Engng.J.CMU.(2018) 25 (3), 122−135

วารสารวิศวกรรมศาสตร์
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Engineering Journal
Chiang Mai University

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานของต้นทุนในกระบวนการผลิต และปรับปรุงงานบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน กรณีศึกษาอุตสาหกรรมผลิตมอเตอร์ไฟฟ้า

Analysis of the Energy Cost in a Production Process and Maintenance Improvement to Increase Energy Efficiency Case Study of Electric Motor Production Industry

ชำนิ ใจประดิษฐ์ธรรม*

Chamni Jaipradidtham

สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษมบัณฑิต

Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Kasem Bundit University, 10250, Thailand

*E-mail: j_chamni@hotmail.com

บทคัดย่อ

บทความวิจัยนี้นำเสนอถึงการวิจัยในการลดค่าใช้จ่ายพลังงานของต้นทุนการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าในอุตสาหกรรม เพื่อประหยัดพลังงาน และใช้เทคโนโลยีในการปรับปรุงงาน ควบคุมคุณภาพ การจัดการชิ้นส่วนและการลดเวลาการทำงาน โดยใช้หลักการของวัฏจักรเดมมิ่ง PDCA ซึ่งเป็นหลักการดำเนินงานในรูปแบบของการวางแผนงานและวิธีการทำงานเพื่อตอบสนองนโยบายของบริษัทที่มุ่งเน้นในการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงาน จึงทำให้เกิดการประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิตและทำให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุดในการทำงานของพนักงาน ซึ่งในขั้นตอนการดำเนินงานนี้ผู้วิจัยได้ศึกษากระบวนการทำงานด้านต่างๆภายในแผนกงาน Logistics Control Division (LCD) วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานพร้อมกับทำการปรับปรุงในการทำงานและแก้ปัญหาที่ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายที่ไม่จำเป็น ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลและทำการปฏิบัติงานจริงโดยผ่านการทำกิจกรรมเพื่อเป็นข้อมูลในการประเมินผลและสรุปผลเป็นลักษณะงานวิจัย ผลของงานวิจัยนี้เป็นไปตามวัตถุประสงค์และเป้าหมายที่กำหนดไว้คือสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงานของการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าได้ สามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตทำให้มีการประหยัดพลังงานได้ประมาณ 70% และสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ประมาณ 80%

ABSTRACT

This paper presents the research on reducing energy costs of electric motor production in the industry to save energy, and using technology for job improvement, quality control, component management and reduced work time, by using the principles of the PDCA Deming cycle, which is a guiding principle in the form of job planning and work processes, to meet company-focused policies to reduce the cost of energy costs. It saves energy in the production process and maximizes employee productivity. In this process, the researcher studies the various processes within the Logistics Control Division (LCD), analyzes energy costs, improves work performance, and solves problems that cause

Received 11 January 2017
Accepted 25 July 2017

unnecessary costs. The researcher collected the data and performed the actual task through the activity to be used as the information to evaluate and summarize the research result. The results of this research are in line with the intended purpose and goal of reducing the energy cost of electric motor production. It can reduce production costs, can energy saving by approximately 70% and can increase energy efficiency by approximately to 80%.

1. บทนำ

ค่าใช้จ่ายพลังงานในกระบวนการผลิตจะพิจารณาถึงต้นทุนของผู้ประกอบการธุรกิจในอาคารและโรงงานอุตสาหกรรมทุกประเภทถึงแม้ว่าค่าใช้จ่ายพลังงานจะมีสัดส่วนไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายส่วนอื่นๆ ได้แก่ ค่าแรงงาน ค่าซื้อวัตถุดิบและค่าการตลาด [1] แต่ในการลดค่าใช้จ่ายพลังงานนี้จะช่วยเพิ่มกำไรให้แก่ผู้ประกอบการธุรกิจได้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันนี้การแข่งขันทางภาคธุรกิจจะมีความรุนแรงมากขึ้น ในขณะที่ค่าแรงงาน ค่าวัตถุดิบเป็นต้นทุนที่ไม่สามารถควบคุมได้ อย่างไรก็ตามการลดค่าใช้จ่ายพลังงานจะเกิดประโยชน์ผลได้ต้องรู้จักเลือกใช้เทคโนโลยีหรือเทคนิคให้เหมาะสม กรณีการจัดเก็บและการค้นหาชิ้นส่วนจะใช้เวลานาน ทำให้เกิดค่าใช้จ่ายในการจัดการกับปัญหาที่เกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก ดังนั้นแผนก Logistics Control Division มีหน้าที่จัดเก็บและจัดจ่ายชิ้นส่วนให้กับสายงานการผลิต จึงทำการสำรวจสภาพปัญหาจากพื้นที่การทำงานจริง และรวบรวมปัญหาเพื่อนำมาแก้ไขปรับปรุงการทำงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น ผลจากการรวบรวมปัญหาพบว่าปัญหาที่ต้องการแก้ไขโดยทันทีคือพื้นที่การจัดเก็บ การวางชิ้นส่วนที่ใช้ในการผลิตจะวางบนแนวราบทำให้ต้องใช้พื้นที่ในการจัดวางและเก็บชิ้นส่วน บทความวิจัยนี้ได้ทำการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายพลังงาน ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายพลังงานของการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีความจำเป็นอย่างยิ่งต่อการดำเนินการ ศึกษาการทำงานโดยใช้เทคโนโลยีการปรับปรุงงานและควบคุมคุณภาพในงานอุตสาหกรรมการผลิต ทดสอบและเก็บข้อมูลรวบรวมจาก บริษัท ฮิตาชิ ออโตเมชัน เทคโนโลยี จำกัด ภายในอาคาร A เป็นอาคารที่ผลิตมอเตอร์ไฟฟ้า วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเป็นการวางแผนงาน บำรุงรักษา วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน [2] ก่อนและหลังในการปรับปรุงงาน ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตและลดจำนวนพนักงานให้เหมาะสมกับลักษณะงานเทียบกับเวลาทำงาน เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานและควบคุมคุณภาพการผลิตของมอเตอร์ไฟฟ้า

2. แนวคิดและทฤษฎี

2.1 แนวคิดการดำเนินงานวิจัย

ศึกษางาน วิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาเพื่อนำมาใช้ในการปรับปรุงและแก้ไขงาน วางแผนกิจกรรม วิธีการดำเนินงานตามแผนที่กำหนด ตรวจสอบและสรุปผลที่ได้ของการดำเนินงาน วิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน ตรวจสอบการใช้พลังงาน วิเคราะห์ด้วยศักยภาพในการประหยัดพลังงาน กำหนดเป้าหมาย วางแผนในการลงทุน ติดตามและประเมินผล เป็นต้น

2.2 กระบวนการประหยัดพลังงานในการผลิต

กระบวนการประหยัดพลังงาน หมายถึง ขั้นตอนในการลดค่าใช้จ่ายพลังงานโดยไม่ทำให้ผลผลิตเสียหาย การประหยัดพลังงานจะประกอบด้วยสิ่งสำคัญ 2 ประการ คือ การเลือกใช้เทคนิคการประหยัดพลังงานให้เหมาะสมและการนำเทคนิคไปใช้ได้อย่างเป็นระบบ

2.3 ทฤษฎีวัฏจักรของเดมมิ่งแบบ PDCA

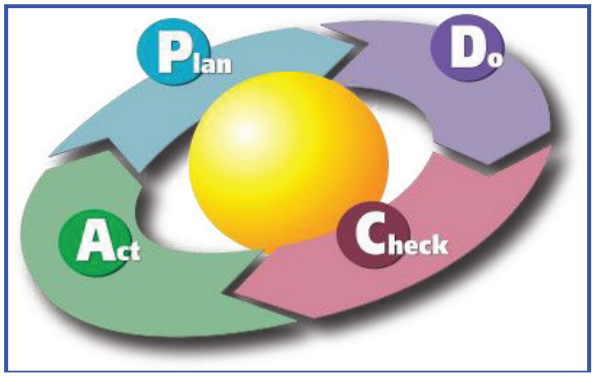
PDCA หมายถึง ทฤษฎีวัฏจักรในการบริหารงานที่มีคุณภาพของเดมมิ่ง ซึ่งเป็นการดำเนินงานในการบริหารและจัดการพลังงานแสดงดังรูปที่ 1 จะประกอบด้วย

