

การลดความสูญเสียเปล่าทางพลังงานของเครื่องทำความเย็นตามแนวทางของลีน

กรณีศึกษา กระบวนการผลิตสารเคลือบกระป๋องชนิดโลหะ

Application of Lean Principles for Energy Waste Reduction in Refrigeration

Systems: A Case study of the Metal Can Coating Production Process

นิวัฒน์ จันทกุล^{1*} และ เลิศเลขา ศรีรัตน¹

¹สาขาวิชาการจัดการวิศวกรรมและเทคโนโลยี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง เลขที่ 2086 ถนนรามคำแหง
แขวงหัวหมาก เขตบางกะปิ กรุงเทพมหานคร 10240

Nivat Jantokul^{1*} and Lerdlekha Sriratana¹

¹Engineering Management and Technology Program, Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University
No. 2086, Ramkhamhaeng, Hua Mak, Bang Kapi, Bangkok, 10240

*Corresponding author Email: 6714940015@rumail.ru.ac.th

(Received: June 5, 2026; Revise: June 23, 2026; Accepted: June 29, 2026)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียเปล่าทางพลังงานในระบบทำความเย็น (Chiller) ของกระบวนการผลิตสารเคลือบกระป๋องชนิดโลหะในบริษัทแห่งหนึ่ง ซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงสุด เฉลี่ย 16,042 kWh/เดือน จากการศึกษาพบสาเหตุหลักของความสูญเสียเปล่ามี 2 ประการ คือ การเดินเครื่องทิ้งไว้ในสภาวะเตรียมพร้อมแต่ไม่มีการทำงาน (Idling) และการปรับตั้งอุณหภูมิน้ำเย็นต่ำกว่าการใช้งานจริงทำให้ใช้พลังงานมากเกินความจำเป็น (Over Supply) ผู้วิจัยได้กำหนดแนวทางปรับปรุง 4 ด้าน ประกอบด้วย (1) ปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นจาก 10 °C เป็น 14 °C ให้สอดคล้องกับภาระงาน (2) ลดจำนวนการทำงานของคอมเพรสเซอร์จาก 3 ชุด เหลือ 2 ชุด (3) จัดทำมาตรฐานการปฏิบัติงาน (SOP) คู่มือการใช้งาน (WI) และการฝึกอบรมผู้ใช้งาน (4) ติดตั้งระบบ IoT เพื่อตรวจวัดและติดตามการใช้พลังงานแบบเรียลไทม์ ผลการดำเนินงานในช่วงเดือนมกราคม – มีนาคม 2569 พบว่าปริมาณการใช้ไฟฟ้าโดยเฉลี่ยลดลงเหลือ 12,085 kWh/เดือน หรือลดลงร้อยละ 24.6 โดยไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของสารเคลือบ คิดเป็นค่าใช้จ่ายทางพลังงานที่ลดลงได้โดยประมาณ 227,923 บาท/ปี นอกจากนี้พนักงานยังได้มีส่วนร่วมในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพอีกด้วย

คำสำคัญ: ลีน เครื่องทำความเย็น ความสูญเสียเปล่าทางพลังงาน อินเทอร์เน็ตของสรรพสิ่ง

Abstract

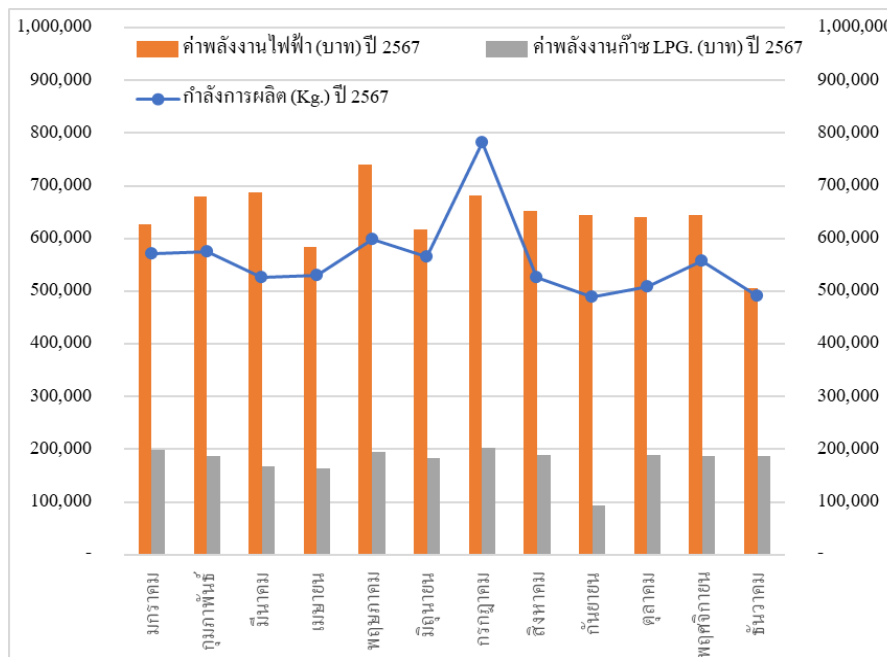
This research aims to analyze the causes of energy waste in a refrigeration system (chiller) used in the metal can coating production process at a packaging manufacturing company. The chiller system was identified as the highest energy-consuming system in the production process, with an average electricity consumption of 16,042 kWh per month. The study identified two primary causes of energy waste: operating the system in standby mode and setting the chilled water temperature below the requirement, resulting in excessive energy consumption (over-supply). Based on these findings, four improvement measures were implemented: (1) increasing the chilled water temperature from 10 °C to 14 °C to better match the actual cooling load, (2) reducing the number of operating compressors from three units to two units, (3) establishing

