	5,646,379.46	56.95	3.70
รวม				6,335,975.52	19,242,600.00	55,372,965.36	71,939,926.80		
เฉลี่ย				527,997.96	1,603,550.00	4,614,413.78	5,994,993.90	66.46	3.74

ตารางภาคผนวก ค-2 ค่าดัชนีชี้วัดรวมความต้องการปริมาณพลังงานต่อหน่วยการผลิตปี พ.ศ.2558

เดือน	ปริมาณผลผลิต	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าดัชนีพลังงาน
		ไฟฟ้า	ความร้อน	
	(Ton)	(kWh.)	(MJ)	(MJ/Ton)
มกราคม	5,858.70	1,414,920.00	1,803,490.85	1,177.26
กุมภาพันธ์	6,361.43	1,424,160.00	2,026,264.65	1,124.47
มีนาคม	7,233.10	1,684,320.00	2,171,485.40	1,138.52
เมษายน	5,224.04	1,382,880.00	1,946,970.85	1,325.67
พฤษภาคม	5,404.00	1,692,240.00	2,183,037.65	1,531.29
มิถุนายน	5,895.00	1,544,280.00	2,285,362.10	1,330.75
กรกฎาคม	6,479.28	1,678,320.00	1,854,320.75	1,218.70
สิงหาคม	6,454.87	1,663,800.00	2,292,156.30	1,283.04
กันยายน	5,946.39	1,810,200.00	2,497,870.75	1,515.98
ตุลาคม	5,886.10	1,770,360.00	2,204,475.25	1,457.29
พฤศจิกายน	6,109.91	1,651,800.00	2,228,698.05	1,338.02
ธันวาคม	4,913.22	1,525,320.00	1,966,583.30	1,517.89
รวม	71,766.04	19,242,600.00	25,460,715.90	
เฉลี่ย	5,980.50	1,603,550.00	2,121,726.33	1,320.04

ตารางภาคผนวก ค-3 ค่าดัชนีชี้วัดรวมค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตการปี พ.ศ. 2558

เดือน	ปริมาณผลผลิต	ปริมาณพลังงาน		ค่าดัชนีความต้องการพลังงาน	
		ไฟฟ้า	ความร้อน	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
	(Ton)	(kWh.)	(MJ)	(kWh.)	(MJ)
มกราคม	5,858.70	1,414,920.00	1,803,490.85	241.51	307.83
กุมภาพันธ์	6,361.43	1,424,160.00	2,026,264.65	223.87	318.52
มีนาคม	7,233.10	1,684,320.00	2,171,485.40	232.86	300.22
เมษายน	5,224.04	1,382,880.00	1,946,970.85	264.71	372.69
พฤษภาคม	5,404.00	1,692,240.00	2,183,037.65	313.15	403.97
มิถุนายน	5,895.00	1,544,280.00	2,285,362.10	261.96	387.68
กรกฎาคม	6,479.28	1,678,320.00	1,854,320.75	259.03	286.19
สิงหาคม	6,454.87	1,663,800.00	2,292,156.30	257.76	355.10
กันยายน	5,946.39	1,810,200.00	2,497,870.75	304.42	420.07
ตุลาคม	5,886.10	1,770,360.00	2,204,475.25	300.77	374.52
พฤศจิกายน	6,109.91	1,651,800.00	2,228,698.05	270.35	364.77
ธันวาคม	4,913.22	1,525,320.00	1,966,583.30	310.45	400.26
รวม	71,766.04	19,242,600.00	25,460,715.90	268.13	354.77
เฉลี่ย	5,980.50	1,603,550.00	2,121,726.33	268.13	354.77

