

ปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม Factors Affecting the Efficiency of Electric Energy Conservation in Designated Factories

บุญญารัตน์ แสงปิยะ¹, จันทนา จันทโร² และ ไชยะ แซ่มซ้อย³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม โดยทำการคัดเลือกปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ปัจจัยด้านมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ปัจจัยด้านความร่วมมือของบุคลากรในโรงงานควบคุม และปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบสนับสนุนการผลิต เป็นต้น จากนั้นพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงงานควบคุมเพื่อคัดเลือกโรงงานควบคุมที่ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกัน และวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผลด้วยการวิเคราะห์ความถดถอยที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 โดยใช้ร้อยละของผลประหยัดที่ได้รับจริงจากมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าเป็นตัวชี้วัดประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า พบว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าคือ คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงาน เงินลงทุนในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง และได้สมการความสัมพันธ์เป็น $\% \text{saving} = 3.183 + 14.413 \text{ qualification} - 1.600 \times 10^{-6} \text{ process} - 2.672 \text{ cooperation}_1 + 1.4 \times 10^{-6} \text{ investment} - 3.000 \times 10^{-7} \text{ light} - 2.115 \text{ cooperation}_2$

คำสำคัญ : ผลประหยัดพลังงาน, ผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน, มาตรการอนุรักษ์พลังงาน, ปริมาณการใช้พลังงาน, การอนุรักษ์พลังงาน, การจัดการพลังงาน

Abstract

The objective of this research is to study the factors affecting the efficiency of electric energy conservation in designated factories. The factors expected to affect the efficiency of electric energy conservation are selected. Such factors are the factors related to Person Responsible for Energy (PRE), energy conservation plans, personnel cooperation in designated factories and other factors such as electric energy used in production process, electric energy used in production support system and so on. After that, the proving electric energy savings of designated factories is used to select designated factories having the relationship between electric energy savings and electric energy conservation plans in the same period. Then this research analyze the relationship between efficiency of electric energy conservation and factors affecting by regression analysis (significance level = 0.05). The indicator of efficiency of electric energy conservation is percentage of the actual savings from electric energy conservation plans. The results of research show that the factors affecting are qualification of Person Responsible for Energy, electric energy used in production process, administrator attention and employee cooperation, investments on energy conservation plans and electric energy used in lighting system. The relationship as follows $\% \text{saving} = 3.183 + 14.413 \text{ qualification} - 1.600 \times 10^{-6} \text{ process} - 2.672 \text{ cooperation}_1 + 1.4 \times 10^{-6} \text{ investment} - 3.000 \times 10^{-7} \text{ light} - 2.115 \text{ cooperation}_2$

Keywords: Energy savings, Person Responsible for Energy (PRE), Energy conservation plan, Energy use, Energy conservation, Energy management

¹ ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

² วิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

³ ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. บทนำ

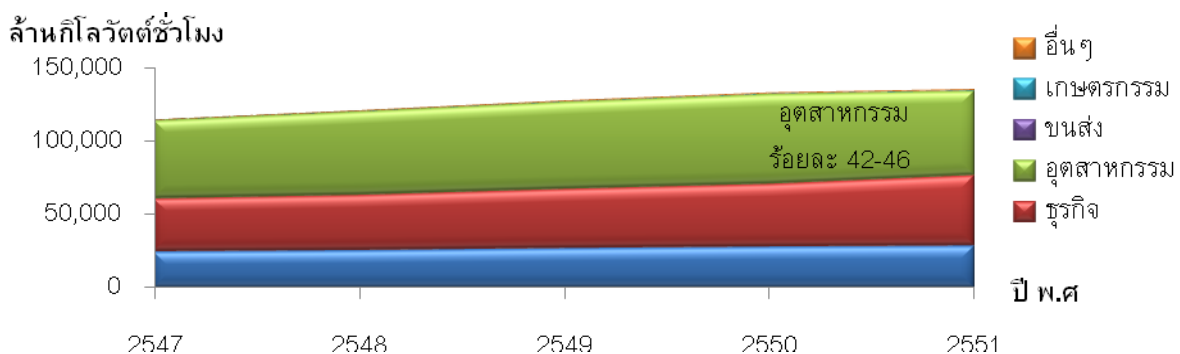
พลังงานไฟฟ้าเป็นพลังงานที่ถูกใช้เพื่อตอบสนองการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจในสาขาต่างๆ ไม่ว่าจะเป็น อุตสาหกรรม เกษตรกรรม ที่อยู่อาศัย ขนส่ง ฯลฯ โดยเฉพาะในสาขาอุตสาหกรรมมีปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าถึงร้อยละ 42-46 ของการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้งประเทศ แสดงดังรูปที่ 1 ที่แสดงข้อมูลการใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจ [9] และจะเห็นอีกว่าความต้องการใช้พลังงานไฟฟ้าของประเทศมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุก ๆ ปี ซึ่งหากเป็นเช่นนี้ต่อไป อาจก่อให้เกิดการขาดแคลนพลังงานไฟฟ้าในอนาคต และในแง่ของผู้ประกอบการยังทำให้ต้นทุนด้านพลังงานของโรงงานสูงขึ้น จากที่กล่าวมาข้างต้นจะเห็นถึงความจำเป็นต้องมีการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรม เพื่อให้เกิดการใช้พลังงานไฟฟ้าอย่างมีคุณค่าและประสิทธิภาพ ซึ่งนอกจากจะเป็นการรักษาพลังงานที่มีอยู่อย่างจำกัดไว้ให้สามารถใช้ได้นานที่สุดแล้ว ยังช่วยลดต้นทุนด้านพลังงาน ทำให้โรงงานมีความสามารถในการแข่งขันเพิ่มขึ้น โดยการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานจะประสบผลสำเร็จได้นั้น จำเป็นจะต้องทราบถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า เพื่อที่จะได้ควบคุมปัจจัยที่เป็นต้นเหตุได้อย่างถูกต้อง

จากพระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งมีมาตรการที่ส่งเสริมให้เกิดการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมอย่างเป็นระบบ ในพระราชบัญญัตินี้มีข้อกำหนดข้อหนึ่งกำหนดให้เจ้าของโรงงานควบคุมต้องจัดให้มีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานประจำโรงงานควบคุมแต่ละแห่ง ซึ่งผู้รับผิดชอบด้าน

พลังงานมีหน้าที่ช่วยเจ้าของโรงงานควบคุมในการดำเนินงานด้านการอนุรักษ์พลังงานให้เป็นไปตามมาตรการที่กำหนดไว้ [7,8,10] จะเห็นได้ถึงถึงความสำคัญของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานในการอนุรักษ์พลังงาน เนื่องจากผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะมีหน้าที่รับผิดชอบในการควบคุม ดูแลการใช้และการจัดการพลังงานในโรงงานให้มีประสิทธิภาพ ดังนั้นผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจึงน่าจะเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงาน

ในการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานจะต้องมีการจัดทำมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ซึ่งเป็นวิธีในดำเนินการเพื่อให้เกิดการใช้พลังงานอย่างประหยัดและมีประสิทธิภาพ โดยมาตรการอนุรักษ์พลังงานที่ดำเนินการในโรงงานควบคู่นั้น มีทั้งมาตรการที่ต้องใช้เงินลงทุนและไม่ต้องใช้เงินลงทุนในการดำเนินการ [3] เงินลงทุนในการดำเนินมาตรการการอนุรักษ์พลังงานอาจเป็นอีกปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานเช่นกัน

การมีส่วนร่วมของทุกคนในองค์กร รวมทั้งความเข้าใจและการสนับสนุนจากผู้บริหาร เป็นหนึ่งในปัจจัยที่มีผลต่อการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม [5] ในงานวิจัยนี้จึงนำปัจจัยในด้านความร่วมมือของบุคลากรในโรงงานควบคุมมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วย โดยปัจจัยนี้จะรวมถึงความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานในการอนุรักษ์พลังงาน นอกจากนี้ปัจจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นแล้ว ประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานอาจยังเป็นผลเนื่องจากปัจจัยอื่น ๆ อีก เช่น ปริมาณการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต ปริมาณการใช้พลังงานในระบบสนับสนุนการผลิต เป็นต้น



รูปที่ 1 การใช้พลังงานไฟฟ้าจำแนกตามสาขาเศรษฐกิจปี พ.ศ.2547-พ.ศ.2551 [9]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม ซึ่งปัจจัยที่นำมาศึกษา ได้แก่ ปัจจัยที่เกี่ยวข้องผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ปัจจัยด้านมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ปัจจัยในด้านความร่วมมือของบุคลากรของโรงงานควบคุม และปัจจัยอื่นๆ เช่น ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบสนับสนุนการผลิต เป็นต้น โดยนำมาวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผลในรูปสมการ และก่อนที่จะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ งานวิจัยนี้จะมีการพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงงานควบคุม โดยการวิเคราะห์และติดตามแนวโน้มการใช้พลังงานด้วยวิธี CUSUM (Cumulative Sum) เพื่อคัดเลือกโรงงานควบคุมที่ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งการพิสูจน์ผลประหยัดนี้จะทำให้ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

การวิเคราะห์และติดตามแนวโน้มการใช้พลังงานด้วยวิธี CUSUM (Cumulative Sum) เป็นวิธีการที่ใช้วิเคราะห์แนวโน้มของการใช้พลังงานในหน่วยงาน โดยเทียบกับช่วงเวลาที่กำหนดไว้ให้เป็นช่วงอ้างอิง ค่า CUSUM ในแผนภูมิ CUSUM นั้นจะคำนวณมาจากผลรวมของค่าผลต่างระหว่างพลังงานที่ใช้จริงในแต่ละเดือนเทียบกับค่าพลังงานที่ควรจะเป็นที่ได้จากสมการความสัมพันธ์ของพลังงานกับปริมาณผลผลิตในช่วงที่ใช้อ้างอิง ซึ่งในแต่ละเดือน (กรณีข้อมูลเป็นรายเดือน) ก็จะมีผลต่างเกิดขึ้น และเมื่อนำผลต่างที่ได้มาสะสมรวมกันทุกเดือนก็จะได้เส้นแนวโน้มของการใช้พลังงานขึ้นมา ทำให้ทราบได้ถึงถึงการเปลี่ยนแปลงของทิศทางการใช้พลังงานของหน่วยงานได้ เนื่องจากแผนภูมิ CUSUM มีความไวต่อการแสดงผลที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงค่าการใช้พลังงานแม้เพียงเล็กน้อย [4,11] นอกจากนี้แผนภูมิ CUSUM ยังใช้ประโยชน์ในแง่ของการคำนวณผลประหยัดที่หรือการสูญเสียพลังงานของหน่วยงานนับตั้งแต่ช่วงเวลาที่ใช้อ้างอิงจนถึงเดือนปัจจุบันได้อีกด้วย [6]

2. วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1) เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม

2) พิสูจน์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงงานควบคุม โดยการวิเคราะห์และติดตามแนวโน้มการใช้พลังงานด้วยวิธี CUSUM (Cumulative Sum) เพื่อคัดเลือกโรงงานควบคุมที่ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกัน

3. ขอบเขตของงานวิจัย

1) ศึกษาเฉพาะข้อมูลของโรงงานควบคุมที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นที่ปรึกษาตรวจสอบ

2) โรงงานควบคุมที่มีจำนวนผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมากกว่า 1 คน ในส่วนของปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้รับผิดชอบด้านพลังงานจะเลือกใช้ข้อมูลของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานเพียง 1 คน โดยการสุ่ม

3) ตัวชี้วัดประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า คือ ร้อยละของผลประหยัดที่ได้รับจริงจากมาตรการการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า

4. วิธีการวิจัย

4.1 การศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงาน

ศึกษาข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานจากทฤษฎีและงานวิจัยที่มีแนวทางเดียวกัน เพื่อเป็นพื้นฐานในการวิจัย

4.2 การศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม

ศึกษาและเก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม จากข้อมูลของโรงงานควบคุมที่คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัยเป็นที่ปรึกษาตรวจสอบ โดยแบ่งเป็น

1) ข้อมูลผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ได้แก่ ระดับการศึกษา สาขาวิชาชีพผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน คุณสมบัติผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (วิธีการได้มาซึ่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน) และประสบการณ์การทำงานเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

2) ข้อมูลการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ ผลประหยัดที่ได้รับจริงจากมาตรการการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ช่วงเวลาในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานแต่ละมาตรการ เงินลงทุนในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

3) ข้อมูลความร่วมมือของบุคลากรในโรงงานควบคุม ได้แก่ ความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานในการอนุรักษ์พลังงาน

4) ข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าแยกตามระบบ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม

4.3 การคัดเลือกปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า โรงงานควบคุม

1) ปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ได้แก่

- ระดับการศึกษา
- สาขาวิชาชีพ
- คุณสมบัติ (วิธีการได้มาซึ่งผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน)
- ประสบการณ์การทำงานเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน

2) ปัจจัยด้านมาตรการอนุรักษ์พลังงาน ได้แก่ เงินลงทุนในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงาน

3) ปัจจัยด้านความร่วมมือของบุคลากรในโรงงานควบคุม ได้แก่ ความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานในการอนุรักษ์พลังงาน

4) ปัจจัยอื่นๆ ได้แก่

- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต
- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด
- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ
- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง
- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบความร้อน
- ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่นๆ

4.4 การพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงงานควบคุม

โดยการวิเคราะห์และติดตามแนวโน้มการใช้พลังงานด้วยวิธี CUSUM (Cumulative Sum) เพื่อคัดเลือกโรงงานควบคุมที่ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ามี

ความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกัน ตัวอย่างการพิสูจน์ผลประหยัดแสดงดังต่อไปนี้

