



# แนวทางการประยุกต์ใช้ระบบการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืน

## Guideline for Adoption of the Sustainable Energy Management System

วิชาญ นาคทอง\* และ กุสกานา กุบาฮา

Vichan Nakthong\* and Kuskana Kubaha

สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการพลังงาน คณะพลังงานสิ่งแวดล้อมและวัสดุ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี

126 ถนนประชาอุทิศ แขวงบางมด เขตทุ่งครุ กรุงเทพฯ 10140

School of Energy, Environmental and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi,

126 Pracha Utid Rd., Bangmod, Thung Khru, Bangkok, 10140

\*E-mail: vntinter@hotmail.com, Tel.: 0-2470-8633, Fax: 0-2470-8635

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการนำเสนอแนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบการจัดการพลังงานมาตรฐานสากล (ISO 50001:2018) เพื่อให้เกิดประสิทธิผลและมีความยั่งยืน โดยการศึกษาและทบทวนงานวิจัย มาตรฐานและวิธีการ จัดการพลังงานที่เกี่ยวข้อง ร่วมกับการสำรวจแนวทางการปฏิบัติงานที่ดีด้านระบบการจัดการพลังงานตามกระบวนการ PDCA ของโรงงานอุตสาหกรรมที่ ประสบผลสำเร็จจำนวน 18 แห่ง โดยผลการศึกษานำเสนอแนวคิดสำหรับการวิเคราะห์ระบบการจัดการพลังงานเป็น กระบวนการย่อยในรูปแบบของกระบวนการจัดการ และได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญ (KPIVs) ของแต่ละ กระบวนการที่ส่งผลต่อความยั่งยืนด้านคุณภาพและความยั่งยืนของระบบการจัดการพลังงาน โดยแนวทางในการ ประยุกต์ใช้ระบบการจัดการพลังงานอย่างยั่งยืนคือแนวทางในการควบคุมตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของระบบการจัดการพลังงาน เพื่อลดความเสี่ยงหรือความเปราะบางที่จะส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของแต่ละกระบวนการซึ่งเป็นองค์ประกอบที่สำคัญของระบบ การจัดการพลังงานที่ยั่งยืน

**คำสำคัญ:** การจัดการพลังงานอย่างยั่งยืน; ระบบการจัดการพลังงานมาตรฐานสากล; ปัจจัยนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการ

### ABSTRACT

This research was to propose guidelines for adoptatipon international standard energy management systems (ISO 50001: 2018) for effectiveness and sustainability. Researches, Energy Management Standards, and relevant energy management guidedance were studied and reviewed. Together with information and data colection of the 18 best practice energy management systems industries according to the PDCA was surveyed. The results of study presented the ideas for analyzing energy management systems as sub-

processes in the management process frame works and the analysis of key process input variables (KPIVs) of each process influencing on the deviations of the quality level and sustainability of energy management systems. The application guidelines for the sustainable energy management systems are the key process guidelines to control the input variables of the energy management system in order to reduce the risk or deviation that will affect the result of each process which is the crucial part of sustainable energy management systems.

**Keywords:** Sustainable Energy Management; ISO 50001; Key Process Input Variables

## 1. บทนำ

ในช่วงเวลาที่ผ่านมาทศวรรษที่ผ่านมาแนวโน้มการใช้พลังงานที่สูงขึ้นและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมจากการใช้พลังงานทำให้ทั่วโลกมีแนวคิดและแนวปฏิบัติในการจัดการพลังงาน เพื่อให้การใช้พลังงานมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น โดยในปี ค.ศ. 2007 องค์การพัฒนาอุตสาหกรรมแห่งสหประชาชาติ ได้ตระหนักถึงความจำเป็นของภาคอุตสาหกรรมในการเตรียมความพร้อมสำหรับการรับมืออย่างมีประสิทธิภาพต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ (Climate Change) [1] ได้ร่วมกับอีกหลายหน่วยงานผลักดันให้องค์การว่าด้วยกรามาตรฐาน (International Organization for Standardization; ISO) จัดทำมาตรฐานสากลด้านการจัดการพลังงานมาใช้ทั่วโลกตั้งแต่วันที่ 16 มิถุนายน ค.ศ.2011 [2] นอกจากนี้แล้วข้อมูลจาก International Energy Agency ได้กล่าวถึงความมุ่งมั่นของนโยบายด้านประสิทธิภาพพลังงานของสหภาพยุโรป ความเข้มงวดต่อมาตรฐานในการผลิตเครื่องใช้ไฟฟ้าในประเทศสหรัฐอเมริกา โดยมีเป้าหมายในการลดการใช้พลังงานในปี ค.ศ. 2035 ลง 910 ล้านตันเทียบเท่าน้ำมันดิบ ซึ่งเป็นการลดการใช้พลังงานในภาคอุตสาหกรรมลง 37% และลดการใช้พลังงานในอาคารลง 26% [3] นอกจากนี้แล้วองค์การสหประชาชาติได้กำหนดและจัดทำเป้าหมายการพัฒนาอย่างยั่งยืน (Sustainable Development Goals; SDGs) จำนวน 17 เป้าหมาย ซึ่งเป็นแผนปฏิบัติการในการสร้างโลกที่ดีกว่าสำหรับทุกคนทั่วโลกภายในปี ค.ศ. 2030 ซึ่งได้กำหนดเป้าหมายด้านการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานไว้ในเป้าหมายย่อยที่ 3 ของเป้าหมายหลักที่ 7 โดยตั้งเป้าหมายให้มีการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงานให้เพิ่มขึ้นเป็น 2 เท่า

ภายในปี ค.ศ.2030 โดยการวัดความเข้มของพลังงานที่วัดได้ในรูปของพลังงานปฐมภูมิต่อผลิตภัณฑ์มวลรวมในประเทศ หรือ GDP [4] สำหรับประเทศไทยได้มีการออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535 [5] ซึ่งมีนโยบายในการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในหลายส่วนรวมถึงแนวทางในการตรวจวัดและวิเคราะห์ประสิทธิภาพพลังงานของอุปกรณ์หลักที่ใช้พลังงานในปริมาณสูงสำหรับอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม [6] เพื่อดำเนินการปรับปรุงประสิทธิภาพพลังงาน และต่อมาได้มีการออกพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 [7] โดยมีการนำระบบการจัดการพลังงานมาเป็นกระบวนการหลักในการขับเคลื่อนด้านประสิทธิภาพพลังงานของอาคารควบคุมและโรงงานควบคุม ร่วมกับโครงการสนับสนุนอื่น ๆ และจากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ. 2558-2579) ของกระทรวงพลังงาน [8] ได้กำหนดแนวทางในการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานของประเทศ โดยตั้งเป้าหมายที่จะลดความเข้มการใช้พลังงานลง 30% ในปี พ.ศ. 2579 เมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2558 โดยจะมีมาตรการทั้งภาคบังคับด้วยกฎระเบียบกับภาคการสนับสนุนและส่งเสริม โดยภาคบังคับที่สำคัญคือการบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 มาตรการกำหนดมาตรฐานการใช้พลังงานในอาคารใหม่ การกำหนดมาตรฐานขั้นต่ำและฉลากประสิทธิภาพพลังงาน และมาตรการกำหนดให้ผู้ผลิตหรือผู้ให้บริการด้านไฟฟ้าจะต้องช่วยให้ผู้ใช้บริการหรือผู้ใช้ไฟฟ้าเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ไฟฟ้า (Energy Efficiency Resource Standard; EERS) เป็นต้น

จากแผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี ของประเทศไทยโดยนโยบายหลักของแผนอนุรักษ์พลังงานของประเทศที่สำคัญคือ การบังคับใช้พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ. 2550 ด้านการจัดการพลังงานสำหรับโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม ซึ่งในปัจจุบันมีโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมที่ขึ้นทะเบียนต่อกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน จำนวน 9,024 แห่ง (ข้อมูลเดือน ตุลาคม พ.ศ. 2562) มีโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมที่ขอผ่อนผันไม่ต้องดำเนินการจัดการพลังงานจำนวน 1,436 แห่ง คงเหลือที่ต้องดำเนินการจัดการพลังงานจำนวน 7,588 แห่ง โดยมีการดำเนินการและนำส่งรายงานการจัดการพลังงานประจำปี พ.ศ. 2562 จำนวน 5,927 แห่ง คิดเป็นร้อยละ 66 ของจำนวนโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมทั้งหมด [9] และในจำนวนนี้มีสถานประกอบการบางส่วนได้ดำเนินการจัดการพลังงานมาตรฐานสากล ISO 50001 จำนวน 168 แห่งในปี พ.ศ. 2558 ซึ่งจัดอยู่ในอันดับ 8 ของโลกจากจำนวนทั้งสิ้น 11,985 แห่ง และข้อมูลล่าสุดในปี พ.ศ. 2561 ประเทศไทยมีสถานประกอบการที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 50001 จำนวน 260 แห่ง จัดอยู่ในอันดับที่ 19 ของโลกจากจำนวนรวมทั้งสิ้น 46,769 แห่ง [10]

