หัวข้อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ชื่อและนามสกุล นายชัชวาล สมานสุข

แขนงวิชา เทคโนโลยีอุตสาหกรรม

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

อาจารย์ที่ปรึกษา 1. รองศาสตราจารย์ผกามาศ ผจญแกล้ว

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ กุลนภาดล

วิทยานิพนธ์นี้ ได้รับความเห็นชอบให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรระดับปริญญาโท เมื่อวันที่ 29 ตุลาคม 2562

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.... ประธานกรรมการ

(รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทีฆทรัพย์)

.... กรรมการ

(รองศาสตราจารย์ผกามาศ ผจญแกล้ว)

.... กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ กุลนภาดล)

.... ประธานกรรมการบัณฑิตศึกษา

(รองศาสตราจารย์ ดร.วรางคณา จันทร์คง)

ชื่อวิทยานิพนธ์ การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ผู้วิจัย นายชัชวาล สมานสุข **รหัสนักศึกษา** 2609600636

ปริญญา วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีอุตสาหกรรม)

อาจารย์ที่ปรึกษา (1) รองศาสตราจารย์ผกามาศ ผจญแกล้ว

(2) ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์ กุลนภาดล **ปีการศึกษา** 2562

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช (2) นำเสนอแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และระบบสนับสนุนการผลิตของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช และ (3) ศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชก่อนและหลังการปรับปรุง

การดำเนินการวิจัยและพัฒนาโดยศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ในส่วนของการใช้งานเครื่องจักรในกระบวนการผลิต ระบบสนับสนุนการผลิต และสำนักงาน ศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบกับการใช้พลังงานของโรงพิมพ์ และการใช้พลังงานจำเพาะของการผลิตสิ่งพิมพ์ วิเคราะห์ประสิทธิภาพการพิมพ์ของเครื่องจักรหลัก หาความสัมพันธ์ของปริมาณสิ่งพิมพ์ที่ผลิตได้กับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยใช้การวิเคราะห์ความถดถอย จากนั้นได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงแต่ละระบบโดยใช้ผังแสดงเหตุและผล วิเคราะห์ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และสรุปเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงพิมพ์ก่อนและหลังการปรับปรุง

ผลการวิจัยพบว่า (1) การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ มีศักยภาพในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานทางด้านเทคนิค และมูลค่าพลังงาน (2) แนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานทั้งในกระบวนการพิมพ์ ระบบสนับสนุนและสำนักงานที่นำเสนอรวม 28 เรื่อง ซึ่งเลือกมาดำเนินการปรับปรุง 2 เรื่อง (3) ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์เปรียบเทียบก่อนและหลังการปรับปรุง พบว่าสามารถประหยัดพลังงานได้เท่ากับ 52,529 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี คิดเป็นค่าพลังงานที่ลดลงไปได้เท่ากับ 242,685 บาทต่อปี

คำสำคัญ พลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานจำเพาะของโรงพิมพ์

Thesis title: Improving Energy Efficiency of Sukhothai Thammathirat Open University Press
Researcher: Mr.Chatchawan Samansuk; **ID:** 2609600636;
Degree: Master of Science (Industrial Technology);
Thesis advisors: (1) Pakamas Pachonklaew, Associate Professor;
(2) Dr.Narin Koolnapadol, Assistant Professor; **Academic year:** 2019

Abstract

The objectives of research were to (1) study and analyze the characteristics and consumption of electrical energy in Sukhothai Thammathirat Open University Press (2) propose guidelines for improving energy consumption in the production process and production support system (3) compare the electrical energy cost of Sukhothai Thammathirat Open University Press before and after the improvement.

This research and development was conducted by studying the characteristics of electrical energy consumption of machinery in the production process, production support system and office, studying factors that affect electrical energy consumption and specific energy consumption of printing production, finding out the relationship between print production volume and electrical energy consumption by using regression analysis and analyzing efficiency of electrical energy consumption of the significant machines. Then the potential ways to improve the energy consumption of each system were proposed by using cause and effect diagram.. The results of electrical energy improvement was summarized and the electrical energy cost was calculated and compared between before and after the improvement.

The results of the research were as follows: (1) Electrical usage in Sukhothai Thammathirat Open University Press have the potential to improve technical energy efficiency and energy value. (2) 28 guidelines for improving energy efficiency in the printing process, the support system and the office were proposed and 2 issues were selected to implement. (3) Comparison of the electricity cost of the Sukhothai Thammathirat Open University Press between before and after the improvement were found that the total electrical energy saving result was 52,529 kWh/year and electricity cost reduced 242,685 baht/year

Keywords: Electrical Energy, Energy Efficiency, Specific Energy Consumption of University Press

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ ด้วยการให้ความช่วยเหลือแนะนำของ รองศาสตราจารย์ผกามาศ ผจญแกล้ว ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นรินทร์ กุลนภาดล อาจารย์ที่ปรึกษาร่วมที่ได้กรุณาที่ให้คำแนะนำข้อคิดเห็น ตรวจสอบ และแก้ไขร่าง วิทยานิพนธ์มาโดยตลอด ผู้เขียนจึงขอกราบขอบพระคุณไว้ ณ โอกาสนี้

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.สมบัติ ทีฆทรัพย์ ที่กรุณาให้เกียรติเป็นประธานสอบวิทยานิพนธ์ ซึ่งได้ให้ข้อแนะนำ และกรุณาตรวจแก้ไขวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ นายปิยทัสน์ สังขมาลัย หัวหน้าฝ่ายจัดพิมพ์ นายประยูร ดีถนัด หัวหน้าหน่วยอาคารสถานที่ รวมถึงเจ้าหน้าที่สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชทุกท่านที่ให้ความสะดวกด้านอำนวยการ และประสานงาน ในการค้นคว้าหาข้อมูล เพื่อจัดทำวิทยานิพนธ์ของผู้เขียนครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และกราบขอบพระคุณผู้เขียนหนังสือ และบทความต่าง ๆ ที่ให้ความรู้แก่ผู้เขียนจนสามารถให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี

ท้ายนี้ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณ บิดา มารดา ครอบครัวของผู้เขียน ที่ให้กำลังใจมาตลอด สนับสนุนการศึกษาจนสามารถให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดี และขอน้อมรำลึกถึงอำนาจบารมีของคุณพระศรีรัตนตรัย และสิ่งศักดิ์สิทธิ์ทั้งหลายที่อยู่ในสากลโลก อันเป็นที่พึ่งให้ผู้เขียนมีสติปัญญาในการจัดทำวิทยานิพนธ์ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ผู้เขียนขอให้เป็นกตเวทิตาแด่บิดา มารดา ครูบาร์อาจารย์ ผู้ให้ความช่วยเหลือ และสนับสนุน ทุกท่านของผู้เขียน

นายชัชวาล สมานสุข

ตุลาคม 2562

การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของ
โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

นายชัชวาล สมานสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
แขนงวิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรม สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
พ.ศ. 2562

Improving Energy Efficiency of

Sukhothai Thammathirat Open University Press

Mr.Chatchawan Samansuk

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for

the Degree of Master of Science in Industrial Technology

School of Science and Technology

Sukhothai Thammathirat Open University

2019

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ จ
กิตติกรรมประกาศ ฉ
สารบัญตาราง ฌ
สารบัญภาพ ญ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 3
กรอบแนวคิดการวิจัย 3
ขอบเขตของการวิจัย 4
ข้อตกลงเบื้องต้น 4
ข้อจำกัดในการวิจัย 4
นิยามศัพท์เฉพาะ 5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 6
บทที่ 2 วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง 7
แนวทางในการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 8
โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า 11
กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์และการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ 14
แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศ 19
แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบแสงสว่าง 26
แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบระบบอัดอากาศ 35
แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบไฟฟ้า 38
มาตรฐานสากลของระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011 40
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 42

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 46
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 47
การเก็บรวบรวมข้อมูล 51
การวิเคราะห์ข้อมูล 61
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 64
ผลการวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 65
ผลการนำเสนอแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 88
ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง 96
บทที่ 5 สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 105
สรุปการวิจัย 105
อภิปรายผล 109
ข้อเสนอแนะ 111
บรรณานุกรม 113
ภาคผนวก 116
ก การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ 117
ข รายงานการผลิตของโรงพิมพ์แยกรายเครื่องจักร 121
ค ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตรอบปี พ.ศ. 2560 ถึงปี พ.ศ. 2562 124
ง ข้อมูลเครื่องปรับอากาศและการตรวจวัดประสิทธิภาพ 126
ประวัติผู้วิจัย 129

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ปี พ.ศ.2558 22

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed Speed ปี พ.ศ. 2562 23

ตารางที่ 2.3 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed/Inverter ปี พ.ศ.2562 23

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ณ บริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงาน ที่สอดคล้องกับสำนักพิมพ์ 29

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของค่าความส่องสว่างกับชนิดหลอดไฟ 32

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์คุณภาพแสงสว่างที่ต้องการ 34

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต 54

ตารางที่ 3.2 น้ำหนักคะแนนพิจารณามาตรการอนุรักษ์พลังงาน 63

ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเครื่องจักรหลักในการผลิตพิมพ์ระบบออฟเซต 70

ตารางที่ 4.2 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อ 1,000 หน้าเอสี่ของโรงพิมพ์ พ.ศ 2560 - พ.ศ 2561 74

ตารางที่ 4.3 จำนวนการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต พ.ศ 2560 และ พ.ศ 2561 76

ตารางที่ 4.4 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องพิมพ์ออฟเซตที่ความเร็วการพิมพ์ต่าง ๆ 78

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ 80

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณประสิทธิภาพระบบส่งอากาศอัด 81

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการให้แสงสว่างของหลอดไฟ 83

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดค่าส่องสว่างของโรงพิมพ์ 84

ตารางที่ 4.9 ผลการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศของโรงพิมพ์ อายุมากกว่า 10 ปี 86

ตารางที่ 4.10 การพิจารณาแนวทางที่มีความสำคัญในการปรับปรุง 91

ตารางที่ 4.11 การลดการรั่วไหลของอากาศอัด 92

ตารางที่ 4.12 การเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ด้วยชุด Power Save 95

ตารางที่ 4.13 การเพิ่มความเร็วในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH3 100

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง 101

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED 103

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนประสิทธิภาพสูง 104

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการทำวิจัย 3
ภาพที่ 2.1 โครงสร้างพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน 8
ภาพที่ 2.2 วิธีการจัดการพลังงานตามกฎกระทรวง 8 ขั้นตอน 9
ภาพที่ 2.3 ข้อมูลค่าไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช 13
ภาพที่ 2.4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่เป็นประเภท 3.2.2 13
ภาพที่ 2.5 กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช 16
ภาพที่ 2.6 การทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ 20
ภาพที่ 2.7 ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศ 24
ภาพที่ 2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน 24
ภาพที่ 2.9 ค่าความส่องสว่างตามมาตรฐานที่สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยแนะนำ 33
ภาพที่ 2.10 ส่วนประกอบของระบบอากาศอัด 35
ภาพที่ 2.11 ปัจจัยต่างที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบอากาศอัด 36
ภาพที่ 2.12 องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงาน 38
ภาพที่ 2.13 กระบวนการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011 41
ภาพที่ 3.1 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบบันทึกข้อมูล 48
ภาพที่ 3.2 แคล้มป์มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบ 3 เฟส Model : DW-657 48
ภาพที่ 3.3 เครื่องมือวัดความเร็วลม 49
ภาพที่ 3.4 เครื่องวัดความสว่างแสง 49
ภาพที่ 3.5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น 50
ภาพที่ 3.6 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด 50
ภาพที่ 3.7 นาฬิกาจับเวลา 51
ภาพที่ 3.8 เครื่องมือช่างต่าง ๆ 51
ภาพที่ 3.9 สิ่งพิมพ์ เอกสารการสอนของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช 53
ภาพที่ 3.10 กระบวนการผลิตเอกสารการสอนของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช 53
ภาพที่ 3.11 แผนผังกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซตของโรงพิมพ์ 54
ภาพที่ 3.12 แผนภูมิ Psychrometric Chart 59

สารบัญภาพ (ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมของโรงพิมพ์ 65
ภาพที่ 4.2 ลักษณะการติดตั้งคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศที่ระเบียงชั้น 2 65
ภาพที่ 4.3 ระบบแสงสว่างในโรงพิมพ์ 66
ภาพที่ 4.4 ประเภทอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ 67
ภาพที่ 4.5 การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์รายเดือนของ พ.ศ. 2560 กับ พ.ศ. 2561 68
ภาพที่ 4.6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ. 2561 69
ภาพที่ 4.7 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิตในกระบวนการพิมพ์หนังสือของโรงพิมพ์ 72
ภาพที่ 4.8 พื้นที่การพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซตแต่ละขนาด 73
ภาพที่ 4.9 ปริมาณการพิมพ์รวมของทุกเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต พ.ศ.2560 และ พ.ศ.2561 73
ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจำเพาะ(SEC) ของการพิมพ์ พ.ศ.2560 - พ.ศ.2561 75
ภาพที่ 4.11 ลำดับการพิมพ์รายเครื่องจักรของช่วง พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2561 77
ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตกับค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ของ
เครื่องพิมพ์ HH2 และ เครื่องพิมพ์ HH3 78
ภาพที่ 4.13 การตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศของโรงพิมพ์ 79
ภาพที่ 4.14 จุดรั่วของระบบอากาศอัดของโรงพิมพ์ 82
ภาพที่ 4.15 สภาพของระบบแสงสว่างของโรงพิมพ์ 83
ภาพที่ 4.16 การตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศของโรงพิมพ์ 85
ภาพที่ 4.17 การวิเคราะห์แผนภูมิเหตุและผลที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง 88
ภาพที่ 4.18 แนวทางการบริหารและการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า 90
ภาพที่ 4.19 การปรับปรุงการลดการรั่วไหล่ของระบบอากาศอัด 96
ภาพที่ 4.20 การปรับปรุง การเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ด้วยชุด Power Save 97
ภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของ พ.ศ. 2561 กับ พ.ศ. 2562 98
ภาพที่ 4.22 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของ พ.ศ. 2561 กับ พ.ศ. 2562 98
ภาพที่ 4.23 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจำเพาะของโรงพิมพ์ 99

บทที่ 1
บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

จากสภาวะวิกฤตปัญหาพลังงานที่เกิดขึ้นของประเทศไทยในปัจจุบัน ผลกระทบมาจากความเปลี่ยนแปลงในปัจจุบันอย่างไม่หยุดยั้ง ความเจริญทางด้านเศรษฐกิจ สังคม วัฒนธรรมและเทคโนโลยี ซึ่งก่อให้เกิดการแข่งขันของธุรกิจทุกภาคส่วน มีความต้องการใช้พลังงาน ส่งผลราคาเชื้อเพลิงที่การผันผวนทำให้เกิดวิกฤตความมั่นคงทางด้านพลังงานของประเทศ ต้องพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันดิบ ซึ่งมีปัจจัยต่อค่าครองชีพของประชาชนและเศรษฐกิจภายในประเทศ

กระทรวงพลังงานมีนโยบายที่จะพัฒนาประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศ โดยมีกรมส่งเสริมพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน (พพ.) เป็นแกนหลักและให้ทุกส่วนงานของรัฐที่เกี่ยวข้องกับพลังงานจะต้องมีการพัฒนาการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ และส่งเสริมภาคเอกชนให้มีการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งทางภาครัฐให้การส่งเสริมและสนับสนุนการอนุรักษ์พลังงานมาอย่างต่อเนื่องเพื่อให้มีการอนุรักษ์พลังงานทุกภาคส่วน และยังได้มีควบคุมโดยการออกระเบียบปฏิบัติเป็นกฎหมายขึ้น (พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535) และมีการปรับปรุง (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 เพื่อเป็นแนวทางปฏิบัติในการจัดการพลังงานให้กับโรงงานหรืออาคารที่เข้าข่ายใช้พลังงานสูง ที่จะช่วยยกระดับการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพ และให้ความรู้กับสถานประกอบการนำไปปฏิบัติเพื่อยกระดับความสามารถในการใช้พลังงานให้เกิดประโยชน์สูงสุด

ในปีพ.ศ. 2561 ระบบไฟฟ้าของการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) มีความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดสุทธิเท่ากับ 28,338.10 เมกะวัตต์ ซึ่งเกิดขึ้นเมื่อวันอังคารที่ 24 เมษายน 2561 เวลา 20.30 น. มีค่าลดลงจากความต้องการพลังไฟฟ้าสูงสุดสุทธิของปี พ.ศ. 2560 เป็นจำนวน 240.30 เมกะวัตต์ หรือลดลงร้อยละ 0.84 สำหรับความต้องการพลังงานไฟฟ้าสุทธิของระบบ กฟผ. ในปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 191,377.73 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง มีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าสุทธิของปี พ.ศ. 2560 ที่มีค่าเท่ากับ 188,934.97 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง เป็นจำนวน 2,442.76 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง หรือคิดเป็นร้อยละ 1.29 สำหรับปีพ.ศ. 2562 ได้มีการคาดว่าความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดสุทธิของระบบ กฟผ. จะมีค่าประมาณ 32,408 เมกะวัตต์ และความต้องการพลังงานไฟฟ้าสุทธิของระบบ กฟผ. จะมีค่าประมาณ 197,335 ล้านกิโลวัตต์-ชั่วโมง (อ้างอิง

ค่าพยากรณ์ความต้องการไฟฟ้าจากแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558-2579 หรือ PDP 2015)

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เป็นมหาวิทยาลัยที่มุ่งพัฒนาคุณภาพของประชาชนทั่วไป โดยเปิดโอกาสทางการศึกษาด้วยการจัดระบบการสอนทางไกล โดยอาศัยสื่อการสอนในหลาย ๆ รูปแบบ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีคุณภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งสื่อสิ่งพิมพ์ที่เป็นสื่อหลักซึ่งมหาวิทยาลัยได้ให้ความสำคัญ โดยได้จัดตั้งฝ่ายการพิมพ์ เพื่อดำเนินการจัดพิมพ์เอกสารการสอนเพื่อจัดส่งให้นักศึกษาใช้ศึกษาด้วยตนเอง โดยผู้ทรงคุณวุฒิได้ถ่ายทอดไว้ในเอกสารการสอนจนเป็นที่ยอมรับอย่างกว้างขวางในสื่อสิ่งพิมพ์ของมหาวิทยาลัย เมื่อมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชขยายการศึกษาโดยเปิดสอนหลักสูตรในสาขาวิชามากขึ้น และมีจำนวนนักศึกษาเพิ่มขึ้นในแต่ละปี จึงส่งผลให้ภาระงานทางด้านการพิมพ์เพิ่มปริมาณมากขึ้น ฝ่ายการพิมพ์จึงได้ยกฐานะขึ้นเป็นสำนักพิมพ์ ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับพิเศษ เมื่อวันที่ 18 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2529

โครงสร้างของสำนักพิมพ์ มีฝ่ายจัดพิมพ์เป็นโรงพิมพ์ของมหาวิทยาลัยที่รับผิดชอบดำเนินการผลิตสิ่งพิมพ์ ก็ต้องปรับตัวให้ทันต่อสถานการณ์ โดยอาศัยเทคโนโลยีและเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ทันสมัย มีประสิทธิภาพในการผลิตสื่อ เพื่อตอบสนองต่อความต้องการของนักศึกษา นอกจากนั้นจะต้องมีการควบคุมการบริหารการผลิตและต้นทุนการผลิตให้มีประสิทธิภาพ จากข้อมูลค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ พ.ศ. 2561 เพิ่มขึ้นจาก พ.ศ. 2560 เท่ากับร้อยละ 13.1 เป็นเหตุที่จะต้องมีการควบคุมการใช้พลังงานทุกส่วนงานอย่างมีประสิทธิภาพ และใช้ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าที่สุด โดยการเฝ้าระวังและควบคุมการใช้พลังงานทุกส่วนงาน โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยดำเนินงานมานานหลายปี ประสิทธิภาพของเครื่องจักรในการผลิตย่อมเสื่อมลง ขณะที่ยังมีปริมาณการผลิตที่สูงขึ้น ทำให้มีการใช้พลังงานสูงขึ้น การใช้พลังงานของโรงพิมพ์เป็นพลังงานไฟฟ้าเกือบทั้งหมด การใช้พลังงานของสำนักพิมพ์สามารถแบ่งออกเป็นส่วนของกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ระบบออฟเซต และส่วนของกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ระบบอื่น โดย สัดส่วนการใช้พลังงานของกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซตมีประมาณร้อยละ 62 และส่วนอื่น ประมาณร้อยละ 38 ปัจจุบันเครื่องจักรอุปกรณ์ของกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซตที่ใช้งานหลายเครื่องมีประสิทธิภาพต่ำลง การควบคุมการจัดการพลังงานยังไม่เพียงพอ และมีการสูญเสียพลังงาน (Energy Loss) ในกระบวนการผลิตด้วย ผู้วิจัยจึงมีความสนใจในการศึกษาการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อให้ใช้พลังงานเกิดประโยชน์ที่สุด

การทำวิจัยในครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาวิเคราะห์ลักษณะ ปริมาณการใช้ และประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ค้นหา เสนอแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานและเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชก่อนและหลังการปรับปรุง

2. วัตถุประสงค์การวิจัย

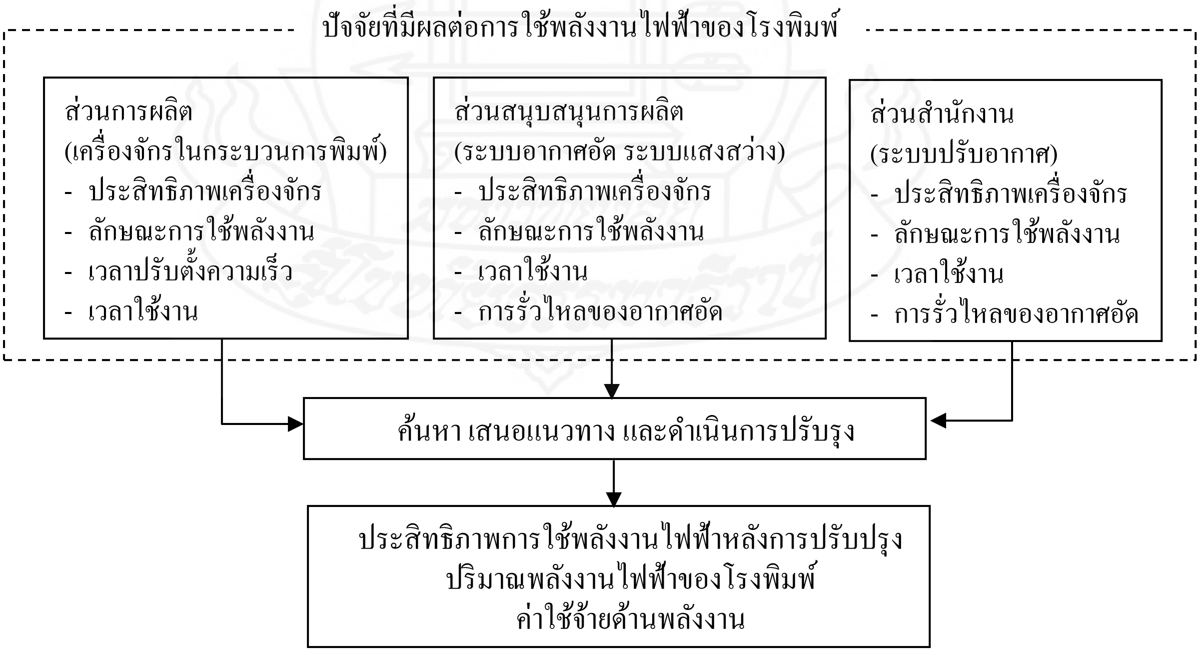
2.1 เพื่อศึกษาวิเคราะห์ลักษณะ และปริมาณการใช้พลังงานของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

2.2 เพื่อนำเสนอแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และระบบสนับสนุนการผลิตของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

2.3 เพื่อศึกษาเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราชก่อนและหลังการปรับปรุง

3. กรอบแนวคิดการวิจัย

กรอบแนวคิดการทำวิจัยในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช มุ่งเน้นปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงพิมพ์ทั้งในส่วนของการผลิต ส่วนสนับสนุนการผลิต และส่วนสำนักงาน การค้นหาแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ และเปรียบเทียบการปรับปรุงก่อนหลัง ที่สามารถดำเนินโครงการได้ เพื่อให้เห็นถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโครงการ ดังภาพที่ 1.1



ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดการวิจัย

4. ขอบเขตของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาและการวิเคราะห์เฉพาะข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าเท่านั้น โดยใช้ข้อมูลช่วงปี พ.ศ. 2560 – พ.ศ.2561 ในพื้นที่ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า ในส่วนของกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซต สำหรับพิมพ์เอกสารการสอนที่มีขนาดสิ่งพิมพ์เอสี่เป็นหลัก โดยเน้นเครื่องจักรหลักที่ใช้ในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ ได้แก่ เครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต การคำนวณเพื่อแสดงผลประหยัดพลังงานของแนวทางการปรับปรุงการอนุรักษ์พลังงานตามหลักวิศวกรรม

5. ข้อตกลงเบื้องต้น

ผู้วิจัยได้นำเสนอแนวทางการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงพิมพ์ โดยได้ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจากหัวหน้าหน่วยอาคารและซ่อมบำรุง และหัวหน้าฝ่ายจัดพิมพ์ ซึ่งรับผิดชอบในการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้นำเสนอแนวทางทางการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยฯ ไว้หลายแนวทาง แต่เลือก 2 แนวทางที่มีความเป็นไปได้ในการปรับปรุงเบื้องต้น เพื่อแสดงผลด้านค่าใช้จ่ายที่ประหยัดได้ ส่วนการปรับปรุงในแนวทางที่นำเสนออื่นขึ้นอยู่กับการตัดสินใจของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยฯ จะพิจารณาตัดสินใจในการดำเนินการต่อไป

6. ข้อจำกัดในการวิจัย

6.1 การวัดพลังงานไฟฟ้าเฉพาะเครื่องจักรผลิตในกลุ่มโรงพิมพ์ไม่สามารถกระทำได้ เนื่องจากระบบไฟฟ้าหลักอยู่ในความรับผิดชอบของส่วนกลางของมหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ซึ่งไม่สามารถอนุญาตให้ผู้วิจัยเข้าถึงระบบวัดค่าพลังงานไฟฟ้าในส่วนนี้ได้ ผู้วิจัยได้ใช้เครื่องมือวัดที่เครื่องจักรโดยตรงเพื่อเทียบกับการใช้พลังงานของแต่ละเครื่องจักรต่อหน่วยผลผลิต

6.2 ปริมาณการผลิตสิ่งพิมพ์ของแต่ละเดือนไม่เท่ากัน ขึ้นกับช่วงเวลาเปิดภาคการศึกษาและลักษณะงานพิมพ์ไม่เหมือนกัน อีกทั้งเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องมีความสามารถในการพิมพ์บนกระดาษขนาดแตกต่างกัน จึงทำให้ไม่สามารถควบคุมเวลาการใช้เครื่องพิมพ์ให้เท่ากันได้ทุกเดือน

6.3 การวางแผนผลิตที่ไม่ต่อเนื่องหรือหยุดผลิตบางช่วง จะส่งผลทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตสูงขึ้น อีกทั้งการปรับเปลี่ยนโยกย้ายเครื่องจักรผลิตที่เกิดขึ้นในการผลิตสิ่งพิมพ์ เนื่องจากเครื่องจักรชำรุด จะส่งผลถึงปริมาณการใช้พลังงานของโรงพิมพ์ได้

6.4 การขยายพื้นที่ใช้ระบบอากาศอัดของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยฯ ไปยังเครื่องจักรผลิตที่ศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีการพิมพ์แห่งชาติ มีผลทำให้การใช้พลังงานในระบบอากาศอัดของโรงพิมพ์สูงขึ้นกว่าที่ควรจะเป็น

7 นิยามศัพท์เฉพาะ

7.1 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า (Electrical Energy Efficiency) ของโรงพิมพ์ คือ อัตราส่วนหรือปริมาณอื่น ๆ ที่สัมพันธ์ระหว่างการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต กับพลังงานงานไฟฟ้าที่ใช้

7.2 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) ของโรงพิมพ์ คือ ความสามารถในการใช้พลังงานต่อการผลิตสิ่งพิมพ์ 1,000 หน้าหนังสือขนาดเอสี่ ที่โรงพิมพ์พิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต

7.3 ลักษณะการใช้พลังงาน (Energy Use) คือ การใช้พลังงานของเครื่องจักรในสายการผลิต ระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง และระบบอากาศอัด

7.4 การใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ (Significant Energy Use : SEU) คือ การใช้พลังงานไฟฟ้าที่ส่งผลให้ปริมาณการใช้พลังงานมาก เพื่อพิจารณาแนวทางสำหรับการปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน

7.5 สมรรถนะด้านพลังงาน (Energy performance) ของโรงพิมพ์ คือ ผลลัพธ์ที่วัดได้เกี่ยวกับประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้า การใช้พลังงานไฟฟ้า และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

7.6 ปริมาณการผลิต คือ จำนวนผลผลิตของการพิมพ์ระบบออฟเซต มีหน่วยวัดเป็นหน้าหนังสือขนาดเอสี่ (210 x 297 เซนติเมตร)

7.7 ระบบสนับสนุนการผลิต คือ ระบบที่สนับสนุนกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซต ได้แก่ ระบบอัดอากาศ และระบบแสงสว่าง

8 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

8.2 ปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชให้ดีขึ้น

8.3 ประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

บทที่ 2
วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

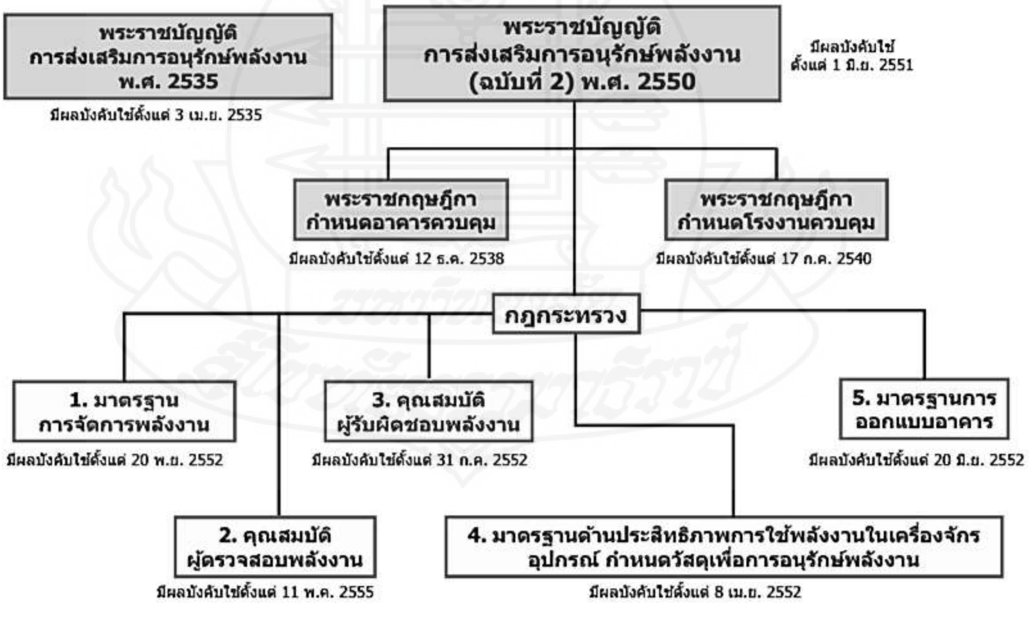
การศึกษาในครั้งนี้ ผู้ศึกษาได้ทบทวนวรรณกรรมที่เกี่ยวข้องกับแนวทางของการดำเนินงานของการทำวิจัย โดยศึกษาแนวคิด ทฤษฎี หลักการ ประเด็นปัญหา การดำเนินการและวิธีวิจัยที่เกี่ยวข้องกับลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ มาพิจารณาถึงแนวทางทางการทำวิจัยในครั้งนี้ ซึ่งผู้ทำวิจัยมุ่งหมายศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ เครื่องจักรในกระบวนการพิมพ์และระบบสนับสนุนของกระบวนการพิมพ์ เพื่อค้นหาแนวทางอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า จำเป็นต้องเข้าใจในสภาวะพื้นฐานของการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิตเพื่อให้เครื่องจักรผลิตทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ รวมถึงการควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า แนวทางปฏิบัติที่ดีเพื่อไม่ให้เกิดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของกระบวนการทำงาน วรรณกรรมที่เกี่ยวข้องมีดังนี้

- แนวทางในการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535
- โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า
- กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์และการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์
- แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศ
- แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบแสงสว่าง
- แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบอัดอากาศ
- แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบไฟฟ้า
- มาตรฐานสากลของระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011
- งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

นอกเหนือจากการศึกษาวรรณกรรมที่มีการเผยแพร่เป็นเอกสารแล้ว ยังมีการศึกษาหาความรู้จากผู้รู้ ผู้มีประสบการณ์ในการทำงานของโรงพิมพ์เพื่อนำมาเป็นแนวทางและข้อมูลสนับสนุนในการทำวิจัยในครั้งนี้ด้วย

1. แนวทางในการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535

พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 ได้มีการประกาศในราชกิจจานุเบกษา โดยมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 3 เมษายน 2535 ว่าด้วยการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานของประเทศ เนื่องจากความต้องการใช้พลังงานเพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและสังคมของประเทศได้เพิ่มขึ้นในอัตราที่สูง ซึ่งเป็นภาระแก่ประเทศในการลงทุนในการจัดหาพลังงานทั้งในและนอกประเทศไว้ใช้ตามความต้องการที่เพิ่มขึ้น ดังนั้นการผลิตและการใช้พลังงานจะต้องดำเนินการอนุรักษ์พลังงานให้มีประสิทธิภาพและประหยัด ตลอดจนการผลิตเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่มี ประสิทธิภาพและวัสดุที่ใช้ในการอนุรักษ์พลังงานขึ้นภายในประเทศ จำเป็นจะต้องมีแนวทางในการปฏิบัติอย่างเป็นระบบ และได้มีการปรับปรุง พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ. 2550 โดยมีผลบังคับใช้ตั้งแต่ 1 มิ.ย.2551 เพื่อให้สามารถกำกับและส่งเสริมการใช้พลังงาน การอนุรักษ์พลังงานให้มีประสิทธิภาพและสามารถปรับเปลี่ยนแนวทางการอนุรักษ์พลังงานให้ทันต่อเทคโนโลยี และมีโครงสร้างของกฎหมายดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน

ที่มา: http://www.dede.go.th/ewtadmin/ewt/dede_intra/ewt_dl_link.php?nid=3969

กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์และวิธีการจัดการพลังงาน ได้กำหนดให้เจ้าของโรงงาน/อาคาร ที่เข้าข่ายเป็นโรงงานควบคุม/อาคารควบคุมจะต้องดำเนินการพัฒนาและดำเนินการจัดการพลังงาน จัดทำรายงานการจัดการพลังงาน จัดให้มีการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน โดยผู้ตรวจสอบพลังงานที่ขึ้นทะเบียนกับกรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ และส่งผลการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงานให้กรมพัฒนาพลังงานทดแทนฯ ภายในเดือนมีนาคมของทุกปี โดยวิธีการจัดการพลังงาน ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

1. การจัดให้มีคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน
2. การประเมินสถานการณ์จัดการเบื้องต้น
3. กำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์
4. การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน
5. กำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานและแผนฝึกอบรม
6. ดำเนินการตามแผนและตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมายและแผน
7. ตรวจติดตามและประเมินระบบการจัดการพลังงาน
8. การทบทวน วิเคราะห์และแก้ไขข้อบกพร่องของระบบฯ

ภาพที่ 2.2 วิธีการจัดการพลังงานตามกฎกระทรวง 8 ขั้นตอน

ที่มา: http://www.dede.go.th/ewtadmin/ewt/dede_intra/ewt_dl_link.php?nid=3969

วิธีการจัดการพลังงาน 8 ขั้นตอน ซึ่งเป็นแนวทางในการจัดการพลังงาน มีการดำเนินงานอย่างเป็นระบบ มีประสิทธิภาพ สามารถที่จะบริหารจัดการพลังงานของโรงพิมพ์ได้ โดยโรงพิมพ์ต้องจัดให้มีคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานที่มาจากทุกส่วนงานเพื่อเป็นทีมงานในการควบคุมและบริหารการจัดการพลังงาน กำหนดอำนาจหน้าที่และความรับผิดชอบของคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน ทางทีมงานต้องจัดทำการประเมินสถานการณ์จัดการพลังงานในปัจจุบันจากทุกส่วนงาน ให้ทราบสถานการณ์การจัดการพลังงานที่เกิดขึ้นเพื่อหาแนวทางในการบริหารการจัดการพลังงาน โดยพิจารณาประเด็นด้าน1) นโยบายด้านการจัดการพลังงาน 2) รูปแบบการจัดองค์กร 3) การกระตุ้นและสร้างแรงจูงใจ 4) ระบบข้อมูลข่าวสาร 5) การประชาสัมพันธ์ 6) การลงทุน เพื่อนำผลการประเมินมาเป็นแนวทางกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงาน ทางโรงพิมพ์ต้องกำหนดนโยบายอนุรักษ์พลังงานและเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ ให้ทุกคนในโรงพิมพ์ได้เข้าใจและนำไปปฏิบัติ ขั้นตอนการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน ต้องมีการประเมินครบทั้ง 3 ระดับ คือ ระดับองค์กร ระดับผลิตภัณฑ์ และระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์

การประเมินระดับองค์กร เป็นการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานของโรงพิมพ์ เพื่อเปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงาน เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานระหว่างรอบปีที่ผ่านมา ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

การประเมินระดับผลิตภัณฑ์ เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตและวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิต ที่เรียกว่าค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) หรือประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตในรอบปีที่ผ่านมา เพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตในโรงพิมพ์

การประเมินระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์ เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรหลักในโรงพิมพ์ พิจารณาวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จากการใช้งานจริง โดยวิธีการประเมินหรือจากการตรวจวัดจริง เปรียบเทียบกับพิกัดจากคู่มือหรือแผ่นป้ายชื่อที่ตัวเครื่อง

จากการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าจะทำให้มีแนวทางในปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

มาตรการการบำรุงรักษาและการดูแลเบื้องต้น (House Keeping) เป็นการดูแลรักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี และมีการใช้งานได้ถูกต้อง ได้ตามมาตรฐาน เป็นการดำรงรักษาไว้ซึ่งประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ใช้เครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

มาตรการปรับปรุงกระบวนเดิม (Process Improvement) เป็นการค้นหาการสูญเสียและจุดปรับปรุงของในกระบวนการ นำมาแก้ไข พัฒนา ค้นหาเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ มาปรับปรุงให้เครื่องจักรหรือกระบวนการให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม

มาตรการเปลี่ยนเครื่องจักรหรือระบบ (Machine Change) เป็นการพัฒนาหาเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ มาทดแทนเครื่องจักรเก่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าให้สูงขึ้น

เมื่อมีแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงพิมพ์ต้องกำหนดเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า รวมทั้งแผนฝึกอบรมเพื่อดำเนินการปรับปรุงและกระตุ้นพนักงานในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงพิมพ์ ติดตามการดำเนินการตามแผนฯ และตรวจสอบวิเคราะห์การปฏิบัติตามเป้าหมาย โรงพิมพ์ต้องจัดตั้งคณะตรวจติดตามประเมินระบบการจัดการพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ เพื่อตรวจสอบการดำเนินการขั้นตอนการจัดการพลังงานตามกฎหมายอย่างมีระบบและมีประสิทธิภาพ ค้นหาจุดบกพร่องที่ไม่สอดคล้องกับข้อกำหนดและแจ้งให้ดำเนินการแก้ไขปรับปรุง ผลจากการตรวจสอบการดำเนินการจะนำมาทบทวนวิเคราะห์แก้ไขระบบให้คงไว้อย่างมีประสิทธิภาพ

ในการดำเนินการทำวิจัยจะดำเนินการในขั้นตอนที่ 4-6 ของวิธีการจัดการพลังงาน ตามกฎหมาย มุ่งเน้นการค้นหาแนวทางและมาตรการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

2. โครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้า

นโยบายการกำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของประเทศ มีวัตถุประสงค์เพื่อกำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของประเทศไทยให้สะท้อนถึงต้นทุนในการจัดหาไฟฟ้าที่เหมาะสม และเป็นธรรมทั้งในส่วนของผู้ให้บริการจัดหาไฟฟ้าและผู้ใช้ไฟฟ้า ส่งเสริมให้มีการใช้ไฟฟ้าที่สะท้อนถึงต้นทุนค่าไฟฟ้าที่แตกต่างกันตามช่วงเวลาในแต่ละวัน การดูแลผู้ใช้ไฟฟ้าบ้านอยู่อาศัยที่มีรายได้น้อย และผู้สมควรได้รับการอุดหนุนค่าไฟฟ้าอย่างแท้จริง โดยคำนึงถึงความมั่นคงและความยั่งยืนของพลังงานไฟฟ้า ส่งเสริมให้มีการใช้ไฟฟ้าอย่างมีประสิทธิภาพ เหมาะสมกับสภาวะเศรษฐกิจและสังคม ตลอดจนสอดคล้องกับแผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย โดยมีกำหนดโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของประเทศไทย ดังนี้

1. บ้านอยู่อาศัย สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับบ้านเรือนที่อยู่อาศัย รวมทั้งวัด สำนักสงฆ์ และสถานประกอบศาสนกิจของทุกศาสนา ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้องโดยต่อผ่านเครื่องวัดเครื่องเดียว

2. กิจการขนาดเล็ก สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ ธุรกิจรวมกับบ้านอยู่อาศัย อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น

รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุด ต่ำกว่า 30 กิโลวัตต์ โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

3. กิจการขนาดกลางสำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

4. กิจการขนาดใหญ่ สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบธุรกิจ อุตสาหกรรม ส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศ สถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ หรืออื่น ๆ ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 1,000 กิโลวัตต์ขึ้นไป หรือมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าเกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

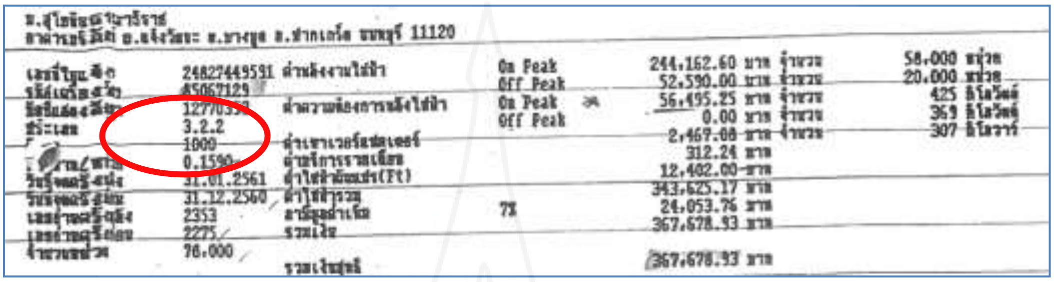
5. กิจการเฉพาะอย่าง สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่อประกอบกิจการโรงแรมและกิจการให้เช่าพักอาศัย ตลอดจนบริเวณที่เกี่ยวข้อง ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ขึ้นไป โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

6. องค์กรที่ไม่แสวงหากำไร สำหรับการใช้ไฟฟ้าขององค์กรที่มีวัตถุประสงค์ในการให้บริการโดยไม่คิดค่าตอบแทน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว แต่ไม่รวมถึงส่วนราชการ สำนักงาน หรือหน่วยงานอื่นใดของรัฐ องค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น รัฐวิสาหกิจ สถานทูต สถานที่ทำการของหน่วยงานราชการต่างประเทศและสถานที่ทำการขององค์การระหว่างประเทศ

