การปรับปรุงงานบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต

สุวิทย์ ภูลี [1] ***และ ปารเมศ ชุติมา*** [2]

[1] *สหสาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330*

[2] *ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย พญาไท กรุงเทพฯ 10330*

Phoolee.S@gmail.com , Parames.C@chula.ac.th

บทคัดย่อ

ปัจจุบันค่าใช้จ่ายด้านพลังงานในโรงงานอุตสาหกรรมสูงมากขึ้นทุกปี ทำให้หลายองค์กรเริ่มตระหนักเกี่ยวกับค่าใช้จ่ายด้านพลังงาน จึงหาแนวทางที่จะใช้พลังงานที่มีอยู่ให้ได้ประโยชน์สูงสุด ตัวอย่างหนึ่งที่มีให้เห็นคือ มาตรการประหยัดพลังงานต่างๆได้ถูกนำมารณรงค์ใช้ในโรงงานหลายแห่ง รวมทั้งการส่งเสริมจากทางภาครัฐในหลายแนวทาง เพื่อที่จะสนับสนุนให้เกิดการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพในองค์กร ซึ่งการพิจารณาประสิทธิภาพการใช้พลังงานว่ามีความเหมาะสมคุ้มค่าหรือไม่สำหรับอุตสาหกรรมการผลิตสินค้านั้น สามารถที่จะใช้ดัชนีตรวจติดตามค่าการใช้พลังงานต่อความสามารถเชิงปริมาณในการผลิตสินค้า คือ ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption : SEC) มาเป็นดัชนีติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตได้ บทความนี้จะนำเสนอแนวทางการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตที่อ้างอิงค่าการใช้พลังงานจำเพาะโดยการปรับปรุงการบริหารจัดการงานบำรุงรักษาที่เหมาะสมและเพิ่มคุณค่าในหน้าที่งานบำรุงรักษาตามหลักวิศวกรรมคุณค่า นำเสนอมาตรการประหยัดพลังงานจากปัญหาหรือสภาพการณ์ของงานบำรุงรักษาที่ไม่เหมาะสมพร้อมทั้งประเมินผลการประหยัดพลังงาน แล้ววัดผลโดยตรวจติดตามตัวแปรในมิติด้านบำรุงรักษา ด้านการผลิต และด้านพลังงาน ที่สัมพันธ์กันเพื่อแสดงให้เห็นถึงความเป็นไปได้ในการดำเนินการ บทความนี้ใช้ข้อมูลงานบำรุงรักษาไฟฟ้าจากโรงงานประเภทปิโตรเคมีตัวอย่างมาเป็นกรณีศึกษา ผลจากการศึกษาพบว่าเมื่อปรับปรุงงานบำรุงรักษาจะได้ประโยชน์หลักคือการเพิ่มผลผลิตและช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตได้ทางอ้อมจากศักยภาพของมาตรการประหยัดพลังงาน

คำสืบค้น

การเพิ่มผลผลิต, การบำรุงรักษา, ค่าการใช้พลังงานจำเพาะ

Maintenance improvement to increase energy efficiency in a production process

Suwit Phoolee [1] ***and Parames Chutima*** [2]

[1] *Energy Technology and Management (Interdisciplinary Program) Graduate School, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330 THAILAND*

[2] *Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Chulalongkorn University, Phayathai Road, Patumwan, Bangkok 10330 THAILAND*

Phoolee.S@gmail.com , Parames.C@chula.ac.th

ABSTRACT

The current cost of energy in industry is very high in each year. Many organizations begin to realize the cost of energy and find ways to use energy with maximum benefits. An example is that the various energy saving measures have been campaigning for many factories including those promoted by the government in many ways to encourage energy efficiency in the organization. The consideration of energy efficiency that are appropriate or not for any industrial is most often monitored using the specific energy consumption (SEC), which describes the ratio between the total energy used and a useful output of the process. So, SEC can be used to follow up energy efficiency in the production process. This article offers guidance to increase energy efficiency in the production with refer to SEC in the aspect of maintenance and enhancement for maintenance functions by the principle of Value Engineering (VE). Then, we monitor the parameters in Maintenance, Production and Energy to demonstrate the feasibility of implementation. This article uses data from the electrical maintenance of a petrochemical plant as a case study. The study found that the improvement of maintenance has direct benefits to increase productivity and indirect benefits to improve energy efficiency in the production process by the potential energy saving measures.

KEYWORDS

Productivity, Maintenance, Specific Energy Consumption

I. บทนำ

การเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตในด้านการจัดการบำรุงรักษา โดยปกติจะมุ่งไปที่การหาวิธีการที่ดีที่สุดในการจัดการงานบำรุงรักษาเพื่อสนับสนุนประสิทธิภาพการผลิตในด้านความพร้อมใช้งานเครื่องจักร เช่น ความพยายามที่จะจัดโครงสร้างองค์กรบำรุงรักษาใหม่ การเปลี่ยนแปลงโครงสร้างข้อมูลบำรุงรักษาเป็นระบบสารสนเทศ ตลอดจนการจัดการด้านบุคลากรที่ทำหน้าที่ควบคุมระบบการจัดการบำรุงรักษา เป็นต้น เมื่อมองมิติด้านพลังงาน เวลาในการซ่อมบำรุงรักษาก็ถือว่าเป็นตัวแปรหนึ่งที่จะส่งผลกระทบให้การใช้พลังงานในการผลิตนั้นเพิ่มขึ้นหรือลดลงได้ทางอ้อม การใช้เวลาในการบำรุงรักษาที่มากขึ้นนั้นค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาก็จะมากขึ้นตามไปด้วย นั่นหมายถึงการเพิ่มขึ้นของทรัพยากรผลิต ซึ่งจะส่งผลให้เวลาในการเดินเครื่องจักรเพื่อผลิตน้อยลง ทำให้ผลผลิตลดลง และเมื่อพิจารณาค่าดัชนีพลังงานจำเพาะ (Specific Energy Consumption: SEC) แล้วพบว่าเมื่อผลผลิตลดลงในขณะที่มีการใช้พลังงานในการผลิตเท่าเดิมหรือมากกว่าเดิม ทำให้ SEC นี้จะมากขึ้นตามไปด้วย ซึ่งหมายถึงประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตที่ต่ำลง เช่นเดียวกันเมื่อสามารถที่จะลดเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาลงก็จะหมายถึงการใช้ทรัพยากรผลิตลดลง ทำให้ผลผลิตเพิ่มขึ้น รวมทั้งการปรับปรุงปัญหาหรือสภาพการณ์ในงานบำรุงรักษาที่ยังไม่เหมาะสมในบางลักษณะปัญหาสามารถใช้แนวทางปรับปรุงที่ให้ผลในมิติด้านการประหยัดพลังงานเครื่องจักรได้โดยการนำเสนอมาตรการประหยัดพลังงานต่างๆจากหลักวิศวกรรมคุณค่า และการบำรุงรักษาแบบลีน ในที่สุด SEC จะลดลงตามไปด้วยนั่นหมายถึงมีประสิทธิภาพการใช้พลังงานในการผลิตที่ดีขึ้นนั่นเอง

II. แนวคิดและทฤษฎี การเพิ่มผลผลิต และการบำรุงรักษาที่สัมพันธ์กัน

SEC เป็นดัชนีติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานในระดับรายผลผลิตในกระบวนการผลิต โดยวัดปริมาณพลังงานที่ใช้เทียบกับหน่วยนับของผลผลิตทางกายภาพ เช่น ต่อตัน ต่อตารางเมตร ต่อลิตร ฯลฯ [1] SEC เป็นการวัดประสิทธิภาพพลังงานในระดับมูลฐานที่สุดในระดับโรงงานหรือกลุ่มโรงงานที่มีผลผลิตเหมือนกัน โดยปกติจะเป็นดัชนีแสดงประสิทธิภาพการใช้พลังงานของสถานประกอบการเพื่อใช้ในการตรวจสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพการใช้พลังงานของตนเองตามช่วงเวลา หรือเพื่อประมาณการความต้องการใช้พลังงานในภาพรวมในกระบวนการผลิต [2]

SEC แสดงความสัมพันธ์ตามสมการที่ (1)

$$SEC = \frac{\text{พลังงานที่ใช้ (kWh, MJ, etc.)}}{\text{ปริมาณผลผลิต (ton, kg, m, etc.)}} \quad (1)$$