ภาคผนวก ง

รายละเอียดและการตรวจวัดข้อมูลพลังงานไฟฟ้าและพลังงานความร้อน ปี พ.ศ. 2559

ตารางภาคผนวก ง-1 ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ. 2559

เดือน	พลังไฟฟ้าสูงสุด			พลังงานไฟฟ้า			ค่าไฟฟ้ารวม	ค่าตัวประกอบภาระ	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ย
	P	PP/OP1	OP/OP2	ค่าใช้จ่าย	ปริมาณ	ค่าใช้จ่าย			
	(kW)	(kW)	(kW)	(บาท)	(kWh.)	(บาท)	(บาท)	(%)	(kWh.)
มกราคม	4,368.00	4,224.00	4,464.00	580,638.24	1,754,160.00	5,057,522.16	6,412,979.52	63.38	3.66
กุมภาพันธ์	4,368.00	4,416.00	4,272.00	580,638.24	1,795,800.00	5,169,060.91	6,542,469.56	72.62	3.64
มีนาคม	4,464.00	4,416.00	4,272.00	593,399.52	2,046,600.00	5,926,628.88	7,425,289.62	73.95	3.63
เมษายน	4,368.00	4,368.00	4,320.00	580,638.24	1,579,800.00	4,421,901.36	5,693,603.10	60.28	3.60
พฤษภาคม	4,512.00	4,368.00	4,416.00	599,780.16	1,884,480.00	5,361,848.16	6,253,460.93	67.36	3.32
มิถุนายน	4,512.00	4,368.00	4,512.00	599,780.16	1,895,520.00	5,517,406.13	6,417,051.29	70.02	3.39
กรกฎาคม	4,608.00	4,464.00	4,464.00	612,541.44	1,851,600.00	5,238,156.43	6,135,908.66	64.81	3.31
สิงหาคม	4,704.00	4,464.00	4,416.00	625,302.72	1,903,680.00	5,567,098.75	6,494,877.55	65.27	3.41
กันยายน	4,992.00	4,512.00	4,464.00	663,586.56	2,027,640.00	5,911,354.13	6,896,162.64	67.70	3.40
ตุลาคม	4,896.00	4,608.00	4,656.00	650,825.28	1,957,680.00	5,654,109.74	6,612,370.06	64.49	3.38
พฤศจิกายน	5,088.00	4,992.00	4,416.00	676,347.84	1,953,240.00	5,752,887.94	6,741,659.73	63.98	3.45
ธันวาคม	5,136.00	4,896.00	4,896.00	682,728.48	1,579,440.00	4,640,342.88	5,575,174.70	49.60	3.53
รวม				7,446,206.88	22,229,640.00	64,218,317.47	77,201,007.36		
เฉลี่ย				620,517.24	1,852,470.00	5,351,526.46	6,433,417.28	65.29	3.47

ตารางภาคผนวก ง-2 ค่าดัชนีชี้วัดรวมความต้องการพลังงานต่อหน่วยการผลิตปี พ.ศ. 2559

เดือน	ปริมาณผลผลิต	ปริมาณพลังงานที่ใช้		ค่าดัชนีพลังงาน
		ไฟฟ้า	ความร้อน	
	(Ton)	(kWh.)	(MJ)	(MJ/Ton)
มกราคม	6,665.00	1,754,160.00	1,803,490.85	1,218.07
กุมภาพันธ์	7,295.00	1,795,800.00	2,539,701.50	1,234.35
มีนาคม	8,571.00	2,046,600.00	2,599,720.45	1,162.93
เมษายน	5,390.00	1,579,800.00	1,998,560.35	1,425.94
พฤษภาคม	7,238.00	1,884,480.00	2,393,140.90	1,267.93
มิถุนายน	7,094.00	1,895,520.00	2,244,902.85	1,278.37
กรกฎาคม	6,456.00	1,851,600.00	2,477,467.05	1,416.24
สิงหาคม	7,755.00	1,903,680.00	2,712,647.65	1,233.51
กันยายน	7,666.00	2,027,640.00	2,540,461.10	1,283.59
ตุลาคม	7,265.00	1,957,680.00	2,369,403.40	1,296.22
พฤศจิกายน	6,538.00	1,953,240.00	2,473,004.40	1,453.76
ธันวาคม	6,864.00	1,579,440.00	2,201,426.30	1,149.10
รวม	84,797.00	22,229,640.00	28,353,926.80	
เฉลี่ย	7,066.42	1,852,470.00	2,362,827.23	1,263.22

ตารางภาคผนวก ง-3 ค่าดัชนีชี้วัดรวมความต้องการปริมาณพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยการผลิต ปี พ.ศ. 2559

เดือน	ปริมาณผลผลิต	ปริมาณพลังงาน		ค่าดัชนีความต้องการพลังงาน	
		ไฟฟ้า	ความร้อน	พลังงานไฟฟ้า	พลังงานความร้อน
	(Ton)	(kWh.)	(MJ.)	(kWh.)	(MJ.)
มกราคม	6,665.00	1,754,160.00	1,803,490.85	263.19	270.59
กุมภาพันธ์	7,295.00	1,795,800.00	2,539,701.50	246.17	348.14
มีนาคม	8,571.00	2,046,600.00	2,599,720.45	238.78	303.32
เมษายน	5,390.00	1,579,800.00	1,998,560.35	293.10	370.79
พฤษภาคม	7,238.00	1,884,480.00	2,393,140.90	260.36	330.64
มิถุนายน	7,094.00	1,895,520.00	2,244,902.85	267.20	316.45
กรกฎาคม	6,456.00	1,851,600.00	2,477,467.05	286.80	383.75
สิงหาคม	7,755.00	1,903,680.00	2,712,647.65	245.48	349.79
กันยายน	7,666.00	2,027,640.00	2,540,461.10	264.50	331.39
ตุลาคม	7,265.00	1,957,680.00	2,369,403.40	269.47	326.14
พฤศจิกายน	6,538.00	1,953,240.00	2,473,004.40	298.75	378.25
ธันวาคม	6,864.00	1,579,440.00	2,201,426.30	230.10	320.72
รวม	84,797.00	22,229,640.00	28,353,926.80	262.15	334.37
เฉลี่ย	7,066.42	1,852,470.00	2,362,827.23	262.15	334.37