standard operating procedures (SOP), work instructions (WI), and user training programs, and (4) installing an Internet of Things (IoT) system to measure and monitor energy consumption in real time. The implementation results during January–March 2026 showed that the average electricity consumption decreased to 12,085 kWh per month, representing a reduction of 24.6%, without affecting the quality of the coating product. This resulted in an estimated annual energy cost saving of approximately 227,923 THB. In addition, employees became more involved in promoting efficient energy use practices.

Keywords: Lean, Chiller, Energy Waste, Internet of Things (IoT)

1. บทนำ

ปัจจุบันภาคอุตสาหกรรมยังเป็นผู้บริโภคพลังงานที่ใหญ่ที่สุด คิดเป็นร้อยละ 42.2 ของการใช้พลังงานในประเทศ ดังนั้นการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมให้มีประสิทธิภาพสูงสุดจึงเป็นการเพิ่มเสถียรภาพทางพลังงาน ช่วยลดต้นทุนการผลิต สร้างความเชื่อมั่นจากนักลงทุนต่างประเทศ พร้อมทั้งขยายโอกาสทางธุรกิจให้เติบโต [1]



รูปที่ 1 ค่าไฟฟ้าและเชื้อเพลิง LPG เทียบกับปริมาณการผลิต

บริษัท ทรนศึกษาเป็นผู้ผลิตสารเคลือบภายในกระป๋องบรรจุภัณฑ์ชนิดโลหะที่ใช้พลังงานไฟฟ้าและเชื้อเพลิงจากก๊าซ LPG เป็นหลัก ในปี พ.ศ. 2567 มีค่าใช้จ่ายทางพลังงานไฟฟ้าเท่ากับ 7,704,255 บาท และมีค่าก๊าซ LPG เท่ากับ 2,144,225 บาท โดยมีสัดส่วนการใช้พลังงานไฟฟ้ามากกว่าก๊าซ LPG ดังแสดงในรูปที่ 1 จากการศึกษาดังกล่าวพบแนวโน้มค่าพลังงานสูงขึ้น ซึ่งคาดว่าเกิดจากการสูญเสียทางพลังงานโดยเฉพาะในส่วนระบบทำความเย็นซึ่งเป็นระบบที่ใช้พลังงานสูงสุด งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์หาสาเหตุและพัฒนาแผนงานที่เหมาะสมเพื่อลดความสูญเสียทางพลังงานของเครื่องทำความเย็นในบริษัทดังกล่าว

2. รูปแบบการวิจัย

การศึกษานี้เป็นงานวิจัยเชิงประยุกต์ที่ได้นำแนวคิดแบบลีน (Lean) มาวิเคราะห์หาสาเหตุของปัญหาความสูญเสียทางพลังงาน โดยประยุกต์ใช้การสูญเสียหลัก 16 ประการ (16 Big losses) การวิเคราะห์รากปัญหาตามหลัก 4M1E และการวิเคราะห์แบบ Why-Why Analysis นอกจากนี้ยังได้นำหลักการ CAP-Do ซึ่งเป็นแผนเชิงกลยุทธ์เพื่อตรวจสอบและแก้ไขปัญหามาจากการ ตรวจสอบ (Check), ทบทวน/แก้ไข (Act), วางแผน (Plan), ปฏิบัติ (Do) ร่วมกับระบบตรวจวัดทางพลังงาน IoT แบบเรียลไทม์ ซึ่งมี 6 แนวปฏิบัติหลักได้แก่ (1) การกำจัด (Eliminate) (2) การใช้ซ้ำ (Reuse) (3) การเปลี่ยนแปลง (Change) (4) การซ่อมแซม (Repair) (5) การลดการใช้งาน (Reduce) (6) การหยุดใช้งาน (Stop) ซึ่งพบว่าสามารถแก้ไขปัญหาค่าความสูญเสียทางพลังงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ [2]