จะเห็นได้ว่าดัชนี SEC จะมีความสัมพันธ์กับปริมาณผลผลิต ซึ่งปริมาณผลผลิตจะหมายถึงผลิตผล (Output) ที่เป็นผลลัพธ์จากกระบวนการผลิต [3] โดยจะเกี่ยวข้องกับการเพิ่มผลผลิต (Productivity) ดังความสัมพันธ์ตามสมการที่ (2)

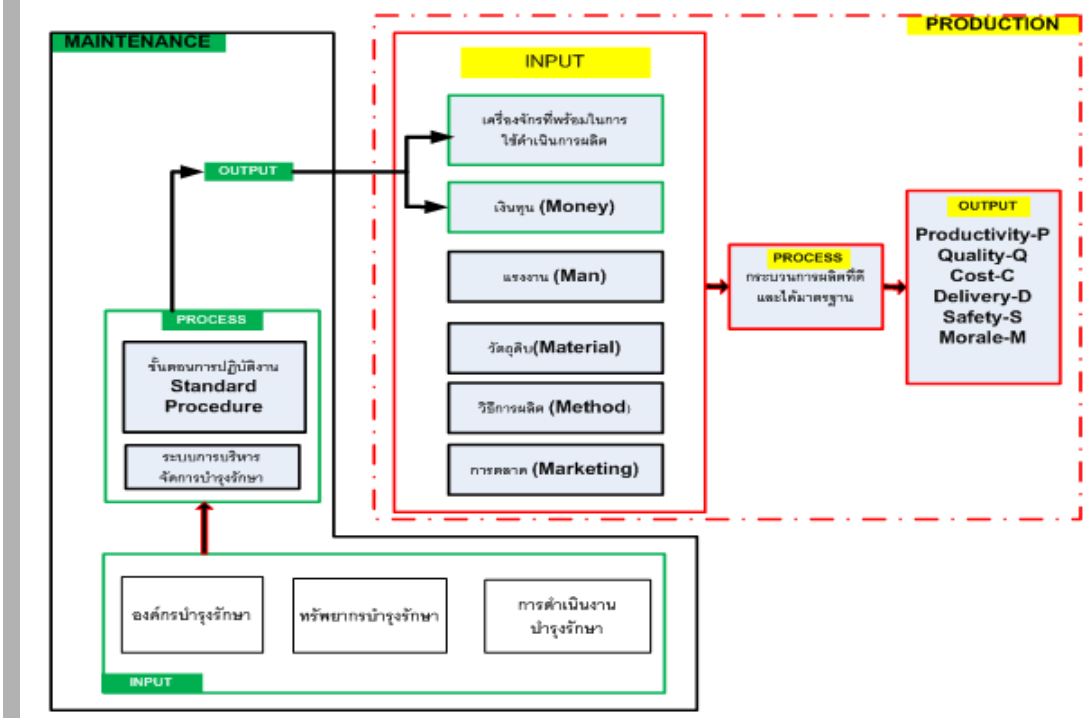
$$\text{การเพิ่มผลผลิต (Productivity)} = \frac{\text{ผลิตผล (Output)}}{\text{ทรัพยากรผลิต (Input)}} \quad (2)$$

ดังนั้นถ้าต้องการเพิ่มผลผลิตสามารถดำเนินการได้ตามหลักการเพิ่มผลผลิต 5 กรณี แสดงตามตารางที่ 1

กรณีที่	ผลผลิต (Productivity)	ผลิตผล (Output)	ทรัพยากรการผลิต (Input)	หมายเหตุ
1	เพิ่มขึ้น	เพิ่ม	คงที่	-
2	เพิ่มขึ้น	เพิ่ม	ลด	-
3	เพิ่มขึ้น	คงที่	ลด	-
4	เพิ่มขึ้น	เพิ่ม	เพิ่ม	ได้ผลผลิตมากกว่าปัจจุบัน
5	เพิ่มขึ้น	ลด	ลด	ได้ผลผลิตมากกว่าปัจจุบัน

ตารางที่ 1 หลักการในการเพิ่มผลผลิต [4]

ในส่วนของทรัพยากรที่ใช้ในกระบวนการผลิตในอุตสาหกรรมโดยทั่วไปคือหลัก 6M ได้แก่ Man Material Machine Money Method และ Marketing ซึ่งในทรัพยากรการผลิตด้าน Machine จะพิจารณาความพร้อมใช้งานที่ต้องมีการบำรุงรักษา (Maintenance) มาเป็นวิธีการจัดการให้บรรลุวัตถุประสงค์ [5] สามารถแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตและการบำรุงรักษาได้ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างการผลิตและการบำรุงรักษา

การบำรุงรักษา (Maintenance) เป็นการสงวนหรือรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆที่ใช้ในการผลิตให้เป็นไปตามคุณลักษณะเงื่อนไขการทำงาน ซึ่งการบำรุงรักษานี้สามารถครอบคลุมไปถึงกิจกรรมหรืองานที่มีความสัมพันธ์กับการบำรุงรักษาเครื่องจักรอุปกรณ์หรือเป็นการซ่อมเครื่องจักรอุปกรณ์ต่างๆให้อยู่ในสภาพปกติ โดยกิจกรรมการบำรุงรักษานี้จำเป็นต้องใช้อะไหล่สำรอง (Spare Parts) กำลังคน (Manpower) เครื่องมือ (Tools) และสิ่งอำนวยความสะดวก (Facility) การบำรุงรักษาจึงมีความสัมพันธ์อย่างใกล้ชิดกับการผลิต [5]

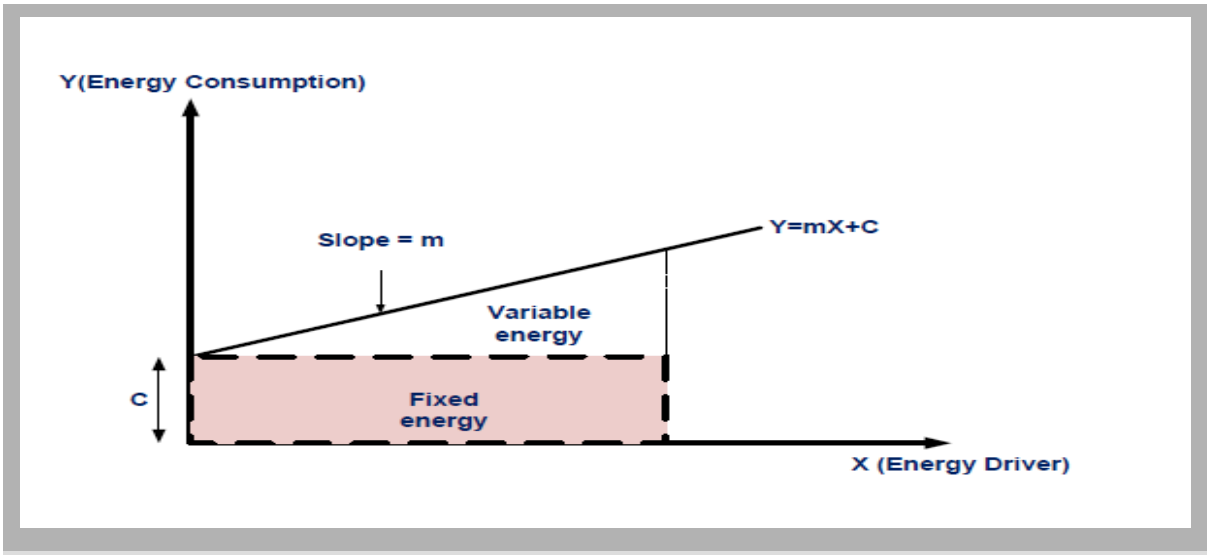
การลดต้นทุนค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาโดยการปรับลดเวลาปฏิบัติงานจะสามารถลดต้นทุนค่าใช้จ่ายของงานบำรุงรักษาให้ต่ำได้ซึ่งหมายถึงจะช่วยลดทรัพยากรและเพิ่มผลผลิตได้ในที่สุด [6] แสดงความสัมพันธ์ตามสมการที่ (3)

$$\text{ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อชั่วโมง} = \frac{\text{ผลรวมของค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา}}{\text{จำนวนชั่วโมงแรงงานของการทำงาน}} \quad (3)$$