ภาคผนวก จ

รายละเอียดและการคำนวนทางเศรษฐศาสตร์

การคำนวนทางเศรษฐศาสตร์แนวทางลดค่าพลังงานเครื่องอัดอากาศด้วยการปรับค่าแรงดัน เครื่องอัดอากาศ (AIR COMPRESSOR)

คำนวณ ขนาดพิกัดกำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ 75 kW 400 V,50 Hz ทั้งหมด 11 เครื่อง ถังพักลม 2 ใบ ทำการแยกชุดควบคุมลมออกเป็น 2 ชุดควบคุม

ชุดที่ 1 เครื่องอัดอากาศ 75 kW 400 V,50 Hz ทั้งหมด 7 เครื่อง ถังพักลมใบที่ 1 ขนาด 15,000 ลิตร

ชุดที่ 2 เครื่องอัดอากาศ 75kW 400 V,50 Hz ทั้งหมด 4 เครื่อง ถังพักลมใบที่ 1 ขนาด 10,000 ลิตร

รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการมาตรการที่ 1

1. งานเดินท่อลมใหม่พร้อมวาล์วขนาดท่อ 6 นิ้ว ความยาว 150 เมตร ราคา 350,000 บาท
2. ชุดควบคุมการทำงานปั๊มลม Energy saving ES6 Atlas copco ราคา 150,000 บาท
3. งานติดตั้งและปรับปรุงห้องปั๊มลม ราคา 150,000 บาท
4. รวมงบประมาณมาตรการที่ 1 ราคา 650,000 บาท

พลังงานที่ห้องปั๊มลมจากการตรวจวัดค่ากระแสเครื่องปั๊มลมอัด 75 kW 400 V, 50 Hz ที่มีการใช้งานจริงอยู่ที่ 85 แอมป์ กำลังไฟฟ้าใน 1 วัน เปิดเครื่อง 20 ชั่วโมง หลักการทำงานของเครื่องปั๊มลมถ้าราปรับแรงดันลมอัดลงมา 1 บาร์ ในเครื่องอัดอากาศ เราสามารถลดปริมาณการใช้พลังงานได้ 6-10%

กำลังไฟฟ้า (P) = แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส (V) x กระแสไฟฟ้า (I)

กำลังไฟฟ้าจริงจากการวัด 80 A = $\sqrt[3]{400}$ x 85

กำลังไฟฟ้าจริงจากการวัด = 58.89 kW

แรงดันลมอัดลงมา 1 บาร์ ประหยัด 10% = 58.89 x 90 %

กำลังไฟฟ้าจริงจากการลดแรงดัน 1 บาร์ = 53 kW

พลังงานไฟฟ้าลดลง (58.89 kW - 53 kW) = 5.89 kW

กำลังไฟฟ้าใน 1 วัน เปิดเครื่อง 20 ชั่วโมง = (5.89 kW x 20 ชั่วโมง)

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียต่อวัน = 117.7 kWh. ต่อวัน

ค่าไฟฟ้าโรงงาน 1 กิโลวัตต์- ชั่วโมง ราคา 3.5 บาท (เฉลี่ยบิลค่าไฟฟ้าปี 2558)

ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อวัน = 412.3 บาท ต่อเครื่อง

ใน 1 ปี โรงงานมีการทำงาน 300 วัน (เฉลี่ยวันทำงานใน 1 ปีรวมวันทำงานโอที)

ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี = 123,690 บาทต่อเครื่อง

ปั๊มลมทั้งหมด 11 เครื่อง = 1,360,590 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน = $\frac{650,000}{1,360,590}$

ระยะเวลาคืนทุน = 5.73 เดือน

มอเตอร์ปั๊มน้ำ (MOTOR PUMP)

การคำนวณ 1 ปี โรงงานทำงาน 300 วัน เป็นวันหยุด 65 วัน และใน 1 วัน มอเตอร์ทำงานแบบไม่มีโหลด 2 ชั่วโมง

รายละเอียดค่าใช้จ่ายในการดำเนินการแนวทางประหยัดพลังงานที่ 2

1. ชุดควบคุมอินเวอร์เตอร์ขนาด 22 kW, 2 ตัว ราคา 70,000 บาท
2. งานติดตั้งและปรับปรุงตู้ควบคุม ราคา 50,000 บาท
3. รวมงบประมาณมาตรการที่ 2 ราคา 120,000 บาท