P = Plan คือ การวางแผนงานที่ทำจากวัตถุประสงค์และกำหนดเป้าหมายที่ได้วางแผนงานไว้ เพื่อให้เกิดการทำงานมีประสิทธิภาพและสามารถบรรลุผลสำเร็จ

D = Do คือ การปฏิบัติตามขั้นตอนในแผนงานที่ได้เขียนไว้อย่างเป็นระบบและมีความต่อเนื่องอย่างถูกต้อง

C = Check คือ การตรวจสอบผลการดำเนินงานในแต่ละขั้นตอนของแผนงานที่อาจจะมีปัญหาเกิดขึ้นได้ และจะต้องเปลี่ยนแปลงแก้ไขแผนงานในขั้นตอนต่อไป

A = Action คือ การปรับปรุงแก้ไขส่วนที่มีปัญหา ถ้าไม่มีปัญหาใดๆก็ให้ยอมรับแนวทางการปฏิบัติตามแผนงานที่ได้ผลสำเร็จ เพื่อนำไปใช้ในการทำงานต่อไป



รูปที่ 1 วัฏจักรการบริหารงานคุณภาพของเดมมิ่ง
ที่มา : [2] Prachuap Glomjit, (2012)

จากรูปที่ 1 เมื่อกำหนดวางแผนงาน (P)ไว้ จึงนำไปปฏิบัติงาน (D) ในระหว่างปฏิบัติก็ดำเนินการตรวจสอบ (C) พบปัญหาก็ทำการแก้ไขหรือปรับปรุง (A) ต่อไป

2.4 ค่าบำรุงรักษาและประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

การพิจารณาถึงการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานที่มีความเหมาะสม ซึ่งสามารถหาความสัมพันธ์ในระหว่างการผลิต และการบำรุงรักษาแสดงดังรูปที่ 2 โดยใช้ดัชนีวัดค่าการใช้พลังงานต่อความสามารถเชิงปริมาณการผลิต คือ การใช้ดัชนีวัดค่าพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) ซึ่งเป็นค่าดัชนี SEC ที่แสดงติดตามผลประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตและการปรับปรุงบำรุงรักษา โดยวัดปริมาณพลังงานที่ใช้ในหน่วยกิโลวัตต์-ชั่วโมง (kWh) เทียบกับปริมาณผลผลิตในหน่วยตัน (Ton) เพื่อใช้ตรวจสอบและประเมินค่าความต้องการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตหาดังนี้

$$SEC = \frac{\textit{พลังงานที่ใช้}}{\textit{ปริมาณผลผลิต}} \quad (1)$$

ค่าดัชนี SEC มีความสัมพันธ์กับปริมาณของผลผลิต ซึ่งหมายถึงผลผลิตที่เกิดขึ้น (Output) จะเป็นผลลัพธ์จากกระบวนการผลิตสินค้าหรือวัสดุโดยจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิต (Productivity) หาค่าจากสมการที่ (2) ดังนี้

$$\text{การเพิ่มผลผลิต} = \frac{\textit{ผลิตผล}}{\textit{ทรัพยากรผลผลิต}} = \frac{\textit{Outpu}}{} \quad (2)$$

ทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปคือ หลัก 6 M [3] ได้แก่ วิธีการ (Method), วัสดุ (Material), เครื่องจักร (Machine), การตลาด (Marketing), เงิน (Money) และคน (Man) ทรัพยากรการผลิตด้านเครื่องจักรจะพิจารณาถึงความพร้อมใช้งานที่มีคุณภาพดีอยู่เสมอคือจะต้องบำรุงรักษา (Maintenance) ซึ่งเป็นวิธีการอย่างหนึ่งที่นำไปใช้ในการจัดการให้บรรลุวัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตให้เป็นไปตามคุณลักษณะเงื่อนไขการทำงาน ส่วนการลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้น โดยการปรับลดเวลาปฏิบัติงานจะสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาเครื่องจักรให้น้อยลงได้ ซึ่งจะหมายถึงช่วยลดทรัพยากรและเพิ่มผลผลิตในงานอุตสาหกรรม โดยพิจารณาจากสมการที่ (3) ดังนี้

$$\text{ค่าบำรุงรักษา/ชั่วโมง} = \frac{\textit{ผลรวมค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา}}{\textit{จำนวนชั่วโมงแรงงาน}} \quad (3)$$

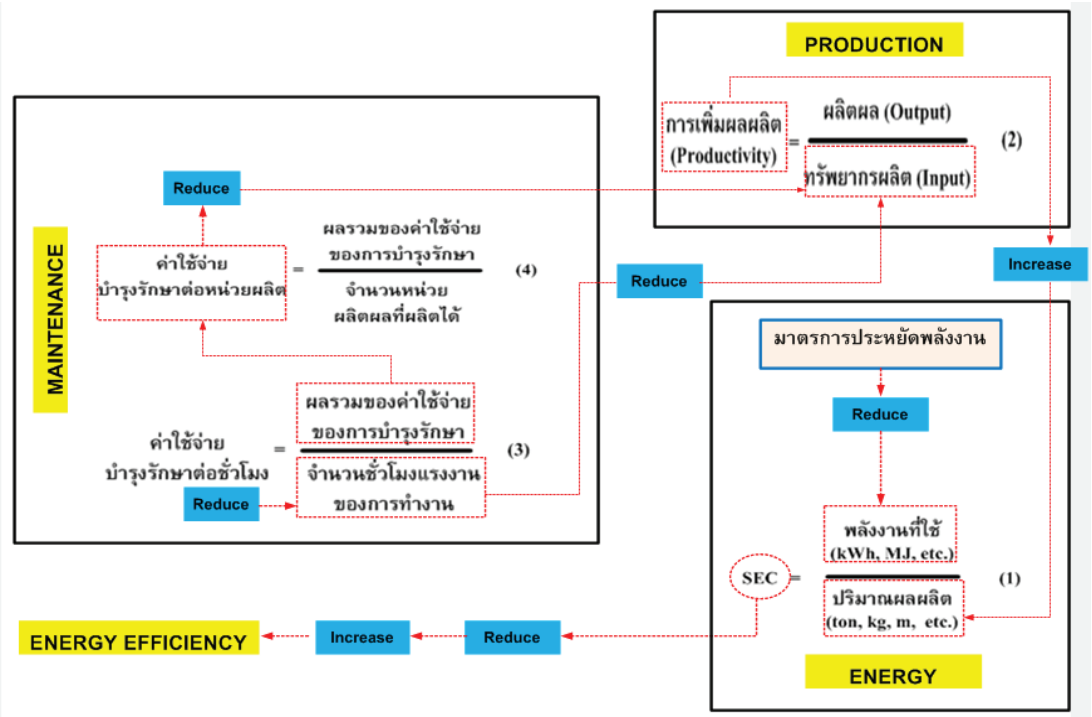
สมการที่ (3) จะเห็นว่าการลดจำนวนชั่วโมงแรงงานของการทำงานให้น้อยลงนั้น ทำให้ผลรวมของค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาลดลงด้วย และจะส่งผลทำให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยผลิตลดลง เมื่อเทียบกับผลผลิตเท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้น ดังนั้นจึงหาความสัมพันธ์ดังกล่าวนี้ได้จากสมการที่ (4) คือ

$$\text{ค่าบำรุงรักษา/หน่วย} = \frac{\textit{ผลรวมค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา}}{\textit{จำนวนหน่วยผลผลิต}} \quad (4)$$