ตัวอย่างการพิสูจน์ผลประหยัดของโรงงาน A

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 36 เดือนของโรงงานตัวอย่าง A

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	2,654.38	559,862.00
2	2,744.05	599,202.00
3	3,510.60	1,758,985.00
4	1,877.93	1,527,608.00
5	1,918.56	452,951.00
6	1,634.80	389,802.00
7	2,190.88	500,607.00
8	3,894.11	875,293.00
9	3,156.25	745,647.00
10	2,081.10	554,908.00
11	2,131.10	594,908.00
12	2,765.21	616,945.00
13	1,035.58	239,010.00
14	2,779.48	633,290.00
15	2,218.93	618,640.00
16	2,056.65	548,220.00
17	1,744.28	394,370.00
18	3,538.65	720,300.00
19	3,507.70	693,900.00
20	3,662.36	711,040.00
21	3,714.11	734,350.00

ตารางที่ 1 ข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 36 เดือนของโรงงานตัวอย่าง A (ต่อ)

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
22	1,907.03	480,890.00
23	1,942.48	495,790.00
24	1,958.45	498,580.00
25	3,214.24	697,340.00
26	3,394.75	585,001.00

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
27	3,424.74	581,085.00
28	1,000.39	241,069.00
29	636.15	132,685.00
30	1,305.81	253,231.00
31	1,755.26	289,184.00
32	2,196.98	281,423.00
33	3,424.80	529,892.00
34	3,067.94	573,398.00
35	1,057.88	236,362.00
36	2,495.57	293,293.00

1) สร้างแผนภาพการกระจายของข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนจากตารางที่ 1 แสดงดังรูปที่ 2

จากรูปที่ 2 จะเห็นว่าข้อมูลเดือนที่ 3-4 ไม่ได้อยู่ในแนวเส้นตรงตัวแทนกลุ่มข้อมูล ซึ่งอาจเกิดจากการบันทึกข้อมูลผิดพลาด จึงตัดข้อมูลทั้งสองเดือนนี้ทิ้ง และสร้างแผนภาพการกระจายของข้อมูลที่เหลือทั้ง 34 เดือน แสดงดังรูปที่ 3

2) หาสมการเส้นตรงตัวแทนกลุ่มข้อมูลทั้ง 34 เดือนได้ดังสมการที่ (1)

$$y = 176.7837x + 82,910.8259 \quad (1)$$

เมื่อ x = ปริมาณผลผลิต
 y = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

3) นำสมการเส้นตรงที่ได้มาใช้เป็นสมการฐานอ้างอิงในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน จากนั้นคำนวณผลต่างระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง และผลต่างสะสมของปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน แสดงดังตารางที่ 2

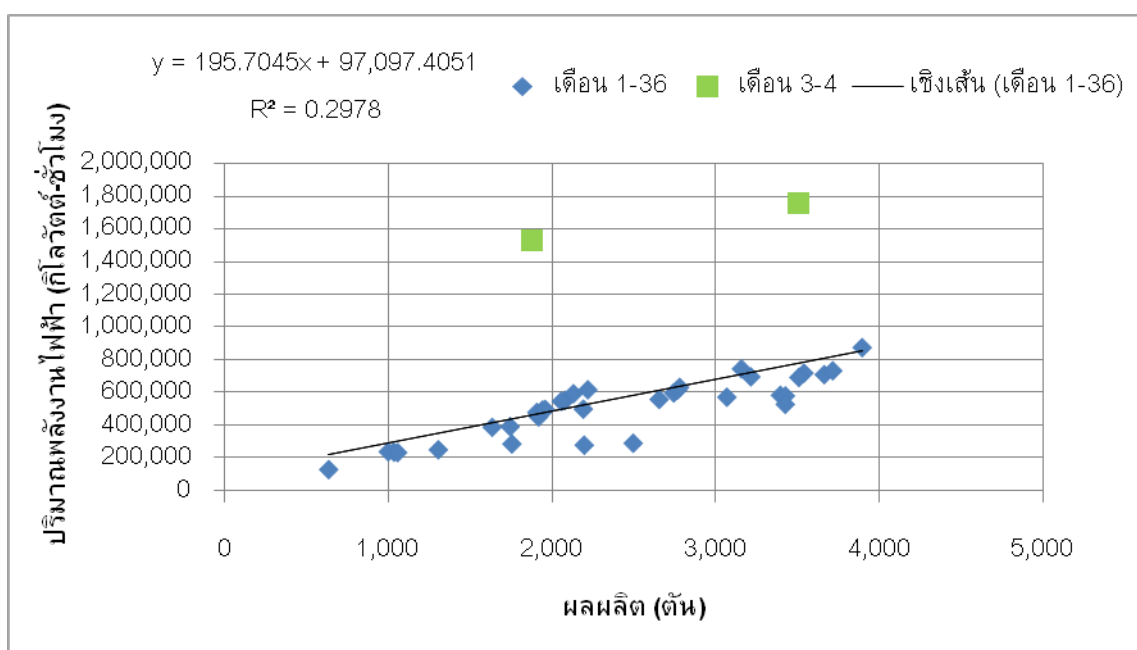
โดย

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง = $176.7837 \times \text{ผลผลิต} + 82,910.8259$

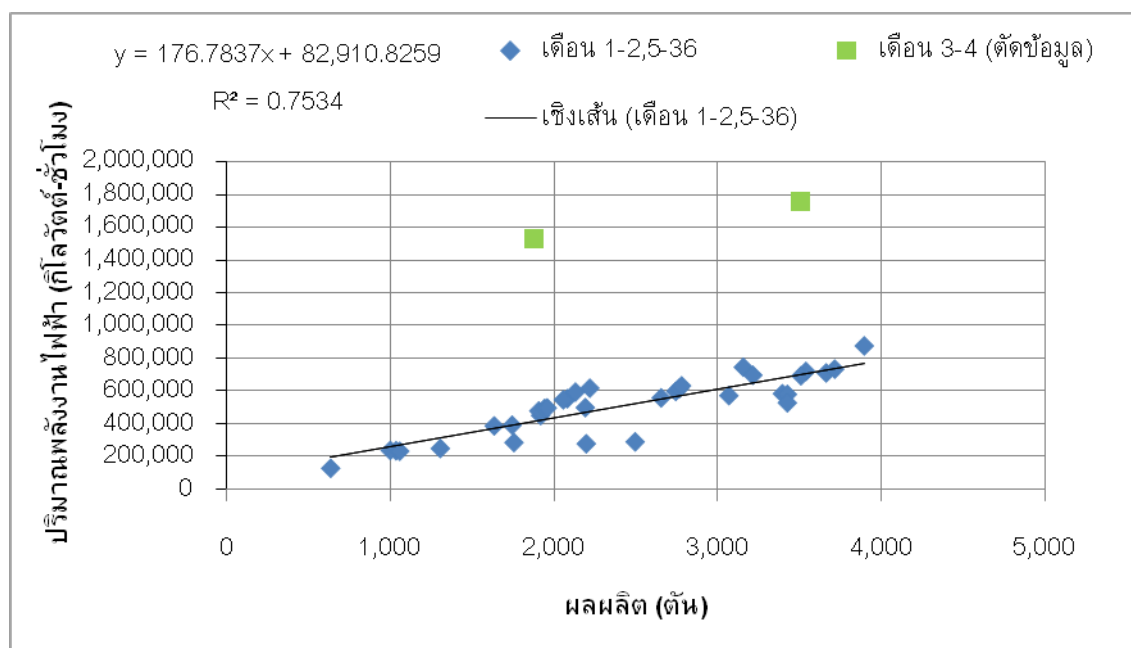
ผลต่าง = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง

4) นำข้อมูลผลต่างสะสมมาสร้างแผนภูมิ CUSUM แสดงดังรูปที่ 4

5) คัดเลือกโรงงานควบคุมที่ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระยะเวลาเดียวกัน นั่นคือโรงงานควบคุมที่เส้นแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของแผนภูมิ CUSUM มีความชันเป็นลบในระยะเวลาที่มีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 2 แผนภาพการกระจายปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระยะเวลา 36 เดือนของโรงงาน A

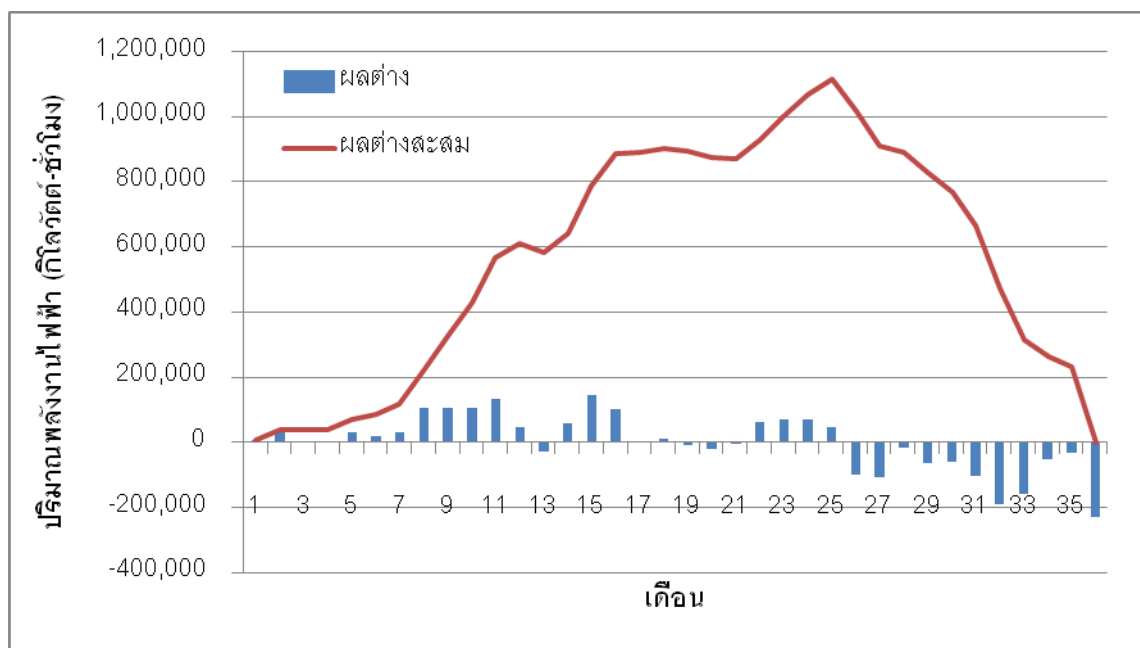


รูปที่ 3 แผนภาพการกระจายปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลา34(ตัดข้อมูลเดือน 3-4)เดือนของโรงงาน A

ตารางที่ 2 ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง ผลต่าง และผลต่างสะสมของข้อมูลทั้ง 34 เดือนของโรงงาน A

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	2,654.38	559,862.00	552161.9435	7,700.06	7,700.06
2	2,744.05	599,202.00	568014.1379	31,187.86	38,887.92
3	-	-	-	-	38,887.92
4	-	-	-	-	38,887.92
5	1,918.56	452,951.00	422080.9614	30,870.04	69,757.96
6	1,634.80	389,802.00	371916.8187	17,885.18	87,643.14
7	2,190.88	500,607.00	470222.6986	30,384.30	118,027.44
8	3,894.11	875,293.00	771325.9999	103,967.00	221,994.44
9	3,156.25	745,647.00	640884.379	104,762.62	326,757.06
10	2,081.10	554,908.00	450815.384	104,092.62	430,849.68
11	2,131.10	594,908.00	459654.569	135,253.43	566,103.11
12	2,765.21	616,945.00	571754.881	45,190.12	611,293.23
13	1,035.58	239,010.00	265984.4899	-26,974.49	584,318.74
14	2,779.48	633,290.00	574277.5844	59,012.42	643,331.15
15	2,218.93	618,640.00	475181.4813	143,458.52	786,789.67
16	2,056.65	548,220.00	446493.0225	101,726.98	888,516.65
17	1,744.28	394,370.00	391271.0981	3,098.90	891,615.55
18	3,538.65	720,300.00	708486.4659	11,813.53	903,429.08

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
19	3,507.70	693,900.00	703015.0104	-9,115.01	894,314.07
20	3,662.36	711,040.00	730356.3774	-19,316.38	874,997.70
21	3,714.11	734,350.00	739504.9339	-5,154.93	869,842.76
22	1,907.03	480,890.00	420042.6453	60,847.35	930,690.12
23	1,942.48	495,790.00	426309.6275	69,480.37	1,000,170.49
24	1,958.45	498,580.00	429132.8632	69,447.14	1,069,617.63
25	3,214.24	697,340.00	651136.0658	46,203.93	1,115,821.56
26	3,394.75	585,001.00	683047.2915	-98,046.29	1,017,775.27
27	3,424.74	581,085.00	688349.0346	-107,264.03	910,511.24
28	1,000.39	241,069.00	259763.4715	-18,694.47	891,816.76
29	636.15	132,685.00	195371.7767	-62,686.78	829,129.99
30	1,305.81	253,231.00	313756.7492	-60,525.75	768,604.24
31	1,755.26	289,184.00	393212.1832	-104,028.18	664,576.05
32	2,196.98	281,423.00	471301.0791	-189,878.08	474,697.98
33	3,424.80	529,892.00	688359.6417	-158,467.64	316,230.33
34	3,067.94	573,398.00	625272.6105	-51,874.61	264,355.72
35	1,057.88	236,362.00	269926.7665	-33,564.77	230,790.96
36	2,495.57	293,293.00	524086.9241	-230,793.92	-2.97



รูปที่ 4 แผนภูมิ CUSUM ในช่วงเวลา 36 เดือนของโรงงาน A

จากรูปที่ 4 จะเห็นได้ว่าเส้นแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงเดือนที่ 26 – 36 มีความชันเป็นลบ