กำลังไฟฟ้า (P) = แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส (V) x กระแสไฟฟ้า (I)

กำลังไฟฟ้าจริงจากการวัด 33 A = $\sqrt[3]{400}$ x 33

กำลังไฟฟ้าจริงจากการวัด = 22.86 kW

มอเตอร์ไม่มีโหลด ประหยัด 30% = 22.86 x 70%

กำลังไฟฟ้าจริงจากการลดแรงดัน 1 bar = 16 kW

พลังงานไฟฟ้าลดลง (24.24 kW – 16.96 kW) = 6.86 kW

เงื่อนไขการคำนวน 1 ปี บริษัททำงาน 300 วัน เป็นวันหยุด 65 วัน และใน 1 วัน มอเตอร์ทำงานแบบไม่มีโหลด 2 ชั่วโมง (ดังนั้นใน 1 ปี มอเตอร์ทำงานไม่มีโหลด 2,160 ชั่วโมง)

กำลังไฟฟ้าใน 1 ปี = (6.86 kW x 2,160 ชั่วโมง)

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี = 14,817.6 kWh. ต่อปี

ค่าไฟฟ้าโรงงาน1กิโลวัตต์-ชั่วโมง ราคา 3.5 บาท (เฉลี่ยบิลค่าไฟฟ้าปี 2558)

ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี = 51,861.6 บาทต่อปี

ระยะเวลาคืนทุน = $\frac{120,000}{55,036.8}$

ระยะเวลาคืนทุน = 2.3 ปี

ผลสรุปการวิเคราะห์แนวทางที่ 2 ทางผู้ทำงานนิพนธ์เห็นว่าเป็นแนวทางที่น่าลงทุน เพราะมีจุดคุมทุนที่ 2.3 ปี ถือว่าเป็นโครงการที่มีความประหยัดที่ชัดเจน และการดำเนินการที่ไม่ยุ่งยาก

เตาอบชิ้นงาน (OVEN)

การคำนวณ1ปี โรงงานทำงาน 300 วัน เป็นวันหยุด 65 วัน ซึ่งผลการคำนวณแบบพิจารณาความคุ้มค่าของการลงทุน

พิจารณาคุณลักษณะเงื่อนไขเตาอบสีที่ใช้งานปัจจุบัน

ขนาดของเตาอบ กว้าง 8.70 เมตร

ขนาดของเตาอบ ยาว 34.00 เมตร

ขนาดของเตาอบ สูง 4.21 เมตร

ความหนาของแผ่นฉนวนกันความร้อน 0.15 เมตร

ฉนวนเป็นแบบ (Diffusion (K1) 0.5 Kcal/m2Hr0C

พื้นที่ช่องเปิดสำหรับชิ้นงานเข้า-ออก 59.85 ตารางเมตร

ขนาดเตาอบทั้งหมด 1,107 ลูกบาศก์เมตร

ขนาดระบบท่อส่งลมร้อน 221 ลูกบาศก์เมตร

เตาเผาลมร้อน 951 ตารางเมตร

พื้นที่ท่อลมร้อน (20% ของพื้นที่เตาเผาลมร้อน) 190 ตารางเมตร

ปริมาตรเตาอบรวม 1,328 ลูกบาศก์เมตร

พื้นที่เตาอบรวม 1,141 ตารางเมตร

ปริมาตรไอเสียออกจากเตาอบ (คำนวณ 6 ครั้งต่อชั่วโมง 133 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

เงื่อนไขพื้นฐานของชิ้นงานและคุณสมบัติ

น้ำหนักรวมชิ้นงานในการอบต่อครั้ง 2,000 กิโลกรัมต่อครั้ง

พื้นที่รวมชิ้นงาน 90 ตารางเมตรต่อครั้ง

ค่าคุณสมบัติจำเพาะ Specifi Heat (Cp) 0.115 Kcal/Kg°C

เวลาในการอบแต่ละสถานี 4.5 นาทีต่อสถานี

น้ำหนักโซ่ที่ใช้เคลื่อนที่ชิ้นงาน 21 กิโลกรัมต่อเมตร

อุณหภูมิที่ใช้ควบคุม 180 องศาเซลเซียส

อุณหภูมิพื้นฐานสำหรับการคำนวณ 25 องศาเซลเซียส

น้ำหนักรวมต่อชั่วโมง 26,666.67 กิโลกรัมต่อชั่วโมง

พื้นที่ชิ้นงานรวม 1,200 ตารางเมตรต่อชั่วโมง

การคำนวนความร้อนสูญเสีย

$(\Delta T) = 180 - 125 = 155$ ℃ เมื่อเวลาที่คำนวณ 4.5 นาที

ความร้อนให้กับชิ้นงาน = (น้ำหนักรวมต่อชั่วโมง) x Δt(˚C) x CP Specifications Materal Heat

ความร้อนให้กับชิ้นงาน = 26,666.67 x 155 x 0.115

= 475,333.33 kcal/Hr.