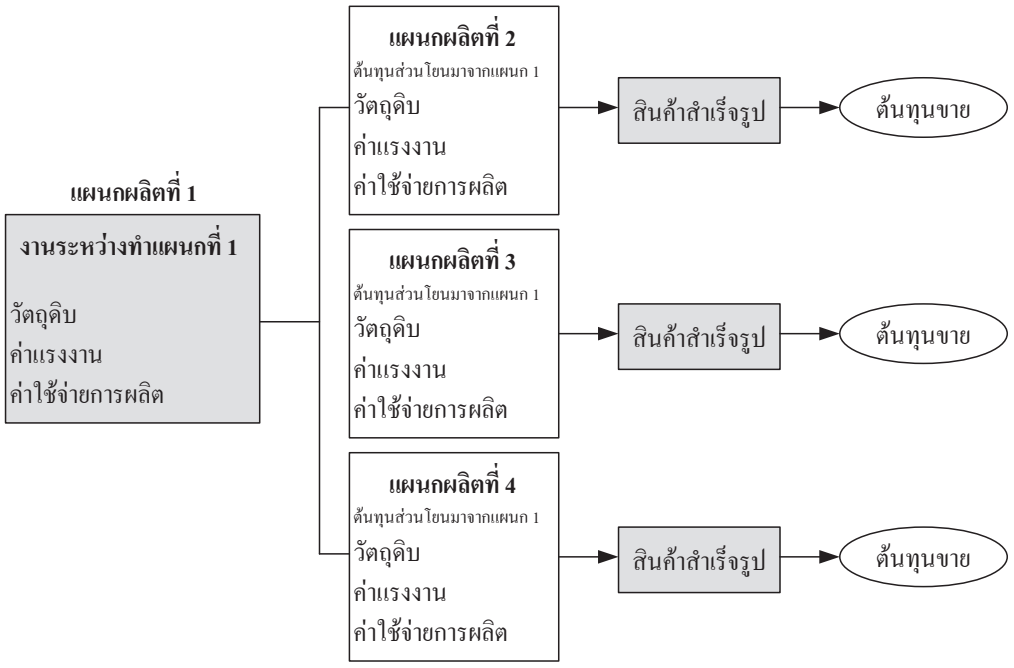
2.5 คำนวณหาค่าใช้จ่ายพลังงานทั้งหมดในการผลิต

2.5.1 คำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานของชิ้นส่วนการผลิต

การคำนวณหาพลังงานสูญเสียที่ใช้งานไปคิดเป็นค่าใช้จ่ายของต้นทุนการผลิต ในช่วงแรกทำการคำนวณหาค่าใช้จ่ายชิ้นส่วนวัสดุ อัตรากำลังไฟฟ้าและค่าใช้จ่ายพลังงานสูญเสียต่อหน่วย ณ ปีที่ t [4] ดังนั้นสามารถพิจารณาจากโครงสร้างการผลิตที่จำแนกในแต่ละแผนกเพื่อศึกษาถึงหาต้นทุนการขายแสดงดังรูปที่ 3



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างการผลิต การบำรุงรักษา และพลังงานกับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน [3]



รูปที่ 3 โครงสร้างการผลิตที่จำแนกตามลักษณะแผนกในแต่ละแผนกการผลิต

- ค่าใช้จ่ายชิ้นส่วนหรือค่าวัสดุในการประหยัดพลังงานประเภท Z (บาทต่อหน่วย)ในปีที่ *t* สามารถหาค่าได้ดังนี้ [5]

$$C_{zt} = C_{z0} \prod_{i=1}^{t} (1 + RI_t) \qquad (5)$$

กำหนดให้

C_{ZT} คือ ค่าใช้จ่ายชิ้นส่วนหรือวัสดุที่ประหยัดพลังงานประเภท Z (บาทต่อหน่วย) ในปีที่ 1

C_{Zo} คือ ค่าใช้จ่ายชิ้นส่วนหรือวัสดุประหยัดพลังงานประเภท Z (บาทต่อหน่วย) ในตอนเริ่มต้น

RI_t คือ อัตราเพิ่มขึ้น (+) หรือลดลง (-) ของค่าใช้จ่ายชิ้นส่วนหรือวัสดุประหยัดพลังงานในปีแรกคือปีที่ 1

- อัตรากำลังไฟฟ้าประเภท x ในปีที่ t หาได้ดังนี้

$$P_{xt} = P_{x0} \prod_{i=1}^{t} (1 + RI_{xt}) \qquad (6)$$

กำหนดให้

P_{XT} คือ อัตรากำลังไฟฟ้าประเภท x ในปีที่ t

P_{Xo} คือ อัตรากำลังไฟฟ้าประเภท x หน่วยบาทต่อปี

RP_{xt} คือ อัตราการเพิ่มขึ้น (+) หรือลดลง (-) ของอัตราค่ากำลังไฟฟ้าประเภท x ในปีที่ t

- พลังงานสูญเสียที่ใช้งานประเภท y ในปีที่ t ดังนี้

$$\varphi_t = \varphi_0 \prod_{i=1}^{t} (1 + RQ_{yt}) \qquad (7)$$

กำหนดให้

Q_{YT} คือ พลังงานสูญเสียที่ใช้งานประเภท y ในปีที่ t

Q_{Yo} คือ พลังงานสูญเสียที่ใช้งานประเภท y ในปีที่ 1

RQ_{yt} คือ อัตราการเพิ่มขึ้น (+) หรือลดลง (-) ของราคาพลังงานสูญเสียประเภท y ในปีที่ t

2.5.2 คำนวณค่าใช้จ่ายพลังงานที่ประหยัดได้ในการผลิต

- ค่าใช้จ่ายในการลงทุนของชิ้นส่วนหรือวัสดุใดๆ ในงานอุตสาหรรมการผลิต เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ณ ปีที่ t สามารถหาค่าได้ดังนี้ [6]

$$FI_t = \sum_{Z} K_{zt}(C_{zt} + IC_{zt}) \qquad (8)$$

กำหนดให้

FI_T คือ ค่าใช้จ่ายเงินในการลงทุน ณ ปีที่ t

K_{zt} คือ จำนวนชิ้นส่วนหรือวัสดุประหยัดพลังงานประเภท Z ที่ได้ลงทุนตามมาตรการในปีที่ t (กรณีมีค่าเป็นลบ – ถ้าเป็นชิ้นส่วนที่ประหยัดได้)

K_{zn} คือ จำนวนราคาเทียบเท่าของชิ้นส่วนหรือวัสดุที่ประหยัดพลังงานประเภท Z ที่มีอายุการใช้งานเริ่มต้นการทำงานในปีที่ n โดยพิจารณาในการคำนวณจากค่าสัดส่วนของอายุการใช้งานที่ยังเหลือ [7]

C_{zt} คือ ราคาชิ้นส่วนหรือวัสดุประหยัดพลังงาน ของประเภท Z ต่อหน่วยในปีที่ t

- ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้โดยทั่วไปในปีที่ t สามารถหาค่าได้ดังนี้

$$EFS_t = \sum_{x} D_x \times P_{xt} + \sum_{y} E_y \times Qy_t \qquad (9)$$

กำหนดให้

EFS_t คือ ค่าใช้จ่ายของพลังงานที่ประหยัดในปีที่ t

D_x คือ กำลังไฟฟ้าประเภท x ที่ประหยัดพลังงานได้ หมายถึงค่ากำลังไฟฟ้าสูงสุดในแต่ละเดือน

P_{xt} คือ อัตราค่ากำลังไฟฟ้าประเภท x ที่สามารถประหยัดพลังงานได้ในปีที่ t

E_y คือ ปริมาณพลังงานประเภท y ที่ประหยัดได้ต่อปี คือพลังงานไฟฟ้า

- ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ประหยัดได้โดยคิดในปีใดๆ กรณีพิจารณาก่อนและหลังดำเนินการในการประหยัดพลังงาน สามารถหาได้ดังนี้ [8]

$$\Delta E_{adj} = E_{adj,1} - E_2 \qquad (10)$$

กำหนดให้

ΔE_{adj} คือ อัตราค่าใช้พลังงานที่ประหยัดได้จริง

$E_{adj,1}$ คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้ก่อนดำเนินการ

E_2 คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้หลังดำเนินการ

- ค่าใช้จ่ายพลังงานไฟฟ้าที่ประหยัดได้ ในกรณีก่อนทำการปรับปรุง เมื่อปรับจำนวนวันบันทึกการใช้พลังงาน หาค่าได้ดังนี้

$$E_{adj,1} = E_1 \times \frac{d_2}{d_1} \qquad (11)$$

กำหนดให้

$E_{adj,1}$ คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ก่อนปรับจำนวนวัน