จะเห็นว่าการลดจำนวนชั่วโมงแรงงานของการทำงานบำรุงรักษาลง จะทำให้ผลรวมของค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษาลดลงและส่งผลให้ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาต่อหน่วยผลิตลดลงเมื่อผลผลิตเท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้นตามความสัมพันธ์สมการ (4)

$$\text{ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษาต่อหน่วยผลิต} = \frac{\text{ผลรวมของค่าใช้จ่ายของการบำรุงรักษา}}{\text{จำนวนหน่วยผลิตผลที่ผลิตได้}} \quad (4)$$

เมื่อพิจารณาความสัมพันธ์ของพลังงานกับกระบวนการผลิตร่วมกับการวิเคราะห์ SEC จะพบว่า ในการวิเคราะห์ประสิทธิภาพการใช้พลังงานนั้น ถ้ามองการใช้พลังงานที่สัมพันธ์กับกระบวนการผลิตในรูปแบบสมการเชิงเส้น $Y = mX + C$ เมื่อ Y คือพลังงานที่ใช้ทั้งหมด ส่วน m คือค่าพลังงานส่วนที่ผันแปรตามปริมาณผลผลิต (Variable energy) X คือ ปริมาณผลผลิต และ C คือค่าพลังงานคงที่ (Fixed Energy) ที่ต้องใช้แม้ในขณะที่ไม่มีปริมาณผลผลิตเกิดขึ้น [7] แสดงความสัมพันธ์ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ของพลังงานกับกระบวนการผลิต [7]

จากสมการเชิงเส้น Y = mX + C ถ้าเอา X หารตลอดจะได้สมการคือ Y/X = m + C/X โดยที่ Y/X คือ SEC จะเห็นว่าตามสมการนี้ค่า SEC ต่ำสุดที่เป็นไปได้ในทางทฤษฎีคือเท่ากับค่า m ซึ่งเป็นค่าพลังงานส่วนที่ผันแปรตามปริมาณผลผลิต (Variable energy) โดยค่า C/X จะแปรเปลี่ยนไปตามปริมาณการผลิตในแต่ละเดือน [7] ดังนั้นถ้าสามารถลดทรัพยากรผลิตตามสมการ (Z) โดยลดเวลาปฏิบัติงานบำรุงรักษาลงจะส่งผลให้ผลผลิตมากขึ้น นั่นคือ ค่า X เพิ่มขึ้น ขณะเดียวกันค่า Y จะลดลงด้วยมาตรการประหยัดพลังงาน ผลที่ตามมาคือทำให้ค่า SEC (Y/X) ที่เป็นดัชนีติดตามประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตนั้นลดลงนั่นเอง

III. การปรับปรุงงานบำรุงรักษาและมาตรการประหยัดพลังงาน

การปรับปรุงงานบำรุงรักษาโดยลดเวลาปฏิบัติงานดำเนินการได้หลายแนวทางขึ้นอยู่กับชนิดของเครื่องจักร วิธีการและเทคนิคงานบำรุงรักษา ซึ่งการดำเนินงานในบทความนี้ได้ปรับปรุงงานบำรุงรักษาในภาพรวมเพื่อลดเวลาปฏิบัติงาน โดยค้นหาสาเหตุปัญหาการใช้เวลามากในงานบำรุงรักษาด้วยการระดมสมองทีมงานที่มีความรู้และประสบการณ์ในงาน แล้วพิจารณาแนวทางแก้ไขปรับปรุงที่ให้ผลเรื่องการประหยัดพลังงาน ซึ่งตัวแปรเกี่ยวข้องในการติดตามผล ได้แก่ เวลาปฏิบัติงานบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายบำรุงรักษา SEC และ ร้อยละความน่าเชื่อถือในการผลิตของโรงงาน (%Plant Reliability) โดย SEC จะติดตามผลในลักษณะเปรียบเทียบการลดลงจากศักยภาพมาตรการประหยัดพลังงานกับการใช้พลังงานแบบเดิมที่ไม่มีการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน

สำหรับ %Plant Reliability แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่เกี่ยวข้องได้ตามสมการ (5)

$$\%\ \text{Plant Reliability} = \frac{(A - B) - C}{(A - B)} \times 100 \qquad (5)$$

A = Nameplate Capacity (ton/hour)

B = Planned Shutdown (ton/hour)

C = Reliability Loss (ton/hour)

3.1 ขั้นตอนการลดเวลาการปฏิบัติงานบำรุงรักษา

การพิจารณาลดเวลาปฏิบัติงานในการบำรุงรักษามีขั้นตอนดำเนินการดังต่อไปนี้

3.1.1 ปรับปรุงและออกแบบขั้นตอนปฏิบัติงานใหม่

โดยนำแนวคิดการลดความสูญเปล่าอันเนื่องมาจากกิจกรรมที่ไม่ก่อให้เกิดคุณค่าเพิ่มของลีน (Lean) [8] และการวิเคราะห์ถึงประโยชน์การใช้งานของการปฏิบัติงานตามหลักวิศวกรรมคุณค่า (Value Engineering) [9] มาประยุกต์ใช้ออกแบบปรับปรุงผสมผสานกับหลักการบริหารงานบำรุงรักษาและเทคนิคงานบำรุงรักษาตามประเภทงานบำรุงรักษาต่างๆ โดยพิจารณาการไหลของงานเป็นหลักและกำจัดขั้นตอนงานที่สูญเปล่า ซ้ำซ้อนตามหลักการบำรุงรักษาแบบลีน ลดการปฏิบัติงานที่ไม่ทำให้เกิดคุณค่า พิจารณางานที่จำเป็นและทำให้เกิดประโยชน์ตามหลักการวิศวกรรมคุณค่า จะทำให้งานบำรุงรักษามีคุณค่าเพิ่มจากหน้าที่การปฏิบัติงานเฉพาะที่จำเป็นรวมทั้งการจัดระเบียบขั้นตอนปฏิบัติงานโดยหลักการและเทคนิคการจัดการงานบำรุงรักษาตามประเภทอย่างเหมาะสมโดยยังคงวัตถุประสงค์เดิมของงานบำรุงรักษาไว้ สรุปคือการออกแบบและปรับปรุงขั้นตอนปฏิบัติงานใหม่จะพิจารณาแนวทาง การกำจัด (Eliminate) ขั้นตอนงานที่ไม่จำเป็น การผสมผสาน (Combine) ขั้นตอนงานตามประเภทอุปกรณ์ การจัดลำดับใหม่ (Re sequence) และการทำให้ง่ายขึ้น

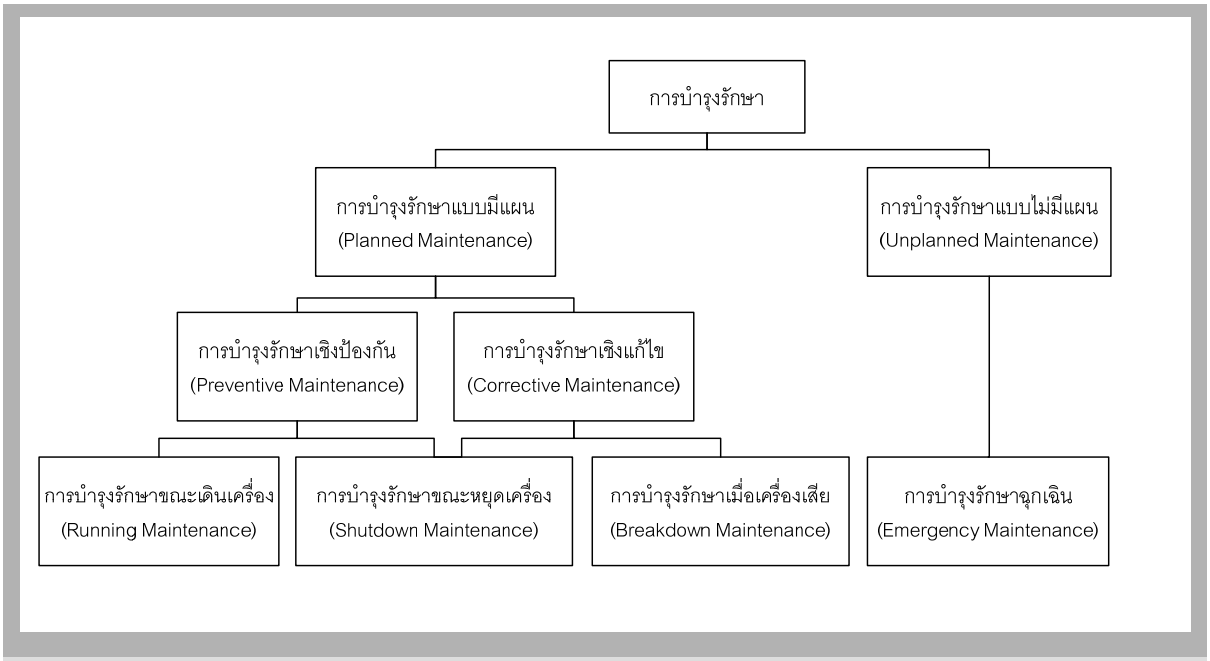
(Simplify) ในขั้นตอนงานที่ยุ่งยากและซับซ้อน จะได้ขั้นตอนการปฏิบัติงานที่ออกแบบปรับปรุงใหม่ตามประเภทงานบำรุงรักษาซึ่งจะช่วยลดเวลาในการปฏิบัติงานได้