ความร้อนสูญเสียจากผนังเตาอบ = (พื้นที่เตาอบรวม) x Δt(˚C) x K1

= (1,141 x 155 x 0.5)

= 88,455.46 kcal/Hr.

ความร้อนสูญเสียจากไอเสียออกจากเตาอบ = Exhaust cap (m^3/min) x 60 x K2 x Δt(˚C)

K = 0.288

= 133 x 60 x 0.288 x 155

= 355,748.13 kcal/Hr.

ความร้อนสูญเสียจากพื้นที่สำหรับชิ้นงานเข้า-ออก = (พ.ท.ชิ้นงานเข้า-ออก) x K2 x Δt(˚C))/ 2

K2 = 50

= ((59.85 x 50 x 155)/ 2)

= 231,918.75 kcal/Hr.

ความร้อนรวม = (ความร้อนให้กับชิ้นงาน + ความร้อนสูญเสียจากผนังเตาอบ + ความร้อนสูญเสียจากไอเสียออกจากเตาอบ + ความร้อนสูญเสียจากพื้นที่สำหรับชิ้นงานเข้า-ออก)

= (475,333.33 + 88,455.46 + 355,748.13 + 231,918.75) kcal/Hr.

= 1,151,455.67 kcal/Hr.

1Kcal = 3.97 BTU.

ความร้อนรวม = 4,566,289.6 BTU./Hr.

ความร้อนรวม = 4.6 MMBTU./Hr

ราคาค่าก๊าซธรรมชาติ 1 MMBTU. = 362 บาท/ MMBTU.

การผลิตใน 1 วันใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติ (4.6 x 20 x 362) = 33,304 บาทต่อวัน

ใน 1 ปีบริษัททำงานประมาณ 300 วัน (33,304 x 300) = 9,991,200 บาทต่อปี

ดังนั้น กรณีไม่มีการปรับปรุงเตาอบสีชิ้นงงานบริษัทต้องจ่ายค่าพลังงานความร้อนจากก๊าซธรรมชาติประมาณ 9,991,200 บาท ต่อปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์โบเวอร์ 2 ตัว ขนาด 30 kW 400 V , 50 Hz กระแสที่วัดได้ 33แอมป์ เครื่องทำงาน 100% ทั้ง 2 ตัว

กำลังไฟฟ้า (P) = แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส (V) x กระแสไฟฟ้า (I)

กำลังไฟฟ้าจริงจากการวัด 33 A = $\sqrt[3]{400}$ x 33

กำลังไฟฟ้าจริงจากการวัด = 22.86 kW

เงื่อนไขการคำนวน 1 ปี บริษัททำงาน 300 วัน เป็นวันหยุด 65 วัน มอเตอร์ขนาดเท่ากัน 2 ตัว

กำลังไฟฟ้าใน 1 ปี = (2 x 22.86 kW x 6,000 ชั่วโมง)

กำลังไฟฟ้าต่อปี = 274,320 kWh. ต่อปี

ค่าไฟฟ้าโรงงาน1กิโลวัตต์-ชั่วโมง ราคา 3.5 บาท (เฉลี่ยบิลค่าไฟฟ้าปี 2558)

ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี = 960,120 บาทต่อปี

ดังนั้น กรณีไม่มีการปรับปรุงเตาอบสีชิ้นงงานบริษัทต้องจ่ายค่าพลังงาน

ค่าพลังงานความร้อน = 9,991,200 บาทต่อปี

ค่าพลังงานไฟฟ้า = 960,120 บาทต่อปี

ค่าพลังงานรวมตลอดปี = 10,951,320 บาทต่อปี

วิเคราะห์ผลประหยัดทางเศรษฐศาสตร์

กรณีปรับปรุงเตาอบสีของชิ้นงานโดยการปรับขนาดของพื้นที่ภายในเตาลดลงตามการใช้งานจริงพิจารณาคุณลักษณะเงื่อนไขเตาอบสีขนาดใหม่ โดยขนาดของเตามีการเปลี่ยนแปลงความกว้างลดลงจาก 8.7เมตร มาเป็น 6.1 เมตร และทำการปรับปริมาตรไอเสียออกจากเตาอบ (คำนวณ 6 ครั้งต่อชั่วโมง 133 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที มาเป็น 99 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที) ผลคำนวนที่เปลี่ยนแปลง

ปริมาตรไอเสียออกจากเตาอบ (คำนวณ 6 ครั้งต่อชั่วโมง 99 ลูกบาศก์เมตรต่อนาที

ความร้อนสูญเสียจากไอเสียออกจากเตาอบ = Exhaust cap (m^3/min) x 60 x K2 x Δt(°C)

K = 0.288

= 99 x 60 x 0.288 x 155

= 263,888.99 kcal/Hr.