E_1 คือ ค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุง

d_1 คือ จำนวนวันที่บันทึกก่อนปรับปรุง

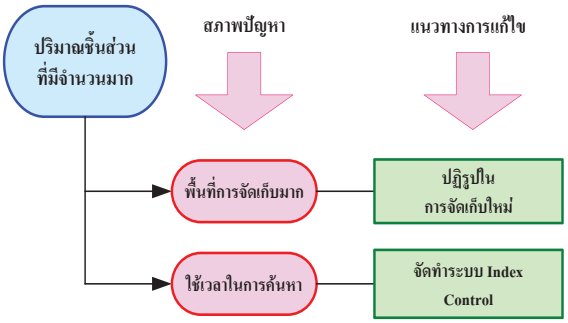
d_2 คือ จำนวนวันที่บันทึกหลังปรับปรุง

3. วิธีการดำเนินงานวิจัย

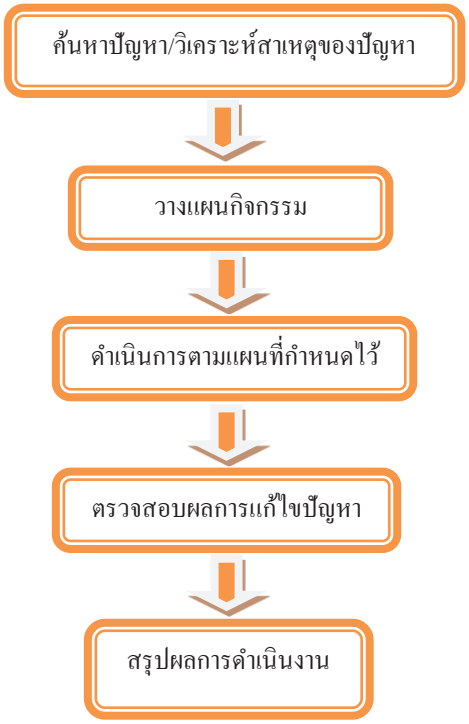
มีขั้นตอนและวิธีการดำเนินงานจากการศึกษาค้นคว้าสภาพปัญหาและแนวทางการแก้ไขต่างๆ โดยการนำทฤษฎีที่เกี่ยวข้องมาปรับปรุงการใช้งาน ทำให้เข้าใจถึงสาเหตุและแนวทางการแก้ไข เพื่อให้งานวิจัยนี้ประสบความสำเร็จตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ซึ่งมีขั้นตอนการควบคุมคุณภาพของเดมมิ่ง PDCA [9] แสดงดังรูปที่ 5

3.1 ศึกษาสภาพการทำงานในปัจจุบัน และหาสาเหตุ

สภาพปัญหาในปัจจุบันจึงพบว่าค่าใช้จ่ายในการดำเนินงานด้านต่างๆของฝ่ายงาน LCD ในปี พ.ศ. 2559 มีจำนวนที่เพิ่มมากขึ้นจึงส่งผลกระทบกับบริษัทโดยตรง ดังนั้นฝ่ายงาน LCD จึงได้ดำเนินการค้นหาสาเหตุและวิธีการแก้ไขเพื่อให้ปัญหาลดลงหรือหมดไปซึ่งแสดงแผนภูมิรูปที่ 4 โดยการลงพื้นที่หาข้อมูลของปัญหา และศึกษาผลกระทบจากสถานที่ทำงานภายในพื้นที่จัดเก็บ



รูปที่ 4 แผนภูมิวิเคราะห์และหาแนวทางแก้ไข



รูปที่ 5 ขั้นตอนการควบคุมคุณภาพในการดำเนินงานวิจัยโดยใช้หลักการเดมมิ่ง PDCA

3.2 วางแผนกิจกรรมและดำเนินการตามแผนที่กำหนด

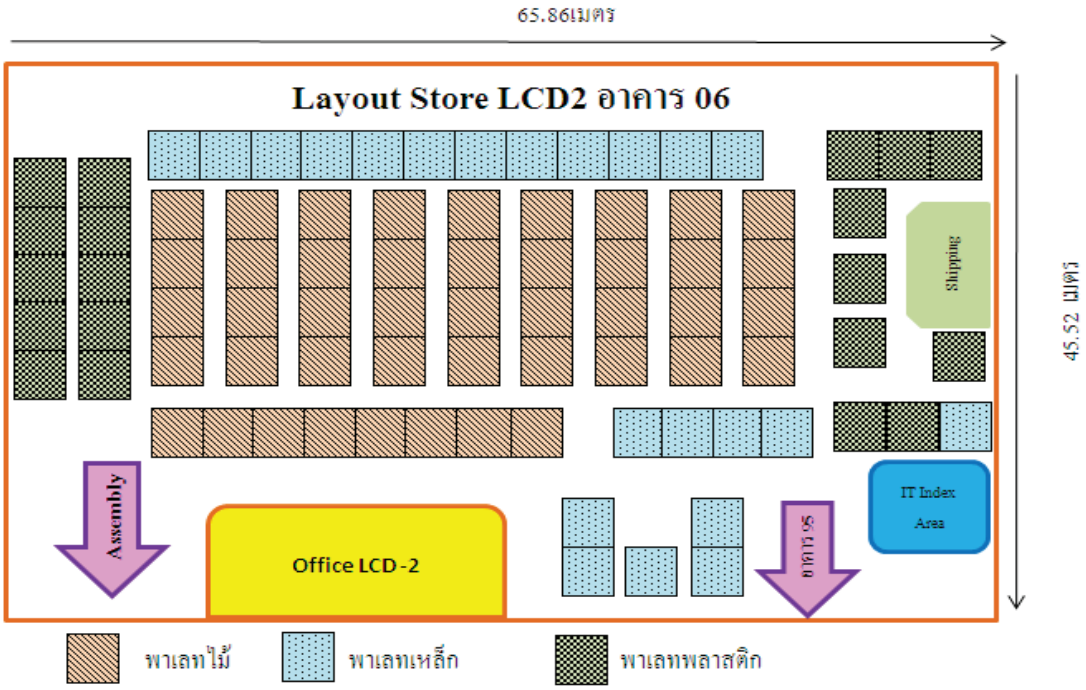
การดำเนินการวิจัย โดยเริ่มจากการจัดเก็บชิ้นส่วนนั้น ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามแผนที่ได้กำหนดไว้ ซึ่งจะต้องปรับเปลี่ยนรูปแบบบริหารงานจัดเก็บใหม่ มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

ขั้นที่ 1 ลงพื้นที่สำรวจและวัดพื้นที่ก่อนทำการปรับปรุง

เริ่มจากลงพื้นที่สำรวจการทำงานจริง เพื่อทำการวัดพื้นที่และวิเคราะห์สภาพการทำงานในพื้นที่ การวัดพื้นที่ใช้วางชิ้นส่วนจึงได้พื้นที่ 2,997.95 ตารางเมตร

ขั้นที่ 2 การปรับปรุงพื้นที่การทำงานเพื่อการบำรุงรักษา

ผู้วิจัยได้ดำเนินการ โดยศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้นและใช้หลักการทำงานในการบริหารจัดการเข้ามาช่วยแก้ปัญหาเพื่อเป็นแนวทางในการดำเนินงาน โดยทำการปรับเปลี่ยนพื้นที่ Lay Out สำหรับใช้จัดเก็บภายในคลังสินค้าแบบใหม่ โดยการนำทฤษฎี 5 ส. จัดการในคลังสินค้าเข้ามาใช้เพื่อให้สามารถรองรับการจัดเก็บได้จำนวนมากและเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพคลังสินค้าแสดงดังรูปที่ 6 และรูปที่ 7



รูปที่ 6 แบบแปลนพื้นที่ Lay Out ก่อนทำการปรับปรุง

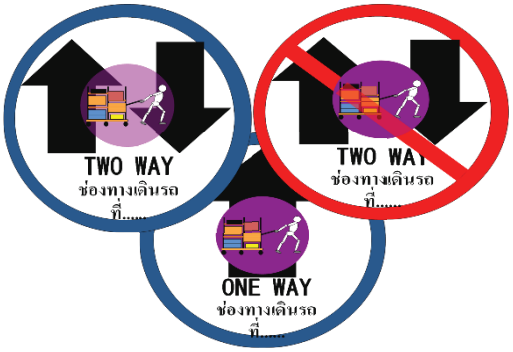
ขั้นที่ 3 ออกแบบลักษณะรูปแบบชั้นวางชิ้นส่วน

กำหนดใช้แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพคลังสินค้าโดยจัดหาอุปกรณ์ขนถ่ายวัสดุที่เหมาะสมและปรับเปลี่ยนระบบการจัดเก็บ โดยศึกษาสัญลักษณ์เส้นทางการเดินรถขนชิ้นส่วนแสดงดังรูปที่ 8 ผู้วิจัยได้พิจารณาการปฏิรูปการจัดเก็บใหม่ทั้งหมดจะต้องประหยัดต้นทุนค่าใช้จ่าย