7. สูบน้ำเพื่อการเกษตร สำหรับการใช้ไฟฟ้ากับเครื่องสูบน้ำเพื่อการเกษตรของหน่วยงานราชการ สหกรณ์เพื่อการเกษตร กลุ่มเกษตรกรที่จดทะเบียนจัดตั้งกลุ่มเกษตรกร กลุ่มเกษตรกรที่หน่วยงานราชการรับรอง โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

8. ไฟชั่วคราว สำหรับการใช้ไฟฟ้าเพื่องานก่อสร้าง งานที่จัดขึ้นเป็นพิเศษชั่วคราว สถานที่ที่ไม่มีทะเบียนบ้าน และการใช้ไฟฟ้าที่ยังปฏิบัติไม่ถูกต้องตามระเบียบของการไฟฟ้าส่วนภูมิภาค โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว

อัตราค่าไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชเป็นประเภท 3.2.2 เป็นส่วนราชการ สำนักงาน หน่วยงานของรัฐ ซึ่งมีความต้องการพลังไฟฟ้าเฉลี่ยใน 15 นาทีสูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง ตั้งแต่ 30 กิโลวัตต์ แต่ไม่ถึง 1,000 กิโลวัตต์ และมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ย 3 เดือนก่อนหน้าไม่เกิน 250,000 หน่วยต่อเดือน โดยต่อผ่านเครื่องวัดไฟฟ้าเครื่องเดียว



ภาพที่ 2.3 ข้อมูลค่าไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

แรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
3.2.1 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	0	4.1025	2.5849	312.24
3.2.2 12-24 กิโลโวลต์	132.93	0	4.1839	2.6037	312.24
3.2.3 ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	210.00	0	4.3297	2.6369	312.24

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

Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

: เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ

วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

ภาพที่ 2.4 อัตราค่าไฟฟ้าตามช่วงเวลาของการใช้ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ที่เป็นประเภท 3.2.2

ที่มา: https://www.mea.or.th/profile/109/113

ข้อกำหนดเกี่ยวกับอัตราค่าไฟฟ้า

1. อัตราค่าไฟฟ้าข้างต้น เป็นอัตราที่เรียกเก็บรายเดือน ยังไม่รวมภาษีมูลค่าเพิ่ม

2. ค่าไฟฟ้าที่เรียกเก็บในแต่ละเดือน ประกอบด้วย ค่าไฟฟ้าตามอัตราค่าไฟฟ้าฐาน และค่าไฟฟ้าตามสูตรการปรับอัตราค่าไฟฟ้าโดยอัตโนมัติ (Ft) ซึ่งจะมีการเรียกเก็บ Ft ทุกเดือน โดยแยกเป็นรายการในใบเรียกเก็บเงิน ค่าไฟฟ้า ทั้งนี้ Ft ที่เรียกเก็บจะปรับเปลี่ยนทุกๆ 4 เดือน โดยกำหนดให้ Ft เป็นอัตราคงที่ต่อหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้า

3. ข้อกำหนดช่วงเวลาของการใช้ (TOU Tariff) ช่วง On Peak: เวลา 09.00 - 22.00 น. วันจันทร์– วันศุกร์ และวันพืชมงคล ช่วง Off Peak: เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์– วันศุกร์ และวันพืชมงคล เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ – วันอาทิตย์ วันหยุดราชการตามปกติ และวันแรงงานแห่งชาติ (ไม่รวมวันหยุดชดเชยและวันพืชมงคล)

4. ข้อกำหนดช่วงเวลาของวัน (TOD Tariff) ช่วง On Peak: เวลา 18.30 - 21.30 น. ของทุกวัน ช่วง Partial Peak: เวลา 08.00 - 18.30 น. ของทุกวัน คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้าเฉพาะส่วนที่เกินจากช่วง On Peak ช่วง Off Peak: เวลา 21.30 - 08.00 น. ของทุกวัน ไม่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า

5. ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ จะเรียกเก็บกับผู้ใช้ไฟฟ้าที่คิดค่าความต้องการพลังไฟฟ้า ถ้าในรอบเดือนผู้ใช้ไฟฟ้ามีความต้องการพลังไฟฟ้ารีแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุด เมื่อคิดเป็นกิโลวาร์เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดเมื่อคิดเป็นกิโลวัตต์แล้ว เฉพาะส่วนที่เกินจะต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ละ 56.07 บาท สำหรับการเรียกเก็บเงินค่าไฟฟ้าในรอบเดือนนั้น เศษของกิโลวาร์ถ้าไม่ถึง 0.5 กิโลวาร์ ให้ตัดทิ้ง ตั้งแต่ 0.5 กิโลวาร์ขึ้นไปคิดเป็น 1 กิโลวาร์

3. กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์และการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

3.1 งานบริหารงานของสำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช

สำนักพิมพ์มีโครงสร้างการบริหารประกอบด้วย 1) สำนักงานเลขานุการ รับผิดชอบงานสารบรรณและธุรการ งานบริหารงานบุคคล งานบัญชีและการเงิน และงานพัสดุ 2) ฝ่ายวิชาการ รับผิดชอบงานเตรียมต้นฉบับ งานบรรณาธิการเอกสารการสอน และงานเลือกสรรหนังสือ 3) ฝ่ายเผยแพรและจัดจำหน่าย รับผิดชอบงานเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ และงานจัดจำหน่ายสิ่งพิมพ์และของที่ระลึกของมหาวิทยาลัย และฝ่ายจัดพิมพ์ รับผิดชอบจัดพิมพ์เอกสารการสอนและสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ของมหาวิทยาลัย ซึ่งมีโรงพิมพ์ของมหาวิทยาลัยดำเนินการได้เอง

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของฝ่ายจัดพิมพ์ที่เป็นโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยเท่านั้น ซึ่งมีงานที่ดำเนินการดังนี้

3.1.1 งานธุรการ เป็นส่วนสำนักงานที่รับเรื่องสั่งพิมพ์งานเอกสารการสอนที่พร้อมจัดพิมพ์จากฝ่ายวิชาการ โดยมีหน่วยวางแผนและประสานงานการผลิตจะพิจารณาเสนอแนวทางการจัดพิมพ์ ให้จัดพิมพ์เอง หรือจ้างพิมพ์ภายนอก ให้ผู้อำนวยการสำนักพิมพ์อนุมัติ

3.1.2 งานวางแผนการผลิต ประมาณราคาสิ่งพิมพ์ ออกใบสั่งพิมพ์งาน โดยหน่วยวางแผนและประสานงานการผลิต เป็นผู้รับผิดชอบดำเนินงาน กรณีจัดจ้างพิมพ์ภายนอก มีการจัดทำรายละเอียดงาน ประมาณราคาจัดจ้าง ส่วนกรณีจัดพิมพ์ที่โรงพิมพ์มหาวิทยาลัย มีการออกใบสั่งพิมพ์งานในระบบสารสนเทศเพื่อบริหารการผลิตสิ่งพิมพ์ กำหนดระบบการพิมพ์ เครื่องพิมพ์ที่พิมพ์ วางแผนตารางการผลิตในหน่วยงานต่าง ๆ ในสายการผลิต คำนวณกระดาษ ประมาณราคางานพิมพ์

3.1.3 งานทำแม่พิมพ์ออฟเซต (กรณีพิมพ์ระบบออฟเซต) หน่วยวางรูปแบบฟิล์มและทำแม่พิมพ์ รับไฟล์งานออกแบบจากหน่วยศิลปะ ตรวจสอบไฟล์งาน PDF ในคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) จัดทำแม่พิมพ์ตามแผนการผลิตในระบบสารสนเทศบริหารการผลิต ตรวจสอบคุณภาพแม่พิมพ์ จัดส่งแม่พิมพ์ให้หน่วยผลิต ลงบันทึกข้อมูลงานในระบบสารสนเทศฯ

3.1.4 งานพิมพ์ ซึ่งใช้ระบบการพิมพ์ออฟเซต และระบบพิมพ์ดิจิทัล โดยงานพิมพ์ระบบพิมพ์ดิจิทัล จะดำเนินการจัดพิมพ์งานตามตารางการผลิตในระบบสารสนเทศเพื่อบริหารงานพิมพ์ มีการตรวจสอบไฟล์งาน PDF ในคอมพิวเตอร์แม่ข่าย (Server) เบิกกระดาษพิมพ์และวัสดุพิมพ์ จัดพิมพ์งาน ตรวจสอบคุณภาพงาน และจัดส่งงานพิมพ์ที่เสร็จให้หน่วยทำสิ่งพิมพ์สำเร็จดำเนินการ และบันทึกข้อมูลงานในระบบสารสนเทศฯ

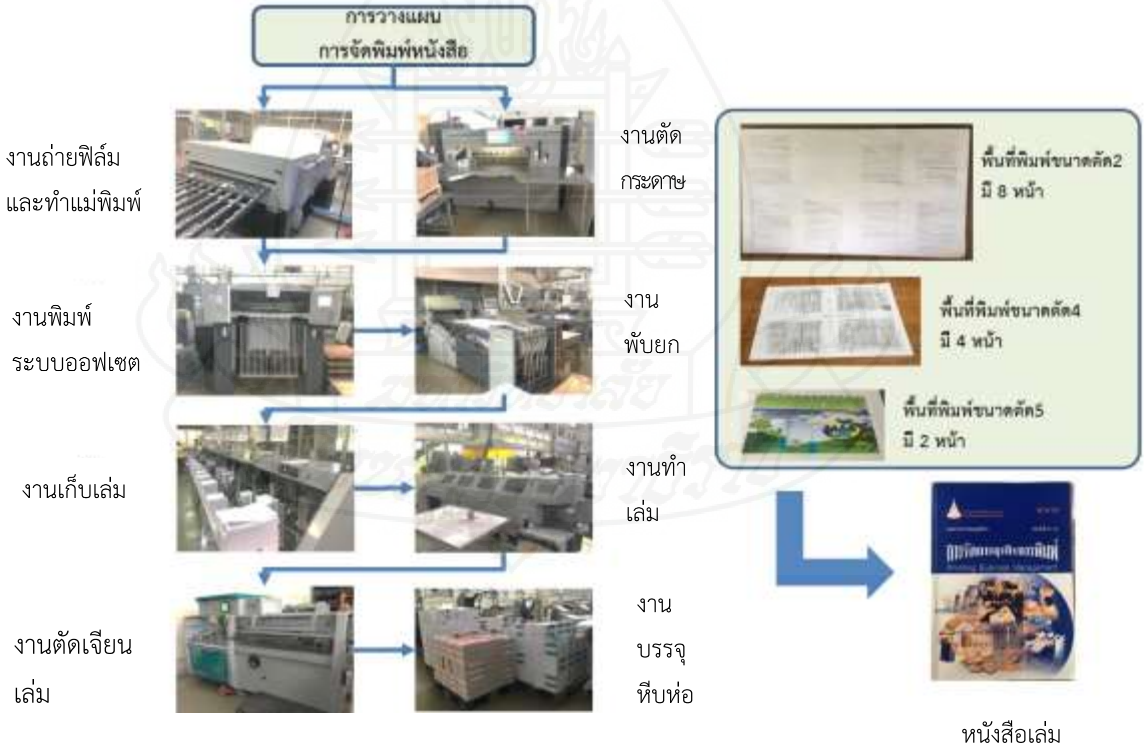
ส่วนงานพิมพ์ระบบออฟเซต จะดำเนินการจัดพิมพ์ตามตารางการผลิตในระบบสารสนเทศฯ วางแผนลำดับการพิมพ์ ตามแต่ละเครื่องพิมพ์ คำนวณการใช้กระดาษพิมพ์ เบิกกระดาษและวัสดุพิมพ์ สั่งตัดกระดาษ ตรวจสอบแม่พิมพ์ ติดตามความก้าวหน้าของงานตามแผนการผลิต ตรวจสอบคุณภาพงานพิมพ์ จัดส่งแผ่นพิมพ์ที่พิมพ์เสร็จให้หน่วยทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ (เครื่องพับ) ดำเนินการ งานที่ต้องจัดจ้างภายนอกจะแจ้งหน่วยพัสดุดำเนินการ และบันทึกข้อมูลงานในระบบสารสนเทศฯ

3.1.5 งานเตรียมวัสดุพิมพ์ ดำเนินการเบิกกระดาษ และวัสดุพิมพ์จากหน่วยพัสดุ และส่งกระดาษมาตัดที่หน่วยทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ (เครื่องตัดด้านเดียว) ตามขนาด และจำนวนในใบสั่งตัดกระดาษ และจัดส่งไปยังเครื่องพิมพ์ที่กำหนด ลงบันทึกข้อมูลงานในระบบสารสนเทศฯ

3.1.6 งานทำเล่มสิ่งพิมพ์สำเร็จ (ประกอบด้วยงานพับ เก็บเล่ม เข้าเล่ม บรรจุ จัดส่ง) ดำเนินการจัดทำสิ่งพิมพ์สำเร็จตามใบสั่งพิมพ์ และตารางการผลิตผ่านระบบสารสนเทศฯ โดยวางแผนงานพับ เก็บเล่ม เข้าเล่มไสสัน ทากาว ตัดเจียนเล่ม 3 ด้าน ตรวจสอบคุณภาพงาน ห่อบรรจุสิ่งพิมพ์พร้อมจัดส่งตามจำนวนสั่งพิมพ์ ลงบันทึกข้อมูลงานในระบบสารสนเทศฯ และส่งข้อมูลงานที่จัดส่งให้หน่วยวางแผนและประสานงานการผลิต เพื่อตรวจสอบและส่งราคางานพิมพ์ให้หน่วยบัญชีและการเงินแจ้งค่าใช้จ่ายให้เจ้าของงานทราบ และลงบันทึกข้อมูลงานในระบบสารสนเทศฯ

3.2 กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์

กระบวนการในการผลิตสิ่งพิมพ์ต่าง ๆ ของโรงพิมพ์ ส่วนใหญ่เป็นเอกสารการสอน เริ่มต้นจากการรับต้นฉบับงานพิมพ์มาจัดทำอาร์ตเวิร์ก ทำแม่พิมพ์ พิมพ์ งานหลังพิมพ์ จนได้เป็นสิ่งพิมพ์สำเร็จพร้อมส่งมอบให้เจ้าของงาน ซึ่งในแต่ละขั้นตอนมีการใช้เครื่องจักรผลิตที่ใช้พลังงานไฟฟ้า โดยมีผังงานในระบบการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์มหาลัยสุโขทัยธรรมมาธิราช ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช
ที่มา: ชัชวาล สมานสุข (2562)

ขั้นตอนการการวางแผน การจัดพิมพ์ ดำเนินการโดยหน่วยวางแผนและประสานงานการผลิต รับผิดชอบการวางแผนการผลิตและควบคุมคุณภาพการผลิตสิ่งพิมพ์ เอกสารการสอนของมหาวิทยาลัยเป็นหลัก อุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามีเครื่องคอมพิวเตอร์ และเครื่องพิมพ์เลเซอร์

ขั้นตอนการถ่ายฟิล์มและทำแม่พิมพ์ ดำเนินการโดยหน่วยฟิล์มและวางรูปแบบ รับผิดชอบด้านการวางรูปแบบฟิล์ม และทำแม่พิมพ์ออฟเซตสำหรับพิมพ์เอกสารการสอนชุดวิชาทั้งชุดวิชาใหม่/ปรับปรุง ชุดวิชาพิมพ์ซ้ำ สิ่งพิมพ์พิเศษอื่น โดยใช้เครื่องคอมพิวเตอร์ทูเพลต (Computer to Plate: CtP) ในการปฏิบัติงาน เครื่องจักรอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามี เครื่องคอมพิวเตอร์ทูเพลต เครื่องถ่ายแม่พิมพ์ออฟเซต และเครื่องล้างสร้างภาพแม่พิมพ์

ขั้นตอนการตัดกระดาษดำเนินการโดยหน่วยผลิตรับผิดชอบงานจัดเตรียมวัสดุการพิมพ์ เช่น กระดาษ หมึกพิมพ์ ฯลฯ และตัดกระดาษส่งให้เครื่องพิมพ์ และควบคุมปริมาณการใช้กระดาษ เครื่องจักรอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามี เครื่องตัดกระดาษ Perfecta เครื่องตัดกระดาษ POLAR เครื่องยกกระดาษ

ขั้นตอนการพิมพ์ระบบออฟเซต ดำเนินการโดยหน่วยผลิต รับผิดชอบงานจัดเตรียมการพิมพ์โดยตรวจสอบความถูกต้องของแม่พิมพ์ และอาร์ตเวิร์ก ดำเนินการพิมพ์ ตรวจสอบและควบคุมคุณภาพงานพิมพ์ ประสานงานและจัดส่งงานพิมพ์ให้งานทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ เครื่องจักรอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้า มีเครื่องพิมพ์ขนาดตัด 2 ที่มี 2 หน่วยพิมพ์ ของ Heidelberg จำนวน 3 เครื่อง (HH1, HH2, HH3) เครื่องพิมพ์ขนาดตัด 2 ที่มี 1 หน่วยพิมพ์ ของ Heidelberg จำนวน 2 เครื่อง (2H1, 2H2) เครื่องพิมพ์ขนาดตัด 2 ที่มี 2 หน่วยพิมพ์ ของ Mitsubishi จำนวน 1 เครื่อง (2M) เครื่องพิมพ์ขนาดตัด 4 ที่มี 1 หน่วยพิมพ์ของ Heidelberg (4H2) เครื่องพิมพ์ขนาดตัด 4 ที่มี 2 หน่วยพิมพ์ ของ Grampus (4G) เครื่องพิมพ์ขนาดตัด 4 ที่มี 2 หน่วยพิมพ์ ของ Ryobi (RB) และเครื่องพิมพ์ขนาดตัด 5 ที่มี 4 หน่วยพิมพ์ ของ Heidelberg (5H)

ขั้นตอนการพับยก ดำเนินการโดย หน่วยทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ รับผิดชอบงานพับ เครื่องจักรอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามี เครื่องพับของ Stahlfolder เครื่องพับของ HORIZON เครื่องพับของ Heidelberg

ขั้นตอนการเก็บเล่ม ดำเนินการโดยหน่วยทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ รับผิดชอบงานเก็บเล่ม เย็บเล่ม เครื่องจักรอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามี เครื่องเก็บเล่มหนังสือ 12 สถานี เครื่องเย็บ

ขั้นตอนการทำเล่ม ดำเนินการโดยหน่วยทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ รับผิดชอบงานทำเล่มในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ทากาวปิดปก ไสสันทากาว เครื่องจักรอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามี เครื่องทำเล่มไสสันทากาว

ขั้นตอนการตัดเจียนเล่ม ดำเนินการโดย รับผิดชอบงานตัดเจียนสิ่งพิมพ์สำเร็จ เครื่องจักรอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามี เครื่องตัดเจียน 3 ใบมีด

ขั้นตอนการจัดส่งสิ่งพิมพ์สำเร็จ ดำเนินการโดยหน่วยทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ รับผิดชอบงานห่อสิ่งพิมพ์สำเร็จและจัดส่งให้เจ้าของงาน

3.3 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์เป็นส่วนหนึ่งของการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ สามารถแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของกระบวนการผลิตระบบออฟเซต และส่วนอื่น ๆ ที่ไม่ใช่กระบวนการผลิตระบบออฟเซตได้แก่ การพิมพ์ด้วยระบบพิมพ์ดิจิทัลร่วมกับงานสำนักงานของสำนักพิมพ์ สามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ เป็นในส่วนของโรงพิมพ์ ประมาณร้อยละ 62 และส่วนอื่น ๆ ประมาณร้อยละ 38 กล่าวมาแล้วในบทนำ นอกจากนั้นในส่วนของโรงพิมพ์สามารถแบ่งสัดส่วนเป็นระบบพิมพ์ออฟเซตประมาณร้อยละ 38 ระบบปรับอากาศประมาณร้อยละ 31 ระบบอัดอากาศประมาณร้อยละ 18 ระบบแสงสว่างประมาณร้อยละ 10 และอื่นๆ ประมาณร้อยละ 3 การพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ จะต้องพิจารณาและวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้งานของพลังงานไฟฟ้าตามลำดับสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าระดับองค์กร วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ เปรียบเทียบข้อมูลการใช้พลังงาน เปรียบเทียบสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าระหว่างรอบปีที่ผ่านมา ศึกษาพฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าระดับผลิตภัณฑ์ วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต และวิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลผลิตเพื่อพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิตในโรงพิมพ์

การประเมินประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าระดับเครื่องจักร/อุปกรณ์ เป็นการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรหลักในโรงพิมพ์ พิจารณาวิเคราะห์ค่าประสิทธิภาพหรือสมรรถนะของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์จากการใช้งานจริงโดยวิธีการประเมินหรือจากการตรวจวัดจริง เปรียบเทียบกับพิกัดจากคู่มือหรือแผ่นป้ายชื่อที่ตัวเครื่อง

จากการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าจะทำให้มีแนวทางในปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ซึ่งสามารถจำแนกได้ดังนี้

- แนวทางการดูแลรักษาเครื่องจักรให้อยู่ในสภาพที่ใช้งานได้ดี และมีการใช้งานได้ถูกต้อง ได้ตามมาตรฐาน เป็นรักษาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ ใช้เครื่องจักรได้อย่างมีประสิทธิภาพ

- แนวทางการปรับปรุงจุดที่มีประสิทธิภาพต่ำกว่ามาตรฐาน จุดสูญเสียและจุดรั่วไหลในกระบวนการ นำมาแก้ไข พัฒนา ค้นหาเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ มาปรับปรุงให้เครื่องจักรหรือกระบวนการให้มีประสิทธิภาพสูงกว่าเดิม

- แนวทางการเปลี่ยนระบบ เทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ ที่จะมาทดแทนเครื่องจักรเก่า เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าให้สูงขึ้น

4. แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศ

ระบบปรับอากาศ คือ กระบวนการรักษาสภาพอากาศโดยการควบคุมอุณหภูมิ ความชื้น การกระจายลมให้เหมาะสมกับความต้องการระบบปรับอากาศที่ใช้ในปัจจุบัน มีการใช้งานแบ่งออกได้เป็น 4 ประเภท

1) ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled water chiller) เป็นระบบปรับอากาศขนาดใหญ่ ใช้น้ำในการระบายความร้อน

2) ระบบปรับอากาศแบบทำน้ำเย็นระบายความร้อนด้วยอากาศ (Air cooled water chiller) โดยปกติแล้วติดตั้งในที่ที่ต้องการความเย็นไม่เกิน 500 ตันความเย็น ใช้อากาศในการระบายความร้อน

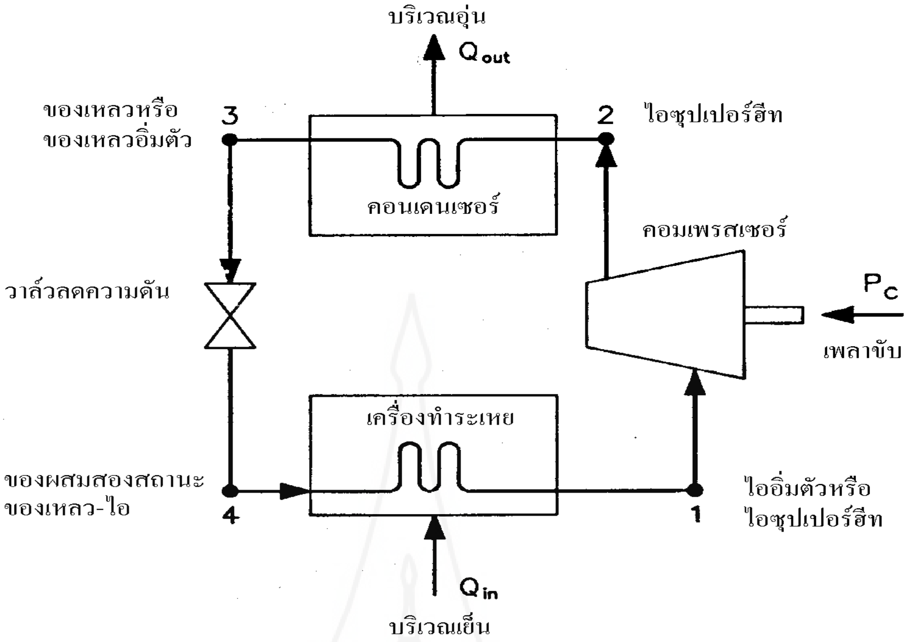
3) ระบบปรับอากาศแบบเป็นชุดระบายความร้อนด้วยน้ำ (Water cooled package) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็กที่ติดตั้งภายในบริเวณที่ต้องการทำความเย็น

4) ระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็ก มักติดตั้งในอาคาร สามารถบำรุงรักษาได้ง่าย ประสิทธิภาพในการทำความเย็นต่ำ

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช มีการใช้งานระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน (Split type) เป็นระบบปรับอากาศขนาดเล็กแต่มีใช้จำนวนปริมาณ 39 เครื่อง ซึ่งเป็นระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ มีอุปกรณ์หลักในการทำงาน 4 อุปกรณ์ดังภาพที่ 2.6 ซึ่งหน้าที่ของอุปกรณ์ทั้ง 4 มีดังนี้



ภาพที่ 2.6 การทำงานของระบบทำความเย็นแบบอัดไอ

ที่มา: สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2558). การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน, น.5

1. คอมเพรสเซอร์ (Compressor) เป็นอุปกรณ์ต้นกำลังในการอัดสารทำความเย็นที่อยู่ในสถานะไอ ที่จุดที่ 1 ในแผนภาพ ให้มีความดันสูงขึ้น และเมื่อความดันสูงขึ้นอุณหภูมิของสารทำความเย็นก็จะสูงขึ้นตามกฎของก๊าซ (จากจุดที่ 1 เป็น จุดที่ 2) โดยส่งกำลังเข้าทางเพลาของคอมเพรสเซอร์ (P_c) คอมเพรสเซอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุด คือ ประมาณ 80% ของพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด

2. คอนเดนเซอร์ (Condenser) หรือที่เรียกกันทั่วไปว่า คอยล์ร้อน เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ควบแน่นสารทำความเย็นในสถานะไอที่มีอุณหภูมิและความดันสูง โดยการใช้พัดลมดูดอากาศมาระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นในแผงคอนเดนเซอร์ ซึ่งใช้อากาศ (Air Cool) เป็นสื่อระบายความร้อน โดยส่งผ่านพลังงานไปให้กับอากาศ ทำให้สารทำความเย็นควบแน่นเป็นของเหลว (จากจุดที่ 2 เป็น จุดที่ 3) ซึ่งอุปกรณ์ชนิดนี้มีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปกับพัดลมระบายอากาศ

3. วาล์วลดความดัน (Expansion Valve) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ลดความดัน สารทำความเย็นที่ออกจากคอนเดนเซอร์ ที่มีความดันสูง ทำให้สารทำความเย็นมีความดันต่ำลง และอุณหภูมิลดต่ำลง (จากจุดที่ 3 เป็น จุดที่ 4)

4. เครื่องระเหย (Evaporator) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่รับความร้อนจากบริเวณที่ต้องการทำความเย็น โดยความร้อนนี้จะผ่านไปยังสารทำความเย็นทำให้สารทำความเย็นที่มีอุณหภูมิต่ำมีอุณหภูมิสูงขึ้น เกิดการระเหยกลายเป็นไอ จนอยู่ในสถานะไออิ่มตัวหรือไอร้อนยวดยิ่ง (Superheat Vapor) จากนั้นใช้พัดลมดูดอากาศจากภายในห้องปรับอากาศผ่านคอมเพรสเซอร์ แล้วเริ่มการทำงานต่อไปอย่างต่อเนื่อง (จากจุดที่ 4 เป็น จุดที่ 1) ซึ่งอุปกรณ์นี้จะมีการใช้พลังงานประมาณ 10% ไปกับพัดลมคอมเพรสเซอร์

การกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ

มาตรฐานเครื่องปรับอากาศตามประกาศของกระทรวงพลังงานเรื่องการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะขั้นต่ำ ค่าประสิทธิภาพการให้ความเย็น และค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็นของเครื่องปรับอากาศที่ติดตั้งใช้งาน ได้ให้คำจำกัดและกำหนดค่าประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศไว้ดังนี้

ค่าสัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance : COP) หมายถึง อัตราส่วนระหว่างขีดความสามารถทำความเย็นรวมสุทธิของระบบปรับอากาศ หน่วยเป็นวัตต์กับพิกัดกำลังไฟฟ้า หน่วยเป็นวัตต์ การหาค่าที่ใช้แสดงประสิทธิภาพของการทำความเย็น ดังนี้

$$COP = \frac{Q}{W} \qquad \text{------------------- (2.1)}$$

Q คือ ความสามารถในการทำความเย็น มีหน่วยเป็น kW

W คือ ค่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเครื่องคอมเพรสเซอร์ มีหน่วยเป็น kW

อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) หมายถึง ค่าแสดงอัตราส่วนประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น เพื่อเปรียบเทียบความสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้า โดยค่า EER ยิ่งสูง หรืออัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศมีค่าสูง แสดงว่าเครื่องปรับ อากาศเครื่องนั้นยิ่งมีประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้ามากขึ้น

$$EER = \frac{\text{ความร้อน (Btu/hr)}}{\text{พลังงาน (Watt)}} \qquad \text{------------------- (2.2)}$$

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.) ได้มีการกำหนดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ โดยใช้โครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 โดยได้รับความร่วมมือจากผู้เข้าร่วม

โครงการฯ ตั้งแต่วันที่ 4 เมษายน พ.ศ. 2538 กำหนดมาตรฐานการทดสอบ (มอก.1155-2536) และเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพ (เบอร์ 5 ค่า EER ≥10.6 บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์) และได้ปรับปรุงระดับประสิทธิภาพมาอย่างต่อเนื่อง และเมื่อวันที่ 4 กันยายน พ.ศ. 2557 กำหนดแยกเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพตามชนิดเครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed / Inverter ได้กำหนดมาตรฐานการทดสอบ (ISO 5151 และ ISO 16358-1) เพื่อหาค่าประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าตามฤดูกาล (SEER) พร้อมกำหนดเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพเบอร์ 5 (ขนาด ≤ 8,000 วัตต์ ค่า SEER ≥15.00 บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์ และ ขนาดมากกว่า 8,000 - 12,000 วัตต์ ค่า SEER ≥14.00 บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์) และได้กำหนดการเริ่มติดฉลากฯ เกณฑ์พลังงานไฟฟ้า ปี ค.ศ.2015 (พ.ศ. 2558) และวันที่ 7 กันยายน พ.ศ. 2559 กำหนดปรับเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพจากอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าเป็นค่าประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าตามฤดูกาล (SEER) สำหรับเครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed speed (ขนาด ≤ 8,000 วัตต์ ค่า SEER ≥12.85 บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์ และขนาดมากกว่า 8,000- 12,000 วัตต์ ค่า SEER ≥ 12.40 บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์) และได้กำหนดการเริ่มติดฉลากฯเกณฑ์พลังงานไฟฟ้า ปี ค.ศ.2017 (พ.ศ. 2560) เพื่อวางจำหน่าย ในวันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2560

ตารางที่ 2.1 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศ ปี พ.ศ.2558

<table>
<tr><th rowspan="2">ขนาดเครื่องปรับอากาศแบบหน่วยเดี่ยว (Split Type)</th><th rowspan="2">เกณฑ์ BEC พ.ศ. 2552 EER (COP)</th><th rowspan="2">กฎกระทรวง ประสิทธิภาพสูง พ.ศ. 2552 EER(COP)</th><th colspan="2">ฉลากเบอร์ 5 กฟผ.</th></tr>
<tr><th>Fix Speed พ.ศ. 2560 EER(COP)</th><th>Inverter พ.ศ. 2558 SEER(COP)</th></tr>
<tr><td>ไม่เกิน 8,000 วัตต์ (<27,296 บีทียู/ชั่วโมง)</td><td rowspan="2">≥ 11 (≥3.22)</td><td rowspan="2">11-14 (3.22-4.1)</td><td>≥ 12.85 (≥3.76)</td><td>≥15.00 (≥ 4.39)</td></tr>
<tr><td>มากกว่า 8,000-12000 วัตต์ (>27,296-40,944 บีทียู/ชั่วโมง)</td><td>≥12.40 (≥ 3.63)</td><td>≥14.00 (≥4.10)</td></tr>
</table>

ปัจจุบันโครงการฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศ ยังคงดำเนินการอย่างต่อเนื่อง วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562 เริ่มติดฉลากแสดงระดับประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้ารูปแบบใหม่ เครื่องปรับอากาศ เพื่อวางจำหน่ายสู่ท้องตลาดครั้งแรก โดย กฟผ. กำหนดระดับประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าเครื่องปรับอากาศเป็น 4 ระดับ ตั้งแต่ เบอร์ 5, เบอร์ 5 ✭, เบอร์ 5✭ ✭ และ เบอร์ 5 ✭ ✭ ✭ โดย “เครื่องปรับอากาศมีประสิทธิภาพพลังงานสูง ตามจำนวนดาวที่ได้รับสูงสุดที่ 3

ดาว” เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ พิจารณาจากค่าประสิทธิภาพหรือค่าประสิทธิภาพพลังงานตามฤดูกาล (Seasonal Energy Efficiency Ratio : SEER) มีหน่วยเป็น บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์ โดยแบ่งเกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานตามชนิด และขนาดเครื่องปรับอากาศ เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศปี ค.ศ. 2019 (เริ่มใช้ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม พ.ศ. 2562)

ตารางที่ 2.2 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ชนิด Fixed Speed ปี พ.ศ.2562

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	**ค่าประสิทธิภาพ(บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)**			
	เบอร์ 5	เบอร์ 5☆	เบอร์ 5 ☆☆	เบอร์ 5☆☆☆
ไม่เกิน 8,000 วัตต์ (<27,296 บีทียู/ชั่วโมง)	12.85-13.84	13.85-14.84	14.85-15.84	≥15.85
มากกว่า 8,000-12000 วัตต์ (>27,296-40,944 บีทียู/ชั่วโมง)	12.40-13.39	13.40-14.39	14.40-15.39	≥15.40

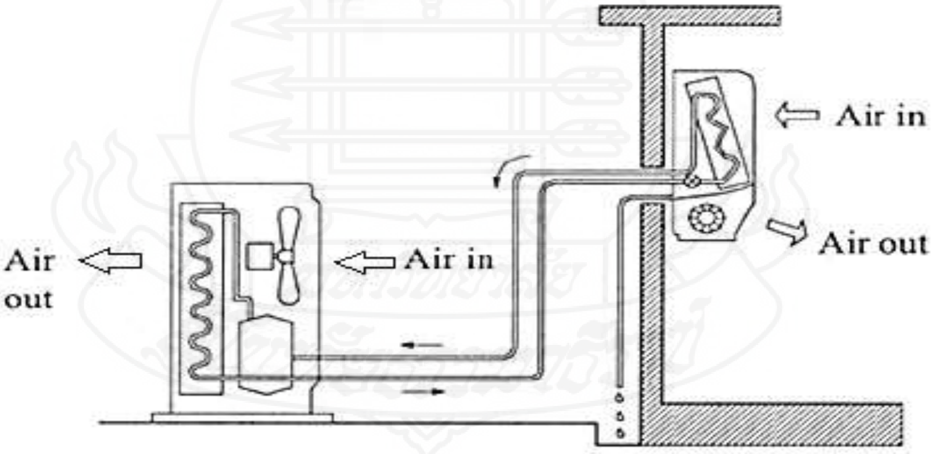
ตารางที่ 2.3 เกณฑ์ระดับประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ ชนิด Variable Speed/Inverter ปี พ.ศ.2562

ขนาดเครื่องปรับอากาศ	**ค่าประสิทธิภาพ(บีทียู/ชั่วโมง/วัตต์)**			
	เบอร์ 5	เบอร์ 5☆	เบอร์ 5 ☆☆	เบอร์ 5☆☆☆
ไม่เกิน 8,000 วัตต์ (<27,296 บีทียู/ชั่วโมง)	15.00-17.49	17.50-19.99	20.00-22.49	≥22.50
มากกว่า 8,000-12000 วัตต์ (>27,296-40,944 บีทียู/ชั่วโมง)	14.00-16.49	16.50-18.99	19.00-21.49	≥21.50

ภาพที่ 2.7 ฉลากประหยัดไฟฟ้าเบอร์ 5 เครื่องปรับอากาศ

ที่มา: https://www.energynewscenter.com/ฉลากเบอร์-5-ติดดาว-★-รูปแบบ

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน



ภาพที่ 2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน

ที่มา: สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2558). การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน, น.6

ปัจจัยข้อที่ 1 อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER)

การตรวจวัดประสิทธิภาพพลังงานเครื่องปรับอากาศ คือการตรวจวัดปริมาณพลังงานความเย็นที่ได้ เทียบกับปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ หลังจากนั้นจึงนำไปเปรียบเทียบกับอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องปรับอากาศ (EER)

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: อัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) ควรมากกว่า 10.6 Btu/hr/W (เกณฑ์เครื่องปรับอากาศเบอร์ 4) หากต่ำกว่าเกณฑ์ ให้ตรวจสอบปริมาณสารทำความเย็น ทำความสะอาดเครื่องระเหย (Evaporator) และคอนเดนเซอร์ หรือพิจารณาเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศใหม่

ปัจจัยข้อที่ 2 การตั้งค่าอุณหภูมิห้องปรับอากาศ

ค่าตั้งค่าอุณหภูมิห้องปรับอากาศมีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศจะสูงขึ้นประมาณ 4% ต่อ 1 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิสารทำความเย็นด้าน Evaporator ที่สูงขึ้น

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: ห้องปรับอากาศ ตั้งค่าอุณหภูมิควบคุมไม่ควรต่ำกว่า 24-25 องศาเซลเซียส และตัวควบคุมอุณหภูมิทำงานได้แม่นยำ ($\pm$ 1°C) หากต่ำกว่าเกณฑ์ให้พิจารณาตรวจสอบตัวควบคุมอุณหภูมิและปรับตั้งอุณหภูมิไว้ที่ 25 องศาเซลเซียส

ปัจจัยข้อที่ 3 อุณหภูมิอากาศป้อนคอนเดนเซอร์

อุณหภูมิอากาศป้อนคอนเดนเซอร์ เป็นอุณหภูมิในการระบายความร้อนของคอนเดนเซอร์ ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ อุณหภูมิอากาศป้อนยิ่งต่ำ ประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศสูงขึ้นเป็นสัดส่วนกับอุณหภูมิที่ต่ำลง ค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศจะสูงขึ้นประมาณ 10 % ต่อ 3 องศาเซลเซียสของอุณหภูมิสารทำความเย็นด้านคอนเดนเซอร์ที่ลดลง

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: อุณหภูมิอากาศก่อนเข้าหน่วยคอนเดนเซอร์สูงกว่าอุณหภูมิโดยรอบไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส หากต่ำกว่าเกณฑ์ให้ตรวจสอบ หรือพิจารณาเพิ่มท่อส่งลมระบายความร้อนทิ้ง

ปัจจัยข้อที่ 4 อุณหภูมิของสารทำความเย็นด้านคอนเดนเซอร์

คอนเดนเซอร์ของเครื่องปรับอากาศเป็นอุปกรณ์ในการระบายความร้อนให้กับสารทำความเย็นด้านความดันสูง ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศ

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: อุณหภูมิของสารทำความเย็นด้านคอนเดนเซอร์สูงกว่าอุณหภูมิอากาศก่อนเข้าหน่วยคอนเดนเซอร์ควรไม่เกิน 10 องศาเซลเซียส หากต่ำกว่าเกณฑ์ให้ทำความสะอาดคอนเดนเซอร์

5. แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบแสงสว่าง

แสงสว่างเป็นสิ่งจำเป็นในการดำเนินงาน การเกิดแสงสว่างได้จากแสงที่เปล่งจากแหล่งกำเนิดแสงไปสะท้อนวัตถุมาเข้าตาของมนุษย์ แสงได้มาจากแหล่งกำเนิดแสงธรรมชาติ เช่น แสงจากดวงอาทิตย์ หรือแสงที่ได้จากแหล่งกำเนิดแสงที่มนุษย์ประดิษฐ์ขึ้น เช่น หลอดไฟชนิดต่าง ๆ

ชนิดของหลอดไฟ

1. หลอดอินแคนเดสเซนต์ (Incandescent Lamp) เป็นหลอดมีไส้ มีประสิทธิผลต่ำ มีอายุการใช้งานสั้นในเกณฑ์ประมาณ 1,000 - 3,000 ชั่วโมง ให้ค่าความสว่าง 5 - 13 ลูเมนต่อวัตต์

2. หลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent Lamp) เป็นหลอดปล่อยประจุความดันไอต่ำ มีอายุการใช้งาน 9,000 - 12,000 ชั่วโมง ทำงานร่วมกับบัลลาสต์ ปัจจุบันมีการพัฒนาหลอดฟลูออเรสเซนต์ให้มีประสิทธิภาพสูงขึ้น เรียกว่า หลอด T5, T8 มีอายุการใช้งานประมาณ 7,500 - 10,000 ชั่วโมง ให้ค่าความสว่าง 35 - 80 ลูเมนต่อวัตต์ หลอดฟลูออเรสเซนต์มีโทนสีให้แสงอยู่ 3 โทน ได้แก่

- หลอด Warm white ให้แสงโทนทองส้ม เป็นแสงโทนอุ่น ให้ความสว่างไม่มาก ให้ความรู้สึกอบอุ่น ผ่อนคลาย เหมาะกับพื้นที่ที่ต้องการสร้างบรรยากาศ ใช้ในการตกแต่ง เช่น บริเวณร้านอาหาร ร้านเสื้อผ้า ห้องนอน ห้องนั่งเล่น
- หลอด Daylight ให้แสงใกล้เคียงกับแสงธรรมชาติในตอนกลางวัน มองเห็นภาพชัดเจน ให้ความรู้สึกตื่นตัว เหมาะกับการใช้งานที่ต้องการการมองเห็นที่ชัดเจน เช่น โต๊ะแต่งหน้า ห้องสมุด ห้องผ่าตัด สำนักงาน ห้องสมุด
- หลอด Cool white ให้แสงโทนสีฟ้าขาว แสงที่ได้ออกมาเป็นแสงโทนกลางระหว่างหลอด Warm white กับหลอด Daylight ให้ความรู้สึกเย็นสบายตา

3. หลอดไอปรอทความดันสูง (High Pressure Mercury Vapor Lamp) หรือหลอดแสงจันทร์ นิยมติดตั้งในพื้นที่ที่มีเพดานสูง มีอายุการใช้งานประมาณ 20,000 - 24,000 ชั่วโมง ให้ค่าความสว่าง 30 - 60 ลูเมนต่อวัตต์

4. หลอดเมทัลแฮไลด์ (Metal Halide Lamp) นิยมใช้กับสนามกีฬา มีอายุการใช้งานประมาณ 8,000 - 15,000 ชั่วโมง ให้ค่าความสว่าง 60 -120 ลูเมนต่อวัตต์

5. หลอดโซเดียมความดันไอสูง (High Pressure Sodium Lamp) เหมาะกับงานที่ไม่ต้องการความสว่างมาก เช่น คลังสินค้า บริเวณพื้นที่นอกอาคาร อายุการใช้งานประมาณ 18,000 - 24,000 ชั่วโมง ให้ค่าความสว่าง 70 - 130 ลูเมนต่อวัตต์

6. หลอดโซเดียมความดันไอต่ำ (Low Pressure Sodium Lamp) ให้แสงสีเหลือง ปกติใช้เป็นไฟถนน มีอายุการใช้งานนานประมาณ 22,000 - 24,000 ชั่วโมง ให้ค่าความสว่าง 100 - 180 ลูเมนต่อวัตต์