ความร้อนรวม = (ความร้อนให้กับชิ้นงาน + ความร้อนสูญเสียจากผนังเตาอบ + ความร้อนสูญเสียจากไอเสียออกจากเตาอบ + ความร้อนสูญเสียจากพื้นที่สำหรับชิ้นงานเข้า-ออก)

= (475,333.33 + 88,455.46 + 263,888.99 + 231,918.75) kcal/Hr.

= 1,059,584.07 kcal/Hr.

1Kcal = 3.97 BTU.

ความร้อนรวม = 4,201,957.8 BTU./Hr.

ความร้อนรวม = 4.2 MMBTU./Hr

ราคาค่าก๊าซธรรมชาติ 1 MMBTU. = 362 บาท/ MMBTU.

การผลิตใน 1 วันใช้พลังงานก๊าซธรรมชาติ (4.2 x 20 x 362) = 30,408 บาทต่อวัน

ใน 1 ปีบริษัททำงานประมาณ 300 วัน (300,304 x 300) = 9,122,400 บาทต่อปี

ค่าพลังงานประหยัดลง (9,991,200 - 9,122,400) = 868,800 บาทต่อปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าสำหรับมอเตอร์โบเวอร์ 2 ตัว ขนาด 30 KW 400 V , 50 Hz กระแสที่วัดได้ 33แอมป์ เครื่องทำงาน 100% ทั้ง 2 ตัว

กำลังไฟฟ้า (P) = แรงดันไฟฟ้า 3 เฟส (V) x กระแสไฟฟ้า (I)

กำลังไฟฟ้าจริงจากการวัด 33 A = $\sqrt[3]{400}$ x 33

กำลังไฟฟ้าจริงจากการวัด = 22.86 kW

มอเตอร์ไม่มีโหลด ประหยัด 20% = 22.86 x 80%

กำลังไฟฟ้าจริงจากการลดแรงดัน1 bar = 18.29 kW

พลังงานไฟฟ้าลดลง (22.86 kW – 18.29 kW) = 4.57 kW

เงื่อนไขการคำนวน 1 ปี บริษัททำงาน 300 วัน เป็นวันหยุด 65 วัน มอเตอร์ขนาดเท่ากัน 2 ตัว

กำลังไฟฟ้าใน 1 ปี = (2 x 4.57 kW x 6,000 ชั่วโมง)

กำลังไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี = 54,840 kW ต่อปี

ค่าไฟฟ้าโรงงาน1กิโลวัตต์-ชั่วโมง ราคา 3.5 บาท (เฉลี่ยบิลค่าไฟฟ้าปี 2558)

ค่าไฟฟ้าที่สูญเสียต่อปี = 191,940 บาทต่อปี

ดังนั้น กรณีมีการปรับปรุงเตาอบสีชิ้นงานบริษัทต้องจ่ายค่าพลังงาน

ค่าพลังงานความร้อนลดลง = 868,800 บาทต่อปี

ค่าพลังงานไฟฟ้าลดลง = 191,940 บาทต่อปี

ค่าพลังงานรวมตลอดปีลดลง = 1,060,740 บาทต่อปี

เงินงบประมาณการลงทุน = 1,340,000 บาท

จุดคุ้มทุนโครงการ = 1.3 ปี

จากผลวิเคราะห์โครงการก่อนดำเนินการ เป็นโครงการที่มีการลงทุนสูง แต่มีจุดคุ้มทุนของโครงการที่เร็วมาก ทางผู้ทำวิจัยเห็นควรว่าเป็นโครงการที่น่าลงทุน

ระบบแสงสว่าง (LIGHTING SYSTEM)

จากการเข้าเก็บข้อมูลในโรงงานผลิตชิ้นส่วนของช่วงล่างรถยนต์พบว่าโรงงานแห่งนี้มีการใช้หลอดไฟฟ้าชนิดธรรมดาที่ไม่ใช่หลอดไฟฟ้าแอลอีดีทั้งหมด โดยมีหลอดไฟฟ้าแต่ละประเภทที่เราสามารถเปลี่ยนเป็นหลอดไฟฟ้าแอลอีดีได้ดังนี้

1. หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 36W เปลี่ยนเป็นหลอดแอลอีดี ขนาด 18W 220 โวลท์
2. หลอดไฟฟ้าฟลูออเรสเซนต์ T8 ขนาด 18W เปลี่ยนเป็นหลอดแอลอีดี ขนาด 11W 220 โวลท์
3. หลอดไฟฟ้าตะเกียบ ขนาด 11W เปลี่ยนเป็นหลอดแอลอีดี ขนาด 5W 220 โวลท์
4. หลอดไฟฟ้าเมทัลฮาไลท์ ขนาด 400W เปลี่ยนเป็นหลอดแอลอีดี ขนาด 150W 220 โวลท์
5. หลอดไฟฟ้าเมทัลฮาไลท์ ขนาด 250W เปลี่ยนเป็นหลอดแอลอีดี ขนาด 150W 220 โวลท์

ตารางภาคผนวก จ-1 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงานและโรงอาหาร

ชนิด	กำลังไฟฟ้า	หลอด	จำนวน	บัลลาสต์	ทำงาน	จำนวน	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า
	W	Unit	Set	W	Hr.	Day	W	(kWh/Year)
อาคารสำนักงานและโรงอาหารหลอดไฟฟ้าแบบเดิม								
1.ฟูลออเรสเซนต์ 36 วัตต์	36	2	900	10	8	300	82,800	198,720.0
2. ฟูลออเรสเซนต์ 18 วัตต์	18	2	200	5	8	300	9,200	22,080.0
3. หลอดตะเกียบ11วัตต์	11	1	311	1	8	300	3,732	8,956.8
		รวม					95.73	229,756.8
กรณีอาคารสำนักงานและโรงอาหาร เปลี่ยนใช้หลอดไฟฟ้าแอลอีดี								
1. ฟูลออเรสเซนต์ 36 วัตต์	18	2	900		8	300	32,400	77,760.0
2. ฟูลออเรสเซนต์ 18 วัตต์	11	2	200		8	300	4,400	10,560.0
3. หลอดตะเกียบ11วัตต์	5	1	311		8	300	1,555	3,732.0
		รวม					38.36	92,052.0

จากตางรางภาคผนวก จ-1 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าในอาคารสำนักงานและโรงอาหาร ผลการประหยัดค่าไฟฟ้า ตามบิลค่าไฟฟ้าปี 2558 เท่ากับ 3.5 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าดังนี้

กรณีหลอดไฟฟ้าแบบเดิม (229,756.8 x 3.5) = 804,148.8 บาทต่อปี

กรณีหลอดไฟฟ้าแอลอีดี (92,052.0 x 3.5) = 322,182.0 บาทต่อปี

ผลประหยัดค่าไฟฟ้า = 481,966.8 บาทต่อปี

งบประมาณลงทุนประมาณ = 500,000.0 บาท

จุดคุ้มทุนโครงการ = 1.04 ปี

จากผลคำนวนทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระบบแสงสว่างในอาคารสำนักงานและโรงอาหาร เป็นโครงการที่น่าลงทุน เนื่องจากมีจุดคุ้มทุนโครงการเพียงแค่ 1.04 ปี

ตารางภาคผนวก จ-2 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าในอาคารโรงงาน

ชนิด	กำลังไฟฟ้า	หลอด	จำนวน	บัลลาสต์	ทำงาน	จำนวน	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า
	W	Unit	Set	W	Hr.	Day	W	(kWh/Year)
หลอดไฟฟ้าอาคารโรงงานแบบเดิม								
1. หลอดเมทัลฮาไลท์ 400 วัตต์	400	1	106	80	12	300	50,880	183,168.0
2. หลอดเมทัลฮาไลท์ 250 วัตต์	250	1	304	50	12	300	91,200	328,320.0
3. ฟูลออเรสเซนต์ 36 วัตต์	36	2	200	10	20	300	18,400	110,400.0
4. ฟูลออเรสเซนต์ 18 วัตต์	18	2	60	5	20	300	2,760	16,560.0
5. หลอดตะเกียบ11วัตต์	11	1	50	1	8	300	600	1,440.0
รวม							163.84	639,888.0
หลอดไฟฟ้าอาคารโรงงานแบบแอลอีดี								
1. หลอดเมทัลฮาไลท์ 400 วัตต์	150	1	106		12	300	15,900	57,240.0
2. หลอดเมทัลฮาไลท์ 250 วัตต์	150	1	304		12	300	45,600	164,160.0
3. ฟูลออเรสเซนต์ 36 วัตต์	18	2	200		20	300	7,200	43,200.0
4. ฟูลออเรสเซนต์ 18 วัตต์	11	2	60		20	300	1,320	7,920.0
5. หลอดตะเกียบ11วัตต์	5	1	50		8	300	250	600.0
รวม							70.27	273,120.0