3.1.2 จัดทำและปรับปรุงวิธีการปฏิบัติงาน

โดยจากกิจกรรมงานบำรุงรักษาที่แยกตามประเภทงาน ได้จัดให้มีวิธีปฏิบัติงานบำรุงรักษาคลอบคลุมทุกกิจกรรมงาน ได้แก่ วิธีปฏิบัติงานบำรุงรักษาเชิงป้องกัน งานบำรุงรักษาเชิงแก้ไขที่เคยเกิดขึ้นบ่อยครั้ง การบำรุงรักษาเมื่อเครื่องเสียและการบำรุงรักษากรณีฉุกเฉิน เพื่อให้มีการปฏิบัติที่เหมาะสมถูกต้องตามขั้นตอนและวิธีแก้ไขปัญหาตามประเภทงานบำรุงรักษาและให้เกิดมาตรฐานการแก้ไขปัญหาในลักษณะที่เกิดขึ้นบ่อยครั้งเป็นไปในทางเดียวกันจากหลายผู้ปฏิบัติงาน จะช่วยลดเวลาในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาลงได้

3.1.3 ปรับปรุงแผนงานบำรุงรักษา

ปรับปรุงแผนงานบำรุงรักษาโดยพิจารณาปรับปรุงให้เหมาะสมตามชนิดเครื่องจักรโดยอ้างอิงจากคู่มือปฏิบัติงานเครื่องจักรและหลักการบำรุงรักษาที่ถูกต้อง จะทำให้มีแผนบำรุงรักษาเหมาะสมตามชนิดของเครื่องจักร อันจะนำมาซึ่งการลดปัญหาการเสียหายของเครื่องจักร ทำให้ลดเวลาในการแก้ไขและบำรุงรักษาได้ในที่สุด หลักการบำรุงรักษาที่นำมาพิจารณาปรับปรุงแผนงานบำรุงรักษาแสดงเป็นแผนผังงานบำรุงรักษาได้ตามรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนผังงานบำรุงรักษาตามชนิดเครื่องจักรและอุปกรณ์ **[10]**

การบำรุงรักษาแบบมีแผน (Planned Maintenance) จะหมายความรวมถึงการบำรุงรักษาแบบต่าง ๆ ทั้งหมดที่กระทำไปโดยมีการวางแผนล่วงหน้า มีการควบคุมและมีการบันทึกข้อมูลต่างๆ ไว้ แบ่งได้เป็น 2 แบบ คือ

ก. **การบำรุงรักษาเชิงป้องกัน** (Preventive Maintenance) คืองานบำรุงรักษามีแผนที่กระทำไปโดยมีจุดมุ่งหมายที่จะป้องกันมิให้เครื่องจักรชำรุด โดยการบำรุงรักษาแบบป้องกันก็จะแบ่งได้เป็น 2 ลักษณะคือ

1) การบำรุงรักษาขณะเดินเครื่อง (Running Maintenance) ซึ่งหมายถึง งานบำรุงรักษาทำได้โดยไม่ต้องหยุดเครื่อง เช่น การหล่อลื่น เป็นต้น

2) การบำรุงรักษาขณะหยุดเครื่อง (Shutdown Maintenance) ซึ่งเป็นการหยุดโดยมีแผนกำหนดไว้แน่นอน เช่น การเปลี่ยนชิ้นส่วน

ข. การบำรุงรักษาเชิงแก้ไข (Corrective Maintenance) หมายถึงงานบำรุงรักษาที่มีแผนที่จะทำเพื่อแก้ไข ปรับยกสถานะการปฏิบัติของเครื่องจักรให้คืนสู่สภาพปกติ การบำรุงรักษาแบบแก้ไขก็แบ่งได้เป็น 2 ลักษณะ เช่นกัน คือ

1) การบำรุงรักษาขณะหยุดเครื่อง (Shutdown Maintenance) โดยมีแผนที่กำหนดแน่นอน เช่น การซ่อมเครื่องจักรสำรองซึ่งเสียหายแต่ไม่จำเป็นต้องซ่อมในทันทีที่เครื่องเสีย

2) การบำรุงรักษาเมื่อเครื่องเสีย (Breakdown Maintenance) ที่ได้มีการเตรียมการไว้แล้วว่าเมื่อเครื่องเกิดเสียขึ้นจะมีวิธีปฏิบัติอย่างไร จึงจะดูแลแก้ไขให้คืนสู่สภาพเดิมได้เร็วที่สุด

การบำรุงรักษาแบบไม่มีแผน (Unplanned Maintenance) คือการบำรุงรักษาฉุกเฉินนั่นเองโดยเป็นการบำรุงรักษาที่ไม่มีการเตรียมงานไว้ล่วงหน้าเมื่อเครื่องจักรเกิดการชำรุดเสียหายขึ้นจะดำเนินการแก้ไขซ่อมแซมความเสียหายตามสภาพที่เกิดขึ้น

จากแผนงานบำรุงรักษาที่ได้ปรับปรุงจะทำให้เครื่องจักรและอุปกรณ์ได้รับการจัดแผนบำรุงรักษาที่ถูกต้องเหมาะสมอันจะช่วยลดงานบำรุงรักษาที่ไม่จำเป็นในบางอุปกรณ์ และได้แผนบำรุงรักษาที่อุปกรณ์ต้องการจริงๆอันจะส่งผลให้อุปกรณ์ไม่เกิดการเสียหายบ่อยครั้งและเป็นผลให้ลดเวลาในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาได้ด้วยเช่นกัน

3.1.4 จัดสอนพัฒนาทักษะการปฏิบัติงานให้กับผู้ปฏิบัติงาน

ขั้นตอนปฏิบัติงาน วิธีปฏิบัติงานและแผนงานบำรุงรักษา เพื่อนำมาใช้ปฏิบัติให้บรรลุจุดประสงค์การลดเวลาในการบำรุงรักษาลงจะต้องให้ผู้ปฏิบัติงานมีความเข้าใจขั้นตอนงานและปฏิบัติงานไปในทางเดียวกัน ในงานวิจัยนี้จึงได้กำหนดแผนการฝึกอบรมที่จำเป็นตามตำแหน่งงานผู้ปฏิบัติงานบำรุงรักษาแล้วฝึกอบรมผู้ปฏิบัติงานตามแผนฝึกอบรมโดยการฝึกปฏิบัติงานในสถานที่จริง ที่เรียกว่า On the Job Training (OJT) แล้วประเมินผลและสอนงานโดยหัวหน้างานที่มีความรู้และประสบการณ์ในงาน