2.1 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ลีนเป็นแนวคิดที่ได้ประยุกต์ใช้กันอย่างแพร่หลายเนื่องจากการจัดการกระบวนการเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันให้แก่องค์กรที่มุ่งเน้นการกำจัดความสูญเสีย (Waste) และสามารถนำมาประยุกต์ใช้เพื่อลดความสูญเสียทางด้านพลังงานในกระบวนการผลิต จึงช่วยให้เกิดการใช้พลังงานอย่างเหมาะสมและลดต้นทุนการผลิตลงได้ [3] การลดความสูญเสียทางพลังงานโดยใช้ทฤษฎีการสูญเสียหลัก 16 ประการ ทำให้ค่าพลังงานจำเพาะต่อหน่วยการผลิต (SEC) ของเครื่องจักร Electrolytic De flash and Water jet ลดลงเหลือ 0.66 kWh/EU [4] การวิเคราะห์สาเหตุความสูญเสียทางพลังงานสามารถวิเคราะห์ตามหลัก 4M1E เพื่อปรับปรุงการทำงานสามารถลดการใช้พลังงานของมอเตอร์ปั่นด้ายได้ถึงร้อยละ 40 [5] นอกจากนี้ ยังสามารถใช้ Why-Why Analysis เพื่อวิเคราะห์ความสูญเสียในกระบวนการพันทราย และออกแบบเครื่องพันทรายที่ใช้งานได้เหมาะสม ซึ่งสามารถลดเวลาทำงาน ลดจำนวนพนักงาน และลดต้นทุนการผลิตได้ 7,890 บาท/เดือน [6] การใช้ Why-Why Analysis ค้นหาความผิดปกติของเครื่องบดซีเมนต์ยังสามารถนำไปแก้ไขปัญหาลดความสิ้นเปลืองทางพลังงานไฟฟ้า (SEEC) ได้ถึง 2 kWh/ตัน [7] ส่วนการปรับปรุงขั้นตอนการทำงานเพื่อลดความสูญเสียทางพลังงานสามารถนำแนวคิดแบบลีนมาประยุกต์ได้ เช่น การลดความสูญเสียทางพลังงานในเครื่องจักร (CNC) ด้วยการวางแผนหยุดเครื่องจักรในช่วงเวลาที่ไม่ได้โหลด และชะลอความเร็วรอบเครื่องจักรระหว่างรอชิ้นงานสามารถประหยัดพลังงานได้ถึงร้อยละ 53 [8] และยังสามารถผสมผสานการจัดการพลังงานกับการทำแผนผังสายธารคุณค่า (Value Stream Mapping) โดยอิงหลักการการผลิตแบบลีน (Lean manufacturing) เพื่อลดพลังงานในกระบวนการผลิตได้ถึงร้อยละ 50 [9] อย่างไรก็ตาม การลดความสูญเสียทางพลังงานควรมีการตรวจสอบอย่างต่อเนื่อง โดยสามารถนำเครือข่ายเซ็นเซอร์ สำหรับตรวจสอบการใช้พลังงานเครื่องจักรในอุตสาหกรรมผ่านระบบ IoT เพื่อให้สามารถเข้าถึงเว็บแอปพลิเคชันและตรวจติดตามเพื่อการจัดการพลังงานเครื่องจักรแบบเรียลไทม์ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพ [10]

2.2 ระเบียบวิธีการวิจัย

รูปแบบการศึกษานี้มีระเบียบวิธีแบบผสมผสาน (Mixed Methods Research) โดยใช้เครื่องมือวิจัยสำหรับเก็บข้อมูลที่มีการสอบเทียบตามมาตรฐาน ดังนี้

- (1) เครื่องวัดอัตราการไหล (Ultrasonic flow sensor) ย่านการวัด 0 – 10 เมตร/วินาที ความแม่นยำ $\pm 1\%$
- (2) เครื่องวัดพลังงานไฟฟ้า (Power meter) ย่านการวัด 150 – 600 Vac. ความแม่นยำ $\pm 0.2\%$ rdg. $\pm 0.1\%$ f.s.
- (3) เครื่องบันทึกค่าอุณหภูมิ (Temperature Recorder) ย่านการวัด -50 ถึง 1000 °C ความแม่นยำ $\pm 0.4\%$ rdg.

2.2.1 วิธีการดำเนินการวิจัยมี 6 ขั้นตอน ดังนี้

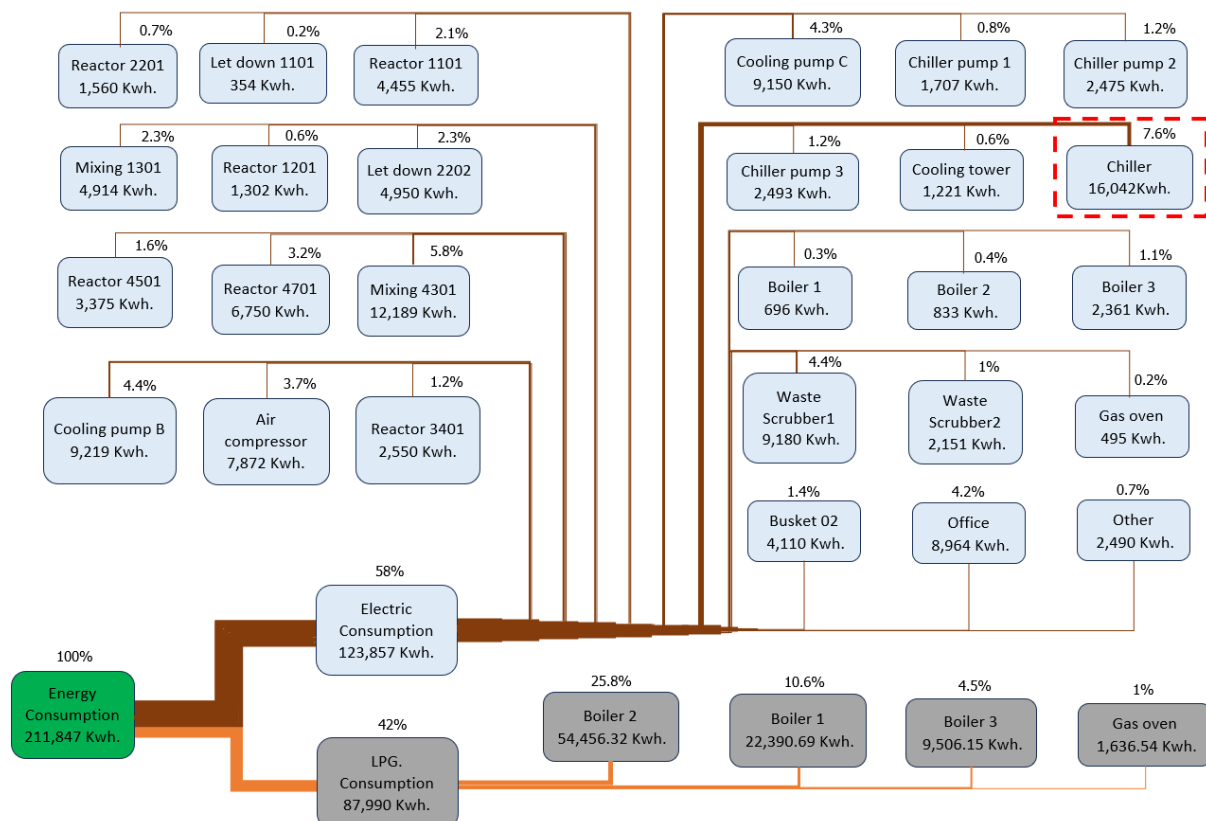
- (1) ศึกษาการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตและรวบรวมข้อมูลเพื่อกำหนดปัญหา
- (2) ศึกษาทฤษฎีและวรรณกรรมเพื่อนำมาออกแบบ วิธีการดำเนินการวิจัย
- (3) เก็บข้อมูลการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็นและวิเคราะห์ความสูญเสียทางพลังงาน
- (4) กำหนดแนวทางการลดความสูญเสียทางพลังงานเครื่องทำความเย็น