จากตางรางภาคผนวก จ-2 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าในอาคารโรงงาน ผลการประหยัดค่าไฟฟ้า ตามบิลค่าไฟฟ้าปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 3.5 บาทต่อหน่วยไฟฟ้า ดังนี้

กรณีหลอดไฟฟ้าแบบเดิม (639,888 x 3.5) = 2,239,608.0 บาทต่อปี

กรณีหลอดไฟฟ้าแอลอีดี (273,120.0 x 3.5) = 955,920.0 บาทต่อปี

ผลประหยัดค่าไฟฟ้า = 1,283,688 บาทต่อปี

งบประมาณลงทุนประมาณ = 3,000,000.0 บาท

จุดคุ้มทุนโครงการ = 2.34 ปี

จากผลคำนวนทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระบบแสงสว่างในโรงงาน เป็นโครงการที่น่าลงทุน เนื่องจากมีจุดคุ้มทุนโครงการเพียงแค่ 2.34 ปี

ตารางภาคผนวก จ-3 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าในอาคารโรงงาน

ชนิด	กำลังไฟฟ้า	หลอด	จำนวน	บัลลาสต์	ทำงาน	จำนวนวัน	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า
	W	Unit	Set	W	Hr.	Day	W	(kWh/Year)
หลอดไฟฟ้าอาคารโรงงานแบบเดิม								
1. ฟูลออเรสเซนต์ 36 วัตต์	36	2	1,870	10	20	300	172,040	1,032,240.0
หลอดไฟฟ้าในกระบวนการผลิตแบบแอลอีดี								
1. ฟูลออเรสเซนต์ 36 วัตต์	18	2	1,870		20	300	67,320	403,920.0

จากตางรางภาคผนวก จ-3 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ผลการประหยัดค่าไฟฟ้า ตามบิลค่าไฟฟ้าปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 3.5 บาทต่อหน่วยไฟฟ้าดังนี้

กรณีหลอดไฟฟ้าแบบเดิม (1,032,240.0 x 3.5) = 3,612,840.0 บาทต่อปี

กรณีหลอดไฟฟ้าแอลอีดี (403,920.0 x 3.5) = 1,413,720.0 บาทต่อปี

ผลประหยัดค่าไฟฟ้า = 2,199,120 บาทต่อปี

งบประมาณลงทุนประมาณ = 2,805,000.0 บาท

จุดคุ้มทุนโครงการ = 1.28 ปี

จากผลคำนวนทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระบบแสงสว่างในกระบวนการผลิต เป็นโครงการที่น่าลงทุน เนื่องจากมีจุดคุ้มทุนโครงการเพียงแค่ 1.28 ปี

ตารางภาคผนวก จ-4 การเปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าถนนรอบอาคารโรงงาน

ชนิด	กำลังไฟฟ้า	หลอด	จำนวน	บัลลาสต์	ทำงาน	จำนวนวัน	กำลังไฟฟ้า	พลังงานไฟฟ้า
	W	Unit	Set	W	Hr.	Day	W	(kWh/Year)
หลอดไฟฟ้าอาคารโรงงานแบบเดิม								
1. หลอดเมทัลฮาไลท์ 250 วัตต์	250	1	50	50	12	300	15,000	54,000.0
2. ฟูลออเรสเซนต์ 36 วัตต์	36	2	80	10	12	300	7,360	26,496.0
รวม							22.36	80,496
หลอดไฟฟ้าในถนนรอบโรงงานแบบแอลอีดี								
1. หลอดเมทัลฮาไลท์ 250 วัตต์	150	1	50		12	300	7,500	27,000.0
2. ฟูลออเรสเซนต์ 36 วัตต์	18	2	80		12	300	2,880	10,368.0
รวม							10.38	37,368

จากตางรางภาคผนวก จ-4 เปรียบเทียบพลังงานไฟฟ้าในถนนรอบโรงงาน ผลการประหยัดค่าไฟฟ้า ตามบิลค่าไฟฟ้าปี พ.ศ. 2558 เท่ากับ 3.5 บาทต่อหน่วยไฟฟ้า ดังนี้

กรณีหลอดไฟฟ้าแบบเดิม (80,496.0 x 3.5) = 281,736.0 บาทต่อปี

กรณีหลอดไฟฟ้าแอลอีดี (37,368.0 x 3.5) = 130,788.0 บาทต่อปี

ผลประหยัดค่าไฟฟ้า = 150,948.0 บาทต่อปี

งบประมาณลงทุนประมาณ = 500,000.0 บาท

จุดคุ้มทุนโครงการ = 1.28 ปี

จากผลคำนวนทางเศรษฐศาสตร์พบว่าระบบแสงสว่างในถนนรอบโรงงาน เป็นโครงการที่น่าลงทุน เนื่องจากมีจุดคุ้มทุนโครงการเพียงแค่ 3.31 ปี