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าโรงงานควบคุมและอาคารควบคุมได้ดำเนินการจัดการพลังงานตามกฎหมายเพียงร้อยละ 66 ส่วนที่เหลือประมาณร้อยละ 34 ไม่ดำเนินการจัดการพลังงาน และในส่วนของสถานประกอบการที่ดำเนินการจัดการพลังงานตามมาตรฐานสากล ISO 50001 นั้น พบว่าจำนวนสถานประกอบการที่ได้รับการรับรองมีอัตราการเพิ่มขึ้นในระดับที่ต่ำกว่าอัตราการเพิ่มขึ้นของทั้งโลก [10] และในบางปีสถานประกอบการที่ได้รับการรับรอง ISO 50001 มีจำนวนลดลงจากปีที่ผ่านมาด้วย โดยมีผลการศึกษาที่แสดงปัญหาอุปสรรคที่สำคัญที่สุดต่อประสิทธิภาพการใช้พลังงานสำหรับในประเทศไทย คือ ผู้บริหารที่เกี่ยวข้องให้ความสำคัญกับการผลิตและเรื่องอื่น ๆ มากกว่าการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพ [11] และจากผลการวัดค่าดัชนีความยั่งยืนของระบบการจัดการพลังงาน (Energy Management

System Sustainability Index; EnMS-SI) พบว่า สถานประกอบการที่ทำการศึกษาร้อยละ 55 มีระบบการจัดการพลังงานอยู่ในขั้นความน่าจะเป็นของความไม่แน่นอน และสถานประกอบการร้อยละ 16 อยู่ในขั้นมีความน่าจะเป็นที่มีความล้มเหลวเกิดขึ้นแล้ว โดยมีสถานประกอบการเพียงร้อยละ 29 ที่อยู่ในขั้นความน่าจะเป็นว่ามีความยั่งยืนของระบบการจัดการพลังงาน โดยส่วนใหญ่พบว่าผลตอบแทนด้านเศรษฐศาสตร์เป็นข้อดีอย่างมีนัยสำคัญ [12] การศึกษาในครั้งนี้จึงเป็นการศึกษาเพื่อนำเสนอแนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 ในสถานประกอบการเพื่อให้เกิดความยั่งยืนและเกิดประสิทธิผลตามแนวทางการประเมินดัชนีวัดความยั่งยืนของระบบการจัดการในประเทศไทย (Development of a Sustainability Index for an Energy Management System in Thailand) [12] โดยการศึกษาจากการทบทวนงานวิจัยและผลการศึกษาที่เกี่ยวข้องร่วมกับผลการศึกษาที่ได้รับจากการสำรวจการประยุกต์ใช้มาตรฐานการจัดการพลังงานของสถานประกอบการตัวอย่างในประเทศไทย โดยเลือกใช้วิธีการวิเคราะห์และการควบคุมตัวแปรนำเข้าที่สำคัญ (Key Process Input Variables; KPIVs) ของกระบวนการที่มีผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพของผลลัพธ์ของระบบการจัดการพลังงาน [13] มาประยุกต์ใช้เพื่อให้ระบบการจัดการพลังงานมีความยั่งยืน

## 2. ขั้นตอนการศึกษา

ผู้วิจัยได้กำหนดขั้นตอนในการศึกษาไว้ดังนี้

- การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
- การสำรวจแนวทางปฏิบัติที่ดีด้านการจัดการพลังงาน
- การวิเคราะห์ผลและจัดทำแนวทางการประยุกต์ใช้งานที่เหมาะสม
- สรุปผลการศึกษา

### 3. ผลการศึกษาและวิเคราะห์

#### 3.1 การทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ระบบการจัดการพลังงานนั้นมีแนวคิดในเชิงกระบวนการด้านการจัดการ หรือ เรียกว่า Management Process [14] โดยในบางประเทศได้จัดทำเป็นข้อกำหนดภาคบังคับหรือกฎหมายในการดำเนินการจัดการพลังงาน [15] เช่น ประเทศไทย [7] และบางประเทศได้พัฒนาเป็นมาตรฐานให้เกิดการปฏิบัติด้วยความสมัครใจ เช่น ประเทศเดนมาร์ก (DS 2403:2001) [16] ประเทศไอร์แลนด์ (IS 393:2005) [17] และประเทศสหรัฐอเมริกา (ANSI 2002) [18] เป็นต้น ซึ่งในภายหลังจึงมีการร่วมกันจัดทำเป็นมาตรฐานสากล ISO 50001 ขึ้นในปี ค.ศ. 2011 [8] จนถึงปัจจุบันมีการประกาศใช้มาตรฐาน ISO 50001 ฉบับที่ 2 เมื่อเดือน สิงหาคม ปี ค.ศ. 2018 [19] โดยแนวคิดพื้นฐานของการจัดการพลังงานยังมุ่งเน้นการปรับปรุงอย่างต่อเนื่องตามวงล้อ PDCA (Plan-Do-Check-Act) ดังแสดงในรูปที่ 1 มาตรฐานระบบการจัดการพลังงานเป็นรูปแบบดำเนินการแบบสมัครใจซึ่งสามารถประยุกต์ได้กับทุกองค์กรโดยได้ระบุข้อกำหนด (Requirements) สำหรับองค์กรในการจัดทำนำไปปฏิบัติ คงรักษาไว้ และปรับปรุงระบบการจัดการพลังงาน และสมรรถนะพลังงานอย่างต่อเนื่อง



รูปที่ 1 แนวคิด PDCA มาตรฐาน ISO 50001:2018 [19]

จากรูปที่ 1 มาตรฐาน ISO 50001:2018 จะกำหนดให้ดำเนินการวิเคราะห์บริบทขององค์กรด้านสมรรถนะพลังงาน แล้วจึงกำหนดขอบเขต (Boundary) และขอบข่าย (Scope) ของการจัดทำระบบการจัดการพลังงานให้

เหมาะสมกับองค์กร การประเมินด้านกฎหมายและข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้านพลังงาน โดยผู้บริหารสูงสุด ต้องแสดงความมุ่งมั่นในฐานะผู้นำ (Leadership) ในการขับเคลื่อนระบบการจัดการพลังงาน โดยประกาศแต่งตั้งคณะทำงานด้านการจัดการพลังงานมาทำหน้าที่ในการดำเนินการจัดการพลังงาน การจัดทำนโยบายด้านพลังงานขององค์กร จากนั้นต้องจัดให้มีการวางแผน การปฏิบัติการตรวจสอบ และการปรับปรุง [19] ดังนี้

1) การวางแผน (Plan) เริ่มต้นจากการวิเคราะห์ความเสี่ยงและโอกาสในการปรับปรุงสมรรถนะพลังงาน การวัดและวิเคราะห์ข้อมูลลักษณะการใช้พลังงาน ปริมาณการใช้พลังงาน เพื่อบ่งชี้ลักษณะการใช้พลังงานที่มีนัยสำคัญ (Significant Energy Uses; SEUs) ขององค์กร การกำหนดข้อมูลฐานพลังงาน (Energy Baselines; EnBs) ตัวชี้วัดสมรรถนะพลังงาน (Energy Performance Indicators; EnPIs) และการประเมินสมรรถนะพลังงานในปัจจุบันของกระบวนการหรือเครื่องจักรหลักในพื้นที่ SEUs เหล่านั้น เพื่อชี้บ่งโอกาสในการปรับปรุงสมรรถนะพลังงานขององค์กร ทั้งนี้องค์กรต้องกำหนดวัตถุประสงค์ เป้าหมาย และแผนปฏิบัติงานด้านพลังงานให้สอดคล้องกับนโยบายพลังงาน และกลยุทธ์ของการดำเนินธุรกิจหลักขององค์กรที่เกี่ยวข้อง [19, 20]

2) การปฏิบัติ (Do) คือการดำเนินการตามแผนปฏิบัติงานด้านพลังงาน ซึ่งครอบคลุมถึงการดำเนินการด้านอื่น ๆ ที่จะทำให้ระบบการจัดการพลังงานมีความยั่งยืน [19, 20] ทั้งในส่วนของการสนับสนุนซึ่งประกอบด้วย การจัดเตรียมทรัพยากร ความสามารถของบุคลากร ความตระหนัก การสื่อสาร และระบบเอกสารสารสนเทศ ร่วมกับการดำเนินการด้านการควบคุมการปฏิบัติงาน การบำรุงรักษา การออกแบบและการจัดซื้อที่คำนึงถึงสมรรถนะพลังงานที่ดี

3) การตรวจสอบ (Check) เป็นกระบวนการประเมินสมรรถนะของระบบการจัดการพลังงานและสมรรถนะพลังงานให้เชื่อมั่นได้ว่าระบบการจัดการพลังงานขององค์กรยังคงอยู่ และมีสมรรถนะพลังงานที่ดี [19, 20] โดยการเฝ้าระวังและการตรวจติดตามคุณลักษณะที่สำคัญที่มีผลต่อสมรรถนะด้านพลังงาน ได้แก่ ความสัมฤทธิ์ผลของ