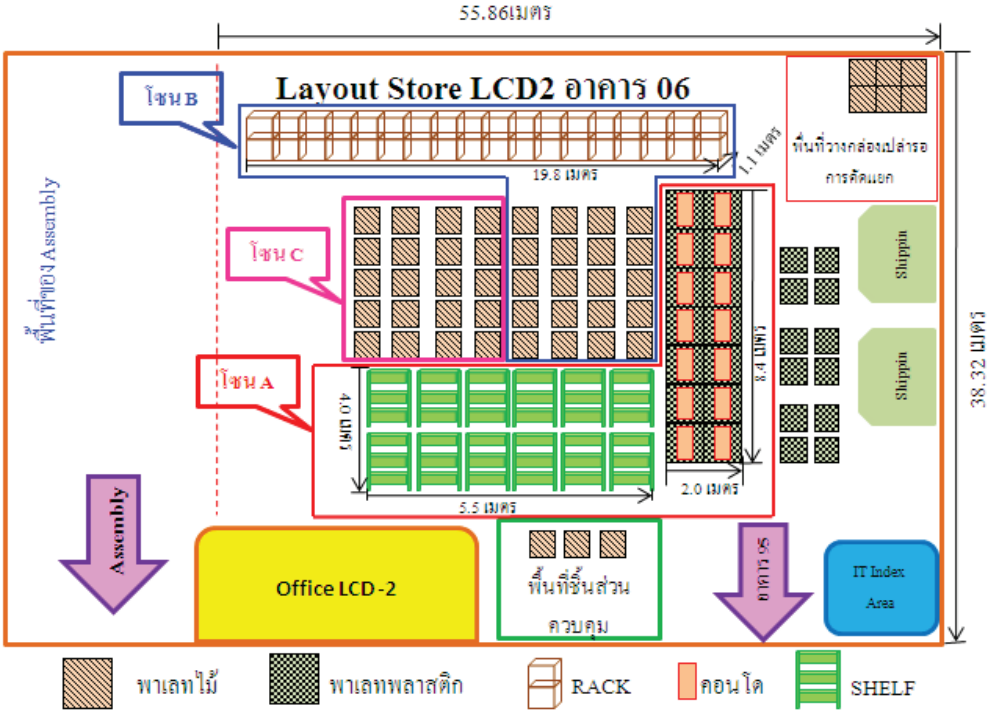
รูปที่ 7 เส้นแนวทางเดินกับพื้นที่จัดเก็บชิ้นส่วนในบริเวณคลังสินค้าของบริษัท

3.3 ตรวจสอบพื้นที่เพื่อตรวจวัดพื้นที่หลังการปรับปรุง

ผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อทำการวัดพื้นที่ทั้งหมดใหม่อีกครั้งหนึ่ง หลังจากทำการปรับปรุง พร้อมทั้งตรวจสอบการใช้งานของชั้นวางต่างๆ และตรวจสอบระยะเวลาในการทำงานให้เป็นไปตามแผนงานที่กำหนด ผลที่ได้จากการตรวจสอบพบว่า พื้นที่หลังการปรับปรุงมีพื้นที่ลดลงคือ 2,140.56 ตารางเมตรจากพื้นที่เดิม จะมีพื้นที่ในการวางชิ้นส่วนลดลงคือ 857.39 ตารางเมตร และมีระยะเวลาดำเนินงานตามแผนงานในพื้นที่ใหม่แสดงดังรูปที่ 9



รูปที่ 8 สัญลักษณ์เส้นทางการเดินรถขนชิ้นส่วน



รูปที่ 9 การจัดชั้นวางชิ้นส่วนและแบ่งโซนพื้นที่ใหม่ภาย หลังทำการปรับปรุงและแก้ไข

3.4 การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น

สำหรับการดำเนินกิจกรรมการจัดเก็บชิ้นส่วนในชั้นวาง SHELF เพื่อปรับปรุงพื้นที่ทำงานและเพื่อบำรุงรักษาชิ้นส่วนแสดงดังรูปที่ 10 สำหรับการจัดเก็บชิ้นส่วนในพื้นที่ผู้วิจัยไม่พบปัญหา ดังนั้นสามารถดำเนินการตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้แต่ถ้ามีการตรวจผลดำเนินงานที่เกิดปัญหาขึ้น จะต้องแก้ไขปัญหาตามลักษณะสาเหตุนั้นๆ

3.4.1 ศึกษาเวลาการทำงาน และนับเวลาในการทำงานของพนักงานโดยการค้นหา

เพื่อในการจัดเก็บและการจัดจ่ายชิ้นส่วน โดยเริ่มนับเวลาตั้งแต่พนักงานรับชิ้นส่วนจากจุดรับชิ้นส่วน ค้นหาชิ้นส่วนไปจนถึงขั้นตอนการจัดเก็บโดยเวลามาตรฐานนั้นทางบริษัทจะเป็นผู้กำหนดการทำงาน

3.4.2 เลือกโปรแกรมที่จะนำมาใช้งาน

ใช้แนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพคลังสินค้าและเป็นการประยุกต์ใช้ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศสำหรับงานคลังสินค้ามาเป็นแนวทางในการปฏิบัติงาน และดำเนินการ

จัดทำ Index Control ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาโดยใช้โปรแกรม Microsoft Office Excel 2003 ช่วยในการค้นหาชิ้นส่วนแสดงผลหน้าจอโปรแกรมดังรูปที่ 11