7. หลอดแอลอีดี (LED) หลอดชนิดนี้มีชื่อเต็มว่า Light Emitting Diode เป็นอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ที่ผลิตจากสารกึ่งตัวนำ สีของแสงที่เปล่งออกมานั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบทางเคมีของสารกึ่งตัวนำที่ใช้ หลอดชนิดนี้ใช้งานกับไฟฟ้ากระแสตรง ดังนั้นหากจะนำมาใช้ในอาคารต้องมีอุปกรณ์แปลงไฟฟ้ากระแสสลับให้เป็นกระแสตรงก่อนการใช้งาน หลอด LED มีค่าประสิทธิผลอยู่ที่ประมาณ 40 ถึง 45 ลูเมนต่อวัตต์ การเพิ่มกำลังการส่องสว่างของ LED ทำได้โดยการต่อ LED เล็ก ๆ หลายหลอดไว้บนแผงเดียวกัน มักจะนำมาใช้แทนหลอดทังสเตนฮาโลเจน หรือนำไปใช้เป็นไฟส่องเฉพาะจุด ประสิทธิภาพของแสงที่เปล่งออกมาให้ความสว่างสูง จึงมีข้อดีในเรื่องการประหยัดไฟ และให้พลังงานความร้อนต่ำ อายุการใช้งานประมาณ 50,000 - 60,000 ชั่วโมง ให้ค่าความสว่าง 120 ลูเมนต่อวัตต์

อุปกรณ์ทำงานร่วมกับหลอดไฟ

ในการวางระบบแสงสว่างให้มีประสิทธิภาพสูงสุด นอกจากพิจารณาการวางตำแหน่งหลอดไฟ ปัจจัยที่จะส่งผลให้มีการใช้พลังงานไฟฟ้าได้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ได้แก่

1. โคมไฟ มีหน้าที่สำคัญในการช่วยกระจายแสงให้ตกยังบริเวณจุดที่ต้องการ

2. บัลลาสต์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายให้กับหลอดไฟ ให้มีความเหมาะสม แบ่งออกเป็นออกได้เป็น 3 ประเภทหลัก ๆ ได้แก่

- บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา ประกอบจากแผ่นเหล็กนำมาเรียงกัน พันด้วยขดลวดทองแดง ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 9 - 13 วัตต์
- บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กแบบประสิทธิภาพสูง ใช้หลักการเดียวกันกับบัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กแบบธรรมดา แต่ใช้แกนเหล็กและขดลวดคุณภาพสูง เพื่อลดการสูญเสียพลังงานไฟฟ้า ใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 5-6 วัตต์
- บัลลาสต์ขดลวดแกนเหล็กอิเล็กทรอนิกส์ ทำจากชุดอิเล็กทรอนิกส์ ใช้พลังงาน 1 - 2 วัตต์ในการทำงาน ไม่ต้องทำงานร่วมกับสตาร์ทเตอร์

หลักการให้แสงสว่าง

ในการติดตั้งแสงไฟให้มีประสิทธิภาพและเหมาะสมกับการใช้งาน มีวิธีการติดตั้ง 3 วิธี ดังนี้

1. การให้แสงสว่างทั่วพื้นที่ ติดตั้งแหล่งให้แสงกระจายทั่วบริเวณ เพื่อให้มีแสงสว่างทั่วบริเวณ วิธีการนี้มีข้อดี คือสามารถเคลื่อนย้ายพื้นที่ทำงานได้อิสระ ไม่จำเป็นต้องทราบตำแหน่งที่ทำงานแน่นอน แต่มีข้อเสียก็คือ ใช้พลังงานไฟฟ้าสิ้นเปลือง

2. การให้แสงสว่างเฉพาะที่ เป็นการติดตั้งแหล่งให้แสงโดยออกแบบให้เหมาะสมกับการทำงานในแต่ละพื้นที่ ข้อดีคือสามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าลงได้ แต่ข้อเสียก็คือไม่สามารถย้ายพื้นที่การทำงานได้

3. การให้แสงสว่างเฉพาะจุด เป็นวิธีการให้แสงบริเวณเฉพาะจุดที่มีความต้องการแสงสว่างสูง ในการติดตั้งแหล่งกำเนิดแสงต้องควบคุมทิศทางและความสว่างให้เหมาะสม เพื่อให้แสงไฟไม่ไปรบกวนการทำงานของผู้ใช้งาน วิธีนี้เป็นวิธีการให้แสงที่ประหยัดพลังงานไฟฟ้ามากที่สุด

หน่วยที่ใช้ในการวัดแสงสว่าง

ฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous Flux : F) เป็นปริมาณแสงทั้งหมดที่ปลดปล่อยออกจากแหล่งกำเนิดแสงมีหน่วยเป็น ลูเมน (lumen : lm) ซึ่งมีค่าเท่ากับปริมาณแสงที่ตกลงพื้นที่ 1 ตารางหน่วย ที่ห่างจากจุดกำเนิดแสง 1 แคนเดลลาเป็นระยะทาง 1 หน่วย

ความสว่าง (Illuminance : E) เป็นปริมาณแสงที่ตกกระทบตั้งฉากกับพื้นที่ขนาด 1 ตารางเมตร มีหน่วยเป็น ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (Lux) ค่าความสว่างจะแปรโดยตรงกับความเข้มการส่องสว่าง ซึ่งสามารถเขียนความสัมพันธ์ได้จากสูตร

$$E = \frac{F}{A} \qquad \text{------------------- (2.3)}$$

E คือ ความสว่าง มีหน่วย ลูเมนต่อตารางเมตร (lm/m^2) หรือลักซ์ (lux)

F คือ ฟลักซ์การส่องสว่างที่ตกกระทบพื้นมีหน่วยลูเมน (lm)

A คือ พื้นที่รับแสง มีหน่วยตารางเมตร (m^2)

กำลังไฟฟ้าของหลอดไฟฟ้า (Lamp Power) คือค่าของพลังงานไฟฟ้าที่หลอดไฟใช้ในการให้กำเนิดแสงสว่างมีหน่วยเป็นวัตต์ (Watt)

ประสิทธิผลการส่องสว่าง (Light Efficacy) คือ อัตราส่วนของปริมาณแสงที่ออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงต่อกำลังไฟฟ้า (วัตต์) ที่ป้อนให้แก่หลอด มีหน่วยเป็นลูเมนต่อวัตต์

ปริมาณแสงที่เหมาะสมในแต่ละพื้นที่ใช้งาน

ประกาศกรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน เรื่อง มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง (ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ 2561) ในการวางติดตั้งระบบแสงสว่างควรพิจารณาให้มีระดับความสว่างให้เหมาะสมกับพื้นที่ใช้งานในแต่ละจุด

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ณ บริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงาน ที่สอดคล้องกับโรงพิมพ์

การใช้สายตา	ลักษณะงาน	ตัวอย่างลักษณะงาน	ค่าความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)
งานหยาบ	งานที่ชิ้นงานมีขนาดใหญ่ สามารถมองเห็นได้อย่างชัดเจน มีความแตกต่างของสีชัดเจนมาก	-งานหยาบที่ทำที่โต๊ะหรือเครื่องจักร ชิ้นงานที่มีขนาดใหญ่กว่า 750 ไมโครเมตร (0.75 มิลลิเมตร) - การตรวจงานหยาบด้วยสายตา การประกอบ การนับ การตรวจเช็คสิ่งของที่มีขนาดใหญ่	200-300
งานละเอียดเล็กน้อย	งานที่ชิ้นงานมีขนาดปานกลาง สามารถมองเห็นได้และมีความแตกต่างของสีชัดเจน	- การทำงานไม้ที่ชิ้นงานมีขนาดปานกลาง - งานเจาะรู ทากาว หรือเย็บเล่มหนังสือ งานบันทึกและคัดลอกข้อมูล	300-400
	งานที่ชิ้นงานมีขนาดปานกลางหรือเล็ก สามารถมองเห็นได้แต่ไม่ชัดเจน และมีความแตกต่างของสีปานกลาง	- งานประจำในสำนักงาน เช่น งานเขียน งานพิมพ์ งานบันทึกข้อมูล การอ่านและประมวลผลข้อมูล การจัดเก็บแฟ้ม - การปฏิบัติงานที่ชิ้นงานมีขนาดตั้งแต่ 125 ไมโครเมตร (0.125 มิลลิเมตร) - งานออกแบบและเขียนแบบ โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ - การทำงานไม้อย่างละเอียดบนโต๊ะหรือที่เครื่องจักร	400-500

ตารางที่ 2.4 มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง ณ บริเวณที่ลูกจ้างต้องทำงาน ที่สอดคล้องกับโรงพิมพ์ (ต่อ)

การใช้สายตา	ลักษณะงาน	ตัวอย่างลักษณะงาน	ค่าความเข้มของแสงสว่าง (ลักซ์)
งานละเอียดปานกลาง	งานที่ชิ้นงานมีขนาดปานกลางหรือเล็ก สามารถมองเห็นได้แต่ไม่ชัดเจน และมีความแตกต่างของสีบ้าง และต้องใช้สายตาในการทำงานค่อนข้างมาก	- งานระบายสี พ่นสี ตกแต่งสี หรือขัดตกแต่งละเอียด -งานพิสูจน์อักษร	500-600
		- งานออกแบบและเขียนแบบ โดยไม่ใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์	600-700
งานละเอียดสูง	งานที่ชิ้นงานมีขนาดเล็ก สามารถมองเห็นได้แต่ไม่ชัดเจน และมีความแตกต่างของสีน้อยต้องใช้สายตาในการทำงานมาก	- การปฏิบัติงานที่ชิ้นงานมีขนาดตั้งแต่ 25 ไมโครเมตร (0.025 มิลลิเมตร) - งานปรับเทียบมาตรฐานความถูกต้องและความแม่นยำของอุปกรณ์ - การระบายสี พ่นสี และตกแต่งชิ้นงานที่ต้องการความละเอียดมากหรือต้องการความแม่นยำสูง	700-800

หลักในการเลือกใช้อุปกรณ์ในระบบแสงสว่าง

ในการติดตั้งอุปกรณ์ระบบแสงสว่างให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการใช้พลังงานไฟฟ้ามีปัจจัยในการพิจารณาดังต่อไปนี้

- เลือกความสว่างให้เพียงพอกับความสว่างที่ต้องใช้ในพื้นที่นั้น สามารถเลือกค่าการใช้งานได้ตามคู่มือการออกแบบทางวิศวกรรมการส่องสว่าง โดยการเลือกอุปกรณ์ที่มีค่าฟลักซ์การส่องสว่าง (Luminous flux) ให้เหมาะสม

- ค่าประสิทธิผล (Efficacy) ปริมาณแสงที่ออกมาต่อวัตต์ที่ใช้ (ลูเมนต่อวัตต์) หลอดที่มีค่าประสิทธิผลสูง คือหลอดไฟที่ให้ปริมาณแสงมากต่อวัตต์ต่ำ อย่างไรก็ตามในการเลือกหลอดไฟให้เหมาะสมควรพิจารณาความสูงในการติดตั้งหลอดไฟด้วย เนื่องจากความสูงของพื้นที่ที่ทำการติดตั้งมีผลต่อประสิทธิภาพของหลอดไฟ

- ความถูกต้องของสี (Color rendering index, CRI หรือ Ra) สีที่ส่องไปกระทบตัววัตถุให้ความถูกต้องของสี มีหน่วยเป็นเปอร์เซนต์ หลอดไฟที่มีค่าความถูกต้องของสี 100% หมายถึงหลอดไฟที่ส่องวัตถุแล้วสีของวัตถุที่เห็นไม่ต่างจากสีจริงของวัตถุภายใต้แสงอาทิตย์เวลากลางวัน

- อายุการใช้งาน (Life time) อายุการใช้งานโดยเฉลี่ยของหลอด มีหน่วยเป็นชั่วโมง

- โคมไฟ เป็นอุปกรณ์ที่ช่วยควบคุมทิศทางของแสงให้ไปยังทิศทางที่ต้องการ

- แสงสว่างจากธรรมชาติ ในบริเวณที่สามารถเปิดรับแสงจากธรรมชาติในช่วงเวลากลางวันได้ จะช่วยลดการใช้แสงจากหลอดไฟ เช่น การปรับปรุงหลังคาบางส่วนให้เป็นหลังคาโปร่งแสง อย่างไรก็ตามบริเวณนั้นไม่ควรเป็นบริเวณที่มีการติดตั้งเครื่องปรับอากาศ เนื่องจากแสงสว่างจากดวงอาทิตย์มีความร้อนสูง ทำให้เพิ่มภาระการทำงานกับเครื่องปรับอากาศ

การคำนวณค่ากำลังไฟฟ้าส่องสว่างสูงสุดของระบบไฟฟ้าแสงสว่าง (Lighting power density, LPD) พิจารณาจากผลรวมของกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟและบัลลาสต์ ในแต่ละพื้นที่ใช้สอยนั้น ๆ มีสมการดังนี้

$$LPD = \frac{LW + BW}{A} \qquad (2.4)$$

LW คือ ผลรวมกำลังไฟฟ้าของหลอดไฟ (หน่วยเป็นวัตต์, Watt)

BW คือ ผลรวมกำลังไฟฟ้าของบัลลาสต์ (หน่วยเป็นวัตต์, Watt)

A คือ พื้นทีใช้สอย (หน่วยเป็นตารางเมตร, m^2)

แนวทางการออกแบบวิเคราะห์จากค่าฟลักซ์ส่องสว่างที่เหมาะสมกับพื้นที่ใช้สอยนั้น ๆ ด้วยวิธีของลูเมนต์ (Lumen method) เพื่อให้ทราบจำนวนหลอดไฟที่จะติดตั้งบริเวณพื้นที่ใช้สอยนั้นแล้วนำมาหาค่า LPD โดยอ้างอิงค่าความส่องสว่างพื้นที่กิจกรรมต่าง ๆ มีสมการดังนี้

$$TL = \frac{E \times A}{CU \times LLD \times LDD} \qquad (2.5)$$

TL คือ ค่าฟลักซ์ส่องสว่างรวม (หน่วยเป็นลูเมน, Lumen)

E คือ ค่าความส่องสว่าง (หน่วยเป็นลักซ์, Lux)

A คือ พื้นที่ใช้สอย (หน่วยเป็นตารางเมตร, m^2)

CU คือ ค่าสัมประสิทธิการใช้ประโยชน์ (Coefficient of utilization) = 0.5

LLD คือ ค่าความเสื่อมของหลอดไฟ (Lamp lumen depreciation) = 1

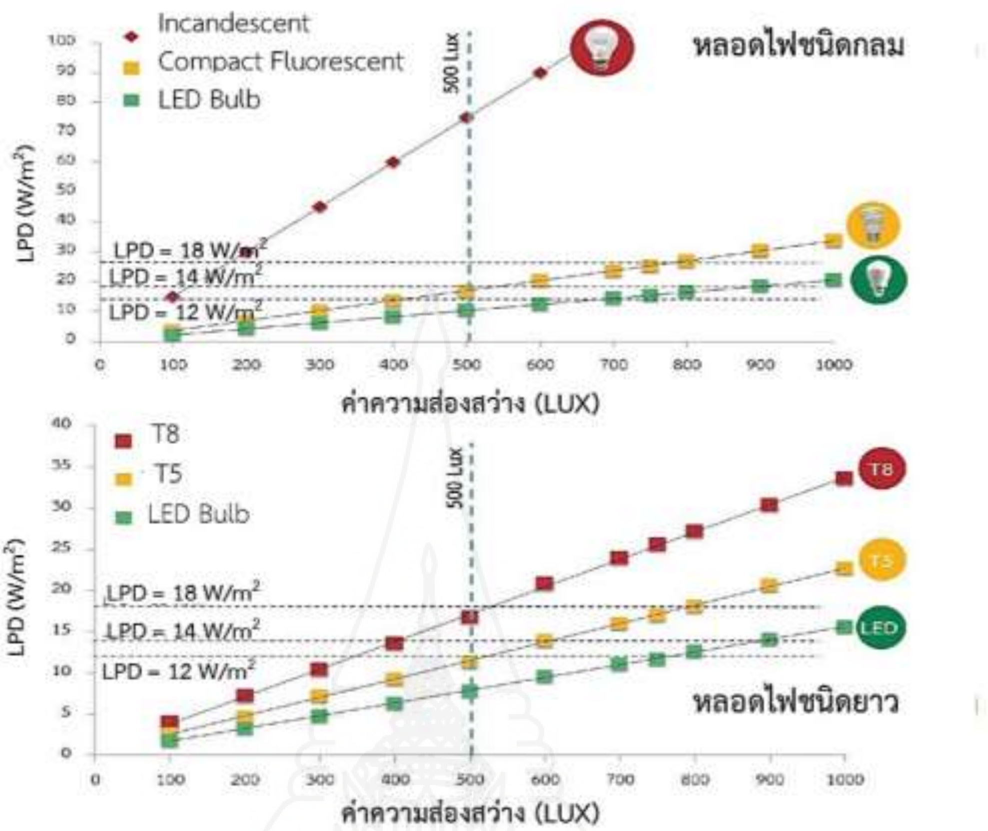
LDD คือ ค่าความเสื่อมจากความสกปรกของดวงโคม (Luminaire dirt depreciation) = 1

วิเคราะห์แนวทางการออกแบบด้วยความสัมพันธ์ของค่าความส่องสว่างตั้งแต่ 100-1,000 ลักซ์ กับแบบจำลองอาคารและหลอดไฟชนิดกลม และชนิดยาว ที่มีค่าสมบัติดังนี้

ตารางที่ 2.5 ความสัมพันธ์ของค่าความส่องสว่างกับชนิดหลอดไฟ

ชนิดหลอดไฟ	ความสว่าง (ลูเมน)	กำลังไฟฟ้า (วัตต์)	อายุการใช้งาน (ชั่วโมง)
Incandescent	730	60	1,000
Compact Fluorescent Lamp	760	14	8,000
LED Bulb	800	9	15,000
Fluorescent Lamp (T5)	2,850	36	13,000
Fluorescent Lamp (T8)	2,500	18	15,000
LED Tube	2,100	16	30,000

ค่าความส่องสว่างตามมาตรฐานที่สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยแนะนำสำหรับพื้นที่ทำงานทั่วไปเฉลี่ย 500 ลักซ์ นำข้อมูลไปเปรียบเทียบความสัมพันธ์ระหว่างค่าลักซ์ (Lux) กับค่า LPD ของหลอดไฟชนิดกลม และหลอดไฟชนิดยาว ได้ดังภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 ค่าความส่องสว่างตามมาตรฐานที่สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทยแนะนำ

ที่มา: กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560).คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน, น.25

การออกแบบให้ผ่านเกณฑ์ค่า LPD $\leq$ 12 W/m^2 ซึ่งเป็นเกณฑ์น้อยที่สุดกับค่าความส่องสว่าง 500 ลักซ์ พบว่าการใช้หลอดไฟชนิดกลม LED Bulb หรือหลอดไฟชนิดยาวฟลูออเรสเซนต์ T5 หรือหลอดไฟ LED Tube สามารถทำให้ผ่านเกณฑ์ค่า LPD ได้

เกณฑ์คุณภาพการส่องสว่างดังต่อไปนี้เป็นคำแนะนำสำหรับพื้นที่ทำงานของห้อง และกิจกรรมที่หลากหลาย ซึ่งอาจอยู่ในแนวระนาบ แนวตั้ง หรือแนวเอียง ขึ้นอยู่กับลักษณะงาน โดยค่าความส่องสว่างเฉลี่ยขั้นต่ำ หรือ $\bar{E}$m ซึ่งต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่าค่านี้ ค่าจำกัดพิกัดแสงจ้ารวม หรือ UGRL ซึ่งต้องไม่ให้เกินกว่าค่านี้ ค่าความสม่ำเสมอของความส่องสว่าง หรือ UO ซึ่งต้องคงไว้ไม่ให้ต่ำกว่านี้ ค่าดัชนีความถูกต้องของสีต่ำสุด หรือ Ra

ตารางที่ 2.6 เกณฑ์คุณภาพแสงสว่างที่ต้องการ

ชนิดของงานหรือกิจกรรมภายใน	$\bar{E}_m$ ลักซ์	UGRL	UO	Ra	คำแนะนำเพิ่มเติม
สำนักงาน (offices)					
เก็บเอกสาร (filing) ที่ถ่ายเอกสาร (coping) โถงกลาง (circulation)	300	19	0.4	80	
เขียน (writing) พิมพ์ (typing) อ่าน (reading) จัดการข้อมูล (processing)	500	19	0.6	80	
สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล เขียนแบบ (technical drawing)	750	16	0.7	80	
โต๊ะเขียนแบบคอมพิวเตอร์ (CAD workstation)	500	19	0.6	80	เป็นความส่องสว่างบนโต๊ะ สำหรับการทำงานที่มีจอแสดงผล
ห้องประชุม (conference room) ห้องสัมมนา (meeting room)	300	19	0.6	80	ควรปรับความส่องสว่างให้ เหมาะสมกับกิจกรรมได้
โต๊ะพนักงานต้อนรับ (reception desk)	300	22	0.6	80	ความส่องสว่างในแนวตั้งมีความสำคัญ
โรงพิมพ์ (printers)					
ห้องตัด (cutting) เคลือบทอง (gilding) ปั๊มนูน (embossing) ทำบล็อกพิมพ์ (block engraving) ทับหินบนบล็อกพิมพ์ (work on stone and platen) เครื่องพิมพ์ (printing machines) เรียงตัวพิมพ์ (matrix making)	500	19	0.6	80	
เรียงกระดาษ (paper sorting) และงานพิมพ์มือ (hand printing)	500	19	0.6	80	
เรียงพิมพ์ (type setting) ตกแต่ง (retouching) พิมพ์หิน (lithography)	1000	19	0.7	80	
ตรวจสอบสีสำหรับงานพิมพ์หลากสี (color inspection in multi-colored print)	1500	16	0.7	90	Tcp 5000K
ทำลวดลายโลหะและทองแดง (steel and copper engraving)	2000	16	0.7	80	สำหรับแสงสว่างแบบมีทิศทางดู

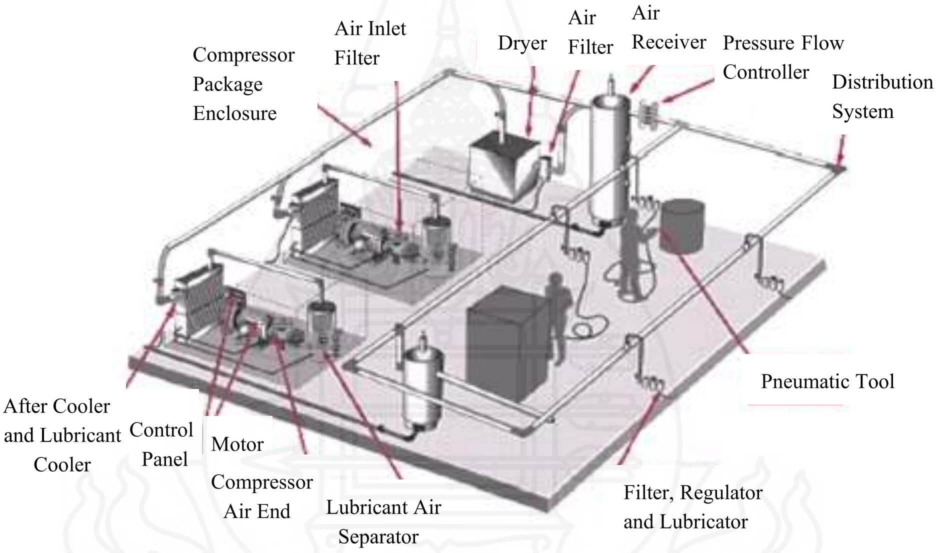
ที่มา:สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2559).คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร, น.39-43

6. แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบอัดอากาศ

ระบบอากาศอัด (Air Compressor) เป็นระบบที่โรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่มีการใช้งานกันมาก ซึ่งทำหน้าที่ผลิตอากาศให้ได้ตามความดันใช้งาน (Operation Pressure) ที่ต้องการ จากนั้นจะส่งอากาศตามแรงดันนั้นไปตามท่อ เพื่อไปยังอุปกรณ์อีกที่หนึ่ง โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานระบบอากาศอัดประมาณ 5 - 15 % ของการใช้พลังงานทั้งหมดในโรงงาน (ขึ้นอยู่กับประเภทอุตสาหกรรม)

องค์ประกอบของระบบอัดอากาศ

ส่วนประกอบของระบบอากาศอัดเป็นสิ่งแรกที่ต้องทำความรู้จัก ที่สำคัญมีดังนี้



ภาพที่ 2.10 ส่วนประกอบของระบบอากาศอัด

ที่มา: สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2558). การอนุรักษ์พลังงานในระบบอากาศอัด, น.6

1. เครื่องอัดอากาศ (Air Compressor) มีหน้าที่ผลิตอากาศอัด

2. เครื่องระบายความร้อนอากาศอัด (After Cooler) มีหน้าที่ในการระบายความร้อนอากาศอัดให้มีอุณหภูมิลดลง

3. เครื่องทำอากาศแห้ง (Air Dryer) มีหน้าที่ในการลดอุณหภูมิอากาศอัดและลดความชื้น

4. ตัวกรองอากาศ (Air Filter) มีหน้าที่ในการกรองฝุ่นละอองที่อยู่ในอากาศอัด

5. ถังเก็บอากาศอัด (Air Receiver) มีทั้งแบบเก็บอากาศอัดแห้ง (Dry Air Receiver) และแบบเก็บอากาศอัดเปียก (Wet Air Receiver) มีหน้าที่ในการสำรองอากาศอัดไว้

6. ตัวปล่อยน้ำ (Auto Drain) มีหน้าที่ในการปล่อยน้ำกลั่นตัวจากอากาศอัดออกจากระบบ

7. ระบบท่อส่งอากาศอัด (Distribution System) มีหน้าที่ในการส่งอากาศอัดไปยังอุปกรณ์ต่าง ๆ

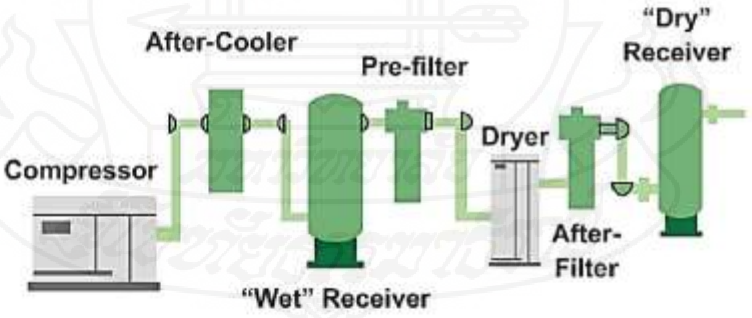
8. ตัวควบคุมความดัน (Regulator) มีหน้าที่ในการลดและควบคุมความดันอากาศอัดให้คงที่

9. ชุดเติมน้ำมัน (Lubricant) มีหน้าที่ในการเติมน้ำมันให้กับอุปกรณ์ควบคุมต่าง ๆ และกระบอกลม

10. อุปกรณ์เพิ่มความดัน (Booster pump)

ปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอากาศอัด

เมื่อทราบส่วนประกอบและหน้าที่แล้ว การใช้งาน**ระบบอากาศอัด**อย่างมีประสิทธิภาพและการควบคุมสภาวะแวดล้อมให้เหมาะสมกับการใช้งานก็มีความสำคัญอย่างยิ่ง โดยปัจจัยหลักที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบอากาศอัดนั้น มีทั้งสิ้น 6 ปัจจัย คือ



ภาพที่ 2.11 ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบอากาศอัด
ที่มา: สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2558). การอนุรักษ์พลังงานในระบบอากาศอัด, น.7

1. ประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องอัดอากาศที่วัดได้ หรืออากาศอัดที่ได้เทียบกับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (l/s/kW) ควรสูงกว่า 80 % เมื่อเทียบกับค่ามาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องอัดอากาศ (ศึกษาข้อมูลค่ามาตรฐานได้จากคู่มือ "การอนุรักษ์พลังงานในระบบอากาศอัด")

สัดส่วนประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ:

$$= \frac{\text{ประสิทธิภาพพลังงานของเครื่องอัดอากาศวัดได้}}{\text{ค่ามาตรฐานประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศ}} \quad \text{------- (2.6)}$$

2. ประสิทธิภาพการส่งพลังงานอากาศอัดในระบบท่อส่ง มีค่าเกณฑ์แนะนำคือ ควรสูงกว่า 90% เมื่อเทียบกับปริมาณอากาศที่ใช้ (ไม่ใช่ปริมาณอากาศอัดที่ผลิต)

ประสิทธิภาพการส่งในระบบท่อส่ง:

$$= \left(1 - \frac{\text{ปริมาณการรั่วอากาศอัด}}{\text{ปริมาณการใช้อากาศอัดจริง}}\right) \times 100 \quad \text{------- (2.7)}$$

3. การตั้งค่าความดันอากาศอัดด้านต่ำ (On) สูงกว่าความดันใช้งานของกระบวนการไม่เกิน 1 bar และตั้งค่าความดันอากาศอัดด้านสูง (Off) สูงกว่าด้านต่ำไม่เกิน 1 bar ตัวอย่างเช่น มีเครื่องจักรที่ใช้อากาศอัดแรงดันสูงสุดคือ 5 bar ให้ปรับตั้งค่าความดันอากาศอัดด้านต่ำ (On) 6 bar และความดันอากาศอัดใช้งานสูงสุด (Off) 7 bar เป็นต้น

4. อุณหภูมิอากาศด้านดูดเข้าเครื่อง สูงกว่าอุณหภูมิภายนอกห้องในที่ร่มไม่เกิน 3 องศาเซลเซียส และช่องดูดอากาศเข้าไม่ควรใกล้แหล่งความชื้น เนื่องจากอุณหภูมิอากาศที่ดูดเข้าเครื่องอัดอากาศที่สูงขึ้นทุก ๆ 3 องศาเซลเซียส จะส่งผลให้สิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าของระบบอากาศอัด 1 %

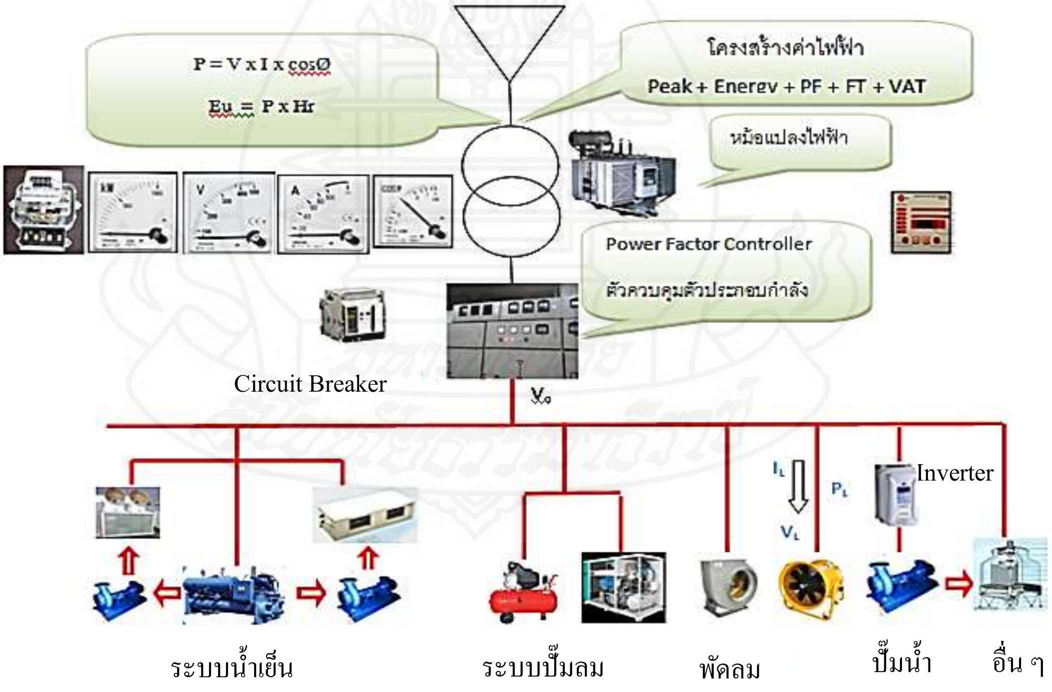
5. อัตราการเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องอัดอากาศ ไม่ควรเกิน 10% (ยกเว้นแบบลูกสูบ) เนื่องจากการเดินตัวเปล่าต้องใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ไม่มีอากาศอัดออก ดังนั้นควรพิจารณาเพิ่มถังพักลม หรือปรับเปลี่ยนขนาดของเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสม หรือควบคุมจัดการการเดินเครื่องอัดอากาศให้เหมาะสมกับการใช้งานโดยเปิดเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน

6. การติดตั้งวาล์วด้านจ่ายอากาศอัดออกจากถังเข้าสู่ระบบ และติดป้ายเตือน “ปิดวาล์วทุกครั้งหลังเลิกงาน และเปิดวาล์วไล่น้ำทุกครั้งก่อนทำงาน” จัดทำข้อกำหนดและผู้รับผิดชอบในการเปิด-ปิดวาล์ว เป็นมาตรฐานการทำงานของระบบอากาศอัด

7. แนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบไฟฟ้า

พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่มีความสำคัญต่อทุกภาคส่วน ซึ่งปัจจุบันพลังงานไฟฟ้ามีระบบควบคุมการส่งจ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ถือได้ว่าเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและมีความสะดวกในการใช้งาน เมื่อเทียบกับพลังงานรูปแบบอื่น ๆ เช่น ไอน้ำ ก๊าซธรรมชาติ เป็นต้น แต่พลังงานไฟฟ้ายังมีข้อจำกัด คือ ไม่เหมาะสมที่จะกักเก็บไว้ใช้ นั่นคือการเก็บพลังงานไว้ใช้ไม่คุ้มค่า มีต้นทุนสูง ดังนั้นการผลิตไฟฟ้าต้องผลิตให้พอดีกับความต้องการใช้งาน

อุปกรณ์หลักในระบบไฟฟ้าโรงงาน ประกอบด้วย เครื่องวัดทางไฟฟ้า (Electric Meter) หม้อแปลงไฟฟ้า (Transformer) ตู้ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าหลัก (Main Distribute Board: MDB) เซอร์กิตเบรคเกอร์ (Breaker) สายไฟฟ้า มอเตอร์ไฟฟ้า ระบบไฟฟ้าแสงสว่าง การประหยัดหรืออนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้านั้น จำเป็นต้องทราบถึงหลักการ องค์ประกอบและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า จากนั้นจึงทำการตรวจประเมินสภาพปัจจุบันและปรับปรุงระบบไฟฟ้า



ภาพที่ 2.12 องค์ประกอบระบบไฟฟ้าในโรงงาน

ที่มา: สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย (2558). การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้า, น.4

ระบบไฟฟ้าที่ใช้โดยทั่วไปประกอบด้วยอุปกรณ์หลักดังนี้

1. หม้อแปลงไฟฟ้าเป็นอุปกรณ์แปลงแรงดันไฟฟ้าที่จ่ายมาจากการไฟฟ้าฝ่ายผลิต ให้มีขนาดแรงดันไฟฟ้าตามที่โรงงานต้องการใช้ แล้วส่งต่อไปยังตู้ควบคุมจ่ายไฟฟ้าหลักในโรงงาน

2. ตู้ควบคุมการจ่ายไฟฟ้าหลัก เป็นอุปกรณ์ตัดต่อวงจรไฟฟ้าทั้งหมดของโรงงาน มีแผงจ่ายไฟฟ้าขนาดใหญ่

3. เครื่องวัดทางไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ใช้วัดกระแสไฟฟ้า แรงดันไฟฟ้า และกำลังไฟฟ้า

4. เซอร์กิตเบรคเกอร์ เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ตัดหรือต่อวงจรไฟฟ้าในขณะใช้งานปกติ และตัดวงจรไฟฟ้าเมื่อเกิดไฟฟ้าลัดวงจร

5. สายไฟฟ้าเป็นตัวนำกระแสไฟฟ้าให้ไหลผ่านไปยังอุปกรณ์ไฟฟ้า

6. มอเตอร์ไฟฟ้า เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานกล

7. ระบบไฟฟ้าแสงสว่างเป็นระบบที่มีอุปกรณ์เปลี่ยนพลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานแสง

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้า

ปัจจัยข้อที่ 1 แรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิหม้อแปลง ต้องเหมาะสมกับการใช้งาน ถ้าสูงเกินกว่าความต้องการจะมีความสูญเปล่าเกิดขึ้นที่กระบวนการหรืออุปกรณ์

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: แรงดันไฟฟ้าทุติยภูมิหม้อแปลงไม่เกิน 395 V และไม่ต่ำกว่า 380 V สำหรับโรงงานที่ใช้ไฟฟ้าแรงดัน 380 V หรือสูงไม่เกิน 4 % และไม่ต่ำกว่าค่าแรงดันที่กำหนดสำหรับโรงงานที่ใช้ไฟฟ้าแรงดันอื่น หากไม่ได้ตามเกณฑ์ ให้พิจารณาปรับ Tap หม้อแปลงไฟฟ้า

ปัจจัยข้อที่ 2 แรงดันไฟฟ้าตกในสายไฟฟ้า เป็นการสูญเสียพลังงานในรูปความร้อนที่เกิดขึ้นกับสายไฟ

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: แรงดันไฟฟ้าตกในสายจ่ายไฟฟ้าสูงสุดไม่เกิน 10 V หรือ 2.5% หากต่ำกว่าเกณฑ์ ให้ตรวจวัดตัวประกอบกำลังของภาระโหลด และปรับปรุงให้สูงขึ้น (แนะนำ 0.95)

ปัจจัยข้อที่ 3 ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor) เป็นส่วนที่มีผลทำให้กระแสไฟฟ้าสูงหรือต่ำ ถ้าค่าตัวประกอบกำลังต่ำจะทำให้กระแสไฟฟ้าสูง ซึ่งกระแสไฟฟ้าสูงก็ทำให้ความสูญเปล่าในสายไฟสูงขึ้น

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: ค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หลังหม้อแปลงมีค่ามากกว่า 0.85 ทุกหม้อแปลง และไม่เสียค่าตัวประกอบกำลัง (ใบแจ้งหนี้ค่าไฟฟ้า) หากต่ำกว่าเกณฑ์ ให้ตรวจสอบระบบควบคุมตัวประกอบกำลัง ซ่อมแซมหรือเปลี่ยนหากชำรุด

ปัจจัยข้อที่ 4 ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่าง เป็นค่าที่บ่งบอกถึงปริมาณไฟฟ้าที่ใช้ในการผลิตแสงสว่างต่อตารางเมตร

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: ค่ากำลังไฟฟ้าแสงสว่างเฉลี่ย มีค่าไม่เกิน 16 วัตต์ต่อตารางเมตร หากไม่ได้ตามเกณฑ์ ให้เปลี่ยนหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น ลดหลอดไฟ หรือให้แสงสว่างเฉพาะจุดเพิ่มเติม หรือใช้แสงสว่างธรรมชาติ

ปัจจัยข้อที่ 5 ความดันน้ำที่จุดใช้งาน ความดันน้ำยิ่งสูงยิ่งต้องใช้พลังงานมาก พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการขับเคลื่อนน้ำขึ้นอยู่กับอัตราการไหล [m^3/min] และเฮดความดันน้ำ [m] ดังนั้นโรงงานควรปรับค่าความดันน้ำให้เหมาะสมกับการใช้งาน

ค่าเกณฑ์ที่แนะนำ: ความดันน้ำจุดที่จ่ายเทียบกับจุดใช้งานที่ไกลสุดหรือจุดวิกฤตต้องการ ต้องสูงกว่าไม่เกิน 1 bar ท่อส่งน้ำระหว่างปั๊มน้ำกับจุดใช้งานไม่มีวาล์ว หรือถ้ามีวาล์วก็เปิดวาล์ว 100 % หากไม่ได้ตามเกณฑ์ ให้ติดตั้งอินเวอร์เตอร์ เพื่อปรับลดความเร็วรอบปั๊มน้ำให้ได้ความดันตามต้องการ

8. มาตรฐานสากลของระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011

มาตรฐานนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อช่วยให้องค์กรสามารถใช้จัดระบบและกระบวนการที่จำเป็นเพื่อการปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน ประสิทธิภาพพลังงาน ลักษณะการใช้พลังงาน และปริมาณการใช้พลังงาน ซึ่งจะช่วยให้สามารถลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจกและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมที่เกี่ยวข้อง รวมทั้งต้นทุนด้านพลังงาน โดยสามารถประยุกต์ใช้ได้กับองค์กรทุกประเภทและทุกขนาด ความสำเร็จในการนำไปปฏิบัติขึ้นอยู่กับความมุ่งมั่นของบุคลากรทุกระดับและทุกหน้าที่ภายในองค์กร โดยเฉพาะอย่างยิ่งผู้บริหารสูงสุด

มาตรฐานนี้ระบุข้อกำหนดของระบบการจัดการพลังงานสำหรับองค์กรในการกำหนดนโยบายพลังงาน และการนำไปปฏิบัติ รวมถึง การกำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และแผนปฏิบัติการ ซึ่งคำนึงถึงข้อกำหนดด้านกฎหมาย และข้อมูลลักษณะการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ ระบบการจัดการพลังงานช่วยให้องค์กรบรรลุนโยบาย เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงาน และแสดงความเป็นไปตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้ มาตรฐานนี้ประยุกต์ใช้ได้กับกิจกรรมภายใต้การควบคุมขององค์กรและสามารถปรับให้เหมาะสมกับความต้องการเฉพาะขององค์กรรวมถึงความซับซ้อนของระบบ ระดับของเอกสาร และทรัพยากร

มาตรฐานนี้ใช้หลักการการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง ประกอบด้วย การวางแผน – การปฏิบัติ– การตรวจ– การแก้ไขและปรับปรุง (Plan – Do – Check – Act : PDCA) เข้าไปในกิจกรรมประจำในการจัดการพลังงานขององค์กรรายละเอียดดังภาพที่ 2.13

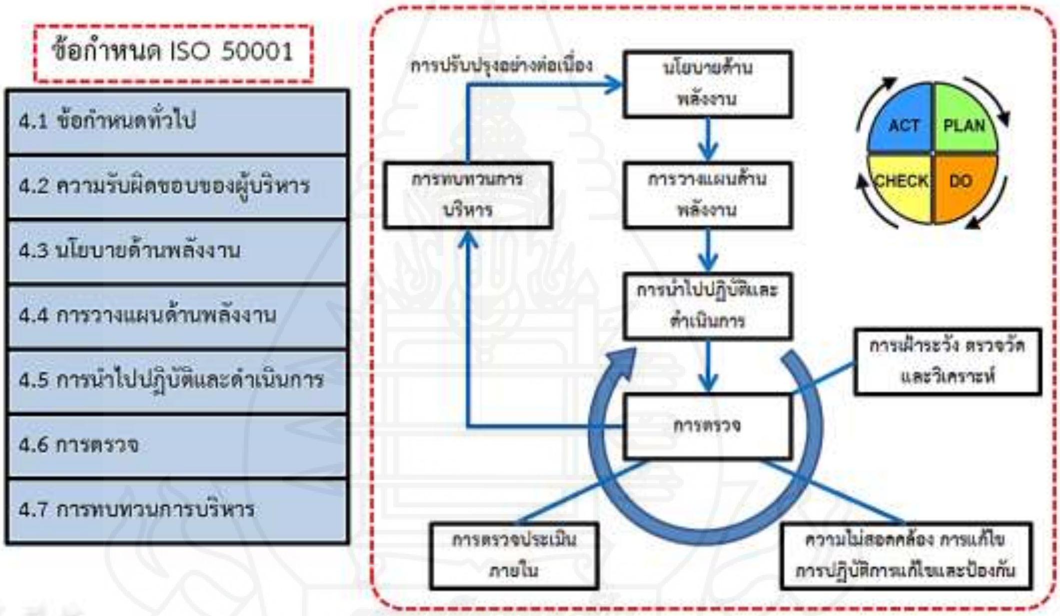
หมายเหตุ แนวทางนี้สามารถแสดงรายละเอียดได้ คือ

การวางแผน : ดำเนินการทบทวนด้านพลังงานและจัดทำข้อมูลฐานด้านพลังงาน ตัวชี้วัดสมรรถนะด้านพลังงาน วัตถุประสงค์ เป้าหมาย และแผนปฏิบัติการที่จำเป็นเพื่อให้ได้ผลที่จะปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงานให้เป็นไปตามนโยบายพลังงานขององค์กร

การปฏิบัติ : การนำแผนการจัดการพลังงานไปปฏิบัติ

การตรวจ : เฝ้าระวังและวัดกระบวนการและลักษณะของการดำเนินงานที่มีต่อสมรรถนะด้านพลังงานเทียบกับนโยบายพลังงานและวัตถุประสงค์ด้านพลังงาน