3.1.5 ประชุมสื่อสารแลกเปลี่ยนความรู้ในการปฏิบัติงาน

เนื่องจากความสามารถในการปฏิบัติงานของผู้ปฏิบัติงานจะแตกต่างกัน ดังนั้นนอกเหนือจากการพัฒนาทักษะที่ฝึกอบรม OJT ตามข้อ 3.1.4 แล้ว ในการดำเนินการตามงานวิจัยในบทความนี้ได้กำหนดให้มีการแบ่งปันแลกเปลี่ยนความรู้และประสบการณ์ (Knowledge Sharing) ซึ่งได้พิจารณา 2 กรณีคือกรณีเป็นความรู้ที่ชัดแจ้งได้จัดทำเป็นเอกสารเพื่อเป็นฐานความรู้ และกรณีเป็นความรู้ที่ฝังลึกในบุคคล สามารถจัดเป็นการประชุมแลกเปลี่ยนความรู้ในหน่วยงาน ซึ่งเป็นการนำเอาตัวอย่างกรณีศึกษาในปัญหางานบำรุงรักษาที่เคยเกิดขึ้น ทั้งจากในโรงงาน และจากแหล่งอื่นๆที่มีลักษณะเครื่องจักรและอุปกรณ์ประเภทเดียวกันมาสรุปลำดับปัญหา สาเหตุ และวิธีการแก้ไข เพื่อให้ผู้ปฏิบัติงานสามารถที่จะเรียนรู้แนวทางแก้ปัญหาและวิธีการปฏิบัติงานที่ถูกต้องในแบบเดียวกันหากเกิดปัญหาลักษณะนี้ขึ้นมาอีก ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการปฏิบัติงานลงได้เช่นกัน

จาก 5 ขั้นตอนการปรับปรุงงานบำรุงรักษาที่กล่าวข้างต้นเมื่อมีการปฏิบัติจะช่วยให้ลดเวลาปฏิบัติงานบำรุงรักษาลงได้ ซึ่งจะช่วยเพิ่มผลผลิตในกระบวนการผลิตตามมา แต่ปัญหาในงานบำรุงรักษานั้นยังสามารถขยายผลการแก้ไขปรับปรุงให้สนับสนุนประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตได้ดังจะกล่าวรายละเอียดในหัวข้อต่อไป

3.2 มาตรการประหยัดพลังงาน

ปัญหาในงานบำรุงรักษาจากการออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ตลอดจนการควบคุมการทำงานที่ไม่เหมาะสม เป็นสาเหตุส่วนหนึ่งที่หากเกิดขึ้นต้องใช้เวลาแก้ไขเพิ่มขึ้น ดังนั้นสามารถนำปัญหาในงานบำรุงรักษามาพิจารณาแนวทางปรับปรุงแก้ไขเพื่อลดการเกิดปัญหาและให้ผลด้านประหยัดพลังงานตามมาได้ด้วย โดยการดำเนินงานตามงานวิจัยในบทความนี้ได้นำปัญหาที่รวบรวมจากประวัติการบำรุงรักษาจากข้อมูลโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษา มาสรุปวิเคราะห์แนวทางปรับปรุงและนำเสนอมาตรการประหยัดพลังงานที่เป็นไปได้พร้อมทั้งคำนวณผลการประหยัดพลังงาน ซึ่งเป็นการเพิ่มคุณค่าในหน้าที่ปฏิบัติงานบำรุงรักษาตามหลักวิศวกรรมคุณค่า

ตัวอย่างปัญหาในงานบำรุงรักษาจากข้อมูลงานบำรุงรักษาไฟฟ้าโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษาที่ได้วิเคราะห์สาเหตุและนำเสนอแนวทางปรับปรุงเพื่อการประหยัดพลังงานแสดงดังตารางที่ 2 และเสนอเป็นมาตรการประหยัดพลังงานแล้วคำนวณผลการประหยัดพลังงาน แสดงดังตารางที่ 3

รายการที่	ปัญหา/สภาพการณ์ที่ไม่เหมาะสมในงานบำรุงรักษา	สมมติฐานการปรับปรุง	แนวทางปรับปรุงและได้ผลเรื่องการประหยัดพลังงาน
1	มอเตอร์ ปั๊มน้ำของ Cooling Tower ขนาด 800 kW. 6.6 kV. 3 EA. ออกแบบวงจร Start แบบ Direct On Line ทำให้ Trip บ่อยครั้งจากกระแสสูงเมื่อเริ่มเดินเครื่อง	- สามารถแก้ปัญหาเรื่องกระแสสูงตอนเดินเครื่องด้วยการปรับปรุงวิธีการ Start เพื่อลดกระแสลง	- เสนอมาตรการติดตั้ง Inverter เพื่อช่วยสนับสนุน Function Soft start ทำให้ลดเวลาแก้ไขบำรุงรักษาจากปัญหาการ Trip ด้วยกระแสสูง และได้ผลเรื่องการประหยัดพลังงานตามมาจากการปรับความเร็วรอบมอเตอร์โดย Inverter
2	มอเตอร์ Cooling Fan ของ Cooling Tower ขนาด 220 kW. 6.6kV. 3EA.ไม่สามารถหยุดเครื่องเพื่อบำรุงรักษาตอนเครื่องหยุดได้เนื่องจากต้องเดินเครื่องตลอด	- พิจารณาช่วง Shut Down Plant เปลี่ยนเกรดการผลิต จะมีการหยุดการผลิตประมาณ 16 ชั่วโมงใน 1 เดือน ซึ่งการใช้น้ำหล่อเย็นในกระบวนการผลิตจะน้อยลงทำให้พิจารณาหยุดเดินเครื่อง 1 Unit ได้	-เสนอมาตรการหยุด Cooling Fan 1 Unit โดยที่การหล่อเย็นในกระบวนการผลิตยังคงเดิม ทำให้สามารถเข้าทำงานบำรุงรักษาตามแผนซึ่งจะช่วยลดเวลาแก้ไขบำรุงรักษาความเสียหายมอเตอร์จากการไม่ได้รับการบำรุงรักษาตามแผน และได้ผลเรื่องการประหยัดพลังงานมอเตอร์ 1 EA. หยุดเดินเครื่อง 16 ชั่วโมงต่อเดือน

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา/สภาพการณ์งานบำรุงรักษาเพื่อปรับปรุงและให้ผลการประหยัดพลังงาน

รายการที่	ปัญหา/สภาพการณ์ที่ไม่เหมาะสมในงานบำรุงรักษา	สมมติฐานการปรับปรุง	แนวทางปรับปรุงและได้ผลเรื่องการประหยัดพลังงาน
3	มอเตอร์ ระบบผสมเม็ดพลาสติก ขนาด 220 kW. 6.6 kV. 2 EA.จัดประเภทอุปกรณ์เป็นอุปกรณ์ประเภทสำคัญมากในกระบวนการผลิต ทำให้เพิ่มแผนงานบำรุงรักษาซึ่งเวลาในการปฏิบัติงานบำรุงรักษาจะเพิ่มตามไปด้วย	- ตรวจสอบกระบวนการผลิตโดยพิจารณาสมรรถนะการผสมเม็ดพลาสติกพบว่าถ้าควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตได้ดีจะสามารถลดเวลาเดินเครื่องของมอเตอร์ลงได้หรืออาจไม่ต้องมีการเดินเครื่องเพื่อผสมเม็ดพลาสติก	- เสนอมาตรการลดเวลาผสมเม็ดพลาสติก ซึ่งจะได้ผลเรื่องการประหยัดพลังงานคือการลดเวลาเดินมอเตอร์ ลง ทำให้ Running Hour Motor น้อยลง และเพิ่มอายุการใช้งานของมอเตอร์ รวมทั้งลดแผนงานและเวลาบำรุงรักษา เนื่องจากสามารถจัดประเภทอุปกรณ์ตามความสำคัญต่อกระบวนการผลิตได้ใหม่เป็นอุปกรณ์ที่มีความสำคัญน้อยลง
4	มอเตอร์ ในระบบการกลั่น Crude Hexane ขนาด 90 kW. 380 V. เดินเครื่องใช้งานที่กระแสต่ำ ไม่ได้ใช้มอเตอร์ตามพิกัดที่ออกแบบไว้อย่างเหมาะสม	- พิจารณากระบวนการผลิตในระบบการกลั่นโดยไม่ต้องใช้งานมอเตอร์ชุดนี้	- เสนอมาตรการหยุดใช้งานมอเตอร์และเก็บเป็น Spare parts ไว้กรณีเกิดปัญหาทำให้ลดอุปกรณ์และเวลาที่จะบำรุงรักษาและได้ผลเรื่องประหยัดพลังงานจากการหยุดใช้งานมอเตอร์
5	หม้อแปลงไฟฟ้าที่ Product Warehouse ขนาด 1600 kVA. 2 EA.ออกแบบระบบไฟฟ้าเกินความต้องการใช้งาน ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาโดยไม่จำเป็น	-การยุบภาระหม้อแปลงรวมกันเพื่อลดความสูญเสียในแกนเหล็ก	- เสนอมาตรการยุบภาระหม้อแปลงรวมกันลดความสูญเสียในแกนเหล็กหม้อแปลง ทำให้ยืดอายุใช้งานหม้อแปลง ลดเวลาบำรุงรักษาหม้อแปลงตามแผนลง 1 EA. และได้ผลเรื่องการประหยัดพลังงานตามมา
6	ห้องควบคุมสถานีไฟฟ้าย่อย, ห้องหม้อแปลงไฟฟ้า, อาคารตัดเม็ดพลาสติก มีการเปิดไฟฟ้าแสงสว่างใช้งานไม่เหมาะสม ทำให้อายุหลอดไฟฟ้าสั้นลงและทำให้เพิ่มเวลาบำรุงรักษาโดยการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้า	- การใช้งาน 50% จะยังคงมีแสงสว่างเพียงพอหรือการเปิดไฟใช้เฉพาะที่จำเป็นในพื้นที่อาคารตัดเม็ดพลาสติก	- เสนอมาตรการปิดระบบแสงสว่าง 50% และเปิดเฉพาะที่จำเป็นสำหรับการเดินเครื่องปกติในพื้นที่อาคารตัดเม็ดพลาสติก ได้ผลเรื่องยืดอายุใช้งานหลอดไฟฟ้า ลดเวลาบำรุงรักษาระบบแสงสว่างโดยการเปลี่ยนหลอดไฟฟ้าและทำให้ประหยัดพลังงานไฟฟ้าได้