วัตถุประสงค์และเป้าหมายด้านพลังงาน ตัวชี้วัดสมรรถนะพลังงาน การดำเนินการที่เกี่ยวข้องกับ SEUs รวมถึงการตรวจประเมินภายในของระบบการจัดการพลังงานที่ต้องดำเนินการทุกปี หากพบข้อบกพร่องหรือแนวโน้มที่จะเกิดข้อบกพร่องต้องดำเนินการปฏิบัติการแก้ไขทันทีที่ก่อนนำไปสู่การดำเนินการพบทวนการบริหารโดยผู้บริหารสูงสุดขององค์กร

4) การปรับปรุง (Act) [19, 20] องค์กรต้องบรรลุถึงการปรับปรุงระบบการจัดการพลังงานและสมรรถนะด้านพลังงานอย่างต่อเนื่อง โดยที่ผ่านมาได้มีการศึกษาการนำมาตรฐาน ISO 50001 ไปประยุกต์ใช้งานจำนวนมาก เช่น การศึกษาจากการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างแรงจูงใจขององค์กรที่นำไปสู่การสร้างมาตรฐาน ISO 50001 และความแตกต่างของผลประโยชน์ที่ได้รับจากการประยุกต์ใช้งาน [21] การนำระบบการจัดการพลังงานไปประยุกต์ใช้งานสำหรับเทศบาลในประเทศไทย [22] การศึกษาข้อมูลเชิงลึกเกี่ยวกับวิธีการจัดการพลังงานในกระบวนการผลิตของเซอร์เบียตามข้อกำหนดของ ISO 50001 จากผลที่ได้จากการสำรวจสถานประกอบการจำนวน 52 แห่ง ซึ่งพบว่ามี การดำเนินการครบตามข้อกำหนดโดยเฉลี่ยที่ 59.05% และพบว่ามี การนำไปใช้งานแบบเต็มรูปแบบในองค์กรเพียง 5.8% [23] การใช้เทคโนโลยีการจัดการพลังงาน SGIE ตามข้อกำหนดของมาตรฐาน ISO 50001 ในประเทศโคลัมเบีย ซึ่งผลลัพธ์ของการประยุกต์ใช้งานในโรงงานปูนซีเมนต์เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้แสดงให้เห็นการลดลงของการใช้พลังงานถึง 4.6% [24] รวมถึงการศึกษาในการสร้างรูปแบบหรือวิธีการในการดำเนินการประยุกต์ใช้มาตรฐานการจัดการพลังงานให้สะดวกขึ้น เช่น การใช้แผนภูมิและเครื่องมือซอฟต์แวร์ที่เรียกว่า ISO 50001 Analyzer เพื่ออำนวยความสะดวกในการพัฒนาระบบการจัดการพลังงานที่สอดคล้องกับ ISO 50001 [25] การพัฒนาวิธีการประเมินพลังงานและรูปแบบการรายงานที่ตรงกับความ ต้องการของ ISO 50001 ซึ่งช่วยให้โรงงานสามารถลดเวลาและทรัพยากรอื่น ๆ ที่จำเป็นสำหรับการอำนวยความสะดวกในการดำเนินการตามมาตรฐาน ISO 50001 [26] การศึกษาการนำ IEP model เพื่อพัฒนาตัวชี้วัดสมรรถนะพลังงานและช่วยให้การตรวจประเมินตามมาตรฐาน ISO

50001 ประสบผลสำเร็จ [27] นอกจากนี้ยังมีการศึกษาถึงแนวทางในการวัดผลความก้าวหน้าและผลสำเร็จของกิจกรรมในการดำเนินการจัดการพลังงาน ได้แก่ EMMM Model [28] EMMM50001 [29] ที่สามารถใช้เป็นแนวทางในการดำเนินการจัดการพลังงานเพื่อให้บรรลุผลในการปฏิบัติตามมาตรฐานการจัดการพลังงาน เช่น ISO 50001 แบบค่อยเป็นค่อยไปโดยมีรูปแบบเป็นสากลและสามารถนำไปใช้ได้ทั้งในภาคการผลิตและการบริการ ระบบการจัดการพลังงานยังมีความเชื่อมโยงโดยตรงต่อประเด็นสิ่งแวดล้อม โดยความต้องการตามข้อกำหนดของ ISO 50001 สามารถสร้างข้อมูลเชิงลึกที่มีประโยชน์เกี่ยวกับวิธีการจัดโครงสร้างห่วงโซ่อุปทานสีเขียวและคาร์บอนต่ำซึ่งช่วยแก้ไขปัญหที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศ [30] สำหรับการจัดการพลังงานสำหรับภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้พลังงานหลักในกระบวนการผลิต ความต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมในการบูรณาการด้านสมรรถนะของประสิทธิภาพพลังงานกับการจัดการผลิต ซึ่งพบว่ายังมีช่องว่างระหว่างวิธีปฏิบัติที่มีอยู่กับการใช้งานจริงในโรงงานอุตสาหกรรม [31]

สำหรับสถานประกอบการที่ได้ดำเนินการประยุกต์ใช้มาตรฐาน ISO 50001 ในประเทศไทยส่วนมากได้ดำเนินการจัดการพลังงานตามกฎหมายด้านพลังงานของประเทศไทย [7] มาแล้วในฐานะโรงงานควบคุมที่ต้องดำเนินการจัดการพลังงานตาม กฎกระทรวง กำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงาน ในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ.2552 [32] ในช่วงเริ่มต้นการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงานผ่านกระบวนการตรวจวัดและวิเคราะห์การใช้พลังงาน เพื่อจัดทำเป้าหมายและแผนอนุรักษ์พลังงาน โดยการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน [33] เป็นบุคลากรหลักในการสนับสนุนการดำเนินการอนุรักษ์พลังงานและการจัดการพลังงานของเจ้าของสถานประกอบการ โดยมีแนวทางดำเนินการจัดการพลังงานและการตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน [34] ที่ยึดหลักการด้านเทคนิคเป็นกลไกหลัก (Technical Process Based) ในการขับเคลื่อนด้านการจัดการพลังงาน ดังนั้น สถานประกอบการส่วนใหญ่ในประเทศไทยจึงมีแนวโน้มในการดำเนินการ

จัดการพลังงานตามแนวทางด้านเทคนิคซึ่งแตกต่างจากระบบการจัดการพลังงานมาตรฐานสากล ISO 50001 ที่มีแนวทางการดำเนินการเชิงกระบวนการด้านการจัดการ (Management Process Based) [14] ทั้งนี้ข้อมูลจากผลการศึกษาด้านการส่งเสริมระบบการจัดการพลังงานมาตรฐานสากล ISO 50001 ของกรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน [35] พบว่าปัจจัยที่เป็นอุปสรรคของการพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 ของประเทศไทยมีดังนี้

- 1) ทีมจัดการพลังงานไม่มีเวลาเพียงพอในการร่วมกันดำเนินการจัดการพลังงานตามภาระหน้าที่ที่ได้รับมอบหมาย
- 2) การสนับสนุนทรัพยากรด้านต่าง ๆ จากผู้บริหารระดับสูงไม่เพียงพอ
- 3) ความสามารถของทีมผู้ตรวจประเมินภายใน
- 4) พนักงานและผู้เกี่ยวข้องขาดความความตระหนักด้านการอนุรักษ์พลังงาน
- 5) การจัดทำเอกสารค่อนข้างมาก และมีความยุ่งยากในการนำไปปฏิบัติ
- 6) ไม่มีเครื่องมือวัดด้านพลังงานและข้อมูลสนับสนุนที่เกี่ยวข้องกับการใช้พลังงานที่เพียงพอ
- 7) บุคลากรหน่วยงานที่บ่งชี้เป็น SEUs ไม่ให้ความร่วมมือ
- 8) การวางแผนด้านพลังงานมีความซับซ้อนและยุ่งยากมากเกินไป
- 9) ไม่สามารถดำเนินการการตรวจวัดสมรรถนะด้านพลังงานของกระบวนการ และเครื่องจักรหลักได้
- 10) ไม่สามารถกำหนดและบ่งชี้ EnBs และ EnPis ได้
- 11) ไม่สามารถกำหนดมาตรการด้านการอนุรักษ์พลังงานที่นำไปสู่การปฏิบัติที่เป็นรูปธรรมได้

### 3.2 การสำรวจแนวทางปฏิบัติงานที่ดีด้านการจัดการพลังงาน

ผู้วิจัยดำเนินการจัดทำแบบสอบถามเพื่อศึกษาแนวทางปฏิบัติที่ดีของมาตรฐาน ISO 50001 ของสถานประกอบการที่เป็นโรงงานอุตสาหกรรมที่ได้รับการรับรองมาตรฐาน ISO 50001 มาแล้ว โดยคัดเลือกสถาน