(5) วิเคราะห์ผลเปรียบเทียบปริมาณการใช้พลังงานหลังปรับปรุงและประเมินความรู้ความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงาน

(6) สรุปและรายงานผลต่อผู้เกี่ยวข้อง

2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลพลังงานเครื่องทำความเย็น

จากการเก็บข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตพบว่าเครื่องทำความเย็นมีปริมาณการใช้งานสูงสุดที่ 192,504 kWh/ปี คิดเป็นร้อยละ 7.6 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งหมดเมื่อเทียบกับปริมาณการใช้ไฟฟ้าปีฐาน พ.ศ. 2567 ดังแสดงในรูปที่ 2 จากการวัดค่าพลังงานพบว่าเครื่องทำความเย็นใช้พลังงานเฉลี่ยเท่ากับ 53.47 kW และใช้พลังงาน 16,042 kWh/เดือน



รูปที่ 2 แผนผังการไหลของพลังงาน (Energy flow Diagram)

2.4 การวิเคราะห์สาเหตุความสูญเสียทางพลังงาน

ระบบเครื่องทำความเย็นของบริษัทกรณีศึกษาใช้บอร์ดควบคุมแบบไมโครโปรเซสเซอร์ ซึ่งสั่งการทำงานของคอมเพรสเซอร์ตามอุณหภูมิน้ำเย็นที่วัดจากอีวาพอเรเตอร์ เพื่อให้สอดคล้องกับภาระโหลดความเย็นของกระบวนการผลิต จากการตรวจวัดพบว่า คอมเพรสเซอร์ชุดที่ 1 ส่วนใหญ่อยู่ในโหมดเตรียมพร้อม (Standby) ขณะที่คอมเพรสเซอร์ชุดที่ 2 และ 3 ทำงานในโหมดโหลดสูง (Full Load) และโหลดต่ำ (Part Load) ตามลำดับ แม้คอมเพรสเซอร์ในโหมดเตรียมพร้อมจะไม่ผลิตความเย็น แต่ยังคงใช้พลังงานไฟฟ้า ส่งผลให้เกิดความสูญเสียทางพลังงานในลักษณะการเดินเครื่องทิ้งไว้ (Idling) จากการตรวจวัดอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้า-ออกของถังผลิตสารเคลือบ 2 ถัง แสดงดังรูปที่ 3 พบว่าเครื่องทำความเย็นตั้งค่าอุณหภูมิน้ำเย็นที่ 10 °C ขณะที่อุณหภูมิสารเคลือบเฉลี่ยอยู่ที่ 91 °C และ 46 °C ซึ่งยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน แต่ผลต่างอุณหภูมิน้ำเย็นขาเข้าและขาออก (ΔT) มีค่าเฉลี่ยเพียง 1.2 °C และ 1.0 °C เมื่อพิจารณาจากสมการการถ่ายเทความร้อน ($Q = \dot{m}c_p\Delta T$)

ค่า ΔT ที่ต่ำแสดงถึงภาระโหลดความเย็นของกระบวนการผลิตมีค่อนข้างต่ำเมื่อเทียบกับกำลังการผลิตความเย็นของระบบ จึงให้เกิดการผลิตความเย็นเกินความจำเป็น ดังนั้น การปรับเพิ่มอุณหภูมิน้ำเย็นให้เหมาะสมกับภาระโหลดจริงจึงสามารถช่วยลดการใช้พลังงานของระบบได้