ตารางที่ 2 วิเคราะห์ปัญหา/สภาพการณ์งานบำรุงรักษาเพื่อปรับปรุงและให้ผลการประหยัดพลังงาน (ต่อ)

มาตรการประหยัดพลังงาน	ศักยภาพการประหยัดพลังงาน (บาท/ปี)	ศักยภาพการประหยัดพลังงาน			ศักยภาพด้านการลด CO_2 ต่อปี (Tons/ปี)
		kWh/ปี	MJ/ปี	ktoe/ปี	
1) มาตรการติดตั้ง Inverter ให้มอเตอร์ปั๊มน้ำหอผึ่งน้ำ (Cooling Tower)	14,908,320	5,712,000	-	0.49	3,312.96
2) มาตรการการหยุด Cooling Fan 1 Unit ในช่วงที่มีการ Shutdown เปลี่ยน Grade เม็ดพลาสติก	96,922.35	37,135.85	-	0.003	21.53
3) มาตรการลดเวลาเดินเครื่องมอเตอร์ผสมเม็ดพลาสติก	826,848	316,800	-	0.027	183.744
4) มาตรการการปรับวิธีการกลั่น Crude Hexane	225,806.77	3,471.56	786,082	0.019	127.46
5) มาตรการการย้ายโหลดหม้อแปลงที่ Product Warehouse ไปรวมกันเพื่อลดความสูญเสียเนื่องจากแกนเหล็ก	54,736	20,972	-	0.002	12.16
6) มาตรการการลดใช้งานระบบแสงสว่าง	227,735	87,254.90	-	0.007	50.60
รวมศักยภาพในการประหยัดพลังงาน	**16,340,368**	**6,177,634**	**786,082**	**0.548**	**3,708.45**

ตารางที่ 3 สรุปประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานจากมาตรการประหยัดพลังงาน

3.3 การติดตามตัวแปรที่เกี่ยวข้อง

เมื่อมีการดำเนินการปรับปรุงงานบำรุงรักษาโดยลดเวลาปฏิบัติงานตามขั้นตอนที่นำเสนอในข้อ 3.1 และด้วยผลประเมินศักยภาพมาตรการประหยัดพลังงานที่นำเสนอในข้อ 3.2 การเก็บข้อมูลตัวแปรต่างๆที่สนใจตรวจติดตามผล ได้แก่ จำนวนชั่วโมงทำงานในงานบำรุงรักษา ค่าใช้จ่ายที่ใช้ในงานบำรุงรักษา %Plant Reliability โดยในบทความนี้ได้เก็บรวบรวมระยะเวลา 3 เดือนในรอบเวลาเดียวกันสำหรับเปรียบเทียบก่อนและหลังปรับปรุง แสดงดังตารางที่ 4 และประเมินศักยภาพการประหยัดพลังงานตามมาตรการประหยัดพลังงานที่ได้นำเสนอในข้อ 3.2 เปรียบเทียบกับการใช้พลังงานกรณีไม่มีการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงานของโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษาซึ่งใช้ข้อมูลการใช้พลังงานของโรงงานปี 2553 มาเปรียบเทียบ แสดงข้อมูลศักยภาพการประหยัดพลังงานดังตารางที่ 5 และแสดงผลเปรียบเทียบเป็น SEC ดังตารางที่ 6

ตัวแปรที่ตรวจติดตาม	ค่าเฉลี่ยก่อนปรับปรุง	ค่าเฉลี่ยหลังปรับปรุง	ผลต่าง (%)	ผลผลิต
1. ชั่วโมงปฏิบัติงานบำรุงรักษา (ชั่วโมง)	86	71.67	ลดลง 16.67	ค่าเฉลี่ยก่อนปรับปรุง = 18,045 Tons ; ค่าเฉลี่ยหลังปรับปรุง = 30,248 Tons
2. ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษา (บาท)	101,024	79,635	ลดลง 21.17	
3. Plant Reliability (%)	77.20	96.67	เพิ่มขึ้น 25.22	

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบข้อมูลของตัวแปรที่ตรวจติดตามในงานวิจัยก่อนและหลังปรับปรุง

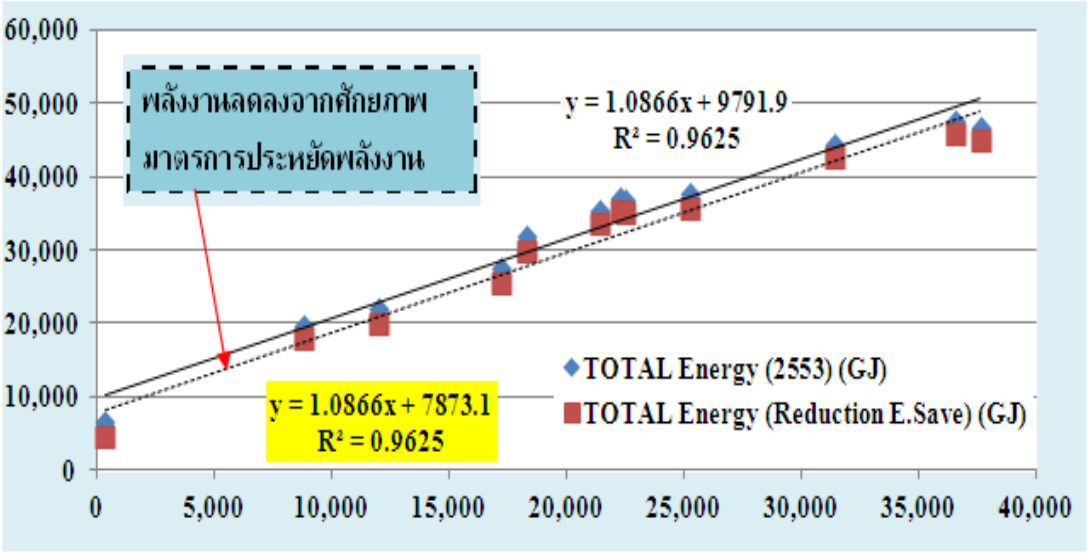
ผลรวมการใช้พลังงาน (GJ) (อ้างอิงข้อมูลปี 2553)	ผลรวมการใช้พลังงาน (GJ) (จากการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน)	ศักยภาพการประหยัดพลังงาน
393,483	370,457	23,026 GJ/Year
คิดเป็นหน่วย ktoe (1 ktoe = 41,870 GJ)		0.55 ktoe/Year
ปริมาณ CO_2 ที่ลดลง (1 ktoe = 11,628 MWh, 1 MWh = 0.58 Tons CO_2 emission)		3,708 Tons/Year