ประกอบการที่มีระดับคะแนน EnMS SI [12] ตั้งแต่ 2.5 คะแนนขึ้นไป ซึ่งเป็นสถานประกอบการที่ระดับของความยั่งยืนของระบบการจัดการพลังงานในระดับสูงจำนวน 18 แห่ง เพื่อสำรวจแนวทางของการปฏิบัติที่ได้ดำเนินการตามแนวทาง PDCA ของมาตรฐาน ISO 50001 โดยสถานประกอบการดังกล่าวจัดอยู่ใน 10 ประเภทอุตสาหกรรม ได้แก่ เคมี ยาและเซมิคอนดักเตอร์ อาหาร อโลหะ ผลิตภัณฑ์โลหะ ไม้ สิ่งทอ ชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิกส์ โรงไฟฟ้า และโรงกลั่นน้ำมัน ทั้งนี้ส่วนใหญ่ร้อยละ 67 ได้รับผลประโยชน์อย่างต่อเนื่องมากกว่า 3% ต่อปี และอีกร้อยละ 22 ได้รับผลประโยชน์อย่างต่อเนื่อง 1-3% ต่อปีจากการดำเนินการจัดการพลังงาน ผลจากการศึกษาด้วยแบบสอบถามเกี่ยวข้องกับแนวทางการปฏิบัติที่ดีด้านการจัดการพลังงานตามมาตรฐาน ISO 50001 ตามแนวทางของ PDCA ที่ขับเคลื่อนโดย Leaderships [19] สามารถแสดงผลเชิงปริมาณของร้อยละของจำนวนสถานประกอบการที่ดำเนินการกิจกรรมด้านการจัดการพลังงานตามแนวทางปฏิบัติที่ดีดังแสดงใน รูปที่ 2

จากรูปที่ 2 พบว่าแนวทางการปฏิบัติที่ดีสำหรับกิจกรรมของระบบการจัดการพลังงานด้านความเป็นผู้นำ (Leadership) ที่เกี่ยวข้องกับกิจกรรมของผู้บริหารสูงสุด คือ กิจกรรมที่ 1-6 มีค่าเชิงปริมาณของปฏิบัติงานอยู่ในระดับสูงกว่า 75% ทุกกิจกรรม ส่วนด้านการวางแผน (Plan) คือ กิจกรรมที่ 7-10 มีเพียงกิจกรรมการตรวจประเมินสมรรถนะพลังงานเท่านั้นที่มีค่าอยู่ในระดับสูงถึง 94% ส่วนกิจกรรมการบ่งชี้ SEUs การบ่งชี้โอกาสในการปรับปรุงสมรรถนะพลังงาน และการบ่งชี้ EnPis และ EnBs มีค่า 61% ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับที่ดี สำหรับกิจกรรมด้านการปฏิบัติ (Do) คือกิจกรรมที่ 11-17 เกือบทุกกิจกรรมแสดงผลเชิงปริมาณมากกว่า 75% ขึ้นไป ยกเว้นกิจกรรมการบำรุงรักษาเชิงป้องกันครอบคลุมพื้นที่ SEUs ที่มีระดับคะแนน 72% ส่วนด้านการตรวจ (Check) คือกิจกรรมที่ 18-21 และการปรับปรุง (Act) คือกิจกรรมที่ 22 พบว่าทุกกิจกรรมมีค่าเชิงปริมาณของการปฏิบัติงานอยู่ในระดับสูงกว่า 75% ทุกกิจกรรม



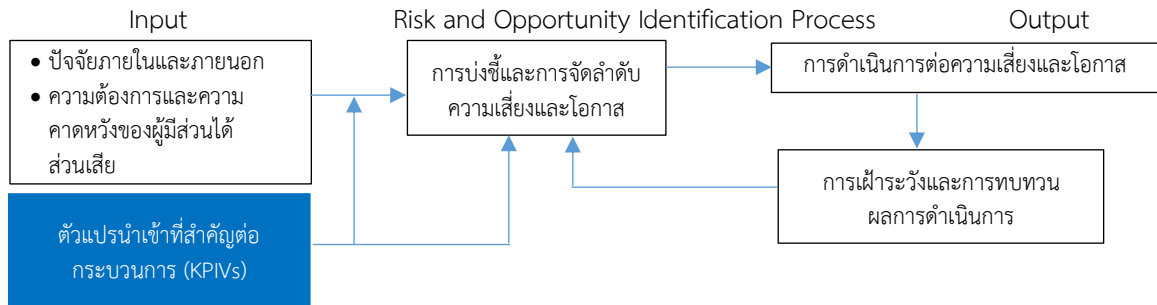
รูปที่ 2 แนวทางการปฏิบัติที่ดีของกิจกรรมของระบบการจัดการพลังงาน

### 3.3 การวิเคราะห์และจัดทำแนวทางการประยุกต์ใช้งาน

จากผลการศึกษาถึงปัญหาและอุปสรรคของการพัฒนาระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001 รวมถึงแนวทางปฏิบัติที่ดีสำหรับสถานประกอบการที่ดำเนินการจัดการพลังงานตามมาตรฐานสากล ISO 50001 จากผลของการสำรวจที่แสดงในรูปที่ 2 นำมาใช้เป็นข้อมูลสำคัญในการกำหนดแนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบการจัดการพลังงาน ISO 50001:2018 ให้มีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืน โดยใช้แนวคิดการวิเคราะห์เชิงกระบวนการจัดการ (Management Process) ร่วมกับเทคนิคด้านการจัดการที่เกี่ยวข้อง โดยวิเคราะห์ตามข้อกำหนดของมาตรฐานสากล ISO 50001:2018 [19] ตามกระบวนการ PDCA กล่าวคือ กระบวนการวางแผน (Plan) ตามข้อกำหนดที่ 6 กระบวนการดำเนินการ (Do) ตามข้อกำหนดที่ 7 และ 8 กระบวนการประเมินสมรรถนะ (Check) ตามข้อกำหนดที่ 9 และกระบวนการปรับปรุง (Act) ตามข้อกำหนดที่ 10 ทั้งนี้จากการผลการทบทวนงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและผลการศึกษาโรงงานอุตสาหกรรมที่ประสบความสำเร็จที่ผ่านมา พบว่าการวิเคราะห์และพิจารณาประสิทธิผลของกิจกรรมมุ่งเน้นในส่วนของการกระบวนการของการ

จัดการพลังงานและผลลัพธ์ (Output) ที่ได้รับจากการดำเนินการจัดการพลังงานโดยมีได้กล่าวถึงคุณภาพของปัจจัยนำเข้า (Input) ที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อระดับคุณภาพของระบบการจัดการพลังงานซึ่งในการศึกษาครั้งนี้หมายถึงปัจจัยนำเข้าหรือตัวแปรที่มีผลต่อระดับคุณภาพของระบบการจัดการพลังงาน (Key Process Input Variables; KPIVs) [13] ของแต่ละกระบวนการซึ่งความเสี่ยงหรือความเบี่ยงเบนของตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการนั้นจะส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อคุณภาพของระบบการจัดการพลังงาน ดังนั้นการศึกษาในครั้งนี้จึงได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการ PDCA ของการจัดการพลังงานและนำเสนอวิธีการในการควบคุมตัวแปรนำเข้างกล่าวเพื่อลดผลกระทบต่อผลที่ได้รับ (Output) ของแต่ละกิจกรรมของของระบบการจัดการพลังงาน ดังแสดงในรูปที่ 2 ซึ่งจะส่งผลโดยตรงต่อระดับความยั่งยืนของระบบการจัดการพลังงานตามแนวทางการของการประเมินค่า EnMS SI ทั้งนี้ผลการวิเคราะห์ดังกล่าวแสดงใน รูปที่ 3 ถึง รูปที่ 7 และตารางที่ 1 ถึงตารางที่ 5 ตามลำดับ