รูปที่ 3 วัดอุณหภูมิน้ำเย็นเข้า-ออก ถึงผลิตสารเคลือบ

2.4.1 การวิเคราะห์ปัญหาตามหลัก 4M1E

จากการเก็บข้อมูลพลังงานจากพื้นที่ที่เกี่ยวข้องในกระบวนการผลิตของโรงงานกรณีศึกษา เมื่อวิเคราะห์รากของปัญหาตามหลัก 4M1E สามารถสรุปได้ ดังนี้

- (1) ด้านคน (Man) พบปัญหาการขาดความรู้ความเข้าใจของผู้ปฏิบัติงานที่ใช้งานระบบ จึงตั้งอุณหภูมิเครื่องทำความเย็นต่ำเกินความจำเป็นตามความเคยชิน
- (2) ด้านเครื่องจักร (Machine) พบภาระความร้อนในกระบวนการผลิตน้อยกว่าระบบทำความเย็นที่มี เนื่องจากออกแบบระบบขนาดใหญ่เกินการใช้งานจริง (Over size) และเครื่องทำความเย็นอยู่ในสภาวะเตรียมพร้อม (Stand by) เป็นระยะเวลานานโดยไม่ผลิตความเย็นแต่ยังคงใช้พลังงานไฟฟ้าอยู่อย่างต่อเนื่อง
- (3) ด้านวิธีการ (Method) ขาดมาตรฐานการปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องทำความเย็นที่ชัดเจน ทำให้ผู้ปฏิบัติงานตั้งค่าไม่มีการอ้างอิงข้อมูลทางเทคนิคที่ถูกต้อง (Over Conditioning/Over Supply)
- (4) ด้านวัสดุ (Material) พบคริบรรยายความร้อนเครื่องทำความเย็นเสียรูปจากการฉีดล้างด้วยน้ำแรงดันสูง ทำให้การแลกเปลี่ยนความร้อนลดลง การไหลของอากาศไม่ดี ส่งผลให้คอมเพรสเซอร์เกิดการสูญเสียพลังงาน

2.4.2 แนวทางแก้ไข้ปัญหา

ผู้วิจัยได้วิเคราะห์สาเหตุของปัญหาด้วย Why-Why analysis แสดงดังรูปที่ 4 อ้างอิงตามการวิเคราะห์สาเหตุของปัญหา สามารถกำหนดแนวทางการลดความสูญเสียทางพลังงานของเครื่องทำความเย็นตามแนวปฏิบัติ CAP-Do ดังนี้

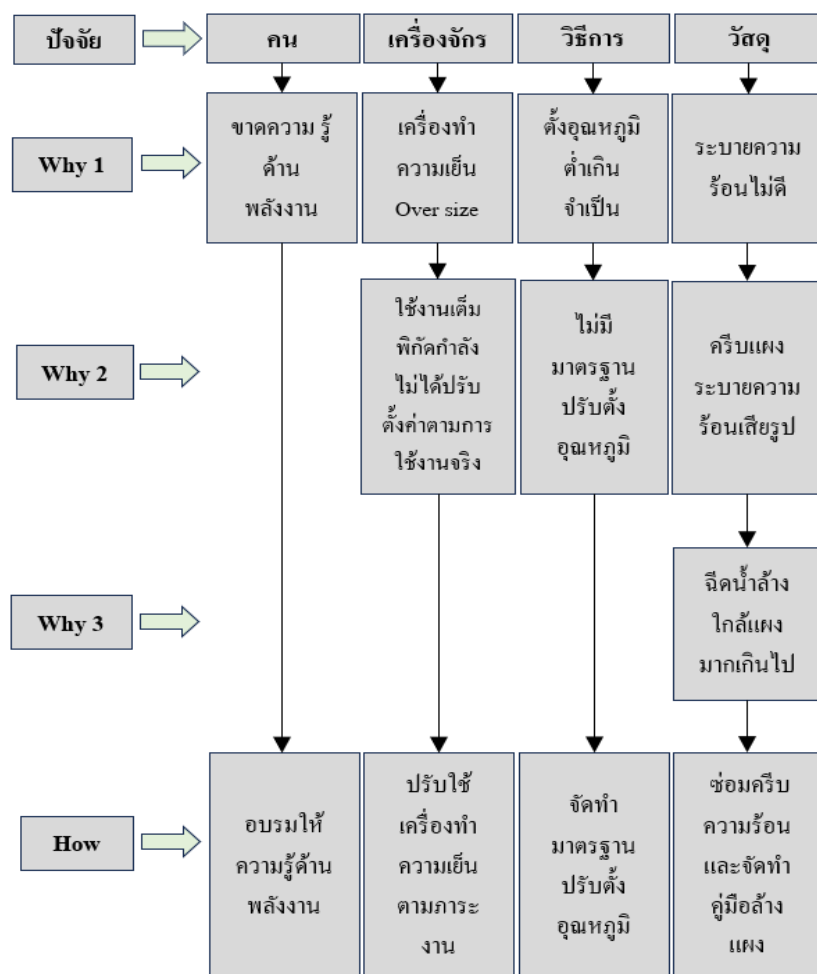
- (1) ปรับอุณหภูมิเครื่องทำความเย็นจาก 10 °C เป็น 14 °C (Change)
- (2) จัดทำคู่มือการใช้งานเครื่องทำความเย็น
- (3) ลดการใช้งานคอมเพรสเซอร์จาก 3 ชุด เหลือ 2 ชุด (Reduce)