การแก้ไขและปรับปรุง : ดำเนินการเพื่อปรับปรุงสมรรถนะด้านพลังงานและระบบการจัดการพลังงานอย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 2.13 กระบวนการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011

ที่มา: กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560).คู่มือพัฒนาและส่งเสริมระบบการจัดการพลังงานมาตรฐานสากล ISO 50001. น.1-3

การใช้มาตรฐานนี้อย่างกว้างขวางช่วยเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานที่มีอยู่และลดการปล่อยก๊าซเรือนกระจก และผลกระทบอื่นที่เกี่ยวข้อง โดยไม่ขึ้นกับชนิดของพลังงานที่ใช้ มาตรฐานนี้ใช้สำหรับการรับรอง การจดทะเบียน และการรับรองตนเองขององค์กร ไม่ได้ระบุข้อกำหนดสำหรับสมรรถนะด้านพลังงานที่นอกเหนือจากความมุ่งมั่นตามนโยบายพลังงานของ

องค์กร และข้อบังคับขององค์กรในการปฏิบัติตามกฎหมายที่เกี่ยวข้อง ดังนั้น องค์กรที่มีการดำเนินงานเหมือนกัน แม้ว่าจะมีสมรรถนะด้านพลังงานที่แตกต่างกันก็สามารถปฏิบัติตามข้อกำหนดของมาตรฐานนี้ได้ มาตรฐานนี้มีข้อกำหนดพื้นฐานที่สำคัญเช่นเดียวกับมาตรฐานระบบบริหารจัดการของ ISO ซึ่งสอดคล้องกับ ISO 9001 และ ISO 14001

องค์กรสามารถบูรณาการมาตรฐานระบบการจัดการพลังงานกับระบบบริหารจัดการอื่น รวมถึงที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพ สิ่งแวดล้อม อาชีวอนามัยและความปลอดภัย

9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ชมพูนิกข์ นามสุวรรณ (2557) ได้ศึกษาระบบการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาล โดยมีโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชเป็นกรณีศึกษา โดยนำข้อมูลการใช้พลังงานเบื้องต้นของโรงพยาบาลมาทำการวิเคราะห์ และกำหนดหามาตรการในการอนุรักษ์พลังงาน โรงพยาบาลเจ้าพระยายมราชรองรับผู้ป่วยได้ 602 เตียง มีการใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับคนไข้เฉลี่ย 200,000 เตียงต่อวันต่อปี มีเจ้าหน้าที่ 1,525 คน มีชั่วโมงการทำงาน 8,760 ชั่วโมงต่อปี สามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานภายในโรงพยาบาลได้ออกเป็น 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ระบบปรับอากาศ 71.93 % ระบบแสงสว่าง 17.39 % และระบบอื่นๆอีก 10.69 % จากการเก็บข้อมูลตัวอย่างในแต่ละระบบ พบว่าสาเหตุหนึ่งที่ทำให้โรงพยาบาลมีการใช้ไฟฟ้าเป็นจำนวนมาก เกิดจากประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์มีการเสื่อมลงจากการใช้งานเป็นระยะเวลานาน ดังนั้นจึงนำเสมอมาตรการการเปลี่ยนอุปกรณ์ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์ ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้ามีปริมาณลดลง

เมื่อเครื่องจักรมีการใช้งานเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องลดลง ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น รวมไปถึงจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม บำรุงรักษาอีกด้วย ดังนั้นจึงควรทำการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ เพื่อบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่พร้อมการใช้งาน การเลือกอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานในอาคารก็จะสามารถช่วยให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนอีกด้วย

จิตติพัฒน์ สงวนสิน (2558) ได้ศึกษาการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต สถาบันการศึกษาระดับอุดมศึกษาส่วนใหญ่มีการใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มสูงมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากจำนวน

นักศึกษาที่เพิ่มขึ้นทุกปี ทำให้มีความต้องการใช้ไฟฟ้าในการจัดการเรียนการสอนเพิ่มขึ้น ทั้งเพื่อการส่องสว่างและการทำความเย็น คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีการใช้พลังงานไฟฟ้าปีละ 12 ล้านบาท แต่ได้รับจัดสรรงบประมาณจากมหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ เพียง 9 ล้านบาท ทำให้ต้องมีการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในอาคารเรียน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ โดยการสำรวจ ตรวจวัด และวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าภายในห้องเรียนอาคารบรรยายรวม 3 ซึ่งเป็นอาคารกรณีศึกษา รวมทั้งการประเมินสภาวะน่าสบาย พบว่า ปัจจัยหลักของสภาวะน่าสบายของห้องเรียน ได้แก่ อุณหภูมิ ความชื้นและแสงสว่าง มีความสัมพันธ์กับลักษณะทางกายภาพ การออกแบบและสภาพแวดล้อมอาคาร และมีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในห้องเรียน การวัดอุณหภูมิภายในห้องเรียนยังแสดงให้เห็นว่า สภาพแวดล้อมภายนอกอาคารโดยเฉพาะการมีแหล่งน้ำ และร่มเงาต้นไม้ที่มีอิทธิพลต่ออุณหภูมิภายในอาคารมากกว่าทิศทางการวางตัวของอาคาร การตรวจวัดอุณหภูมิรายชั่วโมงภายในห้องเรียนขณะเปิดเครื่องปรับอากาศ พบว่า อุณหภูมิภายในห้องเรียนสูงกว่าอุณหภูมิกำหนดของเครื่องปรับอากาศที่ 25 องศาเซสเซียสในทุกช่วงเวลา การศึกษาการใช้พลังงานในห้องเรียน พบว่า การใช้พลังงานหลักของห้องเรียน คือ ระบบปรับอากาศเฉลี่ยคิดเป็น 38.9 หน่วยต่อวัน ระบบการส่องสว่าง 3.5 หน่วยต่อวัน คิดเป็นสัดส่วนการใช้พลังงานจากเครื่องปรับอากาศสูงถึง 90.9 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด การศึกษาเปรียบเทียบกรณีการใช้เครื่องปรับอากาศระหว่างการเปิดต่อเนื่องและปิดเครื่องปรับอากาศในช่วงเวลาที่ไม่มีการใช้ห้องเรียน พบว่า สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการใช้ไฟฟ้าภายในห้องเรียนลงได้ถึง 23 เปอร์เซ็นต์ การประเมินประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศ พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศแตกต่างจากประสิทธิภาพสูงสุดที่ระบุไว้มากถึง 18.9 เปอร์เซ็นต์ แนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานในอาคารเรียนคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่สำคัญประกอบด้วย การเปลี่ยนใช้เครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง การจัดการให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศที่สอดคล้องกับชั่วโมงการใช้งานจริง และการให้ความรู้เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการประหยัดพลังงานแก่บุคลากรและนักศึกษา

กฤษณะ วิวัฒนชีวิน ศักดิ์ชาย รักการ อัตถกร กลั่นความดี และธนาคม สกุลไทย (2560) ได้ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอุตสาหกรรมการผลิตเครื่องสำอาง จากการสำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง พบว่ามีการใช้พลังงาน ไฟฟ้าแสงสว่าง 1,007,736 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าแสงสว่างรวม 4,534,812 บาท/ปี ซึ่งสูงมาก และในอาคาร 2 ที่ศึกษามีการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง 115,200 กิโลวัตต์-ชั่วโมง/ปี คิดเป็นค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง 518,400 บาท/ปี จากการใช้ มาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

แสงสว่างรวมทั้งสิ้น 6 มาตรการ คือ (1) การใช้ Photo Switch ควบคุมการทำงานของหลอดไฟไล่แมลง (2) การใช้ Motion Sensor ควบคุมการทำงานของหลอดไฟในห้องแต่งตัว (3) การใช้ Motion Sensor ควบคุมการทำงานของหลอดไฟในห้องน้ำ (4) การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่จำเป็นและการปิดไฟบริเวณทางเดินในช่วงเวลาพัก (5) การติดตั้งแผ่นไฟเบอร์โปร่งแสงบริเวณหลังคา เพื่อใช้แสงธรรมชาติแทนการเปิดไฟแสงสว่าง (6) การลดความสูงของโคมไฟ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่าง สามารถนำแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าไปทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยทำการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุน พบว่าหากนำแนวทางทั้งหมดไปปฏิบัติครบทุกแนวทางจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร 2 ลงได้

จิราภรณ์ รัตนพิบูลย์, อภิชิต เทอดโยธิน,ดำรงค์ บัวยอม (2558) ได้ประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานของโรงแรมในจังหวัดภูเก็ต โดยทำการศึกษาในกลุ่มตัวอย่างโรงแรมที่เป็นอาคารควบคุม จำนวน 58 โรงแรม ซึ่งรวบรวมข้อมูลสถิติการใช้ไฟฟ้า พิจารณาข้อมูลความต้องการใช้ไฟฟ้าสูงสุด รวมถึงศึกษามาตรการประหยัดและผลของมาตรการที่ได้ดำเนินการแล้วเสร็จเป็นข้อมูลพื้นฐาน เพื่อศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานของโรงแรม ซึ่งจากการศึกษาพบว่า จังหวัดภูเก็ตมีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณ 2,284 GWh/ ปี และความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุด 321 MW ความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงเกิดขึ้นในช่วงเวลา 18.00 – 22.00 น. ในวันธรรมดาและวันหยุด ซึ่งแตกต่างจากความต้องการพลังงานไฟฟ้าสูงสุดของประเทศที่เกิดขึ้นในช่วงเวลา 13.00 – 16.00 น. การใช้พลังงานโดยรวมของโรงแรมที่ได้ทำการศึกษาทั้ง 58 แห่งในปี พ.ศ. 2556 รวมทั้งสิ้น 2,357,148 GJ แยกเป็นพลังงานไฟฟ้าร้อยละ 87 และพลังงานความร้อนร้อยละ 13 ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจในการดำเนินมาตการประหยัดพลังงาน ได้แก่ ระยะเวลาคืนทุนอายุการใช้งานของอุปกรณ์ การลดก๊าซเรือนกระจก ขนาดของการลงทุน หน่วยการใช้ไฟฟ้าโอกาสและสถานที่และนโยบายของโรงแรม ผลการดำเนินมาตรการที่สามารถประหยัดพลังงานและลดความต้องการพลังงานไฟฟ้าได้ 14 มาตรการ แบ่งออกเป็น ระบบปรับอากาศ มี 6 มาตรการสามารถประหยัดได้มากที่สุด 92,549,311 บาท/ปี รองลงมาเป็นระบบแสงสว่างมี 4 มาตรการสามารถประหยัดได้ 32,624,878 บาทต่อปี และระบบอื่น ๆ มี 4 มาตรการ สามารถประหยัดได้ 32,367,910 บาท/ปี สำหรับภาคพลังงานความร้อน มีการดำเนินการ 4 มาตรการ สามารถประหยัดได้ 2,858,930 บาท/ปี งานวิจัยนี้นอกจากจะได้นำเสนอศักยภาพการประหยัดพลังงานแล้ว ยังได้นำเสนอวิธีการในการประเมินศักยภาพ ซึ่งสามารถนำไปเป็นต้นแบบสำหรับพื้นที่อื่นต่อไปได้อีกด้วย

ศุภนิธิ เรืองทอง, กูสกานา กูบาฮา (2558) ศึกษาปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการจัดการพลังงานของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม โดยการนำค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจมาใช้อนุมานค่าประสิทธิภาพการจัดการพลังงาน และใช้การวิเคราะห์ถดถอยเชิงเส้นพหุคูณ ทำให้พบว่าประสิทธิภาพการจัดการพลังงานของวิสาหกิจจะเพิ่มขึ้นโดยคุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเกี่ยวกับการได้รับการฝึกอบรมด้านอนุรักษ์พลังงานมีสัดส่วนสูงที่สุดคือ 31% สำหรับคุณสมบัติเกี่ยวกับระดับการศึกษาและอายุมีผลเป็นสัดส่วน 14% และ 8% ตามลำดับ ส่วนบทบาทของผู้บริหารระดับสูง การได้รับคำปรึกษาจากผู้เชี่ยวชาญ การมีส่วนร่วมของพนักงาน และการสร้างแรงจูงใจในการดำเนินมาตรการ มีผลเป็นสัดส่วน 28%, 8% และ 6% และ 4%, ตามลำดับ ในขณะที่วัฒนธรรมองค์กรและสถานภาพด้านการจัดการไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการจัดการพลังงานของวิสาหกิจ

จากการศึกษาทบทวนวรรณกรรม แนวคิด ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงพิมพ์และในลักษณะงานที่ใกล้เคียงแล้ว ตั้งแต่แนวทางในการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 กระบวนการผลิตและลักษณะการใช้พลังงานและโครงสร้างอัตราค่าไฟฟ้าของโรงพิมพ์ที่ใช้ในปัจจุบัน ทำให้มีกรอบแนวคิดในจัดทำวิจัยเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ โดยจะมุ่งเน้นในส่วนของโรงพิมพ์ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าภาพรวมผลการทำงานย้อนหลังของโรงพิมพ์ และวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ใช้เครื่องมือสถิติถดถอยมาช่วยประเมินและคาดคะเนหาความสัมพันธ์ของตัวแปรและประเมินหาโอกาศในการปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยยึดแนวคิดทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศ ระบบแสงสว่าง ระบบอัดอากาศ และระบบไฟฟ้า ซึ่งประสิทธิภาพของแต่ละระบบ เป็นปัจจัยหลักของประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงพิมพ์ ต้องมีการปรับปรุงให้อยู่ในมาตรฐานให้มากที่สุด และวิเคราะห์ประเมินความเป็นไปได้ของมาตรการ วิเคราะห์ผลตอบแทนการลงทุนในการปรับปรุงเพื่อนำมาปรับปรุงและแสดงผลประหยัดจริงที่จะเกิดขึ้นเปรียบเทียบก่อนหลังการปรับปรุง

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้มีรูปแบบการวิจัยและพัฒนา โดยมุ่งเน้นที่จะค้นหาแนวทางการปรับปรุงและปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง เพื่อลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน ตามแนวทางการจัดการพลังงานพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานและมาตรฐานสากลของระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011 เมื่อพบแนวทางปรับปรุงที่มีศักยภาพในการปรับปรุง จะตรวจวัดและวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงาน และประเมินศักยภาพในการปรับปรุงเพื่อพิจารณาแนวทางเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ จากนั้นจะนำเสนอแนวทางการปรับปรุงให้กับผู้เกี่ยวข้องในโรงพิมพ์เพื่อพิจารณาตัดสินใจในการดำเนินการปรับปรุง และแสดงผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าตามหลักการทางวิศวกรรม

การทำวิจัยใช้เครื่องมือเก็บข้อมูลดังนี้คือ แบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์ เครื่องมือวัดวิเคราะห์ประสิทธิภาพใช้พลังงานไฟฟ้า นำข้อมูลมาวิเคราะห์ผล หาความสัมพันธ์ของการผลิตของโรงพิมพ์กับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ค้นหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ นำเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง โดยมีขั้นตอนการวิจัย ดังนี้

1. เก็บข้อมูลและศึกษาสภาพปัจจุบันในการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ย้อนหลัง 2 ปี (พ.ศ. 2560 - 2561) และวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ระบบสนับสนุนการผลิต และสำนักงานของโรงพิมพ์

2. วิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตของเครื่องพิมพ์ที่เป็นเครื่องจักรหลัก เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานเป็นแนวทางในการค้นหาแนวทางการปรับปรุง

3. เสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ให้ส่วนงานที่รับผิดชอบเพื่อพิจารณาตัดสินใจในการดำเนินปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า

4. เลือกแนวทางเพื่อดำเนินการปรับปรุงและแสดงผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

5. สรุปผลเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

1. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ในการทำวิจัยมีดังนี้

1.1 แบบฟอร์มในการเก็บข้อมูลเพื่อนำมาทำการวิเคราะห์

เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ประกอบด้วยแบบฟอร์มข้อมูลการผลิตของโรงพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต ใช้เก็บข้อมูลการพิมพ์ของกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซตในช่วง พ.ศ. 2560 - 2561 แบบฟอร์มข้อมูลเครื่องจักรหลักในการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ใช้เก็บข้อมูลเครื่องจักรหลักของโรงพิมพ์ แบบฟอร์มการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ ใช้เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ เนื่องจากพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของโรงพิมพ์เป็นส่วนหนึ่งของสำนักพิมพ์

1.2 เครื่องมือวัดวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

เครื่องมือวัดวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า จะวัดค่าต่าง ๆ ที่จะนำมาใช้ในการเก็บบันทึกข้อมูลลักษณะและปริมาณการใช้พลังงาน ก่อนนำไปทำการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าเชิงลึก โดยมีเครื่องมือหลักดังนี้

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Electrical Power Meter)
เครื่องมือวัดความเร็วลม (Anemometer)
เครื่องมือวัดแสง (Lux Meter)
เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer หรือ Psychrometer)
เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermometer)
เครื่องมือจับเวลา (Stopwatch)
เครื่องมือช่าง (Tools)

เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า เป็นเครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ สามารถแสดงค่าเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพของไฟฟ้าได้ เช่น กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) กระแสไฟฟ้า (แอมป์) เพาเวอร์แฟคเตอร์ และฮาร์โมนิค เป็นต้น พร้อมกับสามารถบันทึกข้อมูล จึงเหมาะสำหรับการตรวจวัดปัจจัยต่าง ๆ ทางไฟฟ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์ เช่น เครื่องอัดอากาศ เครื่องปรับอากาศ มอเตอร์ และ หม้อแปลงกำลังไฟฟ้า โดยไม่จำเป็นต้องปิดการทำงานของเครื่องที่จะทำการตรวจวัด ในการทำวิจัยใช้เครื่องวัดตรวจวัดกำลังไฟฟ้า Hioki 3169-20 Hi Tester Clamp-On Power Demand Analyzer

ภาพที่ 3.1 เครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบบันทึกข้อมูล

ที่มา: https://www.jtec-engineering.com/product/22108/hioki-3169-21

แคล้มป์มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบ 3 เฟส (Power Clamp Meter) แบบมือถือ เป็นเครื่องวัดค่ากำลังไฟฟ้าของเครื่องจักรหรืออุปกรณ์ สามารถแสดงปริมาณค่าทางไฟฟ้าได้ เช่น กำลังไฟฟ้า (กิโลวัตต์) แรงดันไฟฟ้า (โวลต์) กระแสไฟฟ้า (แอมป์) เพาเวอร์แฟคเตอร์ และฮาร์โมนิค เป็นต้น เหมาะสำหรับการใช้เครื่องมือวัดแบบพกพา ตรวจวัดปัจจัยต่าง ๆ ทางไฟฟ้า จึงเหมาะสำหรับการตรวจวัดของเครื่องจักรและอุปกรณ์ เช่น เครื่องอัดอากาศ เครื่องปรับอากาศ มอเตอร์ และหม้อแปลงกำลังไฟฟ้า โดยไม่จำเป็นต้องปิดเครื่อง ในการทำวิจัยใช้เครื่องวัด DIGICON DW-657 แคล้มป์มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบ 3 เฟส Model : DW-657 เป็นแคล้มป์มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบ 3 เฟส ระบบการทำงาน : วัด W, VAR, VA, DCV, ACV, ACA, ฮาร์มอนิกส์ (THD %-F) ความถี่ ความต้านทาน ความต่อเนื่องแบบมีเสียง Total Power Factor บันทึกค่า kWHr, A-lags-V, คงค่าการวัด คงค่าสูงสุด (Peak) เชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์ได้ วัดกำลังไฟของ Balanced Load ได้ทั้งไฟ 1 เฟส และ 3 เฟส

ภาพที่ 3.2 แคล้มป์มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบ 3 เฟส Model : DW-657

ที่มา: https://www.sangchaimeter.com/product_page/มิเตอร์วัดค่าทางไฟฟ้า-Electrical-meters/digicon/แคล้มป์มิเตอร์วัดกำลังไฟฟ้าแบบ-3-เฟส-dw-657

เครื่องมือวัดความเร็วลม เป็นเครื่องมือที่ใช้วัดหาอัตราการไหลของลมหรืออากาศ ย่านการวัด: 0.4~38.8KNT, 1~8BF, 60~3937FPM, 0.5~44.7MPH, 1.1~20.0MS, 0.8~72.0KMH,-15~+50องศาเซลเซียส,-5~+122องศาฟาเรนไฮต์ ในการทำวิจัยใช้ เครื่องวัดความเร็วลมและอุณหภูมิ ขนาดเล็ก แบบมีดพับ ขนาด : 47 x 144 x 21 มิลลิเมตร

ภาพที่ 3.3 เครื่องมือวัดความเร็วลม

ที่มา: https://sangchaimeter.bentoweb.com/en/product/7020/product-7020

เครื่องวัดแสง เป็นเครื่องมือวัดความสว่างของแสงออกมาในหน่วยลักซ์ (Lux)ใช้ประเมินค่าความสว่างของระบบแสงสว่างในที่ต่าง ๆ ในการทำวิจัยใช้เครื่องวัดความสว่างแสง DIGICON LX-71 เครื่องวัดความเข้มแสงแบบดิจิทัล มีจอแสดงผล: LCD ตัวอักษรสูง 21.5 มม. แสดงผลได้สูงสุด 1999 ย่านการวัด : 2 ย่าน : 0~20,000 Lux, 2,000~19,990 Lux ใช้ไฟ : แบตเตอรี่ 9V 1ก้อน ขนาดตัวเครื่องวัด 68 x 280 x 30 มม. ขนาด โพร๊บวัด : 55 x 82 x 20 มม.

ภาพที่ 3.4 เครื่องวัดความสว่างแสง

ที่มา: https:// www.sangchaimeter.com/product_page/เครื่องวัดและทดสอบสภาพแวดล้อม/digicon/lx-71-เครื่องวัดความเข้มแสง

เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ เป็นเครื่องมือใช้วัดความชื้นสัมพัทธ์ของสภาพแวดล้อม ในการทำวิจัยใช้เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ DIGICON HT-776 เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ Model : HT-776

ภาพที่ 3.5 เครื่องมือวัดอุณหภูมิและความชื้น

ที่มา: https://www.sangchaimeter.com/product_page/อุณหภูมิ-ความชื้น-temperature-humidity/digicon/ht-776-เครื่องวัดความชื้นและอุณหภูมิ

เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟาเรด เป็นเครื่องมือใช้วัดอุณหภูมิแบบใช้รังสีอินฟาเรดชี้ไปที่วัตถุเพื่อวัดอุณหภูมิ ในการทำวิจัยใช้เทอร์โมมิเตอร์อินฟราเรด รุ่น IR50i IRTEK IR50i เทอร์โมมิเตอร์แบบอินฟราเรด ประสิทธิภาพสูง สามารถต่อร่วมกับเทอร์โมคัพเปิ้ล Type K ได้

ภาพที่ 3.6 เครื่องมือวัดอุณหภูมิแบบอินฟราเรด

ที่มา: https://www.sangchaimeter.com/ข่าวและกิจกรรม/promotion-IR50i

นาฬิกาจับเวลา ใช้ในการจับเวลาเมื่อเครื่องจักรทำงาน (load) และ เครื่องเดินตัวเปล่า (Unload) สามารถใช้ฟังก์ชั่นการจับเวลาโทรศัพท์เคลื่อนที่แทนได้

ภาพที่ 3.7 นาฬิกาจับเวลา

ที่มา: http://tsuksapan.com/ShowProducts.php?PrdID=8278

เครื่องมือช่างต่าง ๆ ที่ใช้ในการปรับปรุงงาน ในการทำวิจัยใช้ประแจปากตาย ไขควง ค้อนและตลับเมตร

ภาพที่ 3.8 เครื่องมือช่างต่างๆ

ที่มา: https://www.ktw.co.th/เทคนิคการใช้งานเครื่องมือช่างที่คุณคาดไม่ถึง

1.3 เครื่องมือทางสถิติวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า

เครื่องมือทางสถิติที่ใช้วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้า ประกอบด้วย แผนภูมิการกระจาย สหสัมพันธ์ วิเคราะห์การถดถอยเชิงเส้น (Linear regression analysis) ดูความสัมพันธ์ของการผลิตของโรงพิมพ์กับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า พิจารณาแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้า เป็นแนวทางในการค้นหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า วิเคราะห์หาโอกาสในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

2. การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บข้อมูลตามวิธีการดำเนินการวิจัย ที่จะนำข้อมูลไปวิเคราะห์เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ในกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซต ระบบสนับสนุนการพิมพ์ และส่วนสำนักงานโดยมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชมีพนักงาน 140 คน เวลาทำงานปกติ 08:30 น. - 16:30 น. ยกเว้นส่วนการผลิตที่ทำงานล่วงเวลาจะเลิก เวลา 19.30 น. การใช้พลังงานไฟฟ้าจะมีการเตรียมงานและระบบสนับสนุนการผลิตก่อนโดยเริ่มตั้งแต่เวลา 08:00 น. การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์เป็นส่วนหนึ่งของสำนักพิมพ์

ส่วนสำนักงาน:	จำนวนชั่วโมงทำงาน	8	ชั่วโมง/วัน
	จำนวนวันทำงาน	246	วัน/ปี
	รวมจำนวนชั่วโมงทำงาน	1968	ชั่วโมง/ปี
ส่วนโรงงาน:	จำนวนชั่วโมงทำงาน	12	ชั่วโมง/วัน
	จำนวนวันทำงาน	300	วัน/ปี
	รวมจำนวนชั่วโมงทำงาน	3600	ชั่วโมง/ปี

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ได้จากข้อมูลบิลค่าพลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ เนื่องจากโรงพิมพ์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าจากเครื่องมือวัดชุดเดียวกันกับสำนักพิมพ์ โรงพิมพ์เป็นส่วนย่อยของสำนักพิมพ์ และโรงพิมพ์ไม่มีข้อมูลค่าพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์เฉพาะที่จะใช้ในการติดตามการใช้พลังงานไฟฟ้าที่เป็นส่วนงานของโรงพิมพ์ ดังนั้น จึงต้องใช้ผลของการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์มาพิจารณาสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ และแยกสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์เฉพาะที่ใช้สำหรับการพิมพ์ระบบออฟเซตออกมาพิจารณาอีกครั้ง โดยเก็บข้อมูลจากค่าไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ ในช่วงเดือนมกราคม พ.ศ. 2560 – เดือนธันวาคม พ.ศ. 2561 มารวบรวมปริมาณการใช้และตรวจวัดการใช้งานของเครื่องจักรหลักเพื่อนำมาประเมินปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในส่วนของโรงพิมพ์

2.2 ข้อมูลการใช้พลังงานในกระบวนการพิมพ์ด้วยระบบออฟเซต

กระบวนการผลิตของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัย ใช้ระบบการพิมพ์ออฟเซตในการผลิตสิ่งพิมพ์ ซึ่งสิ่งพิมพ์หลักที่ผลิตเป็นหนังสือหรือเอกสารการสอนสำหรับการเรียนการสอนในหลักสูตรต่าง ๆ เริ่มจากการวางแผนการผลิตในหน่วยงานผลิตต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการผลิตสิ่งพิมพ์ประกอบด้วย งานถ่ายฟิล์มและทำแม่พิมพ์ งานตัดกระดาษ งานพิมพ์ งานพับยก งานเก็บเล่ม งานทำเล่ม และงานตัดเจียนเล่มตามขนาดหนังสือ และห่อเพื่อส่งให้กับลูกค้า ตามภาพที่ 3.9 ผลผลิตของโรงพิมพ์สุดท้ายเป็นเล่มหนังสือ เก็บข้อมูลผลผลิตที่ได้ในช่วงปี พ.ศ. 2560-2561 เพื่อใช้ในการพิจารณาปริมาณการพิมพ์ของโรงพิมพ์ระบบออฟเซต และพิกัดของการผลิตในแต่ละงานในโรงพิมพ์

ภาพที่ 3.9 สิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมธิราช

การใช้พลังงานกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์ เก็บข้อมูลการใช้พลังงานในแต่ละกระบวนงาน เก็บข้อมูลจำนวนเครื่องจักรหลักของการใช้พลังงานไฟฟ้า และเก็บพิกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรจากป้ายข้อมูลที่เครื่องจักรหรือคู่มือเครื่องจักร ดังนี้ เครื่องทำแม่พิมพ์ระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลท 2 เครื่อง เครื่องตัดกระดาษ 2 เครื่อง เครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต 9 เครื่อง เครื่องพับยก 4 เครื่อง เครื่องเก็บเล่ม 2 เครื่อง เครื่องทำเล่มไสสันทากาว 1 เครื่อง เครื่องตัดเจียนหนังสือ 3 ใบมีด 1 เครื่อง พัดลมอุตสาหกรรม 18 เครื่อง และเครื่องล้างแม่พิมพ์ 2 เครื่อง เพื่อพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต

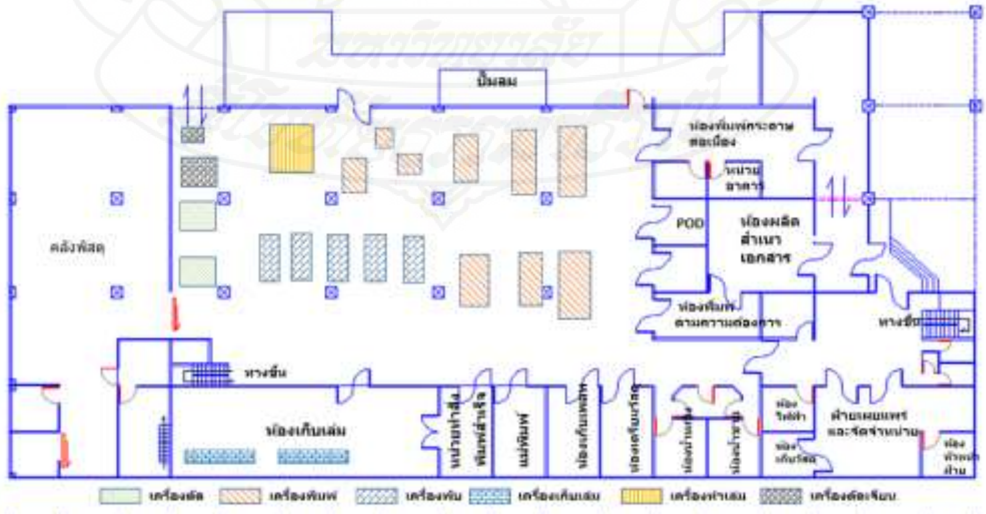
ภาพที่ 3.10 กระบวนการผลิตเอกสารการสอนของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้าปัจจุบันของกระบวนงานและเครื่องจักร เทียบกับพิกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรและผลผลิตที่ผลิตได้ หาสัดส่วนการใช้พลังงานของกระบวนการพิมพ์ เก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรที่มีโอกาสในการปรับปรุงและข้อมูลเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต หาค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยการผลิต และการสูญเสียพลังงาน เพื่อให้ใช้ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักร

ตารางที่ 3.1 ข้อมูลเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต

เครื่องพิมพ์	จำนวนหน้าพิมพ์/แม่พิมพ์	จำนวนแม่พิมพ์ที่ใช้	จำนวนหน้าพิมพ์ได้ทั้งหมด/แผ่น	พิกัด (แผ่น/ชั่วโมง)	พิกัด (หน้า/ชั่วโมง)
HH3 (ตัด2)	8	2	16	14,000	224,000
HH2 (ตัด2)	8	2	16	13,000	208,000
HH1 (ตัด2)	8	2	16	8,000	128,000
2M (ตัด2)	8	2	16	8,000	128,000
2H2 (ตัด2)	8	1	8	6,000	48,000
2H1 (ตัด2)	8	1	8	6,000	48,000
RB (ตัด4)	4	2	8	8,000	64,000
4G (ตัด4)	4	1	4	6,000	24,000
5H (ตัด5)	2	4	8	15,000	120,000

แผนผังการวางเครื่องจักรในกระบวนการพิมพ์ ส่วนใหญ่จะอยู่ที่ชั้นหนึ่ง แต่จะมีกระบวนงานถ่ายฟิล์มและทำแม่พิมพ์จะอยู่ที่ชั้นสองของอาคาร



ภาพที่ 3.11 ผังการวางเครื่องจักรหลักของกระบวนการผลิตของโรงพิมพ์

2.3 ข้อมูลการใช้พลังงานในระบบสนับสนุนการผลิต

ระบบสนับสนุนการผลิตของโรงพิมพ์ ได้แก่ ระบบอากาศอัดที่ใช้ในเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ และระบบแสงสว่าง การเก็บข้อมูลระบบอัดอากาศ และระบบแสงสว่างของโรงพิมพ์ได้มาจากการสำรวจพื้นที่ในกระบวนการผลิต และพื้นที่สนับสนุนการผลิตของโรงพิมพ์ เก็บข้อมูลจำนวนเครื่องอัดอากาศและหลอดไฟแสงสว่างที่ใช้งาน การตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และเก็บพิกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรจากป้ายข้อมูลที่เครื่องจักร หรือคู่มือการใช้งานเครื่องจักร

การตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบอัดอากาศ

การสำรวจและเก็บข้อมูลของปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรอัดอากาศในสำนักพิมพ์ เช่น วัดกำลังไฟฟ้าที่ใช้กับระบบอากาศอัด (Power) วัดปริมาณอากาศอัด (Air Produced: AP) วัดประสิทธิภาพพลังงานไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ (Efficiency)

วิธีการวัดปริมาณอากาศอัด (Air Produced: AP) ทำได้โดย

1. วัดขนาดถังเก็บอากาศอัด และปริมาตรของท่อลม จากเครื่องอัดอากาศ มาถึงถังเก็บอากาศอัด หน่วยเป็นลิตร

2. ตั้งค่าความดันทดสอบ ที่ 6.5 - 7.5 บาร์

3. ปล่อยน้ำก้นถังเก็บอากาศอัดออก

4. เดินเครื่องอัดอากาศเข้าถังเก็บอากาศอัด ปิดวาล์วจ่ายลมออก จนเครื่องอัดอากาศหยุดทำงานที่ 7.5 บาร์

5. ปล่อยอากาศอัดออกจากถังเก็บอากาศอัด เปิดวาล์วจ่ายลมออก จนกระทั่งความดันลมลดลงถึง 6.5 บาร์ เครื่องอัดอากาศจะเริ่มทำงาน ให้ปิดวาล์วจ่ายลมออกทันที และเริ่มจับเวลาทำงานของเครื่องอัดอากาศ

6. จับเวลาทำงานของเครื่องจนกระทั่งเครื่องหยุดทำงาน ที่ 7.5 บาร์ (หน่วยเป็นวินาที)

7. ดำเนินการตามข้อ 5 และ 6 จำนวน 5 ครั้ง และหาค่าเวลาอัดอากาศเฉลี่ย

8. จากขั้นตอนตรวจวัดที่ 1 - 7 ทำให้ทราบค่าต่าง ๆ ในการคำนวณหาปริมาณอัดอากาศที่ผลิตได้ โดยมีสูตรการคำนวณดังนี้

$$AP = V \times (P_{off}-P_{on}) / (T \times 1.013) \qquad …….. (3.1)$$

AP = ปริมาณอัดอากาศที่ผลิตได้ หน่วย ลิตรต่อวินาที

V = ปริมาตรของถังพักลม หน่วย ลิตร

P_{off} = การตั้งค่าความดันอากาศอัดด้านสูง หน่วย บาร์

P_{on} = การตั้งค่าความดันอากาศอัดด้านต่ำ หน่วย บาร์

T = เวลาในการอัดอากาศ (วินาที) โดยเป็นค่าเฉลี่ยจากการวัด 5 ครั้ง

วิธีการตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ ทำได้ดังนี้

1. ตรวจวัดกำลังไฟฟ้าด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้าแบบบันทึกข้อมูล: Pw (kW)

2. เมื่อเครื่องอัดอากาศเริ่มเดินเครื่อง (Load) ที่ความดัน (P_{on}) 6.5 บาร์ ให้ทำการจับเวลาเมื่อเครื่องอัดอาทำงาน (T) หน่วยวินาที จนกระทั่งเครื่องอัดอากาศทำงานตัวเปล่า (Unload) ที่ความดัน (P_{off}) 7.5 บาร์

3. ทำการทดสอบข้อ 2 และข้อ 3 จำนวน 5 ครั้ง และข้อมูลปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ คำนวณประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศเฉลี่ย (Air compressor Efficiency: AE) หาได้จากสูตร

$$(AE) = (AP) / (Pw) \qquad …….. (3.2)$$

AE = ประสิทธิภาพพลังงานเครื่องอัดอากาศเฉลี่ย หน่วย ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์

AP = ปริมาณอัดอากาศที่ผลิตได้ หน่วย ลิตรต่อวินาที (LPS)

Pw =กำลังไฟฟ้าของเครื่องอัดอากาศ หน่วย กิโลวัตต์ (kW)

วิธีการประเมินอัตราการรั่วไหลของอากาศอัด ทำได้ดังนี้

1. วัดกำลังไฟฟ้า (Pw) ในขณะเครื่องอัดอากาศทำงาน (Load) และปริมาณอากาศที่ใช้งานเมื่อเดินเครื่องอัดอากาศ (Load) เพื่อคำนวณหาประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ (AE)

2. จับเวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load) รอจนเครื่องทำเครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Un-load) บันทึกเวลา เป็น TL หน่วยวินาที และจับเวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Un-load) รอจนเครื่องอัดอากาศทำงาน (Load) บันทึกเวลา เป็น TU หน่วยวินาที

3. จับเวลาการทำงานข้อ 2 จำนวน 5 รอบ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

4. คำนวณหารอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle: C)

Cycle = (TL x 100) / (TL+TU) …….. (3.3)

5. คำนวณหาค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้อากาศอัดขณะเปิดสายการผลิต (AU) หน่วย l/s ด้วยสูตรดังนี้

ปริมาณการใช้อากาศอัดขณะเปิดสายการผลิต (AU) = (AE1) x (Pw1) x (C1) …….. (3.4)

AE = ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (l/s/kW)

Pw = กำลังไฟฟ้าที่เครื่องอัดอากาศ (kW) (วัดกำลังไฟฟ้าเครื่องอัดอากาศขณะ Load)

C = รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ

6. ข้อมูลจากข้อ 1-5 สามารถคำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด

7. หาปริมาณอากาศรั่ว ด้วยการปิดเครื่องจักรในสายการผลิตแต่จ่ายอากาศเข้าระบบท่อส่งทั้งหมด จากนั้นทำการตรวจวัด และคำนวณค่าต่างๆ ตามข้อ 2-5 เพื่อหารอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle) เมื่อปิดเครื่องจักรในสายการผลิต

8. จากข้อมูลในข้อที่ 7 สามารถนำมาคำนวณหาค่าเฉลี่ยปริมาณการใช้อากาศอัดรั่วขณะปิดสายการผลิต (AL) หน่วย l/s

9. คำนวณอัตรารั่วของระบบอัดอากาศ (% Leak) ต่อการใช้งาน

% Leak = (AL x 100) / (AU-AL) …….. (3.5)

10. คำนวณประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด (Tr)

(Tr) = 100 - อัตรารั่วของระบบอัดอากาศ (%Leak) …….. (3.6)

การตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบระบบแสงสว่าง

ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบแสงสว่างในโรงพิมพ์ โดยการสำรวจหลอดไฟในพื้นที่โรงพิมพ์ ตรวจวัดค่าส่องสว่าง และคำนวณหาประสิทธิภาพของการส่องสว่างของพื้นที่และเปรียบเทียบกับมาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง (ประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561) สำรวจหาหลอดไฟที่มีประสิทธิภาพในปัจจุบันมาใช้เป็นข้อมูลเปรียบเทียบเพื่อเป็นข้อมูลในการเลือกใช้หลอดไฟที่มีประสิทธิภาพมาใช้ในโรงพิมพ์

การตรวจวัดค่าส่องสว่างของระบบแสงสว่างในโรงพิมพ์จำเป็นต้องหาค่าปริมาณแสงที่เหมาะสมกับกิจกรรมแต่ละประเภทที่ดำเนินภายในพื้นที่นั้น ๆ ตามมาตรฐาน โดยการใช้เครื่องวัดแสง ในการตรวจวัดระดับปริมาณของแสงที่ตกกระทบลงหนึ่งพื้นที่ และในการตรวจวัดสามารถแบ่งออกวิธีการตรวจวัดได้ออกเป็น 2 วิธี คือ

1. การวัดแบบจุด (Spot Measurement) เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างบริเวณที่ทำงานโดยใช้สายตาเฉพาะจุดหรือต้องใช้สายตาอยู่กับที่ในการทำงาน ตรวจวัดในจุดที่สายตากระทบชิ้นงานหรือจุดที่ทำงาน (Point of Work) โดยวางเครื่องวัดแสงในแนวระนาบเดียวกับชิ้นงานหรือพื้นผิวที่สายตาตกกระทบ แล้วอ่านค่า

2. การวัดแสงเฉลี่ยแบบพื้นที่ทั่วไป (Area Measurement) เป็นการตรวจวัดความเข้มแสงสว่างในบริเวณพื้นที่ทั่วไป เช่น ทางเดิน และบริเวณพื้นที่ใช้สอย แบ่งพื้นที่ตรวจวัดออกเป็น 2 x 2 ตารางตรวจวัดในสูงจากพื้นประมาณ 75 เซนติเมตร แล้วอ่านค่า จากนั้นนำค่าที่ได้มาหาค่าเฉลี่ย

2.4 ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในสำนักงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักงานอยู่ที่ระบบปรับอากาศเป็นหลัก เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในสำนักงานเป็นชนิดแบบแยกส่วนมีทั้งหมดจำนวน 39 เครื่อง การเก็บข้อมูลปรับอากาศ มาจากการไปสำรวจเครื่องปรับอากาศในพื้นที่สำนักงานและบางเครื่องอยู่ที่กระบวนการผลิตที่งานถ่ายฟิล์มทำแม่พิมพ์ และงานเก็บเล่ม เก็บข้อมูลจำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้งานและตรวจวัดการใช้พลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน และเก็บพิกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับ อากาศจากป้ายข้อมูลที่เครื่องหรือคู่มือเครื่องจักร

การตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบปรับอากาศ

การเก็บข้อมูลเพื่อนำมาวิเคราะห์สมรรถนะหรือประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนโดยมีรายการเครื่องมือวัดดังนี้คือ เครื่องวัดกำลังไฟฟ้า (Power Meter) เครื่องมือวัดอุณหภูมิ (Thermometer) เครื่องมือวัดความเร็วอากาศ (Anemometer) เครื่องมือวัดความชื้นสัมพัทธ์ (Hygrometer) แผนภูมิอากาศ (Psychrometric Chart) หรือโปรแกรมคำนวณค่าเอนทาลปี (Enthalpy) และตลับเมตรโดยมีขั้นตอนการเก็บข้อมูล มีดังนี้

1. วัดค่าความเร็วลมผ่านหน้าตัดของช่องลมกลับ (V) ในหน่วยเมตรต่อวินาที (m/s) โดยวัด 3-5 จุดให้ทั่วทั้งหน้าตัด แล้วหาเป็นค่าเฉลี่ย

2. วัดขนาดพื้นที่หน้าตัดของช่องลมกลับ (A) ในหน่วยตารางเมตร (m^2) แล้วนำไปคูณกับค่าความเร็วลมเฉลี่ยเพื่อหาปริมาณลมผ่านคอยล์เย็น (Va)

3. วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของด้านลมจ่าย (Supply Air) เพื่อนำไปหาปริมาณค่าความร้อนของอากาศ หรือค่าเอนทาลปีของลมจ่าย (Hs) จากแผนภูมิ Psychrometricหรือโปรแกรมคำนวณค่าเอนทาลปี หน่วย kJ/kg

4. วัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของด้านลมกลับ (Return Air) เพื่อนำไปหาค่าปริมาณค่าความร้อนของอากาศหรือค่าเอนทาลปีของลมกลับ (Hr) จากแผนภูมิ Psychrometric หรือโปรแกรมคำนวณค่าเอนทาลปี หน่วย kJ/kg