แสดงว่าช่วงเวลานี้โรงงาน A มีแนวโน้มการใช้พลังงานลดลงหรือมีผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่ง

สอดคล้องกับช่วงเวลาในการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของโรงงาน A ที่แสดงดังตารางที่ 3 ซึ่งมีการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเดือนที่ 26 – 31 แสดงว่าโรงงาน A มีแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของแผนภูมิ CUSUM ที่มีความชันเป็นลบในช่วงที่มีการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า นั่นคือโรงงาน A มีผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าที่สัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในระยะเวลาเดียวกัน ดังนั้นโรงงาน A จะถูกนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผลต่อไป

ตารางที่ 3 การดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของโรงงาน A

มาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	เริ่ม	สิ้นสุด	ผลประหยัด (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ลดจำนวนหลอดไฟฟ้า	26	31	959,084.00

ตัวอย่างการพิสูจน์ผลประหยัดของโรงงาน B

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 36 เดือนของโรงงานตัวอย่าง B

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	3,290.85	481,805.00
2	2,076.82	370,055.00
3	2,670.49	459,500.00
4	4,125.73	558,930.00
5	4,689.47	633,770.00
6	4,162.46	586,930.00
7	4,613.95	631,060.00
8	4,365.94	619,040.00
9	3,781.94	566,180.00
10	4,176.45	604,460.00
11	4,113.35	591,940.00
12	4,411.09	600,115.00
13	3,642.68	511,425.00
14	4,739.87	627,560.00
15	4,029.58	534,010.00
16	2,961.83	469,000.00
17	4,100.63	579,850.00

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
18	4,326.09	618,350.00
19	3,548.86	573,700.00
20	3,865.22	591,760.00
21	3,358.49	556,720.00
22	3,307.96	518,570.00
23	3,593.61	546,500.00
24	2,635.76	460,093.00
25	3,288.18	520,060.00
26	3,479.13	531,930.00
27	4,296.95	609,850.00
28	3,406.73	533,760.00
29	3,474.47	535,770.00
30	4,183.42	595,460.00
31	2,552.18	449,130.00
32	3,278.37	521,550.00

ตารางที่ 4 ข้อมูลปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าทั้ง 36 เดือนของโรงงานตัวอย่าง B (ต่อ)

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
33	3,984.19	583,450.00
34	5,306.96	699,570.00
35	3,959.29	575,970.00
36	3,328.76	564,470.00

1) สร้างแผนภาพการกระจายของข้อมูลปริมาณผลผลิต และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือนจากตารางที่ 4 แสดงดังรูปที่ 5

2) หาสมการเส้นตรงตัวแทนกลุ่มข้อมูลได้ดังสมการที่ (2)

$$y = 89.6145x + 219,524.5449 \quad (2)$$

เมื่อ x = ปริมาณผลผลิต

y = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า

3) นำสมการเส้นตรงที่ได้มาใช้เป็นสมการฐานอ้างอิงในการคำนวณปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน จากนั้นคำนวณผลต่างระหว่างปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงกับปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง และผลต่างสะสมของ

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในแต่ละเดือน แสดงดังตารางที่ 5

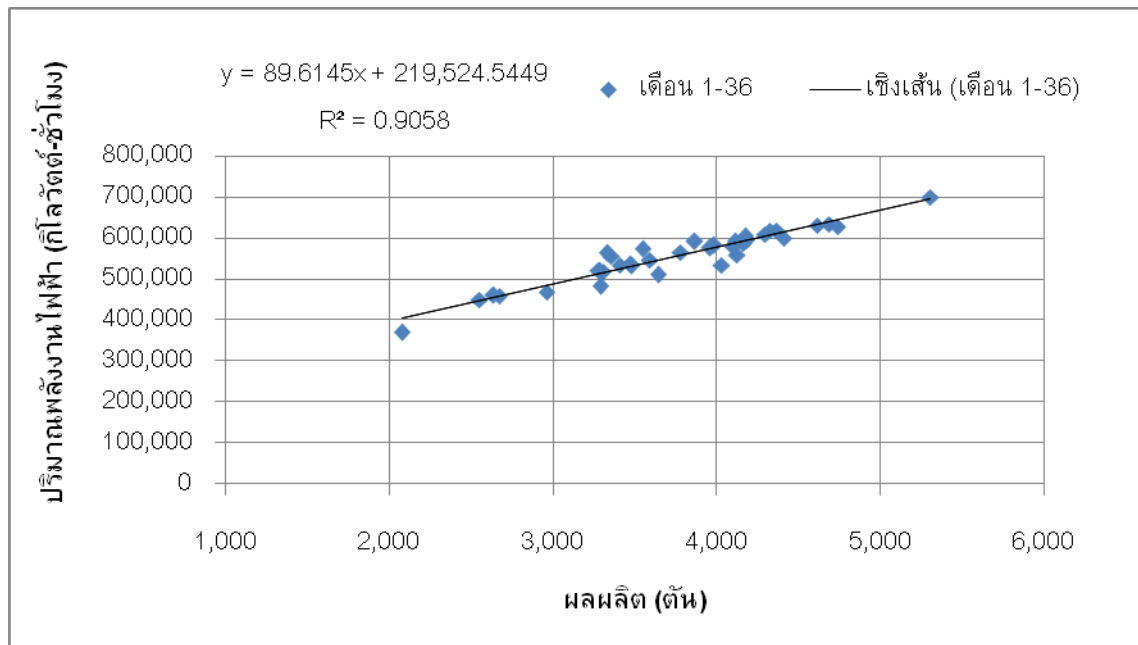
โดย

ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง = $89.6145 \times \text{ผลผลิต} + 219,524.5449$

ผลต่าง = ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า - ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง

4) นำข้อมูลผลต่างสะสมมาสร้างแผนภูมิ CUSUM แสดงดังรูปที่ 6

5) คัดเลือกโรงงานควบคุมที่ผลประหยัพลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกัน นั่นคือโรงงานควบคุมที่เส้นแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของแผนภูมิ CUSUM มีความชันเป็นลบในช่วงเวลาที่มีการดำเนินมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า



รูปที่ 5 แผนภาพการกระจายปริมาณผลผลิตและปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลา 36 เดือนของโรงงาน B