(4) จัดทำมาตรฐานการปรับตั้งอุณหภูมิ (SOP)

(5) ปรับแต่งครีบบระบายความร้อน (Repair)

(6) ติดตั้งระบบติดตามการใช้พลังงานแบบเรียลไทม์ (IoT) โดยติดตั้งชุดวัดกระแสไฟฟ้า (CT) เครื่องทำความเย็น ส่งไปยังเครื่องวัดค่าพลังงานไฟฟ้า (Power Meter) ข้อมูลที่วัดได้จะส่งเข้าสู่อุปกรณ์เชื่อมต่อเครือข่ายอินเทอร์เน็ต (Gateway) แล้วแปลงข้อมูล (Data) เพื่อส่งต่อแบบไร้สายไปยังแหล่งเก็บข้อมูล (Cloud Server) และแสดงข้อมูลบนจอแสดงผล (Dash Board)

(7) อบรมให้ความรู้กับผู้ใช้งานเครื่องทำความเย็น



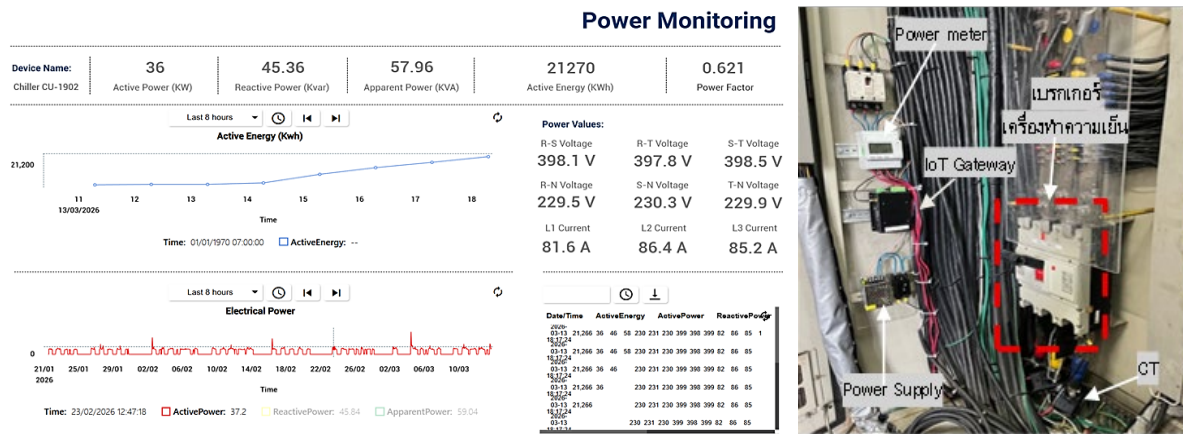
รูปที่ 4 การวิเคราะห์ปัญหาด้วย Why-Why Analysis

นอกจากนี้ ผู้วิจัยยังได้ประเมินผลการดำเนินการโดยใช้แบบสอบถามความคิดเห็นของผู้ใช้งานโดยใช้เครื่องมือที่ผ่านการพิจารณาความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการศึกษา (Index of Object Congruence: IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน อีกด้วย

3. ผลการวิจัย

จากแผนการดำเนินงานเพื่อลดความสูญเสียทางพลังงานของเครื่องทำความเย็นที่ได้นำเสนอ ผู้วิจัยได้นำไปปฏิบัติจริงเป็นระยะเวลา 3 เดือน (มกราคม ถึง มีนาคม 2569) โดยได้ปรับเพิ่มอุณหภูมิเครื่องทำความเย็นและลดการใช้งานคอมเพรสเซอร์ ผลการตรวจวัดค่าทางพลังงานจากการติดตั้งระบบติดตามการใช้พลังงานแบบเรียลไทม์ (IoT) ดังแสดงในรูปที่

5 พบว่าสามารถลดการใช้พลังงานเครื่องทำความเย็นจาก 16,042 kWh/เดือน เหลือ 12,085 kWh/เดือน หรือลดลงร้อยละ 24.6 คิดเป็นค่าไฟฟ้าที่ลดลงเท่ากับ 18,993.6 บาท/เดือน หรือ 227,923 บาท/ปี โดยไม่กระทบต่อคุณภาพสารเคลือบจากค่าการตรวจสอบปริมาณเนื้อสารเคลือบทั้งหมดที่ไม่ละลาย (Total Non-Volatile: %TNV) วัดได้ 60.4% โดยค่ามาตรฐานเท่ากับ 58–62% และยังสามารถลดต้นทุนการผลิตทางพลังงานไฟฟ้าได้ร้อยละ 2.96 เมื่อเทียบกับค่าไฟฟ้าปี พ.ศ. 2567 นอกจากนี้ผู้วิจัยได้จัดทำมาตรฐานการปรับตั้งอุณหภูมิ (SOP) รวมถึงคู่มือการใช้งานและการทำความสะอาดแผงระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็น (WI) และได้ปรับแต่งครีบบางระบายความร้อนผลจากการปรับปรุง พบว่าค่าความเร็วเฉลี่ยลมผ่านแผงระบายความร้อนจาก 2.7 เมตร/วินาที เพิ่มขึ้นเป็น 3.3 เมตร/วินาที จากการวิเคราะห์สัมประสิทธิ์สมรรถนะ (Coefficient of Performance: COP) เครื่องทำความเย็นจากเดิมก่อนปรับปรุงเท่ากับ 4.15 เมื่อปรับปรุงการใช้งานเครื่องทำความเย็นตามแนวทางที่ผู้วิจัยได้นำเสนอ พบว่าค่า COP เพิ่มขึ้นเป็น 5.4 จากการสอบถามความคิดเห็นของผู้ปฏิบัติงานต่อแผนงานที่นำเสนอพบว่า มีความพึงพอใจและเห็นด้วยกับแนวทางการปรับปรุงเพื่อลดการใช้พลังงานในระบบเครื่องทำความเย็น โดยเห็นว่าเป็นมาตรการที่สามารถปฏิบัติได้จริงและไม่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์และกระบวนการผลิต