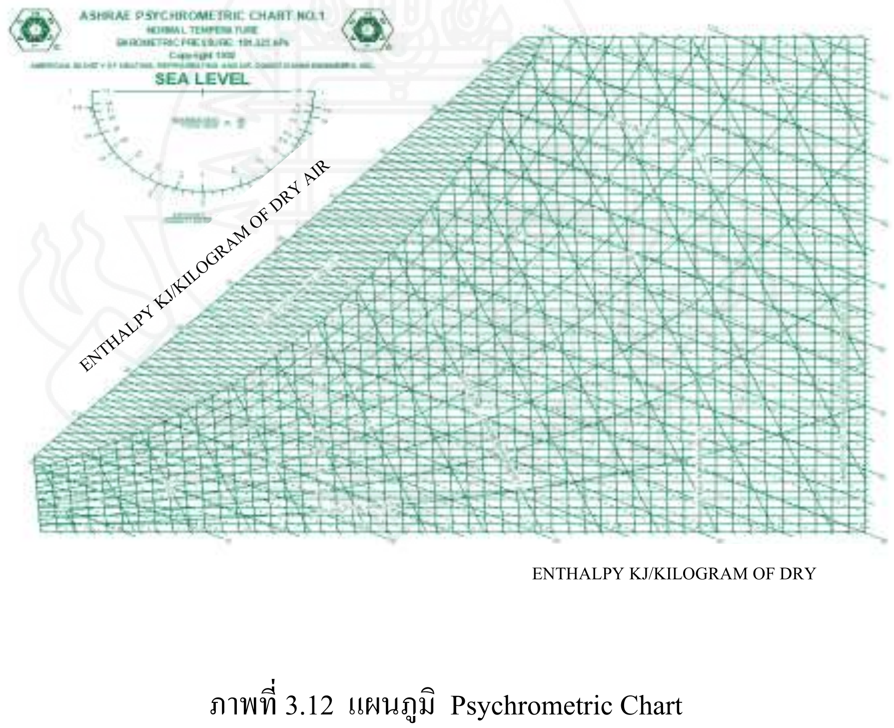
5. วัดค่าการใช้กำลังไฟฟ้ารวมของเครื่องปรับอากาศ หน่วย Watt

ข้อควรระวัง

1. การวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของด้านลมจ่าย (Supply Air) และด้านลมกลับ (Return Air) ในเวลาเดียวกันกับการทำงานของคอมเพรสเซอร์

2. ในขณะวัดให้ปรับความเร็วลมของ Fan Coil Unit สูงสุดตามพิกัด

3. ปรับอุณหภูมิ Set Point ที่ 25 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 3.12 แผนภูมิ Psychrometric Chart
ที่มา: https://ienergyguru.com/2015/09/psychometric-charts/

การคำนวณหาปริมาณลมเย็นที่หมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ หาได้จากสูตร

$$CMM = 60 \times V \times A \qquad \text{…….. (3.7)}$$

CMM = ปริมาณลมเย็นที่หมุนเวียนผ่านเครื่องปรับอากาศ หน่วย m^3/min

V = ความเร็วลมผ่านหน้าตัดของช่องลมกลับ (V) หน่วย m/s

A = พื้นที่หน้าตัดของช่องลมกลับ (A) หน่วย m^2

การคำนวณหาความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (TR) หาได้จากสูตร

$$TON\ (TR) = 5.707 \times 10^{-3} \times CMM \times (Hr - Hs) \qquad \text{…….. (3.8)}$$

TON = ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ หน่วย ตันความเย็น (TR)

CMM = ปริมาณลมที่ผ่านคอยล์เย็น หน่วย m^3/min

Hr = ค่าเอนทาลปีของลมกลับ (Hr) จากแผนภูมิ Psychometric หน่วย kJ/kg

Hs = ค่าเอนทาลปีของลมจ่าย (Hs) จากแผนภูมิ Psychometric หน่วย kJ/kg

การคำนวณหาความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ (Btu/hr) หาได้จากสูตร

$$Q\ (Btu/hr) = TON\ (TR) \times 12000 \qquad \text{…….. (3.9)}$$

Q = ความสามารถในการทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ หน่วย Btu/hr

TON = ความสามารถในการทำความเย็นเครื่องปรับอากาศ หน่วย ตันความเย็น (TR)

การหาค่าสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศแสดงในรูปของ (Co-efficient of Performance, COP) ซึ่งนิยามด้วย อัตราส่วนของพลังงานความร้อนที่ถูกดูดซับโดยคอยล์เย็น (ปริมาณความเย็นที่ทำได้) ต่อพลังงานไฟฟ้าที่ระบบใช้

$$COP = Q / W \qquad \text{…….. (3.10)}$$

COP = ค่าสัมประสิทธิสมรรถนะการทำความเย็น

Q = ความสามารถในการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ หน่วย วัตต์ความเย็น (W)

W = พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ของเครื่องปรับอากาศ, หน่วย วัตต์ไฟฟ้า (W)

ในทางปฏิบัติสมรรถนะของระบบปรับอากาศยังสามารถแสดงได้ในรูปของค่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio, EER) และค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น (kW/TR) โดยค่า EER ซึ่งมีหน่วยเป็นบีทียูต่อชั่วโมง/วัตต์ นิยมใช้แสดงค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องชนิดไดเร็คเอ็กส์แพนชั่นหรือเครื่องปรับอากาศขนาดเล็ก ส่วนค่ากิโลวัตต์ต่อตันความเย็น นิยมใช้แสดงค่าประสิทธิภาพการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศขนาดใหญ่ เช่น ระบบน้ำเย็น

$$EER = 3.412 \times COP = 12/(CHP) \qquad \text{........ (3.11)}$$

COP = ค่าสัมประสิทธิสมรรถนะการทำความเย็นของเครื่องปรับอากาศ

CHP = ค่ากำลังไฟฟ้าต่อตันความเย็น หน่วย kW/TR

3. การวิเคราะห์ข้อมูล

จากการเก็บข้อมูล การตรวจวัดปริมาณพลังงานไฟฟ้าและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ผลที่ได้จะนำมาวิเคราะห์และพิจารณาหาปัจจัยต่างๆที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรและอุปกรณ์ในโรงพิมพ์ รวมถึงการรั่วไหลของพลังงานในระบบ การใช้งานเครื่องจักรที่เหมาะสม นำมาหาโอกาศและแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งในกระบวนการพิมพ์ ระบบสนับสนุน และสำนักงาน ดังต่อไปนี้

3.1 การวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

การวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นของโรงพิมพ์ โดยพิจารณาลักษณะการทำงานของโรงพิมพ์ เวลาการทำงาน พฤติกรรมการใช้พลังงานไฟฟ้า ความเข้าใจของการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งเป็นปัจจัยที่ทำให้มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ วิเคราะห์ลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ดังนี้คือ ทิศทางการวางผังของอาคาร ลักษณะโครงสร้างของหลังคา การจัดวางห้องทำงาน และแสงสว่างภายในและภายนอกโรงพิมพ์ วิเคราะห์ข้อมูลค่าไฟฟ้า ลักษณะการใช้ไฟฟ้าของ สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์กับโรงพิมพ์ การใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ การสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้น เพื่อเป็นแนวทางการค้นหาของสาเหตุที่ทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์สูงขึ้น ให้ได้ปัจจัยหลักที่จะนำไปสู่การค้นหาแนวทางการปรับปรุงของสาเหตุในเชิงลึกต่อไป

3.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซต

วิเคราะห์ข้อมูลการผลิตของการพิมพ์ระบบออฟเซตในโรงพิมพ์ของงานพิมพ์จำนวนปริมาณผลผลิตที่ได้ของปีพ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2561 วิเคราะห์ผลผลิตที่ได้จากเครื่องพิมพ์ วิเคราะห์การใช้งานเครื่องพิมพ์รายเดือน เพื่อหาอัตราส่วนของการใช้เครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องของปี พ.ศ. 2560 กับ พ.ศ. 2561

วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้ากระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์ ดังนี้ เครื่องทำแม่พิมพ์ระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลท 2 เครื่อง เครื่องตัดกระดาษ 2 เครื่อง เครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต 9 เครื่อง เครื่องพับยก 4 เครื่อง เครื่องเก็บเล่ม 2 เครื่อง เครื่องทำเล่มใสสันทากาว 1 เครื่อง เครื่องตัดเจียนหนังสือ 3 ใบมีด 1 เครื่อง พัดลมอุตสาหกรรม 18 เครื่อง และเครื่องล้างแม่พิมพ์ 2 เครื่อง หาสัดส่วนการใช้พลังงานของกระบวนการของโรงพิมพ์ เพื่อพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซต

วิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยการผลิต ตรวจสอบค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยการผลิตของปีพ.ศ. 2560 กับพ.ศ. 2561 ในระดับกระบวนการและระดับเครื่องจักรเปรียบเทียบกับพิกัดการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรและผลผลิตที่ผลิตได้ วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยการผลิตกับปัจจัยที่ทำให้ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยการผลิตดีขึ้น เพื่อหาโอกาสในการปรับปรุงค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยการผลิต และการสูญเสียพลังงาน

3.3 การวิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบสนับสนุนการผลิต

วิเคราะห์การใช้พลังงานในระบบอัดอากาศ โดยการตรวจวัดประสิทธิภาพการใช้พลังงานเทียบกับพิกัดของเครื่องอัดอากาศ ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด การวิเคราะห์การรั่วไหลของระบบอากาศอัดที่ใช้ในโรงพิมพ์ วิเคราะห์สภาพแวดล้อมที่มีผลต่อประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ วิเคราะห์การใช้งานของระบบอากาศอัดที่จุดใช้งาน ค้นหาการสูญเสียอากาศอัดในกระบวนการพิมพ์ ปรับใช้เทคโนโลยีมาช่วยในการปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องอัดเพื่อหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบอากาศอัด

วิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยวิเคราะห์ข้อมูลการส่องสว่างในพื้นที่ทำงานตามมาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง (ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษาเมื่อวันที่ 21 กุมภาพันธ์ พ.ศ. 2561) วิเคราะห์ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของหลอดไฟที่ใช้ในโรงพิมพ์ การสูญเสียพลังงานที่เกิดขึ้น และแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของระบบแสงสว่าง

3.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในสำนักงาน

วิเคราะห์การใช้พลังงานของสำนักงานหลักอยู่ที่ระบบปรับอากาศ ซึ่งเครื่องปรับอากาศที่ใช้ในสำนักงานเป็นชนิดแบบแยกส่วนมีทั้งหมดจำนวน 39 เครื่อง วิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศที่เรียกว่าอัตราส่วนประสิทธิภาพพลังงาน (Energy Efficiency Ratio: EER) เทียบกับพิกัดของเครื่อง วิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานที่ลดลง อายุการใช้งานของเครื่องปรับอากาศ สภาพแวดล้อมของการติดตั้งเครื่องเครื่องปรับอากาศ การใช้งานเครื่องปรับอากาศ การสูญเสียพลังงานของระบบปรับอากาศ เพื่อหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องปรับอากาศของโรงพิมพ์

3.5 การวิเคราะห์การพิจารณาปรับปรุงตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่สำคัญ

การพิจารณาปรับปรุงตามมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่สำคัญ โดยมีเกณฑ์การพิจารณาทั้งหมด 3 มิติ ดังนี้ มิติทางด้านขนาดการใช้พลังงานของเครื่องจักร มิติทางด้านเวลาการใช้พลังงานของเครื่องจักร และมิติทางด้านศักยภาพในการปรับปรุง โดยมิติศักยภาพในการปรับปรุงแบ่งย่อยเป็นการส่งผลกระทบกับกระบวนการทำงานอื่นและความสามารถในการดำเนินงานของผู้ทำวิจัย ตามตารางที่ 3.2 การวิเคราะห์จะนำคะแนนของแนวทางทั้งหมดคูณกัน ถ้าแนวทางใดมีคะแนนสูงสุดจะเป็นแนวทางที่สามารถปรับปรุงได้ก่อน

ตารางที่ 3.2 น้ำหนักคะแนนพิจารณามาตรการอนุรักษ์พลังงาน

น้ำหนักคะแนน	การใช้พลังงานของเครื่องจักร	เวลาการใช้พลังงาน	ศักยภาพในการปรับปรุง	
			ไม่ผลกระทบต่อกระบวนการทำงานอื่น	ความสามารถในการดำเนินงานของผู้ทำวิจัย
1	น้อยกว่า 10 kW	น้อยกว่า 2 ชั่วโมงต่อวัน	มากที่สุด	ไม่สามารถทำได้
2	น้อยกว่า 25 kW	น้อยกว่า 4 ชั่วโมงต่อวัน	มาก	สามารถทำได้น้อย
3	น้อยกว่า 50 kW	น้อยกว่า 6 ชั่วโมงต่อวัน	ปานกลาง	สามารถทำได้ปานกลาง
4	น้อยกว่า75 kW	น้อยกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน	น้อย	สามารถทำได้มาก
5	มากกว่า 75 kW	มากกว่า 8 ชั่วโมงต่อวัน	น้อยมาก	สามารถทำทันที

3.6 วิเคราะห์เปรียบเทียบค่าพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง

การวิเคราะห์จะนำผลของการดำเนินการปรับปรุงตามแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ได้ตัดสินใจดำเนินการ เปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานก่อนและหลังการปรับปรุง และวิเคราะห์ผลภาพรวมของค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงพิมพ์

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช เพื่อค้นหาแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ผลการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้เน้นการศึกษากระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต ดังมีรายละเอียดต่อไปนี้

1. ผลการวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

1.1 ผลการวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์โดยรวม

1.1.1 ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ โรงพิมพ์เป็นหน่วยงานลักษณะที่เป็นหน่วยงานผลิต ปัจจัยที่มีผลต่อการใช้พลังงานไฟฟ้า มี 2 ส่วนได้แก่ ช่วงเวลาทำงาน ลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมของโรงพิมพ์ ดังนี้

1) ช่วงเวลาทำงาน จากการสอบถามหัวหน้างานและผู้ปฏิบัติงานในโรงพิมพ์ พบว่า ลักษณะการทำงานของโรงพิมพ์มีทั้งส่วนโรงพิมพ์ที่เป็นหน่วยงานผลิตสิ่งพิมพ์ และส่วนสำนักงาน มีพนักงานรวมประมาณ 140 คน เวลาทำงาน 8:30-16:30 น. ตามเวลาราชการ และมีการทำงานล่วงเวลาช่วง 16:30-19:30 น. เป็นบางวันและบางขั้นตอน การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์อยู่ในช่วง 08:00-20:00 น. เพื่อเตรียมงานผลิตสิ่งพิมพ์และปิดงานแต่ละวัน

*2) ลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมของโรงพิมพ์ จากการสำรวจพื้นที่*โรงพิมพ์จริง พบว่า โครงสร้างอาคารหลักของโรงพิมพ์เป็นคอนกรีต 2 ชั้น พื้นที่ 2,981 ตารางเมตร พื้นที่ใช้สอยชั้นบน 200 ตารางเมตร และพื้นที่ใช้สอยชั้นล่าง 2,781 ตารางเมตร ทิศทางการวางตัวของอาคารอยู่ในแนวทิศตะวันออกเฉียงเหนือ หน้าต่างส่วนใหญ่เป็นกระจก ติดฟิล์มกันความร้อน พื้นที่ภายนอกอาคารมีต้นไม้บางส่วน ซึ่งสามารถกันความร้อนเข้าสู่อาคาร ส่วนหลังคาสูงโปร่งเป็นกระเบื้อง มีฉนวนกันความร้อนใต้หลังคา สามารถลดความร้อนเข้าทางหลังคา และมีช่องแสงสว่างที่แสงสามารถส่องผ่านมาทางหลังคา ช่วยเพิ่มแสงสว่างให้กับพื้นที่ของการผลิตได้ ตามภาพที่ 4.1

ภาพที่ 4.1 ลักษณะทางกายภาพและสภาพแวดล้อมของโรงพิมพ์

จากการสำรวจพื้นที่ของอาคาร พบว่า ลักษณะกายภาพและสภาพแวดล้อมที่ส่งผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าในโรงพิมพ์ ดังนี้

ก. ด้านความร้อน ความร้อนที่เข้าสู่อาคารส่งผลกระทบต่อระบบปรับอากาศ พบว่า การติดตั้งคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศอยู่ระเบียงชั้น 2 ตามภาพที่ 4.2 ซึ่งมีผลต่อการระบายความร้อนของระบบปรับอากาศ และทำให้ประสิทธิภาพของระบบปรับอากาศลดลงได้

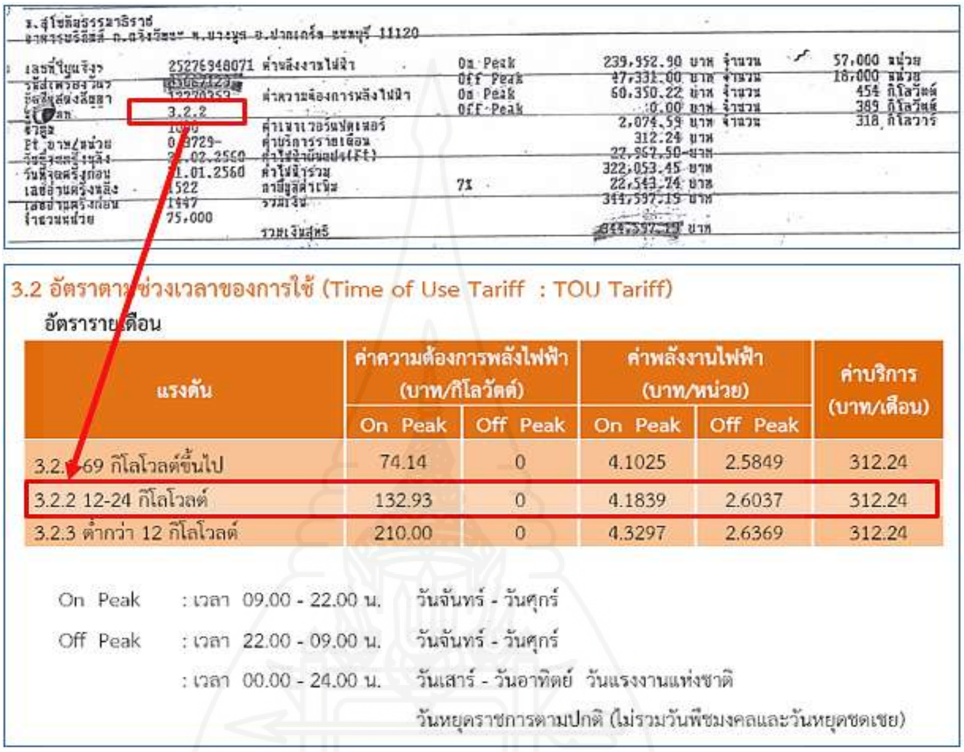
ภาพที่ 4.2 ลักษณะการติดตั้งคอมเพรสเซอร์เครื่องปรับอากาศที่ระเบียงชั้น 2

ข. ด้านแสงสว่าง มีการจัดตำแหน่งที่ทำงานตามระดับการส่องสว่างที่สอดคล้องกับมาตรฐานตามลักษณะการทำงาน แต่กระนั้นก็ตามระดับค่าส่องสว่างหลายจุดยังไม่เพียงพอ ได้แก่ ห้องเก็บเล่ม ห้องเก็บแม่พิมพ์ ห้องเก็บวัสดุ ห้องทำแม่พิมพ์ ห้องติดตั้งเครื่องพิมพ์ 5H และพื้นที่สำนักงาน และมีการใช้แสงจากธรรมชาติช่วยให้แสงสว่างเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พื้นที่การพิมพ์ และห้องฟิล์ม แต่บางจุดได้รับแสงมากเกินไป ได้แก่ พื้นที่การพิมพ์ ทำให้ได้รับความร้อนเพิ่มและค่าส่องสว่างมาก หลอดไฟที่ใช้ส่วนมากเป็นหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ คิดเป็นร้อยละ 93 ของจำนวนหลอดไฟทั้งหมด หรือคิดเป็นร้อยละ 70 ของกำลังไฟฟ้าที่ใช้ในระบบแสงสว่าง และมีบางพื้นที่ใช้อุปกรณ์หลอดไฟแอลอีดี (LED) ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยเพิ่มแสงสว่างและลดพลังงานไฟฟ้า ได้แก่ พื้นที่การพิมพ์ ดังภาพที่ 4.3

ภาพที่ 4.3 ระบบแสงสว่างในโรงพิมพ์

1.1.2 ค่าพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ จากการศึกษาจากใบเสร็จค่าไฟฟ้าของโรงพิมพ์ พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ไม่ได้มีการแยกมิเตอร์ไฟฟ้าจากสำนักพิมพ์ ซึ่งมีฝ่ายอื่น ๆ ที่ทำงานอยู่ในอาคารเดียวกัน ทำให้การคิดอัตราการใช้ไฟฟ้าเป็นประเภทเดียวกันกับสำนักพิมพ์ คือ ประเภทอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) ค่าพลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ที่ปรากฏในใบเสร็จค่าไฟฟ้า ได้รวมส่วนของโรงพิมพ์ กับส่วนของหน่วยงานอื่นที่สังกัดสำนักพิมพ์ไว้ด้วยกันเป็นประเภทอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ ซึ่งมีค่าความต้องการพลังงานไฟฟ้า 132.93 บาทต่อกิโลวัตต์ ค่าพลังงานไฟฟ้ามีการคิดสองช่วงเวลา คือช่วง Peak (เวลา 9:00 น. - 22:00 น.) และช่วง Off Peak (เวลา 22:00 น. - 09:00 น.) ในวันทำงาน ส่วนในวันหยุดมีการคิด

เหมือนกันกับช่วง Off Peak โดยค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Peak เท่ากับ 4.1839 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และช่วง Off Peak 2.6037 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง ดังแสดงในภาพที่ 4.4 จึงทำให้การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ส่วนมากอยู่ในช่วงของค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูง



3.2 อัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Tariff : TOU Tariff)

อัตรารายเดือน

แรงดัน	ค่าความต้องการพลังไฟฟ้า (บาท/กิโลวัตต์)		ค่าพลังงานไฟฟ้า (บาท/หน่วย)		ค่าบริการ (บาท/เดือน)
	On Peak	Off Peak	On Peak	Off Peak	
3.2.1 69 กิโลโวลต์ขึ้นไป	74.14	0	4.1025	2.5849	312.24
3.2.2 12-24 กิโลโวลต์	132.93	0	4.1839	2.6037	312.24
3.2.3 ต่ำกว่า 12 กิโลโวลต์	210.00	0	4.3297	2.6369	312.24

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

Off Peak : เวลา 22.00 - 09.00 น. วันจันทร์ - วันศุกร์

: เวลา 00.00 - 24.00 น. วันเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย)

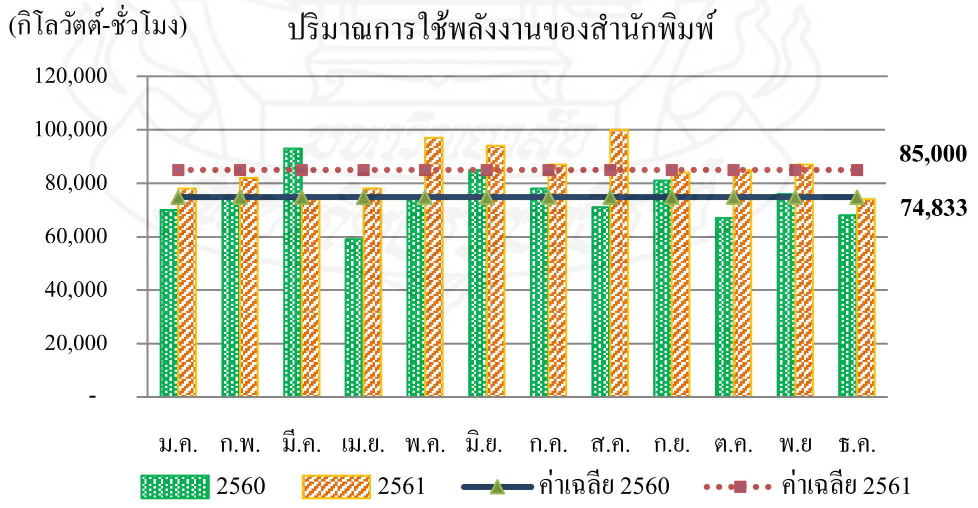
ภาพที่ 4.4 ประเภทอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

จากใบเสร็จค่าไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ ซึ่งเป็นค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่รวมส่วนของโรงพิมพ์อยู่ด้วย พบว่า มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor :PF) ต้องจ่ายทุกเดือน เนื่องจากค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า หรือค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าต่ำกว่าค่าที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนด โดยค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์แลค (Lag) ที่มีความต้องการพลังงานไฟฟ้ารีแอคทิฟเฉลี่ยใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (กิโลวาร์) เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟเฉลี่ย ใน 15 นาทีที่สูงสุดในช่วงเวลาใดเวลาหนึ่ง (กิโลวัตต์) ส่วนที่เกินนี้ ต้องเสียค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ในอัตรากิโลวาร์ (KVAR) ละ 56.07 บาท โดยปกติแล้วการควบคุมการใช้พลังงานของผู้ใช้ไฟฟ้าที่มีประสิทธิภาพนั้น ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์จะต้องไม่เกินกว่าร้อยละ 61.97 ของความต้องการพลังไฟฟ้าแอคตีฟและไม่เสียค่าใช้จ่าย แต่อย่างไรก็ตามโรงพิมพ์ยังมีการจ่ายค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ด้วยเหตุนี้ทุกส่วนงานของโรงพิมพ์ ต้องค้นหาจุดที่ทำให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ของระบบไฟฟ้าเกิน

กว่าค่าที่การไฟฟ้านครหลวงกำหนด เพื่อปรับปรุงให้ค่าเพาเวอร์แฟคเตอร์ลดลง โดยการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบไฟฟ้าหรือควบคุมความต้องการของไฟฟ้าสูงสุดให้มีค่าลดลง

จากการศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ย้อนหลัง 2 ปี (พ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2561) แสดงในภาคผนวก ก. การใช้พลังงานไฟฟ้ารวมทั้งปีของสำนักพิมพ์ พบว่าค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 4,169,581.22 บาท และปี พ.ศ 2561 เท่ากับ 4,717,258.04 บาท ทำให้ค่าใช่จ่ายปี พ.ศ. 2561 สูงขึ้นจากปี พ.ศ. 2560 เท่ากับร้อยละ 13.1 และถ้าพิจารณาค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้า พบว่าค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 4.64 บาท ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยปี พ.ศ. 2561 เท่ากับ 4.62 บาท พบว่าค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยไฟฟ้าปี พ.ศ. 2561 ต่ำกว่า ปี พ.ศ. 2560 เท่ากับร้อยละ 0.4

โรงพิมพ์มหาวิทยาลัยมีปริมาณการผลิตสิ่งพิมพ์แต่ละเดือนไม่คงที่ ขึ้นกับประเภทสิ่งพิมพ์ที่ผลิต และความต้องการตามการเปิดภาคการศึกษา และกิจกรรมการเรียนการสอน มีผลต่อปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ที่ปรากฏบนใบเสร็จค่าพลังงานไฟฟ้าด้วย เมื่อพิจารณาการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนของสำนักพิมพ์ พบว่าหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนของปี พ.ศ. 2560 เท่ากับ 74,833 กิโลวัตต์ชั่วโมง และหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนของปี พ.ศ. 2561 เท่ากับ 85,000 กิโลวัตต์ชั่วโมง เมื่อเปรียบเทียบปริมาณหน่วยการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนของ 2 ปีย้อนหลัง พบว่า ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าเฉลี่ยต่อเดือนของปี พ.ศ. 2561 มากกว่าปี พ.ศ. 2560 เท่ากับร้อยละ 13.6 แสดงได้ว่าสำนักพิมพ์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าที่สูงขึ้น



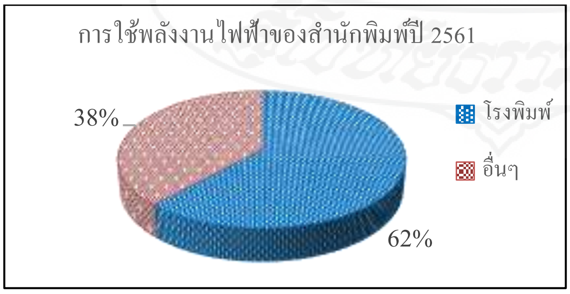
ภาพที่ 4.5 การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์รายเดือนของ พ.ศ. 2560 กับ พ.ศ. 2561

การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์สามารถแยกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของโรงพิมพ์ที่ใช้กระบวนการผลิตในระบบออฟเซต และส่วนที่ไม่ใช่กระบวนการผลิตระบบออฟเซต (อื่นๆ) จากการตรวจวัดและประเมินการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดของปี พ.ศ. 2561 โดยใช้วิธีการตรวจวัดกำลังไฟฟ้าด้วยเครื่องมือวัดกำลังไฟฟ้าของแต่ละระบบ และคำนวณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้งานจากการประเมินเวลาการทำงานของระบบในกระบวนการผลิตระบบออฟเซต ทำให้ทราบพลังงานส่วนที่ใช้กระบวนการผลิตในระบบออฟเซตทั้งหมด นอกนั้นเป็นพลังงานในส่วนที่ไม่ใช่กระบวนการผลิตระบบออฟเซต (อื่นๆ) ได้แก่ ส่วนสำนักงานของสำนักพิมพ์ และกระบวนการพิมพ์ระบบดิจิทัล โดยสามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์เป็นในส่วนของโรงพิมพ์ระบบออฟเซตได้ประมาณร้อยละ 62 และส่วนอื่น ๆ ได้ประมาณร้อยละ 38

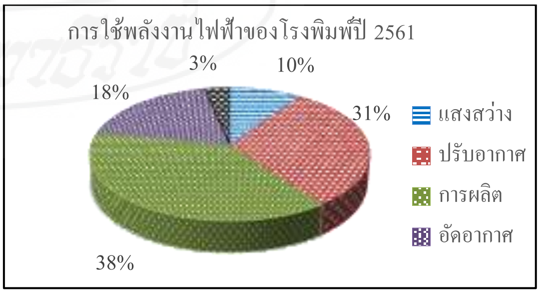
นอกจากนั้นในส่วนของโรงพิมพ์สามารถแบ่งสัดส่วนการใช้พลังงานเป็นระบบเพื่อลำดับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบในโรงพิมพ์ ดังนี้

ระบบผลิตสิ่งพิมพ์ด้วยการพิมพ์ออฟเซต	ประมาณร้อยละ 38
ระบบปรับอากาศ	ประมาณร้อยละ 31
ระบบอัดอากาศ	ประมาณร้อยละ 18
ระบบแสงสว่าง	ประมาณร้อยละ 10
และอื่นๆ	ประมาณร้อยละ 3

การค้นหาแนวทางเพื่อการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ในการวิจัยนี้ ได้พิจารณาตามลำดับสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าจากส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้ามากไปหาส่วนที่ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อย ได้แก่ ระบบผลิตสิ่งพิมพ์ด้วยการพิมพ์ออฟเซต ระบบปรับอากาศ ระบบอัดอากาศ และระบบแสงสว่าง ตามลำดับ



ก



ข

ภาพที่ 4.6 สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้า พ.ศ. 2561

ก. สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์

ข. สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

1.2 ผลการวิเคราะห์ลักษณะและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการพิมพ์ระบบออฟเซต

งานวิจัยนี้ได้วิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรหลักในการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์ และกำลังการผลิตของเครื่องจักรแต่ละเครื่อง โดยพิจารณาแยกกลุ่มเครื่องจักรผลิตที่ใช้พลังงานมาก และกลุ่มเครื่องจักรผลิตที่ใช้พลังงานน้อย ทั้งนี้ได้ใช้กำลังไฟฟ้าที่วัดได้ กับเวลาในการใช้งานต่อเดือนเป็นเกณฑ์ พลังงานที่ใช้ของกลุ่มที่มากกว่า 1,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือนเป็นกลุ่มที่มีการใช้พลังงานมาก ได้แก่ กลุ่มเครื่องพิมพ์ กลุ่มเครื่องพับ และเครื่องทำเล่มไสสันทากาว ตามตารางที่ 4.1 งานวิจัยได้พิจารณาเครื่องจักรที่ใช้พลังงานมากมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงาน โดยคำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC)

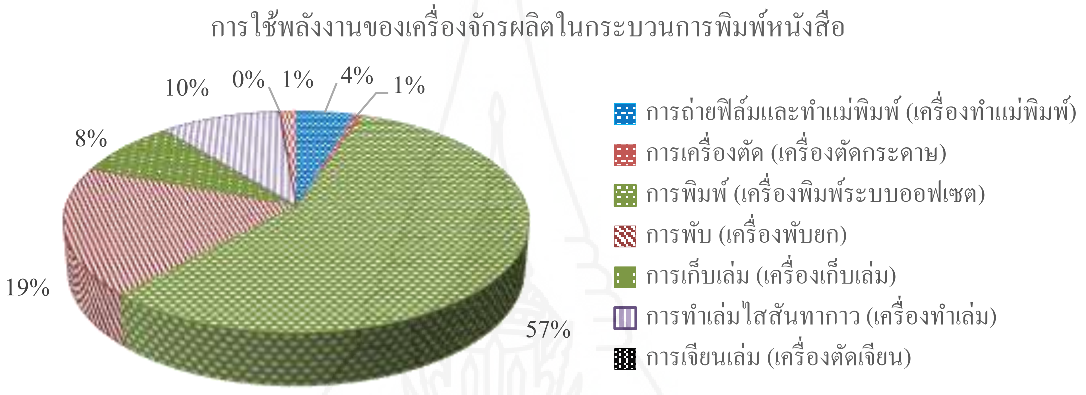
ตารางที่ 4.1 ข้อมูลเครื่องจักรหลักในการพิมพ์ระบบออฟเซต

เครื่องจักรในการพิมพ์ระบบออฟเซต	จำนวน	พิกัด		ใช้งาน		พลังงาน (kWhr/M)	หมายเหตุ
		กำลังไฟฟ้า (kW)	กำลังการผลิต	กำลังไฟฟ้า (kW)	กำลังการผลิต		
การถ่ายฟิล์มและทำแม่พิมพ์ CTP#1	1	4.9	15 แผ่น/ชม	3.9	15 แผ่น/ชม	476	ใช้พลังงานน้อย
การถ่ายฟิล์มและทำแม่พิมพ์ CTP#2	1	4.9	15 แผ่น/ชม	3.5	15 แผ่น/ชม	434	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องตัด Perfecta	1	6.0	200 รีม/วัน	0.3	-	53	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องยกกระดาษ Perfecta_R	1	3.0	-	0.2	-	5	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องยกกระดาษ Perfecta_L	1	3.5	-	0.3	-	8	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องตัดกระดาษ POLAR	1	4.8	200 รีม/วัน	-	-	53	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องยกกระดาษ POLAR_R	1	1.4	-	-	-	5	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องยกกระดาษ POLAR_L	1	3.5	-	-	-	8	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องพิมพ์ HH3	**1**	**69.7**	**224,000 หน้า/ชม**	**27.4**	**136,000 หน้า/ชม**	**4,105**	**พิจารณา**
เครื่องพิมพ์ HH1	*1*	-	*128,000 หน้า/ชม*	-	-	*795*	*หยุดใช้งานแล้ว*

ตารางที่ 4.1 (ต่อ)

เครื่องจักรในการพิมพ์ระบบออฟเซต	จำนวน	พิกัด		ใช้งาน		พลังงาน (kWhr/M)	หมายเหตุ
		กำลังไฟฟ้า (kW)	กำลังการผลิต	กำลังไฟฟ้า (kW)	กำลังการผลิต		
เครื่องพิมพ์ HH2	**1**	**69.3**	**208,000 หน้า/ชม**	**26.6**	**128,000 หน้า/ชม**	**2,930**	**พิจารณา**
เครื่องพิมพ์ 2M	**1**	**13.5**	**128,000 หน้า/ชม**	**11.1**	**72,000 หน้า/ชม**	**1,482**	**พิจารณา**
เครื่องพิมพ์ 2H2	**1**	**7.5**	**48,000 หน้า/ชม**	**5.8**	**48,000 หน้า/ชม**	**558**	**พิจารณา**
เครื่องพิมพ์ 2H1	*1*	*7.5*	*48,000 หน้า/ชม*	-	-	*552*	*หยุดใช้งานแล้ว*
เครื่องพิมพ์ RB	**1**	**27.0**	**64,000 หน้า/ชม**	**9.7**	**64,000 หน้า/ชม**	**631**	**พิจารณา**
เครื่องพิมพ์ 4G	*1*	-	*24,000 หน้า/ชม*	*2.9*	*24,000 หน้า/ชม*	*197*	*หยุดใช้งานแล้ว*
เครื่องพิมพ์ 5H	**1**	**26.5**	**120,000 หน้า/ชม**	**5.6**	**80,000 หน้า/ชม**	**128**	**พิจารณา**
เครื่องพับ Stahlfolder	**1**	**7.6**	**5,000 ฉบับ/ชม.**	**5.3**	**3,500 ฉบับ/ชม.**	**1,279**	**พิจารณา**
เครื่องพับ HORIZON	**1**	**5.4**	**5,000 ฉบับ/ชม.**	**2.0**	**3,500 ฉบับ/ชม.**	**480**	**พิจารณา**
เครื่องพับ Heidelberg	**1**	**4.1**	**5,000 ฉบับ/ชม.**	**-**	**3,500 ฉบับ/ชม.**	**1,279**	**พิจารณา**
เครื่องพับ HORIZON	**1**	**4.2**	**5,000 ฉบับ/ชม.**	**3.1**	**3,500 ฉบับ/ชม.**	**754**	**พิจารณา**
เครื่องเก็บหนังสือ#1	1	8.1	8,400 ฉบับ/ชม.	3.5	8,400 ฉบับ/ชม.	835	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องเก็บหนังสือ#2	1	8.1	8,400 ฉบับ/ชม.	3.5	8,400 ฉบับ/ชม.	835	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องทำเล่มไสสันทากาว	**1**	**9.3**	**10,000 เล่ม/ชม**	**8.0**	**3,500 เล่ม/ชม**	**1,925**	**พิจารณา**
เครื่องตัด 3 ใบมีด Perfecta	1	6.0	10,000 เล่ม/ชม	2.5	3,500 เล่ม/ชม	24	ใช้พลังงานน้อย
พัดลมอุตสาหกรรม	18	0.2	-	0.2	-	251	ใช้พลังงานน้อย
เครื่องล้างเพลท	2	0.6	-	0.6	-	-	ใช้พลังงานน้อย

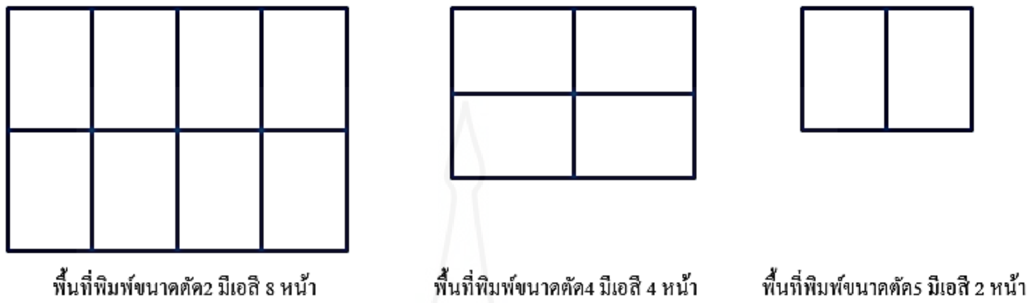
จากกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ทั้งหมดของโรงพิมพ์ได้นำมาวิเคราะห์การใช้พลังงานแยกแต่ละขั้นตอนการผลิต ประกอบด้วย งานถ่ายฟิล์มและทำแม่พิมพ์ งานตัดกระดาษ งานพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ออฟเซต งานพับยก งานเก็บเล่ม งานไสสันทากาว งานตัดเจียนเล่มตามขนาดหนังสือ และงานอื่นๆ พบว่า มีการใช้พลังงานในงานพิมพ์มากที่สุดถึงร้อยละ 57 รองลงมาคือ งานพับยกร้อยละ 19 งานทำเล่มไสสันทากาว ร้อยละ 10 ตามลำดับ ตามภาพที่ 4.7 งานวิจัยได้ให้ความสำคัญกับการค้นหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องพิมพ์เป็นลำดับแรก อย่างไรก็ตาม ควรมีหาแนวทางประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องจักรผลิตในลำดับถัดไปด้วย



ภาพที่ 4.7 การใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรผลิตในกระบวนการพิมพ์สิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์

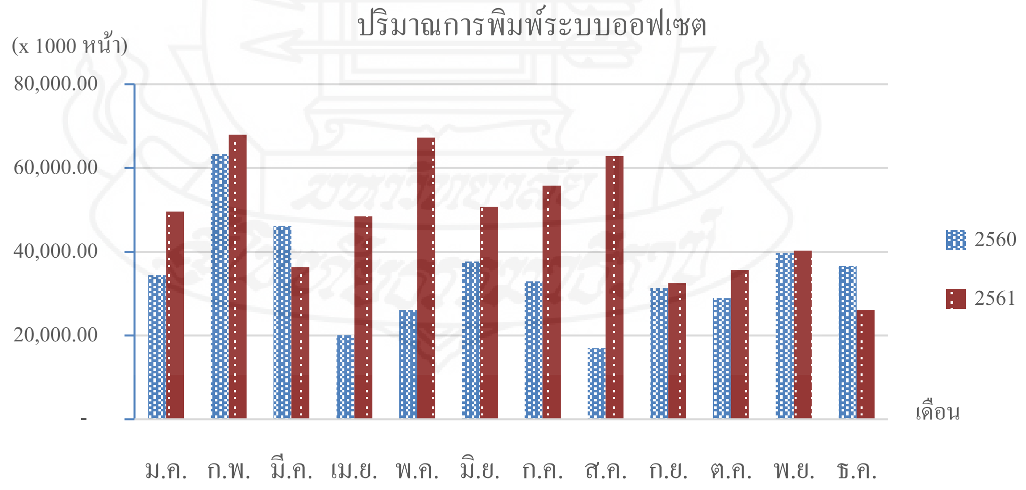
ผลผลิตของโรงพิมพ์สุดท้ายส่วนใหญ่เป็นเล่มหนังสือ ซึ่งแต่ละเล่มมีจำนวนหน้าไม่เท่ากัน อีกทั้งเครื่องพิมพ์ออฟเซตแต่ละเครื่องมีขนาดกระดาษพิมพ์ที่ขึ้นพิมพ์ไม่เท่ากัน ทำให้มีพื้นที่พิมพ์ที่ได้จากเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับขนาดของแม่พิมพ์ ทางการพิมพ์มักเรียกขนาดพื้นที่พิมพ์เป็นตัด เช่น ขนาดตัด 2 ขนาดตัด 4 ขนาดตัด 5 เป็นต้น โดยขนาดของตัด 2 มีพื้นที่พิมพ์เท่ากับขนาดหนังสือ A4 จำนวน 8 แผ่นเรียงต่อกัน ขนาดตัด 4 มีพื้นที่พิมพ์เท่ากับขนาดหนังสือ A4 จำนวน 4 แผ่นเรียงต่อกัน และขนาดตัด 5 มีพื้นที่พิมพ์เท่ากับขนาดหนังสือ A4 จำนวน 2 แผ่นเรียงต่อกัน ดังภาพที่ 4.8 นอกจากเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องมีจำนวนหน่วยพิมพ์ไม่เท่ากัน บางเครื่องมี 1 หน่วยพิมพ์ บางเครื่องมี 2 หน่วยพิมพ์ โดย 1 หน่วยพิมพ์จะติดตั้งแม่พิมพ์ 1 แผ่น พิมพ์ได้ 1 หน้า หากเครื่องพิมพ์มี 2 หน่วยพิมพ์ต้องใช้แม่พิมพ์ 2 แผ่นติดตั้งบนเครื่องพิมพ์ พิมพ์ได้ 2 หน้าในคราวเดียว ดังนั้นพื้นที่พิมพ์ของเครื่องพิมพ์ขึ้นอยู่กับจำนวนหน่วยพิมพ์ในเครื่องพิมพ์ด้วย การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตของการพิมพ์ในงานวิจัยนี้ จำต้องแปลงเทียบให้ทุกเครื่องพิมพ์มีผลผลิตหรือพื้นที่พิมพ์เท่ากัน โดยใช้เป็น 1,000 หน้าหนังสือขนาดเอสี่ (A4) เพื่อ