ตารางที่ 5 ศักยภาพการประหยัดพลังงานตามมาตรการประหยัดพลังงาน

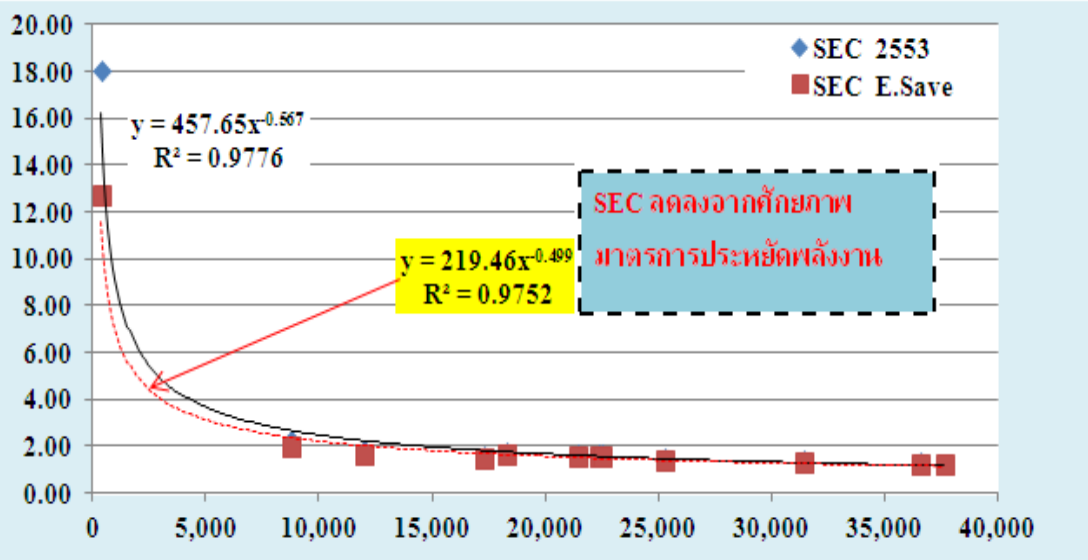
Month	Product (Ton) 2553	TOTAL Energy, GJ (2553)	TOTAL Energy, GJ (จากผลของมาตรการประหยัดพลังงาน)	SEC (2553)	SEC (จากผลของมาตรการประหยัดพลังงาน)
Jan-10	18,317	31,848	29,929.21	1.74	1.63
Feb-10	362	6,523	4,604.21	18.02	12.72
Mar-10	31,429	44,432	42,513.21	1.41	1.35
Apr-10	22,345	37,226	35,307.21	1.67	1.58
May-10	11,989	21,874	19,955.21	1.82	1.66
Jun-10	21,449	35,427	33,508.21	1.65	1.56
Jul-10	22,512	36,843	34,924.21	1.64	1.55
Aug-10	36,611	47,683	45,764.21	1.30	1.25
Sep-10	37,650	46,827	44,908.21	1.24	1.19
Oct-10	8,800	19,686	17,767.21	2.24	2.02
Nov-10	17,267	27,513	25,594.21	1.59	1.48
Dec-10	25,258	37,601	35,682.21	1.49	1.41
ค่า SEC โดยเฉลี่ย *(อ้างอิงกำลังการผลิตปี 2553 = 400,000 Tons; ปริมาณการผลิตปี 2553 = 253,989 Tons)*				1.55	1.46
SEC ลดลงจากผลของมาตรการประหยัดพลังงานโดยเฉลี่ย					5.85%

ตารางที่ 6 ศักยภาพการประหยัดพลังงานแสดงผลเปรียบเทียบเป็น SEC

อย่างไรก็ตาม เพื่อเปรียบเทียบผลของศักยภาพการประหยัดพลังงานในมุมมอง SEC สามารถนำผลการประหยัดนี้ไปปรับลดพลังงานในแต่ละเดือนของการใช้พลังงานโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษาปี 2553 แล้วคำนวณหาค่า SEC ในกรณีที่มีการดำเนินมาตรการประหยัดพลังงาน โดยอ้างอิงจากข้อมูลการใช้พลังงานต่อผลผลิตของโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษาปี 2553 ด้วยเช่นกัน ซึ่งแสดงผลของการเปรียบเทียบข้อมูลดังกราฟความสัมพันธ์แบบกระจายตัวการเปลี่ยนแปลงของการใช้พลังงานกับผลผลิต ดังรูป 4 และกราฟความสัมพันธ์แบบกระจายตัวของ SEC กับผลผลิต ดังรูป 5



รูปที่ 4 ความสัมพันธ์แบบกระจายตัวของการใช้พลังงาน (GJ) (แกน Y) กับผลผลิต (tons) (แกน X)



รูปที่ 5 ความสัมพันธ์แบบกระจายตัวของ SEC (แกน Y) กับผลผลิต (tons) (แกน X)

จากผลการเปรียบเทียบข้อมูลตัวแปรตรวจติดตามก่อนและหลังปรับปรุงสามารถวิเคราะห์ได้ดังนี้

1) *ตัวแปรด้านประสิทธิภาพการใช้พลังงานของโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษา*
   จากรูปที่ 4 จากผลประเมินประหยัดพลังงานจากมาตรการประหยัดพลังงานตามข้อ 3.2 จะเห็นได้ว่าทำให้ลดการใช้พลังงานลงได้ตามกราฟเส้นประ และเมื่อพิจารณาดัชนี SEC เมื่อเปรียบเทียบที่ผลผลิตเดียวกันจะลดลงตามกราฟเส้นประ ในรูปที่ 5 ด้วยเช่นกัน

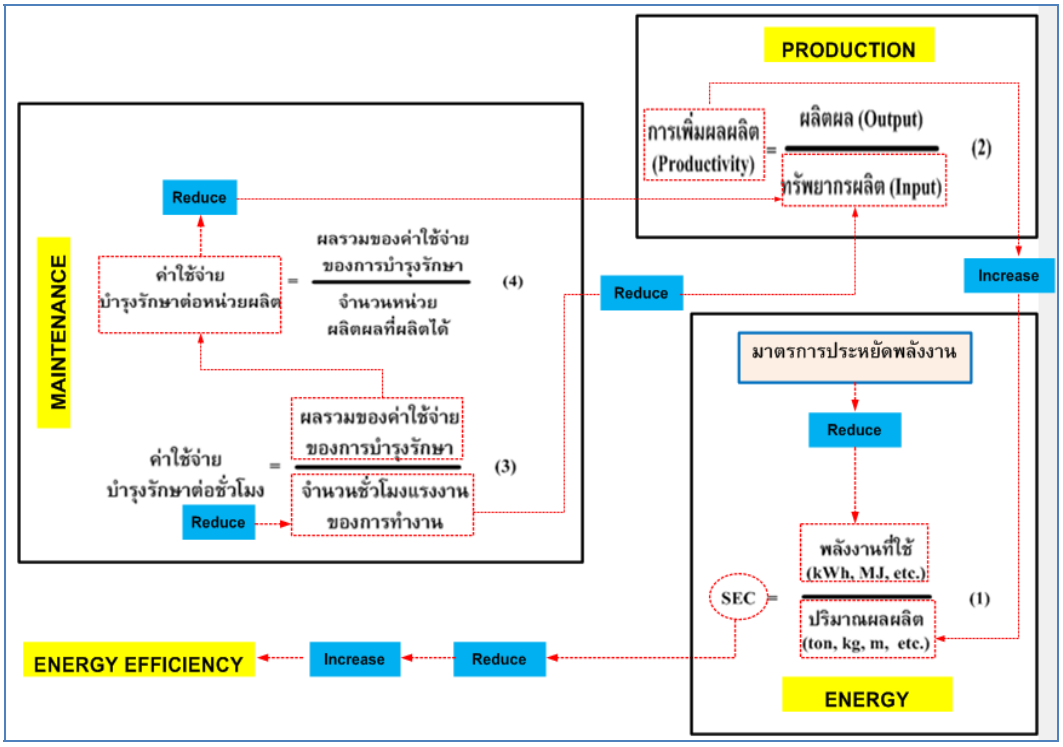
2) *ตัวแปรด้านเวลาที่ใช้ในการบำรุงรักษาของโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษา*
   จากตารางที่ 4 ภายหลังจากการปรับปรุงแล้วเวลาที่ใช้จะลดลง **16.67%** นั่นหมายถึงการใช้ทรัพยากรผลิตลดลง