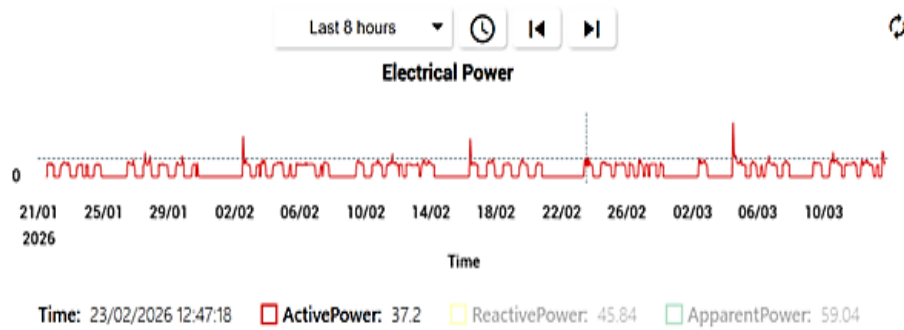


รูปที่ 5 การใช้พลังงานเครื่องทำความเย็น เมื่อลดคอมเพรสเซอร์เหลือ 2 ชุดตามแผนงาน

4. สรุปและอภิปรายผล

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของความสูญเสียทางพลังงานในระบบเครื่องทำความเย็นที่ใช้ในกระบวนการผลิตสารเคลือบภายในกระป๋องชนิดโลหะของบริษัทกรณีศึกษา โดยประยุกต์ใช้แนวคิดแบบลีน (Lean) เพื่อระบุความสูญเสียและกำหนดแนวทางปรับปรุงการใช้พลังงานให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น จากการวิเคราะห์ข้อมูลการใช้พลังงานและการปฏิบัติงานของพนักงาน พบว่าสาเหตุหลักของความสูญเสียทางพลังงานเกิดจากการตั้งค่าอุณหภูมิเครื่องทำความเย็นต่ำกว่าการใช้งานจริง การขาดมาตรฐานและคู่มือการปฏิบัติงานการใช้เครื่องทำความเย็นที่มีกำลังเกินความต้องการของกระบวนการผลิต รวมถึงสภาพอุปกรณ์ระบายความร้อนที่เสื่อมสภาพ ส่งผลให้ระบบทำความเย็นใช้พลังงานมากเกินความจำเป็น แนวทางการปรับปรุงได้ดำเนินการตามหลักการลีนและแนวทาง CAP-Do โดยการกำจัดการที่ก่อให้เกิดมูลค่าและปรับปรุงการใช้พลังงานให้สอดคล้องกับการทำงานของระบบ โดยการให้ความรู้ด้านการใช้พลังงานแก่พนักงาน การจัดทำมาตรฐานและคู่มือการใช้งานเครื่องทำความเย็น การลดจำนวนการใช้งานคอมเพรสเซอร์ จาก 3 ชุด เหลือ 2 ชุด และการปรับปรุงสภาพครีบบางระบายความร้อนของเครื่องทำความเย็น ผลการดำเนินการพบว่าสามารถลดการใช้พลังงานของระบบเครื่องทำความเย็นลงได้ 47,484 kWh/ปี ส่งผลให้ต้นทุนด้านพลังงานโดยรวมลดลงประมาณ 227,923 บาท/ปี โดยไม่กระทบต่อคุณภาพสารเคลือบ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ M. Abdul Aziz [7] และ Jia [8] นอกจากนี้ยังช่วยลดการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จากการใช้พลังงานไฟฟ้าได้ประมาณ 28.42 ตัน CO₂/ปี (อ้างอิงจากค่าปัจจัยการปล่อยก๊าซเรือนกระจกที่

ประมาณ 0.5986 kgCO₂/kWh [11]) ดังนั้นการประยุกต์ใช้แนวคิดสลินในการจัดการพลังงานสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน ลดต้นทุนการผลิต และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ การติดตั้งระบบติดตามการใช้พลังงานแบบเรียลไทม์ (IoT) ยังช่วยให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถตรวจสอบและควบคุมการใช้พลังงานได้อย่างต่อเนื่อง โดยการวิเคราะห์แนวโน้มการใช้พลังงานจากกราฟแสดงผลของระบบ IoT แสดงดังในรูปที่ 6