### 3.3.1 กระบวนการวางแผนด้านพลังงานในเชิงกลยุทธ์ (Strategic Energy Planning)

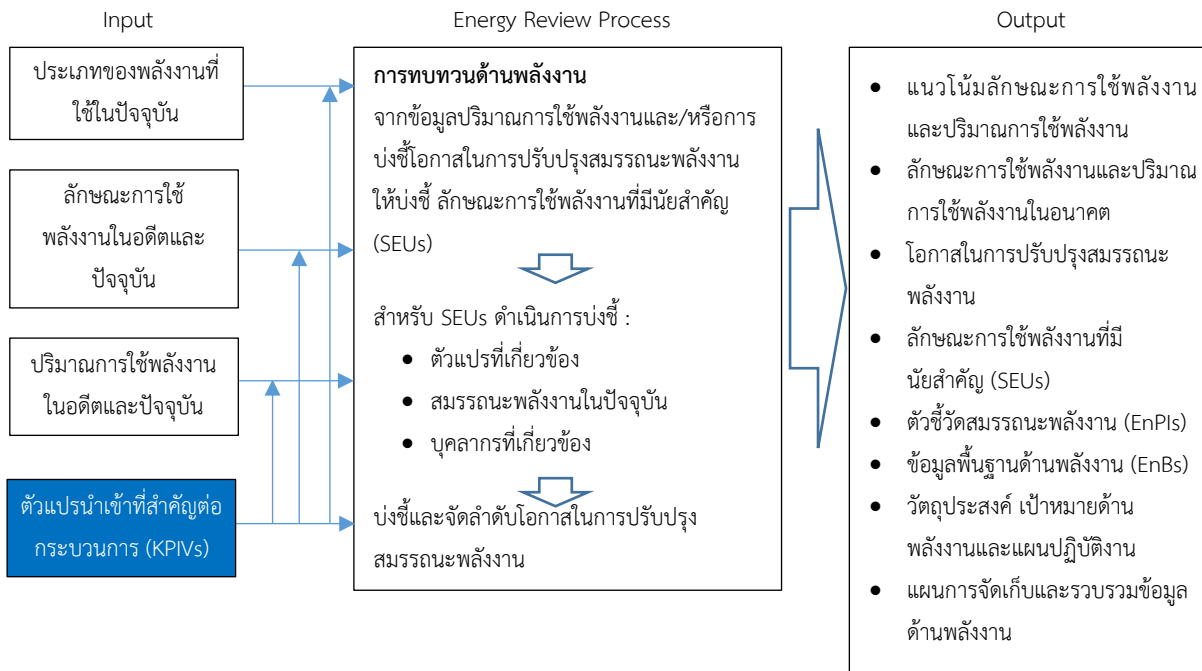


รูปที่ 3 กระบวนการวางแผนด้านพลังงานในเชิงกลยุทธ์

#### ตารางที่ 1 ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการวางแผนด้านพลังงานในเชิงกลยุทธ์

ลำดับ	ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการ (KPIVs)	การควบคุมตัวแปรนำเข้า
1	กระบวนการในการบ่งชี้ปัจจัยภายในและภายนอกที่ส่งผลต่อผลลัพธ์ที่มุ่งหวังของระบบการจัดการพลังงาน	การระดมสมองจากคณะทำงานด้านพลังงานในการวิเคราะห์จัดอ่อนจุดแข็ง หรือ SWOT [36]
2	กระบวนการในการบ่งชี้ความต้องการและความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย	การจัดทำแบบสำรวจความต้องการและความคาดหวังของผู้มีส่วนได้ส่วนเสีย
3	เกณฑ์การบ่งชี้และจัดลำดับความเสี่ยงและโอกาส	จัดทำระเบียบปฏิบัติงานการบ่งชี้ความเสี่ยงและโอกาส

### 3.3.2 กระบวนการทบทวนด้านพลังงาน (Energy Review)



รูปที่ 4 กระบวนการทบทวนด้านพลังงาน



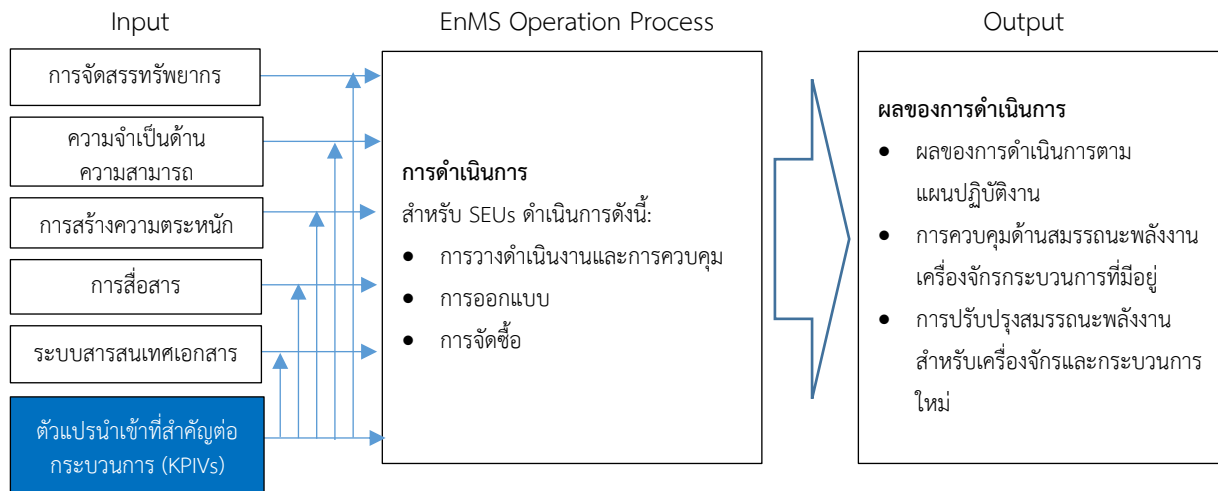
ตารางที่ 2 ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการทบทวนด้านพลังงาน

ลำดับ	ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการ (KPIVs)	การควบคุมตัวแปรนำเข้า
1	ความรู้และความเข้าใจกระบวนการการใช้พลังงาน และกระบวนการผลิตของผู้ดำเนินการทบทวนด้านพลังงาน	มอบหมายงานให้บุคลากรทั้งด้านฝ่ายผลิต และด้านวิศวกรรมหรือ ช่อมบำรุงดำเนินการร่วมกันในรูปแบบของคณะกรรมการ
2	ความครบถ้วนและถูกต้องของข้อมูลลักษณะการใช้พลังงานและปริมาณการใช้พลังงาน	การบ่งชี้แหล่งที่มาของข้อมูล และกระบวนการในการทวนสอบ ความถูกต้องของข้อมูลก่อนนำไปใช้งาน
3	ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดด้านสมรรถนะพลังงาน	การสอบเทียบเครื่องมือวัดด้านพลังงาน
4	เกณฑ์ที่ใช้ในการบ่งชี้ SEUs ที่เหมาะสม	กำหนดเกณฑ์โดยพิจารณาจากปริมาณการใช้พลังงานของลักษณะ การใช้พลังงานแต่ละประเภทโดยใช้เกณฑ์ Pareto (> 80%) [37]
5	วิธีการที่ถูกต้องในการประเมินและตรวจวัดสมรรถนะพลังงาน	ว่าจ้างที่ปรึกษาในการตรวจสอบ หรือ ดำเนินการเองโดยวิศวกรที่ ได้รับการฝึกอบรมความสามารถด้าน Energy Audit และดำเนินการ ตามข้อแนะนำ ISO 50002 [38]
6	การบ่งชี้ตัวแปรที่เกี่ยวข้องอย่างถูกต้องและเหมาะสม	กำหนดเกณฑ์ในการตรวจสอบความเกี่ยวข้องตัวแปรกับปริมาณ การใช้พลังงานของ SEUs เช่น ค่า R <sup>2</sup> ตามข้อแนะนำ ISO 50006 [39]
7	การบ่งชี้บุคลากรที่เกี่ยวข้องและมีผลต่อสมรรถนะพลังงานของ SEUs	กำหนดขอบเขตการปฏิบัติงานที่ส่งผลต่อสมรรถนะพลังงาน เช่น การควบคุมการผลิต การใช้งานและการบำรุงรักษา
8	วิธีการในการจัดทำ EnBs และบ่งชี้ EnPIs	ดำเนินการตามข้อแนะนำ ISO 50006 [39]
9	การกำหนดมาตรการหรือวิธีในการปรับปรุงสมรรถนะพลังงานที่มีประสิทธิภาพ	จัดให้มีการกำหนดมาตรการปรับปรุงโดยผู้ควบคุมหรือผู้ใช้งานโดย พิจารณาจากการสูญเสียด้านพลังงาน และค่าสมรรถนะพลังงาน ตามข้อแนะนำ ISO 50004 [20, 37]
10	เกณฑ์ที่เหมาะสมกับการบ่งชี้โอกาสในการปรับปรุงสมรรถนะพลังงาน	กำหนดเกณฑ์ที่เหมาะสมกับองค์กรได้แก่ ด้านสมรรถนะพลังงาน การลงทุน และผลตอบแทน ตามข้อแนะนำ ISO 50004 [20, 37]
11	แนวทางการกำหนดวัตถุประสงค์เป้าหมายด้านพลังงานและแผนปฏิบัติงาน	พิจารณาใช้ Objective and Key Results (OKRs) เป็นเครื่องมือหลัก [40] ในการกำหนดวัตถุประสงค์เป้าหมายและแผนปฏิบัติงาน ให้สอดคล้องกับนโยบายด้านพลังงานและกลยุทธ์หลักขององค์กร

โดยรูปที่ 3 และตารางที่ 1 แสดงการผลของการวิเคราะห์ KPIVs ของกระบวนการวางแผนด้านพลังงานในเชิงกลยุทธ์ (Strategic Energy Planning) ส่วนรูปที่ 4 และตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์ KPIVs ของกระบวนการ

ทบทวนด้านพลังงาน (Energy Review) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อระดับคุณภาพของกิจกรรมการวางแผน (Plan) ในกิจกรรมลำดับที่ 1-10 ของแนวทางปฏิบัติที่ดีของกิจกรรมของระบบการจัดการพลังงานที่แสดงในรูปที่ 2