พิจารณาผลผลิตของการพิมพ์มีพื้นที่เท่ากันในการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการพิมพ์ของแต่ละเครื่องพิมพ์



ภาพที่ 4.8 พื้นที่การพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซตแต่ละขนาด

เมื่อพิจารณาปริมาณผลผลิตหรือปริมาณการพิมพ์รวมของทุกเครื่องพิมพ์ในโรงพิมพ์ ในภาพที่ 4.9 แสดงให้เห็นว่าในแต่ละเดือนมีปริมาณการพิมพ์รวมที่ได้ไม่เท่ากัน โดยปริมาณการพิมพ์ของปี พ.ศ. 2560 รวมเท่ากับ 414,340,000 หน้าเอสี่ ปริมาณการพิมพ์ของปีพ.ศ. 2561 รวมเท่ากับ 573,502,000 หน้า มีปริมาณการพิมพ์เพิ่มขึ้นร้อยละ 38.4 รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ข



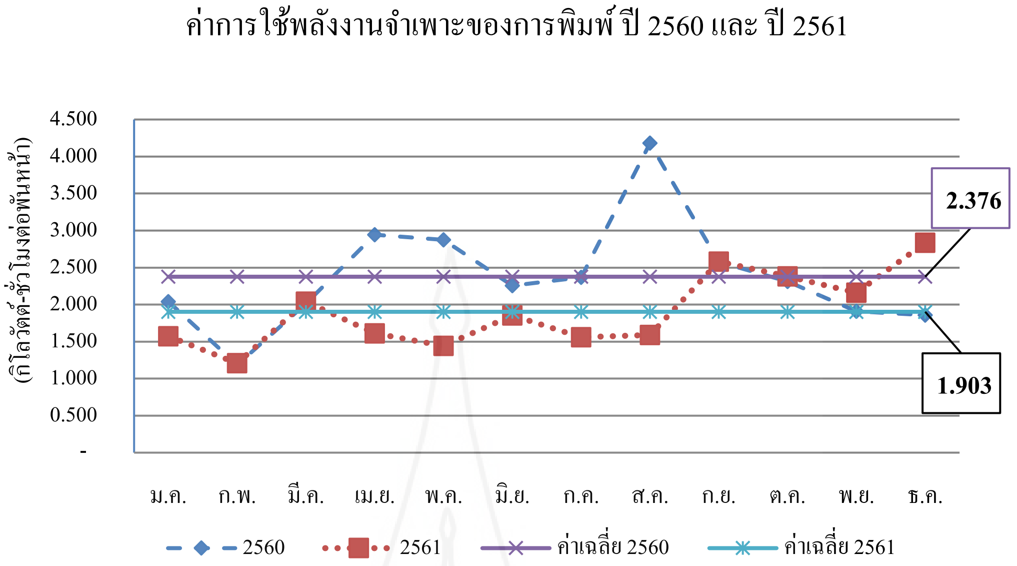
ภาพที่ 4.9 ปริมาณการพิมพ์รวมของทุกเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2561

จากข้อมูลปริมาณการพิมพ์รวมของทุกเครื่องพิมพ์ระบบออฟเซต และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของงานพิมพ์ นำมาวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยคำนวณค่าการใช้พลังงานจำเพาะ หรือ ค่า SEC ได้ข้อมูลในตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อ 1,000 หน้าเอสี่ของโรงพิมพ์ พ.ศ. 2560 - พ.ศ.2561

เดือน	ปริมาณการพิมพ์	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC)	เดือน	ปริมาณการพิมพ์	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC)
	(พันหน้า)	(กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	(kWh/1,000 หน้า)		(พันหน้า)	(กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	(kWh/1,000 หน้า)
ม.ค. 60	34,350.78	70,000	2.038	ม.ค. 61	49,600.62	78,000	1.573
ก.พ. 60	63,281.73	75,000	1.185	ก.พ. 61	67,940.88	82,000	1.207
มี.ค. 60	46,196.74	93,000	2.013	มี.ค. 61	36,308.42	74,000	2.038
เม.ย. 60	20,045.46	59,000	2.943	เม.ย.61	48,445.62	78,000	1.610
พ.ค. 60	26,087.60	75,000	2.875	พ.ค. 61	67,283.43	97,000	1.442
มิ.ย. 60	37,697.04	85,000	2.255	มิ.ย. 61	50,715.28	94,000	1.853
ก.ค. 60	32,910.18	78,000	2.370	ก.ค. 61	55,778.64	87,000	1.560
ส.ค. 60	16,987.87	71,000	4.179	ส.ค. 61	62,865.94	100,000	1.591
ก.ย. 60	31,421.36	81,000	2.578	ก.ย. 61	32,548.05	84,000	2.581
ต.ค. 60	28,969.50	67,000	2.313	ต.ค. 61	35,674.00	85,000	2.383
พ.ย. 60	39,758.67	76,000	1.912	พ.ย. 61	40,237.23	87,000	2.162
ธ.ค. 60	36,632.90	68,000	1.856	ธ.ค. 61	26,103.58	74,000	2.835
รวม	414,339.84	898,000	2.167	รวม	573,501.70	1,020,000	1.779
เฉลี่ย	34,528.32	74,833	2.376	เฉลี่ย	47,791.81	85,000	1.903

จากตารางที่ 4.2 ได้นำปริมาณการพิมพ์รวมทุกเครื่องพิมพ์ของแต่ละเดือนมาวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ(SEC) ต่อ 1,000 หน้าหนังสือขนาดเอสี่ของโรงพิมพ์เปรียบเทียบปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2561 ดังภาพที่ 4.10



ภาพที่ 4.10 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจำเพาะ(SEC) ของการพิมพ์ พ.ศ. 2560 - พ.ศ. 2561

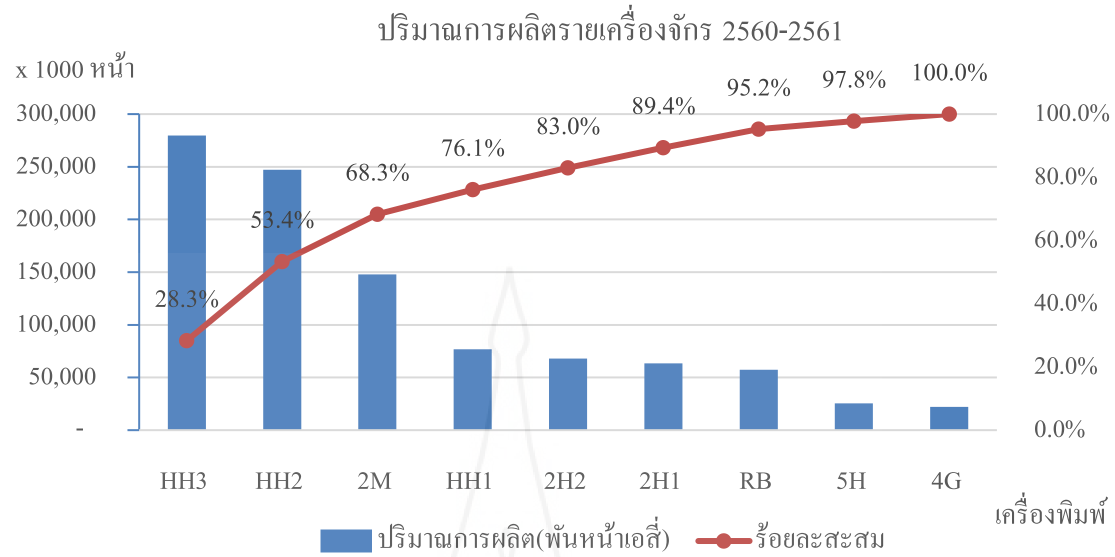
การวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ของงานพิมพ์ เปรียบเทียบปี พ.ศ. 2560 กับปี พ.ศ. 2561 พบว่าค่าการใช้พลังงานจำเพาะสูงสุดอยู่ในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560 โดยมีค่าการใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 4.176 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อ 1,000 หน้าหนังสือขนาดเอสี่ โดยมีผลผลิต 16.987.87 พันหน้าเอสี่ และค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่ำสุดอยู่ที่เดือนกุมภาพันธ์ พ.ศ. 2560 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะเท่ากับ 1.185 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อ1,000 หน้าเอสี่ มีผลผลิต 63,281.73 1พันหน้าเอสี่ เห็นได้ว่าถ้าผลผลิตหรือปริมาณการพิมพ์เพิ่มขึ้น ค่าการใช้พลังงานจำเพาะมีค่าลดลง ในทำนองเดียวกัน ถ้าผลผลิตลดลง ค่าการใช้พลังงานจำเพาะมีค่าเพิ่มขึ้น ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานจำเพาะของงานพิมพ์ในปี พ.ศ. 2560 มีค่าเท่ากับ 2.376 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อ1,000 หน้าเอสี่ และปี พ.ศ. 2561 มีค่าเท่ากับ 1.903 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อ 1,000 หน้าเอสี่ เห็นได้ว่า ค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานจำเพาะของงานพิมพ์ ปีพ.ศ. 2561 ต่ำกว่าของปี พ.ศ. 2560 ร้อยละ 19.9 สิ่งที่ทำให้ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ลดลงมาจากหลายปัจจัย ปัจจัยหนึ่งมาจากปริมาณการพิมพ์ที่สูงขึ้น ร้อยละ 13.6

เมื่อศึกษาข้อมูลปริมาณการพิมพ์ที่ได้จากเครื่องพิมพ์ออฟเซตแยกตามเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องที่ใช้ในงานพิมพ์ เปรียบเทียบระหว่างปี พ.ศ. 2560 และปี พ.ศ. 2561 ได้ข้อมูลในตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ปริมาณการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ออฟเซต พ.ศ. 2560 และ พ.ศ. 2561

เครื่องพิมพ์	จำนวนหน้าพิมพ์/เพลท	จำนวนเพลทพิมพ์	จำนวนหน้าพิมพ์/แผ่น	กำลังการผลิต (แผ่น/ชั่วโมง)	กำลังการผลิต (พันหน้า/ชั่วโมง)	จำนวนพิมพ์ปี 2560 (พันหน้า)	จำนวนพิมพ์ปี 2561 (พันหน้า)	จำนวนหน้าพิมพ์รวม 2 ปี (พันหน้า)
HH3 (ตัด2)	8	2	16	14000	224	108,633	171,165	279,797
HH2 (ตัด2)	8	2	16	13000	208	100,017	147,227	247,244
HH1 (ตัด2)	8	2	16	8000	128	43,674	33,138	76,813
2M (ตัด2)	8	2	16	8000	128	67,152	80,775	147,927
2H2 (ตัด2)	8	1	8	6000	48	29,145	38,799	67,944
2H1 (ตัด2)	8	1	8	6000	48	24,892	38,362	63,254
RB (ตัด4)	4	2	8	8000	64	22,503	34,945	57,449
4G (ตัด4)	4	1	4	6000	24	8,324	13,726	22,050
5H (ตัด5)	2	4	8	15000	120	10,000	15,365	25,364
		รวม				414,340	573,502	269,939

เมื่อพิจารณาปริมาณการพิมพ์ของแต่ละเครื่องพิมพ์ พบว่ามีความแตกต่างกันไป และในแต่ละปีไม่เท่ากัน ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อปริมาณการพิมพ์ที่พิมพ์ได้ คือ ปริมาณสั่งพิมพ์ของแต่ละเครื่องในแต่ละเดือน และจำนวนหน้าที่พิมพ์ได้ในแต่ละเที่ยวพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ ขึ้นกับความสามารถของเครื่องพิมพ์ เช่น จำนวนหน่วยพิมพ์ในเครื่องพิมพ์ ขนาดเครื่องพิมพ์ และความเร็วการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ เป็นต้น ปกติความเร็วการพิมพ์ของแต่ละเครื่องพิมพ์ไม่เท่ากันขึ้นกับความสามารถของเครื่อง จากการสำรวจพื้นที่ในโรงพิมพ์ พบว่าบางเครื่องพิมพ์ไม่สามารถพิมพ์ได้ที่ความเร็วการพิมพ์ตามความสามารถของเครื่องได้ เนื่องมาจากมีอายุใช้งานเครื่องพิมพ์นาน ทำให้ประสิทธิภาพของเครื่องลดลง



ภาพที่ 4.11 ลำดับการพิมพ์รายเครื่องจักรของช่วง พ.ศ. 2560- พ.ศ. 2561

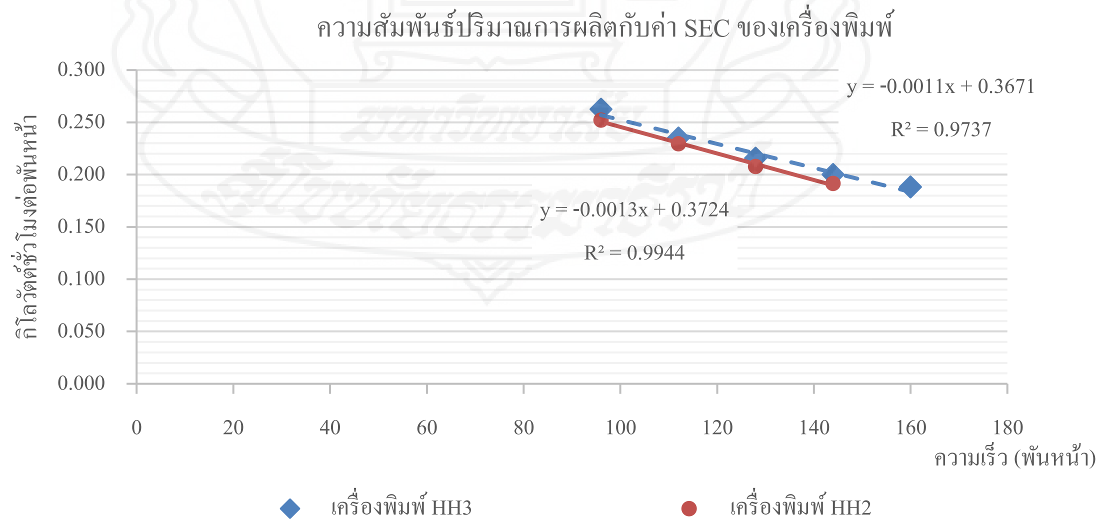
เมื่อวิเคราะห์ผลผลิตหรือปริมาณการพิมพ์ของแต่ละเครื่องพิมพ์ ช่วง พ.ศ. 2560 – พ.ศ. 2561 และจัดลำดับตามปริมาณการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่อง จากสูงสุดจนถึงน้อยสุด ตามภาพที่ 4.11 พบว่ามีลำดับดังนี้ เครื่องพิมพ์ HH3 เครื่องพิมพ์ HH2 เครื่องพิมพ์ 2M เครื่องพิมพ์ HH1 เครื่องพิมพ์ 2H2 เครื่องพิมพ์ 2H1 เครื่องพิมพ์ RB เครื่องพิมพ์ 5H และ เครื่องพิมพ์ 4G ตามลำดับ โดยปริมาณการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH3 ร้อยละ 28.3 และ เครื่องพิมพ์ HH2 ร้อยละ 25.0 ของผลผลิตการพิมพ์ทั้งหมด การวิจัยนี้จึงเน้นที่การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องพิมพ์ HH3 เครื่องพิมพ์ HH2 เป็นหลัก

เมื่อตรวจวัดกำลังการผลิตตามความเร็วและกำลังไฟฟ้าที่ใช้ด้วยเครื่องวัดกำลังไฟฟ้า และนำมาวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องพิมพ์ ตามอัตราความเร็วของการพิมพ์ที่แตกต่างกันของเครื่องพิมพ์ HH3 และเครื่องพิมพ์ HH2 พบว่าค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตลดลงเมื่อความเร็วการพิมพ์เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 4.4 จึงสรุปได้ว่าการเพิ่มความเร็วการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ ทำให้ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยการผลิตลดลง ประสิทธิภาพการใช้พลังงานเพิ่มขึ้น นอกจากนี้จำนวนสั่งพิมพ์มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานเช่นกัน โดยถ้าจำนวนสั่งพิมพ์น้อยทำให้ต้องหยุดเครื่องพิมพ์เพื่อเปลี่ยนแม่พิมพ์บ่อยครั้ง ส่งผลให้เวลาที่เครื่องพิมพ์เดินให้ผลผลิตน้อยลง ความเร็วการพิมพ์โดยเฉลี่ยลดลง และปริมาณการพิมพ์ลดลง ทำให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานลดลงด้วย

ตารางที่ 4.4 ค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องพิมพ์ออฟเซตที่ความเร็วการพิมพ์ต่างกัน

ความเร็ว			เครื่องพิมพ์ HH3			เครื่องพิมพ์ HH2		
(1,000 หน้า/ชั่วโมง)	(แผ่น/ชั่วโมง)	อัตราส่วน SEC การเพิ่มจากฐาน (%)	กำลังไฟฟ้า (kW)	SEC (กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อพันหน้า)	อัตราส่วน SEC การเพิ่มจากฐาน (%)	กำลังไฟฟ้า (kW)	SEC (กิโลวัตต์ ชั่วโมงต่อพันหน้า)	อัตราส่วน SEC การเพิ่มจากฐาน (%)
96	6,000	0	25.2	0.263	0	24.2	0.252	0
112	7,000	16.7%	26.3	0.235	-10.5%	25.7	0.229	-9.0%
128	8,000	33.3%	27.6	0.216	-17.9%	26.6	0.208	-17.6%
144	9,000	50.0%	28.8	0.200	-23.8%	27.6	0.192	-24.0%
160	10,000	66.7%	30.1	0.188	-28.3%	-	-	-

ความสัมพันธ์ของความเร็วการผลิตกับค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ของเครื่องพิมพ์ HH2 และ เครื่องพิมพ์ HH3 ในภาพที่ 4.12 เห็นได้ว่า เมื่อความเร็วการผลิตของเครื่องพิมพ์สูงขึ้น ทำให้ได้ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ของเครื่องพิมพ์ลดลงเป็นความสัมพันธ์ลักษณะเชิงลบ โดยมีค่า R^2 ของเครื่องพิมพ์ HH2 เท่ากับ 0.99 และค่า R^2 ของเครื่องพิมพ์ HH3 เท่ากับ 0.97 ตามลำดับ ซึ่งความเร็วการผลิตกับค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ทั้งสองมีระดับความสัมพันธ์กันสูงมาก



ภาพที่ 4.12 ความสัมพันธ์ของความเร็วการผลิตกับค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ของเครื่องพิมพ์ HH2 และ เครื่องพิมพ์ HH3

1.3 ผลการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบสนับสนุนการผลิต ระบบสนับสนุนการผลิตของโรงพิมพ์ได้แก่ ระบบอัดอากาศที่ใช้ในเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ และระบบแสงสว่าง ซึ่งเป็นระบบที่มีการใช้พลังงานรองจากกระบวนการพิมพ์ การวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ระบบนั้นต้องมีการตรวจวัดพลังงานที่ใช้ต่อผลผลิตของแต่ระบบ รวมถึงประสิทธิภาพของการใช้งาน การรั่วไหลของพลังงานที่ผลิตได้

1.3.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอัดอากาศของโรงพิมพ์

เครื่องอัดอากาศของโรงพิมพ์มี 2 ชนิด ได้แก่ ชนิดสกรูกับชนิดลูกสูบ ระบบอัดอากาศที่ใช้สนับสนุนการผลิตมีการใช้แบบรวมศูนย์ โดยมีเครื่องชนิดสกรูจำนวน 1 เครื่อง ขนาด 50 แรงม้า (37 กิโลวัตต์) ใช้งานมา 8 ปี ส่วนเครื่องอัดอากาศชนิดลูกสูบใช้เฉพาะบางเครื่องจักรในกระบวนผลิต ได้แก่ เครื่องตัด Perfecta แบบ 3 ใบมีด

ผลการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศของโรงพิมพ์ ณ วันที่ 14 มกราคม พ.ศ. 2562 พบว่า เครื่องอัดอากาศมีศักยภาพการผลิตอากาศอัดตามพิกัดอยู่ที่ 2.61 ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์ ประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศอยู่ที่ 2.10 ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์ เมื่อเทียบกับพิกัดเครื่องอัดอากาศ แสดงว่า เครื่องอัดอากาศที่ใช้ในโรงพิมพ์มีประสิทธิภาพร้อยละ 80.46 ดังแสดงในตารางที่ 4.5

เมื่อพิจารณาด้านสมรรถนะพลังงาน เครื่องอัดอากาศมีสมรรถนะพลังงานเท่ากับ 0.48 กิโลวัตต์ต่อลิตรต่อวินาที ปัจจัยที่ส่งผลประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ สภาพเครื่องอัดอากาศที่มีการใช้งานมานาน สภาพอุณหภูมิของอากาศรอบเครื่องอัดอากาศที่มีอุณหภูมิสูง และการดูแลบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ

ภาพที่ 4.13 การตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศของโรงพิมพ์

ตารางที่ 4.5 ผลการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศ

รายละเอียด		สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ขนาดถังพักอากาศอัด + เส้นท่อ		V	1550	ลิตร
ค่าตั้งความดันตัด (Off)		P_{off}	8	บาร์
ค่าตั้งความดันต่อ (On)		P_{on}	7	บาร์
ทดสอบเวลาในการอัด		สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ครั้งที่ 1	เวลา (วินาที)	T	17.1	วินาที
	กำลังไฟฟ้า	Pw	42.6	kW
ครั้งที่ 2	เวลา (วินาที)	T	17.2	วินาที
	กำลังไฟฟ้า	Pw	42.6	kW
ครั้งที่ 3	เวลา (วินาที)	T	17	วินาที
	กำลังไฟฟ้า	Pw	42.6	kW
ครั้งที่ 4	เวลา (วินาที)	T	17.1	วินาที
	กำลังไฟฟ้า	Pw	42.6	kW
ครั้งที่ 5	เวลา (วินาที)	T	17.1	วินาที
	กำลังไฟฟ้า	Pw	42.6	kW
ค่าเฉลี่ย	เวลา (วินาที)	T	17.1	วินาที
	กำลังไฟฟ้า	Pw	42.6	kW
ปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้				
AP= V x (Poff-Pon)/(Tx1.013)		AP	89.48	ลิตรต่อวินาที
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ				
AE=AP/Pw		AE	2.10	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ (ตามพิกัด)				
AE1=AP1/Pw1		AE1	2.61	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ(เทียบพิกัด)				
AE2=AE/AE1		AE2	0.80	%
สมรรถนะการทำงานของเครื่อง				
SE = Pw/AP		SE	0.48	กิโลวัตต์ต่อลิตรต่อวินาที

ผลการวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบส่งอากาศอัดไปยังจุดใช้งาน พบว่าการสูญเสียของอากาศอัดของโรงพิมพ์ที่ได้จากการตรวจวัด และคำนวณประสิทธิภาพระบบส่งอากาศอัดเท่ากับร้อยละ 27.7 ของการจ่ายเข้าระบบอากาศอัด ระบบส่งอากาศอัดรั่วเท่ากับร้อยละ 72.3 ตามตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ผลการคำนวณประสิทธิภาพระบบส่งอากาศอัด

ปริมาณอากาศอัดที่ใช้ เมื่อเปิดสายการผลิต	สัญลักษณ์	ค่า	หน่วย
ประสิทธิภาพเครื่องอัดอากาศ	AE1	2.10	ลิตรต่อวินาทีต่อกิโลวัตต์
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL1	19.00	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU1	55.00	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C1	25.7	%
กำลังไฟฟ้า	Pw1	42.6	kW
ปริมาณอากาศอัดที่ใช้ AU=(AE1) x (Pw1)	AU	23.0	ลิตรต่อวินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศทำงาน (Load)	TL1	18.00	วินาที
เวลาในขณะที่เครื่องอัดอากาศเดินตัวเปล่า (Unload)	TU1	79.00	วินาที
รอบการทำงานของเครื่องอัดอากาศ (Cycle)	C1	19	%
กำลังไฟฟ้า	Pw1	42.6	kW
ปริมาณอากาศอัดที่ใช้ เมื่อรั่ว AL=(AE1) x (Pw1) x (C1)	AL	16.60	ลิตรต่อวินาที
อัตราการรั่วต่ออากาศอัดใช้งาน Leak = AL/(AU-AL)	Leak1	260.7	%
อัตราการรั่วต่ออากาศอัดที่จ่าย Leak = AL/AU	Leak2	72.3	%
ประสิทธิภาพการส่งอากาศอัด Tr = 100-Leak2	Tr	27.7	%

จากการสำรวจพื้นที่โรงพิมพ์จริง พบว่า มีจุดรั่วไหลของอากาศในระบบท่อส่งอากาศอัดและจุดใช้งาน 5 จุด สาเหตุมาจากการชำรุดของอุปกรณ์ เนื่องจากมีการใช้งานมานาน และเกิดการรั่วซึมตามข้อต่อของระบบท่อ และจุดเชื่อมต่อกับเครื่องจักรหลวม ตามภาพที่ 4.14

ภาพที่ 4.14 จุดรั่วของระบบอากาศอัดของโรงพิมพ์

1.3.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

ผลการวิเคราะห์ตรวจวัดข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบไฟให้แสงสว่างภายในโรงพิมพ์ พบว่าประสิทธิภาพของการส่องสว่างของพื้นที่ต่ำกว่ามาตรฐาน หลอดไฟแสงสว่างส่วนใหญ่เป็นหลอดไฟแบบฟลูออเรสเซนต์ มีทั้งขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ โดยใช้ร่วมกับ บาลาสแกนเหล็กธรรมดา ซึ่งมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าที่ออกมาเป็นแบบความร้อนขนาด 8 - 12 วัตต์ และมีหลอดไฟ LED ขนาด 250 วัตต์ ที่พื้นที่ปฏิบัติงานพิมพ์ และจากการสำรวจพื้นที่และตรวจวัดค่าความส่องสว่างบริเวณโต๊ะทำงาน และจุดทำงานในห้องต่าง ๆ ได้ค่าความส่องส่วางตามตารางที่ 4.8 พบว่ามีหลายจุดที่มีค่าความส่องสว่างไม่เพียงพอตามมาตรฐานที่กฎหมายกำหนด ซึ่งจะต้องมีการปรับปรุง

ภาพที่ 4.15 สภาพของระบบแสงสว่างของโรงพิมพ์

ตารางที่ 4.7 เปรียบเทียบค่าประสิทธิภาพการให้แสงสว่างของหลอดไฟ

ชนิด	กำลังไฟฟ้า(w)	ฟลักซ์การส่องสว่าง (lm)	ประสิทธิภาพการส่องสว่าง (lm/W)
หลอดฟลูออเรสเซนต์	18 w	1,200	67
หลอดฟลูออเรสเซนต์	36 w	2,690	75
LED	18 w	2,500	139

ตารางที่ 4.8 ผลการวัดค่าส่องสว่างของโรงพิมพ์

ชั้น	ชื่อห้อง	พื้นที่ (m^2)	จำนวนหลอดไฟ			ค่าความส่องสว่างเฉลี่ย (Lux)		พลังงานที่ใช้ (kW)	ชั่วโมงทำงานต่อวัน
			F36	F18	L250	มาตรฐาน	วัดได้		
1	พื้นที่การพิมพ์	1350	113	0	20	300	449	10198	10
1	ห้องเครื่องพิมพ์ 5H	134	14	0	0	300	236	644	10
1	เก็บเล่ม	250	60	0	0	300	152	2760	8
1	สิ่งพิมพ์สำเร็จ	50	8	0	0	400-500	159	368	8
1	เก็บเพลท 1	50	16	0	0	200	69	736	10
1	เก็บเพลท 2	50	12	0	0	200	117	552	10
1	แม่พิมพ์	50	12	0	0	200	141	552	8
1	Store office	25	5	0	0	400-500	133	230	8
1	Store 1	25	5	0	0	200	112	230	8
1	Store 2	50	7	0	0	200	64	322	10
1	Store 3(หลัก)	475	0	0	7	200	205	1750	8
1	หน่วยอาคาร	15	6	0	0	400-500	314	276	12
1	ห้องผสมหมึก	15	7	0	0	400-500	635	322	10
1	ทางเดินกลางชั้นล่าง	145	12	0	0	100	149	552	10
1	ห้องน้ำชายใต้บันได	8	1	0	0	100	117	46	8
1	ห้องน้ำหญิงใต้บันได	8	1		0	100	120	46	8
1	เก็บของส่วนตัว	21	0	9	0	100	72	252	8
1	ห้องน้ำชายโรงพิมพ์	30	1	4	0	100	187	158	8
1	ห้องน้ำหญิงโรงพิมพ์	30	1	4	0	100	184	158	8
2	ฟิล์ม	80	15	2	0	400-500	196	746	8
2	วัดแสง	88	20	0	0	400-500	281	920	8
2	พิมพ์	32	12	0	0	400-500	331	552	8
	รวม	**2981**	**328**	**19**	**27**			**22370**	

1.4 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าในสำนักงาน

การใช้พลังงานของสำนักงานอยู่ที่ระบบปรับอากาศเป็นหลัก เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในสำนักงานเป็นชนิดแบบแยกส่วนมีทั้งหมดจำนวน 39 เครื่อง ดังแสดงในภาคผนวก ง. ข้อมูลของระบบปรับอากาศของโรงพิมพ์ จากการตรวจวัดพลังงานไฟฟ้าที่ใช้กับปริมาณความร้อนที่สามารถเอาออกจากห้องปรับอากาศได้ คำนวณประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศเทียบกับพิกัดของเครื่องปรับอากาศของแต่ละเครื่อง พบว่าประสิทธิภาพของเครื่องต่ำกว่ามาตรฐาน เนื่องจากมีการใช้งานมานานมากกว่า 10 ปี ทั้งหมด 20 ตัว การระบายความร้อนของชุดคอนเดนเซอร์ไม่ดี เนื่องจากตำแหน่งติดตั้งของชุดคอนเดนเซอร์อยู่ตรงระเบียงอาคาร ทิศทางการระบายความร้อนถูกกันด้วยผนังและบางกลุ่มติดตั้งอยู่รวมกัน ตามภาพที่ 4.16 การปรับตั้งอุณหภูมิห้องพบว่าตั้งต่ำกว่า 25 องศาเซลเซียสทำให้เครื่องปรับอากาศทำงานนานขึ้น ปัจจัยดังกล่าวส่งผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศ

ภาพที่ 4.16 การตรวจวัดประสิทธิภาพเครื่องปรับอากาศของโรงพิมพ์

ตารางที่ 4.9 ผลการตรวจวัดเครื่องปรับอากาศของโรงพิมพ์ อายุมากกว่า 10 ปี

รายการ	อายุ	ผลการตรวจวัด											
		อุณหภูมิลมจ่าย	ความชื้นสัมพัทธ์	Enthalpy	อุณหภูมิลมกลับ	ความชื้นสัมพัทธ์	Enthalpy	พื้นที่หน้าตัดลมกลับ	ความเร็วลมกลับ	ความเร็วลมจ่าย	สมรรถนะการทำความเย็น	กำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพ EER
ห้อง/หมายเลขครุภัณฑ์	ปี	°C	%	kJ/kg	°C	%	kJ/kg	m^2	m/s	m/s	TR	kW	Btu/hr
ห้องเครื่อง 5 H /202-001-001/510024-00	11	12	85	30.8	24	52	48.9	0.36	1.02	4.23	2.2	3.4	8.0
ห้องเครื่อง 5 H /202-001-001/510025-00	11	12	85	33.2	22	63	52.8	0.36	1.05	4.17	2.5	3.4	8.9
ห้องเครื่อง 5 H /202-001-001/510026-00	11	13	87	33.6	23	65	52.3	0.36	1.07	3.79	2.4	3.4	8.7
ห้อง เก็บเพลท /202-001-001/510012-00	11	14	86	35.8	26	51	53.5	0.28	1	3.7	1.7	2.3	8.8
ห้องแม่พิมพ์ /202-001-001/510011-00	11	13	80	31.8	25.2	51	47.9	0.28	1.04	3.8	1.6	2.3	8.2
ห้องหน่วยผลิต /202-001-001/510023-00	11	13	80	31.9	25.2	51	50.2	0.36	1	3.17	2.2	3.4	8.0
ห้องหน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ /202-001-001/510028-00	11	14	82	34.8	23.8	68	53.7	0.36	0.9	3.09	2.1	3.4	7.3
ห้องหน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ /202-001-001/510029-00	11	13	80	31.9	25.2	51	50.2	0.36	1.09	4.55	2.4	3.4	8.6
ห้องหน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ /202-001-001/510004-00	11	15	79	36.4	24	58	52.6	0.28	1.08	3.5	1.6	2.3	8.7
ห้องคลังพัสดุ /4120-001-0001/48-0015	13	15.1	86	38.5	24.4	58	52.6	0.27	1.16	3.08	1.5	2.2	8.2

ตารางที่ 4.9 (ต่อ)

รายการ	อายุ	ผลการตรวจวัด											
		อุณหภูมิลมจ่าย	ความชื้นสัมพัทธ์	Enthalpy	อุณหภูมิลมกลับ	ความชื้นสัมพัทธ์	Enthalpy	พื้นที่หน้าตัดลมกลับ	ความเร็วลมกลับ	ความเร็วลมจ่าย	สมรรถนะการทำความเย็น	กำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพ EER
ห้องคลังพัสดุ /202-001-001/510013-00	11	14.7	88	38.0	24.5	57	52.6	0.28	1.12	3.15	1.5	2.3	8.2
ห้องเก็บฟิล์ม /202-001-001/510022-00	11	16	88	41.4	27	63	63.3	0.36	1.2	4.6	3.2	3.4	11.4
ห้องเก็บฟิล์ม /202-001-001/510021-00	11	12	81	36.0	24.5	57	51.8	0.36	1.15	3.9	2.2	3.4	7.9
ห้องถ่ายฟิล์ม /202-001-001/510001-00	11	13	82	32.4	21	62	45.5	0.23	1.04	5.1	1.1	1.6	7.8
ห้องถ่ายฟิล์ม /202-001-001/510005-00	11	14	87	36.0	23	52	48.6	0.11	1.9	3.68	0.9	1.2	9.3
ห้องถ่ายฟิล์ม /202-001-001/510006-00	11	13.2	83	33.1	23	58	48.1	0.23	1.03	4.55	1.2	1.6	9.1
ห้องถ่ายฟิล์ม /202-001-001/510007-00	11	12.3	87	31.9	22.1	54	45.0	0.23	1.09	3.94	1.1	1.6	8.5
ห้องถ่ายฟิล์ม /202-001-001/510002-00	11	12.3	87	32.0	22.3	55	46.0	0.11	1.8	4.71	0.9	1.2	9.2
ห้องฟิล์มและวางรูปแบบ /4120-001-0001/46-0005	15	13.5	81	33.3	24	54	54.0	0.42	1.05	4.55	3.1	4.6	8.2
ห้องทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ /202-001-001/510004-00	11	15.3	81	36.6	23.1	61	50.7	0.28	1.2	3.9	1.6	2.6	7.5

2. ผลการนำเสนอแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า และการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัย-ธรรมาธิราช

2.1 การนำเสนอแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ในกระบวนการผลิต ระบบสนับสนุนการผลิต และสำนักงาน ได้ใช้แผนภูมิเหตุและผล พบว่าประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่ลดลงมาจากสาเหตุในด้านต่าง ๆ ได้แก่ เครื่องจักร พนักงาน วิธีการทำงาน วัตถุดิบ และสภาพแวดล้อม เพื่อนำใช้ในการนำเสนอแนวทางปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ตามภาพที่ 4.17

ภาพที่ 4.17 การวิเคราะห์แผนภูมิเหตุและผลที่มีต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลง

สรุปแนวทางในปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงพิมพ์มีทั้งหมด 28 แนวทาง ซึ่งแบ่งเป็นการปรับปรุงในส่วนต่างๆ ดังนี้

ระบบไฟฟ้า 3 แนวทาง ได้แก่

1) การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor: PF)

2) การควบคุมความต้องการพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

3) การติดตั้งโซล่าร์เซลล์เพื่อช่วยลดพลังงานไฟฟ้า

กระบวนการผลิต 8 แนวทาง ได้แก่

1) การจัดลำดับการใช้เครื่องพิมพ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน
2) การลดเวลาการเปลี่ยนแม่พิมพ์
3) การลดเวลาเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องพิมพ์ เครื่องทำเล่มไสสันทากาว เครื่องพับ
4) การลดของเสียในการพิมพ์
5) การเพิ่มความเร็วในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH2 และ เครื่องพิมพ์ HH3
6) ลดการใช้เครื่องอัดอากาศในเครื่องพิมพ์ให้ใช้ระบบอากาศอัดส่วนกลาง
7) การบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ตามแผนการบำรุงรักษา
8) ปิดพัดลมอุตสาหกรรมเมื่อไม่ใช้งาน

ระบบอากาศอัด 6 แนวทาง ได้แก่

1) การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง
2) การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศด้วย Power Save
3) การลดการรั่วไหล่ของอากาศอัด
4) การลดขนาดของเครื่องอัดอากาศ
5) การลดระดับแรงดันการใช้งานจาก 7-8 บาร์ มาเป็น 6-7 บาร์
6) การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ

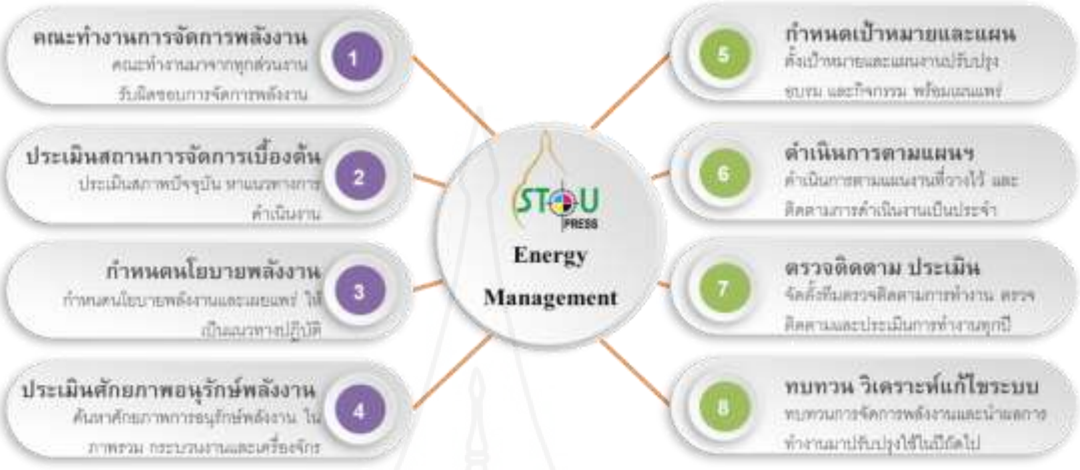
ระบบแสงสว่าง 5 แนวทาง ได้แก่

1) การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ เป็นหลอด LED
2) การจัดผังจุดทำงานให้ระดับการส่องสว่างให้เหมาะสม
3) การเพิ่มการใช้แสงสว่างธรรมชาติ
4) การแยกสวิทช์ควบคุมการเปิดปิดไฟแสงสว่าง
5) การควบคุมการเปิดปิดไฟแสงสว่างด้วยชุดตั้งเวลา

ระบบปรับอากาศ 6 แนวทาง ได้แก่

1) การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นเครื่องประสิทธิภาพสูง
2) การปรับปรุงการระบายอากาศของชุดคอนเดนเซอร์
3) การควบคุมอุณหภูมิการใช้งานที่ 25 องศาเซลเซียส
4) การติดตั้งระบบควบคุมการเปิดปิดอัตโนมัติ
5) การลดการรั่วไหลในห้องปรับอากาศ
6) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

แนวทางในปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานเชิงระบบของโรงพิมพ์ โดยมี 8 ขั้นตอนตามภาพที่ 4.18 เพื่อให้เกิดการบริหารจัดการพลังงานของโรงพิมพ์อย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 4.18 แนวทางการบริหารและการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

นอกจากนี้ยังได้นำเสนอลำดับความสำคัญในการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาแนวทางที่มีความสำคัญในการปรับปรุงทั้งหมด 3 มิติ ได้แก่ (1) ขนาดการใช้พลังงาน (2) ชั่วโมงการใช้งาน (3) ศักยภาพในการปรับปรุง โดยศักยภาพในการปรับปรุง แบ่งเกณฑ์ย่อยเป็นการส่งผลกระทบต่อกระบวนการทำงานอื่น และความสามารถในการดำเนินงาน

เมื่อนำแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมด 28 แนวทางมาพิจารณาให้คะแนนและคำนวณหาน้ำหนักความสำคัญ เพื่อจัดลำดับความสำคัญในการปรับปรุงตามน้ำหนักที่ได้ ผลการจัดลำดับแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าดังแสดงในตารางที่ 4.10

ตารางที่ 4.10 การพิจารณาแนวทางที่มีความสำคัญในการปรับปรุง

	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของโรงพิมพ์	ปัจจัยในการพิจารณา				คะแนนรวม	ลำดับ
		(1) ขนาด	**(2) ชั่วโมง**	**(3) ศักยภาพการปรับปรุง**			
				ผลกระทบ	**ความสามารถ**		
1	การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor: PF.)	3	5	2	2	60	
2	การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าของโรงพิมพ์	5	5	2	2	100	
3	การติดตั้งโซล่าร์เซลล์เพื่อช่วยลดพลังงานไฟฟ้า	3	3	2	2	36	
4	การจัดลำดับการใช้เครื่องพิมพ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน	5	4	2	1	40	
5	การลดเวลาการเปลี่ยนแม่พิมพ์	5	4	2	1	40	
6	การลดเวลาเดินเครื่องตัวเปล่าของเครื่องพิมพ์ เครื่องทำเล่มใสสันทากาว เครื่องพับ	5	4	3	1	60	
7	การลดของเสียในการพิมพ์	5	4	3	1	60	
8	การเพิ่มความเร็วในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH2, HH3	5	4	4	1	80	
9	ลดการใช้เครื่องอัดอากาศในเครื่องพิมพ์ให้ใช้ระบบอากาศอัดส่วนกลาง	2	4	2	1	16	
10	การบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์	5	4	3	1	60	
11	ปิดพัดลมอุตสาหกรรมเมื่อไม่ใช้งาน	1	4	4	3	48	
12	การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง	3	5	2	1	30	
13	การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศด้วย Power Save	3	5	5	5	375	1
14	การลดการรั่วไหล่ของอากาศอัด	3	5	4	4	240	2
15	การลดขนาดของเครื่องอัดอากาศ	3	5	2	1	30	
16	การลดระดับแรงดันการใช้งานจาก 7-8 บาร์ มาเป็น 6-7 บาร์	3	5	4	3	180	
17	การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ	3	5	4	3	180	
18	การเปลี่ยนหลอดไฟ Fluorescent เป็นหลอด LED	2	4	3	4	96	
19	การจัดผังจุดทำงานให้ระดับการส่องสว่างให้เหมาะสม	2	4	2	4	64	
20	การเพิ่มการใช้แสงสว่างธรรมชาติ	2	4	3	1	24	
21	การแยกสวิทช์ควบคุมการเปิดปิดไฟแสงสว่าง	2	4	3	4	96	

ตารางที่ 4.10 (ต่อ)

	แนวทางการอนุรักษ์พลังงานของโรงพิมพ์	ปัจจัยในการพิจารณา				คะแนนรวม	ลำดับ
		(1) ขนาด	(2) ชั่วโมง	(3) ศักยภาพการปรับปรุง			
				ผลกระทบ	ความสามารถ		
22	การควบคุมการเปิดปิดไฟแสงสว่างด้วยชุดตั้งเวลา	2	4	3	4	96	
23	การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นเครื่องประสิทธิภาพสูง	5	4	3	3	180	
24	การปรับปรุงการระบายอากาศของชุดคอนเด็นเซอร์	5	4	3	3	180	
25	การควบคุมอุณหภูมิการใช้งานที่ 25 องศาเซลเซียส	5	4	2	5	200	
26	การติดตั้งระบบควบคุมการเปิดปิดอัตโนมัติ	5	4	2	5	200	
27	การลดการรั่วไหลในห้องปรับอากาศ	5	4	2	5	200	
28	การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน	5	4	2	5	200	

2.2 การดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

งานวิจัยนี้ได้ดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า 2 แนวทางดังนี้