รูปที่ 10 ชั้นเก็บชิ้นส่วนในชั้นวาง SHELF

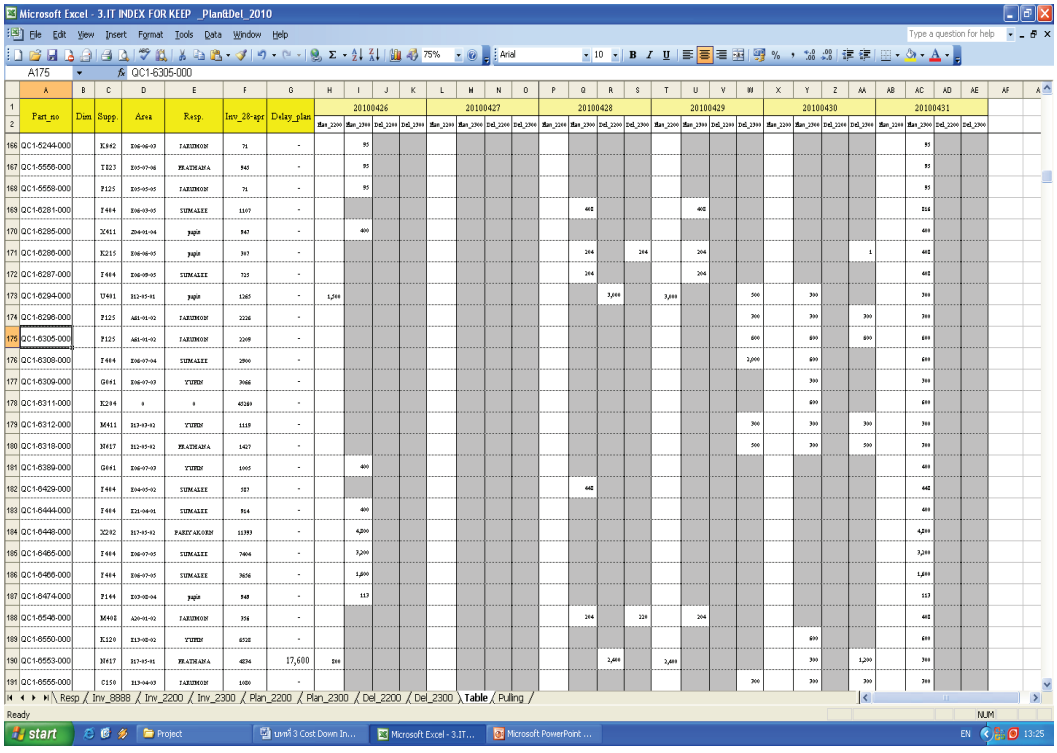
4. การวิเคราะห์

4.1 การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน

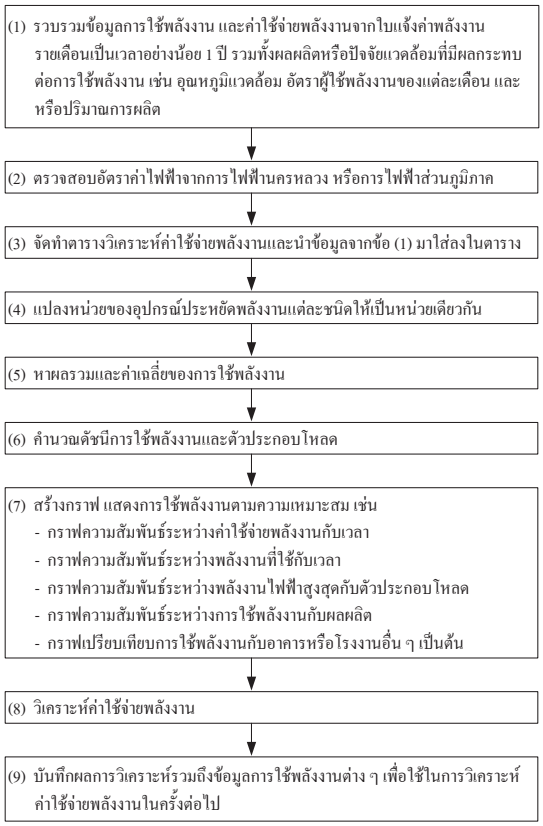
เมื่อศึกษาค่าใช้จ่ายพลังงานในแต่ละขั้นตอนแล้ว ต่อไปทำการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน โดยคิดจากดัชนีการใช้พลังงานจำเพาะ SEC สามารถช่วยในการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน สังเกตลักษณะการเพิ่มขึ้นหรือลดลงของการใช้พลังงานเมื่อเทียบกับเวลาโดยศึกษาจากข้อมูลการใช้พลังงานรายเดือนในอดีตอย่างน้อย 1 ปี ซึ่งข้อมูลดังกล่าวนี้ได้มาจากใบแจ้งค่าใช้จ่ายพลังงาน ดังนั้นสามารถอธิบายขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายพลังงานแสดงดังรูปที่ 12

4.2 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน

ปริมาณการใช้พลังงานที่เพิ่มขึ้นมีสาเหตุจากปริมาณการผลิตที่เพิ่มขึ้น ผู้ใช้ไฟฟ้าของบริษัทจึงใช้ค่าดัชนีการใช้พลังงาน SEC ช่วยวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงาน โดยผู้วิจัยได้ลงพื้นที่เก็บข้อมูล พบว่าปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายพลังงานที่เกิดขึ้นของบริษัท ฮิตาชิ ออโตเมชันเทคโนโลยี จำกัดซึ่งเป็นบริษัทอุตสาหกรรมการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าโดยเริ่มศึกษาดำเนินงานฝ่าย LCD ในปี พ.ศ.2559 จากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานแสดงผลดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าบริษัทมีศักยภาพในการประหยัดพลังงานค่อนข้างสูง คือสามารถทำการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานได้ และมีปริมาณผลผลิตสูงสุดในเดือนเมษายน คือ 2,217 ตัน แต่จะมีพลังงานที่ใช้ไปน้อยที่สุดในเดือนกุมภาพันธ์ประมาณ 987,248 kWh จะต้องชำระเงินค่าไฟฟ้าน้อยลงเป็นเงิน 1,835,293 บาท



รูปที่ 11 หน้าจอโปรแกรมแสดงชิ้นส่วนต้องการจัดเก็บ



รูปที่ 12 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายพลังงาน

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานและปริมาณผลผลิตในกระบวนการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าของบริษัท

เดือน	รายการพลังงานไฟฟ้าของการผลิตในปี 2559			
	พลังงานที่ใช้ไป พลังงาน (kWh)	ค่าไฟฟ้า (บาท)	ปริมาณผลผลิต (ตัน)	ดัชนีการใช้ (บาท/ตัน)
ม.ค.	1,092,787	2,480,783	2,008	1,235.45
ก.พ.	987,248	1,835,293	1,999	1,155.23
มี.ค.	1,187,424	2,675,169	1,728	1,548.13
เม.ย.	1,181,952	2,666,046	2,217	1,202.54
พ.ค.	1,153,498	2,618,605	1,605	1,631.53
มิ.ย.	1,123,200	2,507,087	2,201	1,139.07
ก.ค.	1,104,096	2,487,438	1,913	1,300.28
ส.ค.	1,104,096	2,487,438	2,164	1,149.46
ก.ย.	1,080,576	2,484,824	1,728	1,437.97
ต.ค.	1,133,261	2,572,664	2,150	1,196.59
พ.ย.	1,021,680	2,359,178	1,938	1,217.33
ธ.ค.	1,093,680	2 ,463,972	2,144	1,149.24
รวม	**13,263,498**	**29,638,497**	**23,795**	**15,362.82**

5. ผลการดำเนินงาน

ผลการดำเนินงานจากการสำรวจพื้นที่ทำกิจกรรมในการวางแผนงานและจากการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานแล้ว เพื่อลดค่าใช้จ่ายพลังงานในการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าของบริษัทโดยทำการติดตามและประเมินผล และทำการเปรียบเทียบกับค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้ไปหลังดำเนินการประหยัดพลังงานกับค่าใช้จ่ายพลังงานที่ใช้ก่อนดำเนินการ ดังนั้นผู้ใช้ไฟฟ้าจะต้องทราบว่าอาคารหรือโรงงานที่จะทำการประหยัดพลังงานมีการใช้จ่ายพลังงาน ใช้เชื้อเพลิงชนิดใด ปัจจัยที่มีผลกระทบต่อค่าใช้จ่ายพลังงาน ได้แก่ อัตราการผลิต พื้นที่ใช้งาน จำนวนพนักงาน เวลาทำงาน สภาพแวดล้อมและจะต้องเข้าใจถึงอัตราค่าไฟฟ้าที่ใช้เหมาะสมกับกิจการที่ดำเนินการ งานวิจัยนี้ที่เกี่ยวข้องคือ ศึกษาการจัดการใช้พลังงาน วางแผนงาน พัฒนาระบบผลิตไฟฟ้า และการเพิ่มผลผลิตในการใช้พลังงาน (ตัน) เทียบกับเวลาที่ใช้ไปในการผลิตในแต่ละเดือนแสดงดังรูปที่ 15

ตารางที่ 2 ผลการเปรียบเทียบก่อน และหลังปรับปรุงการใช้พลังงานจากการติดตามและประเมินผลในปี พ.ศ.2559

รายการปรับปรุง	พลังงานที่ใช้ไป (kWh)	ค่าใช้จ่ายพลังงาน (บาท)	จำนวนวันในใบเสร็จ (วัน)	อัตราค่าพลังงาน (บาท/หน่วย)
ก่อน	13,273,498	30,112,497	31	2.0
หลัง	12,750,560	21,094,250	30	2.7
ผลต่าง	522,938	9,018,247	1	0.7

จากผลตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่าก่อนและหลังในการดำเนินงานการประหยัดพลังงานแตกต่างกัน พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ก่อนดำเนินการควรปรับให้ตรงกับเงื่อนไขในการใช้งานแสดงผลรูปที่ 13 และรูปที่ 14 ดังนั้นพลังงานที่ใช้ก่อนปรับปรุงที่ปรับจำนวนวันบันทึกการใช้พลังงาน $E_{adj,1}$ หาค่าดังนี้

$$E_{adj,1} = 13,273,498 \text{ x } \frac{30}{31} = 12,845,321 \text{ kWh.}$$

1. พลังงานที่ประหยัดได้ = 12,845,321-12,750,560
= 94,761 kWh.

2. ทำการปรับอัตราค่าพลังงานเฉลี่ยต่อหน่วย

ค่าใช้จ่ายพลังงานทั้งหมด = 94,761 kWh x 2.7

= 255,854.70 บาท

ดังนั้นผลการคำนวณเมื่อทำการปรับอัตราค่าพลังงานเฉลี่ยที่ใช้ไปต่อหน่วย จะมีค่าใช้จ่ายพลังงานทั้งหมดเป็นเงิน 255,854.70 บาท

ตารางที่ 3 ปรับอัตราค่าพลังงานที่ประหยัดพลังงานได้

พลังงานที่ประหยัดได้ (kWh)	อัตราค่าพลังงานเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท/ kWh)
94,761	2.7

3. การคำนวณอัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU

เนื่องจากบริษัทนี้ผู้วิจัยได้คำนวณใช้อัตราค่าไฟฟ้าแบบ TOU (Time of Use) คือ อัตราค่าไฟฟ้าที่คิดตามช่วงเวลาของการใช้ไป เพื่อกระตุ้นให้ผู้ใช้ไฟฟ้าของบริษัทลดการใช้พลังงานในช่วงเวลากลางวัน ค่าไฟฟ้าจะเพิ่มขึ้นในช่วงที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้ามาก (On Peak) และค่าไฟฟ้าจะถูกลงในช่วงเวลาที่ระบบมีความต้องการใช้ไฟฟ้าน้อย (Off Peak) จากผลการใช้พลังงานไฟฟ้าในเวลาการใช้ภายใน 1 เดือนแสดงดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเดือนเมษายนมีพลังงานที่ใช้ไปคือ 1,181,952 kWh คำนวณหาดังนี้

- ช่วง On Peak

(วันจันทร์-ศุกร์ เวลา 9.00 น.–22.00 น.)