### 3.3.2 กระบวนการดำเนินการ (Operation Process)



รูปที่ 5 กระบวนการดำเนินการของระบบการจัดการพลังงาน

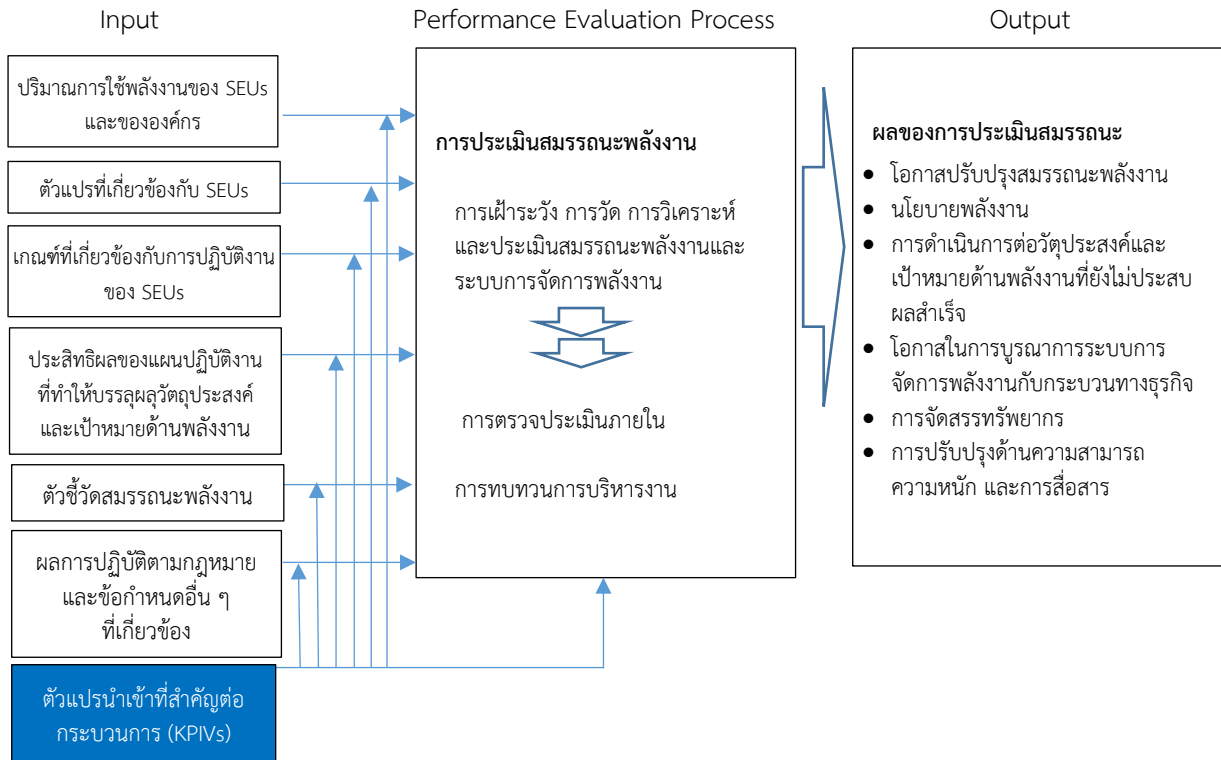
#### ตารางที่ 3 ตัวแปรนำเข้าสู่ที่สำคัญของกระบวนการดำเนินการของระบบการจัดการพลังงาน

ลำดับ	ตัวแปรนำเข้าสู่ที่สำคัญต่อกระบวนการ (KPIVs)	การควบคุมตัวแปรนำเข้าสู่
1	การจัดสรรทรัพยากรที่สอดคล้องกับเป้าหมายและนโยบายด้านพลังงาน	การสำรวจ และทบทวนการจัดสรรทรัพยากรด้านการจัดการพลังงาน (เงินทุน บุคลากร การฝึกอบรม เครื่องมือวัด) ทุกปี
2	ความจำเป็นด้านความสามารถของบุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงานและสมรรถนะพลังงานของ SEUs	กำหนดความสามารถที่จำเป็นทั้งในระดับบริหาร บุคลากรที่เกี่ยวข้องกับการจัดการพลังงาน และบุคลากรที่ควบคุมการปฏิบัติงานและการบำรุงรักษาสำหรับ SEUs โดยจัดทำ Competence Needs Matrix [41]
3	แนวทางในการสร้างความตระหนักที่มีประสิทธิภาพ	การสร้างความตระหนักที่นำไปสู่การสร้างวัฒนธรรมขององค์กร [42]
4	การจัดการข้อมูลที่ต้องการสื่อสาร และวิธีการในการสื่อสารที่สามารถครอบคลุมทั่วทั้งองค์กร	กำหนดรายการข้อมูล ความถี่และช่องทางในการสื่อสาร รวมถึงการประเมินประสิทธิภาพของการสื่อสารอย่างสม่ำเสมอ
5	ระบบสารสนเทศเอกสารที่มีประสิทธิภาพ	จัดทำระบบสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์
6	การบ่งชี้ความจำเป็นในการควบคุมปฏิบัติงานและการบำรุงรักษา SEUs ที่มีประสิทธิภาพ	การวิเคราะห์โดยคำนึงถึงข้อกำหนดของกระบวนการผลิต และอ้างอิงคู่มือและวิธีการบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ SEUs
7	ข้อกำหนดและเกณฑ์ด้านสมรรถนะพลังงานเพื่อการออกแบบ	จัดทำและทบทวนเกณฑ์ด้านสมรรถนะพลังงานที่เกี่ยวข้องตามกฎหมาย (ถ้ามี) หรืออ้างอิงสมรรถนะพลังงานของผู้ผลิต
8	เกณฑ์ด้านการจัดซื้อที่คำนึงถึงสมรรถนะพลังงานสำหรับเครื่องจักรและอุปกรณ์ SEUs	จัดทำเกณฑ์เชิงสมรรถนะพลังงานกับอายุการใช้งานของเครื่องจักรและอุปกรณ์ เช่น ปริมาณการใช้พลังงานต่อปีเพื่อใช้เป็นเกณฑ์ในการจัดซื้อ

โดยรูปที่ 5 และตารางที่ 3 แสดงการผลของการวิเคราะห์ KPIVs ของกระบวนการดำเนินการ (Operation Process) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อระดับคุณภาพของ

กิจกรรมการดำเนินการ (Do) ในกิจกรรมลำดับที่ 11-17 ของแนวทางปฏิบัติที่ดีของกิจกรรมของระบบการจัดการพลังงานที่แสดงในรูปที่ 2

### 3.3.3 กระบวนการประเมินสมรรถนะ (Performance Evaluation Process)



รูปที่ 6 กระบวนการประเมินสมรรถนะ

#### ตารางที่ 4 ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการประเมินสมรรถนะ

ลำดับ	ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการ (KPIVs)	การควบคุมตัวแปรนำเข้า
1	ความถูกต้องของข้อมูลปริมาณการใช้พลังงานของ SEUs และขององค์กร	การติดตั้งมิเตอร์วัดปริมาณการใช้พลังงานของ SEUs และการสอบเทียบอย่างสม่ำเสมอ
2	ที่มาและความถูกต้องของการเก็บรวบรวมข้อมูลของตัวแปรที่เกี่ยวข้อง	การวางแผนการจัดเก็บข้อมูลไว้ล่วงหน้าและการจัดทำบันทึกข้อมูลทุกเดือน
3	ความเที่ยงตรงของเครื่องมือวัดด้านพลังงานที่เกี่ยวข้องกับสมรรถนะพลังงาน	การวางแผนและดำเนินการสอบเทียบเครื่องมือวัด
4	วิธีการในการประเมินประสิทธิผลหรือการยืนยันผล ประหยัดจากมาตรฐานอนุรักษ์พลังงานที่ถูกต้อง	กำหนดเกณฑ์ตามหลักวิศวกรรม และอ้างอิงข้อแนะนำของ ISO 50015 [43]
5	ความถูกต้องและเหมาะสมของการประเมินตัวชี้วัดสมรรถนะพลังงาน (EnPIs) และการเปรียบเทียบกับข้อมูลฐานพลังงาน (EnBs)	อ้างอิงข้อแนะนำของ ISO 50006 [39]
6	ความรู้และความเข้าใจในการประเมินความสอดคล้องของกฎหมายและข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้องด้านพลังงาน	การจัดทำรายการของกิจกรรมที่ต้องปฏิบัติตามกฎหมายและข้อกำหนดอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยอ้างอิงเอกสารหรือหลักฐานการปฏิบัติ

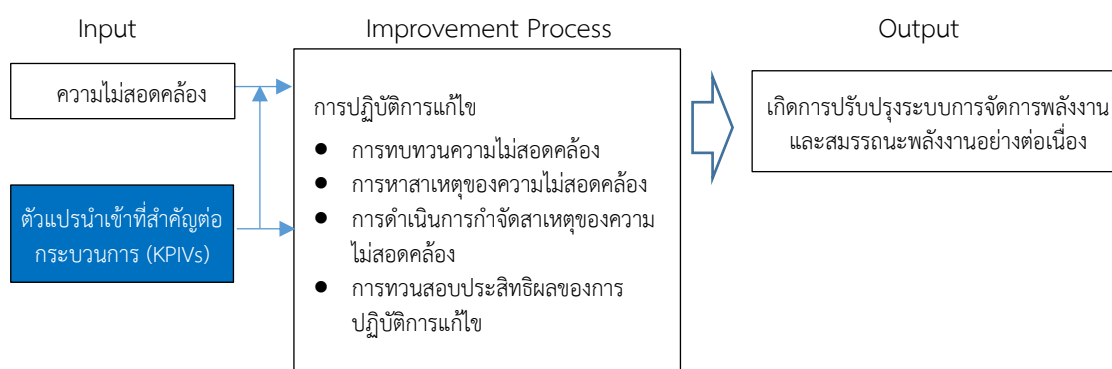
ตารางที่ 4 (ต่อ) ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการประเมินสมรรถนะ

ลำดับ	ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการ (KPIVs)	การควบคุมตัวแปรนำเข้า
7	การกำหนดเกณฑ์ความเบี่ยงเบนอย่างมีนัยสำคัญในการเฝ้าระวังที่เหมาะสม	กำหนดเกณฑ์ความเบี่ยงเบนอย่างมีนัยสำคัญให้มีความสัมพันธ์กับค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับปริมาณการใช้พลังงาน
8	สมรรถนะของผู้ตรวจประเมินภายใน	จัดให้มีการประเมินสมรรถนะพลังงานของผู้ตรวจประเมินอย่างสม่ำเสมอ อ้างอิงข้อแนะนำ ISO 19011 [44]

โดยรูปที่ 6 และตารางที่ 4 แสดงการผลของการวิเคราะห์ KPIVs ของกระบวนการประเมินสมรรถนะ (Performance Evaluation Process) ซึ่งมีความสัมพันธ์

โดยตรงต่อระดับคุณภาพของกิจกรรมการประเมินสมรรถนะ (Check) ในกิจกรรมลำดับที่ 18-21 ของแนวทางปฏิบัติที่ดีของกิจกรรมของระบบการจัดการพลังงานที่แสดงในรูปที่ 2

### 3.3.4 กระบวนการปรับปรุง (Improvement Process)



รูปที่ 7 กระบวนการปรับปรุง

ตารางที่ 5 ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของกระบวนการปรับปรุง

ลำดับ	ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญต่อกระบวนการ (KPIVs)	การควบคุมตัวแปรนำเข้า
1	ประเด็นความสอดคล้องที่ไม่ชัดเจน	จัดทำกระบวนการทบทวนความไม่สอดคล้องโดยผู้บริหารหรือคณะทำงานด้านการจัดการพลังงาน
2	ประสิทธิภาพของการวิเคราะห์สาเหตุของความไม่สอดคล้อง	การประยุกต์ใช้เครื่องมือต่าง ๆ ในการวิเคราะห์หาสาเหตุที่แท้จริง เช่น Fish-bone diagram, Why Why Analysis, Brainstorming, Tree Diagram เป็นต้น ตามข้อแนะนำ ISO 50004 [20, 37]
3	กระบวนการในการดำเนินการกำจัดสาเหตุของความไม่สอดคล้องที่มีประสิทธิผล	การระดมสมองของผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินการกำหนดวิธีการในการกำจัดสาเหตุของความไม่สอดคล้องและวิธีการทวนสอบประสิทธิผลของการปฏิบัติแก้ไข

รูปที่ 7 และตารางที่ 5 แสดงการผลของการวิเคราะห์ KPIVs ของกระบวนการปรับปรุง (Improvement Process) ซึ่งมีความสัมพันธ์โดยตรงต่อระดับคุณภาพของกิจกรรม

การปรับปรุง (Act) ในกิจกรรมลำดับที่ 22 ของแนวทางปฏิบัติที่ดีของกิจกรรมของระบบการจัดการพลังงานที่แสดงในรูปที่ 2

#### 4. สรุปผลการศึกษา

จากผลการศึกษพบว่า การจัดการพลังงาน มาตรฐานสากล ISO 50001 มีแนวทางในการปฏิบัติงานที่เป็นรูปแบบของกระบวนการ โดยสามารถแบ่งเป็นกระบวนการย่อยตามแนวทางของ PDCA คือ กระบวนการวางแผน (Plan) กระบวนการดำเนินการ (Do) กระบวนการประเมินสมรรถนะ (Check) และกระบวนการปรับปรุง (Act) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าสถานประกอบการที่ดำเนินการจัดการพลังงาน ISO 50001 ได้ประสบผลสำเร็จและมีความยั่งยืนจะมีผลการดำเนินการกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับผู้บริหารสูงสุด หรือตามข้อกำหนด ISO 50001:2018 คือ ความเป็นผู้นำมีระดับคะแนนที่สูงซึ่งสอดคล้องกับแนวทางของมาตรฐานการจัดการทั่วไป ทั้งนี้แนวทางในการประยุกต์ใช้ระบบการจัดการพลังงานตามกระบวนการ PDCA ให้มีประสิทธิภาพและมีความยั่งยืนต้องพิจารณาดำเนินการควบคุมตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของแต่ละกระบวนการ (KPIVs) เพื่อควบคุมความเสี่ยงหรือความเปราะบางที่จะส่งผลกระทบต่อผลลัพธ์ของกระบวนการ PDCA ของระบบการจัดการพลังงานและส่งผลที่มีนัยสำคัญต่อระดับคุณภาพและความยั่งยืนของระบบการจัดการพลังงาน ซึ่งจะเห็นได้ว่าในกระบวนการวางแผนพลังงาน มีทั้งในส่วนของวางแผนด้านพลังงานในเชิงกลยุทธ์ซึ่งเป็นมุมมองที่ครอบคลุมปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อความสำเร็จของระบบการจัดการพลังงานทั้งความเสี่ยงและโอกาส และการทบทวนด้านพลังงานที่เป็นกิจกรรมเชิงเทคนิคที่ต้องอาศัยข้อมูล วิธีการ ที่มีความถูกต้องและเพียงพอโดยอ้างอิงแนวทางปฏิบัติและมาตรฐานด้านข้อแนะนำที่ถูกต้อง เช่น ISO 50002, ISO 50004, ISO 50006 เป็นต้น สำหรับกระบวนการดำเนินการให้ความสำคัญในการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่ส่งผลโดยตรงต่อสมรรถนะพลังงานในพื้นที่ SEUs ทั้งด้านความสามารถและความตระหนักของบุคลากร เภมณฑ์และวิธีการที่ถูกต้องในการควบคุมการปฏิบัติงาน การบำรุงรักษา การออกแบบ และการจัดซื้อโดยการกำหนดวิธีการที่เหมาะสมและเกิดประสิทธิผล ในส่วนของกระบวนการประเมินสมรรถนะแบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือการประเมินสมรรถนะด้านพลังงาน

ซึ่งต้องควบคุมความถูกต้องของข้อมูล และวิธีการในการประเมิน ซึ่งต้องอ้างอิงแนวทางปฏิบัติที่ถูกต้อง เช่น ตามมาตรฐาน ISO 50006 และ ISO 50015 เป็นต้น และการประเมินสมรรถนะของระบบการจัดการพลังงาน ซึ่งให้ความสำคัญต่อสมรรถนะของผู้ตรวจประเมินที่อ้างอิงตามมาตรฐาน ISO 19011 เช่นกัน และในส่วนของกระบวนการปรับปรุงได้ใช้เครื่องมือหลักที่สำคัญ คือ การปฏิบัติการแก้ไข โดยกำหนดแนวทางในการบ่งชี้สาเหตุหลักของความไม่สอดคล้องที่เกิดขึ้นในระบบการจัดการพลังงาน และดำเนินการในการกำจัดสาเหตุหลักดังกล่าวเพื่อไม่ให้ความไม่สอดคล้องดังกล่าวเกิดขึ้นอีกโดยทุกสถานประกอบการที่ประสบผลสำเร็จจะใช้เครื่องมือนี้ได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อให้เกิดการปรับปรุงอย่างต่อเนื่อง

สำหรับผลของการศึกษาในครั้งนี้ได้แสดงให้เห็นถึงปัจจัยนำเข้า ตัวแปรนำเข้าที่สำคัญของแต่ละกระบวนการ กระบวนการ และผลที่ต้องการของแต่ละกระบวนการย่อยของระบบการจัดการพลังงาน รวมถึงแนวทางปฏิบัติที่ดีในการควบคุมปัจจัยนำเข้าที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อประสิทธิผลและความยั่งยืนของระบบการจัดการพลังงาน ผลการศึกษาในครั้งนี้พบว่าสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการวิเคราะห์กระบวนการจัดการพลังงานภายในองค์กรตามแนวทางของ PDCA เพื่อจัดทำแผนงานและจัดสรรทรัพยากรที่จำเป็นในการดำเนินการควบคุมและเฝ้าระวังความเปราะบางของ KPIVs ของกิจกรรมของระบบการจัดการพลังงานได้อย่างเหมาะสมเพื่อให้ระบบการจัดการพลังงานภายในองค์กรเกิดประสิทธิผลและมีความยั่งยืน