2.2.1 การลดการรั่วไหล่ของระบบอากาศอัด ดำเนินการปรับปรุงโดยการแก้ไขอากาศอัดรั่วที่จุดต่อของท่อและเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดของกระบอกสูบนิวเมติก ซึ่งได้ข้อมูลในตารางที่ 4.11

ตารางที่ 4.11 การลดการรั่วไหลของอากาศอัด

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	Unit
1	**สถานะก่อนการปรับปรุง (ทดสอบร้อยละการรั่วไหลของอากาศอัดในระบบ ขณะที่ไม่มีการจ่ายลมอัดเข้าอุปกรณ์)**				
1.1	ปริมาณอัตราจ่ายอากาศอัดรวมขณะทำงานปกติ	AS_total	-	22.97	ลิตร/วินาที
1.2	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี	Hr	4,320	-	ชั่วโมง/ปี
1/3	ร้อยละการทำงานของระบบ	%LF	90.0%	-	%
1.4	Free Air Delivery ของเครื่องทดสอบ	FAD_test,1	89.48	-	ลิตร/วินาที

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	Unit
1.5	อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรวมขณะ on-load	W_(L,test1)	42.60	-	กิโลวัตต์
1.6	เวลาเฉลี่ยขณะ on-load	t_(L,test1)	18	-	วินาที
1.7	อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรวมขณะ un-load	W_(UL,test1)	26.70	-	กิโลวัตต์
1.8	เวลาเฉลี่ยขณะ un-load	t_(UL,test1)	79	-	วินาที
1.9	สัดส่วนเวลาการอัดอากาศ	CL_test1= t_(L,test1)/(t_(L,test1) + t_(UL,test1))	-		%
1.10	กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย	W_avg = (W_L × t_L+W _UL × t_UL) /(t_L +t_UL)	-	29.65	กิโลวัตต์
1.11	อัตราลมรั่ว	AS_Leak1= CL_test1×FAD_test1	-	16.60	ลิตร/วินาที
1.12	คิดเป็นร้อยละการรั่วไหลอากาศอัด	%Leak_1=AS_Leak1∕AS_tot	-	72.3%	**%**
1.13	ประสิทธิภาพการส่งลมอัด	Eff_AS1=1-%Leak_1	-	27.7%	%
1.14	กำลังงานเทียบเท่าที่สูญเสียจากการรั่วไหล	W_(test,1)= (ΔW)_(comp,test1)×CL_test1	-	5.50	กิโลวัตต์
1.15	พลังงานสูญเสียจากการรั่วไหล	En_1=W_(test,1)×Hr×%LF	-	21,392.39	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
2	**สถานะหลังการปรับปรุง (ทดสอบร้อยละการรั่วไหลของอากาศอัดในระบบ ขณะที่ไม่มีการจ่ายลมอัดเข้าอุปกรณ์)**				
2.1	Free Air Delivery ของเครื่องทดสอบ	FAD_test2	89.48	-	ลิตร/วินาที)
2.2	อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรวมขณะ on-load	W_(L,test2)	42.60	-	กิโลวัตต์
2.3	เวลาเฉลี่ยขณะ on-load	t_(L,test2)	22	-	วินาที
2.4	อัตราการใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ยรวมขณะ un-load	W_(UL,test2)	26.70	-	กิโลวัตต์
2.5	เวลาเฉลี่ยขณะ un-load	t_(UL,test2)	114	-	วินาที
2.6	สัดส่วนเวลาการอัดอากาศ	CL_test2= t_(L,test2)/(t_(L,test2) +t_(UL,test2))	-	16.18%	
2.7	กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย	W_avg = (W_L ×t_L+W˙_UL × t_UL))/(t_L +t_UL)	-	29.27	
2.8	อัตราลมรั่ว	AS_Leak2 = CL_test2×FAD_test2	-	14.47	ลิตร/วินาที

ตารางที่ 4.11 (ต่อ)

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	Unit
2.9	ปริมาณอัตราจ่ายอากาศอัดรวมขณะทำงานปกติ	FAD_tot	-	22.97	ลิตร/วินาที)
2.10	คิดเป็นร้อยละการรั่วไหลอากาศอัด	%Leak_2 = AS_Leak2⁄FAD_tot	-	63.0%	
2.11	ประสิทธิภาพการส่งลมอัด	Eff_AS2 = 1-%Leak_2	-	37.0%	
2.12	กำลังงานเทียบเท่าที่สูญเสียจากการรั่วไหล	W_(test,2) = (ΔW)_(comp,test2)×CL_test2	-	4.74	กิโลวัตต์
2.13	พลังงานสูญเสียจากการรั่วไหล	En_2=W_(test,2)×Hr×%LF	-	18,410.40	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
3	**ประมาณการผลประหยัด**				
3.1	ประมาณการผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่ลดได้	ΔE = En_1-En_2	-	2,982.0	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4	**สรุปผลประหยัดและการลงทุน**				
4.1	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่สูญเสียเดิม	En_1	-	21,392	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4.2	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	ΔE	-	2,982	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4.3	คิดเป็นร้อยะของการสูญเสียเดิม	%ES = ΔE⁄En_1	-	13.9%	%
4.4	ราคาพลังงานต่อหน่วย	UC	4.62	-	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
4.5	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้	SC = ΔE×UC	-	13,777	บาท/ปี
4.6	การลงทุน	I	1,000	-	บาท
4.7	ระยะเวลาคืนทุน	PB=I⁄SC	-	0.07	ปี

2.2.2 การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศด้วย Power Save ดำเนินการปรับปรุงโดยติดตั้งชุด Power Save ที่เครื่องอัดอากาศ ช่วยลดกำลังไฟฟ้าและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า ได้ข้อมูลในตารางที่ 4.12

ตารางที่ 4.12 การเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ด้วยชุด Power Save

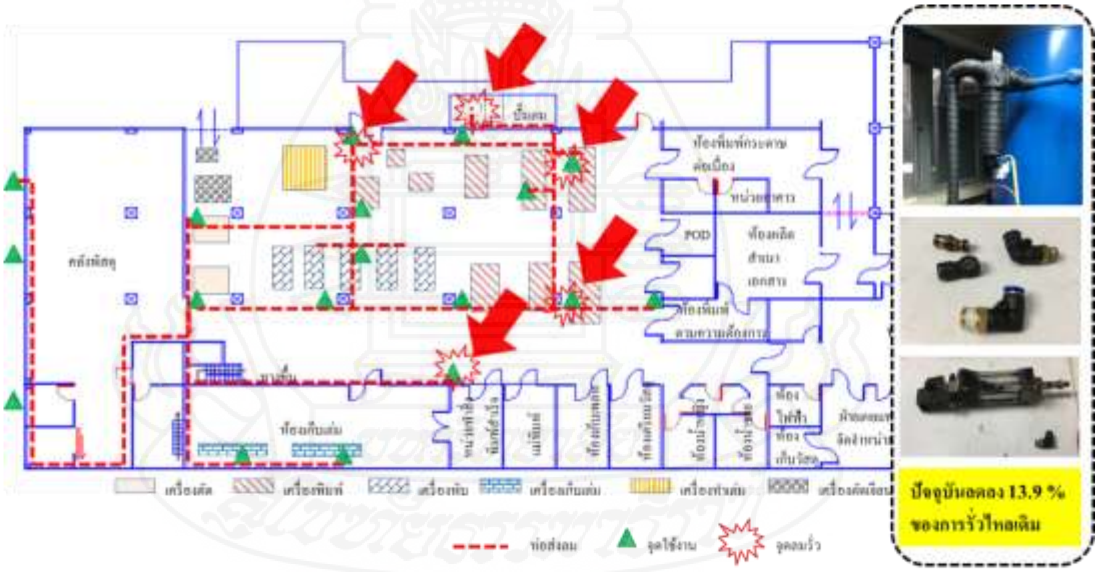
	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	หน่วย
1	**สถานะก่อนการปรับปรุง**				
1.1	จำนวนชุดของอุปกรณ์หรือระบบ	QTY	1.0	-	ชุด
1.2	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี	Hr	4,320	-	ชม./ปี
1.3	ร้อยละการทำงานของระบบ	%LF	90.0%	-	%
1.4	การทำงานของเครื่องอัดอากาศ				
1.5	กำลังงานเครื่องอัดอากาศขณะ Load	W_L	36.49	-	กิโลวัตต์
1.6	กำลังงานเครื่องอัดอากาศขณะ Unload	W_UL	29.21	-	กิโลวัตต์
1.7	เวลาการทำงานขณะ Load เฉลี่ย	t_L	23.94	-	วินาที
1.8	เวลาการทำงานขณะ Unload เฉลี่ย	t_UL	42.07	-	วินาที
1.9	กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย	W_avg = (Ẇ_L ×t_L +W _UL × t_UL)/(t_L +t_UL)	-	31.85	กิโลวัตต์
1.10	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	En_1 = W_avg × QTY ×%LF × Hr	-	123,834.2	กิโลวัตต์ ชั่วโมง
1.11	สมรรถนะการทำงานของเครื่อง	SE_1 = W_L ⁄ FAD	0.48		กิโลวัตต์ / (ลิตร/วินาที)
2	**สถานะ**หลังปรับปรุง				
2.1	สมรรถนะเครื่องอัดอากาศ	SE_2	0.29	-	กิโลวัตต์ / (ลิตร/วินาที)
3	**ประมาณการผลประหยัด**				
3.1	กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	ΔW =(1-SE_2/SE_1) × W_avg	-	12.74	กิโลวัตต์
3.2	พลังงานไฟฟ้าที่ลดได้	ΔE = ΔW ×QTY ×Hr×%LF	-	49,547.2	กิโลวัตต์ชั่วโมง
4	**สรุปผลประหยัดและการลงทุน**				
4.1	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม	En_1	-	123,834	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4.2	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	ΔE	-	49,547	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4.3	คิดเป็นร้อยละ	%ES = ES ⁄ En_1	-	40.0%	%
4.4	ราคาพลังงานต่อหน่วย	UC	4.62	-	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
4.5	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้	SC=ΔE×UC	-	228,908	บาท/ปี
4.6	การลงทุน	I	26,900	-	บาท
4.7	ระยะเวลาคืนทุน	PB = I ⁄ SC	-	0.12	ปี

3. ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังการปรับปรุง

การปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ผู้วิจัยได้ดำเนินงานร่วมกับทีมงานของหน่วยอาคารและซ่อมบำรุงของโรงพิมพ์ ในการตรวจวัดวิเคราะห์และปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้า โดยเริ่มจากโครงการที่ไม่ต้องลงทุนและลงทุนน้อย มีทั้งหมด 2 แนวทาง ได้แก่ การลดการรั่วไหลของระบบอากาศอัด และการเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศด้วยชุด Power Save

3.1 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการปรับปรุงการลดการรั่วไหลของระบบอากาศอัด

การดำเนินการปรับปรุงเมื่อ 5 มิถุนายน พ.ศ.2562 โดยการแก้ไขและเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดร่วมกับทีมของส่วนงานอาคารของโรงพิมพ์ ชุดข้อต่อลมอัดที่ต่ออยู่กับเครื่องพิมพ์ ยางกันอากาศรั่วของกรองระบบอัดอากาศรั่ว ยางกันอากาศรั่วของอุปกรณ์กระบอกอากาศอัดรั่ว และ การขันแน่นของระบบท่อส่งลมที่มีการรั่วไหลในจุดต่างๆ ดังภาพที่ 4.19



ภาพที่ 4.19 การปรับปรุงการลดการรั่วไหลของระบบอากาศอัด

สรุปผลการดำเนินการปรับปรุง สามารถลดการรั่วไหลของระบบอากาศอัดลดลงร้อยละ 13.9 สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 2,982 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงไปได้เท่ากับ 13,777 บาท/ปี งบประมาณลงทุนเท่ากับ 1,000 บาท คุ้มทุนภายใน 0.07 ปีหรือเท่ากับ 0.8 เดือน

3.2 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ด้วยชุด Power Save

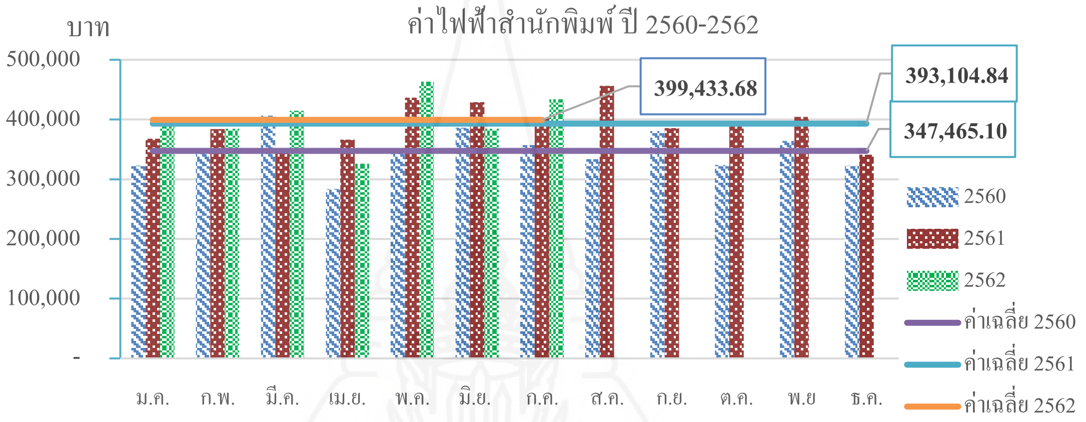
ผลการดำเนินการปรับปรุงการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ด้วยชุด Power Save ดำเนินการปรับปรุงเมื่อ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2562 โดยติดตั้งชุด Power Save เพื่อลดกำลังไฟฟ้าของมอเตอร์ในเครื่องอัดอากาศ ลดความต้านทานของระบบไฟฟ้า ทำให้กระแสไฟฟ้าลดลง และทำการตรวจวัดผลกำลังไฟฟ้าที่ใช้และปริมาณอากาศอัดที่ผลิตได้ ตามภาพที่ 4.20

ภาพที่ 4.20 การปรับปรุงการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ด้วยชุด Power Save

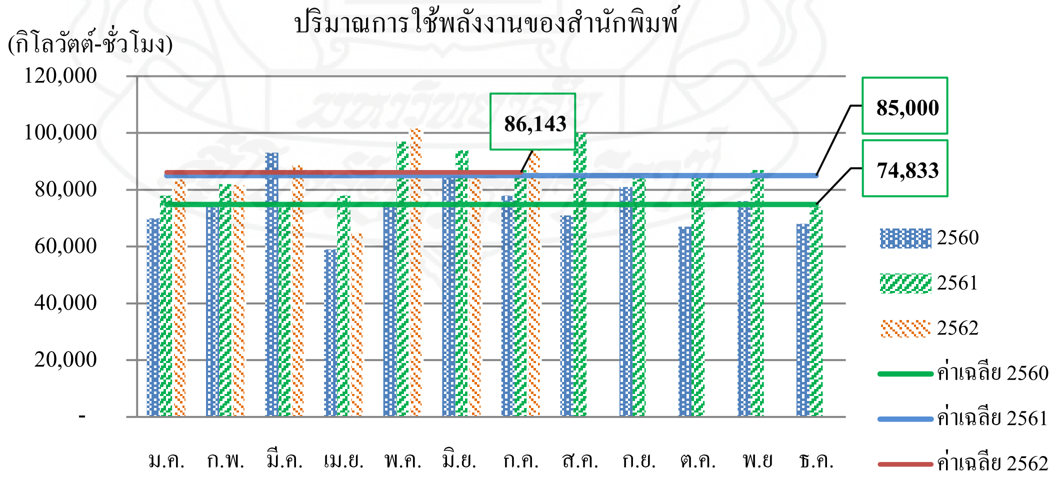
สรุปผลการดำเนินการปรับปรุง สามารถเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศได้ ร้อยละ 40.0 สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 49,547 กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงเท่ากับ 228,908 บาท/ปี งบประมาณลงทุนเท่ากับ 26,900 บาท คุ้มทุนภายใน 0.12 ปีหรือเท่ากับ 1.4 เดือน

ผลเปรียบเทียบการปรับปรุงตามแนวทาง พบว่าปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าลดลงตามการแสดงของแต่ละแนวทางของการดำเนินงานการลดการรั่วไหล่ของระบบอากาศอัดที่ดำเนินการเมื่อ 5 มิถุนายน พ.ศ. 2562 และการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศ ด้วยชุด Power Save เมื่อ 16 สิงหาคม พ.ศ. 2562 แต่ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มาจากหลายปัจจัย และมีการเพิ่มการใช้พลังงานของระบบอากาศอัดไปยังศูนย์ฝึกอบรมเทคโนโลยีการพิมพ์แห่งชาติเพิ่มเติม จึงทำให้ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์เพิ่มขึ้น ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของช่วง 6 เดือนแรกของปี พ.ศ. 2562 เฉลี่ยเท่ากับ 399,433.68 บาทต่อเดือน และ ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของปี พ.ศ. 2561 เฉลี่ยเท่ากับ 393,104.84 บาทต่อเดือน ดังแสดงในภาพที่ 4.21 ค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.6% ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของปี พ.ศ. 2561 เฉลี่ยเท่ากับ 85,000 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน และ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของของช่วง 6 เดือนแรกปี พ.ศ. 2562 เฉลี่ยเท่ากับ 86,143 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อเดือน ในภาพที่ 4.22 การใช้พลังงานไฟฟ้าเพิ่มขึ้นเท่ากับ 1.3% การใช้

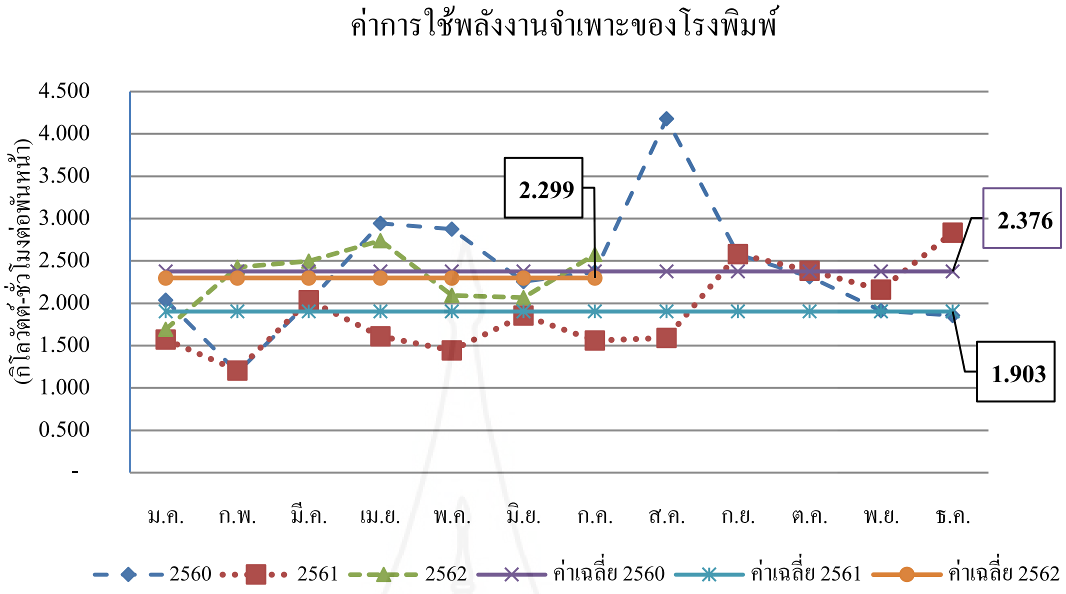
พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตของปี พ.ศ. 2561 เฉลี่ยเท่ากับ 1.903 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อพันหน้าเอสี่ และการใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตของของช่วง 6 เดือนแรกปี พ.ศ. 2562 เฉลี่ยเท่ากับ 2.299 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อพันหน้าเอสี่ การใช้พลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยผลิตเพิ่มขึ้นร้อยละ 19.9 สรุปได้ว่าค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าโรงพิมพ์ภาพรวมที่สูงขึ้น แต่อย่างไรก็ตามการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าตามแนวทางที่ค้นพบสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ตามรายการแสดง แต่ยังไม่เพียงพอเท่ากับการเพิ่มใช้พลังงานของโรงพิมพ์



ภาพที่ 4.21 เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของ พ.ศ. 2561 กับ พ.ศ. 2562



ภาพที่ 4.22 เปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของ พ.ศ. 2561 กับ พ.ศ. 2562



ภาพที่ 4.23 เปรียบเทียบค่าการใช้พลังงานจำเพาะของโรงพิมพ์

งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัย ที่มีการลงทุน 4 แนวทาง ได้แก่

1) การเพิ่มความเร็วการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์
2) การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น
3) การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED
4) การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีประสิทธิภาพสูง

โดยแสดงผลการประหยัดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า และจุดคืนทุนที่จะได้รับ เพื่อเป็นข้อมูลให้หน่วยงานในการตัดสินลงทุนต่อไป รายละเอียดดังนี้

3.3 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการเพิ่มความเร็วการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์

การดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าโดยเพิ่มความเร็วการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH3 จากเดิม 8,500 รอบต่อชั่วโมง เป็น 10,000 รอบต่อชั่วโมง ได้ผลตารางที่ 4.13 ดังนี้

ตารางที่ 4.13 การเพิ่มความเร็วในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH3

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	หน่วย
1	**สถานะก่อนการปรับปรุง (8,500 รอบ)**				
1.1	ปริมาณการผลิตรวม	Pr_1	171,165	-	พันหน้า/ปี
1.2	กระบวนการผลิตใช้กำลังงาน	W_E1	28.1	-	กิโลวัตต์
1.3	ปริมาณการผลิต	Pr_2	136	-	พันหน้า/ชม
1.4	ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ	SEC_1=W˙_E1⁄(Pr)˙_2	-	0.21	กิโลวัตต์ชั่วโมง/พันหน้า
1.5	ร้อยละการทำงานของระบบ	%LF_E1	100.0%	-	%
1.6	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	En_D1 =Pr_1×SEC_1×%LF_E1	-	35,365.6	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
2	**สถานะหลังการปรับปรุง (10,000 รอบ)**				
2.1	ปริมาณการผลิตรวม ใหม่	(Pr)_3	171,165	-	พันหน้า/ปี
2.2	กระบวนการผลิตใช้กำลังงาน	W _E2	30.1	-	กิโลวัตต์
2.3	ปริมาณการผลิต	(Pr)_4	160	-	พันหน้า/ชม
2.4	ดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ	SEC_2=En_2⁄(Pr)_2	-	0.19	กิโลวัตต์ชั่วโมง/พันหน้า
2.5	ร้อยละการทำงานของระบบ	%LF_E2	100.0%	-	%
2.6	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	En_D2=(Pr)_3×SEC_2×%LF_E2		32,200.3	กิโลวัตต์ชั่วโมง//ปี
3	**ประมาณการผลประหยัด**				
3.1	ประเมินที่ปริมาณการผลิต	Pr	171,165	-	พันหน้า/ปี
3.2	พลังงานที่ใช้ ที่สมรรถนะการผลิตเดิม	En_D1		35,365.6	กิโลวัตต์ชั่วโมง//ปี
3.3	พลังงานที่ใช้ ที่สมรรถนะการผลิตใหม่	En_D2		32,200.3	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
3.4	พลังงานที่ประหยัดได้	ΔE =En_D1-En_D2		3,165.3	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี

ตารางที่ 4.13 (ต่อ)

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	หน่วย
4	**สรุปผลประหยัดและการลงทุน**				
4.1	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	ΔE		3,165	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4.2	คิดเป็นร้อยละ	%ΔE = ΔE" "⁄E_1		9.0%	%
4.3	ราคาพลังงานต่อหน่วย	UC	4.62	-	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
4.3	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้	SC = ΔE×UC	-	14,624	บาท/ปี
4.4	การลงทุน	I	0	-	บาท
4.5	ระยะเวลาคืนทุน	PB = I⁄ΔE" "	-	0.00	ปี

3.4 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น

แนวทางการเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น จะให้ผลของการประหยัดค่าใช้จ่ายและการคืนทุนดังตารางที่ 4.14

ตารางที่ 4.14 การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	หน่วย
1	**สถานะก่อนการปรับปรุง**				
1.1	จำนวนชุดของอุปกรณ์หรือระบบ	QTY	1.0	-	ชุด
1.2	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี	Hr	4,320	-	ชั่วโมง/ปี
1.3	ร้อยละการทำงานของระบบ	%LF	90.0%	-	%
1.4	การทำงานของเครื่องอัดอากาศ				
1.5	กำลังงานเครื่องอัดอากาศขณะ Load	W_L	42.60	-	กิโลวัตต์
1.6	กำลังงานเครื่องอัดอากาศขณะ Unload	W_UL	26.70	-	กิโลวัตต์
1.7	เวลาการทำงานขณะ Load เฉลี่ย	t_L	19.00	-	วินาที
1.8	เวลาการทำงานขณะ Unload เฉลี่ย	t_UL	55.00	-	วินาที

ตารางที่ 4.14 (ต่อ)

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	หน่วย
1.9	กำลังงานไฟฟ้าที่ใช้เฉลี่ย	W_avg = (W_L×t_L+W_UL×t_UL) / (t_L +t_UL)	-	30.78	กิโลวัตต์
1.10	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	En_1=W_avg ×QTY× %LF × Hr	-	119,682.1	กิโลวัตต์ชั่วโมง// ปี
1.11	สมรรถนะการทำงานของเครื่อง	SE_1=W_L⁄FAD	0.48	-	กิโลวัตต์/(ลิตร/วินาที)
2	**สถานะหลังปรับปรุง**				
2.1	สมรรถนะเครื่องอัดอากาศ	SE_2	0.32	-	กิโลวัตต์/(ลิตร/วินาที)
3	**ประมาณการผลประหยัด**				
3.1	กำลังไฟฟ้าที่ลดได้	$\Delta\dot{W}$=(1-SE_2/SE_1)× Wavg	-	10.26	กิโลวัตต์
3.2	พลังงานไฟฟ้าที่ลดได้	ΔE =ΔW×QTY ×%LF × Hr	-	39,894.0	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4	**สรุปผลประหยัดและการลงทุน**				
4.1	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม	En_1	-	119,682	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4.2	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	ΔE	-	39,894	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
4.3	คิดเป็นร้อยละ	%ES=ES⁄En_1	-	33.3%	%
4.4	ราคาพลังงานต่อหน่วย	UC	4.62	-	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
4.5	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้	SC = ΔE×UC	-	184,310	บาท/ปี
4.6	การลงทุน	I	500,000	-	บาท
4.7	ระยะเวลาคืนทุน	PB = I⁄SC	-	2.71	ปี

3.5 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED

แนวทางการเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED จะให้ผลของการประหยัดค่าใช้จ่ายและการคืนทุนดังตารางที่ 4.15

ตารางที่ 4.15 การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอด LED

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	หน่วย
1	**สถานะก่อนการปรับปรุง**				
1.1	กำลังหลอดแสงสว่างที่ใช้อยู่ที่ใช้อยู่		36.0	-	วัตต์/หลอด
1.2	บัลลาสต์และอุปกรณ์เสริมอื่นๆ		10.0	-	วัตต์/หลอด
1.3	รวมกำลังไฟฟ้าต่อหลอด	W_i1	-	46.0	วัตต์/หลอด
1.4	จำนวนชุดของอุปกรณ์หรือระบบ	QTY_1	328	-	ชุด
1.5	รวมกำลังไฟฟ้าขณะทำงาน	W_E1=W_i1×QTY_1	-	15.1	กิโลวัตต์
1.6	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี	Hr_1	2,112	-	ชั่วโมง/ปี
1.7	ร้อยละการทำงานของระบบ	%LF_1	100.0%	-	%
1.8	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	En_1=W_E1 ×Hr_1×%LF_1	-	31,866	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
2	**สถานะหลังการปรับปรุง**				
2.1	กำลังหลอดแสงสว่างที่ใช้หลังปรับปรุง		18.0	-	วัตต์/หลอด
2.2	บัลลาสต์และอุปกรณ์เสริมอื่นๆ		0.0		วัตต์/หลอด
2.3	รวมกำลังไฟฟ้าต่อหลอด	W˙_i2	-	18.0	วัตต์/หลอด
2.4	จำนวนชุดของอุปกรณ์หรือระบบ	QTY_2	328	-	ชุด
2.5	ระบบเดิมใช้กำลังไฟฟ้าขณะทำงาน	W_E2=W_i2×QTY_2	-	5.9	กิโลวัตต์
2.6	ชั่วโมงการทำงานของระบบต่อปี	Hr_2	2,112	-	ชั่วโมง/ปี
2.7	ร้อยละการทำงานของระบบ	%LF_2	100.0%	-	%
2.8	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้	En_2=W˙_E2×Hr_2× %LF_2	-	12,469	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
3	**ประมาณการผลประหยัดและการคืนทุน**				
3.1	กำลังไฟฟ้าที่ลดลงได้	ΔW=(W_E1)˙-W_E2	-	9.2	กิโลวัตต์
3.2	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	ΔE=En_1 -En_2	-	19,396.6	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
3.3	สรุปผลประหยัดและการลงทุน				
3.4	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม	En_1	-	31,866	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
3.5	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	ΔE	-	19,397	กิโลวัตต์ชั่วโมง/ปี
3.6	คิดเป็นร้อยละผลประหยัด	%ΔE=ΔE∕En_1	-	60.9%	%
3.7	ราคาพลังงานต่อหน่วย	UC	4.62	-	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
3.8	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้	SC=ΔE×UC	-	89,612	บาท/ปี
3.9	การลงทุน	I	98,400	-	บาท
3.10	ระยะเวลาคืนทุน	PB=I∕"SC "	-	1.10	ปี

3.6 ผลการเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าในการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีประสิทธิภาพสูง

แนวทางการเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนที่มีประสิทธิภาพสูง จะให้ผลของการประหยัดค่าใช้จ่ายและการคืนทุนดังตารางที่ 4.16

ตารางที่ 4.16 การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนประสิทธิภาพสูง

	รายการ	สัญลักษณ์	Input	Output	หน่วย
1	**สถานะก่อนการปรับปรุง**				
1.1	สัดส่วนสมรรถนะการทำงาน	EER_1	8.0	-	BTUH/W
1.2	ขนาดพิกัดเครื่องปรับอากาศ	BTUH_1	36,000	-	BTUH
1.3	จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้	QTY_1	1	-	ชุด
1.4	ชั่วโมงการทำงาน	Hr_1	3,000	-	ชั่วโมง/ปี
1.5	สัดส่วนการทำงาน (Load Factor)	%LF_1	75%	-	%
1.6	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	En_1=BTUH_1/EER_1× (QTY_1×Hr_1×%LF_1)/1000	-	10,125.0	กิโลวัตต์ชั่วโมง//ปี
2	**สถานะหลังการปรับปรุง**				
2.1	สัดส่วนสมรรถนะการทำงาน	EER_2	20.0	-	BTUH/W
2.2	ขนาดพิกัดเครื่องปรับอากาศ	BTUH_2	36,100	-	BTUH
2.3	จำนวนเครื่องปรับอากาศที่ใช้	QTY_2	1	-	ชุด
2.4	ชั่วโมงการทำงาน	Hr_2	3,000	-	ชม./ปี
2.5	สัดส่วนการทำงาน (Load Factor)	%LF_2	75%	-	%
2.6	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้	En_2=BTUH_2/EER_2× (QTY_2×Hr_2×%LF_2)/1000	-	4,061.3	กิโลวัตต์ชั่วโมง//ปี
3	**ประมาณการผลประหยัดและการคืนทุน**				
3.1	พลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้	ΔE=En_1 -En_2	-	6,063.8	กิโลวัตต์ชั่วโมง//ปี
3.2	สรุปผลประหยัดและการลงทุน				
3.3	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เดิม	En_1	-	10,125	กิโลวัตต์ชั่วโมง//ปี
3.4	ปริมาณพลังงานที่ประหยัดได้	ΔE	-	6,064	กิโลวัตต์ชั่วโมง//ปี
3.5	คิดเป็นร้อยละ	%ΔE=ΔE/En_1	-	59.9%	%
3.6	ราคาพลังงานต่อหน่วย	UC	4.62	-	บาท/กิโลวัตต์ชั่วโมง
3.7	มูลค่าพลังงานที่ประหยัดได้	SC=ΔE×UC	-	28,015	บาท/ปี
3.8	การลงทุน	I	47,000		บาท
3.9	ระยะเวลาคืนทุน	PB=I/SC	-	1.68	ปี

บทที่ 5
สรุปการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาวิจัยนี้มีรูปแบบการวิจัยพัฒนา มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิเคราะห์ลักษณะ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช นำเสนอแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ระบบสนับสนุนการผลิต และสำนักงานของโรงพิมพ์ และเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราชก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงพิมพ์ โดยเน้นการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ด้วยระบบการพิมพ์ออฟเซต ให้เกิดประโยชน์คุ้มค่าที่สุด โดยผลสรุปของการทำวิจัย อภิปรายผล และมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. สรุปการวิจัย

การดำเนินการวิจัยและพัฒนาได้ศึกษาลักษณะการใช้พลังงานไฟฟ้า และวิเคราะห์สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ ในกระบวนการผลิต ระบบสนับสนุนการผลิต และสำนักงาน จากข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ย้อนหลัง 2 ปี (พ.ศ. 2560- พ.ศ. 2561) มีการศึกษาปัจจัยที่มีผลกระทบกับการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ และวิเคราะห์การใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตของเครื่องพิมพ์ที่เป็นเครื่องจักรหลักในการผลิตสิ่งพิมพ์ เพื่อหาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของเครื่องจักรหลัก จากนั้นได้นำเสนอแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าแต่ละระบบ และเลือกแนวทางเพื่อดำเนินการปรับปรุงและวิเคราะห์ผลการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า และสรุปเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงพิมพ์ก่อนและหลังการปรับปรุง โดยใช้แนวทางการจัดการพลังงานตามพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน มาตรฐานสากลระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001:2011 และทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานทางเทคนิคของระบบต่าง ๆ ที่มีการใช้งานในโรงพิมพ์

เครื่องมือวัดที่ใช้เก็บข้อมูล ประกอบด้วยเครื่องมือตรวจวัดกำลังไฟฟ้า เครื่องวัดอุณหภูมิ เครื่องวัดความชื้นสัมพัทธ์ เครื่องวัดความเร็วลม เครื่องวัดแสง เครื่องวัดระยะความยาว และเครื่องจับเวลา

1.1 การวิเคราะห์ลักษณะ และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัย-สุโขทัยธรรมาธิราช

โรงพิมพ์มีการใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 62 ของการใช้พลังงานไฟฟ้ารวมของสำนักพิมพ์ โดยพลังงานที่ใช้ในโรงพิมพ์ แบ่งเป็นพลังงานไฟฟ้าในส่วนของระบบการผลิตสิ่งพิมพ์ร้อยละ 38 ระบบปรับอากาศร้อยละ 31 ระบบอัดอากาศร้อยละ 18 ระบบแสงสว่างร้อยละ 10 และอื่น ๆ ร้อยละ 3 โรงพิมพ์ใช้พลังงานไฟฟ้าของการไฟฟ้านครหลวงประเภทอัตราตามช่วงเวลาของการใช้ (Time of Use Rate : TOU) มีค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Peak (เวลา 9:00-22:00 น.) เท่ากับ 4.1839 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง และค่าพลังงานไฟฟ้าช่วง Off Peak (เวลา 22:00-09:00 น.) และวันหยุดเสาร์ - วันอาทิตย์ วันแรงงานแห่งชาติ วันหยุดราชการตามปกติ (ไม่รวมวันพืชมงคลและวันหยุดชดเชย) เท่ากับ 2.6037 บาทต่อกิโลวัตต์ชั่วโมง เห็นได้ว่าการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์อยู่ในช่วงของค่าพลังงานไฟฟ้าที่สูง และจากผลการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์มีค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor : PF.) ที่ต่ำกว่าพิกัดของการไฟฟ้านครหลวงกำหนดไว้

1.1.1 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของกระบวนการผลิต

กระบวนการผลิตของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยใช้ระบบการพิมพ์ออฟเซตในการผลิตสิ่งพิมพ์ สิ่งพิมพ์หลักที่ผลิตเป็นเอกสารการสอนสำหรับการเรียนการสอนในหลักสูตรต่าง ๆ เริ่มจากการวางแผนการผลิตในหน่วยงานผลิตต่าง ๆ ประกอบด้วย งานถ่ายฟิล์มและทำแม่พิมพ์เพื่อทำแม่พิมพ์ออฟเซตด้วยเครื่องทำแม่พิมพ์ระบบคอมพิวเตอร์ทูเพลท งานตัดกระดาษเพื่อเบิกกระดาษมาตัดด้วยเครื่องตัดกระดาษตามขนาดกระดาษที่ใช้พิมพ์บนเครื่องพิมพ์ งานพิมพ์นำแม่พิมพ์ออฟเซตจากงานทำแม่พิมพ์ และกระดาษจากงานตัดกระดาษมาพิมพ์ด้วยเครื่องพิมพ์ออฟเซต งานพับยกนำแผ่นพิมพ์จากงานพิมพ์มาพับด้วยเครื่องพับยก และส่งไปเก็บเล่มด้วยเครื่องเก็บเล่มจนครบยกแล้วจึงส่งไปทำเล่มด้วยเครื่องไสสันทากาว จนได้เล่มสิ่งพิมพ์แล้วนำไปตัดเจียนเล่มตามขนาดหนังสือ และห่อเพื่อรอส่งให้กับลูกค้า สิ่งพิมพ์แต่ละงานมีจำนวนหน้าไม่เท่ากัน อีกทั้งเครื่องพิมพ์แต่ละเครื่องมีขนาดกระดาษพิมพ์ที่ขึ้นพิมพ์ไม่เท่ากัน การวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตของการพิมพ์ใช้พื้นที่การพิมพ์เป็น 1,000 หน้าหนังสือขนาดเอสี่ (A4)

เมื่อวิเคราะห์ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) ต่อ 1,000 หน้าหนังสือขนาดเอสี่ของโรงพิมพ์ พบว่าค่าเฉลี่ยการใช้พลังงานจำเพาะของโรงพิมพ์ปี พ.ศ. 2560 มีค่าเท่ากับ 2.376 กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อ 1,000 หน้าเอสี่ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าของปี พ.ศ. 2561 เท่ากับร้อยละ 19.9 ทำให้เห็นว่าปี พ.ศ. 2561 มีการใช้พลังงานจำเพาะของโรงพิมพ์ดีกว่า ปี พ.ศ. 2560 เนื่องจากได้ผลผลิตมากกว่าร้อยละ 13.6

จากการวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของแต่ละเครื่องจักรในการผลิตสิ่งพิมพ์ของโรงพิมพ์ พบว่า เครื่องพิมพ์มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดถึงร้อยละ 57 จึงพิจารณาหาแนวทางการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าในเครื่องพิมพ์เป็นสำคัญ และเมื่อวิเคราะห์ผลผลิตการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ ของปี พ.ศ. 2560- พ.ศ. 2561 และจัดลำดับตามปริมาณการพิมพ์ของเครื่องแต่ละเครื่องจากมากไปน้อย พบว่าปริมาณการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH3 เครื่องพิมพ์ HH2 เครื่องพิมพ์ 2M เครื่องพิมพ์ HH1 เครื่องพิมพ์ 2H2 เครื่องพิมพ์ 2H1 เครื่องพิมพ์ RB เครื่องพิมพ์ 5H และ เครื่องพิมพ์ G4 ตามลำดับ โดยมีปริมาณการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH3 ร้อยละ 28.3 และ เครื่องพิมพ์ HH2 ร้อยละ 25.0 ของผลผลิตการพิมพ์ทั้งหมด

เมื่อวิเคราะห์ผลตรวจวัดค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องพิมพ์ ตามอัตราความเร็วของการพิมพ์ที่เครื่องพิมพ์ HH3 และเครื่องพิมพ์ HH2 พบว่าค่าการใช้พลังงานจำเพาะลดลงเมื่อปรับความเร็วเพิ่มขึ้น ซึ่งส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานสูงขึ้น แต่ความเร็วในการพิมพ์ของแต่ละเครื่องนั้นขึ้นอยู่กับรายละเอียดทางเทคนิคของเครื่องและความสามารถของเครื่องพิมพ์ รวมถึงจำนวนพิมพ์ที่สั่งพิมพ์ ถ้าจำนวนพิมพ์น้อยต้องหยุดเครื่องเพื่อปรับเปลี่ยนแม่พิมพ์บ่อย มีผลให้ความเร็วของการพิมพ์ลดลง ประสิทธิภาพการใช้พลังงานก็จะลดลงด้วย

ความสัมพันธ์ของปริมาณการผลิตกับค่าการใช้พลังงานจำเพาะของเครื่องพิมพ์ HH2 และ เครื่องพิมพ์ HH3 เห็นได้ว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบ และ R^2 เท่ากับ 0.99,0.97 ตามลำดับ

1.1.2 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบสนันสนุนการผลิต

ระบบสนับสนุนการผลิตได้แก่ ระบบอากาศอัดที่ใช้ในเครื่องจักรต่าง ๆ ที่ใช้ในกระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ และระบบแสงสว่าง

ระบบอากาศอัดพบว่ามีเครื่องอัดอากาศ 1 เครื่องชนิดสกรูมีขนาด 50 แรงม้า (37 กิโลวัตต์) ใช้งานมา 8 ปี มีประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องอัดอากาศเท่ากับร้อยละ 80 สมรรถนะพลังงานการใช้พลังงานเท่ากับ 0.48 กิโลวัตต์ต่อลิตรต่อวินาที มีการใช้งานเครื่องอัดอากาศร้อยละ 25.7 จากการตรวจวัดประสิทธิภาพระบบส่งอากาศอัด เท่ากับร้อยละ 27.7 ของการจ่ายระบบอากาศอัด และพบมีจุดรั่วไหลของอากาศในระบบท่อส่งอากาศอัดและจุดใช้งาน 5 จุด สาเหตุมาจากการชำรุดของอุปกรณ์

ระบบแสงสว่างของโรงพิมพ์พบว่าหลอดไฟที่ใช้ส่วนมากเป็นหลอดไฟแบบฟลูออเรสเซนต์ขนาด 36 วัตต์ และ 18 วัตต์ ใช้ร่วมกับบาลาสแกนเหล็กธรรมดา มีการสูญเสียพลังงานออกมาเป็นความร้อนขนาด 8-12 วัตต์ พบว่าระดับค่าส่องสว่างหลายพื้นที่ต่ำกว่ามาตรฐาน การจัดผังการทำงานกับการให้แสงสว่างยังไม่เหมาะสม และไม่ปิดสวิทซ์เมื่อไม่ใช้งาน

1.1.3 การวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักงาน

การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักงานอยู่ที่ระบบปรับอากาศเป็นหลัก เครื่องปรับอากาศที่ใช้ในสำนักงานเป็นชนิดแบบแยกส่วนมีทั้งหมดจำนวน 39 เครื่อง พบว่า ประสิทธิภาพของเครื่องต่ำกว่ามาตรฐาน การระบายความร้อนของชุดคอนเดนเซอร์ไม่ดี เนื่องจากมีตำแหน่งติดตั้งไม่เหมาะสม และอยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีอุณหภูมิสูง การใช้งานเครื่องปรับอากาศมีการปรับตั้งอุณหภูมิไม่เหมาะสม ปัจจัยดังกล่าวส่งผลให้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานของเครื่องปรับอากาศลดลง

1.2 การนำเสนอแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และระบบสนับสนุนการผลิตของโรงพิมพ์

1.2.1 แนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และระบบสนับสนุนการผลิตของโรงพิมพ์

งานวิจัยได้วิเคราะห์ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานโดยใช้ผังเหตุและผล ได้แนวทางปรับปรุงของแต่ละระบบ 28 แนวทางประกอบด้วย

การใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ 3 แนวทาง ได้แก่ 1) การปรับปรุงตัวประกอบกำลังไฟฟ้า (Power Factor : PF) 2) การควบคุมความต้องการพลังไฟฟ้าของโรงพิมพ์ และ 3) การติดตั้งโซล่าร์เซลล์เพื่อช่วยลดพลังงานไฟฟ้า