รูปที่ 6 กราฟแนวโน้มการใช้พลังงานของเครื่องทำความเย็น

จากกราฟพบว่าค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยลดลงจาก 53.47 kW เหลือเพียง 37.2 kW และเมื่อนำมาพิจารณาค่าทางสถิติพบว่าค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของกำลังไฟฟ้าที่ได้จากระบบ เท่ากับ 7.47 ซึ่งพิจารณาน้อยมากเมื่อเทียบกับค่ากำลังไฟฟ้าเฉลี่ยของเครื่องทำความเย็น โดยความคลาดเคลื่อนรวมจากการวัดค่าของอุปกรณ์ในระบบ IoT เท่ากับร้อยละ 0.75 จากผลลัพธ์ที่ได้ทั้งหมดสามารถส่งเสริมการมีส่วนร่วมของพนักงานในการจัดการพลังงาน และสนับสนุนการพัฒนาการใช้พลังงานอย่างยั่งยืนในภาคอุตสาหกรรม

5. ข้อเสนอแนะ

ปรับปรุงระบบควบคุมให้เป็นอัตโนมัติ ให้มีการติดตั้งระบบเซนเซอร์และเทคโนโลยี IIoT (Industrial Internet of Things) เพื่อตรวจสอบภาระการใช้งานและสถานะการทำงานของเครื่องจักรในกระบวนการผลิตแบบเรียลไทม์ โดยนำข้อมูลดังกล่าวไปเชื่อมกับระบบให้มีการควบคุมแบบอัตโนมัติ การสลับการทำงานของคอมเพรสเซอร์ (Compressor Sequencing Control) และการปรับตั้งอุณหภูมิเครื่องทำความเย็น ตามสภาพแวดล้อมที่เปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล เพื่อให้เหมาะสมต่อกระบวนการผลิตและมีการควบคุมได้อย่างแม่นยำ โดยไม่พึ่งพาการปรับตั้งระบบแบบแมนนวลจากผู้ปฏิบัติงานเพียงอย่างเดียว

6. เอกสารอ้างอิง

- [1] Intellify Industry Report, “Thailand's Energy Industry Outlook 2025–2030,” Sep. 13, 2025. [Online]. Available: <https://www.intellifyglobal.com/thailand-energy-industry-outlook-2025/>. [Accessed Sep. 13, 2025]. (in Thai).
- [2] A. Rodphai and L. Sriratana, “Reducing Energy Use in Aluminum Furnaces by Applying Lean Energy Concepts: A Case Study of Seng Chun Asia Co., Ltd.,” in *Proceedings of the 21st Kasetsart University Kamphaeng Saen National Conference 2024*, Nakhon Pathom, Thailand, 2024, pp. 650–661 (in Thai).

- [3] S. Pimsakul, *Supply Chain Management*, Bangkok, Thailand, 2017 (in Thai).
- [4] S. Inthongkham, “Reducing the Specific Energy Consumption (SEC) By Increase in Overall Equipment Effectiveness (OEE) Case Study of Electrolytic De flash and Water Jet Machine” M. S. Independent Study, University of Chulalongkorn, Bangkok, 2022 (in Thai).
- [5] C. Wongwian, K. Sagulpongmalee, and C. Inyasri, “Propeller Mass Reduction of the Electric Motor in Ring-Spinning Machine in Textile Industry for Energy Saving,” *Thai Industrial Engineering Network Journal*, vol. 7, no. 2, pp. 111–117, 2021 (in Thai).
- [6] W. Klinbun, R. Yadseang, N. Suchisong, and J. Klinbun, “Design of Sandblasting Machine to Reduce Waste in the Production of Motorcycle Exhaust Muffler,” *Manufacturing and Management Technology Journal*, vol. 3, no. 2, pp. 1–8, 2024 (in Thai).
- [7] M. Abdul Aziz and R. Eddy Nugroho, “Reducing Electrical Power Consumption SEEC by 2 kWh/ton Cement and Increaseing Production Rate by 10–15 TPH through Diaphragm Slot Cleaning and Grinding Ball Addition in Chambers 1 and 2,” in *The Mercu Buana Ecobiz International Conference: Innovation and Operational Efficiency in Energy Business*, Jakarta, Indonesia, 2025, pp. 76–90.
- [8] S. Jia, S. Wang, W. Cai, J. Lv, S. Li, Z. S. Li, G. Zhou, and L. Hu, “Energy-Saving Strategy and Method of Spindle Deceleration During No-Load Operation of Machine Tools for Energy Lean Management,” *Energy Conversion and Management*, vol. 300, pp. 1–13, 2024.
- [9] J. Cosgrove, M. J. R. Duarte, J. Littlewood, and P. Wilgeroth, “An Energy Mapping Methodology to Reduce Energy Consumption in Manufacturing Operations,” in *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: Journal of Engineering Manufacture*, vol. 230, pp. 1–9, 2016.
- [10] L. Incipini, M. E. Mehtedi, T. Mancina, and P. Pierleoni, “IoT Network for Industrial Machine Energy Monitoring,” in *Proceedings of the International Conference on Advances in Education and Information Technology*, 2019, pp. 1–6.
- [11] Thai National LCI Database, “TIIS–MTEC–NSTDA (with TGO Electricity 2016–2018),” [Online]. Available: <https://thaicarbonlabel.tgo.or.th/index.php?lang=TH&mod=YhKdIpIVmpkSE5mWlcxcGMzTnBiMjQ9>. [Accessed Feb. 8, 2026]. (in Thai).