= 530,200 kWh.

- ช่วง Off Peak

(วันจันทร์-ศุกร์ เวลา 22.00 น.–9.00 น. และวันเสาร์-อาทิตย์, วันหยุดราชการทั้งวัน.)

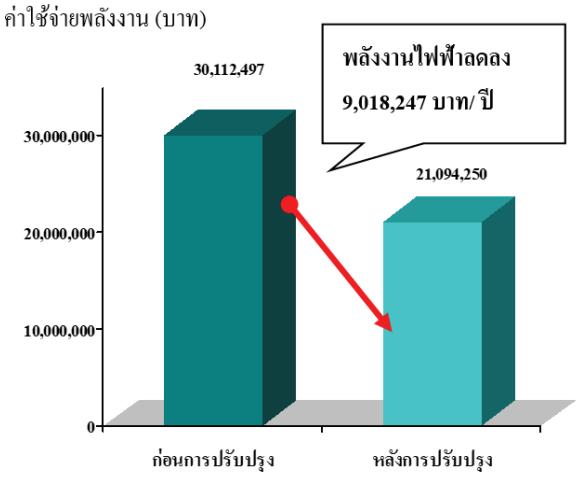
= 651,752 kWh.

รวมพลังงานไฟฟ้าทั้งหมด = 1,181,952 kWh.

จากการดำเนินงานปรับปรุงและเปลี่ยนแปลงการจัดเก็บทำให้ฝ่ายงาน LCD สามารถลดต้นทุนในการดำเนินงานได้เป็นอย่างดี

ผลการดำเนินงานช่วงที่ 1 การปฏิรูปการจัดเก็บชิ้นส่วน

การปฏิรูปการจัดเก็บชิ้นส่วนเพื่อลดพื้นที่จริง ผู้วิจัยพบปัญหาที่ทำให้บริษัทสูญเสียต้นทุนคือการวางงานบนพาเลทในแนวขนานและใช้พาเลทวางพื้นที่ที่ไม่จำเป็น



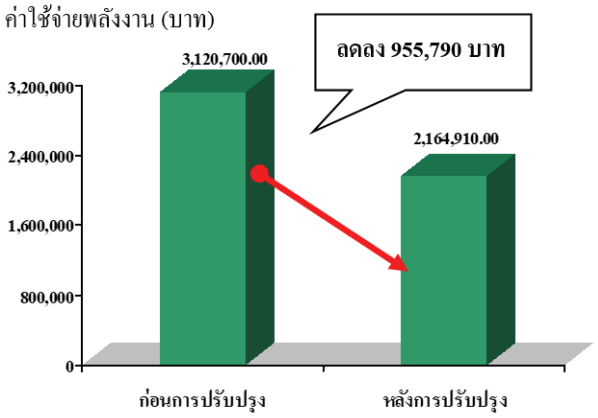
รูปที่ 13 กราฟผลค่าใช้จ่ายพลังงานที่ลดลงในช่วงการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าหลังทำการปรับปรุงแล้ว

วิธีการคิดหามูลค่าพื้นที่ของราคาพื้นที่ในบริษัทนี้ผู้วิจัยได้กำหนดไว้จะมีมูลค่าถึง 1,000 บาทต่อตารางเมตร ดังนั้นสามารถหามูลค่าพื้นที่ในการทำกิจกรรมจากสมการที่ (12) มีดังนี้

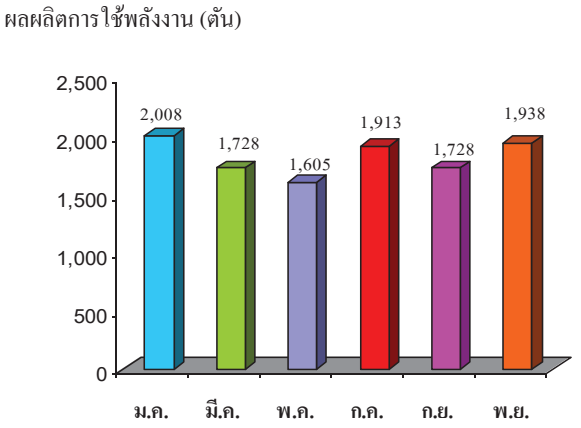
มูลค่าพื้นที่ = พื้นที่ลดลง (m^2)×ราคาพื้นที่ (Baht/ m^2) (12)

ผลการดำเนินงานช่วงที่ 2 จัดทำระบบ Index control

การจัดทำระบบ Index control สามารถทำให้ลดเวลาในการจัดเก็บ เพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้กับพนักงานและเป็นการเสริมสร้างทักษะความรู้ให้กับพนักงานในการใช้เครื่องคอมพิวเตอร์แสดงดังรูปที่ 16 ทำให้เพิ่มประสิทธิภาพการทำงานของพนักงานดีขึ้น และผลตารางที่ 4 จะเห็นว่าก่อนทำการปรับปรุงฝ่ายงาน LCD จะใช้เวลาไปกับการค้นหาและการจัดเก็บชิ้นส่วนของพนักงานในกระบวนการผลิตวันละ 7.8 ชั่วโมงต่อคน



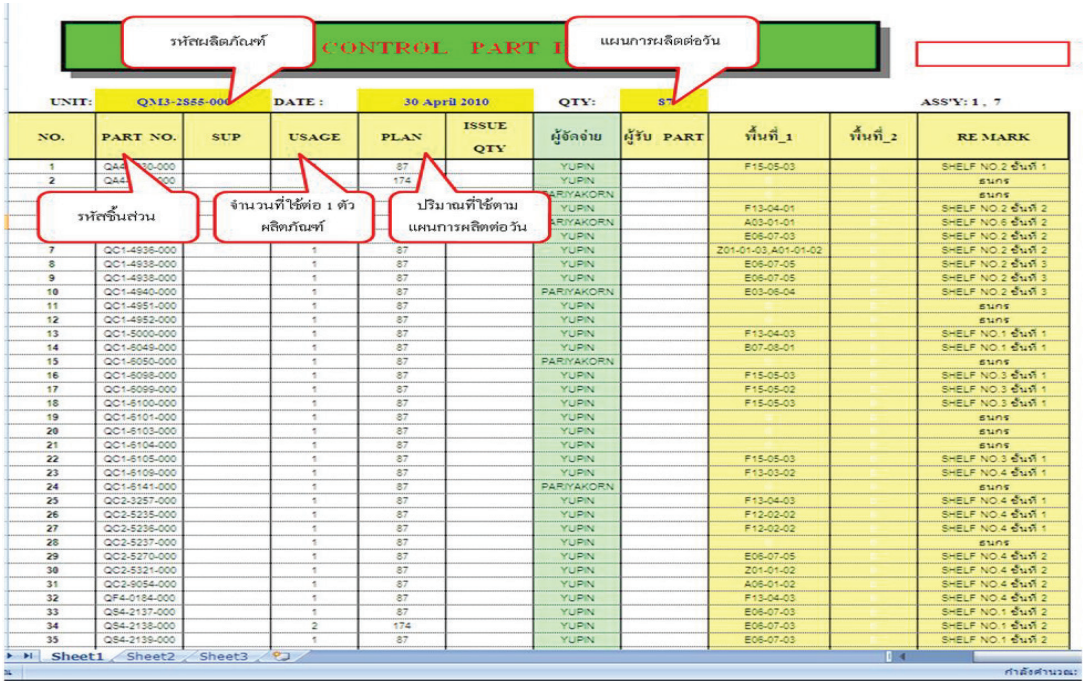
รูปที่ 14 กราฟผลค่าใช้จ่ายพลังงานที่ลดลงในการจัดการพื้นที่คลังสินค้าก่อนปรับปรุงและหลังปรับปรุง



รูปที่ 15 ผลผลิตการใช้พลังงาน (ตัน) เทียบกับเวลาที่ใช้ไปในการผลิตในแต่ละเดือนของปี พ.ศ.2559

ตารางที่ 4 ผลการนำระบบ Index Control มาใช้ในค้นหาชิ้นส่วนของพนักงานก่อนและหลังการปรับปรุง