การศึกษานี้ได้แสดงให้เห็นถึงกระบวนการจัดการพลังงานที่อยู่ในรูปแบบของกระบวนการจัดการ ซึ่งแตกต่างจากการจัดการพลังงานตามกฎหมายของประเทศไทยในปัจจุบันที่ให้ความสำคัญทางด้านเทคนิคเป็นหลักในการขับเคลื่อนการจัดการพลังงาน ดังนั้นผลจากการศึกษานี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางสำหรับการพิจารณาและปรับปรุงการจัดการพลังงานตามกฎหมายของประเทศไทยที่มีการดำเนินการมาตั้งแต่ปี พ.ศ. 2552 ให้มีความทันสมัยสอดคล้องกับสถานการณ์ในปัจจุบันซึ่งจะก่อให้เกิดประโยชน์กับสถานประกอบการมากยิ่งขึ้น

## 5. กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยี  
พระจอมเกล้าธนบุรีที่สนับสนุนงานวิจัยนี้

### เอกสารอ้างอิง

- [1] Pinero, E. ISO 50001: Setting the Standard for Industrial Energy Management. *Green Manufacturing News*, 2009; 21-24.
- [2] ISO 50001 Energy Management System Requirements with Guidance for Use. International Organization for Standardization, 2011.
- [3] World Outlook. International Energy Agency (IEA), 2013. [Online] Available: <https://www.iea.org/Textbase/npsum/WEO2013SUM.pdf>.
- [4] Division for Sustainable Development Goals. Department of Economic and Social Affairs United Nations, Sustainable Development Goals, 2020. [Online], Available: <https://sustainabledevelopment.un.org/sdg7>.
- [5] พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน พ.ศ. 2535. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2535.
- [6] พระราชกฤษฎีกากำหนดโรงงานควบคุม พ.ศ. 2540. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2540.
- [7] พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ฉบับที่ 2 พ.ศ.2550. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2550.
- [8] แผนอนุรักษ์พลังงาน 20 ปี (พ.ศ.2558–2579). กระทรวงพลังงานกระทรวงพลังงาน, 2562. [ระบบออนไลน์] แหล่งที่มา: <http://www.eppo.go.th/index.php/th/plan-policy/tieb/eep>.
- [9] สถานะการส่งรายงานการจัดการพลังงาน. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน, 2562. [Online], Available: [https://eform.dede.go.th/report/xPage2.php?prog\\_id=ef04dc18&type=1](https://eform.dede.go.th/report/xPage2.php?prog_id=ef04dc18&type=1).
- [10] ISO Survey. International Organization for Standardization, 2017. [Online], Available: <https://www.iso.org/iso/iso-survey>.
- [11] Hasanbeigi, A., Menke, C. and du Pont, P. Barriers to Energy Efficiency Improvement and Decision-Making Behavior in Thai Industry. *Energy Efficiency*, 2010; 3(1): 33–52.
- [12] Nakthong, V. and Kubaha, K. Development of a Sustainability Index for an Energy Management System in Thailand. *Sustainability*, 2019; 11(4587): 1-24.
- [13] Key Process Input Variables. 2563. [Online], Available: <https://www.techopedia.com/definition/30844/key-process-input-variable-kpiv>.
- [14] Bottcher, C. and Müller, M. Insights on the Impact of Energy Management Systems on Carbon and Corporate Performance. An Empirical Analysis with Data from German Automotive Suppliers. *Journal of Cleaner Production*, 2016; 137: 1449-1457.

- [15] MaKane, A. Industrial Energy Management. Meeting on Using Energy Management Standards to stimulate persistent application of Energy Efficiency in Industry, March 21-22, Vienna, Austria, 2007.
- [16] Energy Management-Specification. Danish Standards Association, 2001, DS 2403:2001, Charlottenlund, Denmark, 2001.
- [17] IS 393:2005 Energy Management Systems–Requirements with Guidance for Use. National Standards Authority of Ireland (NSAI), 2005.
- [18] A Management System for Energy. The American National Standards Institute, ANSI/MSE 2000:2008.
- [19] ISO 50001 Energy Management System-Requirements with Guidance for Use. International Organization for Standardization, 2018.
- [20] ISO 50004 Energy management systems-Guidance for the Implementation, Maintenance and Improvement of an Energy Management System. International Organization for Standardization, 2020.
- [21] Marimon, F. and Casadesús, M. Reasons to Adopt ISO 50001 Energy Management System. *Sustainability* 2017; 9: 1740.
- [22] Beihmanis, K. and Rosa, M. Energy Management System Implementation in Latvian Municipalities: from Theory to Practice. *Energy Procedia*, 2016; 95: 66-70.
- [23] Javanovic, B., Filipovic, J. and Bakic, V. Energy Management System Implementation in Serbian Manufacturing - Plan-Do-Check-Act Cycle Approach. *Journal of Cleaner Production*, 2017; 162: 1144-1156
- [24] Gonzalez, A., Castrillon, R. and Quispe, E. Energy Efficiency Improvement in the Cement Industry Through Energy Management. Cement Industry Technical Conference, May 13-17, San Antonio, Texas, USA, 2012.
- [25] Gopalakrishnana, B., Ramamoorthya, K., Croweb, E., Chaudharic, S. and Latifa, H. A Structured Approach for Facilitating the Implementation of ISO 50001 Standard in the Manufacturing Sector. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2014; 7: 154–165.
- [26] Kanneganti, H., Gopalakrishnan, B., Crowe, E., Al-Shebeeb, O., Yelamanchi, T., Nimbarte, A., Currie, K., and Abolhassani, A. Specification of Energy Assessment Methodologies to Satisfy ISO 50001 Energy Management Standard. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 2017; 23: 121–135.
- [27] Chiu, T.Y., Lo, S.L. and Tsai, Y.Y. Establishing an Integration-Energy-Practice Model for Improving Energy Performance Indicators in ISO 50001 Energy Management Systems. *Energies*, 2012; 5: 5324-5339.
- [28] Antunes, P., Carreira, P. and Silva, M. Toward an Energy Management Maturity Model. *Energy Policy*, 2014; 73: 803-814.
- [29] Javanovic, B. and Filipovic, J. ISO 50001 Standard-Based Energy Management Maturity Model- Proposal and Validation in Industry. *Journal of Cleaner Production*, 2016; 112: 2744-2755.

- [30] Lopes de Sousa Jabbour, A.B., Júnior, S.A.V., Jabbour, C, J.C., Filho, W.L., Campos, L.S. and De Castro, R. Toward Greener Supply Chains: is There a Role for the New ISO 50001 Approach to Energy and Carbon Management?. *Energy Efficiency*, 2017; 10: 777–785.
- [31] Bunse, K., Vodicka, M., Schönsleben, P., Brühlhart, M., and Ernst, F.O. Integrating Energy Efficiency Performance in Production Management - Gap Analysis between Industrial Needs and Scientific Literature. *Journal of Cleaner Production*, 2011; 19: 667-679.
- [32] กฎกระทรวงกำหนดมาตรฐาน หลักเกณฑ์ และวิธีการจัดการพลังงานในโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม พ.ศ. 2552. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2552.
- [33] กฎกระทรวงกำหนดคุณสมบัติ หน้าที่ และจำนวนของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน พ.ศ. 2552. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2552.
- [34] กฎกระทรวงกำหนดคุณสมบัติของผู้ขอรับใบอนุญาต หลักเกณฑ์ วิธีการ และเงื่อนไขการขอรับใบอนุญาต และการอนุญาตตรวจสอบและรับรองการจัดการพลังงาน พ.ศ.2552. การตรวจสอบรับรอง กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2552.
- [35] การพัฒนาต่อยอดการดำเนินการจัดการพลังงานตามกฎหมายประเทศไทย. กองกำกับและอนุรักษ์พลังงาน กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน, 2559.
- [36] Ramos, E, 2019. Identifying Risks with SWOT Analysis in 3 Steps. 2563. [Online], Available: <https://medium.com/techcatch/identifying-risks-with-swot-analysis-in-3-steps-38aa033ed886>.
- [37] ISO 50004 Energy Management Systems - Guidance for the Implementation, Maintenance and Improvement of an ISO 50001 Energy Management System. International Organization for Standardization, 2014.
- [38] ISO 50002 Energy audits-Requirements with Guidance for Use. International Organization for Standardization, 2014.
- [39] ISO 50006 Energy Management Systems-Measuring Energy Performance Using Energy Baselines (Enb) and Energy Performance Indicators ( EnPI) - General Principles and Guidance. International Organization for Standardization, 2014.
- [40] Wodtke, C. Introduce to OKRs. 2016. [Online], Available: <https://www.oreilly.com/business/free/files/introduction-to-okrs.pdf>.
- [41] Roberts, J., Smith, B., and Yellapnatul, S. Staff Competencies Training Matrix. University of Florida, USA, 2015.
- [42] Javieda, T., Rackowa, T., and Franke, J. Implementing Energy Management System to Increase Energy Efficiency in Manufacturing Companies. *Procedia CIRP*, 2015; 26: 156–161.
- [43] ISO 50015 Energy management systems - Measurement and verification of energy performance of organization - Genral principle and guidance. International Organization for Standardization, 2014.
- [44] ISO 19011-Guidelines for Auditing Management Systems. International Organization for Standardization, 2018.