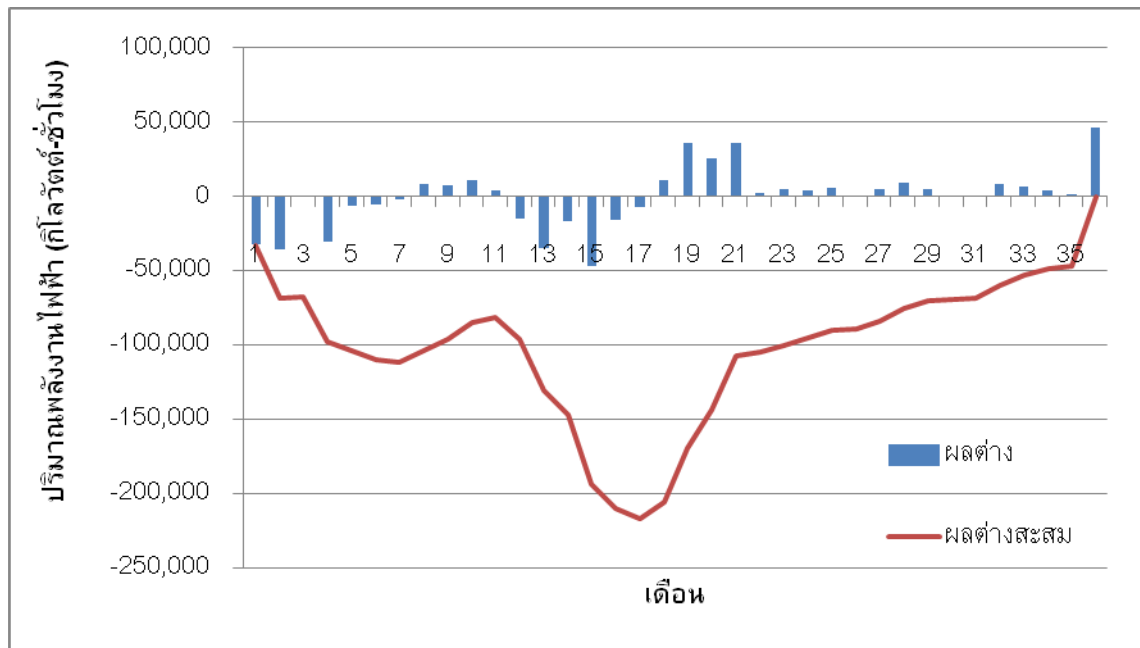
ตารางที่ 5 ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง ผลต่าง และผลต่างสะสมของข้อมูลทั้ง 36 เดือนของโรงงาน B

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
1	3,290.85	481,805.00	514432.4222	-32,627.42	-32,627.42
2	2,076.82	370,055.00	405637.7308	-35,582.73	-68,210.15
3	2,670.49	459,500.00	458839.171	660.83	-67,549.32
4	4,125.73	558,930.00	589249.776	-30,319.78	-97,869.10
5	4,689.47	633,770.00	639769.0542	-5,999.05	-103,868.15
6	4,162.46	586,930.00	592541.3166	-5,611.32	-109,479.47
7	4,613.95	631,060.00	633001.3672	-1,941.37	-111,420.84
8	4,365.94	619,040.00	610776.075	8,263.92	-103,156.91
9	3,781.94	566,180.00	558441.207	7,738.79	-95,418.12
10	4,176.45	604,460.00	593795.0234	10,664.98	-84,753.14
11	4,113.35	591,940.00	588140.3485	3,799.65	-80,953.49

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน ไฟฟ้า (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่คำนวณจากสมการฐาน อ้างอิง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)
12	4,411.09	600,115.00	614822.1697	-14,707.17	-95,660.66
13	3,642.68	511,425.00	545961.4918	-34,536.49	-130,197.15
14	4,739.87	627,560.00	644285.625	-16,725.63	-146,922.78
15	4,029.58	534,010.00	580633.3418	-46,623.34	-193,546.12
16	2,961.83	469,000.00	484947.4594	-15,947.46	-209,493.58

ตารางที่ 5 ข้อมูลการวิเคราะห์ปริมาณพลังงานไฟฟ้าที่คำนวณจากสมการฐานอ้างอิง ผลต่าง และผลต่างสะสมของข้อมูลทั้ง 36 เดือนของโรงงาน B (ต่อ)

เดือน	ผลผลิต (ตัน)	ปริมาณการใช้พลังงาน ไฟฟ้า (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า ที่คำนวณจากสมการฐาน อ้างอิง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	ผลต่าง (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)	ผลต่างสะสม (กิโลวัตต์- ชั่วโมง)
17	4,100.63	579,850.00	587000.452	-7,150.45	-216,644.03
18	4,326.09	618,350.00	607204.9372	11,145.06	-205,498.97
19	3,548.86	573,700.00	537553.8594	36,146.14	-169,352.83
20	3,865.22	591,760.00	565904.3026	25,855.70	-143,497.13
21	3,358.49	556,720.00	520493.947	36,226.05	-107,271.08
22	3,307.96	518,570.00	515965.7263	2,604.27	-104,666.80
23	3,593.61	546,500.00	541564.1082	4,935.89	-99,730.91
24	2,635.76	460,093.00	455726.8594	4,366.14	-95,364.77
25	3,288.18	520,060.00	514193.1515	5,866.85	-89,497.92
26	3,479.13	531,930.00	531305.0403	624.96	-88,872.96
27	4,296.95	609,850.00	604593.5707	5,256.43	-83,616.53
28	3,406.73	533,760.00	524816.9505	8,943.05	-74,673.48
29	3,474.47	535,770.00	530887.4367	4,882.56	-69,790.92
30	4,183.42	595,460.00	594419.6365	1,040.36	-68,750.56
31	2,552.18	449,130.00	448236.8795	893.12	-67,857.44
32	3,278.37	521,550.00	513314.0333	8,235.97	-59,621.47
33	3,984.19	583,450.00	576565.7397	6,884.26	-52,737.21
34	5,306.96	699,570.00	695105.1118	4,464.89	-48,272.32
35	3,959.29	575,970.00	574334.3386	1,635.66	-46,636.66
36	3,328.76	564,470.00	517829.7079	46,640.29	3.63



รูปที่ 6 แผนภูมิ CUSUM ในช่วงเวลา 36 เดือนของโรงงาน B

จากรูปที่ 6 จะเห็นได้ว่าเส้นแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าช่วงเดือนที่ 18 – 36 มีความชันเป็นบวก แสดงว่าช่วงเวลานี้โรงงาน B มีแนวโน้มการใช้พลังงานเพิ่มขึ้นหรือมีการสูญเสียพลังงานไฟฟ้าเกิดขึ้น ซึ่งไม่สอดคล้องกับช่วงเวลาในการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของโรงงาน B ที่แสดงดังตารางที่ 6 ซึ่งมีการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเดือนที่ 19 – 24 แสดงว่าโรงงาน B มีเส้นแนวโน้มการใช้พลังงานไฟฟ้าของแผนภูมิ CUSUM ที่มีความชันเป็นบวกในช่วงที่มีการดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า นั่นคือโรงงาน B เป็นโรงงานที่ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าไม่มีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกัน ดังนั้นโรงงาน B จะไม่ถูกนำไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผล

ตารางที่ 6 การดำเนินการมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าของโรงงาน B

มาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า	เริ่ม	สิ้นสุด	ผลประหยัด (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
การกำหนดเวลาเปิด-ปิดที่เหมาะสม	19	24	381,000.00

4.5 การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผล

นำข้อมูลของโรงงานควบคุมที่ผ่านการคัดเลือกจากข้อ 4.4 มาวิเคราะห์ความถดถอย เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผลในรูปสมการ ด้วยโปรแกรม SPSS ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