3) *ตัวแปรด้านค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาของโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษา*
   จากตารางที่ 4 ภายหลังจากการปรับปรุงแล้ว พบว่า ค่าใช้จ่ายในการบำรุงรักษาลดลง **21.17%** นั่นหมายถึงการใช้ทรัพยากรผลิตลดลง

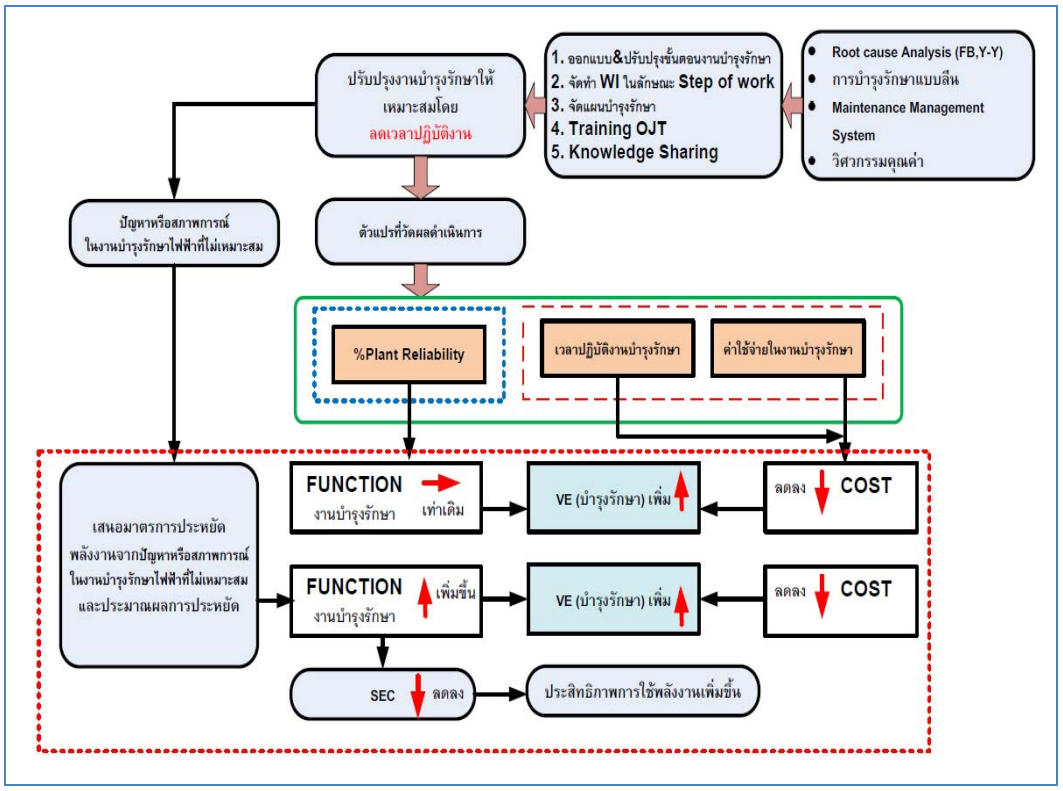
4) *ตัวแปรด้าน %Plant Reliability ของโรงงานปิโตรเคมีกรณีศึกษา*
   จากตารางที่ 4 ภายหลังจากการปรับปรุงแล้วพบว่า %Plant Reliability นี้เพิ่มขึ้น **25.22%** นั่นหมายถึง โดยการปรับปรุงงานบำรุงรักษาตาม 5 ขั้นตอนที่กล่าวไปไม่ทำให้เครื่องจักรมีปัญหาอันส่งผลกระทบต่อกระบวนการผลิต ซึ่งจาก %Plant Reliability ที่เพิ่มขึ้นนี้แสดงให้เห็นว่าเครื่องจักรยังมีความพร้อมที่ดีต่อการเดินเครื่องในกระบวนการผลิตนั่นเอง

IV. บทสรุป

บทความนี้ได้นำเสนอการปรับปรุงงานบำรุงรักษาโดยลดเวลาปฏิบัติงานบำรุงรักษาและนำเสนอมาตรการประหยัดพลังงานจากปัญหาหรือสภาพการณ์ในงานบำรุงรักษาเครื่องจักรและอุปกรณ์ที่ไม่เหมาะสม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต โดยการปรับปรุงแก้ไขปัญหาการใช้เวลามากในการบำรุงรักษาที่ได้วิเคราะห์ค้นหาสาเหตุและทำการปรับปรุงโดยใช้หลักบริหารจัดการงานบำรุงรักษาที่เหมาะสม หลักวิศวกรรมคุณค่า และหลักการบำรุงรักษาแบบลีน แล้ววัดผลข้อมูลก่อนและหลังการปรับปรุงโดยติดตามตัวแปรสำคัญที่เกี่ยวข้องกัน ผลจากข้อมูลสรุปได้ว่าการปรับปรุงงานบำรุงรักษาที่เหมาะสมจะสามารถลดเวลาและค่าใช้จ่ายในงานบำรุงรักษาลงได้และไม่ทำให้เกิดผลเสียกับกระบวนการผลิต ส่งผลให้เพิ่มผลผลิต รวมกับการดำเนินการตามมาตรการประหยัดพลังงานจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานได้ ซึ่งสรุปความสัมพันธ์จากสมการที่เกี่ยวข้องกันในมิติด้านการผลิต (Production) ด้านพลังงาน (Energy) และด้านการบำรุงรักษา (Maintenance) ได้ดังรูปที่ 6 และสรุปภาพรวมของการปรับปรุงงานบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตจะแสดงเป็น Block Diagram ดังรูปที่ 7



รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่าง Production Maintenance และ Energy กับการเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน



รูปที่ 7 Block Diagram การปรับปรุงงานบำรุงรักษาเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงาน

บรรณานุกรม

[1] ศุภชัย ปัญญาวีร์, "การอนุรักษ์พลังงานอย่างสมบูรณ์และยั่งยืน," เทคนิค เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหการ, ฉบับที่ 313, pp. 77-83, เมษายน. 2553.

[2] ไชยะ แช่มช้อย, "การใช้ข้อมูลเชิงสถิติเพื่อการกำหนดเป้าหมายและตรวจสอบสัมฤทธิผลการอนุรักษ์พลังงาน (1)," เทคนิค เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหการ, ฉบับที่ 312, pp. 91-100, มีนาคม. 2553.

[3] นพเก้า ศิริพลไพบูลย์และคณะ, หลักการเพิ่มผลผลิต (Basic Productivity Improvement), กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ประชาชน. 2548.

[4] กุสุมา สุนประชา, การพัฒนาระบบจัดการซ่อมบำรุงรักษาสำหรับอุตสาหกรรมปิโตรเคมี, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2546.

[5] ธารารินอร่ามเจริญ, การวัดสมรรถนะระบบจัดการซ่อมบำรุงรักษา, วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, ภาควิชาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2543.

[6] โกศล ดีศีลธรรม, การจัดการบำรุงรักษาสำหรับอุตสาหกรรม, กรุงเทพมหานคร: เอ็มแอนด์อี จำกัด, 2547.

[7] ประพันธ์ ธนาปิยกุล, "การประยุกต์ใช้ระบบตรวจติดตามและกำหนดเป้าหมายการใช้พลังงาน (1)," เทคนิค เครื่องกล ไฟฟ้า อุตสาหการ, ฉบับที่ 304, pp. 73-84, สิงหาคม. 2552.

[8] ปารเมศ ชุติมา, "แนวทางการลดขั้นตอนกระบวนการทำงานในหน่วยงานรัฐวิสาหกิจด้านการขนส่งมวลชนและการขนสินค้า," วารสารรามคำแหง ฉบับวิศวกรรมศาสตร์ ปีที่ 2, ฉบับที่ 2, pp. 19-24, พฤศจิกายน. 2551.

[9] วิจิตร ตัณฑสุทธิ์, วันชัย ริจิรวนิช และ ศิริจันทร์ ทองประเสริฐ, การวิจัยการดำเนินงาน, กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ด ยูเคชั่น, 2539.

[10] Tomlingson, P. D., Effective Maintenance: The key to profitability, First Edition, New York: Van Nostrand, 1992.