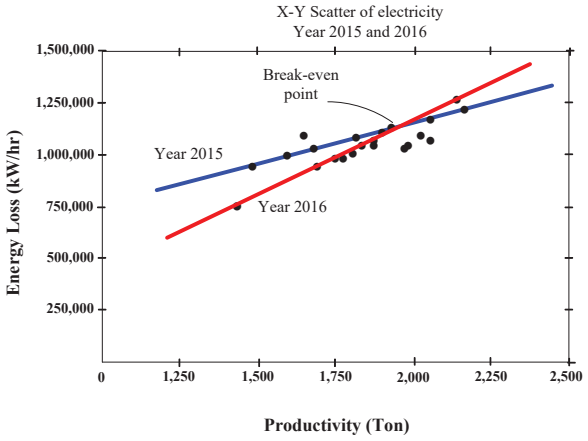
รายละเอียดพนักงาน	ก่อนปรับปรุง	หลังปรับปรุง
เวลาค้นหาเพื่อจัดจ่าย	3.4 ชั่วโมง	1.5 ชั่วโมง
เวลาค้นหาเพื่อจัดเก็บ	4.4 ชั่วโมง	2.0 ชั่วโมง
รวมทั้งหมด	7.8 ชั่วโมง	3.5 ชั่วโมง



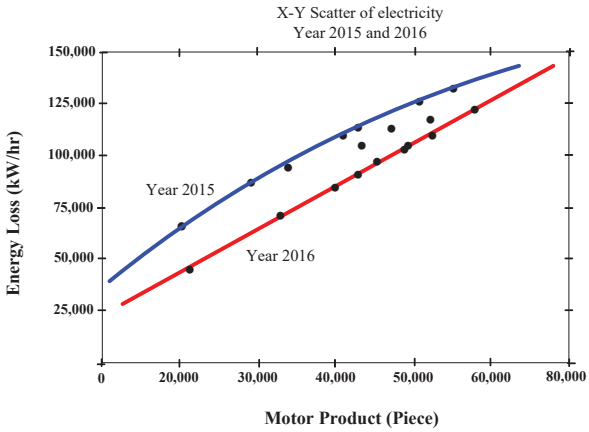
รูปที่ 16 หน้าจอโปรแกรมผลเมื่อกรอกรหัสผลิตภัณฑ์มอเตอร์ไฟฟ้าในระบบ Index control

ตารางที่ 5 ผลการทำกิจกรรมทั้งหมดของพนักงานก่อนและหลังการปรับปรุงเพื่อลดค่าใช้จ่าย

หัวข้อกิจกรรม ค่าใช้จ่ายที่ลดลง	ก่อนทำ	หลังทำ	ปริมาณ (บาท/ปี)
1.ปฏิรูปจัดเก็บชิ้นส่วนเพื่อลดพื้นที่ (ตร.เมตร)	2,997.9	2,140.5	857.4	857,400
2.นำ Index Control มาใช้เพื่อค้นหาชิ้นส่วนผลทำให้ลดคนได้ (คน)	10	5	5	750,000
รวมค่าใช้จ่ายทั้งหมดที่ลดลงเป็นเงิน 1,607,400 บาทต่อปี				



รูปที่ 17 ผลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณผลผลิต (ตัน) กับพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ไป (kWh)



รูปที่ 18 ผลกราฟความสัมพันธ์ระหว่างจำนวนผลผลิตของมอเตอร์ไฟฟ้า (เครื่อง) กับพลังงานที่ใช้ (kWh)

6. สรุปผล

การวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานเป็นการประเมินผลศักยภาพในการประหยัดพลังงานของการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าที่มีค่าดัชนีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นหรือลดลง ถ้าค่าดัชนีการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นเฉพาะบางเดือนและลักษณะการใช้พลังงานเปลี่ยนแปลงผิดปกติแสดงว่ามอเตอร์ไฟฟ้าหรือเครื่องจักรทำงานผิดปกติ ดังนั้นสามารถอธิบายผลการวิเคราะห์มีดังนี้ 1. ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานสามารถใช้เป็นข้อมูล เพื่อพิจารณาในการตัดสินใจเลือกใช้สัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้าและอัตราค่าไฟฟ้าเฉลี่ยต่อปีได้อย่างเหมาะสม 2. ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานจะเห็นว่าบริษัทอุตสาหกรรมการผลิตมอเตอร์ไฟฟ้านี้มีศักยภาพในการประหยัดพลังงานได้ดี สามารถทำการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานไฟฟ้า 3. ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานสามารถนำไปใช้เป็นฐานข้อมูลที่สำคัญสำหรับใช้วิเคราะห์หาค่าใช้จ่ายพลังงานในอนาคตได้ เพื่อใช้เปรียบเทียบกับผลที่ได้จากการตรวจสอบการใช้พลังงาน 4. ผลการวิเคราะห์ค่าใช้จ่ายพลังงานสามารถช่วยทำให้พนักงานได้คำนึงถึงความสำคัญของค่าใช้จ่ายพลังงานมากยิ่งขึ้น 5. เมื่อทำการปรับปรุงบำรุงรักษาโดยการนำเอา Index Control มาใช้ในการทำงาน ทำให้เวลาการทำงานของพนักงานลดลงประมาณ 55% นั้นคือเวลาทำงานลดลงเหลือเวลา 3.5 ชั่วโมงต่อคนต่อรอบ และ 6. จากผลการปรับปรุงงานบำรุงรักษาช่วยทำให้ประหยัดพลังงานของพนักงานจากเดิมที่ใช้พนักงานจำนวน 10 คน แต่หลังจากการทำกิจกรรมส่งผลทำให้ฝ่าย LCD สามารถลดจำนวนพนักงานให้เหลือเพียง 5 คนโดยที่ให้พนักงานจำนวน 1 คนที่มีรายได้โดยเฉลี่ยเป็นเงิน 568.18 บาทต่อวัน เมื่อบริษัทได้กำหนดให้พนักงานทุกคนเข้ามาทำงานประมาณ 22 วันต่อเดือน (รายได้ส่วนนี้จะรวมถึงเบี้ยขยันค่าครองชีพ ค่านอกเวลาทำงานและค่าอาหาร) รวมเป็นเงินทั้งหมด 12,500 บาทต่อเดือนและภายหลังจากการดำเนินงานแล้วสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการทำงานทำให้พนักงานลดลงจากเดิม 10 คนเหลือ 5 คนและทำให้ลดต้นทุนค่าใช้จ่ายเป็นเงิน 62,500 บาทต่อเดือนหรือเป็นเงิน

ประมาณ 750,000 บาทต่อปี เมื่อมีการปฏิรูปในการจัดเก็บและการจัดจ่าย ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์และทำการปฏิบัติงานจริงโดยผ่านการทำกิจกรรม เพื่อใช้เป็นข้อมูลพิจารณาและสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายการผลิตได้ประมาณ 70% และสามารถประหยัดพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตมอเตอร์ไฟฟ้าได้เป็นอย่างดี นอกจากนี้สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ซึ่งตรงตามเป้าหมายในการใช้พลังงานไฟฟ้า

เอกสารอ้างอิง

[1] Teerayut Sonseup. Management Components to Reduce the Cost of Production in the Industry Faculty. Thesis, Valaya Alongkorn Rajabhat University, Thailand, 2009.

[2] Glomjit, P. Industrial Design to Increase Electrical Energy Productivity. *Journal of Energy Research*, 2012; 1: 24-56.

[3] Poolee, S. and et al. Improving Maintenance Working to Increase Energy Efficiency in Industry. *Journal of Energy Research*, 2012; 24-38.

[4] Arunrat, T. and et al. Energy Conservation for the Arc Furnace. *Journal Research*, 2010; 19: 58-75.

[5] Mangwititgun, W. Processes and Techniques to Reduce Energy Cost. Taylor & Francis, Philadephia, 2005.

[6] Vutisirisat, C. and et al. Control of Water Steel Crucible Heated with Electric Arc Furnace. The 8th Conference of the E-NET, Mahasarakham, Thailand, 2-4 May, 2012.

[7] Manoh Jangrajang and et al, Improvement of Water Heated Crucible Steel in Electric Arc Furnaces. *Journal of Energy Research*, 2012; 33-47.

[8] Myers, R.H. and Montgomery, D.C. Response Surface Methodology: Process and product optimization using designed experiments. John Wiley & Sons, New York, 1995.

[9] Sathyajith M.E.and et al. Wind energy fundamentals for resource and economics price cost analysis. 2006 International Conference on Power System Technology, Berlin, 2006; 348-362.