โดยมีการแบ่งระดับของปัจจัยต่าง ๆ และกำหนดตัวแปร ดังนี้

1) ระดับการศึกษาของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมี 2 ตัวแปร คือ $education_1$ และ $education_2$

- มัธยมศึกษาหรือเทียบเท่า ($education_1 = 1$, $education_2 = 0$)
- อนุปริญญาหรือเทียบเท่า ($education_1 = 0$, $education_2 = 1$)
- ปริญญาตรี, ปริญญาโท ($education_1 = 0$, $education_2 = 0$)

2) สาขาวิชาชีพของผู้รับผิดชอบด้านพลังงานมี 2 ตัวแปร คือ $major_1$ และ $major_2$

- เครื่องกล ($major_1 = 1$, $major_2 = 0$)
- ไฟฟ้า ($major_1 = 0$, $major_2 = 1$)
- อุตสาหกรรม ($major_1 = 0$, $major_2 = 0$)

3) คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ตัวแปรคือ qualification

- ผ่านการอบรมด้านการอนุรักษ์พลังงาน (qualification = 0)
- มีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน (qualification = 1)

4) ประสบการณ์การทำงานเป็นผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน (ปี) ตัวแปรคือ experience

5) เงินลงทุนในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน (บาทต่อปี) ตัวแปรคือ investment

6) ความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานในการอนุรักษ์พลังงาน มี 2 ตัวแปร คือ cooperation₁ และ cooperation₂

- น้อย (cooperation₁ = 1, cooperation₂ = 0)
- ปานกลาง (cooperation₁ = 0, cooperation₂ = 1)
- มาก

(cooperation₁ = 0, cooperation₂ = 0)

7) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี) ตัวแปรคือ process

8) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอากาศอัด (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี) ตัวแปรคือ compress

9) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบปรับอากาศ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี) ตัวแปรคือ condition

10) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี) ตัวแปรคือ light

11) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบความร้อน (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี) ตัวแปรคือ heat

12) ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบอื่นๆ (กิโลวัตต์ชั่วโมงต่อปี) ตัวแปรคือ other

นอกจากนี้กำหนดให้ร้อยละของผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าแทนด้วย %saving โดยคำนวณจากสมการที่ (3)

$$\text{ร้อยละของผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า} = \frac{\text{ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้า (kWh/ปี)}}{\text{ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้ารวม (kWh/ปี)}} \times 100 \quad (3)$$

5. ผลการวิจัย

ในขั้นตอนวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผลด้วยการวิเคราะห์ความถดถอย ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 งานวิจัยนี้คัดเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการความถดถอยด้วยวิธี stepwise โดยกำหนดความน่าจะเป็นของ F ในการเลือกตัวแปรเข้าเป็น 0.05 และของตัวแปรออกเป็น 0.1 ซึ่งแสดงผลดังตารางที่ 7 โดย qualification เป็นตัวแปรที่ถูกเลือกเข้าสมการเป็นลำดับแรก ตัวแปรตัวที่คัดเลือกเข้าสมการเป็นลำดับต่อมาคือ process, cooperation₁, investment, light และ cooperation₂ ตามลำดับ สามารถเขียนได้สมการเป็น

$$\% \text{saving} = a + b_1 \text{ qualification} + b_2 \text{ process} + b_3 \text{ cooperation}_1 + b_4 \text{ investment} + b_5 \text{ light} + b_6 \text{ cooperation}_2 \quad (4)$$

ซึ่งมีประสิทธิภาพในการประมาณค่าร้อยละของผลประหยัดเท่ากับ 90.6%

โดย a = ค่าคงที่

b = ค่าสัมประสิทธิ์ความถดถอย

ค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ความถดถอยของแต่ละตัวแปรแสดงดังตารางที่ 8 ดังนั้นจะได้สมการคือ

$$\begin{aligned} \% \text{saving} &= 3.183 + 14.413 \text{ qualification} \\ &- 1.600 \times 10^{-6} \text{ process} - 2.672 \text{ cooperation}_1 \\ &+ 1.4 \times 10^{-6} \text{ investment} - 3.000 \times 10^{-7} \text{ light} \\ &- 2.115 \text{ cooperation}_2 \end{aligned} \quad (5)$$

ดังนั้นในการวิเคราะห์ความถดถอยเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผล พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อ

ประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมคือ คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานในการอนุรักษ์พลังงาน เงินลงทุนในการดำเนินมาตรการอนุรักษ์

พลังงาน และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง

และจากสมการที่ (5) สามารถเขียนเป็นสมการในกรณีต่าง ๆ ได้ดังตารางที่ 9

ตารางที่ 7 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยแสดงการเลือกตัวแปรอิสระเข้าสมการ ด้วยวิธี stepwise

ลำดับที่ของ ตัวแปรที่คัดเลือก เข้าสมการ	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate	Change Statistics		
					R Square Change	F Change	Sig. F Change
qualification	0.560	0.314	0.285	2.72959	0.314	10.962	0.003
process	0.879	0.772	0.753	1.60575	0.459	46.351	0.000
cooperation ₁	0.903	0.816	0.791	1.47645	0.044	5.205	0.033
investment	0.932	0.868	0.843	1.27827	0.052	8.350	0.009
light	0.950	0.902	0.877	1.13228	0.033	6.764	0.017
cooperation ₂	0.964	0.929	0.906	0.98759	0.027	7.290	0.014

ตารางที่ 8 ผลการวิเคราะห์ความถดถอยแสดงค่าประมาณของสัมประสิทธิ์ความถดถอย

	Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
	b	Std. Error	Beta		
(Constant)	3.183	0.368		8.657	0.000
qualification	14.413	1.034	1.213	13.937	0.000
process	-1.600x10 ⁻⁶	0.000	-0.889	-10.404	0.000
cooperation ₁	-2.672	0.474	-0.421	-5.634	0.000
investment	1.4x10 ⁻⁶	0.000	0.242	3.705	0.002
light	-3.000x10 ⁻⁷	0.000	-0.234	-3.484	0.002
cooperation ₂	-2.115	0.783	-0.178	-2.700	0.014

ตารางที่ 9 สมการความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผล ในกรณีต่าง

คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบ ด้านพลังงาน ความสนใจ ของผู้บริหารและ ความร่วมมือของพนักงาน	อบรม (qualification = 0)	มีผลงาน (qualification = 1)
น้อย (cooperation ₁ = 1, cooperation ₂ = 0)	%saving = 0.511 - 1.600x10 ⁻⁶ process + 1.4x10 ⁻⁶ investment - 3.000x10 ⁻⁷ light	%saving = 14.924 - 1.600x10 ⁻⁶ process + 1.4x10 ⁻⁶ investment - 3.000x10 ⁻⁷ light
ปานกลาง (cooperation ₁ = 0, cooperation ₂ = 1)	%saving = 1.068 - 1.600x10 ⁻⁶ process + 1.4x10 ⁻⁶ investment - 3.000x10 ⁻⁷ light	%saving = 15.481 - 1.600x10 ⁻⁶ process + 1.4x10 ⁻⁶ investment - 3.000x10 ⁻⁷ light
มาก (cooperation = 0, cooperation ₂ = 0)	%saving = 3.183 - 1.600x10 ⁻⁶ process + 1.4x10 ⁻⁶ investment - 3.000x10 ⁻⁷ light	%saving = 17.596 - 1.600x10 ⁻⁶ process + 1.4x10 ⁻⁶ investment - 3.000x10 ⁻⁷ light