กระบวนการผลิตสิ่งพิมพ์ 8 แนวทาง ได้แก่ 1) การจัดลำดับการใช้เครื่องพิมพ์ที่มีประสิทธิภาพสูงก่อน 2) การลดเวลาการเปลี่ยนแม่พิมพ์ 3) การลดเวลาเดินเครื่องเปล่าของเครื่องพิมพ์ เครื่องทำเล่มใสสันทากาว และเครื่องพับ 4) การลดของเสียในการพิมพ์ 5) การเพิ่มความเร็วในการพิมพ์ของเครื่องพิมพ์ HH2 และเครื่องพิมพ์HH3 6) ลดการใช้เครื่องอัดอากาศในเครื่องพิมพ์ให้ใช้ระบบอากาศอัดส่วนกลาง 7) การบำรุงรักษาเครื่องพิมพ์ 8) ปิดพัดลมอุตสาหกรรมเมื่อไม่ใช้งาน

ระบบอากาศอัด มี 6 แนวทาง ได้แก่ 1) การเปลี่ยนเครื่องอัดอากาศเป็นเครื่องที่มีประสิทธิภาพสูง 2) การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศด้วย Power Save 3) การลดการรั่วไหล่ของอากาศอัด 4) การลดขนาดของเครื่องอัดอากาศ 5) การลดระดับแรงดันการใช้งานจาก 7-8 Bar มาเป็น 6-7 Bar และ 6) การบำรุงรักษาเครื่องอัดอากาศ

ระบบแสงสว่าง มี 5 แนวทาง ได้แก่ 1) การเปลี่ยนหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นหลอดไฟ LED 2) การจัดผังจุดทำงานให้ระดับการส่องสว่างให้เหมาะสม 3) การเพิ่มการใช้แสงสว่างธรรมชาติ 4) การแยกสวิตช์ควบคุมการเปิดปิดไฟแสงสว่าง 5) การควบคุมการเปิดปิดไฟแสงสว่างด้วยชุดตั้งเวลา

ระบบปรับอากาศมี 6 แนวทาง ได้แก่ 1) การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศแบบแยกส่วนเป็นเครื่องประสิทธิภาพสูง 2) การปรับปรุงการระบายอากาศของชุดคอนเดนเซอร์ 3) การควบคุมอุณหภูมิการใช้งานที่ 25 องศาเซลเซียส 4) การติดตั้งระบบควบคุมการเปิดปิดอัตโนมัติ 5) การลดการรั่วไหลในห้องปรับอากาศ 6) การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน

1.2.2 การดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า

งานวิจัยนี้ได้พิจารณาจากเกณฑ์ 3 ด้าน (1) ขนาดการใช้พลังงานไฟฟ้า (2) ชั่วโมงการใช้งาน (3) ศักยภาพในการปรับปรุง เพื่อเลือกดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ซึ่งได้ 2 แนวทาง ได้แก่

- การลดการรั่วไหล่ของระบบอากาศอัด โดยแก้ไขอากาศอัดรั่วที่จุดต่อของท่อและเปลี่ยนอุปกรณ์ที่ชำรุดของกระบอกสูบนิวเมติก

- การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศด้วย Power Save โดยติดตั้งชุด Power Save ที่เครื่องอัดอากาศ ช่วยลดกำลังไฟฟ้าและค่าตัวประกอบกำลังไฟฟ้า

1.3 การเปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานของโรงพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ก่อนและหลังการปรับปรุงของโรงพิมพ์

ผลวิเคราะห์เปรียบเทียบค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าก่อนและหลังปรับปรุงในสองแนวทางที่ดำเนินการ มีดังนี้

การลดการรั่วไหลของระบบอากาศอัด สามารถลดการรั่วไหลของระบบอากาศอัดลดลง เท่ากับร้อยละ 13.9 สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 2,982 kWh/ปี คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงไปได้เท่ากับ 13,777 บาท/ปี งบประมาณลงทุนเท่ากับ 1,000 บาท คุ้มทุนภายใน 0.07 ปีหรือเท่ากับ 0.8 เดือน

การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องอัดอากาศด้วย Power Save สามารถเพิ่มสมรรถนะเครื่องอัดอากาศได้ เท่ากับร้อยละ 40.0 สามารถประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้เท่ากับ 49,547 kWh/ปี คิดเป็นค่าพลังงานไฟฟ้าที่ลดลงไปได้เท่ากับ 228,908 บาท/ปี งบประมาณลงทุนเท่ากับ 26,900 บาท คุ้มทุนภายใน 0.12 ปีหรือเท่ากับ 1.4 เดือน

2. อภิปรายผล

ผลการศึกษาวิเคราะห์ลักษณะ ปริมาณการใช้ประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้า ค้นหาแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ มีความสัมพันธ์กับหลักการวิเคราะห์กับแนวคิดและทฤษฎีการอนุรักษ์พลังงานของระบบปรับอากาศ

ระบบอัดอากาศและระบบไฟฟ้าแสงสว่าง และมีความสอดคล้องกับหลักการวิเคราะห์ตามหลักวิศวกรรมและมาตรฐานการจัดการพลังงานสากล ISO 50001 ผลการการดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ สามารถลดค่าใช้จ่ายจากการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์ได้ และมีความสอดคล้องกับชมพูนิกข์ นามสุวรรณ (2557) ได้ศึกษาระบบการจัดการพลังงานภายในโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช " เมื่อเครื่องจักรมีการใช้งานเป็นระยะเวลานานจะส่งผลให้ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องลดลง ทำให้เกิดการสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้ามากเกินความจำเป็น รวมไปถึงจำเป็นต้องเสียค่าใช้จ่ายในการซ่อมแซม บำรุงรักษาอีกด้วย ดังนั้นจึงควรทำการตรวจสอบประสิทธิภาพเครื่องจักรอย่างสม่ำเสมอ เพื่อบำรุงรักษาให้อยู่ในสภาพที่พร้อมการใช้งาน การเลือกอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพสูงให้เหมาะสมกับการใช้งานในอาคารก็จะสามารถช่วยให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าลง และมีความคุ้มค่าต่อการลงทุนอีกด้วย" และมีความสอดคล้องกับจิตติพัฒน์ สงวนสิน (2558) ได้ศึกษาเรื่องการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต ที่พบว่า " แนวทางการจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคารเรียนคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สำคัญประกอบด้วย การเปลี่ยนเครื่องปรับอากาศประสิทธิภาพสูง การจัดการให้มีการใช้เครื่องปรับอากาศที่สอดคล้องกับชั่วโมงการใช้งานจริง และการให้ความรู้เพื่อส่งเสริมพฤติกรรมการประหยัดพลังงานแก่บุคลากรและนักศึกษา" และมีความสอดคล้องกับ กฤษณะ วิวัฒนชีวิน, ศักดิ์ชาย รักการ, อัตถกร กลั่นความดี และธนาคม สกุลไทย (2560) ได้ศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอุตสาหกรรมการผลิต เครื่องสำอาง ที่ได้สำรวจและวิเคราะห์การใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่าง พบว่า "มาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างรวมทั้งสิ้น 6 มาตรการ คือ (1) การใช้ Photo Switch ควบคุมการทำงานของหลอดไฟไล่แมลง (2) การใช้ Motion Sensor ควบคุมการทำงานของหลอดไฟในห้องแต่งตัว (3) การใช้ Motion Sensor ควบคุมการทำงานของหลอดไฟในห้องน้ำ (4) การลดจำนวนหลอดไฟที่ไม่จำเป็นและการปิดไฟบริเวณทางเดินในช่วงเวลาพัก (5) การติดตั้งแผ่นไฟเบอร์โปร่งแสงบริเวณหลังคาเพื่อใช้แสงธรรมชาติแทนการเปิดไฟแสงสว่าง (6) การลดความสูงของโคมไฟเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการส่องสว่าง สามารถนำแนวทางการประหยัดพลังงานไฟฟ้าไปทำการวิเคราะห์ทางเศรษฐศาสตร์โดยทำการวิเคราะห์อัตราผลตอบแทนการลงทุน พบว่าหากนำแนวทางทั้งหมดไปปฏิบัติครบทุกแนวทางจะสามารถลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในอาคาร 2 ลงได้"

3. ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะที่สามารถต่อยอดในการวิจัยครั้งต่อไปได้แก่

1. การศึกษาตัวแปรด้านพฤติกรรมของพนักงานที่มีผลกระทบต่อการใช้พลังงานไฟฟ้าของโรงพิมพ์

2. การใช้เทคโนโลยี Internet of Things (IoT) คือ "อินเตอร์เน็ตในทุกสิ่ง" มาช่วยในการเก็บข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล ติดตาม ควบคุมการใช้พลังงานไฟฟ้า และปรับปรุงประสิทธิภาพของเครื่องจักรในกระบวนการพิมพ์

3. การปรับปรุงผังกระบวนการผลิต การปรับปรุงสภาพแวดล้อมการทำงาน และการลดมลพิษด้านสิ่งแวดล้อม

4. การปรับปรุงการวางแผนการผลิตสิ่งพิมพ์ด้วยเทคโนโลยี 4.0

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

การใช้พลังงานไฟฟ้าของสำนักพิมพ์

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ในรอบปี 2560 **เลขเครื่องวัด** 85067129

เดือน	พลังไฟฟ้าสูงสุด			kVar	พลังงานไฟฟ้า					ค่าใช้จ่าย			ค่าไฟฟ้ารวม	ค่าใช้จ่าย Vat	ค่าไฟฟ้ารวมสุทธิ	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	ค่าไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยต่อหน่วย
	P	PP/OP1	ค่าใช้จ่าย		ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)		ค่าใช้จ่าย (บาท)			Ft	PF	บริการ					
	(กิโลวัตต์)	(กิโลวัตต์)	(บาท)		Peak	Off Peak	Peak	Off Peak	พลังงานไฟฟ้า	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	7%	(บาท)	(บาท/kWh)	(บาท/kWh)
ม.ค.	429	374	57,026.97	316.0	53,000	17,000	223,114.10	44,701.50	267,815.60	(26,103.00)	2,803.50	312.24	301,855.31	21,129.87	322,985.18	3.83	4.61
ก.พ.	454	389	60,350.22	318.0	57,000	18,000	239,952.90	47,331.00	287,283.90	(27,967.50)	2,074.59	312.24	322,053.45	22,543.74	344,597.19	3.83	4.59
มี.ค.	452	435	60,084.36	319.0	68,000	25,000	286,259.60	65,737.50	351,997.10	(34,679.70)	2,186.73	312.24	379,900.73	26,593.05	406,493.78	3.78	4.37
เม.ย.	467	425	62,078.31	318.0	43,000	16,000	181,017.10	42,072.00	223,089.10	(22,001.10)	1,626.03	312.24	265,104.58	18,557.32	283,661.90	3.78	4.81
พ.ค.	467	419	62,078.31	331.0	50,000	25,000	210,485.00	65,737.50	276,222.50	(18,577.50)	2,354.94	312.24	322,390.49	22,567.33	344,957.82	3.68	4.60
มิ.ย.	435	406	57,824.55	307.0	62,000	23,000	261,001.40	60,478.50	321,479.90	(21,054.50)	2,074.59	312.24	360,636.78	25,244.57	385,881.35	3.78	4.54
ก.ค.	427	361	56,761.11	305.0	56,000	22,000	235,743.20	57,849.00	293,592.20	(19,320.60)	2,242.80	312.24	333,587.75	23,351.14	356,938.89	3.76	4.58
ส.ค.	422	345	56,096.46	303.0	53,000	18,000	223,114.10	47,331.00	270,445.10	(17,586.70)	2,298.87	312.24	311,565.97	21,809.62	333,375.59	3.81	4.70
ก.ย.	439	386	58,356.27	310.0	60,000	21,000	252,582.00	55,219.50	307,801.50	(12,879.00)	2,130.66	312.24	355,721.67	24,900.52	380,622.19	3.80	4.70
ต.ค.	411	356	54,634.23	310.0	50,000	17,000	210,485.00	44,701.50	255,186.50	(10,653.00)	3,083.85	312.24	302,563.82	21,179.47	323,743.29	3.81	4.83
พ.ย	426	358	56,628.18	308.0	59,000	17,000	248,372.30	44,701.50	293,073.80	(12,084.00)	2,467.08	312.24	340,397.30	23,827.81	364,225.11	3.86	4.79
ธ.ค.	422	368	56,096.46	304.0	47,000	21,000	197,855.90	55,219.50	253,075.40	(10,812.00)	2,354.94	312.24	301,027.04	21,071.89	322,098.93	3.72	4.74
รวม			698,015.43			898,000			3,401,062.60				3,896,805		4,169,581	3.79	4.64
เฉลี่ย			58,167.95			54,833			283,421.88				324,733.74			3.79	4.65

หมายเหตุ กรณีอัตรา ปกติ ให้กรอกค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด (On Peak) ในช่อง P

132.93 กรณีอัตรา TOD: P หมายถึง On Peak / PP หมายถึง Partial Peak / OP หมายถึง Off Peak

กรณีอัตรา TOU: P หมายถึง Peak / OP1 หมายถึง Off Peak1 / OP2 หมายถึง Off Peak2

กรณีโรงงานมีเครื่องวัดไฟฟ้ามากกว่า 1 เครื่องให้เพิ่มจำนวนตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าตามจำนวนของเครื่องวัดไฟฟ้า

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ในรอบปี 2561 **เลขเครื่องวัด 85067129**

เดือน	พลังไฟฟ้าสูงสุด			kVar	พลังงานไฟฟ้า					ค่าใช้จ่าย			ค่าไฟฟ้ารวม	ค่าใช้จ่าย Vat	ค่าไฟฟ้ารวมสุทธิ	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	ค่าไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยต่อหน่วย
	P	PP/OP1	ค่าใช้จ่าย		ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)		ค่าใช้จ่าย (บาท)			Ft	PF	บริการ					
	(กิโลวัตต์)	(กิโลวัตต์)	(บาท)		Peak	Off Peak	Peak	Off Peak	พลังงานไฟฟ้า	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	7%	(บาท)	(บาท/kWh)	(บาท/kWh)
ม.ค.	425	369	56,495.25	307.0	58,000	20,000	244,162.60	52,590.00	296,752.60	(12,402.00)	2,467.08	312.24	343,625.17	24,053.76	367,678.93	3.80	4.71
ก.พ.	439	363	58,356.27	325.0	60,000	22,000	252,582.00	57,849.00	310,431.00	(13,038.00)	2,971.71	312.24	359,033.22	25,132.33	384,165.55	3.79	4.68
มี.ค.	440	385	58,489.20	311.0	50,000	24,000	210,485.00	63,108.00	273,593.00	(11,766.00)	2,130.66	312.24	322,759.10	22,593.14	345,352.24	3.70	4.67
เม.ย.	469	398	62,344.17	316.0	54,000	24,000	227,323.80	63,108.00	290,431.80	(12,402.00)	1,401.75	312.24	342,087.96	23,946.16	366,034.12	3.72	4.69
พ.ค.	440	407	58,489.20	310.0	68,000	29,000	286,259.60	76,255.50	362,515.10	(15,423.00)	2,074.59	312.24	407,968.13	28,557.77	436,525.90	3.74	4.50
มิ.ย.	455	431	60,483.15	319.0	67,000	27,000	282,049.90	70,996.50	353,046.40	(14,946.00)	2,074.59	312.24	400,970.38	28,067.93	429,038.31	3.76	4.56
ก.ค.	444	394	59,020.92	307.0	64,000	23,000	269,420.80	60,478.50	329,899.30	(13,833.00)	1,794.24	312.24	377,193.70	26,403.56	403,597.26	3.79	4.64
ส.ค.	456	394	60,616.08	313.0	74,000	26,000	311,517.80	68,367.00	379,884.80	(15,900.00)	1,682.10	312.24	426,595.22	29,861.67	456,456.89	3.80	4.56
ก.ย.	431	393	57,292.83	303.0	59,000	25,000	248,372.30	65,737.50	314,109.80	(13,356.00)	2,018.52	312.24	360,377.39	25,226.42	385,603.81	3.74	4.59
ต.ค.	437	368	58,090.41	307.0	64,000	21,000	269,420.80	55,219.50	324,640.30	(13,515.00)	2,018.52	312.24	371,546.47	26,008.25	397,554.72	3.82	4.68
พ.ย	427	378	56,761.11	303.0	67,000	20,000	280,321.30	52,074.00	332,395.30	(13,833.00)	2,130.66	312.24	377,766.31	26,443.64	404,209.95	3.82	4.65
ธ.ค.	427	361	56,761.11	296.0	50,000	24,000	209,195.00	62,488.80	271,683.80	(11,766.00)	1,738.17	312.24	318,729.32	22,311.05	341,040.37	3.67	4.61
รวม			703,199.70		1,020,000				3,839,383.20				4,408,652		4,717,258	3.76	4.62
เฉลี่ย			58,599.98		61,250				319,948.60				367,387.70			3.76	4.63

หมายเหตุ กรณีอัตรา ปกติ ให้กรอกค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด (On Peak) ในช่อง P

กรณีอัตรา TOD: P หมายถึง On Peak / PP หมายถึง Partial Peak / OP หมายถึง Off Peak

กรณีอัตรา TOU: P หมายถึง Peak / OP1 หมายถึง Off Peak1 / OP2 หมายถึง Off Peak2

กรณีโรงงานมีเครื่องวัดไฟฟ้ามากกว่า 1 เครื่องให้เพิ่มจำนวนตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าตามจำนวนของเครื่องวัดไฟฟ้า

ข้อมูลการใช้ไฟฟ้าของสำนักพิมพ์ในรอบปี 2562 **เลขเครื่องวัด 85067129**

เดือน	พลังไฟฟ้าสูงสุด			kVar	พลังงานไฟฟ้า					ค่าใช้จ่าย			ค่าไฟฟ้ารวม	ค่าใช้จ่าย Vat	ค่าไฟฟ้ารวมสุทธิ	ค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อหน่วย	ค่าไฟฟ้าสุทธิเฉลี่ยต่อหน่วย
	P	PP/OP1	ค่าใช้จ่าย		ปริมาณ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)		ค่าใช้จ่าย (บาท)			Ft	PF	บริการ					
	(กิโลวัตต์)	(กิโลวัตต์)	(บาท)		Peak	Off Peak	Peak	Off Peak	พลังงานไฟฟ้า	(บาท)	(บาท)	(บาท)	(บาท)	7%	(บาท)	(บาท/kWh)	(บาท/kWh)
ม.ค.	398	337	52,906.14	287.0	63,000	21,000	263,585.70	54,677.70	318,263.40	(9,744.00)	2,242.80	312.24	363,980.58	25,478.64	389,459.22	3.79	4.64
ก.พ.	430	368	57,159.90	291.0	61,000	21,000	255,217.90	54,677.70	309,895.60	(9,512.00)	1,401.75	312.24	359,257.49	25,148.02	384,405.51	3.78	4.69
มี.ค.	479	399	63,673.47	314.0	64,000	25,000	267,769.60	65,092.50	332,862.10	(10,324.00)	953.19	312.24	387,477.00	27,123.39	414,600.39	3.74	4.66
เม.ย.	511	436	67,927.23	329.0	47,000	18,000	196,643.30	46,866.60	243,509.90	(7,540.00)	672.84	312.24	304,882.21	21,341.75	326,223.96	3.75	5.02
พ.ค.	499	462	66,332.07	314.0	71,000	31,000	297,056.90	80,714.70	377,771.60	(11,832.00)	280.35	312.24	432,864.26	30,300.50	463,164.76	3.70	4.54
มิ.ย.	478	437	63,540.54	311.0	51,000	35,000	213,378.90	91,129.50	304,508.40	(9,976.00)	841.05	312.24	359,226.23	25,145.84	384,372.07	3.54	4.47
ก.ค.	450	390	59,818.50	306.0	68,000	27,000	284,505.20	70,299.90	354,805.10	(11,020.00)	1,513.89	312.24	405,429.73	28,380.08	433,809.81	3.73	4.57
ส.ค.			-				-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
ก.ย.			-				-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
ต.ค.			-				-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
พ.ย			-				-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
ธ.ค.			-				-	-	-	-		-	-	-	-	-	-
รวม			431,357.85		603,000				2,241,616.10				2,613,118		2,796,036	3.72	4.64
เฉลี่ย			35,946.49		60,714				186,801.34				373,302.50			3.72	4.65

หมายเหตุ: กรณีอัตรา ปกติ ให้กรอกค่าพลังไฟฟ้าสูงสุด (On Peak) ในช่อง P

กรณีอัตรา TOD: P หมายถึง On Peak / PP หมายถึง Partial Peak / OP หมายถึง Off Peak

กรณีอัตรา TOU: P หมายถึง Peak / OP1 หมายถึง Off Peak1 / OP2 หมายถึง Off Peak2

กรณีโรงงานมีเครื่องวัดไฟฟ้ามากกว่า 1 เครื่องให้เพิ่มจำนวนตารางแสดงข้อมูลการใช้ไฟฟ้าตามจำนวนของเครื่องวัดไฟฟ้า

ภาคผนวก ข

รายงานการผลิตของโรงพิมพ์แยกรายเครื่องจักร

รายงานแยกตามเครื่องจักร สรุปเป็นเดือนๆ ประจำปี 2560

ชื่อเครื่องจักร	ขนาด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
HH2	ตัด 2	407,220	989,560	703,450	357,740	396,650	570,435	448,160	283,470	507,236	486,510	568,370	532,251	6,251,052
4G	ตัด 4	166,585	289,500	109,935	78,550	185,580	259,325	203,405	105,512	151,192	130,225	174,000	227,150	2,080,959
RB	ตัด 4	325,980	70,200	319,890	144,040	148,640	285,688	289,290	128,890	215,705	176,850	445,047	262,715	2,812,935
2H1	ตัด 2	306,700	523,890	391,400	148,300	65,910	277,410	314,020	109,380	110,610	274,760	264,860	324,200	3,111,440
2H2	ตัด 2	309,160	561,786	344,330	151,430	241,650	383,890	283,460	174,100	236,520	184,860	426,712	345,240	3,643,138
2M	ตัด 2	364,780	719,420	461,145	168,300	398,130	279,660	406,275	94,164	327,240	202,550	365,460	409,887	4,197,011
HH1	ตัด 2	248,885	535,900	354,340	0	131,010	301,600	156,290	82,340	219,535	178,320	310,080	211,352	2,729,652
HH3	ตัด 2	579,700	937,780	787,770	358,070	352,810	640,070	493,190	328,710	534,486	564,300	612,820	599,846	6,789,552
5H	ตัด 5	67,545	244,270	50,595	254,418	154,760	51,950	117,470	80,990	112,245	56,245	32,755	26,710	1,249,953
รวม		2,948,437	5,017,691	3,674,395	1,709,062	2,142,545	3,161,728	2,968,816	1,515,041	2,546,999	2,397,480	3,253,374	3,043,551	34,379,119

รายงานแยกตามเครื่องจักร สรุปเป็นเดือนๆ ประจำปี 2561

ชื่อเครื่องจักร	ขนาด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
HH2	ตัด 2	788,260	1,002,430	557,819	796,770	1,187,850	672,571	801,030	1,061,430	561,025	458,098	801,780	512640	9,201,703
4G	ตัด 4	362,885	219,620	192,980	258,145	377,415	420,205	389,680	335,635	243,550	162,090	310,340	158875	3,431,420
RB	ตัด 4	305,993	327,205	192,140	288,933	551,170	272,380	563,035	451,715	338,739	394,565	523,420	158880	4,368,175
2H1	ตัด 2	355,170	564,761	276,240	399,533	537,840	413,922	457,740	581,960	430,500	355,360	276,740	145540	4,795,306
2H2	ตัด 2	488,020	585,090	350,930	277,400	581,360	445,930	419,030	686,000	344,830	440,740	80,060	150470	4,849,860
2M	ตัด 2	381,080	495,010	357,675	460,077	60,900	666,072	699,870	644,930	395,395	396,640	258,320	232440	5,048,409
HH1	ตัด 2	247,050	580,000	307,720	306,330	377,340	252,690	0	0	0	0	0	0	2,071,130
HH3	ตัด 2	968,851	1,166,372	517,465	799,930	1,465,295	860,145	1,090,430	1,202,235	432,786	718,967	886,995	588315	10,697,786
5H	ตัด 5	98,970	418,120	141,395	234,550	368,581	94,120	155,025	153,560	54,250	40,130	100,074	61830	1,920,605
รวม		4,226,772	5,625,213	3,015,579	4,277,103	5,892,831	4,347,599	4,901,060	5,437,135	3,167,105	2,966,590	3,237,729	2,008,990	49,103,706

รายงานแยกตามเครื่องจักร สรุปเป็นเดือนๆ ประจำปี 2562

ชื่อเครื่องจักร	ขนาด	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	รวม
HH2	ตัด 2	856,030	563,960	652,900	399,900	765,580	668,314	391,205	-	-	-	-	-	4,297,889
4G	ตัด 4	483,550	273,705	301,650	177,520	438,820	314,010	368,710	-	-	-	-	-	2,357,965
RB	ตัด 4	544,505	314,830	404,360	182,010	524,276	475,020	583,410	-	-	-	-	-	3,028,411
2H1	ตัด 2	410,505	197,110	246,630	187,980	0	0	0	-	-	-	-	-	1,042,225
2H2	ตัด 2	498,895	359,650	248,230	209,400	608,530	425,062	383,392	-	-	-	-	-	2,733,159
2M	ตัด 2	480,280	310,510	365,789	278,720	684,360	493,395	520,699	-	-	-	-	-	3,133,753
HH1	ตัด 2	0	0	0	0	0	0	0	-	-	-	-	-	0
HH3	ตัด 2	853,750	661,020	599,998	417,620	835,460	862,108	760,040	-	-	-	-	-	4,989,996
5H	ตัด 5	126,835	149,050	165,285	103,980	162,440	94,885	113,888	-	-	-	-	-	916,363
รวม		4,254,350	2,829,835	2,984,842	1,957,130	4,019,466	3,332,794	3,121,344	-	-	-	-	-	22,499,761

ภาคผนวก ค

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตรอบปี พ.ศ. 2560 ถึงปี พ.ศ. 2562

ค่าการใช้พลังงานจำเพาะต่อหน่วยผลผลิตรอบปี 2560 ถึงปี 2562

(ปริมาณการใช้พลังงานต่อหน่วยผลผลิตของในรอบปี 2560 ถึงปี 2562)

เดือน	ปริมาณการพิมพ์ (พันหน้า)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) (kWh/พันหน้า)	เดือน	ปริมาณการพิมพ์ (พันหน้า)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) (kWh/พันหน้า)	เดือน	ปริมาณการพิมพ์ (พันหน้า)	ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (SEC) (kWh/พันหน้า)
ม.ค. 60	34,350.78	70,000	2.038	ม.ค. 61	49,600.62	78,000	1.573	ม.ค. 62	49,621.08	84,000	1.693
ก.พ. 60	63,281.73	75,000	1.185	ก.พ. 61	67,940.88	82,000	1.207	ก.พ. 62	33,827.78	82,000	2.424
มี.ค. 60	46,196.74	93,000	2.013	มี.ค. 61	36,308.42	74,000	2.038	มี.ค. 62	35,621.63	89,000	2.498
เม.ย. 60	20,045.46	59,000	2.943	เม.ย. 61	48,445.62	78,000	1.610	เม.ย. 62	23,716.88	65,000	2.741
พ.ค. 60	26,087.60	75,000	2.875	พ.ค. 61	67,283.43	97,000	1.442	พ.ค. 62	48,683.65	102,000	2.095
มิ.ย. 60	37,697.04	85,000	2.255	มิ.ย. 61	50,715.28	94,000	1.853	มิ.ย. 62	41,596.85	86,000	2.067
ก.ค. 60	32,910.18	78,000	2.370	ก.ค. 61	55,778.64	87,000	1.560	ก.ค. 62	36,871.46	95,000	2.577
ส.ค. 60	16,987.87	71,000	4.179	ส.ค. 61	62,865.94	100,000	1.591	ส.ค. 62	-	-	-
ก.ย. 60	31,421.36	81,000	2.578	ก.ย. 61	32,548.05	84,000	2.581	ก.ย. 62	-	-	-
ต.ค. 60	28,969.50	67,000	2.313	ต.ค. 61	35,674.00	85,000	2.383	ต.ค. 62	-	-	-
พ.ย. 60	39,758.67	76,000	1.912	พ.ย. 61	40,237.23	87,000	2.162	พ.ย. 62	-	-	-
ธ.ค. 60	36,632.90	68,000	1.856	ธ.ค. 61	26,103.58	74,000	2.835	ธ.ค. 62	-	-	-
รวม	414,339.84	898,000	2.167	รวม	573,501.70	1,020,000	1.779	รวม	269,939.33	603,000	2.234
เฉลี่ย	34,528.32	74,833	2.376	เฉลี่ย	47,791.81	85,000	1.903	เฉลี่ย	38,562.76	86,143	2.299

ภาคผนวก ง

ข้อมูลเครื่องปรับอากาศและการตรวจวัดประสิทธิภาพ

มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช

ข้อมูลจำนวนเครื่องปรับอากาศของโรงพิมพ์

เครื่องปรับอากาศสำนักพิมพ์				
1	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510026-00 34000 BTU	A69	ห้องเครื่อง 5H
2	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510025-00 34000 BTU	A68	ห้องเครื่อง 5H
3	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510026-00 34000 BTU	A67	ห้องเครื่อง 5H
4	Carrier/1	มสธ.02-001-042/57-0005 19107 BTU	B 33	หน่วยอาคารสถานที่
5	Carrier/1	มสธ.02-001-042/57-0001 19107 BTU	B 34	ห้องผสมหมึก
6	Carrier/1	มสธ.02-001-086/57-0153 40262 BTU	B 39	ห้องเก็บเพลท
7	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510012-00 24000 BTU	A71	ห้องเก็บเพลท
8	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510011-00 24000 BTU	A-72	ห้องแม่พิมพ์ *8136
9	Carrier/1	มสธ.02-001-022/57-0049 40262 BTU	B 49	ห้องแม่พิมพ์
10	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510023-00 34000 BTU	A73	หน่วยผลิต
11	Carrier/1	มสธ.202-001-086/57-0136 40262 BTU	B 40	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ
12	Carrier/1	มสธ.202-001-086/57-0137 40262 BTU	B 41	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ
13	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510028-00 34000 BTU	A76	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ
14	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510029-00 34000 BTU	A77	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ
15	Carrier/1	มสธ.02-001-086/57-0138 40262 BTU	B 42	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ
16	Carrier/1	มสธ.02-001-086/57-0139 40262 BTU	B 43	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ
17	Carrier/1	มสธ.02-001-022/57-0050 36187 BTU	B 44	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ
18	Carrier/1	มสธ.02-001-022/57-0051 36187 BTU	B 45	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ
19	CENTRAL AIR/1	4120-001-0001/48-0015 25000 BTU	A83	คลังพัสดุ
20	Carrier/1	มสธ.02-001-086/57-0111 48000 BTU	B 46	คลังพัสดุ
21	Carrier/1	มสธ.02-001-086/57-0112 48000 BTU	B 47	คลังพัสดุ
22	FOCUS/1	มสธ.202-001-001/510013-00 24000 BTU	A86	คลังพัสดุ
23	Carrier/1	มสธ.02-001-086/57-0113 48000 BTU	B 48	คลังพัสดุ
24	FOCUS/2	มสธ.202-001-001/510022-00 34000 BTU	A02	ห้องเก็บฟิล์มและวางรูปแบบ
25	FOCUS/2	มสธ.202-001-001/510021-00 34000 BTU	A01	ห้องเก็บฟิล์มและวางรูปแบบ
26	Carrier/2	มสธ.02-001-022/57-0056 36167 BTU	B 01	ห้องเก็บฟิล์มและวางรูปแบบ
27	Carrier/2	มสธ.02-001-022/57-0055 36167 BTU	B 02	ห้องเก็บฟิล์มและวางรูปแบบ
28	FOCUS/2	มสธ.202-001-001/510001-00 48000 BTU	A49	ห้องถ่ายฟิล์ม
29	FOCUS/2	มสธ.202-001-001/510005-00 48000 BTU	A47	ห้องถ่ายฟิล์ม
30	Carrier/2	มสธ.02-001-086/57-0129 48000 BTU	B 28	ห้องถ่ายฟิล์ม
31	FOCUS/2	มสธ.202-001-001/510006-00 18000 BTU	A48	ห้องถ่ายฟิล์ม
32	FOCUS/2	มสธ.202-001-001/510007-00 18000 BTU	A45	ห้องถ่ายฟิล์ม
33	FOCUS/2	มสธ.202-001-001/510002-00 13000 BTU	A44	ห้องถ่ายฟิล์ม
34	Carrier/2	มสธ.02-001-086/57-0127 40262 BTU	B 29	หน่วยฟิล์มและวางรูปแบบ
35	Carrier/2	มสธ.02-001-086/57-0126 40262 BTU	B 30	หน่วยฟิล์มและวางรูปแบบ
36	TRANE/2	มสธ.4120-001-0001/46-0005 36167 BTU	A41	หน่วยฟิล์มและวางรูปแบบ
37	Carrier/2	มสธ.02-001-086/57-0142 40262 BTU	B 31	หน่วยฟิล์มและวางรูปแบบ
38	Carrier/2	มสธ.02-001-086/57-0125 40262 BTU	B 32	หน่วยฟิล์มและวางรูปแบบ
39	FOCUS/2	มสธ.202-001-001/510004-00 25607 BTU	A82	หน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ

ข้อมูลการตรวจวัดประสิทธิภาพของเครื่องปรับอากาศในโรงพิมพ์

เครื่องปรับอากาศ			อายุการใช้งาน	สเป็ตเครื่องปรับอากาศ				ผลการตรวจวัด												
				ยี่ห้อ	ความสามารถในการทำความเย็น	กำลังไฟฟ้า	ประสิทธิภาพการทำความเย็น (EER)	อุณหภูมิด้านลมจ่าย (Supply air)	ความชื้นสัมพัทธ์	Enthalpy	อุณหภูมิด้านลมกลับ (Return air)	ความชื้นสัมพัทธ์	Enthalpy	พื้นที่หน้าตัดช่องลมกลับ (A)	ความเร็วลมด้านลมกลับ (V)	ความเร็วลมด้านลมจ่าย (V)	สมรรถนะการทำความเย็น	กำลังไฟฟ้า	สมรรถนะการทำความเย็น	ประสิทธิภาพการทำความเย็น EER1
ลำดับ	หน่วย	หมายเลขครุภัณฑ์ มสธ.	ปี		Btu/hr	KW	Btu/hr/w	℃	%	KJ/Kg	℃	%	KJ/Kg	m^2	m/s	m/s	TR	KW	KW/TR	Btu/hr/w
1	ห้องเครื่อง 5 H	202-001-001/510024-00	11	FOCUS	36,000	3.4	10.61	12	85	30.817	24	52	48.851	0.356	1.02	4.23	2.242	3.36	1.498	8.0
2	ห้องเครื่อง 5 H	202-001-001/510025-00	11	FOCUS	36,000	3.4	10.61	12	85	33.198	22	63	52.762	0.356	1.05	4.17	2.504	3.38	1.350	8.9
3	ห้องเครื่อง 5 H	202-001-001/510026-00	11	FOCUS	36,000	3.4	10.61	13	87	33.605	23	65	52.279	0.356	1.07	3.79	2.436	3.37	1.384	8.7
4	ห้อง เก็บเพลท	202-001-001/510012-00	11	FOCUS	25,607	2.3	11.15	14	86	35.773	26	51	53.544	0.275	1	3.7	1.673	2.29	1.368	8.8
5	ห้องแม่พิมพ์	202-001-001/510011-00	11	FOCUS	25,607	2.3	11.15	13	80	31.832	25.2	51	47.886	0.275	1.04	3.8	1.572	2.3	1.463	8.2
6	ห้องหน่วยผลิต	202-001-001/510023-00	11	FOCUS	36,000	3.4	10.61	13	80	31.923	25.2	51	50.192	0.356	1	3.17	2.227	3.35	1.504	8.0
7	ห้องหน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ	202-001-001/510028-00	11	FOCUS	36,000	3.4	10.61	14	82	34.75	23.8	68	53.652	0.356	0.9	3.09	2.074	3.4	1.640	7.3
8	ห้องหน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ	202-001-001/510029-00	11	FOCUS	36,000	3.4	10.61	13	80	31.932	25.2	51	50.192	0.356	1.09	4.55	2.426	3.4	1.401	8.6
9	ห้องหน่วยสิ่งพิมพ์สำเร็จ	202-001-001/510004-00	11	FOCUS	25,607	2.3	11.15	15	79	36.353	24	58	52.574	0.275	1.08	3.5	1.650	2.28	1.382	8.7
10	ห้องคลังพัสดุ	4120-001-0001/48-0015	13	CENTRAL AIR	25,996	2.3	11.12	15.1	86	38.52	24.4	58	52.574	0.274	1.16	3.08	1.530	2.24	1.464	8.2
11	ห้องคลังพัสดุ	202-001-001/510013-00	11	FOCUS	25,607	2.3	11.15	14.7	88	38.046	24.5	57	52.624	0.275	1.12	3.15	1.537	2.25	1.463	8.2
12	ห้องเก็บฟิล์ม	202-001-001/510022-00	11	FOCUS	36,000	3.4	10.61	16	88	41.436	27	63	63.277	0.356	1.2	4.6	3.195	3.35	1.049	11.4
13	ห้องเก็บฟิล์ม	202-001-001/510021-00	11	FOCUS	36,000	3.4	10.61	12	81	35.952	24.5	57	51.809	0.356	1.15	3.9	2.223	3.38	1.521	7.9
14	ห้องถ่ายฟิล์ม	202-001-001/510001-00	11	FOCUS	18,711	1.6	11.4	13	82	32.351	21	62	45.529	0.225	1.04	5.1	1.056	1.62	1.534	7.8
15	ห้องถ่ายฟิล์ม	202-001-001/510005-00	11	FOCUS	13,317	1.2	11.13	14	87	35.957	23	52	48.628	0.108	1.9	3.68	0.890	1.15	1.292	9.3
16	ห้อง ถ่ายฟิล์ม	202-001-001/510006-00	11	FOCUS	18,711	1.6	11.4	13.2	83	33.052	23	58	48.083	0.225	1.03	4.55	1.193	1.58	1.325	9.1
17	ห้อง ถ่ายฟิล์ม	202-001-001/510007-00	11	FOCUS	18,711	1.6	11.4	12.3	87	31.898	22.1	54	44.954	0.225	1.09	3.94	1.096	1.55	1.414	8.5
18	ห้องถ่ายฟิล์ม	202-001-001/510002-00	11	FOCUS	13,317	1.2	11.13	12.3	87	31.958	22.3	55	46.042	0.108	1.8	4.71	0.938	1.22	1.301	9.2
19	ห้องฟิล์มและวางรูปแบบ	4120-001-0001/46-0005	15	TRANE	48,000	4.8	6.22	13.5	81	33.262	24	54	53.966	0.42	1.05	4.55	3.126	4.562 (380)	1.459	8.2
20	ห้องทำสิ่งพิมพ์สำเร็จ	202-001-001/510004-00	11	FOCUS	25.607.06	2.9	11.13	15.3	81	36.637	23.1	61	50.725	0.275	1.2	3.9	1.592	2.55	1.602	7.5

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงานกระทรวงพลังงาน. (1 ธันวาคม 2560). *การดำเนินการอนุรักษ์พลังงานตามกฎหมายการอนุรักษ์พลังงานภายใต้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ.2535 (และฉบับแก้ไขเพิ่มเติม พ.ศ.2550).* สืบค้นจาก http://www.dede.go.th/ewt_news.php?nid=102

กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2558). *คู่มือการปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานด้านระบบปรับอากาศ.* กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). *คู่มือแนวทางการออกแบบอาคารเพื่อการอนุรักษ์พลังงาน.* กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). *คู่มือฝึกอบรมการประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน (ภาคปฏิบัติ).* กรุงเทพมหานคร. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

กระทรวงพลังงาน, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2560). *คู่มือพัฒนาและส่งเสริมระบบการจัดการพลังงานมาตรฐานสากล ISO 50001.* กรุงเทพมหานคร. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน.

กฤษณะ วิวัฒนชีวิน, ศักดิ์ชาย รักการ, อัตถกร กลั่นความดีและธนาคม สกุลไทย. (2560). *การศึกษาการใช้พลังงานไฟฟ้าแสงสว่างในอุตสาหกรรมการผลิต เครื่องสำอาง.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต, กรุงเทพมหานคร.

การไฟฟ้านครหลวง. (2561). *อัตราค่าไฟฟ้าประเภท 3 กิจการขนาดกลาง.* จาก https://www.mea.or.th/profile/109/113

การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.). (2561). *รายงานประจำปี 2561.* กรุงเทพมหานคร: การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย (กฟผ.).

จิตติพัฒน์ สงวนสิน. (2558). *การจัดการเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต.* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

จิราภรณ์ รัตนพิบูลย์, อภิชิต เทอดโยธิน, ดำรงค์ บัวยอม. (2558). *ศักยภาพการประหยัดพลังงานของโรงแรมในจังหวัดภูเก็ต.สายวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี*, กรุงเทพมหานคร.

ชมพูนิกข์ นามสุวรรณ. (2557). *การอนุรักษ์พลังงานภายในโรงพยาบาล: กรณีศึกษาโรงพยาบาลเจ้าพระยายมราช* (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ไชยะ แช่มช้อย. (2554).*การใช้เทคนิค SPC กับงานการจัดการพลังงาน*.(พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพมหานคร:โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

รัฐพล ชื่นเจริญ.(2559). *การศึกษาเปรียบเทียบการใช้พลังงานในระบบท่อส่งจ่ายอากาศอัดระหว่างระบบปลายปิดและระบบวงปิด กรณีศึกษาของโรงงานอุตสาหกรรมผลิตคอมเพรสเซอร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต). คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์, ปทุมธานี.

ศุภนิธิ เรืองทอง, กูสกานา กูบาฮา. (2558). *ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อประสิทธิภาพการจัดการพลังงานของวิสาหกิจขนาดกลางและขนาดย่อม*. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, กรุงเทพมหานคร.

สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2558). *การอนุรักษ์พลังงานในระบบปรับอากาศแบบแยกส่วน*. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท.

สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2558). *การอนุรักษ์พลังงานในระบบอากาศอัด*. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท.

สถาบันพลังงานเพื่ออุตสาหกรรม สภาอุตสาหกรรมแห่งประเทศไทย. (2558). *การอนุรักษ์พลังงานในระบบไฟฟ้า*. กรุงเทพมหานคร: ม.ป.ท.

สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย. (2559). *คู่มือแนวทางการออกแบบการส่องสว่างภายในอาคาร*.กรุงเทพมหานคร .สมาคมไฟฟ้าแสงสว่างแห่งประเทศไทย.

สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน กระทรวงพลังงาน. (2558). *แผนพัฒนากำลังผลิตไฟฟ้าของประเทศไทย พ.ศ. 2558 – 2579.* สืบค้นจาก http://www.eppo.go.th/images/POLICY/PDF/PDP_TH.pdf

สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. (2561). *รายงานผลโครงการประชุมเชิงปฏิบัติการ การพัฒนามาตรฐานบริการเพื่อยกระดับคุณภาพองค์กร*. กรุงเทพมหานคร.สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

กรมสวัสดิการและคุ้มครองแรงงาน. (21 กุมภาพันธ์ 2561). *มาตรฐานความเข้มของแสงสว่าง* สืบค้นจาก https://www.li.mahidol.ac.th/greenlibrary/doc/Lux-2561.pdf

ประวัติผู้วิจัย

ชื่อ	นายชัชวาล สมานสุข
วัน เดือน ปีเกิด	07 พฤษภาคม 2517
สถานที่เกิด	อำเภอชุมพวง จังหวัดนครราชสีมา
ประวัติการศึกษา	ครุศาสตร์อุตสาหกรรมบัณฑิต สาขาอิเล็กทรอนิกส์และคอมพิวเตอร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง สำเร็จการศึกษาปี 2540
สถานที่ทำงาน	บริษัท เดอะ เล็กเชอร์เลอร์ คอนซัลติง พลัส จำกัด. กรุงเทพมหานคร
ตำแหน่ง	วิทยากรและที่ปรึกษาการบำรุงรักษาเครื่องจักรและการจัดการพลังงาน