จากตารางที่ 9 จะเห็นได้ว่า

- ผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานจะส่งผลให้ประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานสูงกว่าผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่ผ่านการอบรม
- ความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานที่อยู่ในระดับมาก จะส่งผลให้โรงงานมีประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานสูงกว่าความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานที่อยู่ในระดับปานกลางและน้อย ตามลำดับ

โดยประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานจะสูงที่สุด เมื่อมีผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่มีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงาน และความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานที่อยู่ในระดับมาก

6. อภิปรายและสรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในโรงงานควบคุม โดยได้คัดเลือกปัจจัยที่คาดว่าจะมีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า และก่อนที่จะวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานกับปัจจัยที่มีผล จะต้องผ่านขั้นตอนในการพิสูจน์ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้าของโรงงานควบคุมเพื่อคัดเลือกโรงงานควบคุมที่ผลประหยัดพลังงานไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับมาตรการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในช่วงเวลาเดียวกัน ซึ่งการพิสูจน์ผลประหยัดนี้จะทำให้ข้อมูลที่จะนำมาวิเคราะห์หาความสัมพันธ์มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น จากการวิเคราะห์ความถดถอยจะได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานในโรงงานควบคุมคือ คุณสมบัติของผู้รับผิดชอบด้านพลังงาน ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิต ความสนใจของผู้บริหารและความร่วมมือของพนักงานในการอนุรักษ์พลังงาน เงินลงทุนในการดำเนินการอนุรักษ์พลังงาน และปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบแสงสว่าง โดยสมการความสัมพันธ์ระหว่างประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้ากับปัจจัยที่มีผลคือ

$$\begin{aligned} \% \text{saving} &= 3.183 + 14.413 \text{ qualification} \\ &- 1.600 \times 10^{-6} \text{ process} - 2.672 \text{ cooperation}_1 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} &+ 1.4 \times 10^{-6} \text{ investment} - 3.000 \times 10^{-7} \text{ light} \\ &- 2.115 \text{ cooperation}_2 \end{aligned} \quad (6)$$

ซึ่งสมการความสัมพันธ์นี้ จะทำให้สามารถประมาณค่าผลประหยัดของโรงงานควบคุมได้ และยังสามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการปรับปรุงประสิทธิภาพในการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้าในภาคอุตสาหกรรมอีกด้วย เช่น

- การแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานควรเลือกที่มีคุณสมบัติมีผลงานด้านการอนุรักษ์พลังงานมากกว่าผู้รับผิดชอบด้านพลังงานที่ผ่านการอบรม
- ผู้บริหารควรตระหนักถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน และให้การส่งเสริมการดำเนินการต่างๆ ในการอนุรักษ์พลังงาน
- สร้างจิตสำนึกให้พนักงานเห็นถึงความสำคัญของการอนุรักษ์พลังงาน และความร่วมมือในการอนุรักษ์พลังงาน

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจากข้อมูลในงานวิจัยนี้เป็นข้อมูลทุติยภูมิซึ่งผู้วิจัยไม่สามารถเก็บข้อมูลได้จากแหล่งข้อมูลโดยตรง ซึ่งข้อมูลอื่น ๆ ที่ไม่ได้ถูกเก็บรวบรวมไว้อาจเป็นปัจจัยที่มีผลต่อประสิทธิภาพการอนุรักษ์พลังงานไฟฟ้า ดังนั้นในการทำงานวิจัยต่อไปควรเพิ่มปัจจัยอื่นๆ ไปในการวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ด้วย เช่น ปัจจัยในด้านความพร้อมของเทคโนโลยีหรือระบบการจัดการในการอนุรักษ์พลังงาน ปัจจัยในด้านที่ปรึกษาการอนุรักษ์พลังงาน เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เอกสารอ้างอิง

- [1].กัลยา วานิชย์บัญชา. 2546. การใช้ SPSS for Windows ในการวิเคราะห์ข้อมูล. พิมพ์ครั้งที่ 6. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [2].คมสัน กุศล. 2548. การอนุรักษ์พลังงานในโรงงานอุตสาหกรรม. วารสารไฟฟ้าและอุตสาหกรรม. กันยายน-ตุลาคม: 43-46.
- [3].จรัส อินทร์สี, บรรณาธิการ. 2544. ประเทศไทยก้าวไกล ร่วมใจประหยัดพลังงาน. วารสารประสิทธิภาพพลังงาน. ตุลาคม-ธันวาคม: 12-14.
- [4].ไชยะ แซ่มซ้อย. 2553. การใช้ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อการกำหนดเป้าหมายและการตรวจสอบสัมฤทธิ์ผลการอนุรักษ์พลังงาน (1). เทคนิค. 312. มีนาคม: 91-101.
- [5].ดาวลัย วิวรรณเดชะ. 2548. ปัจจัยสู่ความสำเร็จของการอนุรักษ์พลังงานแบบมีส่วนร่วม. วารสารพลังงาน. 6: 44-52.
- [6].ประพันธ์ ธนาปิยกุล. 2552. การประยุกต์ใช้ระบบตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน (2). เทคนิค. 305. กันยายน: 89-95.
- [7].พลังงาน, กระทรวง, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. ข้อกำหนดการเป็น

- โรงงานควบคุม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dede.go.th/dede/index.php?id=206> [10 ตุลาคม 2552]
- [8].พลังงาน, กระทรวง, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2552. คู่มือการแต่งตั้งผู้รับผิดชอบด้านพลังงานของโรงงานควบคุมและอาคารควบคุม. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/upload/nov50/aug52/02new.pdf> [10 ตุลาคม 2552]
- [9].พลังงาน, กระทรวง, กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2551. รายงานไฟฟ้าของประเทศไทยปี 2551. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.dede.go.th/dede/fileadmin/usr/wpd/statatic/2008/ElcThai2008.pdf> [10 กุมภาพันธ์ 2553]
- [10].พลังงาน, กระทรวง, สำนักงานนโยบายและแผนพลังงาน. 2552. พระราชบัญญัติการส่งเสริมการอนุรักษ์พลังงาน (ฉบับที่ 2) พ.ศ.2550. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.eppo.go.th/admin/cab/law/2-1.pdf> [10 ตุลาคม 2552]
- [11].Vinod. S. Puranik. 2007. CUSUM Quality Control Chart for Monitoring Energy Use Performance. Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management. pp. 1231-1235. Singapore.